

Uydu Görüntülerinde Düzenli Dikim Alanlarının Belirlenmesi

Detecting Regular Plantation Areas in Satellite Images

İsmet Zeki Yalnız, Selim Aksoy

Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bilkent Üniversitesi, Bilkent, 06800, Ankara

{yalniz, saksoy}@cs.bilkent.edu.tr

Özetçe

Uydu görüntülerindeki dikim alanlarının belirlenmesi, bölütlenmesi, sınıflandırılması ve gözlemlenmesi, bu alanların ekonomik olarak daha iyi kullanım yollarının aranmasına yardımcı olmaktadır. Birçok insan yapısı gibi, bitkiler de bir düzene göre tarlalarda veya bahçelerde dikilmektedir. Bu bildiride, görüntülerdeki düzen bilgisini kullanarak dikim alanlarını belirleyen bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntemde, uydu görüntüsünde nokta filtresinin cevabı üzerinde pencereler gezdirilmekte ve bu pencerelerin izdüşüm vektörleri analiz edilmektedir. Daha sonra bütün pencereler için bir düzenlilik katsayısı belirlenmektedir. Bu düzenlilik katsayıları düzenli alanların daha yüksek değerler aldığı bir düzenlilik haritası çıkartmak için kullanılmaktadır. Bu düzenlilik haritası dikim alanlarının bölütlenmesi ve sınıflandırılması için kullanılabilir. Önerilen yöntem yüksek çözünürlüklü görüntülerde fındık bahçelerinin bulunmasında denenmiş ve sonuçlar tartışılmıştır.

Abstract

Detecting, segmenting and classifying agricultural fields in remote sensing images enable advanced planning of the land use economically. As most human structures, plants are cultivated in some order in orchards or farms. In this paper, a regularity detection method is proposed for exploiting this order information. The method slides windows over the spot filter responses of satellite images and analyzes their projection vectors. A regularity coefficient is calculated for each window. These regularity coefficients are further used for creating a regularity map, where regular regions obtain higher scores. These regularity maps can later be employed for the segmentation and classification of cultivation lands. The proposed method is illustrated in the detection of hazelnut orchards in sample high resolution satellite images.

1. Giriş

Yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin kullanımı her geçen gün yaygınlaşmaktadır. Bu veriler çeşitli amaçlar için hükümetler, ordular, şirketler ve hatta özel kişiler tarafından kullanılmakta olup ekonomik ve stratejik önem taşımaktadır. Uydu verilerinin büyüklüğü sebebiyle, bunların incelenmesinin mümkün olduğu kadar otomatik hale getirilmesi amaçlanmaktadır.

Bu çalışma TÜBİTAK KARIYER 104E074 numaralı proje tarafından desteklenmiştir.

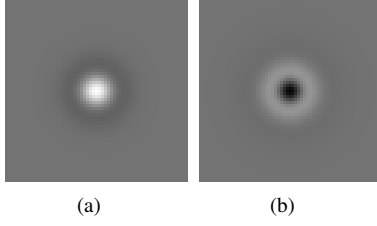
Uydu verilerinin en önemli kullanım alanlarından bir tanesi de tarımdır. Çeşitli tarım ürünlerinin ekiminin yer, zaman ve miktarının planlanması daha yüksek ürün rekoltesi elde etmek için kullanılabilir. Ayrıca, uydu görüntüleri ile hem ürünlerin gelişimlerini izlemek hem de tarımsal ve çevresel politikaların uygulama düzeyini belirlemek mümkündür.

Tarım ürünleri arasında sürekli ekinler önemli bir yer tutmaktadır. Bu bildiride, bitkilerin bir düzene göre dikildiği sürekli tarım alanlarının otomatik olarak belirlenmesini sağlayacak bir yöntem önerilmektedir. Literatürde düzenli dikim alanlarının bulunması konusundaki çalışmalar genellikle doku analizi yardımıyla yapılmaktadır. İlgili çalışmalarda, eşdizimlilik (co-occurrence) ve Fourier analizi [1] tabanlı yöntemler sıklıkla kullanılmaktadır. Bununla birlikte, piksel seviyesinde uygulanan ve düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinde başarılı olan bu yöntemler yeni nesil yüksek çözünürlüklü görüntülere bu görüntülerin içerdikleri detay nedeniyle aynı başarıyla uygulanamamaktadır. Bu görüntülerde doku analizi için piksel yerine nesne seviyesinde çalışan yeni yöntemlere [2, 3] ihtiyaç vardır.

Bu bildiride, yüksek çözünürlüklü görüntülerde düzenli dikim alanlarının bulunması için önerilen yöntem bitkiler üzerine yoğunlaşabilmek için öncelikle nokta filtrelerini uygular. Bu filtrelerden geçen uydu görüntüsünde bitkiler daha belirgin hale gelirken, diğer yapılar ve düz alanlar bastırılmış olur. Elde edilen filtrelenmiş görüntünün üzerindeki herhangi bir tarım alanında belirli bir düzen izlenilerek dikim yapıldıysa, bu alan üzerindeki bir pencerenin izdüşüm vektörlerindeki dalgalanmaların da düzenli davrandığı gözlemlenmiştir. Bu dalgalanmaları kullanarak bu pencere için 0 ile 1 arasında bir düzenlilik katsayısı hesaplanmaktadır. Bu katsayılar daha sonra uydu görüntüsü üzerinde düzenli alanları göstermek amacıyla bir düzenlilik haritası çıkartmak için kullanılmıştır.

Türkiye için önemli ekonomik değere sahip ve düzenli dikim gerektiren bitkilerden birisi de fındıktır. Örneğin, dünyadaki fındık üretiminin yaklaşık %75'i Karadeniz bölgesinde yapılmaktadır. Literatürde, Karadeniz bölgesinde fındık dikili alanların bulunmasına yönelik çalışmalar geleneksel piksel tabanlı istatistiksel sınıflandırıcılar kullanılarak yapılmıştır [4, 5]. Yukarıda da belirtildiği gibi, düşük çözünürlüklü uydu görüntülerinde başarılı olabilen bu yöntemler yüksek çözünürlüklü görüntülere uygulanamamaktadır. Bu bildiride önerilen çalışma, Giresun bölgesine ait yüksek çözünürlüklü Quickbird görüntülerinden alınan parçalar üzerinde denenmiştir.

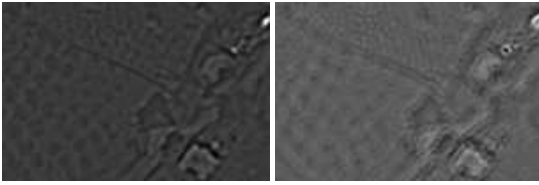
Bildirinin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. Önerilen



Şekil 1: Nokta filtreleri ([6] numaralı kaynaktan alınmıştır).



(a) Örnek görüntü



(b) Şekil 1(a)'deki filtre sonucu (c) Şekil 1(b)'deki filtre sonucu

Şekil 2: Şekil 1'deki nokta filtrelerinin örnek bir bölge üzerinde evriştirilmesi.

yöntemin aşamaları olarak sırasıyla nokta filtreleri (2. bölüm), pencereler ve izdüşüm vektörlerinin çıkartılması (3. bölüm), düzenlilik katsayısının hesaplanması (4. bölüm) ve düzenlilik haritasının çıkartılması (5. bölüm) anlatılmıştır. 6. bölümde örnekler sunulmuş, 7. bölümde ise sonuçlar tartışılmıştır.

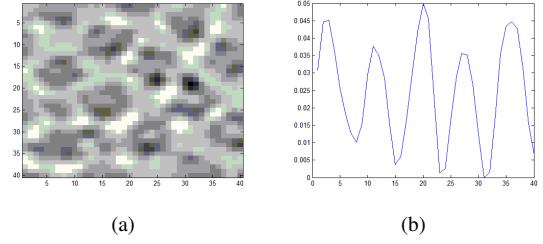
2. Nokta Filtreleri

Nokta filtreleri diğer filtrelerden farklı olarak yuvarlak şeklindeki yapıları tespit etmek için kullanılmaktadır. Bu filtrelerin çekirdek büyüklüğü tespit edilmek istenen yapının büyüklüğü ile örtüşmelidir. Şekil 1'de iki farklı nokta filtresi gösterilmektedir. Bu filtrelerden soldaki çevresine göre daha açık renkli ve yuvarlak yapılara yüksek cevap verirken, sağdaki filtre çevresine göre daha koyu ve yuvarlak yapılara daha yüksek cevap verir.

Bu çalışmada kullanılan uydu görüntülerinde bitkiler yere göre daha koyu renkli olduğundan sağdaki nokta filtresi (şekli ters 'Meksika şapkası' gibi) kullanılmaktadır. Odaklanmak istenilen bitkilerin boyutları ve uydu görüntüsünün çözünürlüğü de dikkate alınarak 17×17 'lik bir nokta filtresi kullanılmıştır. Şekil 2'de nokta filtrelerinin örnek bir görüntü üzerinde evriştirilmesi gösterilmiştir.

3. Pencereler ve İzdüşüm Vektörleri

Uydu görüntüleri nokta filtresi ile evriştirildikten sonra elde edilen sonuç üzerindeki belirli bir bölgenin düzenli olup olmadığı o bölgeyi içine alan bir pencereyi inceleyerek anlaşılabilir. İdeal bir durumda pencere içerisindeki bitkiler düzenli ola-



Şekil 3: a) 40×40 pencere, b) dikey izdüşüm vektörü.

rak dikilmiş ise, dikim yönüne göre pencereden elde edilen izdüşüm vektörlerindeki dalgalanmaların da düzenli olması beklenir. Bazı durumlarda, çıkartılan bir pencerenin içerisinde diğer yapılar (yollar, binalar, farklı boyutlarda bitkiler vs.) da bulunabilir. Bu tür durumlarda beklenildiği üzere düzenli yapı bozulacak ve bu düzensizlik izdüşüm vektörlerindeki dalgalanmalara da aynı ölçüde yansıtacaktır.

Dikim yönünden farklı yönlerde alınan izdüşüm vektörlerinin de çoğu durumda düzenlilik gösterdiği görülmüştür. Bu yüzden bu çalışmada dikim yönünden bağımsız olarak sadece yatay ve dikey izdüşüm vektörleri kullanılmaktadır. Dikey izdüşüm vektörü her bir sütundaki piksel değerlerini toplanarak elde edilir. Yatay izdüşüm vektörü ise her bir satırdaki piksel değerlerinin toplamıdır. Bu vektörler bir sonraki aşamaya geçmeden önce

$$\vec{n} = (\vec{v} - \min(\vec{v})) / \sum_i (v_i - \min(\vec{v})) \quad (1)$$

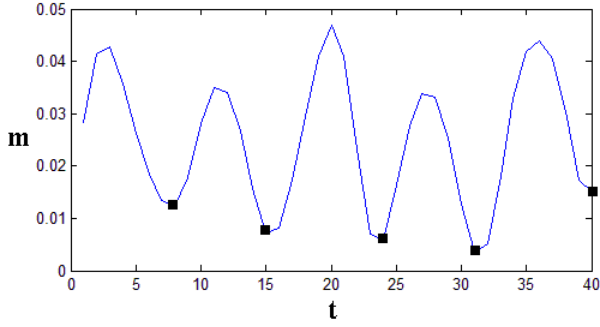
şeklinde normalize edilir. Formülde \vec{v} normalize edilecek izdüşüm vektörünü ve \vec{n} normalize edilmiş vektörü temsil eder. Şekil 3'te yarı düzenli bir bölgeyi içeren bir penceden alınan örnek bir izdüşüm vektörü görülmektedir.

4. Düzenlilik Katsayısı Hesaplanması

Bu çalışmanın ana amacı bir pencere içerisindeki yapıların düzenli bir dağılım içerip içermediğini belirlemek ve bunu sayısal bir değerle ifade etmektir. Bu sayısal değer 0 ile 1 arasında reel bir sayıdır ve düzenlilik katsayısı olarak tanımlanmaktadır. Daha önce de bahsedildiği üzere bir pencere içerisinde yapılar düzenli bir şekilde dağılmışsa, bu pencerenin izdüşüm vektörlerindeki dorukların da düzenli bir seri halinde olması beklenir. İzdüşüm vektörleri birer sinyal olarak düşünüldüğünde t zaman eksenini, m eksenini ise sinyalin bir t anındaki enerjisi olarak düşünülebilir. Bir sinyaldeki dorukların enerjileri, sayısı ve sırası düzenlilik bilgisinin çıkarılması açısından önem teşkil eder.

İzdüşüm vektörlerindeki dorukları belirlemeden önce bu sinyal üzerindeki gürültünün etkisi en aza indirilmelidir. Bunun için bu vektörler öncelikle $[1 \ 2 \ 1]/4$ çekirdeği ile evriştirilir. Daha sonra elde edilen sinyaldeki doruklar yerel enküçük noktalarından bölütlenir. Eğer sinyal üzerindeki bir noktanın değeri komşu noktalarının ikisinin değerinden de küçükse, o nokta yerel enküçük nokta olarak tanımlanır. Şekil 4'te bu süreç gösterilmektedir.

Doruklar bölütlendikten sonra enerjileri hesaplanır. Bir doruğun alanı onun enerjisi olarak tanımlanmıştır. Elde edilen doruklar daha sonra enerjilerine göre sınıflandırılır.



Şekil 4: Bir sinyaldeki dorukların bölütlenmesi. Yerel enküçük noktalar şekil üzerinde siyah kare ile gösterilmiştir.

Tablo 1: Dorukların sınıflandırılması ve eşdizimlilik matrisinin çıkarılması.

Doruk	1	2	3	4	5
Enerji	0.222	0.169	0.221	0.155	0.233
Sınıf	A	B	A	B	A

Sınıf	A	B
A	1	2
B	2	0

Sınıflandırma işlemi doruk sayısına duyarlı bir halde çalışmaktadır. Bir sinyalde N tane doruk tespit edilmişse, N değişik enerji seviyesi belirlenmiştir. Doruklar hangi enerji aralığına düşüyorsa o sınıfa dahil edilmiştir. İzdüşüm vektörleri önceki aşamada normalize edildiğinden, dorukların enerjileri 0 ile 1 arasında değerler alabilir. Eğer bir sinyalde N tane doruk varsa, dorukların ortalama enerjisi de $1/N$ olmalıdır. Enerji seviyesi sayısı deneme yanılma yoluyla bulunmuştur. İleriki çalışmalarımızda bu sayının uyarlamalı bir şekilde otomatik olarak bulunması sağlanacaktır.

Sınıflandırılan doruklar daha sonra eşdizimlilik matrisi oluşturmak için kullanılır. Bu matriste dorukların enerji seviyelerine göre birbirini izleyip izlemediği bilgisi kodlanmaktadır. Herbir enerji seviyesindeki doruklar hangi enerji seviyesindeki doruklar tarafından kaç kere izlenmişse eşdizimlilik matrisi üzerinde bu değerler gösterilmektedir. Tablo 1’de Şekil 4’teki dorukların sınıflandırılması ve eşdizimlilik matrisinin çıkarılması gösterilmektedir.

Sinyaldeki doruklar enerji seviyelerine göre belirli bir düzen izlediğinde eşdizimlilik matrisindeki sıfır değerlerinin sayısı da artmaktadır. Bir başka deyişle eşdizimlilik matrisindeki değerler arasındaki fark artmaktadır. Bir sinyalden çıkarılan eşdizimlilik matrisini kullanarak o sinyal için bir düzenlilik katsayısı

$$k = 1 - (M - 1)/N \quad (2)$$

şeklinde hesaplanabilir. Bu formüldeki M , eşdizimlilik matrisindeki sıfır olmayan değer sayısıdır. Eğer N tane sıfır olmayan girdi mevcutsa, düzenlilik katsayısı 0’a yaklaşacaktır. Sadece bir tane sıfır olmayan girdi olması durumunda ise düzenlilik katsayısı 1 olacaktır.

Tablo 1’de düzenlilik katsayısı hesaplanması bir örnek üzerinde gösterilmiştir. Şekil 4’teki doruklar öncelikle enerjilerine göre sınıflandırılmıştır. Toplam beş tane doruk olduğu için

enerji aralıkları $1/5 = 0.2$ olarak belirlenmiştir. Bu durumda üç tane doruk A sınıfına, kalan iki doruk ise B sınıfına düşmektedir. 5 numaralı doruk, 1 numaralı doruğu izlediği düşünüldüğünde A sınıfı doruklar bir başka A sınıfı doruğu sadece bir sefer izlemiş olmaktadır. Diğer iki A sınıfı doruk ise B sınıfı doruklardan önce gözlemlenmiştir. B sınıfı doruklar ise sadece A sınıfı doruklardan önce gelmektedir. Bu durumda eşdizimlilik matrisi Tablo 1’de gösterildiği gibi oluşmaktadır. Bu eşdizimlilik matrisi üzerinden düzenlilik katsayısı (2) numaralı formül kullanılarak hesaplandığında sonuç 0.60 çıkmaktadır.

5. Düzenlilik Haritasının Çıkarılması

Bir uydu görüntüsünü nokta filtresinden geçirdikten sonra ortaya çıkan sonuç üzerinde pencereler dolandırarak ve bu pencerelerin düzenlilik katsayılarını kullanarak o görüntü için bir düzenlilik haritası elde etmek mümkündür. Bu çalışmada 40×40 boyutlarında bir pencere görüntü üzerindeki her bir satır ve sütun üzerinde birer piksel aralıklarla kaydırılmıştır. Bu pencereler için hesaplanan düzenlilik katsayıları daha sonra düzenlilik haritası diye adlandırılan bir başka matris üzerine pencerelerin orta noktalarının görüntü üzerindeki koordinatlarına göre sırayla kaydedilmiştir. Bütün pencereler dolandırıldıktan sonra oluşan düzenlilik haritası 40×40 ’lık normalize edilmiş bir birer çekirdeği ile evriştirilmiştir. Bu evriştirme işlemi, bir pencerenin düzenlilik katsayısını o pencereye ait diğer pixellerin düzenliliği üzerine eşit şekilde dağıtmaktadır. Elde edilen matris düzenlilik haritasıdır ve bu matristeki yüksek değerler asıl görüntü üzerindeki düzenli alanları temsil etmektedir. Şekil 5’te örnek düzenlilik haritaları gösterilmektedir.

Düzenlilik haritasını olduğu gibi kullanmanın bir yolu da bu harita üzerindeki düzenlilik katsayıları için bir eşik değeri belirlemek ve bu eşik değeri üzerindeki alanların maskesini çıkartmaktır. Bu yöntem de Şekil 6’da gösterilmektedir. Bu yöntemle tarlaların veya bahçelerin kesin sınırlarını belirlemek her zaman mümkün değildir. Kesin sınırları elde etmek için uydu görüntüsü bir bölütleme algoritmasına verilebilir ve elde edilen bölütlerin düzenlilik haritası üzerindeki değerlerine göre düzenli olup olmadığı belirlenebilir.

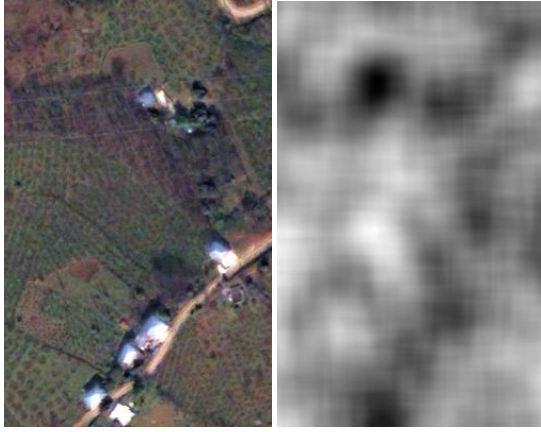
6. Örnekler

Şekil 5’teki örnekler Giresun bölgesine ait yüksek çözünürlüklü bir Quickbird uydu görüntüsünden 250×450 piksel boyutlarında parçalar kesilerek alınmıştır. Görüntülerin düzenlilik haritaları görüntülerin yanında gösterilmektedir. Düzenli alanlar düzenlilik haritasında yüksek değerler aldığından harita üzerinde beyaza yakın tonlarda görünmektedir.

Şekil 6’da ise düzenli alanların maskeleri ve bu maskelerin asıl görüntüler üzerinde eşleştirilmesi gösterilmektedir. Düzenli alanlara ait bu maskeler bir eşik değeri kullanılarak çıkarılmıştır. Düzenlilik katsayısı belirlenen eşik değerinin üstünde olan bölgeler düzenli olarak tanımlanmıştır.

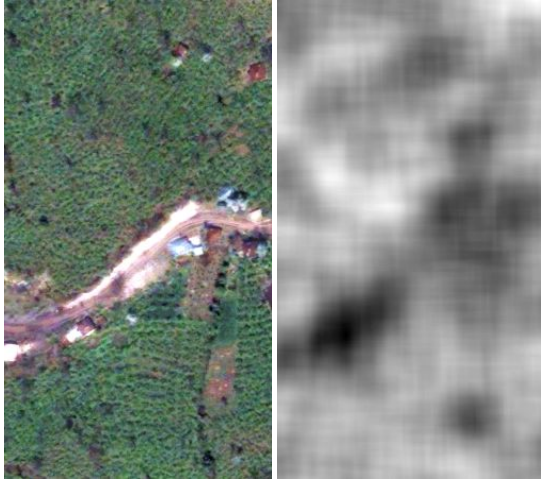
7. Sonuçlar

Uydu görüntülerinde düzenli dikim alanların bulunmasını sağlayacak bir yöntem önerilmiştir. Bu yöntem,



(a)

(b)



(c)

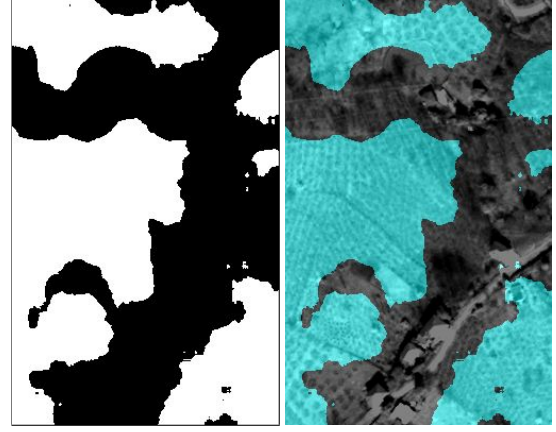
(d)

Şekil 5: a) ve c) asıl görüntüler. b) ve d) yanlarındaki görüntülerin düzenlilik haritaları.

uydu görüntüsünde belirli boyutlardaki bitkiler üzerinde yoğunlaşabilmek için nokta filtresini kullanmaktadır. Nokta filtrelerinden geçen uydu görüntülerinde dolandırılan pencerelerin izdüşüm vektörleri, o pencere içindeki alanın düzenliliği hakkında bilgi vermektedir. Bu çalışmada bu izdüşüm vektörlerindeki düzenlilik bilgisini sayısal değerlere çevirmek ve bunları kullanarak bir düzenlilik haritası çıkarmak üzerinde durulmuştur. Çalışmamızın sonraki aşamaları dorukları sınıflandırma, düzenlilik katsayısı hesabı, düzenlilik haritalarının iyileştirilmesi ve kullanılmasının yolları üzerine yoğunlaşacaktır. Geliştirmekte olduğumuz yöntemlerin doğruluğunun belirlenebilmesi için işaretlenmiş örnek veri kümeleri elde etme çalışmalarımız da devam etmektedir.

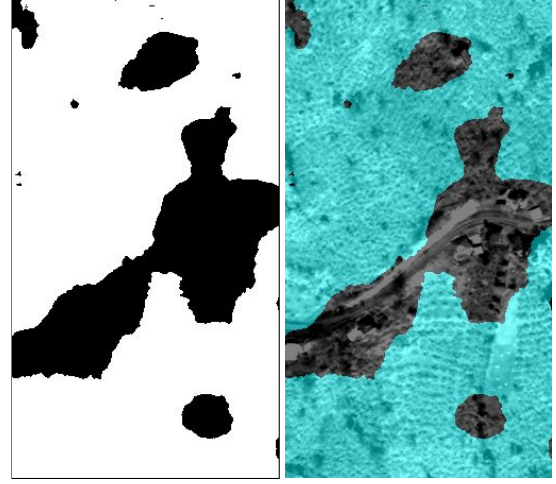
8. Kaynakça

- [1] T. Wassenaar, J.-M. Robbez-Masson, P. Andrieux, and F. Baret, "Vineyard identification and description of spatial crop structure by per-field frequency analysis," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, no. 17, pp. 3311–3325, September 2002.
- [2] E. Dogrusoz and S. Aksoy, "Bina örüntüleri kullanarak



(a)

(b)



(c)

(d)

Şekil 6: a) ve c) Şekil 5'teki düzenli alanların maskeleri, b) ve d) ise bu maskelerinin asıl görüntüler üzerinde gösterimi.

kentleşme modellemesi," in *15. IEEE Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı*, Eskisehir, Turkey, June 11–13, 2007.

- [3] —, "Modeling urban structures using graph-based spatial patterns," in *Proceedings of IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, Barcelona, Spain, July 23–27, 2007, pp. 4826–4829.
- [4] S. Reis and T. Yomralioglu, "The detection of current and potential hazelnut plantation areas in Trabzon, North East Turkey using GIS & RS," *Journal of Environmental Biology*, vol. 27, no. 4, pp. 653–660, August 2006.
- [5] M. Guler, T. Yomralioglu, and S. Reis, "Using Landsat data to determine land use / land cover changes in Samsun, Turkey," *Environmental Monitoring and Assessment*, vol. 127, pp. 155–167, 2006.
- [6] J. Malik and P. Perona, "Preattentive texture discrimination with early vision mechanisms," *Journal of the Optical Society of America A*, vol. 7, pp. 923–932, 1990.