

Mekânsal Çözünürlüğün ve Görüntü Homojenleştirmesinin Sınıflandırma Doğruluğuna Etkisi

(The Effects of Spatial Resolution and Image Homogenisation on Classification Accuracy)

Arzu ERENER¹, Gülcan SARP²

¹ Selçuk Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya

² Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri Anabilim Dalı, 06531, Ankara
ae76@hotmail.com.tr

ÖZET

Bu çalışma, yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleriyle arazi kullanımı/örtüsü sınıflandırmasında, mekansal çözünürlüğün ve görüntü homojenleştirmesinin, sınıflandırma doğruluğuna etkisini araştırmayı amaçlanmıştır. Çalışma Ankara'nın Çankaya ilçesindeki küçük bir test alanına uygulanmıştır. Bu uygulamada yüksek çözünürlüğe sahip QuickBird uydu görüntüsünün 2.4 m çözünürlüğe sahip MSS bantları ve 0.64 m çözünürlüğe sahip pankromatik bandı kullanılmıştır. Çalışmanın ilk adımı, QuickBird görüntüsünün En Büyük Olasılık Yöntemi (EOY) sınıflandırma metoduyla sınıflandırılması ve sınıflandırma doğruluğunun gerçek yer verileriyle test edilmesini içermektedir. Buna göre MSS bantları ile elde edilen sınıflandırma doğruluğu yaklaşık % 73, kappa istatistiği ise % 64 olarak hesaplanmıştır. İkinci adımda mekansal çözünürlüğün sınıflandırma doğruluğuna olan etkisi araştırılmıştır. Bu nedenle görüntü, keskinleştirme işlemi yapıldıktan sonra EOY ile sınıflandırılmış, ve doğruluğu test edilmiştir. Keskinleştirilmiş görüntü sınıflandırması sonucu doğruluğun % 73, kappa istatistiğinin ise % 65' olduğu görülmüştür. Son adımda ise sınıflandırma obje tabanlı segmentasyon metodu ile desteklenmiştir. Diğer sınıflandırma sonuçlarına kıyasla, segmentasyon sonrası yapılan sınıflandırma sonucunun, sınıflandırma doğruluğunu artırdığı gözlemlenmiştir. Buna göre, MSS bantları kullanılarak segmentasyon sonrası yapılan sınıflandırma sonucunda tüm doğruluğun yaklaşık % 77' ye kappa istatistiğinin ise % 69'a, keskinleştirilmiş bantlar kullanılarak yapılan segmentasyon sonrası sınıflandırmada ise tüm doğruluğun %79'a ve kappa istatistiğinin ise % 73'e kadar arttığı görülmüştür.

Sonuçlar, sınıflandırma doğruluğunun görüntü homojenleştirilmesi ile arttığını göstermiştir ki, bu da yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden arazi kullanımı sonucu elde edilen objelerin, başarılı şekilde elde edilmesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Arazi Sınıflandırması, Enbüyük Olasılık Yöntemi (EOY), Segmentasyon, Görüntü Keskinleştirme, Sınıflandırma Doğruluğu

ABSTRACT

In this study, it is aimed to investigate the effect of spatial resolution and image segmentation to land use/cover classification accuracy in high-resolution

satellite images. The study is applied to a test region at Çankaya district of Ankara. In this study, the multispectral QuickBird with 2.4 m and pan image with 0.64 m resolutions are used. The first step of the study involves, classification of QuickBird image with Maximum Likelihood Classification (MLC) method and then analyzing the accuracy with the ground truth data. According to classification of MSS bands, the overall and kappa accuracy is % 73, and %64 respectively. Then in the second step, the effect of spatial resolution on the accuracy of the classification is analyzed. Hence, the image is Pansharpened and then classified with MLC. According to result of this classification the overall and kappa classification accuracy is improved to % 73 and % 65 respectively. In the last step the classification method is supported with the object based segmentation technique. The accuracy of the results is improved much more by the application of an object based segmentation compared to the previous classification results. According to results of classification after object based segmentation of MSS bands the overall and kappa classification accuracy is improved to % 77 and % 69 respectively. On the other hand, classification after object based segmentation of Pansharpened bands the overall and kappa classification accuracy is improved to % 79 and % 73 respectively.

The results show that the classification accuracy increased by the image segmentation and this provide detecting and delineating the land use features from high resolution satellite images with much more satisfaction.

Key words: Land Use Classification, Maximum Likelihood Classification (MCL), Segmentation Method, Image Pan sharpening, Classification Accuracy.

1. GİRİŞ

Uydu görüntülerine uygulanan sınıflandırma işlemi sonucunda, spektral yansıma yada spektral imzaya bağlı olarak, farklı türde yüzey özelliğine sahip sınıflar belirlenebilmektedir. Sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritaların yorumlanması ile, arazi kullanımı/örtüsü ile ilgili bilgilerin hızla edinimi sağlanabilmekte, kullanıcıya daha hızlı bilgi sunulabilmekte, arazide bulunan sınıflar hakkında

bilgi alınabilmekte ve zamansal değişimin takibi yapılabilmektedir (Loveland vd., 2002).

Uydu görüntülerinden daha doğru ve detaylı bilgiler elde etmek amacıyla, uydu görüntülerinin MSS ve Pankromatik bantları kullanılarak, görüntü keskinleştirme işlemleri yapılmaktadır. Özellikle, şehir alanlarında binaların belirlenmesi gibi uygulamalarda, uydu görüntüsünün yersel çözünürlüğünün artırılması, önemli basamaklarından biridir (Welch, 1982). Görüntü keskinleştirmekteki temel prensip MSS bantlarının renk bilgisi ile siyah beyaz (pankromatik) bantın mekansal detay bilgisinin birleştirilmesidir. Keskinleştirme sonucunda elde edilen görüntü, siyah beyaz görüntünün mekansal çözünürlüğüne sahipken, MSS bantlarının da renk bilgisine sahiptir. Pan bandı ile keskinleştirilmiş, MSS bantları kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçlarının doğruluğunun arttığı belirtilmektedir (Bruzzone vd., 2006). Yapılan çalışmalarda, özellikle objeler arasındaki kontrastın artırılması nedeni ile, QuickBird uydu görüntüsünün keskinleştirilmiş MSS bantları ile elde edilen sınıflandırma doğruluğunun daha yüksek olduğunu göstermektedir (Shuang ve Zhilin, 2010).

1980'li yıllardan günümüze, uydu görüntülerinden tematik bilgilerin elde edilmesi için hücre bazlı eğitilmiş ve eğitimsiz sınıflandırma tekniklerinin kullanımı oldukça artmıştır (Singh, 1986). Hücre bazlı, yansıma değerleri kullanılarak yapılan bu sınıflandırma işlemlerinde, sınıflandırmaya tabi tutulan nesnelere ait fiziksel bilgiler dikkate alınmadığından, sınıflandırma doğruluğunu düşüren yanlış sınıflandırılmış hücreler elde edilebilir.

Son yıllarda yapılan birçok çalışmada sınıflandırma doğruluğunu artırmak için, görüntünün objelerle ilişkili olarak homojen alanlara ayrılması (segmentasyon) gibi birtakım algoritmalar geliştirilmiştir (Hay vd., 2003; De Jong and Freck, 2006; Jensen, 2006). Segmentasyon algoritmalarının temel prensibi aynı bölüm içindeki homojen hücrelerin birleştirilerek, komşu farklılıklardan ayrılmalarını içermektedir (Wang, vd., 2004). Bu yöntem ile, hücre tabanlı sınıflandırmada ortaya çıkan, karışık hücre hataları elimine edilmektedir. Segmentasyon sonrasında görüntü homojen objelere ayrıldıktan sonra, eğitim objeleri ile sınıflandırmaya tabi tutulurlar (Whiteside vd., 2011). Sınıflandırma sonucu, tek bir piksele bağlı olmayıp, görüntü içindeki obje ya da segmentlere bağlıdır. Segmentasyon için farklı birçok yaklaşım kullanılmaktadır (Freixenet, vd., 2002).

Literatürde yaygın olarak kullanılanlar Fuzzy C-Means (FCM), Olasılıklı Sınıflandırma Yöntemi (PCM) ve EDISON Ortalama Kaydırma ile Segmentasyon (Mean shift segmentation)'dur. Yapılan birçok çalışma EDISON Ortalama Kaydırma ile segmentasyon yönteminin başarılı sonuçlar verdiğini göstermiştir (Comaniciu and Meer, 2002; Meer and Georgescu, 2001; Hui, 2008).

Bu çalışma kapsamında, arazi kullanımı haritalamasında, hücre tabanlı sınıflandırma ile obje tabanlı sınıflandırma sonuçları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada görüntü homojenleştirilmesi yanında mekansal çözünürlükteki değişimin de sınıflandırma doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Mekansal çözünürlüğün sınıflandırma doğruluğuna etkisini belirlemek amacıyla, sırasıyla uydu görüntülerinin MSS bantları ve keskinleştirilmiş MSS uydu bantları sınıflandırılarak, sınıflandırma doğruluğu yer gerçeği verileriyle değerlendirilmiştir. Daha sonra homojenleştirmenin sınıflandırmaya etkisini belirlemek amacıyla, sırasıyla MSS için ve keskinleştirilmiş MSS bantları için segmentasyon yöntemi uygulanmış ve sınıflandırma doğrulukları karşılaştırılmıştır.

2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ KAYNAKLARI

Bu çalışmada arazi kullanımı/örtüsü alanlarını belirlemek amacıyla Ankara'nın Çankaya ilçesine ait Çiğdem mahallesinden bir alt bölge test alanı olarak kullanılmıştır. Çalışma alanı Orta Doğu Teknik Üniversitesi kampüsünün doğusunda yer almakta ve 974 x 992 hücre boyutunda bir alanı kaplamaktadır. Analizlerde test alanına ait yüksek çözünürlüğe sahip 2004 yılında çekilmiş olan QuickBird uydu görüntüsünün 2.4 m. çözünürlüğe sahip MSS bantları ve 0.64 m. çözünürlüğe sahip pankromatik bandı kullanılmıştır.

Alana ait QuickBird uydu görüntüsünün doğal renk kombinasyonu Şekil 1'de verilmektedir. Seçilen alan içinde bina, bina gölgeleri, toprak alanlar, yeşil alan ve yol gibi arazi kullanım alanları mevcuttur.



Şekil 1. Çalışma alanına ait QuickBird uydu görüntüsü

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

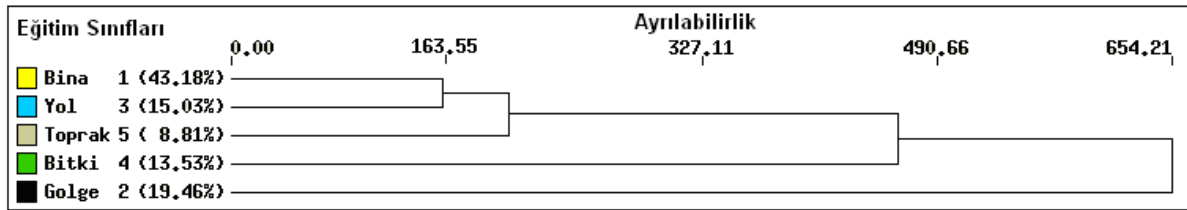
Çalışma genel olarak, mekansal çözünürlükteki değişimin ve görüntü homojenleştirmesinin sınıflandırma doğruluğuna etkisinin araştırılmasını içermektedir. Yapılan her sınıflandırma çalışması için, en çok tercih edilen eğitilmiş sınıflandırma metodlarından Enbüyük Olasılık Yöntemi (EOY) kullanılmış ve bu yöntem ile görüntüler anlamlı sınıflara ayrılmıştır.

Mekansal çözünürlükteki etkiyi incelemek amacıyla ilk olarak QuickBird uydu görüntüsünün 2.4 m. çözünürlüğe sahip görünür ve yakın kızıl ötesi (MSS) bantları sınıflandırmaya tabii tutulmuştur. Daha sonra, MSS bantları 0.64 m.'lik yüksek çözünürlüğe sahip QuickBird siyah beyaz (pankromatik) bantı ile keskinleştirilerek (PanSharp) tekrar sınıflandırmaya tabii tutulmuştur. Keskinleştirme işlemi yüksek çözünürlüğe sahip siyah beyaz görüntü ile renkli (MSS) görüntüsünün kaynaştırılması ile elde edilmiş ve keskinleştirme işlemi için Zhang, 2004

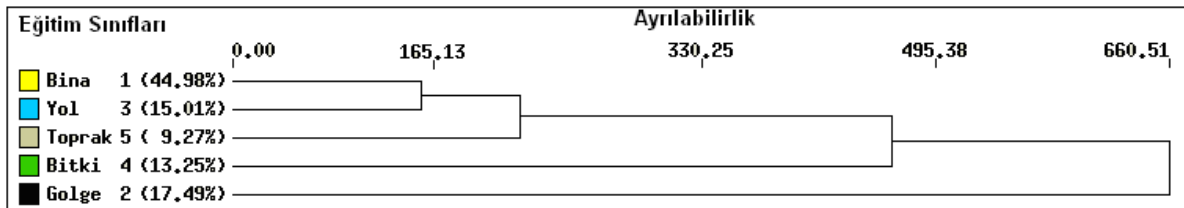
tarafından uygulanan otomatik keskinleştirme yaklaşımı kullanılmıştır.

MSS ve keskinleştirilmiş MSS bantlarından arazi kullanımı/örtüsü alanlarını belirlemek amacıyla görüntüler üzerinden her bir sınıfa ait, alana homojen olarak dağılmış, eğitim setleri toplanmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilecek sınıfların birbirleri ile ilişki derecelerini görebilmek amacı ile, eğitim sınıfları için dendogramlar oluşturulmuştur (Şekil 2, Şekil 3). Bu dendogramlarda yatay eksen spektral uzayda sınıfların birbirlerinden ne derece ayrılabilirliğini göstermektedir. Düşeyde bulunan çizgiler ise hangi mesafeden sonra sınıfların birleştiğini göstermektedir. MSS bantları kullanılarak yapılan EOY sınıflamasında toplanan eğitim setlerinin dendogram sonucu, sınıflar arasındaki en büyük benzerliğin bina ve yol sınıfları arasında olduğunu göstermektedir (Şekil 1). Keskinleştirilmiş MSS bantları kullanılarak yapılan EOY sınıflandırması için toplanan eğitim setlerinin dendogramı da en fazla benzerliğin bina ve yol sınıfları arasında olduğunu göstermektedir (Şekil 2). Fakat bu sınıfların MSS bantlarında 163.55 olan ayrılabilirlik mesafesinin keskinleştirilmiş MSS bantlarında 165.13'e kadar yükseldiği görülmektedir.

Sınıflandırma sonrası çalışma alanı, bina, gölge, yol, bitki ve toprak olarak tanımlanan beş farklı gruba ayrılmıştır. Şekil 4 ve Şekil 5 sırasıyla MSS bantları ile ve keskinleştirilmiş MSS bantları ile yapılan sınıflandırma sonucu elde edilmiş tematik haritaları göstermektedir.



Şekil 2. QuickBird MSS için toplanan eğitim setlerinin dendogramı

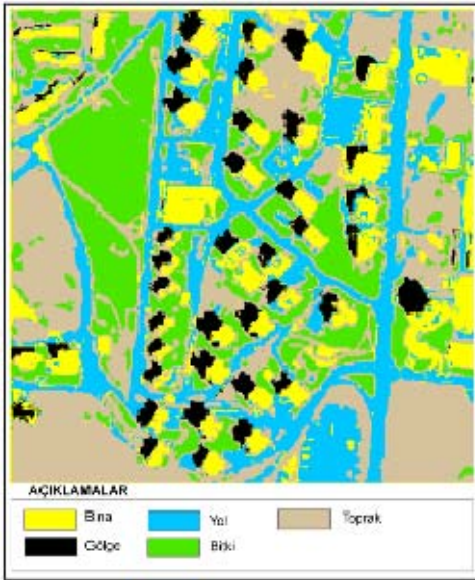


Şekil 3. Keskinleştirilmiş QuickBird MSS için toplanan eğitim setlerinin dendogramı

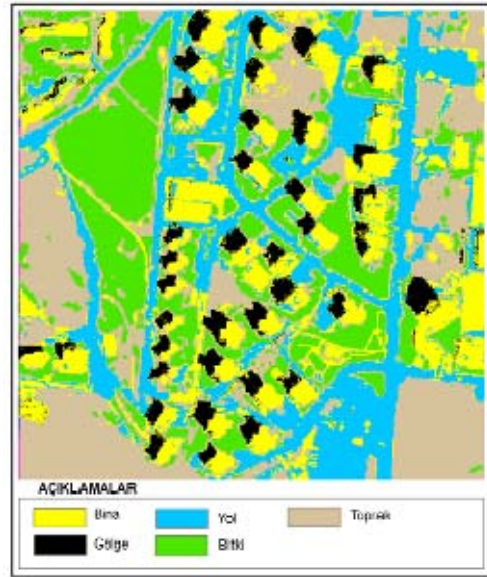


Şekil 7. Keskinleştirilmiş MSS görüntüsünün segmentasyon sonucu

Segmentasyon sonrası elde edilen görüntü bir sınıf bilgisi içermemektedir. Bu nedenle segmentasyon sonrası görüntüdeki her bir obje, alandan toplanan herbir sınıfa ait eğitim verileri kullanılarak EOY sınıflandırma algoritması ile sınıflara atanmıştır. Segmentasyon sonrası elde edilen tematik haritalar MSS ve keskinleştirilmiş MSS için sırasıyla Şekil 8 ve Şekil 9' da verilmektedir.



Şekil 8. MSS bantlarına ait segmentasyon ile elde edilen görüntünün EOY sınıflandırma sonucu oluşan tematik haritası



Şekil 9. Keskinleştirilmiş MSS bantlarına ait segmentasyon ile elde edilen görüntünün EOY sınıflandırma sonucu oluşan tematik haritası

Yapılan sınıflandırma sonucu elde edilen tematik haritanın doğruluğunu belirlemek için görüntü üzerinden tüm alana homojen dağılmış rastgele 150 adet test noktası (yer gerçeği) toplanmıştır. Bu test noktalarının niteliği arazi kontrolleri ile keskinleştirilmiştir. Daha sonra bu test noktaları, yapılan her bir sınıflandırma sonucunun doğruluğunu belirlemek amacı ile kullanılmıştır. Bunun için sınıflandırma sonuçları yer gerçeği verileri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu hata matrisi oluşturularak doğruluklar, tüm doğruluk ve kappa değeri istatistiksel verileri ile değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma sonuçları ve uygulanan yaklaşımın performans değerlendirmesi sonuç kısmında verilmiştir.

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR

Önerilen yaklaşım, sınıflandırma öncesi görüntünün keskinleştirilmesini ve segmentasyonunu içeren iki farklı metodun uygulanmasını ve bu uygulamanın sınıflandırma doğruluğunu nasıl etkilediğini test etmektedir. Buna göre amaç, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin sınıflandırma doğruluğunun artırılması amacını taşımaktadır. Uygulanan yöntemler sonucunda üretilen arazi kullanımı sınıfları, doğruluk analizleri yöntemleriyle incelenmiştir. Yöntemin başarısındaki artışı takip edebilmek için uygulanan her metod sonrası MSS ve keskinleştirilmiş MSS görüntüleri, bilinen

en yaygın sınıflandırma yöntemi olan EOY sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmış ve elde edilen hata matrisleri birbirleriyle karşılaştırılmıştır. Hata matrisinin kolonunda sıralanan veri referans veridir ve yer gerçeği değerlerini göstermektedir. Hata matrisinden hesaplanan kapa katsayısı sınıflandırma doğruluğu analizi için önemli kriterlerden biridir. Bunun yanında kullanıcı doğruluğu ve üretici doğruluğu da dikkate alınır.

Buna göre MSS bantları ile elde edilen sınıflandırma sonrası elde edilen tüm doğruluk % 72.66, kapa istatistiği ise % 64 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1). Keskinleştirilmiş MSS bantları ile yapılan sınıflandırma sonrası elde edilen doğruluğunun % 73.33' e kadar, kapa istatistiğinin ise % 65'e kadar arttığı görülmüştür (Tablo 2). MSS bantlarına uygulanan obje tabanlı segmentasyon tekniği sonrası uygulanan sınıflandırma sonucunda elde edilen doğruluğun % 76.66' ya kadar, kapa istatistiğinin ise % 76'e

kadar arttığı görülmüştür (Tablo 3). Keskinleştirilmiş MSS bantlarının segmentasyon sonucu sınıflandırılması ile elde edilen doğruluğun ise % 79.33 'e kapa istatistiğinin de % 73 'e kadar yükseldiği görülmüştür (Tablo 4). Elde edilen sonuçlara göre (Tablo 1, 2, 3, 4) alanda bulunan bitki, bina, yol, gölge ve toprak objeleri için kullanıcı ve üretici doğruluklarının, bu önerilen metodların uygulanması sonrası ayrı ayrı arttığı da gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar ışığında mekansal olarak keskinleştirilmiş bir görüntüde objeye ait bilgiler daha belirgin hale geldiği için yanlış sınıfa atılacak hücre bilgisi oranının düştüğü görülmüştür. Bunun yanında segmentasyon ile obje bazında bir işlem yaptığı için, bu işlem sonunda her bir objeye ait hücrelerin yoğunluk bilgileri yerine etiket değerleri elde edilmektedir. Bu da uygulamada alandaki her bir objeyi daha homojen olarak elde etmemize neden olmaktadır.

Tablo 1. MSS bantları ile yapılan EOY sınıflandırması sonucu elde edilen hata matrisi

MSS	Bina	Gölge	Yol	Bitki	Toprak	Üretici Doğruluğu
Bina	15	2	7	0	0	% 75.00
Gölge	0	8	0	0	0	% 72.72
Yol	1	0	26	0	3	% 66.66
Bitki	1	0	2	27	1	% 62.79
Toprak	3	1	4	16	33	% 89.18
Kullanıcı Doğruluğu	% 62.50	% 100.00	% 86.66	% 87.09	% 57.89	

Tüm doğruluk = % 72.66, kapa istatistiği % 0.64

Tablo 2. Keskinleştirilmiş MSS bantları ile yapılan EOY sınıflandırması sonucu elde edilen hata matrisi

MSS	Bina	Gölge	Yol	Bitki	Toprak	Üretici Doğruluğu
Bina	13	2	7	0	3	% 65.00
Gölge	0	9	0	0	0	% 81.81
Yol	2	0	25	0	2	% 64.10
Bitki	0	0	0	31	0	% 72.09
Toprak	5	0	7	12	32	% 86.48
Kullanıcı Doğruluğu	% 52.00	% 100.00	% 86.20	% 100.00	% 57.14	

Tüm doğruluk = % 73.33, kapa istatistiği % 0.65

Tablo 3. MSS Bantlarının segmentasyon sonrası EOY sınıflandırması sonucu elde edilen hata matrisi

MSS	Bina	Gölge	Yol	Bitki	Toprak	Üretici Doğruluğu
Bina	16	1	5	0	0	% 80.00
Gölge	0	9	0	0	0	% 81.81
Yol	2	0	28	1	1	% 71.79
Bitki	1	1	6	16	36	% 60.46
Toprak	0	0	0	0	0	% 97.29
Kullanıcı Doğruluğu	% 72.72	% 100.00	% 87.50	% 96.29	% 60.00	

Tüm doğruluk = % 76.66, kapa istatistiği % 0.69

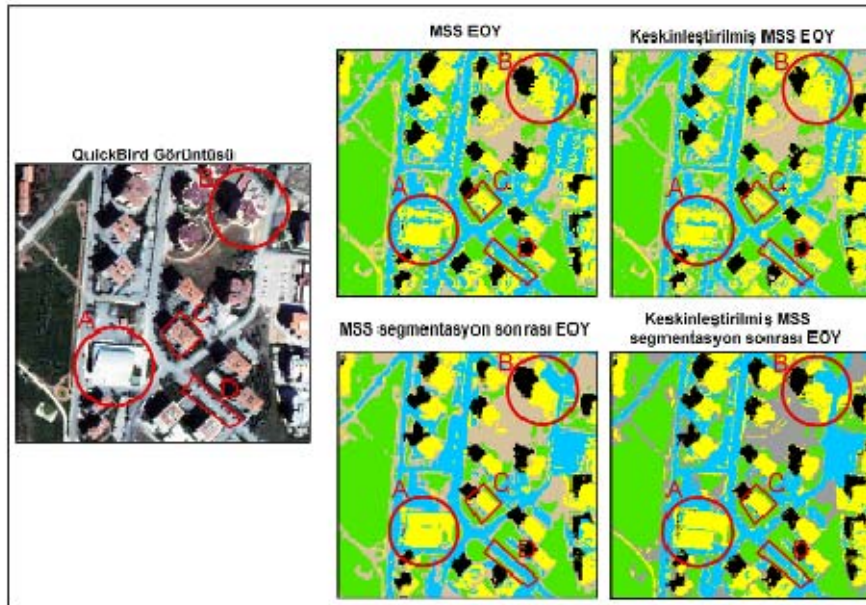
Tablo 4. Keskinleştirilmiş görüntünün bölümlenme sonrası EOY sınıflandırması sonucu elde edilen hata matrisi

MSS	Bina	Gölge	Yol	Bitki	Toprak	Üretici Doğruluğu
Bina	16	2	5	1	2	% 80.00
Gölge	0	9	0	0	0	% 81.81
Yol	2	0	31	0	4	% 79.48
Bitki	0	0	0	32	0	% 74.41
Toprak	2	0	3	10	31	% 83.78
Kullanıcı Doğruluğu	% 61.53	% 100.00	% 83.78	% 100.00	% 67.39	

Tüm doğruluk = % 79.33, kappa istatistiği % 0.73

Uygulanan yöntemlerin, obje belirlemedeki performansları çalışma alanına ait QuickBird görüntüsü ile elde edilen sınıflandırma sonuçları karşılaştırılarak yapılmıştır. Şekil 10'da verilen A binası, arazide bulunan diğer binalardan çatı kaplaması olarak farklıdır. Metal çatı yapısına sahip bu bina ve kısmen aynı çatıya sahip B binasının, kiremit yapıya sahip diğer binalara göre yansıma değerleri farklı olduğundan sınıflandırma sonucunda doğru olarak belirlenmesi daha zordur. Aynı zamanda binaların çatılarında bulunan bacaların C binası gibi ve yollarda bulunan arabaların D yolu gibi

yansıma değerleri de farklı olduğundan sınıflandırma sonucuna negatif yönde etki etmektedir. Segmentasyon işlemi ile sınıflandırmaya negatif etki eden bu objeler çatı ve yol objesi olarak homejenleştirildiğinden sınıflandırma doğruluğuna pozitif yönde etki ederek doğruluğun artmasını sağlamaktadır. Sonuç olarak MSS ve keskinleştirilmiş MSS bantlarının segmentasyon sonrası sınıflandırılmasının sınıflandırma doğruluğuna pozitif olarak etki ettiği belirlenmiştir.



Şekil 10. Alan kullanımı için çıkarılan objelerin belirlenmesinde, önerilen yöntemleri, performans değerlendirilmesi

KAYNAKLAR

- Bruzzone L., Carlin L., Alparone L., Baronti S., Garzelli A., and Nencini F., 2006, **Can multiresolution fusion techniques improve classification accuracy?**, in Image and Signal Processing for Remote Sensing XII, Lorenzo Bruzzone, Ed. 2006, p. 636509, SPIE.
- Comaniciu, D., and Meer P., 2002, **Mean Shift: A robust approach toward feature space analysis**, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, International Journal of Remote Sensing Vol. 24, p. 603–619.
- Comaniciu D., Meer P. 2002, **Mean shift: A robust approach toward feature space analysis**, IEEE Trans Pattern Anal Machine Intell 24: 603-619.
- De Jong, S.M., Freek, D.M. 2006, **Remote Sensing Image Analysis: Including the Spatial Domain**. Springer, Berlin.
- Freixenet, J., Muoz, X., Raba, D., Mart, J., Cuf, X., 2002 **Yet another survey on image segmentation: Region and boundary information integration**. In: ECCV'02.
- Hanbay K, 2010. **Nötrozofi Yaklaşımı ve Dalgacık Dönüşümü ile Renkli Doku Görüntülerinin Bölütlenmesi**. Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik Bilgisayar Eğitimi (Kasım 2010)
- Hay, G. J., Blaschke, T. D., Marceau, J. and Bouchard, A., 2003, **A comparison of three image-object methods for the multiscale analysis of landscape structure**, ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing, 1253, pp. 1-19.
- Hui L., 2008, **Method of Image Segmentation on High-resolution Image and Classification for Land Covers**, Fourth International Conference on Natural Computation, IEEE Computer Society, DOI:10.1109/ICNC.2008.870
- Jensen, J. 2006, **Introductory Digital Image Processing**, Prentice-Hall, New York.
- Loveland, T.R., Sohl, T.L., Stehman, S.V., Gallant, A.L., Saylor, K.L., Napton, D.E., 2002, **A strategy for estimating the rates of recent United States land-cover changes**, Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 68, 1091–1099.
- Meer, P., Georgescu, B. 2001, **Edge detection with embedded confidence**. IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell. 23(12), 1351–1365.
- Shuang Li; Zhilin Li; 2010, **Effects of Image Fusion Algorithms on Classification Accuracy**, Geoinformatics 2010: 1-6
- Singh, A., 1986, **Change detection in the tropical forest environment of northeastern india using Landsat** In Remote Sensing and L and Management, edited by M.J. Eden and J.T. Parry (New Zealand), pp. 237-253.
- Wang Z., Wei W., Zhao S., Chen X., 2004, **Object-oriented Classification and Application in Land Use Classification Using SPOT-5 PAN Imagery**, International IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium 2004 IGARSS 04 Proceedings 2004.
- Welch, R., 1982, **Spatial resolution requirements for urban studies**, International Journal of Remote Sensing 3, 139–146.
- Whiteside T.G., Boggs G.S., Maier S.W., 2011, **Comparing object-based and pixel-based classifications for mapping savannas**, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 13, pp. 884–893
- Zhang Y., 2004, **Understanding image fusion**, Photogramm. Eng. Remote Sens., vol. 70, no. 6, pp. 657–661.