YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN SINIFLANDIRMA VE BÖLÜTLEME TABANLI BİR YAKLAŞIMLA OTOMATİK BİNA TESPİTİ

Emre SÜMER[1], Ahmet Tolga YILMAZ[1]

[1]Başkent Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, esumer@baskent.edu.tr , tolgayilmaz2000@hotmail.com

ÖZET

Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaların tespit edilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşım 2 ana bileşenden oluşmaktadır. İlk bileşen, bina gölge alanlarının güdümlü bir sınıflandırma yöntemi olan Maksimum Benzerlik Sınıflandırması (Maximum Likelihood Classification) ile belirlenmesini içerir. Gölge alanları, renkli bir görüntünün en düşük parlaklık değerine sahip bölgeleri olması itibariyle gölge üreten nesnelerin tespitinde önemli ipuçları vermektedir. İlk bileşenin çıktısı olarak elde edilen (gölge ve gölge olmayan alanların yer aldığı) ikili görüntü, ikinci bileşene girdi olarak verilir. Bu bölümde ilk olarak gölge alanlarının kenarları, Canny kenar tespit yöntemi kullanılarak belirlenir. Benzer şekilde tüm görüntünün de kenarları aynı yöntemle tespit edilir. Sonraki aşamada, gölge kenarları ile tüm görüntünün kenarları çakıştırılarak binaların gölge üreten kenarları tespit edilmiş olur. Bu işlemle aynı zamanda binalara komşu olmayan hatalı gölge alanlarının da azaltılmasına çalışılmıştır. Daha sonra, binaların gölge kenarları üzerinde birer tampon alan oluşturularak watershed bölütleme algoritması'nın (Watershed Segmentation Algorithm) kullanacağı işaretçi noktalar, bina ve bina olmayan tampon bölgelerin içerisine gelişigüzel olarak yerleştirilir. Bu işaretçi noktalardan yola çıkarak alan gelişimi (region growing) prensibine dayalı watershed bölütleme algoritması ile bina bölgeleri, diğer bölgelerden ayrılarak görüntü üzerindeki binaların tespiti yapılmış olur. Geliştirilen yöntem, Ankara'nın Batıkent bölgesinde seçilmiş olan küçük bir yerleşim alanına uygulanmıştır. Uydu görüntüsü olarak 4 Ağustos 2002 tarihinde IKONOS uydusu tarafından çekilmiş 1-m konumsal çözünürlüklü pankromatik ve 4-m çözünürlüklü renkli (KYM) görüntülerin kaynaştırılması sonucu elde edilen keskinleştirilmiş 1-m çözünürlüklü IKONOS verisi kullanılmıştır. Önerilen yaklaşımın bölgeye ait farklı alt çalışma alanları üzerinde uygulanması sonucunda umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Anahtar Sözcükler: Otomatik bina tespiti, Maksimum benzerlik sınıflandırması, Watershed bölütleme algoritması, Canny kenar tespit yöntemi, Gölge alanları

ABSTRACT

In this study, an approach is proposed in order to detect the buildings from the high resolution satellite imagery. The proposed method is composed of 2 main components. The first component reveals the cast shadows using a supervised classification technique, Maximum Likelihood Classifier (MLC). Since the shadows are usually among the darkest areas in multispectral images, they can give important cues for the detection of shadow producing objects. The binary output (shadow and non-shadow regions) of the first component is fed into the second component. In this part, the edges of the detected shadow regions are found by Canny edge detector. In a similar way, the edges of the whole study area are detected, as well. Next, the two edge information is overlaid in order to identify the shadow producing edges of the buildings. This operation also minimizes the false shadow regions, located far from the buildings. After that, the marker points of the watershed segmentation algorithm are seeded randomly within the previously generated buffer zones for the building and non-building regions. Starting from the marker points, the region growing based watershed segmentation algorithm differentiates the building regions from the non-building ones. The proposed method is implemented on a selected small urban area of the city of Batikent, Ankara. The 1-m spatial resolution pan-sharpened IKONOS imagery is used as the data source. It is generated from the fusion of the 1-m panchromatic and 4-m (RGB) bands, acquired on August 4, 2002. After applying the proposed method to the different sub-regions of the study area, the promising results are obtained.

Keywords: Automatic building detection, Maximum likelihood classification, Watershed segmentation algorithm, Canny edge detection method, Shadow regions

1. GİRİŞ VE İLGİLİ LİTERATÜR

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden nesnelerin tespiti son yıllardaki coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamalarında önemli bir konu haline gelmiştir. Bu uygulamaların önemli bir kısmını ise bina tespiti oluşturmaktadır. Tespit edilen binalar, CBS için temel bir veri kaynağı olup aynı zamanda şehir planlamasında, altyapı gelişiminde, doğal afet planlamasında ve benzer birçok kentsel uygulamada da kullanılmaktadır.

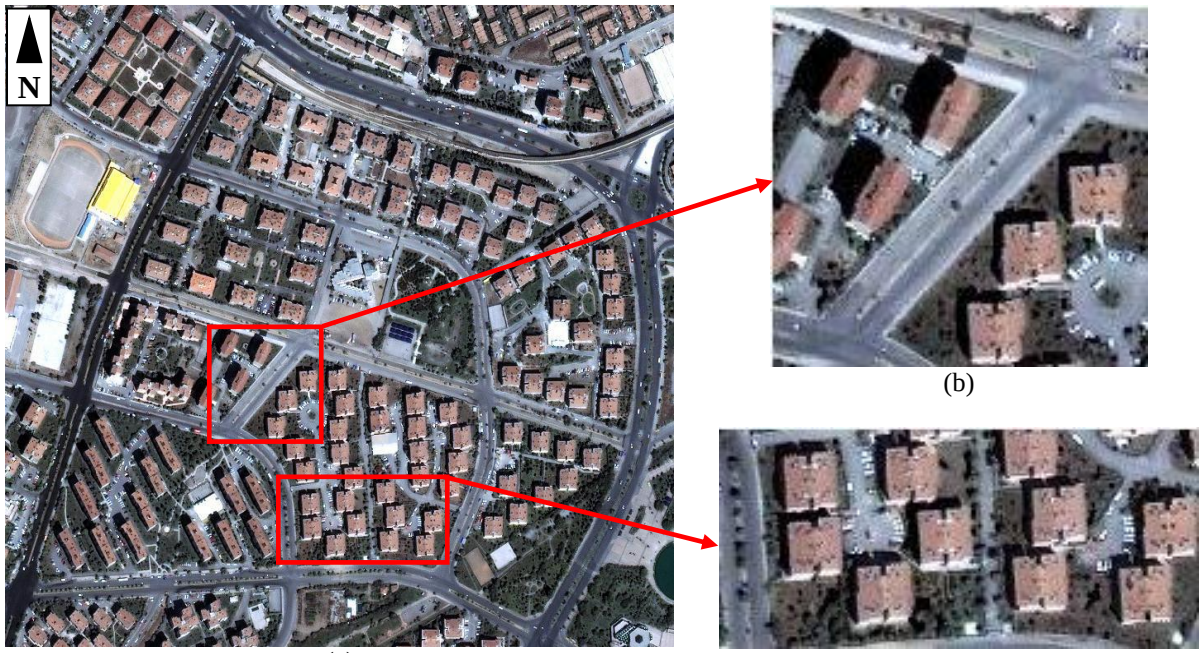
Literatürde karşılaşılan birçok çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin temel veri kaynağı olarak kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan Lee vd., (2003) tarafından yapılmış olan çalışmada, sınıflandırma sonuçlarıyla desteklenmiş bir yöntemle pankromatik ve renkli IKONOS verilerinden bina tespiti gerçekleştirilmiştir. Bir başka çalışmada bulanık mantık kullanılarak piksel ve obje tabanlı bir görüntü analizi yaklaşımı, binaların diğer kentsel arazi örtüsü sınıflarından ayırt edilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada da IKONOS verileri keskinleştirilerek kullanılmıştır (Shackelford ve Davis, 2003). San ve Turker (2004) de binaların otomatik olarak tespiti ve sınırlarının belirlenmesi için yüksek çözünürlüklü IKONOS verisi kullanmışlardır. Yapılmış olan bu çalışmada mevcut vektör bina veritabanının güncellemesi, sınıflandırma, sayısal yükseklik ve yüzey modelleri ile model tabanlı çıkarım teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kim vd., (2006) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden bina tespiti, geniş dikdörtgen çatılı binaların kenar bilgilerinin çıkarılmasıyla yapılmıştır. Yakın zamanda (Sumer ve Turker, 2008) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise keskinleştirilmiş IKONOS görüntülerinden genetik algoritma yaklaşımı kullanılarak bina tespiti gerçekleştirilmiştir. Çalışmada güdümlü sınıflandırma ve genetik algoritma tabanlı melez bir yaklaşımla bina bölgeleri yaklaşık %90'lık bir başarı ile tespit edilmiştir.

Bu çalışma, güdümlü bir sınıflandırma yöntemi olan "En Büyük Olasılık" (Maximum Likelihood) sınıflayıcısı ve "Watershed Bölütleme" (Watershed Segmentation) algoritmalarını kullanılarak bina bölgelerinin tespitini gölge tabanlı bir yaklaşımla gerçekleştirmektedir. Önerilen yaklaşımın uygulaması; veri analizi, görüntüleme ve karmaşık matematiksel işlemleri başarıyla destekleyen MATLAB ortamında gerçekleştirilmiştir.

2. ÇALIŞMA ALANI VE KULLANILAN VERİ

Önerilen yaklaşım, Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinin bir kısmı üzerinde uygulanmıştır. Batıkent, Ankara'nın batısında 1000 hektarlık bir alan üzerinde kurulu olup, Türkiye'nin en büyük yerleşim projelerinden biridir. Bu bağlamda, planlı ve düzenli bir gelişmeye sahip olmasıyla birlikte, konut, endüstriyel, ticari, sosyal ve kültürel kullanıma özgü farklı türde binaları barındırmaktadır. Binaların geometrik şekilleri de kullanıma paralel olarak çeşitlilik arz etmektedir.

Kullanılan veri, San ve Turker (2004) tarafından gerçekleştirilen önceki bir çalışmada 1-m konumsal çözünürlüklü pankromatik ve 4-m konumsal çözünürlüklü renkli (KYM) görüntülerin kaynaştırılması sonucu elde edilmiş olan 1-m konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş IKONOS verisidir. Yöntem, bu veri içerisinden seçilen 2 farklı çalışma alanına uygulanmıştır (Şekil 1).

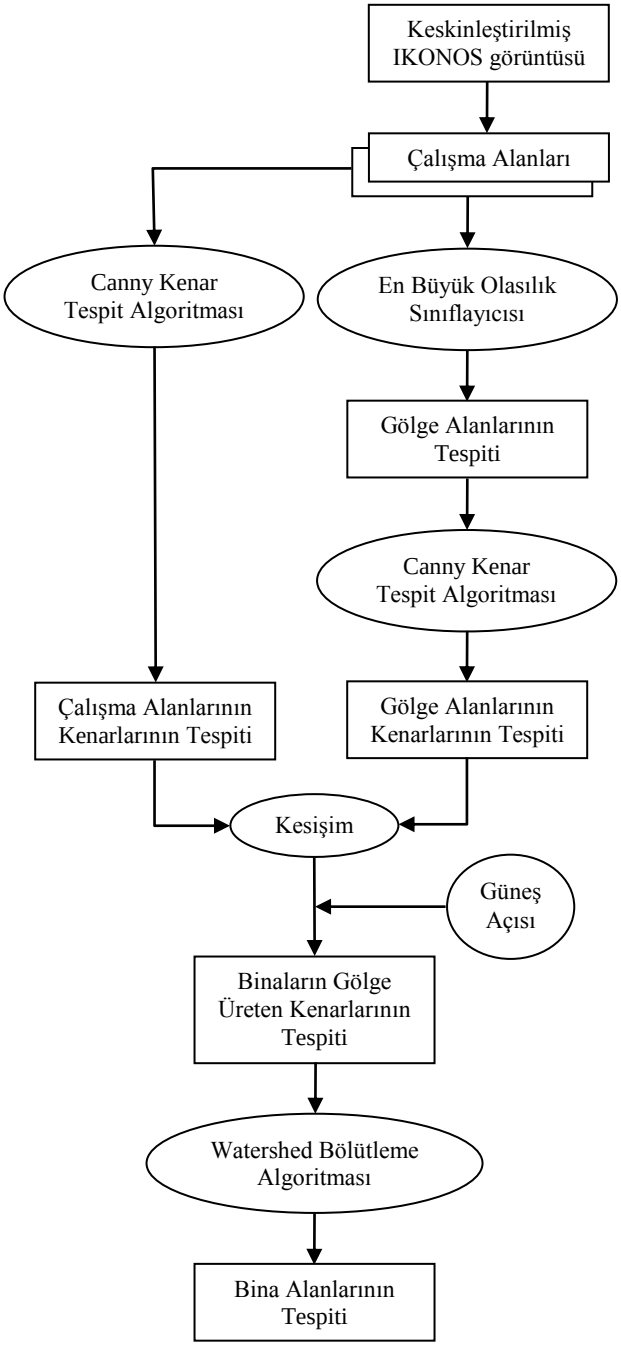


(a) (b) (c)

Şekil 1: (a) 1-m konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş IKONOS verisi, (b) çalışma alanı–1 ve (c) çalışma alanı–2

3. METODOLOJİ

Önerilen yaklaşım, iki farklı çalışma bölgesi üzerinde gölge alanlarının tespiti ve sonrasında bina bölgelerinin bulunmasını içermektedir. Sınıflandırma ve bölütleme tabanlı bu yöntemin akış şeması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2: Bina alanlarının tespitini gerçekleştiren yaklaşımın akış şeması

2.11 Sınıflandırma

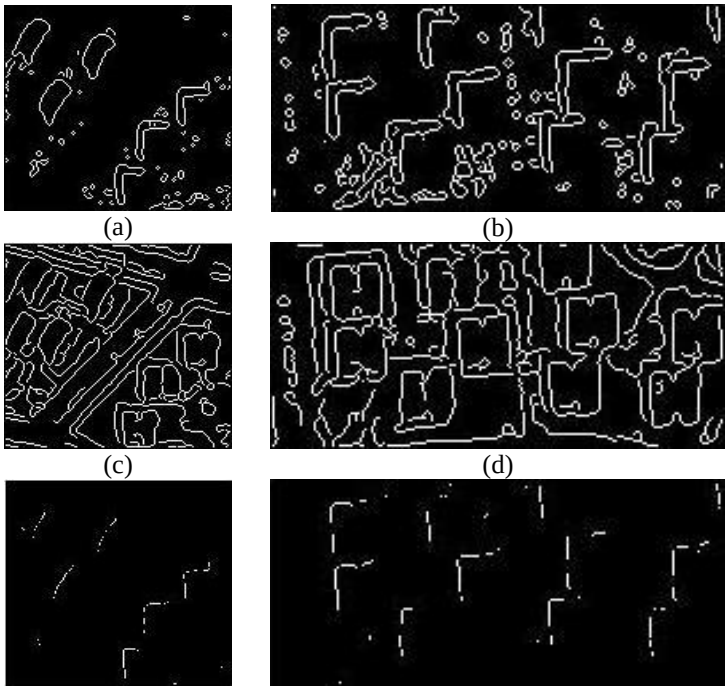
1-m konumsal çözünürlüklü keskinleştirilmiş IKONOS verisinden seçilen iki farklı çalışma alanı, "En Büyük Olasılık" sınıflandırma tekniği ile iki farklı sınıfa ayrılarak, *gölge* ve *gölge olmayan* piksellerden oluşan ikili bir görüntü elde edilmiştir. Bunun için her iki sınıfa ait eğitim pikselleri görüntü üzerinden dikkatle seçilerek ilgili istatistikler (ortalama, standart sapma ve kovaryans) hesaplanmıştır. Şekil 3'te her iki çalışma alanı için elde edilen sınıflandırma sonuçları görülmektedir.

(a) (b)

Şekil 3: Çalışma alanı (a) 1 ve (b) 2'den elde edilen gölge alanları

2.12 Kenar Tespiti ve Kesişim

Sınıflandırma işlemi sonucunda her bir çalışma alanı için üretilen ikili görüntülerin kenarları Canny kenar tespit algoritması kullanılarak bulunmuştur. Buna ek olarak, aynı algoritma orijinal görüntüler üzerine de uygulanarak çalışma alanlarındaki tüm kenar bilgisi ortaya çıkarılmıştır. Çalışma alanlarının kenar bilgileri ile gölge alanlarının kenar bilgileri üst üste bindirilerek kesişimi alınmış ve binaların gölge üreten kenarları tespit edilmiştir. Bu işlemde yardımcı bir bilgi olarak kullanılan güneş açısı, uydu görüntüsüne göre 135° olarak (güney-batı) sabit kabul edilmiştir. Çalışma alanları ve gölge alanlarının kenarları ile kesişim işlemlerinin sonucu Şekil 4'te verilmiştir.



(a) (b)

(c) (d)

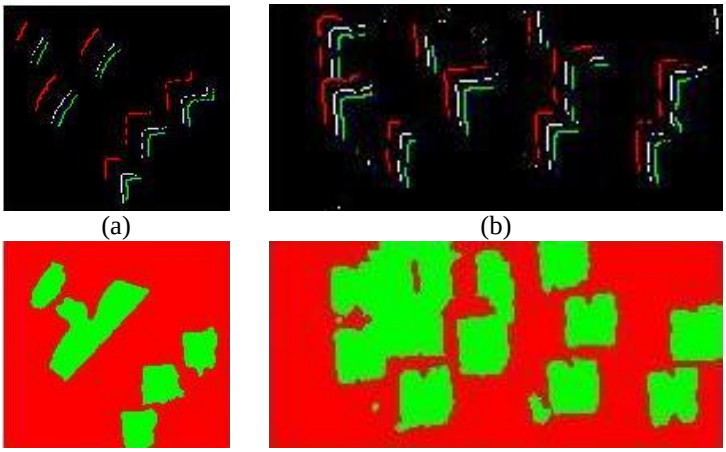
(e) (f)

Şekil 4: Çalışma alanı-1 için (a) gölge ve (c) çalışma alanlarının kenarları, (e) kesişim sonucunda elde edilen bina gölge kenarları; Çalışma alanı-2 için (b) gölge ve (d) çalışma alanlarının kenarları, (f) kesişim sonucunda elde edilen bina gölge kenarları

2.13 Bölütleme

Bölütleme işlemi, alan genişleme (region growing) ilkesine dayalı ve işaretçi kontrollü (marker-controlled) bir yöntem olan watershed bölütleme algoritması ile gerçekleştirilmiştir. Önceki kısımda bulunmuş olan binaların gölge üreten kenarlarına paralel olarak, iç (bina çatısı) ve dış (bina dışı) alanlar üzerinde birer tampon alan oluşturularak watershed bölütleme algoritmasının kullanacağı işaretçi pikseller (bina çatısı için yeşil, bina dışı için kırmızı olmak üzere) bu

tampon alanlar üzerinden seçilmiştir. Algoritmanın sonlanmasıyla bina ve bina olmayan bölgelerin tespiti sağlanmıştır. Seçilen işaretçi pikseller ve tespit edilen bina alanları Şekil 5'te görülmektedir.



(a) (b)

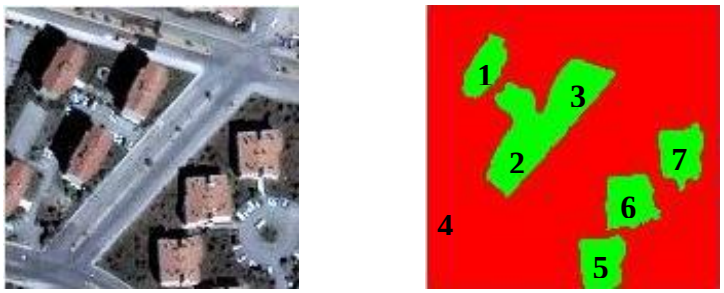
(c) (d)

Şekil 5: Çalışma alanı-1 için (a) işaretçi pikseller ve (c) bölütleme sonucu; Çalışma alanı-2 için (b) işaretçi pikseller ve (d) bölütleme sonucu

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Geliştirilen yöntem, Ankara'nın Batıkent bölgesinden seçilmiş küçük bir yerleşim alanın iki farklı alt bölgesine uygulanmıştır. Uygulama, MATLAB programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiş ve MATLAB'ın görüntü işleme araç kutusunda yer alan fonksiyonlarından da faydalanılmıştır.

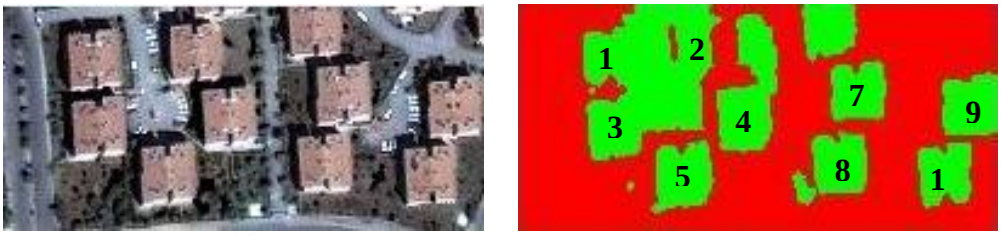
Önerilen yaklaşımın birinci çalışma alanı üzerinde uygulanması sonucunda bölgede yer alan 7 adet binadan 4 tanesi (bina no: 1, 5, 6 ve 7) başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Kalan binalardan 2 tanesi (bina no: 2 ve 3) birbirlerine yapışık olarak tespit edilirken 1 tanesi (bina no: 4) ise tamamen tespit dışı kalmıştır (Şekil 6). Bu bağlamda, nesne bazında bina tespit yüzdesi yaklaşık **%57** olarak hesaplanmıştır. Yapışık olarak bulunan binaların da doğru olarak tespit edildiği kabullenildiğinde elde edilen doğruluk yaklaşık **%86** olarak hesaplanmaktadır.



(a) (b)

Şekil 6: Çalışma alanı-1 için (a) orijinal IKONOS verisi, (b) bölütleme sonucu ve numaralandırılmış binalar

Öte yandan, diğer çalışma alanında yer alan 10 adet binadan 7 tanesi (bina no: 4, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10) başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Kalan binalardan 1 tanesi kısmen tespit edilirken (bina no: 3) 2 bina ise (bina no: 1 ve 2) ise büyük ölçüde hatalı olarak bulunmuştur (Şekil 7). Elde edilen bölütleme sonuçlarına göre genel doğruluk nesne bazında **%70** iken, kısmi olarak tespit edilmiş binanın da doğru kabul edildiği durumda **%80** olarak hesaplanmaktadır.



(a) (b)

Şekil 7: Çalışma alanı-2 için (a) orijinal IKONOS verisi, (b) bölütleme sonucu ve numaralandırılmış binalar

Önerilen yöntemin gölge tabanlı bir yaklaşıma sahip olması nedeniyle gölge alanlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi son derece önemlidir. Örneğin, birinci çalışma alanında yer alan 4 numaralı binanın tespit edilememesinin temel nedeni olarak gölge üreten kenarlarının olmaması açıkça söylenebilir. Benzer şekilde, ikinci çalışma alanında yer alan 2 numaralı binanın hatalı olarak tespit edilmesinde de en önemli faktör olarak binanın gölge üreten kenarlarının kısmen elde edilebilmiş olmasıdır.

Bir diğer nokta ise bölütleme aşamasında oluşabilecek özel durumlardır. Kullanılan watershed algoritmasının başlangıcında üretilen işaretçi piksellerin sayıları ve konumları, bölütleme işleminin başarısını doğrudan etkilemektedir. Buna ek olarak, bina çatıları ile yolların parlaklık değerleri arasındaki yer yer benzerlikler bazı binaların yapışık olarak bölütlenmesine, bazılarının ise fazladan pikselleri bina bölgelerine katmasına neden olmaktadır. Bu durumlara her iki çalışma alanında rastlamak mümkündür.

Bu özel durumların minimum düzeye indirgenebilmesi için sınıflandırma ve bölütleme aşamalarının farklı parametreler ile ayrı ayrı test edilmesi önerilebilir. Buna ek olarak, orijinal görüntü üzerinde sınıflandırma işleminin başlangıcında bir ön işleme (pre-processing) veya bölütleme işleminin sonucunda bir son işleme (post-processing) yapılarak genel doğruluk piksel bazında ve hatta nesne bazında arttırılabilir.

Sonuç olarak, geliştirilen yaklaşımın umut verici sonuçlar üretmesi ve tutarlı bir metodolojiye sahip olması nedeniyle mevcut otomatik nesne tespiti yöntemleri arasında önemli bir yere gelebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

KIM, T.; LEE, T.Y.; KIM, K.O., (2006), "Semiautomatic Building Line Extraction from Ikonos Images Through Monoscopic Line Analysis", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.72, (541-549).

LEE, D.S.; SHAN, J.; BETHEL, J.S., (2003), "Class-Guided Building Extraction from Ikonos Imagery", *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.69, (143-150).

SAN, D.; TURKER, M., (2004), "Automatic Building Detection and Delineation from High Resolution Space Images Using Model-Based Approach", *XXth ISPRS Proceedings (CD-ROM).*

SHACKELFORD, A.K.; DAVIS, C.H., (2003), "A Combined Fuzzy Pixel-Based and Object-Based Approach for Classification of High-Resolution Multispectral Data Over Urban Areas", *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.41, (2354-2363).

SUMER, E.; TURKER, M., (2008), "Building Detection from High-Resolution Satellite Imagery Using Adaptive Fuzzy-Genetic Approach", *Geobia'08 Proceedings (WEB).*