

# BİNALARIN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN MODELE DAYALI YAKLAŞIM KULLANILARAK BELİRLENMESİ

D. Koç San<sup>a</sup> and M. Türker<sup>b</sup>

<sup>a</sup> ODTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri EABD., 06531 Ankara, Türkiye -  
dkoc@metu.edu.tr

<sup>b</sup> Hacettepe Univ., Müh. Fak., Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Beytepe 06800 Ankara, Türkiye -  
mturker@hacettepe.edu.tr

ANAHTAR KELİMELELER: Bina Belirleme, Güncelleme, Bina Modeli, nSYM, Sınıflandırma, IKONOS, Batıkent

## ÖZET:

Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaların otomatik belirlenmesi ve mevcut vektör veritabanındaki binaların güncellenmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda, pankromatik görüntü ile zenginleştirilmiş renkli görüntünün spektral değerleri, Sayısal Yükseklik Modelleri ve mevcut vektör veri tabanı kullanılmaktadır. Önce, zenginleştirilmiş renkli görüntü En Büyük Olasılık Sınıflandırma Tekniği kullanılarak sınıflandırılmaktadır. Sonra, Sayısal Yüzey Modelinden (SYM) Sayısal Arazi Modelinin (SAM) çıkarılmasıyla Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) elde edilmektedir. Elde edilen nSYM’de, minimum bina yüksekliğinden yola çıkarak, belirlenen bir eşik değerinden yüksek alanların üç boyutlu objeleri içerdiği kabul edilmiştir. Ağaçlarla binaları birbirlerinden ayırt edebilmek için bitki örtüsü indeksi kullanılmıştır. Zenginleştirilmiş renkli görüntünün sınıflandırılması ve nSYM’ nin analizleri neticesinde elde edilen bina alanlarının birleşim alanları, aday bina alanları olarak kabul edilmiştir. Mevcut vektör veri tabanında yer alan ancak uydu görüntüsünde bulunmayan binalar, sınıflandırma ve nSYM sonuçları analiz edilerek bulunmuş ve mevcut vektör veri tabanından silinmişlerdir. Yeni yapılan binaları bulabilmek için gelişme planında bulunan ada sınırları yardımcı bilgi olarak kullanılmıştır. Her bir ada içinden seçilen bir bina vektörü o ada için bina modeli olarak kabul edilmiş ve elde edilen bina alanları üzerinde bu model uygulanmıştır. Ancak, aynı ada içerisinde binaların yönelimleri farklı olabilmektedir. Bu nedenle, kullanılan bina modeli belli açılarla döndürülmüş ve en uygun açı hesaplanmıştır. Belli açı aralıklarıyla döndürülen bina modelleri ile aday bina alanlarının keşişiminin en yüksek olduğu açı binanın yönelimi için doğru kabul edilmiştir. Geliştirilen metod, Batıkent, Ankara’da, IKONOS siyah-beyaz ve zenginleştirilmiş renkli uydu görüntüleri kullanılarak test edilmiştir. Geliştirilen otomatik bina belirleme yaklaşımı dört yapı adasında 77 binada uygulanmış ve yaklaşımın performansı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre ortalama bina belirleme yüzdesi % 86.3, ortalama kalite yüzdesi ise %77.0 olarak hesaplanmıştır.

## 1. GİRİŞ

Yerleşim alanlarında arazi kullanımı değişikliklerini izlemek ve değerlendirmek kent planlaması ve yönetimi için oldukça önemlidir. Kentsel alanlarda daha etkili planların yapılabilmesi için güncel haritalara ihtiyaç duyulmaktadır. Ancak coğrafi verilerin elde edilmesi genellikle çok zaman alıcı ve pahalıdır. Birçok Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) uygulaması güncel arazi örtüsü/kullanımı bilgilerinin eksikliğinden hayata geçirilememektedir. Bu problem Uzaktan Algılama (UA) teknolojileriyle çözülebilir. UA verilerinden harita yapımı ve CBS için verilerin elde edilmesi geleneksel olarak elle yapılmaktadır. Fakat bu oldukça zaman alıcı ve nitelikli eleman gerektiren bir işlemdir. Bu nedenle, bu süreci otomatik veya yarı-otomatik obje belirleme teknikleri kullanarak hızlandırmak gereklilik haline gelmiştir.

Binaların hava fotoğraflarından/uydu görüntülerinden belirlenmesi son zamanlarda önemli bir araştırma konusu olmuştur. Bu konudaki ilk çalışmalarda siyah-beyaz hava fotoğrafları tek veri kaynağı olarak kullanılmıştır (Huertas ve Nevatia, 1988; Kim ve Nevatia, 1999; Lin ve Nevatia, 1998). Bu çalışmalarda kullanılan metodlar kenar bulma, çizgileri belirleme ve bina poligonlarını elde etme algoritmalarına dayalıdır. Binaların otomatik olarak belirlenmesinde yükseklik verisi önemli bir kaynak olarak görülmektedir. LASER/ LIDAR

verilerinden elde edilen SYM’ler kullanılarak binaların belirlendiği çalışmaların (Alharthy ve Bethel, 2002; Priestnall vd., 2000) yanında hava fotoğraflarından oluşturulan SYM’lerin kullanıldığı çalışmalar da bulunmaktadır (Jajnes vd, 2003; Niederoost 2000). Bazı yaklaşımlarda binaların otomatik olarak belirlenmesi için bina modelleri kullanılmıştır (Suveg ve Vosselman, 2003; Tseng ve Wang, 2003). Ancak modele dayalı yaklaşımların kullanılması zahmetli bir model kütüphanesi derleme problemini beraberinde getirmektedir (Shufelt, 1999). Bu problemi çözmek için Yapısal Katı Geometrisi (YKG) yaygın olarak kullanılmaktadır. YKG karmaşık bina şekillerini basit parçalara ayırarak tanımlamaktır. Bunlara ek olarak Croitoru ve Doytsheer (2004) düzenli gelişen kentsel alanların karakteristiklerini geometrik kısıtlamaları elde etmede kullanmışlar ve böylece alt düzey nesnelerin sayısını azaltmışlardır.

Ticari amaçlı yüksek çözünürlüklü uydulardan 1999 yılında görüntü alınmaya başlanmasından itibaren uydu görüntüleri binaların belirlenmesinde yeni bir veri kaynağı olmuştur. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri hava fotoğraflarından daha kolay ve daha ucuza elde edilebildiğinden daha avantajlıdır. Son zamanlarda yapılan bazı çalışmalarda uydu görüntülerinin spektral değerleri kullanılmaktadır (Lee vd, 2003; Shan ve Lee, 2002). Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinin yanında mevcut CBS verileri, haritalar ve kent

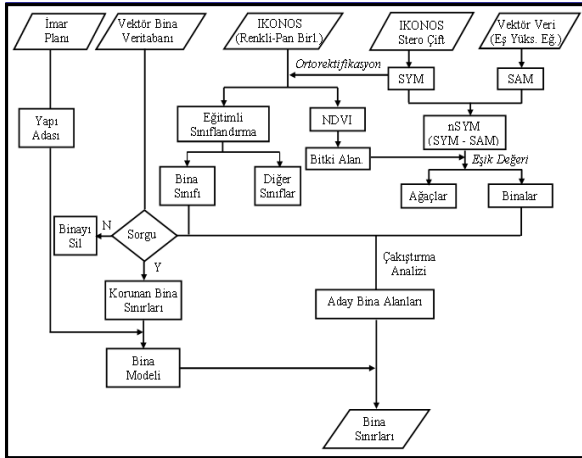
planları gibi yardımcı veri kaynaklarının da kullanılması binaların belirlenmesinde daha iyi sonuçlar vermektedir.

Bu çalışmada mevcut vektör veritabanının otomatik olarak güncellenmesi amacıyla uydu görüntüsü spektral değerleri ve SYM kullanılarak binaların belirlenebilmesi için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Binaların otomatik olarak belirlenmesinde yalnız hava fotoğrafı/uydu görüntülerinin ya da yalnız SYM'lerin kullanılmasının iyi sonuçlar vermediği bilinmektedir. Bu nedenle bu çalışmada hem yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri hem de SYM'ler kullanılmıştır. Öncelikle, uydu görüntüsünün spektral değerleri ve SYM kullanılarak aday bina alanları belirlenmiş daha sonra da önerilen modele dayalı yaklaşım kullanılarak bina sınırları bulunmuştur.

Toplu konut alanlarında genellikle bina katları, konumları ve ilişkileri açısından monoton düzenin hakim olduğu bilinmektedir (Keleş, 1967). Toplu konut alanlarında aynı yapı adası içerisindeki binaların şekli ve yapıları genellikle aynıdır. Bunun nedeni imar planlarında aynı yapı adası içerisinde genellikle yapılaşma kriterlerinin aynı olmasıdır. Ayrıca, çoğunlukla yapı adasındaki binalar bir kooperatif tarafından yapıldığından aynı yapı ve şeklindeki bina düzeni kooperatifin planlama ve inşaat harcamalarını azaltmaktadır. Toplu konut alanlarının bu özelliği binaların belirlenmesi ve mevcut haritaların güncellenmesinde kullanılabilir.

## 2. METODOLOJİ

Geliştirilen yaklaşımda izlenen ana adımlar başlıca üç bölümden oluşmaktadır. Bunlar, (i) ön analizler, (ii) bina alanlarının bulunması ve (iii) bina sınırlarının belirlenmesi dir (Şekil 1).



Şekil 1. Geliştirilen bina belirleme yaklaşımının akış şeması

Ön analizler aşamasında görüntü ortorektifiye edilir ve bitki örtüsü indeksi hesaplanır. Ortorektifiye işleminin yapılmasında stereo görüntülerden elde edilen SYM kullanılır. Görüntünün ortorektifiye edilmesiyle mevcut vektör verinin görüntü ile hassas bir şekilde çakışması sağlanır. Daha sonra, ileriki aşamalarda kullanılacak üzere bitki örtüsü indeksi hesaplanarak yeşil alanlar belirlenir.

Binaların yaklaşık yerlerini bulmak amacıyla, görüntü en büyük olasılık sınıflandırma tekniği ile sınıflandırılır. Ancak, diğer

sınıflarla benzer spektral yansıma değerlerine sahip binalar sınıflandırma sonucunda bulunamayabilir. Bu gibi durumlarda SYM'yi işleme katmak önemli ölçüde avantaj sağlar. Bina belirleme çalışmalarında yükseklik modellerinin kullanılmasının nedeni araziden belli bir yükseklikte olan kentsel nesnelerin nSYM'ye bir eşik değerinin uygulanmasıyla bulunabileceğidir. nSYM SYM'den SAM'in çıkarılmasıyla elde edilir. SAM yalnız topoğrafyanın yükseklik modelidir ve yerden yüksekte olan nesnelere içermez. SYM ise yeryüzeyinin yükseklik modelidir ve topoğrafyanın yanı sıra tüm üç boyutlu nesnelere de içerir. Bu çalışmada SYM IKONOS stereo uydu görüntülerinden, SAM ise mevcut sayısal vektör verideki eşyükselti eğrilerinden oluşturulmuştur. nSYM ağaç ve binalar gibi yer yüzeyinden belli bir yükseklikte olan objeleri içermektedir. Dolayısı ile, zorluk binalarla ağaçların birbirinden ayırt edilmesinde yaşanmaktadır. Fakat, bu sorun daha önce oluşturulan bitki örtüsü indeksi kullanılarak çözülebilir ve yeşil alanlar maskelenir. Daha sonra, nSYM'ye belirlenen bir eşik değeri uygulanarak binaların diğer yüksek objelerden ayrılması sağlanır. Aday bina alanlarını belirlemek için sınıflandırma ve nSYM sonucunda bina olarak belirlenen alanlara karşılık gelen pankromatik görüntüler çakıştırılır.

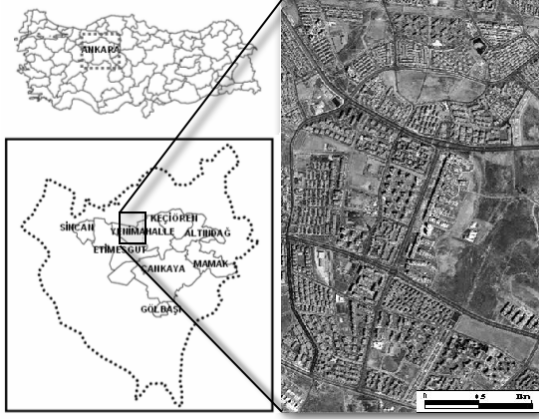
Aday bina alanlarının belirlenmesinden sonra, mevcut vektör veritabanındaki binaları güncellemek amacıyla, veritabanındaki binaların durumu, sınıflandırma ve nSYM sonuçları kullanılarak, değerlendirilir. Eğer veritabanında yer alan her bir binanın sınırları içerisinde bina olarak sınıflandırılan pikseller ve nSYM sonucundaki ortalama yükseklik değeri belirlenen eşik değerinin üzerindeyse bina hala var olarak kabul edilir ve bu binalar mevcut sayısal vektör veritabanında korunur. Tersini söz konusu ise bina yıkılmıştır ve veritabanından silinir. Mevcut vektör veritabanının oluşturulmasından sonra inşa edilmiş olan binaların sınırlarını belirlemek için mevcut bina vektör veri tabanı ve imar planı kullanılır. Bunun için, yapı adası içerisinde bir bina poligonu model olarak seçilir. Bina modelinin seçimi ada bazında yapılır, çünkü bu çalışmada aynı ada içerisinde bulunan binaların şekillerinin aynı olduğu varsayımı yapılmaktadır. Seçilen bina modeli aday bina alanları olarak belirlenen alanlara atanır ve binanın doğru yönelimini bulmak amacıyla atanan bina modeli belirli açı aralıklarıyla döndürülür. Döndürülen bina modeli ile aday bina alanlarının kesişim alanları hesaplanarak kesişimin maksimum olduğu yönelim doğru kabul edilir ve veri tabanı güncellenir.

## 3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETLERİ

Geliştirilen yaklaşım farklı şekilde ve farklı kullanımda binaları içeren Batıkent, Ankara'da uygulanmıştır (Şekil 2). Batıkent Projesi Türkiye'de kooperatifler yoluyla yapılmış en büyük toplu konut projesidir. Proje 10 km<sup>2</sup> lik bir alanı kapsamaktadır ve 50 000 konut ünitesi olarak 25 000 insan için planlanmıştır. Bu proje 1979 yılında Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı'nın liderliğinde sendikalar, ticaret ve esnaf birlikleri gibi gruplardan oluşan Kent-Koop (Batıkent Konut Yapı Kooperatifleri Birliği) tarafından başlatılmıştır. Batıkent kamu ve özel ortaklığının konut yapımı alanında başarısını gösteren ilk projedir. (Batıkent, Kent-Koop, 2007). Batıkent planlı ve düzenli gelişen bir yerleşim alanıdır. Bu nedenle geliştirilen algoritmanın uygulanabilmesi için uygun bir alandır.

Çalışmada kullanılan veri setleri, IKONOS stereo, pankromatik ve pankromatik ile birleştirilmiş renkli uydu görüntüleri, mevcut vektör veritabanı ve imar planıdır. Aynı yörüngeden uçuşa paralel olarak çekilen stereo görüntüler 4 Ağustos 2002

tarihidir. Görüntüler düşük maliyetli ve düşük doğrulukta koordinatlandırılmış “Geo” IKONOS formatındadır. Bu formattaki görüntülerin yatay konumsal doğruluğu yaklaşık 50 m’dir. Mevcut sayısal vektör veritabanı Ankara Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) tarafından 1999 yılında yaptırılan ve Ankara metropolitan alanını kapsayan 1:1 000 ölçekli veridir.



Şekil 2. Çalışma alanı, Batıkent, Ankara

#### 4. VERİ ANALİZLERİ

Veri işleme ve analizleri PCI Geomatica 10 görüntü işleme programı ve Matlab 7.1 yazılımı kullanılarak yapılmıştır.

##### 4.1 Ön-Analizler

Görüntüdeki geometrik hataları düzeltmek ve güncelleme yapılacak olan mevcut CBS veritabanının görüntü ile hassas bir şekilde çakıştırılmasını sağlamak amacıyla görüntüler stereo görüntüden elde edilen SYM kullanılarak ortorektifiye edilmiştir. İleriki aşamada yeşil alanların maskelenmesi için ortorektifiye edilmiş pankromatik ve renkli birleştirilmiş IKONOS görüntülerinin kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantları kullanılarak bitki örtüsü indeksi hesaplanmıştır. Bitkisel alanlarla bitkisel olmayan alanları birbirinden ayırmak için deneysel olarak belirlenen eşik değeri 0.137 olarak bulunmuştur.

##### 4.2 Bina Alanlarının Bulunması

**4.2.1 Görüntü Sınıflandırması:** Ortorektifiye edilmiş sol görüntü “En Büyük Olasılık Sınıflandırma” tekniği ile sınıflandırılmıştır. Bunun için, sınıflar (Bina, Bitki örtüsü, Yol, Yaya kaldırımı, Gölge, Boş alan) ve bu sınıfların alt sınıfları belirlenmiştir. Her sınıf için görüntü üzerinden eğitim alanları seçilmiştir. Eğitim alanları belirlenirken görüntü ekranda yakın kızıl ötesi bant kırmızı kanala, kırmızı bant yeşil kanala ve yeşil bant mavi kanala atanarak gösterilmiştir. Eğitim alanlarının belirlenmesi süresince bu bant bileşiminin kullanılmasında ana neden sınıfların daha kolay ayırt edilebilmesidir.

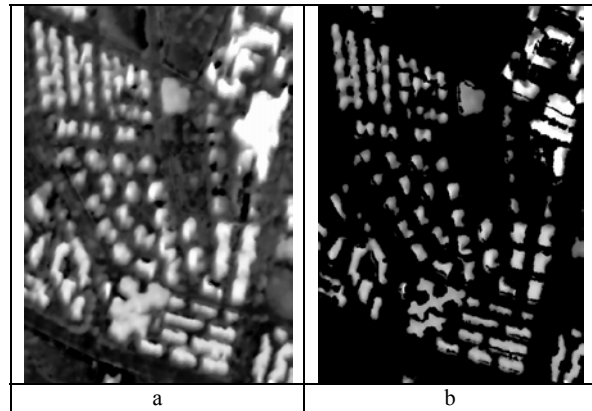
Sonra, her sınıf için, seçilmiş olan eğitim alanlarından istatistikler hesaplanmıştır. Bu istatistikler toplanmış olan eğitim alanlarındaki piksel sayısını, ortalama, standart sapma ve kovaryans değerlerini içermektedir. Sınıflandırma işleminin tamamlanmasından sonra alt sınıflar birleştirilmiş ve izole olmuş pikselleri ve çok küçük piksel gruplarını yok etmek amacıyla sınıflandırılmış görüntüye “Sieve” filtresi

uygulanmıştır. Şekil 3’te çalışma bölgesinden seçilen bir alan ve bu alanın sınıflandırma sonucu görülmektedir.



Şekil 3. Çalışma bölgesinden seçilen bir alana ait (a) sahte renk birleşimi ve (b) sınıflandırma sonucu

**4.2.2 nSYM Oluşturulması:** SAM mevcut sayısal vektör veritabanındaki eş yükselti eğrileri ve noktasal yükseklik verilerinden, SYM ise stereo IKONOS uydur görüntülerinden PCI Geomatica 9.1’in OrthoEngine modülü kullanılarak elde edilmiştir. SYM oluşturmak için Diferansiyel Küresel Konumlandırma Sistemi kullanılarak 48 kontrol noktası toplanmıştır. Bu noktalardan 24 adeti Yer Kontrol Noktası (YKN) olarak, geri kalan 24 adeti ise Bağımsız Denetim Noktası (BDN) olarak kullanılmıştır. SYM’nin oluşturulmasında PCI Geomatica 9.1’in OrthoEngine Modülü içinde yer alan ve uydur görüntülerinden SYM elde edilmesi için geliştirilmiş olan “Uydur Yörüngesel Modeli” kullanılmıştır. Elde edilen SAM’ın doğruluğu 0.2 m, SYM’nin doğruluğu ise 0.7 m olarak hesaplanmıştır. SAM ve SYM’nin elde edilmesi ve doğruluk analizleri ile ilgili detaylar Koç ve Türker (2005)’de verilmiştir. Daha sonra SYM’den SAM çıkarılarak nSYM oluşturulmuştur (şekil 4a). Binalarla ağaçları birbirinden ayırt edebilmek için daha önce oluşturulan bitki örtüsü indeksi bantı kullanılarak yeşil alanlar maskelenmiş ve bu alanlar sonraki işlemlere dahil edilmemiştir. Diğer taraftan, nSYM’ye 5 m eşik değeri uygulanarak bu değer üzerinde yüksekliğe sahip kent nesnelerinin yer yüzeyinden ayrılması sağlanmıştır. Eşik değerinin 5 m alınmasının nedeni 5 m’den daha alçak objeleri bina olamayacakları gerekçesiyle, elimine etmektir. Böylece yalnız bina alanlarının yüksekliklerini içeren bir nSYM elde edilmiştir (şekil 4b).



Şekil 4. Çalışma bölgesinden seçilen bir alana ait (a) nSYM ve (b) bitki alanlarını maskeledikten ve eşik değeri uyguladıktan sonraki nSYM.

Daha sonra, aday bina alanlarını belirlemek için hem sınıflandırma hem de nSYM sonucunda elde edilen bina alanlarına karşılık gelen ortorektifiye edilmiş pankromatik görüntüdeki alanlar bulunmuş ve bina alanları dışında kalan alanlar maskelenmiştir. Her iki sonuçtan gelen ortorektifiye edilmiş pankromatik görüntüler karşılaştırılmış ve birleşim alanları aday bina alanları olarak belirlenmiştir.

### 4.3 Bina Sınırlarının Belirlenmesi

Aday bina alanlarının bulunmasının ardından hedef 1999 yılına ait sayısal vektör bina veritabanını 2002 yılına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanılarak güncellemektir. Görüldüğü üzere iki veri arasında üç yıllık bir zaman aralığı bulunmaktadır. Bu durumda bir binanın durumunu tanımlamak için üç seçenek söz konusudur. Bunlar;

- (i) bina hem mevcut vektör veritabanında hem de uydu görüntüsünde vardır,
- (ii) bina mevcut vektör veritabanında vardır ve uydu görüntüsünde yoktur ve
- (iii) bina uydu görüntüsünde vardır ve mevcut vektör veritabanında yoktur.

İlk durumda, mevcut vektör veritabanında var olan bir bina uydu görüntüsünde de bulunmaktadır. Dolayısı ile binanın sınırı korunmalıdır ve herhangi bir güncellemeye gerek yoktur. İkinci durumda, mevcut vektör veritabanında var olan bir bina uydu görüntüsünde görünmemektedir. Bu durum bize iki veri arasındaki üç yıllık zaman farkı içerisinde binanın yıkılmış olduğunu gösterir. Bu durumda binanın mevcut vektör veritabanından silinmesi gerekmektedir. Üçüncü durumda ise mevcut vektör veritabanının oluşturulmasından sonra yeni binalar yapılmıştır. Dolayısı ile, yeni yapılan binaların sınırları belirlenmeli ve vektör veritabanı yeni binalar eklenerek güncellenmelidir. Güncelleme işlemi, bina veritabanı öz nitelik tabloları, sınıflandırma ve nSYM sonuçları analiz edilerek yapılmıştır. Öncelikle her bir binanın sınırları içine düşen piksel sayısı hesaplanmış ve öz nitelik tablosuna yeni bir sütun olarak eklenmiştir. Sonra, her bir bina sınırı içerisinde bina olarak sınıflandırılan piksel sayısı bulunmuş ve yüzde değeri hesaplanarak öz nitelik tablosuna girilmiştir. Ayrıca, mevcut vektör veritabanında bulunan bina sınırları içerisindeki ortalama yükseklik değerleri, eşik değeri uygulanmış ve bitki örtüsü maskelenmiş nSYM sonucundan hesaplanarak öz nitelik tablolarına girilmiştir. Öz nitelik tablolarının güncellenmesinin ardından hala var olan binalar ile yıkılmış olan binalar şu sorgulama yapılarak bulunmuştur:

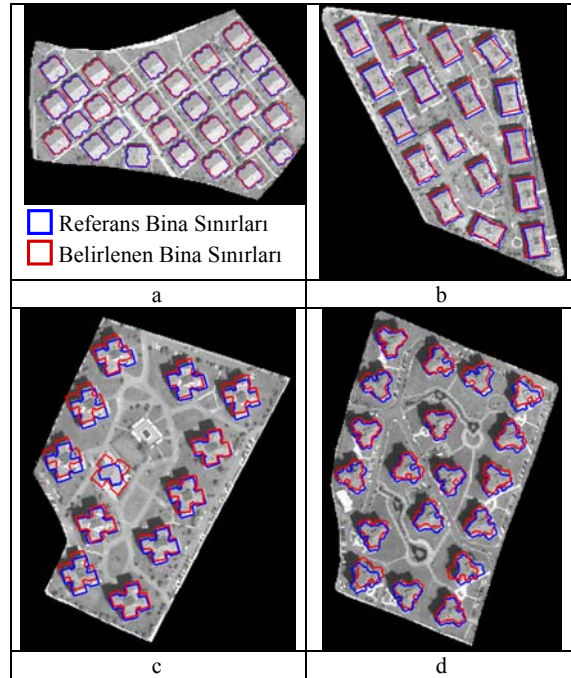
```
If %b_class > 70 or mean_nDSM <> 0
Vector = "building"
Else Vector <> "building"
```

Eğer her bir binanın sınırları içerisinde bina olarak sınıflandırılmış olan piksellerin tüm piksellere oranı %70'den fazlaysa ya da eşik değeri uygulanmış nSYM'deki ortalama yükseklik değeri sıfırdan farklıysa, bina sınırı korunur, aksi takdirde bina silinir.

Yeni yapılan binaların sınırlarını belirlemek için mevcut vektör bina veritabanı ve imar planı kullanılarak bina modeli belirlenmiştir. Düzenli gelişen toplu konut alanlarında bir yapı adası içerisindeki binalar aynı şekilde olma eğiliminde

olduklarından her bir bina adası içerisindeki mevcut bina poligonlarından biri bina modeli olarak seçilmiş ve bu model aday bina alanları ile eşleştirilmiştir. Bu işlem başlıca beş adımdan oluşmaktadır. Bunlar; (i) aday bina alanları görüntüsündeki hataların giderilmesi, (ii) aday bina alanlarının orta noktalarının bulunması, (iii) bina modelinin orta noktasının bulunması, (iv) bina modelinin belirlenen açılarla döndürülmesi ve (v) döndürülen bina modelinin aday bina alanlarıyla kesişim alanlarına bakılarak kesişimin en yüksek olduğu yönelimin seçilmesi.

Aday bina alanları, sınıflandırma sırasındaki spektral örtüşmelerden ve SYM'deki hatalar nedeniyle, yanlışlıklar ve boşluklar içerebilir. Bunları yok etmek için her bir aday bina alanındaki pikseller hesaplanmış ve 50 pikselden (50 m<sup>2</sup>) küçük olan alanlar bina olamayacakları gerekçesiyle yok edilmiştir. Boşluklar da bağlamsal bilgiler kullanılarak yok edilmiştir. Daha sonra, aday bina alanlarının ve seçilen bina modelinin orta noktaları hesaplanmış ve bina modelinin orta noktası aday bina alanlarının orta noktasıyla çakışacak şekilde aday bina alanlarına atanmıştır. Bundan sonra, bina modeli 0 dan 360 dereceye kadar 5 er derecelik açılarla döndürülerek, her bir yönelimde, aday bina alanlarıyla olan kesişimleri hesaplanmış ve maksimum kesişimin olduğu yönelim doğru kabul edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde seçilen dört adada elde edilen bina sınırları ve referans bina sınırları şekil 5'te verilmiştir.

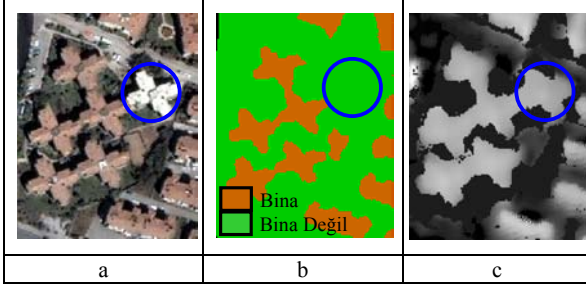


Şekil 5. (a) Yapı adası I, (b) yapı adası II, (c) yapı adası III ve (d) yapı adası IV için referans bina sınırları ve otomatik olarak belirlenen bina sınırları.

## 5. TARTIŞMA

Sınıflandırma sonucunda binaların yaklaşık konumları ve şekilleri bulunabilmektedir. Ancak diğer sınıflarla benzer spektral yansıma değerlerine sahip binaların doğru sınıflandırılmadığı görülmüştür (Şekil 6). Bu nedenle önerilen

yaklaşımında bina alanlarının bulunması için sınıflandırılmış görüntü ve nSYM birlikte kullanılmaktadır.



Şekil 6. (a) Pankromatik ile birleştirilmiş renkli IKONOS uydu görüntüsü, (b) sınıflandırılmış görüntü ve (c) nSYM sonucu (bitki örtüsü maskelenmiş ve eşik değeri uygulanmış).

Bina alanlarının doğruluklarının hesaplanması için mevcut sayısal bina vektör veritabanını uydu görüntüsünden elle güncelleyerek referans bina veri tabanı oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlar önerilen yaklaşımın yıkılan ve yeni yapılan binaların bulunmasında oldukça başarılı olduğunu göstermektedir (tablo 1).

	Mevcut Binalar		Yıkılan Binalar		Yeni Binalar	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
Bulunan Binalar	885	98.0	17	77.3	163	100.0
Referans Binalar	903	100.0	22	100.0	163	100.0

Tablo 1. Bulunan bina alanlarının hata matrisi

Olası bütün bina modellerini önceden belirlemek ve tanımlamak, modele dayalı yaklaşımlarda bir dezavantaj olabilir. Bina şekilleri çok fazla sayıda olabilmekte ve bu da bina kütüphanesi oluşturma işleminin zorluğunu arttırmaktadır. Geliştirilen yaklaşımda ise bina modeli mevcut bina vektör veritabanından seçilmektedir. Dolayısı ile, bu yöntem yeni bina modeli tanımlamaktan daha etkindir.

Elde edilen bina sınırlarının doğruluğunu hesaplamak için belirlenen bina alanları ile referans bina alanları karşılaştırılarak aşağıda açıklanan dört sınıf oluşturulmuştur (Shufelt ve McKeown, 1993). Daha sonra, her ada için, ayrılma katsayısı, kaçırma katsayısı, bina belirleme yüzdesi ve kalite yüzdesi hesaplanmıştır. Bu değerler tablo 2’de verilmiştir.

**Doğru Pozitif (DP):** Hem otomatik yöntem sonucunda hem de referans veride bina olarak belirlenen alanlar.

**Doğru Negatif (DN):** Hem otomatik yöntem sonucunda hem de referans veride arka plan (bina olmayan alan) olarak belirlenen alanlar.

**Yanlış Pozitif (YP):** Sadece otomatik yöntem sonucunda bina olarak belirlenen alanlar.

**Yanlış Negatif (YN):** Sadece referans veride bina olarak belirlenen alanlar.

Ayrılma Katsayısı:  $YP/DP$

Kaçırma Katsayısı:  $YN/DP$

Bina Belirleme Yüzdesi:  $100 * DP / (DP+YN)$

Kalite Yüzdesi:  $100 * DP / (DP+YP+YN)$

Yapı Adaları	Ayrılma Katsayısı	Kaçırma Katsayısı	Bina Belir. Yüzdesi	Kalite Yüzd.
I	0.06	0.04	96.0	91.0
II	0.35	0.15	87.1	68.9
III	0.25	0.18	84.8	70.1
IV	0.24	0.26	79.2	66.4

Tablo 2. Yapı adalarına göre kalite değerlendirilmesi

Bu hesaplamalar elde edilen bina sınırlarının doğruluğu hakkında bize fikir vermektedir. Ayrılma katsayısı yanlışlıkla bina olarak bulunan alanların oranıdır ve fazladan bina alanı olarak belirlenen alanların, doğru bir şekilde bina alanı olarak belirlenen alanlara bölünmesiyle elde edilir. Kaçırma katsayısı ise kaçırılan bina alanları oranını göstermekte olup gerçekte bina olduğu halde otomatik yaklaşımda bina olarak belirlenemeyen alanların, doğru bir şekilde bina alanı olarak belirlenen alanlara oranıdır. Bu çalışmada, I. II. III. ve IV. yapı adaları için kaçırma katsayıları 0.04, 0.15, 0.18, 0.26 ve dallanma katsayıları de 0.06, 0.35, 0.25, 0.24 olarak hesaplanmıştır.

Bina belirleme yüzdesi otomatik yaklaşımla doğru bulunan alanların yüzdesi olup I. II. III. ve IV. yapı adaları için sırasıyla 96.0; 87.1; 84.8 ve 79.2’dir. Geliştirilen yaklaşımın performansının toplam ölçümü olan kalite yüzdesi ise sırasıyla 91.0; 68.9; 70.1 ve 66.4 olarak hesaplanmıştır. Kalite yüzdesi, otomatik yaklaşım sonucunda elde edilen bina alanlarının gerçekte bina olma olasılığını göstermektedir.

Sonuçlara baktığımızda en yüksek doğruluğun I. yapı adasında en düşük doğruluğun ise IV. yapı adasında elde edildiği görülmektedir. Adalardaki farklı doğruluk değerlerinin binaların yüksekliklerindeki değişimlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Mevcut referans verideki binaların konumları bina tabanlarını göstermektedir. Fakat, binaların uydu görüntülerinden otomatik olarak bulunması ancak bina çatısı kenarlarından yapılabilmektedir. Diğer taraftan, kullanılan görüntü gerçek ortofoto olmadığından bina tabanı ile bina çatısı birbirine eşit değildir. Bu nedenle, bina yüksekliği arttıkça elde edilen doğruluk oranı da düşmektedir. I., II., III. ve IV. yapı adalarında binalar sırasıyla 2, 5, 9 ve 10 katlıdır.

## 6. SONUÇLAR

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri coğrafi verilerin elde edilmesinde oldukça önemli veri kaynağıdır. Son zamanlarda binaların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden bulunması ile ilgili çalışmalarda artış olduğu gözlemlenmektedir. Bu çalışmada, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden binaları otomatik olarak bulmak ve mevcut sayısal vektör veritabanını güncellemek amacıyla bir yaklaşım geliştirilmiştir. Geliştirilen yaklaşımda uydu görüntüsünün spektral değerlerinin yanısıra nSYM de kullanılarak önce binaların yaklaşık konumları belirlenmiş, daha sonra ise geliştirilen, modele dayalı yaklaşım, kullanılarak bina sınırları bulunmuştur. Elde edilen sonuçlar önerilen yaklaşımın yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden yıkılan ve yeni yapılan binaların belirlenmesinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Çalışma alanında var olan binaların % 98.0’i, yıkılan binaların % 77.3’ü ve yeni yapılan

binaların % 100.0'ü başarılı olarak bulunmuştur. Yıkılan binaları tespit etmedeki oranın düşük olmasının nedeni yıkılan binaların diğer binalara göre alansal olarak daha küçük olmasıdır.

Bina sınırlarının belirlenmesi için geliştirilen modele dayalı yaklaşımın uygulandığı dört yapı adasında toplam 77 bina bulunmaktadır. Bu binaların doğrulukları hesaplanmış ve ortalama ayrılma katsayısı 0.21, ortalama kaçırma katsayısı 0.14, bina belirleme yüzdesi 86.3 ve kalite yüzdesi 77.0 olarak bulunmuştur. Bu oranlar geliştirilen modele dayalı yaklaşımın başarısını göstermektedir.

Geliştirilen modele dayalı yaklaşımda aynı ada içerisinde bina şekillerinin aynı olduğu varsayımı yapılmıştır. Bu yaklaşım bina modeli kütüphanesi oluşturmadaki zorlukları gidermekte ve çok farklı şekildeki binaları bulabilmektedir. Ancak varsayımın doğru olmadığı durumlarda, yani aynı ada içerisinde farklı şekilde binalar olduğunda, bina sınırları yanlış belirlenebilmektedir.

#### KAYNAKLAR

- Alharthy, A. and Bethel, J., 2002. Heuristic filtering and 3d feature extraction from LIDAR data. *ISPRS The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Vol. XXXIV.
- Batikent, Kent-Koop, Turkey, <http://www.iisd.org/50comm/commdb/desc/d22.htm>. (Accessed 10th March 2007)
- Croitoru, A. and Doytsher, Y., 2004. Right angle rooftop polygon extraction in regularized urban areas: cutting the corners, *The Photogrammetric Record*, Vol:19, No:108, pp.311-341.
- Huertas, A. and Nevatia, R., 1988. Detecting buildings in aerial images. *Computer Vision, Graphics, and Image Processing*, Vol.41, pp.131-152.
- Niederost, M., 2000. Reliable reconstruction of buildings for digital map revision," *IAPRS*, Vol.XXXIII, Amsterdam.
- Keles, R., 1967, *Kooperatifçilik İlkeleri ve Sosyal Konut Politikası Açısından Türkiye'de Konut Kooperatifleri*, Ankara, Gürsoy Basımevi (in Turkish).
- Kim, Z., W. and Nevatia, R., 1999. Uncertain reasoning and learning for feature grouping. *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.76, No.3, pp.278-288.
- Khoshelham, K. and Li, Z., 2004, A model based approach to semi-automated reconstruction of buildings from aerial images, *The Photogrammetric Record*, Vol:19, No:108, pp.342-359
- Koç, D. ve Türker, M., 2005, IKONOS Pankromatik Uydu Görüntülerinden Sayısal Yükseklik Modeli Oluşturulması (Digital Elevation Model Generation from IKONOS Panchromatic Images)" *Harita Dergisi*, Sayı: 134, 31-43.
- Lee, S., Shan, J. and Bethel., J. S., 2003. Class-guided building extraction from IKONOS imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 69, No.2, pp. 143-150.
- Lin, C. and Nevatia, R. 1998. Building detection and description from a single intensity image. *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.72, No.2, pp.101-121.
- Jaynes, C., Riseman, E. and Hanson, A. 2003. Recognition and reconstruction of buildings from multiple aerial images. *Computer Vision and Image Understanding*, Vol.90, pp.68-98.
- Peng, J., and Liu, Y. C., 2005. Model and context-driven building extraction in dense urban aerial images, *International Journal of Remote Sensing*, Vol. 26, No:7, pp. 1289-1307.
- Priestnall, G., Jaafar, J. and Duncan, A., 2000. Extracting urban features from LIDAR digital surface models. *Computers, Environment and Urban Systems*, Vol. 24, pp. 65-78.
- Shan, J. and Lee, S., 2002. Generalization of building polygons extracted from IKONOS imagery. *Symposium on Geospatial Theory, Processing and Applications*, Working Group IV/3, Ottawa.
- Suveg, I. and Vosselman, G., 2003. Reconstruction of 3D building models from aerial images and maps. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, Vol 58, Issues 3-4, pp. 202-224.
- Shufelt, J.A. and McKeown, D.M., 1993, "Fusion of Molecular Cues to Detect Man-Made Structures in Aerial Imagery", *CVGIP: Image Understanding*, 57 (3), 307-330.
- Shufelt, J., 1999, *Geometric Constraints for object detection and delineation*, Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, 0261.
- Tseng, Y. and Wang, S., 2003. Semiautomated building extraction based on CSG model-image fitting. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, Vol. 69, No. 2, pp. 171-180.