

# MEVCUT BİNA VERİ TABANLARININ YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK GÜNCELLENMESİ

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

<sup>a</sup> ODTU, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri EABD, Ankara, Türkiye, dkoc@metu.edu.tr

<sup>b</sup> Hacettepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, mturker@hacettepe.edu.tr

**ANAHTAR KELİMELELER:** Bina Belirleme, Güncelleme, Destek Vektör Makineleri, Bina Modeli, Şekil Parametreleri, Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntüleri

## ÖZET:

Bu çalışmada, mevcut bina veri tabanlarının yüksek konumsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik güncellenmesi için bir model bazlı yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşımında önce uydu görüntüsü Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma tekniği ile bina ve bina olmayan alanlar olarak iki sınıfa ayrılmıştır. Sınıflandırma işleminde Normalleştirilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NFBÖİ) görüntüleri ek bantlar olarak kullanılmıştır. Mevcut veri tabanında var olan ancak uydu görüntüsünde olmayan binalar, veri tabanı ve sınıflandırma sonuçlarını birlikte analiz ederek, tespit edilmiş ve veri tabanından silinmiştir. Veri tabanında olmayan yeni binaların görüntüden belirlenmesi işlemi model bazlı bir yaklaşım kullanılmıştır. Bina modellerinin veri tabanından otomatik olarak seçildiği bu yaklaşımda, veri tabanındaki binalar aday bina modelleri olarak değerlendirilmiştir. En uygun bina modellerini belirleyebilmek amacıyla, hem görüntüden sınıflandırma ile elde edilen bina alanları hem de veri tabanında var olan binalar için şekil parametreleri hesaplanmıştır. Daha sonra, bu parametreler kullanılarak mevcut binalardan en uygun bina modelleri belirlenmiş ve bu modeller görüntüden sınıflandırma ile elde edilmiş olan bina alanları ile karşılaştırılmıştır. Çakıştırılmış veri setindeki bina modeli bina alanı üzerinde belli açılarla döndürülerek model ile bina alanı arasındaki örtüşmenin en yüksek olduğu açı binanın yönelimi olarak alınmıştır. Geliştirilen yaklaşım Ankara'nın Batıkent bölgesinde seçilmiş olan iki test alanında uygulanmıştır. Çalışmada 2002 yılına ait IKONOS siyah-beyaz ve keskinleştirilmiş renkli uydu görüntüleri ile 1999 yılına ait mevcut vektör veri tabanı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların doğruluğu hesaplanmış ve bina belirleme yüzdesi 85.1 ve kalite yüzdesi de 72.6 olarak bulunmuştur.

## ABSTRACT:

In this study, a model based approach was developed for automatic revision of the existing building boundaries database from high resolution satellite images. In this approach, initially high resolution satellite image is classified as building and non-building patches using Support Vector Machine (SVM) classification technique. In the classification process the normalized Digital Surface Model (nDSM) and Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) images are used as additional bands. The buildings that exist in the vector database but missing in the image are detected through analyzing the results of the classification and these buildings are deleted from existing building database. In the process to delineate the new building boundaries that do not exist in the existing building database, a model-based approach is used. In the approach, where the building models are selected from the existing building boundaries database automatically, the buildings in the existing building database are evaluated as candidate building models. To select the optimum building models, shape parameters of both candidate building patches and existing building boundaries are calculated. Then, using these parameters for each candidate building patch the optimum building model is selected as building model and overlaid with the previously detected building patches. To apply the selected building model to the building patch with most appropriate orientation the building model is rotated with specified angles and the rotated building model that has maximum intersection with candidate building patch is accepted as true orientation. The developed approach was implemented to a study area selected from Batıkent, Ankara. In this study, the IKONOS panchromatic and pan-sharpened images acquired in 2002 and existing building database compiled in 1999 were used. The accuracies of obtained results were assessed and the building detection percentage and quality percentage were computed to be 85.1 and 72.6, respectively.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde neredeyse tüm kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde depolanmış olan coğrafi veri tabanlarına ve sayısal haritalara sahip oldukları bilinmektedir. Bu veri tabanları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde görülen hızlı kentleşmeden dolayı, çoğunlukla güncelliğini koruyamamaktadır. Ancak mevcut veri tabanları kentsel nesnelerin belirlenmesi işlemlerinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılabilir. Diğer taraftan, mevcut veri tabanlarını yardımcı veriler olarak kullanmak uydu görüntülerinden obje belirleme çalışmalarındaki zorlukları azaltabilir. Dijital

görüntülerden bina belirleme çalışmalarında mevcut veri tabanlarının varlığını ihmal etmek veri fazlalığına ve aynı işlerin tekrar edilmesine neden olmaktadır.

Mevcut CBS veri tabanlarının sürekli değişimlerle güncellenmesi önemli bir çalışma konusudur. Hızlı kentleşme geniş kentsel alanların kapsamlı harita güncellemelerini gerektirmektedir. Haritaların güncellenmesi amacıyla binaların uydu görüntülerinden belirlenmesi iki şekilde yapılabilmektedir: (i) görüntüdeki tüm binaların belirlenmesi, (ii) değişim alanlarını tespit ederek yeni bina sınırlarının belirlenmesi ve yıkılan binaların silinmesi. Mevcut CBS verilerinin otomatik

veri tabanı güncellemesinde kullanılması harita güncelleme çalışmalarının verimliliğini büyük oranda arttırmakta ve gerekli zamanı azaltmaktadır.

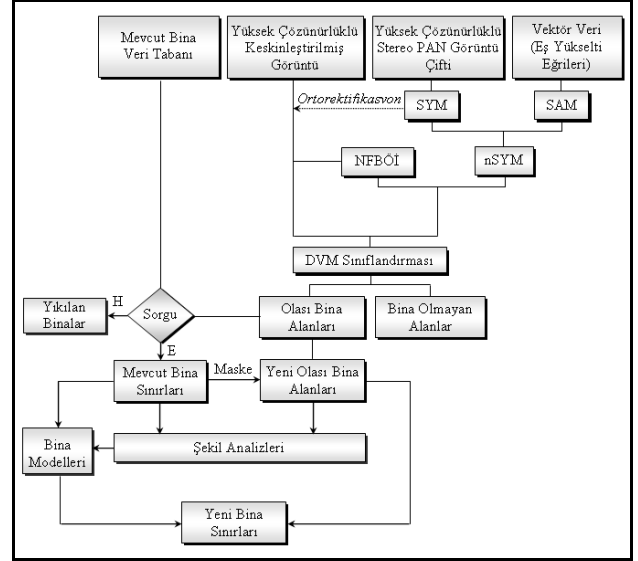
Binaların dijital görüntülerden belirlenmesi ile ilgili geçmişte birçok çalışma yapılmıştır. Murakami vd. (1999) bina değişimlerini tespit ederek bina veri tabanının güncellenmesi için yaptıkları çalışmada farklı zamanlarda elde edilen SYM veri setlerini kullanmışlardır. Bu çalışmada SYM'ler birbirinden çıkarılarak değişim alanları belirlenmiştir. Huertas ve Nevatia (2000) tarafından yapılan bir çalışmada şehir modelleri ve hava fotoğrafları kullanılarak değişim alanları tespit edilmiş ve şehir modelleri güncellenmiştir. Knudsen ve Olsen (2003) sayısal harita veri tabanlarındaki binaların güncellenmesi için önerdikleri yaklaşımda vektör ve spektral verileri kullanmışlardır. Kullandıkları yöntemde yeni binaların spektral olarak mevcut binalara benzer olduğu varsayımı yapılmış ve eğitimsiz ve eğitilmiş sınıflandırma teknikleri kullanılmıştır. Değişim analizleri sonucunda çoğu durumda değişimlerin doğru bir şekilde belirlenebildiği görülmüştür. Jung (2004) tarafından yapılan çalışmada coğrafi veri tabanlarının güncellenmesi amacıyla bina değişimleri stereo hava fotoğraflarından elde edilmeye çalışılmıştır. Farklı tarihli stereo hava fotoğraflarından elde edilen SYM'ler karşılaştırılarak ilgilenecek alanlar belirlenmiştir. Daha sonra, farklı zamanlara ait iki stereo görüntü çiftinde bu alanlar bina ve bina olmayan alanlar olarak sınıflandırılarak karşılaştırılmış ve değişim alanları belirlenmiştir.

Ticari amaçlı yüksek çözünürlüklü uydulardan 1999 yılında görüntü alınmaya başlanmasından itibaren uydu görüntüleri binaların belirlenmesinde önemli bir veri kaynağı olmuştur. Holland vd. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin topoğrafik haritaların güncellenmesindeki potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmada, metre veya metre altı çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin 1:6 000 – 1:10 000 ölçekli haritaların güncellenmesinde kullanılabileceği ve bu görüntülerin değişim belirleme ve mevcut harita verilerinin incelenmesinde daha büyük potansiyele sahip olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Bu çalışmada, mevcut bina veri tabanlarının yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden güncellenmesi için modele dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımda bina modeli mevcut veri tabanından belirlenmektedir. Bilindiği üzere, toplu konut alanlarında yapılaşma genellikle kooperatifler yoluyla olmakta ve bina katları, şekilleri, konumları ve ilişkileri açısından genellikle monoton bir düzen bulunmaktadır. Bu düzenin nedeni kooperatiflerin planlama ve inşaat aşamalarını hızlandırmak ve harcamalarını azaltmaktır (Croitoru ve Doytsher, 2003). Toplu konut alanlarının bu özelliği binaların dijital görüntülerden belirlenmesi ve mevcut haritaların güncellenmesinde kullanılabilir. Bu nedenle, önerilen yaklaşımda, yeni yapılmış olan binaların şekillerinin mevcut veri tabanındaki binaların şekillerine benzer olduğu varsayımı yapılmıştır.

## 2. YÖNTEM

Geliştirilen yaklaşımın akış şeması Şekil 1'de verilmiştir. Çalışmada başlıca iki aşama bulunmaktadır. Bunlar; (i) olası bina alanlarının bulunması ve (ii) mevcut bina veri tabanının güncellenmesi.



Şekil 1. Mevcut bina veri tabanının güncellenmesi için geliştirilen bina belirleme yaklaşımının akış şeması

Önce uydu görüntüsünden bina alanlarının belirlenmesi işlemi yapılmaktadır. Bu çalışmada görüntüden bina alanlarını belirlemek için Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma tekniği kullanılmıştır. Sınıflandırma sırasında spektral bantlara ek olarak Normalleştirilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi de (NFBÖI) kullanılmaktadır. Bunun için eş yükselti eğrilerinden Sayısal Arazi Modeli (SAM), stereo pankromatik uydu görüntülerinden de Sayısal Yüzey Modeli (SYM) oluşturulmuş ve SAM'ın SYM'den çıkarılmasıyla nSYM hesaplanmıştır. Daha sonra, keskinleştirilmiş renkli görüntü ortorektifiye edilmiştir. Diğer taraftan, keskinleştirilmiş renkli görüntünün kırmızı ve yakın kızıl ötesi bantları kullanılarak Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NFBÖI) hesaplanmıştır. Bu işlemlerin ardından, keskinleştirilmiş renkli ortogörüntü ek bantlar da kullanılarak ikili DVM sınıflandırma tekniği ile bina ve bina olmayan alanlar olarak iki sınıfa ayrılmıştır.

Bina alanlarının görüntüden belirlenmesi işleminden sonra, mevcut veri tabanını güncellemek amacıyla, veri tabanındaki binalar, sınıflandırma sonuçları ile analiz edilmiştir. Veri tabanında yer alan her bir bina için, bina sınırları içerisinde bina olarak sınıflandırılan hücrelerin, belirlenen bir eşik değerinin üzerinde kalması durumunda bina var olarak kabul edilmiş ve mevcut veri tabanında korunmuştur. Tersinin söz konusu olması durumunda ise bina veri tabanından silinmiştir.

Mevcut veri tabanının oluşturulduğu tarihten sonra inşa edilmiş olan binaların sınırlarını belirlemek için mevcut bina verisi yardımcı veri olarak kullanılmaktadır. Şöyle ki; bina modelleri mevcut bina veri tabanından otomatik olarak belirlenmekte ve mevcut her bir bina, aday bina modeli olarak değerlendirilmektedir. En uygun bina modelini belirleyebilmek amacıyla, hem görüntüden sınıflandırma yoluyla belirlenmiş bina alanları hem de mevcut veri tabanındaki binalar şekil parametreleri ile analiz edilmektedir. Daha sonra, bu parametreler kullanılarak, görüntüden sınıflandırma ile elde edilmiş olan her bir bina alanına uygulamak için, mevcut binalardan en uygun olanları bina modelleri olarak belirlenmektedir. Belirlenen bina modellerinin görüntüden elde edilen bina alanlarına en uygun yönelimle atanabilmesi için bina modelleri belli açılarla döndürülerek en uygun yönelim

açılımları hesaplanmaktadır. Döndürülen bina modelleri ile aday bina alanlarının keşifiminin en yüksek olduğu açılar binaların yönelimleri olarak kabul edilmekte ve böylece mevcut veri tabanı güncellenmektedir.

### 3. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETLERİ

Geliştirilen yaklaşım farklı şekilde ve 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 planlı ve düzenli gelişen bir yerleşim alanıdır. Bu nedenle, geliştirilen algoritmanın uygulanabilmesi için uygun bir alandır.



Şekil 2. Çalışma alanı, Batıkent, Ankara

Çalışmada kullanılan veri setleri, IKONOS stereo, pankromatik ve keskinleştirilmiş renkli uydu görüntüleri ile mevcut vektör veri tabanıdır. Aynı yörüngeden uçuşa paralel olarak çekilen stereo görüntüler 4 Ağustos 2002 tarihlidir. Görüntüler düşük maliyetli ve düşük doğrulukta koordinatlandırılmış “Geo” IKONOS formatındadır. Mevcut sayısal vektör veri tabanı Ankara Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) tarafından 1999 yılında yaptırılan ve Ankara metropolitan alanını kapsayan 1:1 000 ölçekli veridir.

### 4. BİNA ALANLARININ BULUNMASI

Bu çalışmada bina alanları bina olmayan alanlardan ikili DVM sınıflandırması yöntemi ile ayrılmıştır. Son zamanlarda yapılan sınıflandırma çalışmaları, DVM tekniğinin uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında ümit verici olduğunu göstermektedir (Huang vd, 2002; Zhu ve Blumberg, 2002; Pal ve Mather, 2005; Foody ve Mathur, 2004). Watanachaturaporn vd. (2008) tarafından yapılan bir çalışmada, DVM sınıflandırma tekniği En Büyük Olasılık, Geri Beslemeli Sinir Ağları, Radyal Temelli Fonksiyon Sinir Ağları ve Karar Ağacı sınıflandırma teknikleri

ile karşılaştırılmış ve DVM sınıflandırma tekniğinin önemli ölçüde daha başarılı olduğu sonucuna varılmıştır.

Yardımcı verilerin sınıflandırma işleminde kullanılmasının sınıflandırma doğruluğunu etkilediği bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, sınıflandırma işleminde IKONOS görüntüsünün renkli bantlarına ek olarak nSYM ve NFBÖİ bantları yardımcı veriler olarak kullanılmıştır. Binaların araziden ayırt edilmesinde önemli bir veri olmasından dolayı, nSYM’nin sınıflandırmaya katılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Benzer şekilde, NFBÖİ görüntüsünün de sınıflandırmada kullanılmasının, özellikle yeşil alanlarla çevrili binaların belirlenmesinde, faydalı olabileceği düşünülmüştür. Sınıflandırma işleminde kullanılan bantlar aşağıdaki gibi isimlendirilmiştir:

- B<sub>1</sub> ⇒ Mavi bant (Keskinleştirilmiş)
- B<sub>2</sub> ⇒ Yeşil bant (Keskinleştirilmiş)
- B<sub>3</sub> ⇒ Kırmızı bant (Keskinleştirilmiş)
- B<sub>4</sub> ⇒ Yakın Kızıl Ötesi bant (Keskinleştirilmiş)
- B<sub>nSYM</sub> ⇒ Normalleştirilmiş sayısal yüzey modeli (nSYM) bandı
- B<sub>NFBÖİ</sub> ⇒ Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NFBÖİ) bandı

Bu çalışmada tespit edilecek sınıf bina sınıfıdır. Fakat, çalışma alanında bina olmayan sınıflar örneğin, yeşil alan, yol, boş alan, yaya kaldırımı, gölge, vb. sınıflar da mevcuttur. Dolayısı ile, bina sınıfının bina olmayan sınıflardan ayrılabilmesi için, hem bina hem de bina olmayan sınıflardan eğitim alanı örnekleri seçilmiştir. Bu çalışmada, bina ve bina olmayan sınıflar için eğitim hücresi seçimi eşit sayıda yapılmıştır. Diğer taraftan, DVM sınıflandırması uygulanırken kernel metodunun belirlenmesi de önemlidir. Yine bu çalışmada genellikle iyi sonuç veren Radyal Taban Fonksiyonu (RTF) kullanılmıştır.

### 5. MEVCUT BİNA VERİTABANININ GÜNCELLENMESİ

Görüntüden bina alanlarının sınıflandırma yolu ile belirlenmesinin ardından, 1999 yılına ait vektör bina veri tabanının 2002 yılına ait yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden güncelleme işlemi yapılmıştır. Görüldüğü üzere iki veri arasında üç yıllık bir zaman aralığı bulunmaktadır. Güncelleme işlemi için üç durumla karşılaşma söz konusudur. Bunlar;

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

İlk durumda, mevcut veri tabanında var olan bir bina uydu görüntüsünde de bulunmaktadır. Dolayısı ile, binanın sınırı korunmalıdır ve bu durumda güncelleme işlemi gerekmemektedir. İkinci durumda, mevcut veri tabanında var olan bir bina uydu görüntüsünde görünmemektedir. Bu durum bize iki veri seti arasındaki üç yıllık zaman farkı içerisinde binanın yıkılmış olduğunu gösterir. Dolayısı ile, binanın mevcut veri tabanından silinmesi gerekmektedir. Üçüncü durumda ise mevcut veri tabanının oluşturulmasından sonra yeni binalar yapılmıştır. Bu durumda, yeni yapılmış olan binaların sınırları belirlenmeli ve veri tabanı yeni binalar ile güncellenmelidir.

Yıkılmış olan binaların mevcut veri tabanından silinmesi için sınıflandırma sonuçları ve mevcut veri tabanı birlikte analiz edilmiştir. Bunun için, her bir binanın sınırları içine düşen hücre sayısı hesaplanmış ve öz nitelik tablosuna yeni bir sütun olarak eklenmiştir. Sonra, her bir bina sınırı içerisinde bina olarak sınıflandırılan hücrelerin yüzdesi hesaplanmış ve öz nitelik tablosuna girilmiştir. Öz nitelik tablolarının güncellenmesinin ardından hala var olan binalar ile yıkılmış olan binalar aşağıdaki sorgulama yapılarak bulunmuştur:

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

Yukarıdaki sorgulama şunu ifade etmektedir: Bir binanın sınırları içerisinde; bina olarak sınıflandırılmış hücrelerin tüm hücrelere oranı %70'den fazlaysa bina sınırı korunmalı, aksi takdirde bina silinmelidir.

Yeni yapılan binaların sınırlarını belirlemek için, bu çalışmada geliştirilmiş olan modele dayalı yaklaşım kullanılmıştır. Sınıflandırılmış görüntü veri tabanındaki mevcut binalar ile yeni yapılmış binaların tümünü içermektedir. Fakat, mevcut veri tabanını yeni binalar ile güncellemek amacıyla, yalnız yeni yapılmış binaları içeren bir sınıflandırılmış görüntüye ihtiyaç vardır. Bu amaçla, mevcut binalar hücre formatına çevrilmiş ve bu alanlar sınıflandırılmış görüntüden maskelenerek çıkarılmıştır. Maskeleyenme sonrası görüntüdeki artefaktlar, morfolojik operasyonlar kullanılarak, yok edilmiştir. Böylece yalnız yeni bina alanlarını içeren sınıflandırılmış görüntü elde edilmiştir.

Daha sonra, bu görüntüde bina olarak sınıflandırılmış olan her bir bina alanı için en uygun model, mevcut veri tabanından belirlenmiştir. En uygun modelin belirlenebilmesi için, hem sınıflandırma sonucu elde edilen bina alanlarının hem de mevcut bina veri tabanında var olan binaların alanları, çevreleri, en uzun ve en kısa aks uzunlukları, kompaktlıkları, uzunluk ve katılık parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanmış olan bu parametreler kullanılarak, görüntüdeki her bir bina alanına şekil parametreleri açısından en yakın değere sahip mevcut bina sınırı bina modeli olarak atanmıştır.

Bina modellerinin seçilmesinden sonraki aşama, modellerin görüntüdeki bina alanlarına en uygun yönelimle atanmasıdır. Bunun için, bina modelleri 0 dan 360 dereceye kadar birer derecelik açılarla döndürülerek, her yönelimde, bina alanlarıyla olan kesişim hesaplanmış ve kesişimin maksimum olduğu yönelim binanın yönelimi olarak kabul edilmiştir.

## 6. YÖNTEMİN UYGULANMASI

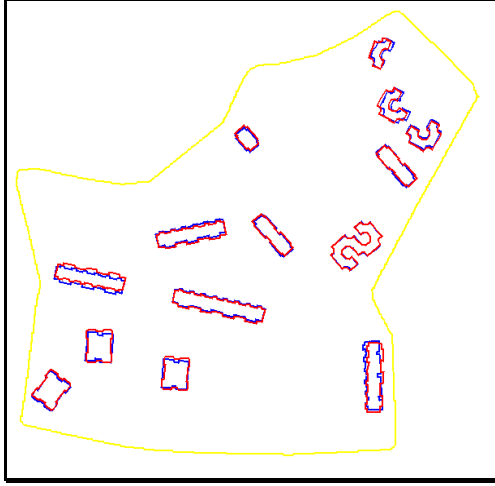
Geliştirilen yaklaşım çalışma alanından seçilen farklı şekilde binaları içeren iki bölgede uygulanmıştır. Bu bölgeler için güncellenmiş olan vektör bina verisi şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Şekil 5 ve 6'da ise bu iki bölgede belirlenmiş olan yeni binalar ile referans binaların karşılaştırılmış hali gösterilmektedir.



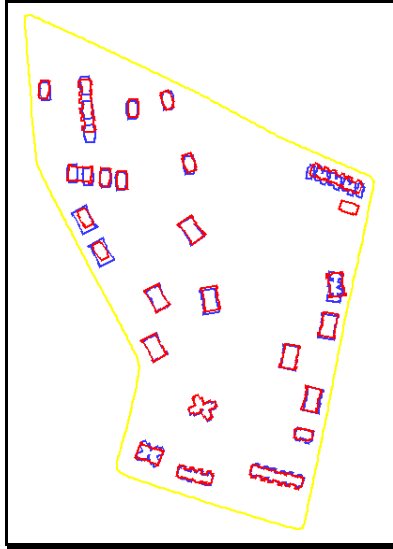
Şekil 3. I. Test bölgesinde güncellenen veri tabanında mevcut bina sınırları (mavi) ve yeni bina sınırları (kırmızı)



Şekil 4. II. Test bölgesinde güncellenen veri tabanında mevcut bina sınırları (mavi) ve yeni bina sınırları (kırmızı)



Şekil 5. I. Test bölgesinde belirlenen yeni bina sınırları (kırmızı) ile referans bina sınırları (mavi)



Şekil 6. II. Test bölgesinde belirlenen yeni bina sınırları (kırmızı) ile referans bina sınırları (mavi)

Elde edilen binaların doğruluklarını hesaplamak için belirlenmiş olan binalar ile referans binalar karşılaştırılmış ve aşağıdaki dört sınıf oluşturulmuştur (Shufelt ve McKeown, 1993). Daha sonra, her iki test bölgesi için, ayrılma katsayısı, kaçırma katsayısı, bina belirleme ve kalite yüzdeleri hesaplanmıştır. Bu değerler tablo 1’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):** Yalnız otomatik yöntem sonucunda bina olarak belirlenen alanlar.
- Yanlış Negatif (YN):** Yalnız referans veride bina olan alanlar.

**Ayrılma Katsayısı (AK):**  $YP/DP$   
**Kaçırma Katsayısı (KK):**  $YN/DP$   
**Bina Belirleme Yüzdesi (BBY):**  $100 * DP / (DP+YN)$   
**Kalite Yüzdesi (KY):**  $100 * DP / (DP+YP+YN)$

Tablo 1: İki test bölgesi için doğruluk analizi sonuçları.

Test Bölgesi	AK	KK	BBY (%)	KY (%)
1	0.14	0.12	88.95	79.04
2	0.24	0.21	82.44	68.53

Birinci test bölgesi için, AK, KK, BBY ve KY değerleri sırasıyla 0.14, 0.12, 88.95 ve 79.04 olarak bulunmuştur. İkinci test bölgesi için aynı doğruluk ölçümleri değerleri sırasıyla 0.24, 0.21, 82.44 ve 68.53 olarak hesaplanmıştır.

## 7. SONUÇLARIN TARTIŞILMASI

Bu çalışmada elde edilen hem görsel hem de sayısal sonuçlar geliştirilen yaklaşımın yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden mevcut bina veri tabanlarının otomatik olarak güncellenmesinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir. Geleneksel model bazlı yaklaşımlarda olası tüm bina şekilleri bina modelleri olarak belirlenmekte ve tanımlanmaktadır. Ancak çalışma alanında birbirlerinden farklı şekil ve tiplerde binaların olması durumunda, bina modeli kütüphanesi oluşturmak oldukça zorlu ve uğraştırıcı bir işlem haline almaktadır (Shufelt, 1999). Diğer taraftan, geleneksel model bazlı yaklaşımlarda genellikle bina modelleri kütüphaneleri basit şekiller (kare, dikdörtgen gibi) ve bunların birleşimlerinden (“L” şeklinde, “H” şeklinde gibi) ibaret olmakta ve daha karmaşık şekiller bulunmamaktadır.

Bu çalışmada geliştirilmiş olan yaklaşımda, bina modelleri mevcut CBS veri tabanındaki binalardan belirlenmektedir. Böylece, çok farklı veya karmaşık (“C” şeklinde, “S” şeklinde gibi) şekillerdeki bina sınırları da başarılı bir şekilde belirlenebilmektedir.

Elde edilen sonuçlar, mevcut bina veri tabanlarını bina modeli kütüphanesi olarak kullanmanın oldukça etkin bir yöntem olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak, bazı durumlarda geliştirilen yaklaşım başarısız olabilmektedir. Bu durumlar şu şekilde özetlenebilir:

- Önerilen yaklaşımın başarısı doğrudan sınıflandırma sonucu elde edilen bina alanlarının doğruluğuna bağlıdır. Sınıflandırma ile elde edilen bina alanları, kullanılan uydu görüntüsünün çözünürlük sınırlamasından dolayı, binalardaki bazı detayları içermeyebilmektedir. Yine, konumsal olarak birbirlerine çok yakın binalar birleşik tek bina olarak bulunabilmektedir. Bu gibi durumlarda bina sınırları referans veride olduğundan farklı şekilde belirlenebilmektedir.
- Çalışma alanında yeni yapılan binaların şekillerinin mevcut bina veri tabanında yer alan binaların şekillerinden farklı olduğu durumlarda bina sınırı yanlış belirlenebilmektedir. Çünkü, geliştirilen yaklaşımda yeni yapılan binaların şekil olarak mevcut



veri tabanında bulunanlara benzer olacağı varsayımı yapılmıştır.

- Mevcut veri tabanında, sınıflandırma ile elde edilen yeni bina alanlarının şekil parametrelerine benzer birden fazla bina bulunabilmektedir. Bu da, o bina alanı için, yanlış bina sınırının bina modeli olarak seçilmesine neden olabilmektedir.

## KAYNAKLAR

Croitoru A., Doytsher D., 2003. Monocular Right Angle Building Hypothesis Generation in Regularized Urban Areas by Pose Clustering. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol 69, No.2, pp 151-169.

Foody, G. M., Mathur, A., 2004. A relative Evaluation of Multiclass Image Classification by Support Vector Machines. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.42, No. 6, pp. 1335-1343.

Holland, D. A., Boyd, D. S., Marshall, P., 2006. Updating Topographic Mapping in Great Britain Using Imagery from High Resolution Satellite Sensors. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, No. 60, pp. 212-223.

Huang, C., Davis L. S., Townshend, J. R. G., 2002. An assessment of support vector machines for land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 23, no. 4, pp. 725-749.

Huertas, A., Nevatia, R., 2000. Detecting Changes in Aerial Views of Man-Made Structures. *Image and Vision Computing*, No.18, pp. 583-596.

Jung, F., 2004. Detecting Building Changes from Multitemporal Aerial Stereopairs, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58, 187-201.

Knudsen, T., Olsen, B. P., 2003. Automated Change Detection for Updates of Digital Map Databases. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol.69, No.11, pp.1289-1296.

Murakami, H., Nakagawa, K., Hasegawa, H., Shibata, T., Iwanami, E., 1999. Change Detection of Buildings Using an Airborne Laser Scanner. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 54, pp.148-152.

Pal, M., Mather, P. M., 2005. Support vector machines for classification in remote sensing. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, no. 5, pp. 1007-1011.

Shufelt, J., 1999. *Geometric Constraints for Object Detection and Delineation*. Kluwer Academic Publishers, Massachusetts, USA, 265 p.

Watanachaturaporn, P., Arora M. K., Varshney P. K., 2008. Multisource Classification Using Support Vector Machines: An Empirical Comparison with Decision Tree and Neural Network Classifiers. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, Vol. 74, No. 2, pp. 239 – 246.

Zhu, G., Blumberg, D. G., 2002. Classification using ASTER data and SVM algorithms: The case study of Beer Sheva, Israel. *Remote Sensing of Environment*, vol. 80, no. 2, pp. 233-240.