

# YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK BİNA GÜNCELLEMESİ İÇİN MODEL BAZLI YAKLAŞIM

D. Koç San<sup>1</sup>, M. Türker<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ODTÜ, Jeodezi ve Coğrafi Bilgi Teknolojileri EABD, Ankara, [dkoc@metu.edu.tr](mailto:dkoc@metu.edu.tr)

<sup>2</sup>Hacettepe Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri Müh. Bölümü, Ankara, [mturker@hacettepe.edu.tr](mailto:mturker@hacettepe.edu.tr)

## ÖZET

*Bu çalışmada, mevcut bina veri tabanlarının yüksek konumsal çözünürlüklü uydu görüntülerinden otomatik güncellenmesi için modele dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Yaklaşımda başlıca iki temel aşama bulunmaktadır. Bunlar, (i) bina alanlarının bulunması ve (ii) mevcut veri tabanının güncellenmesi. Bina alanlarının bulunması aşamasında keskinleştirilmiş renkli yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma tekniği kullanılarak bina ve bina olmayan alanlar olarak iki sınıfa ayrılır. Mevcut veri tabanının güncellenmesi aşamasında, öncelikle yıkılan binalar mevcut bina veri tabanı ve sınıflandırma sonuçlarının birlikte analiz edilmesiyle belirlenir. Yeni bina alanlarının bulunması için mevcut binalara karşılık gelen alanlar bina alanları görüntüsünden maskelenerek çıkarılır. Daha sonra, yeni bina sınırları, bina modellerinin mevcut bina veri tabanından şekil parametreleri de kullanılarak otomatik olarak seçildiği model bazlı yaklaşım kullanılarak, belirlenir. Elde edilen sonuçlar, önerilen yaklaşımın binaların yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden güncellenmesinde oldukça başarılı olduğunu göstermektedir.*

Anahtar Sözcükler: Uzaktan Algılama, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Sınıflandırma, Bina Modelleri, Güncelleme.

## ABSTRACT

### MODEL BASED APPROACH FOR AUTOMATIC BUILDING EXTRATION FROM HIGH RESOLUTION SATELLITE IMAGES

*In this study, a model based approach was developed for automatic updating of existing building database from high resolution satellite images. The developed approach includes two main stages: (i) detecting the building patches and (ii) updating the existing database. In the building patch detection stage, the pan-sharpened high resolution satellite imagery is classified as building and non-building classes using Support Vector Machines (SVM) classification technique. In the existing database updating stage, initially the destroyed buildings are determined through analyzing the existing building boundaries and the previously detected building patches. To detect the new building patches, the patches corresponding to the existing buildings are masked out from the candidate building patches image. Then, the new buildings are delineated using the developed model based approach, in which the building models are automatically selected from an existing building database by utilizing the shape parameters. The obtained results indicate that the developed approach is quite successful for updating building from high resolution satellite images.*

Keywords: Remote Sensing, Geographic Information Systems, Classification, Building Models, Updating.

## 1. GİRİŞ

Günümüzde neredeyse tüm kentlerin Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) depolanmış 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 uydu görüntülerinden belirlenmesi işlemlerinde önemli bir veri kaynağı olarak kullanılabilir. Mevcut veri tabanlarını yardımcı veriler olarak kullanmak uydu görüntülerinden obje belirleme çalışmalarındaki zorlukları azaltmaktadır. Diğer taraftan, dijital görüntülerden bina belirleme çalışmalarında mevcut veri tabanlarının varlığını ihmal etmek veri fazlalığına ve aynı işlerin tekrar edilmesine neden olmaktadır. Mevcut CBS verilerinin otomatik veri tabanı güncellemesi işlemi kullanılması harita güncelleme çalışmalarının verimliliğini büyük oranda arttırmakta ve gerekli zamanı azaltmaktadır.

Binaların dijital görüntülerden güncellenmesi 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 1:6000 – 1:10000 ölçekli haritaların güncellenmesinde kullanılabileceği ve bu görüntülerin değişim belirleme ve mevcut harita verilerinin incelenmesinde daha büyük potansiyele sahip olabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

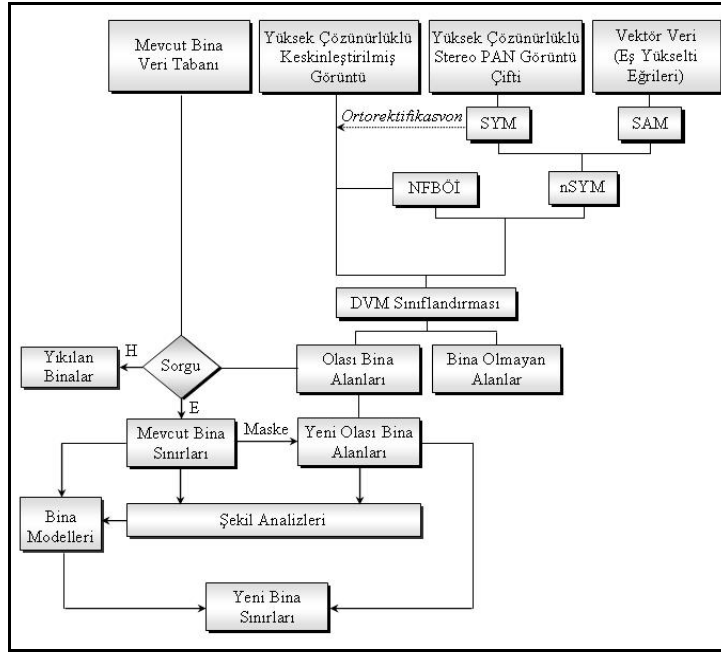
Bu çalışmada, mevcut bina veri tabanlarının yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden güncellenmesi için modele dayalı bir yaklaşım geliştirilmiştir. Önerilen yaklaşımda bina modeli mevcut veri tabanından belirlenmektedir. Bilindiği üzere, toplu konut alanlarında yapılaşma genellikle kooperatifler yoluyla 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) bina alanlarının bulunması ve (ii) mevcut bina veri tabanının güncellenmesidir. Öncelikle, uydu görüntüsünden bina alanlarının belirlenmesi işlemi yapılmaktadır. Bu çalışmada bina alanları Destek Vektör Makineleri (DVM) sınıflandırma tekniği kullanılarak belirlenmiştir. Sınıflandırma sırasında spektral bantlara ek olarak Normalleştirilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) ve Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NFBÖİ) görüntüleri de kullanılmaktadır. Bunun için eş yükselti eğrilerinden Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve stereo pankromatik uydu görüntülerinden Sayısal Yüzey Modeli (SYM) oluşturulmuş, SAM'ın SYM'den çıkarılmasıyla da nSYM hesaplanmıştır. Daha sonra, keskinleştirilmiş renkli görüntünün ortorektifikasyonu yapılmıştır. Diğer taraftan, NFBÖİ 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 kabul edilmiş ve mevcut veri tabanında korunmuştur. Tersinin söz konusu olması durumunda ise bina veri tabanından silinmiştir.

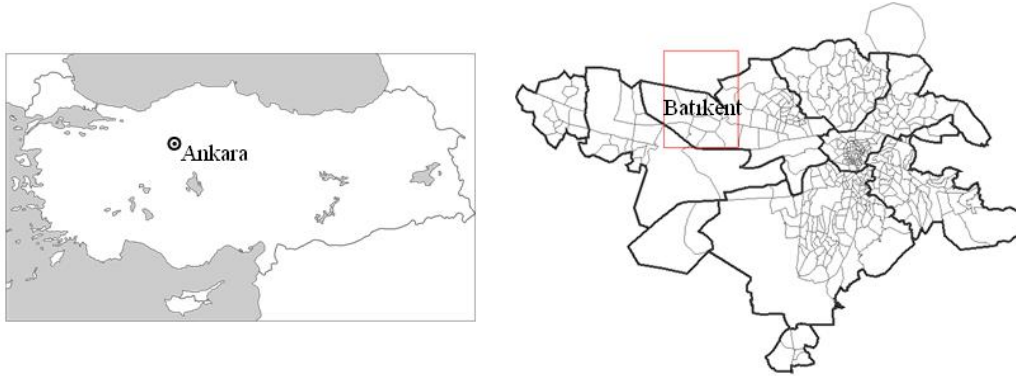
Mevcut veri tabanının oluşturulduğu tarihten sonra inşa edilmiş olan binaların sınırlarını belirlemek için mevcut bina verisi yardımcı veri olarak kullanılmaktadır. Bunun için bina modelleri mevcut bina veri tabanından otomatik olarak belirlenmekte ve mevcut her bir bina, aday bina modeli olarak değerlendirilmektedir. En uygun bina modelini belirleyebilmek amacıyla, hem görüntüden sınıflandırma yoluyla belirlenmiş bina alanları hem de mevcut veri tabanındaki binalar şekil parametreleri kullanılarak 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 açıları hesaplanmaktadır. Döndürülen bina modeli ile aday bina alanının kesişiminin en yüksek olduğu açı binanın yönelimi olarak kabul edilmekte ve böylece mevcut veri tabanı güncellenmektedir.



Şekil 1: Binaların güncellenmesi için geliştirilen bina belirleme yaklaşımının akış şeması

### 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. 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 tarihidir. Görüntüler düşük maliyetli ve düşük doğrulukta koordinatlandırılmış “Geo” IKONOS formatındadır. Sayısal vektör veri tabanı, Ankara Büyükşehir Belediyesi, Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü (ASKİ) tarafından 1999 yılında yaptırılan ve Ankara metropolitan alanını kapsayan 1:1000 ölçekli veridir.

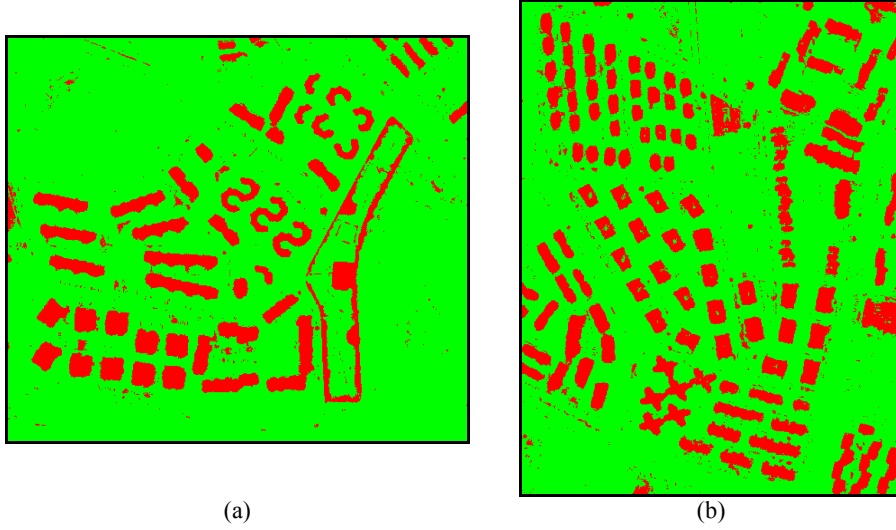


Şekil 2: Çalışma alanı, Batıkent, Ankara

### 4. BİNA ALANLARININ BULUNMASI

Bina alanları bina olmayan alanlardan iki sınıflı DVM sınıflandırması yöntemi ile ayrılmıştır. 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 yardımcı veri olmasından dolayı, nSYM’nin sınıflandırmaya katılmasının yararlı olacağı düşünülmüştür. Benzer şekilde, NFBÖİ görüntüsünün de sınıflandırmada yardımcı veri olarak kullanılmasının, özellikle yeşil alanlarla çevrili binaların belirlenmesinde faydalı olabileceği düşünülmüştür.

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. Eğitim alanı örneklerinin seçimi, bina ve bina olmayan sınıflar için eşit sayıda yapılmıştır. Diğer taraftan, DVM sınıflandırması uygulanırken kernel metodunun belirlenmesi de önemlidir. Bu çalışmada genellikle iyi sonuç veren Radyal Taban Fonksiyonu (RTF) kullanılmıştır. Geliştirilen yaklaşım çalışma alanından seçilen farklı şekilde binaları içeren iki bölgede uygulanmıştır. Bu bölgeler için elde edilen sınıflandırma sonuçları şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3: (a) I. test bölgesi ve (b) II. test bölgesi için DVM sınıflandırma sonuçları. Kırmızı renk bina alanlarını yeşil renk bina olmayan alanları göstermektedir

## 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 güncellenmesi işlemi yapılmıştır. Görüldüğü üzere iki veri seti arasında üç yıllık bir zaman aralığı bulunmaktadır. Güncelleme işleminde aşağıdaki üç durumla karşılaşma söz konusudur:

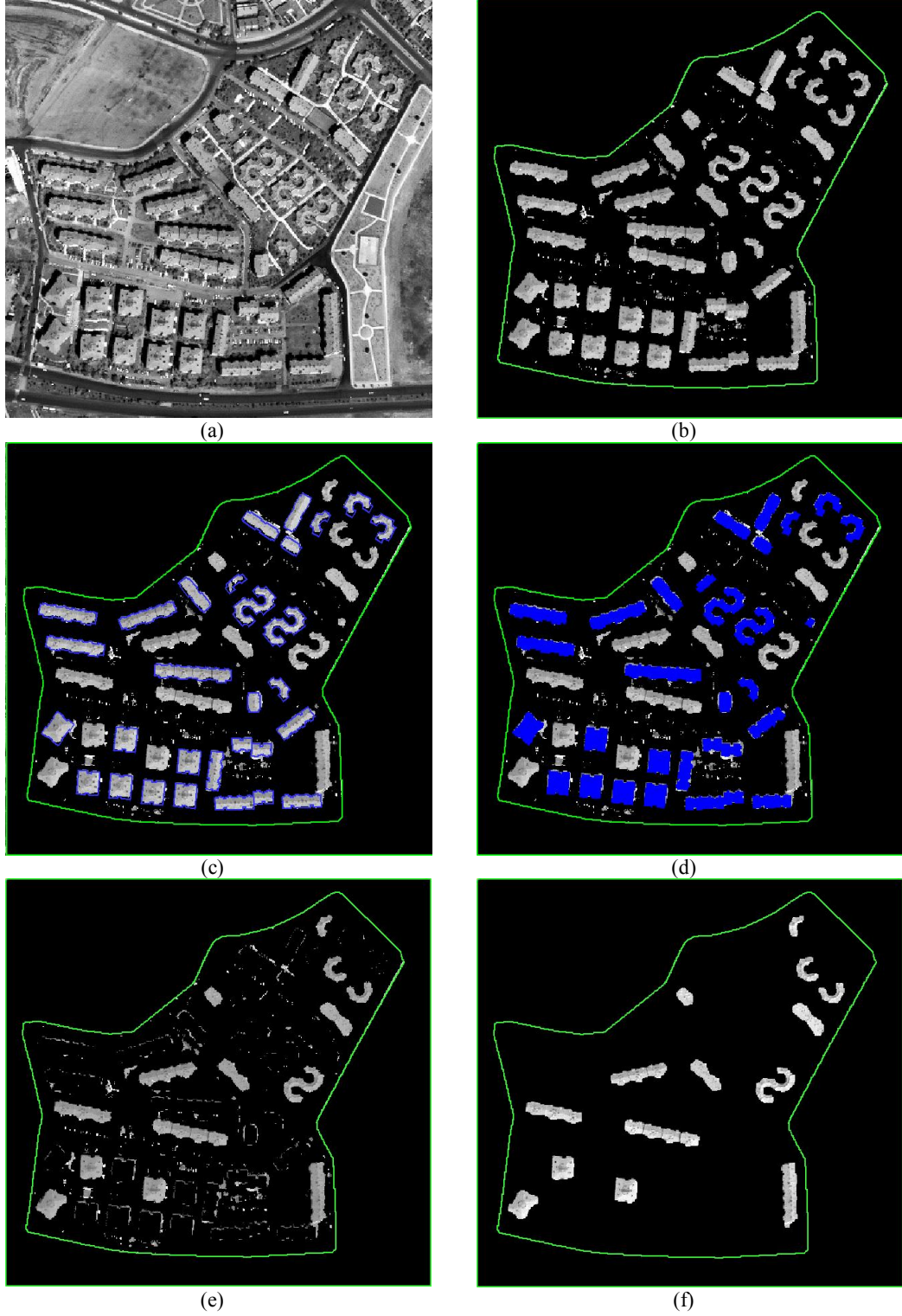
- (i) Bina hem mevcut veri tabanında hem de uydu görüntüsünde vardır
- (ii) Bina mevcut veri tabanında vardır, uydu görüntüsünde yoktur
- (iii) Bina uydu görüntüsünde vardır, mevcut veri tabanında yoktur

Birinci 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 aralığında 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.

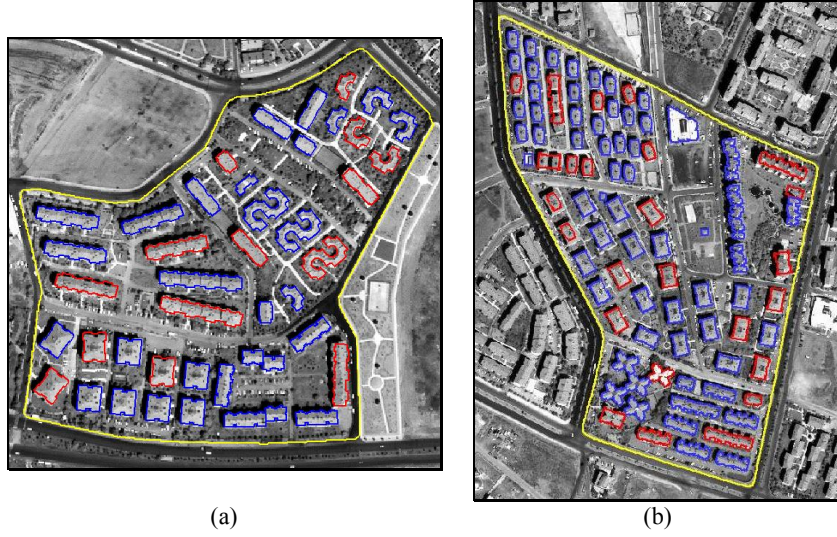
Yıkılmış olan binaların mevcut veri tabanından silinmesi için sınıflandırma sonuçları ve mevcut veri tabanı birlikte analiz edilmiştir. Bunun için, her bir binanın sınırları içine düşen hücre sayısı hesaplanmış ve öz nitelik tablosuna yeni bir sütun olarak eklenmiştir. Sonra, her bir bina sınırı içerisinde bina olarak sınıflandırılan hücrelerin yüzdesi hesaplanmış ve öz nitelik tablosuna girilmiştir. Mevcut ve yıkılmış binaları belirlemek için her bir binanın sınırları içerisinde bina olarak sınıflandırılmış hücrelerin tüm hücrelere oranı hesaplanmış ve bu değer %70'den fazla olması halinde bina hala var olarak, az olması halinde ise bina yıkılmış olarak kabul edilmiştir.

Mevcut veri tabanını yeni binalar ile güncellemek ve yeni yapılan binaların sınırlarını belirlemek amacıyla öncelikle yeni yapılmış bina alanlarını içeren görüntüye ihtiyaç vardır. Bu amaçla, mevcut binalar hücre formatına çevrilmiş ve bu alanlar sınıflandırılmış görüntüden maskelenerek çıkarılmıştır. Maskeleyen sonrası elde edilen bina alanları görüntüsünde artefaktlar bulunabilmektedir. Bunlar morfolojik operasyonlar kullanılarak yok edilmiştir. Böylece yalnız yeni bina alanlarını içeren sınıflandırılmış görüntü elde edilmiştir (Şekil 4). 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. Hesaplanan bu parametreler kullanılarak, görüntüdeki her bir bina alanına şekil parametreleri açısından en yakın değere sahip mevcut bina bina modeli olarak atanmıştır. Belirlenen bina modellerinin görüntüdeki bina alanlarına en uygun yönelimle oturtulabilmesi için bina modelleri 0 dan 360 dereceye kadar birer derecelik açılarla döndürülerek, her yönelim için, bina alanlarıyla olan kesişim değeri hesaplanmış ve bu değer maksimum olduğu yönelim binanın yönelimi olarak kabul edilmiştir. İki test bölgesi için güncellenmiş olan vektör bina verisi şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 4: I. test bölgesindeki yeni bina alanlarının belirlenmesi. (a) Pankromatik görüntü, (b) bulunan bina alanları, (c) olası bina alanları ile çakıştırılmış mevcut bina sınırları, (d) olası bina alanları ile çakıştırılmış hücre formuna dönüştürülmüş mevcut bina sınırları, (e) mevcut binaların maskelenmesinden sonra bina alanları ve (f) artefaktlar yok edilmiş bina alanları görüntüsü



Şekil 5: (a) I. test bölgesinde ve (b) II. test bölgesinde güncellenmiş veri tabanı. Mavi renk mevcut bina sınırlarını, kırmızı renk yeni bina sınırlarını göstermektedir

## 6. SONUÇLAR

Elde edilen binaların doğruluklarını hesaplamak için önerilen yaklaşımla otomatik olarak belirlenmiş olan binalar ile referans binalar karşılaştırılmış ve her iki test bölgesi için, ayrılma katsayısı (AK), kaçırma katsayısı (KK), bina belirleme yüzdesi (BBY) ve kalite yüzdesi (KY) hesaplanmıştır (Shufelt ve McKeown, 1993). Bu değerlerin hesaplanma şekilleri aşağıda ve hesaplanmış olan yüzde değerleri de tablo 1'de verilmiştir.

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

Yukarıdaki hesaplamalarda; Doğru Pozitif (DP), hem otomatik yöntem sonucunda hem de referans veride bina olarak belirlenen alanları, Doğru Negatif (DN), hem otomatik yöntem sonucunda hem de referans veride arka plan (bina olmayan alan) olarak belirlenen alanları, Yanlış Pozitif (YP), yalnız otomatik yöntem sonucunda bina olarak belirlenen alanları ve Yanlış Negatif (YN), yalnız referans veride bina olan alanları göstermektedir. Birinci test bölgesi için, AK, KK, BBY ve KY değerleri sırasıyla 0.14, 0.12, 88.95% ve 79.04% olarak hesaplanmıştır. İkinci test bölgesi için aynı doğruluk ölçüm değerleri sırasıyla 0.24, 0.21, 82.44% ve 68.53% olarak hesaplanmıştır.

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

## 7. TARTIŞMA

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 (örneğin kare ve dikdörtgen) ve bunların birleşimlerinden (örneğin L ve H şeklinde) 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 şekillerdeki (örneğin C ve S şeklindeki) binaların 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:

- Sınıflandırma ile elde edilen bina alanları, uydu görüntüsünün çözünürlüğünden dolayı, düzgün dörtgen şeklinde olmayan binalardaki detayları içermeyebilmektedir. Diğer taraftan, konumsal olarak birbirlerine çok yakın binalar birleşik bina olarak belirlenebilmektedir. Dolayısı ile, bu gibi durumlarda, belirlenen bina sınırları ile referans veri arasında farklılıklar olmaktadır.
- Yeni yapılan binaların şekillerinin mevcut veri tabanındaki binaların şekillerinden farklı olması durumunda bina sınırları yanlış belirlenebilmektedir. Bunun nedeni geliştirilen yaklaşımda yeni yapılan binaların şekil olarak mevcut veri tabanında bulunanlara benzer olacağı varsayımının yapılmış olmasıdır.
- Mevcut veri tabanında sınıflandırma sonucu elde edilen yeni bina alanlarının şekil parametrelerine benzer birden fazla bina bulunabilmektedir. Bu durumda, o bina alanı için yanlış bina sınırının bina modeli olarak seçilmesi söz konusu 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.

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.

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.

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

Shufelt, J.A., McKeown, D.M., 1993. *Fusion of Molecular Cues to Detect Man-Made Structures in Aerial Imagery*, CVGIP: Image Understanding, 57 (3), 307-330.