

# SANAL BİNA MODELLEMESİ İÇİN BİNA YÜZ DOKULARININ OTOMATİK ÇIKARILMASI

E. Sümer <sup>a</sup>, M. Türker <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Başkent Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, 06530, Ankara, TÜRKİYE; E-posta: [esumer@baskent.edu.tr](mailto:esumer@baskent.edu.tr)

<sup>b</sup> Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü, 06800, Ankara, TÜRKİYE; E-posta: [mturker@hacettepe.edu.tr](mailto:mturker@hacettepe.edu.tr)

## Komisyon III, WG III/4

**ANAHTAR KELİMELER:** Sanal Şehirler, Görüntü İşleme, Bina Yüz Dokusu, Watershed Algoritması, 3B Modelleme

### ÖZET:

Bu çalışmada, sanal bina modellemesi için binaların yüz dokularının otomatik olarak çıkarılması yaklaşımı geliştirilmiş ve Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinden seçilmiş farklı binalarda uygulanmıştır. Çalışmanın ilk adımı olarak 5 megapiksel çözünürlüğe sahip Samsung Digimax S600 dijital fotoğraf makinesi ile çalışma alanından seçilen dikdörtgen şeklindeki binaların fotoğrafları çekilmiştir. Şu anki durum itibarıyla, binaların tek bir yüzünün dokusu çıkarılmış olup önerilen yaklaşım ileride geliştirilmesi düşünülen daha kapsamlı bir çalışma için bir ön çalışma niteliğindedir. İkinci adımda, ilgili bina yüzü fotoğrafından doku bilgisi çıkarılmaktadır. Burada temel amaç, fotoğraflardaki bina yüzünün otomatik olarak tespit edilerek arka plandan (gökyüzü, komşu binalar, vs) ayrıştırılmasıdır. Bunun için, alan gelişimi (region growing) prensibine dayalı bir görüntü bölütleme algoritması olan Watershed yöntemi kullanılmıştır. Watershed bölütleme yönteminin temel işleyişi, görüntünün yerel minimum noktalarının bulunması ve bu noktalardan başlayarak birbirine yakın gri-seviyeye sahip piksellerin alan gelişimi prensibi ile büyümesi esasına dayanmaktadır. Önerilen yaklaşımda, görüntü kesimleme işlemi başlatabilecek işaretçi pikseller görüntü üzerinde otomatik olarak konumlandırılmaktadır. Bina yüzünü belirleyecek olan işaretçi piksellerin konumları belirlenirken, bina yüzünün fotoğrafın merkezinde yer alacağı varsayımı yapılmıştır. Arka planı belirleyecek olan işaretçi piksellerin konumları ise fotoğrafın kenar bölgelerinde yer alacak şekilde belirlenmiştir. İşaretçi piksellerin Watershed algoritmasına girdi olarak verilmesinden sonra bina yüzü dokusu arka plandan otomatik olarak ayrıştırılır. Elde edilen doku bilgisinin doğruluğu binalara ait elle üretilmiş referans veri ile karşılaştırılarak hesaplanır. İki veri setinin karşılaştırılması sonucunda yaklaşık %71'lik bir başarı elde edilmiştir. Yaklaşımın son adımında, elde edilmiş olan bina doku bilgisi bilinen bir resim formatında (.jpg, .gif, .bmp) kaydedilerek doku kütüphanesine eklenmiştir. Bu çalışma ile 3 boyutlu bina modellerinin gerçek doku bilgisi ile kaplanabilmesi için gerekli olan doku kütüphanesinin oluşturulması işlemi başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir.

## 1. GİRİŞ

Bilgi teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ile birlikte görsellik kavramı da yeni bir boyut kazanmıştır. Üç boyutlu (3B) nesnelerin görselleştirilmesi ile insanların objeler üzerindeki algılama yeteneği büyük ölçüde artmıştır. Bunun sonucunda, savunma sistemleri, bilgisayar oyunları, eğitim, turizm, arkeoloji ve daha birçok alanda önemli gelişmeler meydana gelmiştir.

Coğrafi Bilgi Teknolojileri de bu alandaki gelişmelerden önemli ölçüde etkilenmektedir. Sanal Gerçeklik teknolojisi ile konumsal objelere görsellik kazandırılarak farklı açılardan bakmak, objeler arasında gezinti ve uçuşlar yapmak mümkün olabilmektedir. Ayrıca, bazı objelere hareket kabiliyeti kazandırılarak çeşitli animasyonlar da yapılabilmektedir. Oluşturulan sanal dünyaların en önemlilerinden biri de sanal şehirlerdir. Sanal şehirlerde binalar, yollar, bitki örtüsü, arazi ve daha birçok objenin katı modelleri yer alır.

Oluşturulan 3B modellerin gerçeklik seviyesinin artırılmasına yönelik olarak bu modellerde yer alan nesnelerin gerçekçi dokular ile kaplanması da kaçınılmaz bir durum haline gelmiştir. Bu bağlamda, doku kaplanması objeleri daha gerçekçi

kılmakla kalmayıp obje üzerindeki birçok detayın daha iyi algılanıp yorumlanabilmesini sağlamaktadır.

Doku bilgisinin oluşturulmasında çeşitli yöntemler kullanılmaktadır. Bunlardan en temel olanı, sanal doku kütüphanelerinin kullanılmasıdır. Ancak sanal dokuların kullanılması gerçeklik düzeyinin önemli ölçüde azalmasına neden olmaktadır. Bina yüz dokularının elde edilmesinde kullanılan diğer yaklaşımlarda, yersel optik kayıt sistemler ile lazer tarayıcılara (LIDAR) sıkça rastlanırken; bindirilmiş hava fotoğraflarının kullanımı da nadiren görülmektedir. Song ve Shan (2004) ve Tsai ve Lin (2007) tarafından yapılan çalışmalarda bina yüzlerinin gerçeğe yakın dokularla kaplanması amaçlanmıştır. Bina yüz dokularının elde edilmesinde yerden çekilmiş yakın mesafeli çoklu dijital fotoğraflardan faydalanılarak yarı-otomatik yaklaşımlar önerilmiştir.

Yerden çekilmiş yüksek çözünürlüklü fotoğrafların kullanıldığı bir diğer çalışmada bina yüz dokusu kenar tespiti tabanlı bir yaklaşımla elde edilmiştir (Laycock vd. 2007). Buna göre, önce bina duvar dokusu bulunup ardından diğer objelerin (pencere, kapı, vs) yerleri belirlenerek duvar dokusunun üzerine yapılandırılmıştır.

David (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bina doku bilgisi tek bir yersel görüntüden otomatik olarak çıkarılmıştır. Geliştirilen yaklaşım, görüntü üzerindeki çizgi ve bina köşe noktalarını RANSAC kestirim algoritması ile belirlemekte ve sonrasında bir takım kesişim ve kümeleme yöntemleriyle bina yüz dokusunu tespit etmektedir.

Yakın zamanda Tan vd. (2008) tarafından gerçekleştirilen bir çalışmada bina yüz dokuları, yerden eğik olarak çekilmiş yakın mesafeli dijital fotoğraflardan, yarı otomatik bir yaklaşımla elde edilmiştir. Eğik çekim çekilen fotoğraf sayısını azaltmakta, ancak görüntünün geometrisinde ciddi kesişim ve bozulmaya neden olmaktadır. Bu durumdan dolayı, doku görüntüleri üzerinde bir geometrik doğrultma işlemi yapılmıştır.

Poullis vd. (2008) tarafından yapılan benzer bir çalışmada bina yüz dokusu yerden çekilmiş çoklu fotoğraflardan elde edilmiştir. Bu sayede, bina dokuları farklı bakış açılarıyla görüntülendirilerek doku bilgisini kısıtlayıcı engellerin (ağaç, araba, direk, vs) ortadan kaldırılması hedeflenmiştir. Çoklu görüntülerin çakıştırılması ve bina yüz dokularının bileşiminin alınarak kırılması işlemleri yaklaşımın temel adımları olarak sayılabilir.

Tsai vd. (2006) tarafından gerçekleştirilen bir başka çalışmada, video görüntüleri kullanılarak foto-gerçekçi bina yüz dokuları elde edilmiştir. Önerilen yaklaşıma göre, video görüntülerinden elde edilen bindirilmiş çerçeveler üzerinde köşelerin tespiti yapılmıştır. Sonrasında yüksek korelasyona sahip köşe noktaları bina köşe noktaları olarak belirlenmiştir. Çoklu görüntü kullanılması nedeni ile doku bilgisini kısıtlayıcı bir takım engeller de ortadan kaldırılmıştır.

Yersel lazer tarayıcı kullanımı ile bina yüz dokularının elde edilmesinde öncü çalışmalardan biri Früh ve Zakhor (2003) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, sanal bir üniversite kampüsünde bulunan binaların gerçekçi dokular ile kaplanabilmesi için bir sistem geliştirilmiştir. Sistem, mobil bir araç üzerine monte edilmiş lazer tarayıcı, optik kamera ve GPS alıcısından oluşmaktadır. Elde edilen bina yüz dokularının yüksek detay seviyesi ile gerçeğe çok yakın bir görünüm sunduğu belirtilmiştir.

Haala ve Kada (2005), bina yüz dokularının elde edilebilmesi için panoramik görüntülerden faydalanmışlardır. Yüksek irtifaya sahip bir bölgeye kurulan hareketli CCD tarayıcılar ile yüksek çözünürlüklü panoramik görüntüler elde edilmiş ve bina yüz dokuları bu görüntüler üzerinden elle yapılan kırma işlemi sonucu çıkarılmıştır.

Bina yüz dokularının çıkarılmasında gerçekleştirilen bir başka çalışmada bindirilmiş hava fotoğrafları kullanılmıştır (Lorenz ve Döllner, 2006). Bu yaklaşıma göre hava fotoğraflarının 3B bina modelleri üzerine iz düşümü alınmış ve sonrasında geometrik doğrultma işlemi ile dokular elde edilerek modeller üzerine kaplanmıştır.

Önerilen bu çalışmada, Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinden seçilmiş olan dikdörtgen şeklindeki binaların yüz dokularının otomatik olarak çıkarılması için bir yaklaşım geliştirilmiştir. Çalışmada temel veri kaynağı olarak, yerden çekilmiş dijital fotoğraflar kullanılmıştır. Halen geliştirilmekte olan yaklaşımda, dikdörtgen binaların bir yüzünün dokusu otomatik olarak çıkarılabilmektedir. Doku çıkarımı işlemi, watershed bölütleme algoritması kullanılarak MATLAB programlama dili ile gerçekleştirilmiştir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİLER

Önerilen yaklaşım, Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinde seçilmiş binalar üzerinde uygulanmıştır. Batıkent, Ankara'nın batısında 1000 hektarlık bir alan üzerinde kurulmuş 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.

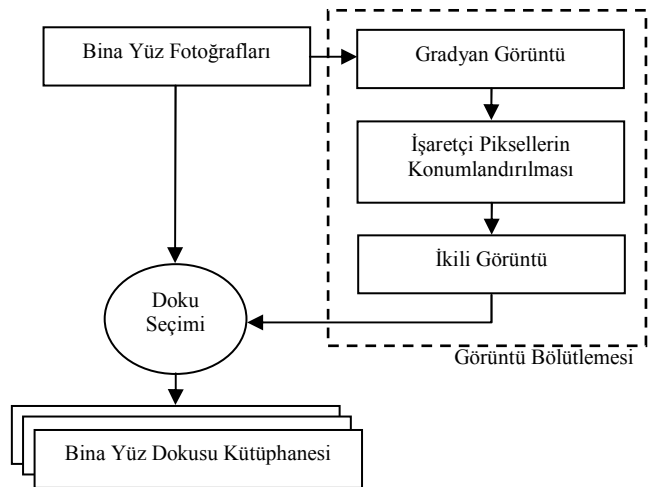
Veri olarak 5 megapiksel çözünürlüğe sahip Samsung Digimax S600 dijital fotoğraf makinesi ile çekilmiş bina fotoğrafları kullanılmıştır. Veri kümesi dahiline çekilmiş bina fotoğraflarından bazıları Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. Veri kümesinden seçilmiş bazı bina fotoğrafları

## 3. YAKLAŞIM

Bina yüz dokularının çıkarılması için geliştirilen yaklaşımın temel adımları Şekil 2'de verilmiştir.

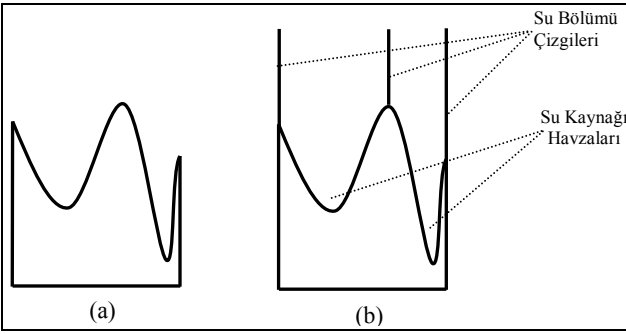


Şekil 2. Geliştirilen yaklaşımın temel adımları

### 3.1 Görüntü Bölütlemesi

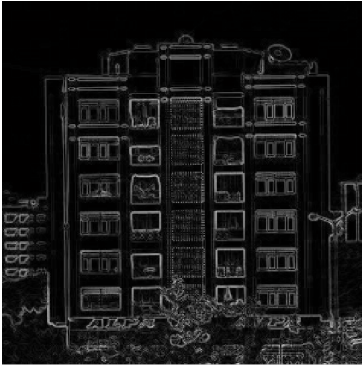
Bina fotoğrafları, geliştirilen yaklaşımın önemli bir işlem adımı olan “Görüntü Bölütlemesi” nin temel girdisini teşkil etmektedir. Bölütleme işlemindeki temel amaç, görüntüden güçlü korelasyona sahip parçalar elde etmektir. Görüntü bölütleme algoritmaları eşikleme (thresholding), kenar tespiti (edge detection), bölge çıkarımı (region detection) gibi farklı yaklaşımlara dayanır. Ancak, temelde görüntü içerisindeki objeleri ayırt etmek için objenin kendisindeki homojenliği veya obje sınırlarındaki spektral farklılığı araştırma düşüncesine dayanır.

Bu çalışmada, bina fotoğraflarından ön plan (bina yüz dokusu) ve arka plan (gökyüzü, komşu binalar, vs) ayırımının yapılabilmesi için watershed bölütleme algoritması kullanılmıştır. Watershed alan gelişimi temeline dayanan bir görüntü işleme algoritması olup topoğrafya biliminde yer alan su bölümü çizgileri (watersheds) ve su kaynağı havzası (catchment basin) kavramlarını temel almaktadır. Bu tekniğe göre görüntü topoğrafik bir yüzey, gri seviyeler ise topoğrafyadaki yükseklikleri temsil etmektedir (Şekil 3). Buna göre yüksek gri-seviyeye sahip pikseller su bölümü çizgilerine, düşük gri-seviyeye sahip pikseller ise su kaynağı havzalarına karşılık gelmektedir (Beucher vd. 1992).



Şekil 3. İki boyutta watershed bölütlemesi: (a) görüntünün gri-seviye profili; (b) watershed bölütlemesi – yerel minimum noktaları (su kaynağı havzaları); yerel minimumların belirlediği su bölümü çizgileri

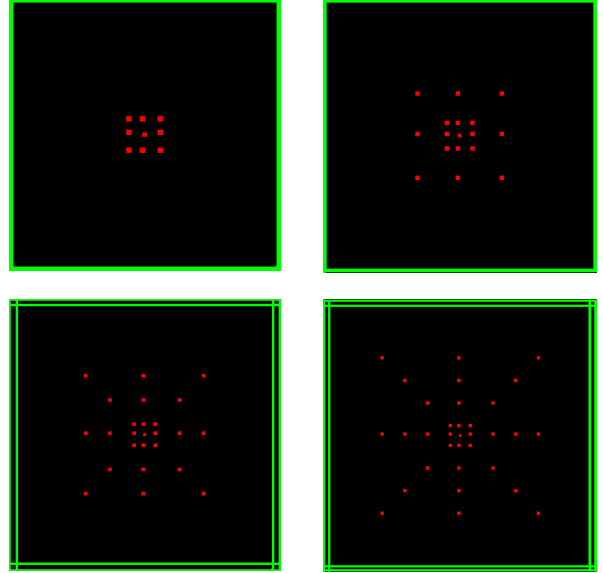
Watershed bölütleme algoritmasının ilk adımı olarak görüntünün gradyan bilgisi elde edilir. Bu bilgi, piksel değerleri arasındaki farkların hesaplanması sonucunda elde edilen bir değişim haritasıdır (Şekil 4).



Şekil 4. Seçilen bir binanın yüz görüntüsünden elde edilmiş gradyan bilgisi

Bir sonraki adım, işaretçi piksellerin belirlenmesidir. Görüntü bölütleme işleminin başlatılması bu piksellere bağlı iken aynı zamanda bölütlemenin ne kadar başarılı olacağı da bu piksellerin sayısı ve konumuna göre değişmektedir. Bu çalışmada, işaretçi piksellerin sayısı ve görüntü üzerindeki konumları otomatik olarak belirlenmektedir.

Bina yüzünün belirlenmesi için gerekli olan işaretçi piksellerin (kırmızı) konumları (Şekil 5), bina yüzünün çekilen fotoğrafın merkezinde yer alacağı varsayımına göre belirlenir. Benzer şekilde, arka planın belirlenmesi için gerekli olan işaretçi piksellerin (yeşil) konumları ise fotoğrafın kenar bölgelerinde yer alacağı varsayımına göre belirlenir. İşaretçi piksel sayısı çekilen bina fotoğrafının boyutları ile orantılı olarak değişim göstermektedir. Küçük boyutlu fotoğraflar için işaretçi piksel sayısı az iken, büyük boyutta daha fazladır. İşaretçi piksellerin standart bir sayı ve konumda olabilmesi için dört farklı şablon tanımlanmıştır (Şekil 5). Bu şablonlardan en uygun olanı işlenecek görüntünün boyutlarına göre seçilir ve daha önceden elde edilmiş olan gradyan görüntü üzerine yerleştirilir.



Şekil 5. İşaretçi piksellerin sayı ve konumlarının yer aldığı şablonlar

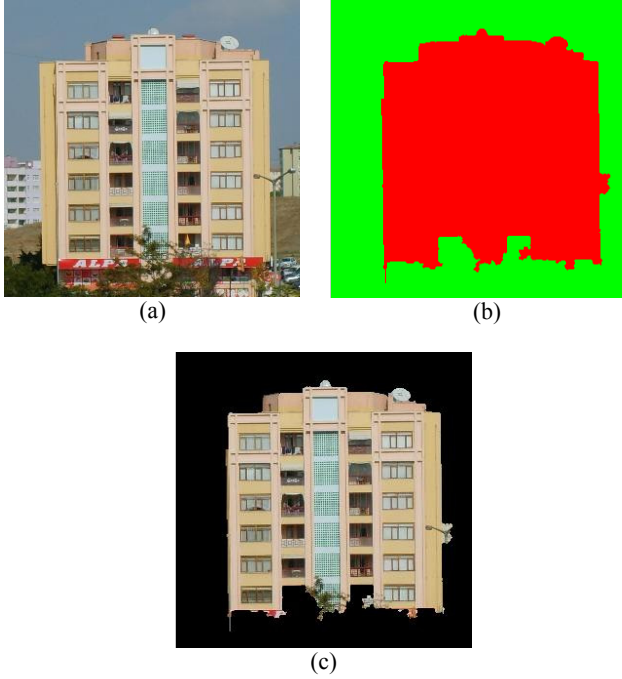
Görüntü bölütleme işleminin son adımında, işaretçi piksellerin gradyan görüntü üzerinde yayılması sonucunda iki sınıflı bir görüntü elde edilir. Bu sınıflardan birisi bina yüzünü (kırmızı) temsil ederken diğer sınıf ise arka planı (yeşil) temsil eder (Şekil 6).



Şekil 6. Bina yüzü (kırmızı) ve arka planı (yeşil) temsil eden iki sınıflı görüntü

### 3.2 Doku Seçimi ve Kütüphane Oluşturulması

Watershed algoritmasının uygulanması sonucu oluşan iki sınıflı görüntü orijinal bina fotoğrafı ile karşılaştırılarak kırmızı bölgenin altında kalan bina yüz dokusunun seçimi yapılmıştır. Yeşil bölgenin altında kalan kısma ise 0 parlaklık değeri atanarak bu bölge görüntüden çıkarılmıştır. Yapılan bu maskeleme işlemi Şekil 7’de görülmektedir.



Şekil 7. Doku seçimi: (a) Orijinal bina fotoğrafı, (b) iki sınıflı maske ve (c) maskelenmiş bina yüz dokusu

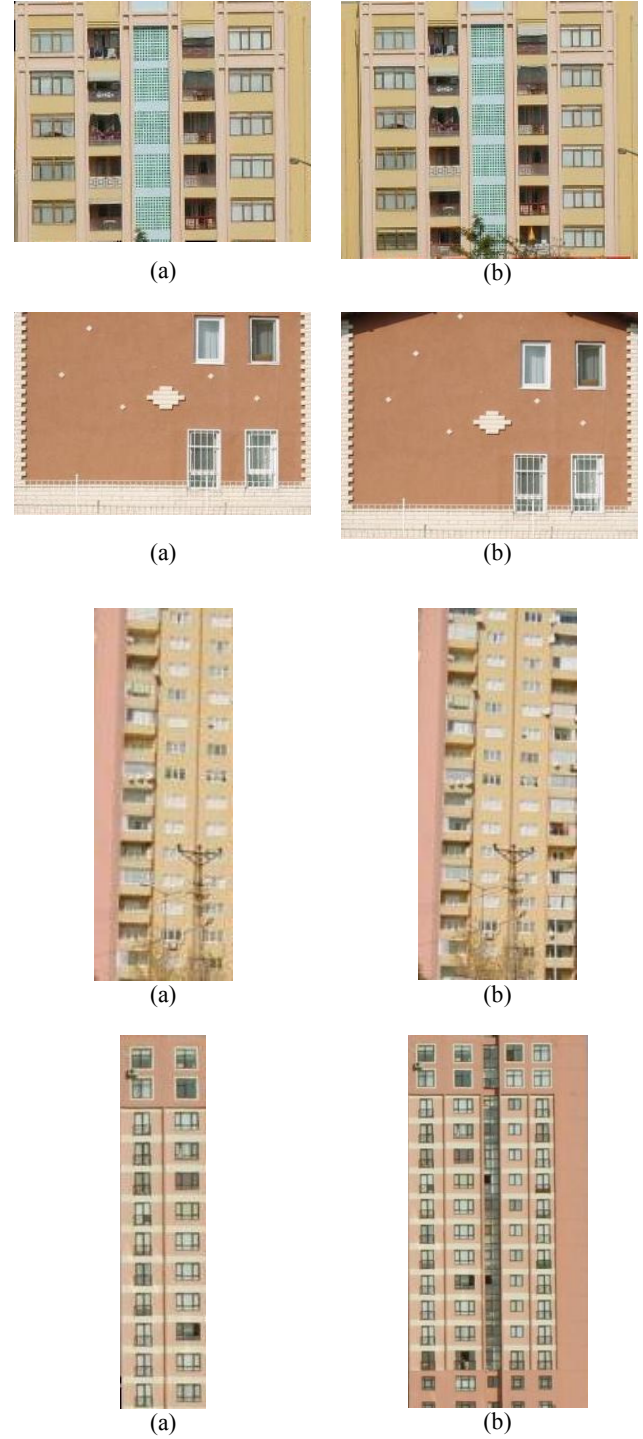
Elde edilen bina yüz dokularının ileriki çalışmalarda 3B bina modelleri üzerine kaplanabilmesi için bir doku kütüphanesinin oluşturulması gerekir. Dokuların dörtgen biçimdeki binaların yüzlerini kaplamada kullanılabilmesi için ise kütüphanedeki doku parçalarının da dörtgen şekle getirilmesi gerekmektedir. Bu işlem, seçilen bina yüz dokusu içerisinde kalan en büyük dörtgenin bulunmasını gerektirmektedir. Dolayısı ile, geliştirilen basit bir algoritma sayesinde seçilen dokuyu çevreleyen en küçük dörtgen bulunmuştur. Bu alan, dört kenarından belli bir sıra ile içe doğru daraltılarak bina yüz dokusu içerisinde herhangi bir arka plan pikseli kalmayınca dek devam ettirilmiş ve bu şekilde doku desenleri elde edilmiştir (Şekil 8). Sonrasında elde edilen bu desenler farklı resim formatlarında (.jpg, .gif, .bmp) kaydedilmiştir.



Şekil 8. Bir örnek bina için otomatik olarak kesilen doku deseni

### 4. ANALİZ SONUÇLARI

Geliştirilen yöntem, çalışma alanından seçilen 15 farklı bina görüntüsü üzerinde test edilerek bir doku kütüphanesi oluşturulmuştur. Sonuçların doğruluk analizlerini yapabilmek için, binaların orijinal görüntülerinden yüz dokuları elle kesilerek bir referans veri kümesi oluşturulmuştur. Oluşturulan doku kütüphanesinden seçilmiş bazı yüz dokuları ile ilgili referans dokular Şekil 9’da gösterilmektedir.



Şekil 9. (a) Doku kütüphanesinden seçilmiş örnek bina yüzleri ve (b) ilgili referans dokular



Şekil 9'da da görüldüğü üzere, doku kütüphanesi ile referans görüntüler arasında bazı farklılıklar olabilmektedir. Bunun nedeni geliştirilen otomatik doku çıkarımı yaklaşımı sonuçlarının referans görüntülerle %100 uyuşmamasıdır. Doku kütüphanesindeki bina yüzlerinin referans dokular ile karşılaştırılması tablo 1 de verilmiştir.

| Bina Numarası | Çıkarılan Doku Pksel Sayısı | Referans Doku Pksel Sayısı | Uyuşma Yüzdesi (%) |
|---------------|-----------------------------|----------------------------|--------------------|
| 1             | 38,804                      | 47,066                     | <b>82,45</b>       |
| 2             | 78,727                      | 136,643                    | <b>57,62</b>       |
| 3             | 30,375                      | 56,048                     | <b>54,19</b>       |
| 4             | 34,600                      | 40,002                     | <b>86,50</b>       |
| 5             | 81,700                      | 85,806                     | <b>95,21</b>       |
| 6             | 85,849                      | 92,690                     | <b>92,62</b>       |
| 7             | 49,742                      | 94,800                     | <b>52,47</b>       |
| 8             | 79,060                      | 91,804                     | <b>86,12</b>       |
| 9             | 75,327                      | 89,790                     | <b>83,89</b>       |
| 10            | 44,759                      | 86,913                     | <b>51,50</b>       |
| 11            | 54,144                      | 61,128                     | <b>88,57</b>       |
| 12            | 59,332                      | 114,540                    | <b>51,80</b>       |
| 13            | 14,381                      | 19,872                     | <b>72,37</b>       |
| 14            | 43,754                      | 80,920                     | <b>54,07</b>       |
| 15            | 43,065                      | 53,120                     | <b>81,71</b>       |
| <b>Toplam</b> | <b>813,619</b>              | <b>1,151,142</b>           | <b>70,68</b>       |

Tablo 1. Doku kütüphanesinde yer alan bina yüzlerinin referans dokular ile karşılaştırılması ve uyuşma yüzdeleri

Tablo 1' e göre, geliştirilen yaklaşım kullanılarak çıkarılan doku bilgisi ile referans doku bilgisinin birbirlerine oranlanması sonucunda elde edilen uyuşma yüzdeleri en düşük %51,50 ile en yüksek %95,21 arasında değişmekte olup ortalama uyuşma yüzdesi %70,68 olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan ortalama değer üzerinde bulunan 1, 4, 5, 6, 8, 9, 11, 13 ve 15 numaralı binaların yüz dokularının başarılı bir şekilde elde edildiği söylenebilir. Bu başarı, işaretçi piksel şablonlarındaki ön ve arka plan işaretçilerin görüntüde yer alan bina yüzlerinde uygun bölgelere düşmesinden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, doku desenlerinin daha homojen olması da başarı yüzdesini arttırmıştır.

Ortalamanın altında kalan 2, 3, 7, 10, 12 ve 14 numaralı binalar için yüz dokuları kısmi olarak çıkarılabilmektedir. Bu binalara ait dokunun çıkarımındaki başarısızlığın en büyük nedeni, otomatik olarak üretilen işaretçi piksel şablonunun bina yüzleri üzerinde uygun olmayan bölgelere denk gelerek bölütleme işlemi hatalı yapmasıdır. Ayrıca, bina yüz dokusunun daha heterojen yapıda olması da ikincil bir neden olarak sayılabilir.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, dikdörtgen şeklindeki binaların yüz dokularının otomatik olarak tespiti için bir yaklaşım geliştirilmiş ve Ankara ili, Batıkent yerleşim bölgesinde seçilmiş binalarda uygulanmıştır. Yaklaşım, görüntü işleme tabanlı bir yöntem olan watershed bölütleme algoritması temeline dayanmaktadır. Geliştirme platformu olarak, zengin görüntü işleme

kütüphanesine ve güçlü bir veri analizi ve görüntüleme yeteneğine sahip olan MATLAB programlama dili seçilmiştir.

Veri olarak 5 megapiksel çözünürlüğe sahip Samsung Digimax S600 dijital fotoğraf makinesi ile yerden çekilmiş bina fotoğrafları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar, fotoğraflardan manuel olarak belirlenmiş referans doku bilgisi ile karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Geliştirilen yöntem 15 bina yüzü için test edilmiş ve ortalama %71'lük bir uyuşma yüzdesi elde edilmiştir.

Önerilen yöntem, bina fotoğraflarının çekilip bilgisayar ortamına aktarılması dışında otomatik olarak çalışmaktadır. Watershed bölütleme algoritması için gerekli olan işaretçi piksellerin konum ve sayıları, belirlenen bazı şablonlara göre gradyan görüntü üzerinde otomatik olarak belirlenmektedir. Benzer şekilde, doku seçiminin yapılmasından sonra, dörtgen dokuların elde edilmesinde de otomatik bir yaklaşım mevcuttur.

Önerilen yaklaşım, yüksek çözünürlüklü ve gerçekçi bina yüz dokularının hızlı ve doğru bir şekilde elde edilmesi bakımından önem arz etmektedir. Ancak, yaklaşımın bir takım kısıtlarının olduğu da söylenebilir. Otomatik bir yaklaşımın elle gerçekleştirilene göre daha düşük bir başarı yüzdesine sahip olacağı yadsınamaz bir gerçektir. Diğer taraftan, verinin elde edilmesinde, bina yüzlerinin başka objeler (ağaç, elektrik direği, araba, vs) tarafından kapatılması, kamera sisteminin konumu, çekim açısı gibi bazı güçlükler de mevcuttur. Bu problemler geometrik ve radyometrik bazı iyileştirme adımlarıyla belli bir noktaya kadar giderilebilir. Buna ek olarak, yalnız renk tabanlı bir yaklaşım yerine renk ve nesne tabanlı hibrid bir yaklaşımın kullanılması ileride yapılacak çalışmalara ışık tutabilecek bir öneri olabilir.

## KAYNAKLAR

- Beucher, S. and Meyer, F., 1992. The morphological approach of segmentation: the watershed transformation. In: *Mathematical Morphology in Image Processing*, E. Dougherty, Ed., chapter 12, pp. 433–481. Marcel Dekker, New York.
- David, P., 2008. Detection of Building Facades in Urban Environments. *Proceedings of SPIE*, 6978, pp.139-148.
- Früh, C. and Zakhor, A., 2003. Constructing 3D City Models by Merging Aerial and Ground Views. *IEEE Transactions on Computer Graphics and Applications*, 23(6), pp.52-61.
- Haala, N. and Kada, M., 2005. Panoramic Scenes for Texture Mapping of 3D City Models. *Proceedings of ISPRS WG V/5 'Panoramic Photogrammetry Workshop'*, Berlin, GERMANY.
- Laycock, R.G., Ryder, G.D.G. and Day, A.M., 2007. Automatic Generation, Texturing and Population of a Reflective Real-Time Urban Environment. *Computers and Graphics*, 31, pp.625-635.
- Lorenz, H. and Döllner, J., 2006. Towards Automating the Generation of Facade Textures of Virtual City Models, *ISPRS Commission II, WG II/5 Workshop*, Vienna, AUSTRIA.
- Poullis, C., You, S. and Neumann, U., 2008. Rapid Creation of Large-scale Photorealistic Virtual Environments. *Proceedings of IEEE Virtual Reality Conference (VR'08)*, pp.153-160, Reno, Nevada, USA.

Song, Y. and Shan, J., 2004. Photorealistic Building Modeling and Visualization in 3-D Geospatial Information System. *Proceedings of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS'04) Congress*, Istanbul, TÜRKİYE.

Tan, Y.K.A., Kwoh, L.K. and Ong, S.H., 2008. Large Scale Texture Mapping of Building Facades. *Proceedings of International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS'08) Congress*, Beijing, CHINA.

Tsai, F. and Lin, H.C., 2007. Polygon-based Texture Mapping for Cyber City 3D Building Models. *International Journal of Geographical Information Science*, 21(9), pp.965-981.

Tsai, F., Liu, J-K. and Hsiao, K-H., 2006. Morphological Processing of Video for 3-D Building Model Visualization. *Proceedings of 27<sup>th</sup> Asian Conference on Remote Sensing (ACRS2006)*, Ulaanbaatar, MONGOLIA.