KIZILÖTESİ HAVA FOTOĞRAFLARINDAN BİNA DETAYI OTOMATİK OLARAK ÇIKARIMI

F. Karslı[1], M.H. Fidan[2], M. Dihkan[3]
[1]KTÜ, Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı, Trabzon, fkarsli@ktu.edu.tr
[2]Çukurçayır Belediyesi, Harita Müdürlüğü, Trabzon, m.h_fidan@hotmail.com
[3]KTÜ, Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı, Trabzon, mdihkan@ktu.edu.tr

ÖZET

Günümüzde yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden otomatik obje belirleme coğrafi bilgi teknolojileri uygulamaları için büyük önem arz etmektedir. Bu uygulamaların en önemlileri arasında bina ve yolların tespit edilmesi yer almaktadır. Tespit edilen binalar Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) için bir temel veri kaynağı olmasının yanı sıra şehir ve afet planlaması, altyapı gelişimi, haberleşme hatlarının kurulması ve benzeri birçok kentsel uygulamada da kullanılmaktadır. Binaların belirlenmesinde önemli bir veri kaynağı olan dijital hava fotoğrafları, yüksek konumsal çözünürlüğe sahip olmakla birlikte kalıcılık, yüksek temporal ve geniş spektral çözünürlük gibi özellikleriyle de birçok çalışmada sıkça kullanılmaktadır. Bu çalışmada, bina detaylarının kızılötesi hava fotoğrafları üzerinden otomatik olarak çıkarılması amaçlanmıştır. İnsan müdahalesi olmaksızın obje tespiti söz konusu olduğunda görüntü işleme ve bilgisayar ile görme tekniklerinde segmentasyon işlemi büyük önem taşımaktadır. Bu sebeple çalışmada bina ve yol detay bilgilerinin çıkarılması amacıyla üç farklı segmentasyon yöntemi kullanılmıştır ve başarıları test edilmiştir. Bu yöntemler, Region Growing (Alan Büyütme), Mean Shift (Ortalama Değişkenli) ve Watershed (Havza) segmentasyon yöntemleridir. Kenar belirleme aşamasında ise, bina kenarı belirleme işlemi için Canny filtresi kullanılmıştır. İlgili metotlar Matlab yazılımında yazılan kod ile çalıştırılmış ve seçilen görüntüler üzerinde uygulamalar yapılmıştır. Kontrol için elde edilen kenar görüntüsü, orijinal görüntünün gri tonuna çevrilmiş görüntü ile çakıştırılmıştır. Ortalama Değişkenli segmentasyon yönteminin tespit ettiği bina sayısının diğer yöntemlere göre daha fazla olduğu ortaya konmuştur. Çalışma ile kızılötesi hava fotoğraflarından bina detaylarının otomatik olarak belirlenebileceği ve görüntü işleme teknolojisinden bu amaca yönelik olarak en uygun yöntem geliştirmesi aşamasında faydalanılabileceği olgusu ortaya koymuştur.

Anahtar Sözcükler: Fotogrametri, Kızılötesi Hava Fotoğrafı, Görüntü İşleme, Dönüşüm, Matlab.

AUTOMATIC BUILDING EXTRACTOIN FROM NEAR INFRARED AERIAL PHOTOGRAPHS

ABSTRACT

In recent years, to automatically identify objects from high-resolution aerial photographs and satellite images is of great importance for applications of modern geographic information technologies. Among the most important of these applications includes buildings and road to be identified. Buildings identified are the main date sources for geographic information systems. Besides, these buildings are used in city planning and natural disasters, infrastructure development, the establishment of communication lines and many urban applications as such. An important data source of the digital aerial photographs for determining the buildings with havinghigh spatial resolution and broad spectral features, as well as resolution is often used in many studies. The aim of this study is extracting the building and road details from infrared aerial photographes. When the object extraction is discussed without operator, segmentation process has a great importance in image processing and computer vision techniques. For the detailed information on the purpose of building and road extraction, three different methods are used and tested their success. These are Region Growing, Mean-shift, and Watershed Segmentation methods. Canny fitler is used to detect building edges. The methods mentioned above ared coded in MATLAB software and applied to selected images. For validation, the images obtained with Canny fitler is superimposed on the original gray scale images. The numbers of buildings determined by Mean-shift segmentation method are higher than other methods that were revealed. This study shows that it can be detected details of the buildings from infrared aerial photographs and image processing technologies can be used as the most appropriate method for this and similar studies.

Keywords: Photogrammetry, Near Infrared Aerial Photograph, Image Processing, Transformation, Matlab.

1. GİRİŞ

Kızılötesi görüntüler; bina, yol ve köprü gibi insan yapısı objeler, bitki örtüsünün karakteristiği ve konumu gibi yeryüzünün şekli ile ilgili birçok bilgi sunmaktadır. Uzun yıllardan beri, siyah beyaz, renkli ve kızılötesi hava fotoğrafları üzerinden bina ve yol detayı gibi önem arz eden veriler, kullanıcılar tarafından el yordamı ile (manuel) tespit edilmektedir. Bilgisayar teknolojisi ve dijital

görüntü işleme alanlarındaki gelişmeler, günümüzde detay çıkarma işleminin otomatikleşmesine ve ayrıca hızlı bir biçimde gerçekleştirilmesine imkân tanımaktadır. Kızılötesi hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri olmaksızın sözü edilen detay bilgilerinin manuel olarak toplanması ve güncellenmesi çok pahalı ve zaman alıcı bir işlemdir (Eker ve Şeker, 2006).

Günümüzde yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden nesnelerin tespiti coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları için de önemli bir konu haline gelmiştir. Bu uygulamaların önemli bir kısmını bina tespiti oluşturmaktadır. Tespit edilen binalar, CBS için temel bir veri kaynağı olup, aynı zamanda şehir planlamasında, altyapı gelişiminde, doğal afet planlamasında ve benzer birçok kentsel uygulamada da kullanılmaktadır (Sümer ve Yılmaz, 2008).

Hava fotoğraflarından binaları saptamak, bilgisayarla görme (computer vision) ve uzaktan algılama teknolojileri için önemli bir işlem adımıdır. Bunun en önemli nedeni, otomatik harita yapım uygulamalarına ihtiyacın olmasıdır. Bunun yanısıra hava fotoğraflarının çözünürlük, ortam ışık koşulları, alıcı (sensör) tipi, dönüklük ve renk kalitesi farklı olması, bu görüntülerden bina çıkarma işlemi için geliştirilecek algoritmaları zorlaştırmaktadır. Bina çıkarımı ve modellenmesi işlemi genellikle iki adımda incelenebilir. Bunlar; binanın saptanması (belirlenmesi) ve binanın yeniden düzenlenmesi işlemleridir. İlk işlemde binalar yer yüzeyinden ve diğer objelerden (örneğin ağaçlar) ayrılmalıdır. Bu işlemden sonra binaların üç boyutlu modelleri üretilmiş olur (Matikainen, vd., 2003).

Bina saptamada kullanılan yöntemler çoğunlukla binalardan başka objelerin çıkarılması için verilerin sınıflandırılmasını esas alır. Bu yöntemler uydu görüntülerini, hava fotoğraflarını ve lazer tarayıcı verilerini kullanır (Vögtle and Steinle, 2000). Sınıflandırma işlemi piksel tabanlıdır, fakat ayırma işlemi normal olarak bölgeleri elde etme sürecinin bazı aşamalarında uygulanır.

Bu çalışmada, kızılötesi hava fotoğraflarından bina detaylarının otomatik olarak tespiti için bilgisayar ile görme teknolojisinde segmentasyon aşamasında hangi segmentasyon tekniğinden faydalanılması gerektiği ve seçilen segmentasyon teknikleri ile hangi düzeyde bina tespiti yapılabileceği ortaya koyulmuştur. Kızılötesi hava fotoğrafı üzerinde seçilen kırsal ve kentsel olmak üzere üç farklı bölgeye görüntü segmentasyon yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemler kullanılarak kızılötesi görüntüler üzerinde otomatik bina tespit işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, 2002 tarihli KTÜ Kanuni Kampüsü ve çevresini içeren 1:16000 ölçekli renkli kızılötesi hava fotoğrafı kullanılarak, bu fotoğraf üzerinde bina sayısı oldukça az olan 3 farklı kırsal bölge ve bina sayısı fazla olan 3 farklı kentsel bölge seçilmiştir. Bu yöntemlerin belirlediği bina detaylarının doğruluk analizleri ve birbirlerine göre kıyasları yapılarak en hassas yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada, segmentasyon sonucu belirlenen binalar Canny kenar arama operatörü kullanılarak vektörel yapıya çevrilmiştir.

2. DETAY BELİRLEME

Fotogrametrik harita üretimi için gerekli olan vektör veriler, hava fotoğrafları üzerinde operatör tarafından elle kıymetlendirilmektedir. Son yıllarda fotogrametride meydana gelen gelişmeler, günümüzde bu işlemlerin otomatikleşmesine olanak sağlamaktadır. Dijital harita yapımı ve revizyonu için gerekli veri ihtiyacı gün geçtikçe hızla artmaktadır. Bu verilerin temini manüel olarak yapıldığında hem zaman almakta hem de maliyet artışı söz konusu olmaktadır. Otomatikleştirmenin hedefi hızı arttırmak ve değerlendirme masraflarını azaltmaktır.

Otomatik detay belirleme amaçlı yapılan araştırmalar, öncelikle bina ve yol detaylarının dijital görüntülerden otomatik olarak çıkarılması üzerine yoğunlaşmaktadır. Detay çıkarma haritacılık anlamında; kentsel alanlardaki hızlı değişimlerin takip edilebilmesini ve bu gelişimleri yönlendirme stratejilerinin oluşturulmasını, arazi toplulaştırma projelerinin kısa zamanda hayata geçirilebilmesini, planlama çalışmaları aşamasında gerekli olan verilerin kısa sürede, doğru bir biçimde elde edilmesini ve değerlendirilmesini, sayısal harita yapımında kartografik sembollerin algılanmasını, vektöre dönüştürülmesini ve genelleştirilmesini, görüntüler üzerinden elde edilen verilerin CBS ile entegrasyonu sayesinde birçok konumsal ve konumsal olmayan analizler yapılabilmesini sağlar (Karslı, vd., 2009).

Birçok fotogrametrik araştırma, yoğun kentsel yapı içerisindeki binaların tespitine yönelik teknikler üzerinde yoğunlaşmaktadır. Önceleri çoğu bina detay çıkarma teknikleri iki boyutlu detay çıkarma temeline dayanırken (Noronha and Nevatia, 1997), günümüzde bu teknik artık 3 boyutlu

binaların çıkarılması noktasına ulaşmıştır (Ameri and Fritsch, 1999; Sohn and Dowman, 2003). Görüntü işleme tekniklerine dayalı otomasyon ile binaların tespit edilmesi, üç boyutlu şehir modeli oluşturmaya yönelik talepleri daha da artırmıştır. Bina detay belirlenmesinde çözülmesi gereken iki önemli problem mevcuttur. Birincisi, ilgili objelerin segmentasyon yapılarak diğer objelerden ayrılması, diğeri ise ayrılan objelerin gruplarının bir sınıf haline getirilmesidir. Bina dışındaki objelerin görüntü içeriğinde var olması problemin çözümünü oldukça zorlaştırmaktadır (Matikainen vd., 2003). 1984-1998 yılları arasında yapılan çalışmalarda genelde gri düzeyli görüntüler kullanılmış olup belli bir eşik değerine göre görüntüler sınıflandırılarak bina kenarları tespit edilmiştir (Mayer, 1999). Daha sonra bölge gelişimi ve bina gölgelerini kullanan yeni teknikler geliştirilmiştir (Unsalan ve Boyer, 2004; Sırmacek ve Unsal, 2008).

3. SEGMENTASYON (BÖLÜTLEME)

Segmentasyon, görüntüyü benzer özellikli piksel kümelerine ayırma işlemidir. Bu parçalar birbirleri ile örtüşmemeli ve kendi içlerinde belirleyici bir özelliğe göre süreklilik göstermelidir. Segmentasyon sonucu ortaya çıkan bu parçalar segment (bölüt) adını alır (Gonzalez and Woods, 2002). Detaylı görüntü ayırma işlemleri, görüntü işlemede en zor aşamadır. Segmentasyon işlemindeki temel amaç, görüntü üzerindeki farklı özellikteki objeleri birbirinden ayrıştırıp, benzer özelliklileri bir araya getirmek suretiyle istenilen gruptaki objeleri ortaya çıkarmakdır. Görüntü segmentasyon algoritmaları eşikleme tabanlı, kenar tabanlı ve bölge tabanlı olarak çalışmaktadır. Görüntü segmentasyon algoritmaları, görüntü içerisindeki objeleri ayırt etmek için objenin kendisindeki homojenliği veya obje sınırlarındaki karşıtlığı (kontrast) araştırma düşüncesini temel alır. Birçok görüntü segmentasyon algoritması bu iki temel yaklaşımın değişik uzantısı ve birleşimi biçimindedir (Beucher and Lantuejoul, 1979). Bu çalışmada Alan Büyütme (Region Growing), Ortalama Değişkenli (Mean Shift) ve Havza (Watershed) olmak üzere üç farklı segmentasyon yöntemi kullanılmıştır.

Alan Büyütme segmentasyon, adından da anlaşılacağı gibi, görüntünün içinde yer alan pikselleri veya alt bölgeleri daha önceden belirlenmiş kriterlere göre birleştiren bir görüntü bölütleme tekniğidir. Başlama noktası otomatik olarak belirlenebileceği gibi kullanıcı müdahalesi ile de belirlenebilir. Kullanıcı ilk olarak bir veya birden fazla referans/tohum (seed) bölgesi seçer. Alan Büyütme tekniği iteratif olarak çalışır. Her iterasyonda komşu pikseller/bölgeler gözden geçirilir ve önceden tanımlanmış bir benzerlik kriterine göre en uygun piksel alana katılır (Edman, 2007).

Ortalama Değişkenli algoritması görüntü sınıflandırması için güçlü bir tekniktir. Bu algoritma filtre ile her bir noktaya tekrarlanarak hareket ettirilir ve sürekli iyi sonuçlar temin eder (Yang vd., 2003). Ortalama Değişkenli segmentasyon yöntemi görüntüye uygulanırken, ilk olarak görüntüde istenen renk sayısı kadar küme merkezi belirlenir. Merkezler 0-255 arası değerlerle belirlenebileceği gibi, görüntü içinden seçilen piksellerin değerleri de küme merkezi olarak atanır. Sonra görüntüdeki piksellerin, her bir küme merkezine olan mesafesi hesaplanır. Piksel hangi küme merkezine aitse, o kümeye aittir denir ve bu bilgi kaydedilir. Her küme için, içine aldığı piksellerin R,G,B değerleri ayrı ayrı toplanıp ortalaması alındığında yeni küme merkezleri belirlenmiş olur.

Havza segmentasyon, bölge çıkarımı temeline dayanan bir görüntü işleme algoritması olup topografya biliminde yer alan su bölümü çizgileri ve su kaynağı havzası kavramlarını temel almaktadır (Gonzalez and Woods, 2002). Havza segmentasyon gri düzeydeki görüntüler için en iyi yöntemdir. Siyah beyaz görüntülere Havza segmentasyonu uygulamak için, gri düzeydeki görüntüye çevirmek gibi bir ön işlemeye ihtiyaç duyar. Havza algoritmasının ilk adımı olarak görüntünün gri bilgisi elde edilir. Bu bilgi, piksel değerleri arasındaki değişimin görüntünün birinci türevi alınarak hesaplanması ile elde edilir. Bir sonraki adımda, görüntü segmentasyonun başlatılabilmesi için gerekli olan işaretçi pikseller belirlenir. Görüntü segmentasyon işleminin doğru bir yönde ilerleyebilmesi için, hedeflenen her bir sınıfa ait farklı işaretçi piksellere ihtiyaç duyulur. Bu piksellerin konumları ve sayıları segmentasyonun başarısını doğrudan etkilemektedir. Görüntü segmentasyon işleminin son adımında, işaretçi pikseller gri düzeyli görüntüye yerleştirilir ve alan büyüme prensibine göre yayılarak iki sınıflı bir görüntü elde edilir. Bu sınıflar bina yüzünü (kırmızı) ve arka planı (yeşil) temsil ederler (Sümer ve Türker, 2009).

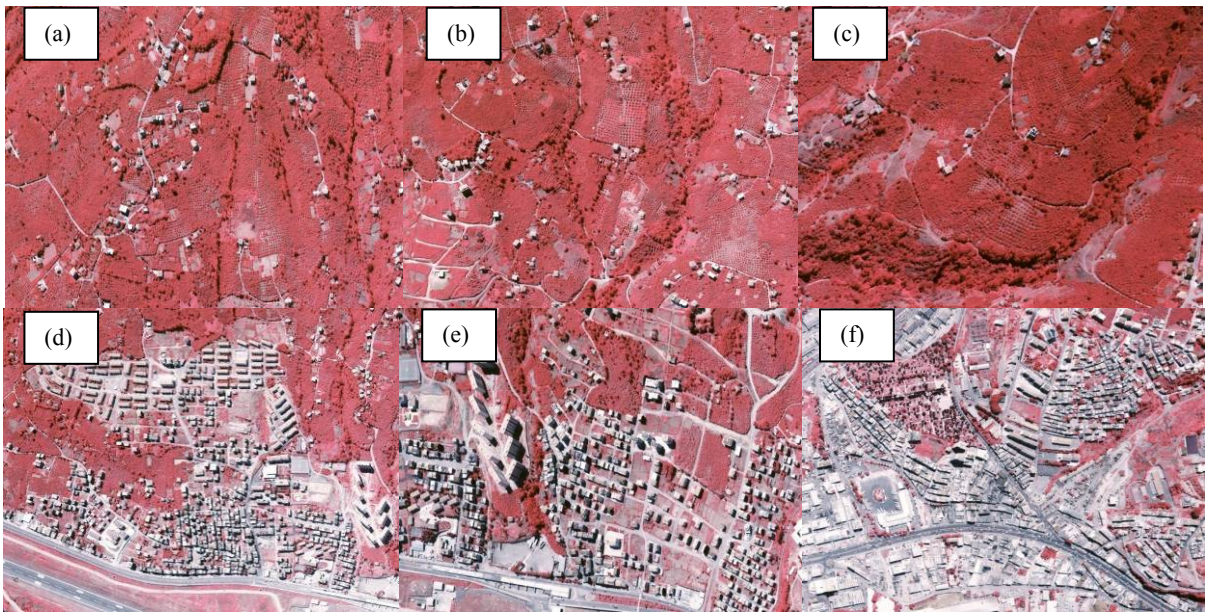
4. ÇALIŞMA ALANI VE UYGULAMA

Bu çalışmada, Trabzon il sınırlarının içinde kalan, KTÜ Kanuni Kampüsü'nü ve çevresini içeren bölge çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 1). Şekil 1'de görüldüğü gibi kıyıya yakın bölümde bulunan KTÜ kanuni kampüsü ve deniz kenarı bina yoğunluğu bakımından oldukça yoğun bir bölümdür. Hava fotoğrafının güney kısmına (kara tarafı) bakıldığında binalar ve beton zeminlerin yerini fındıklık, tarla ve bahçelere bıraktığı görülmektedir. Bu nedenle, hava fotoğrafından çıkarılacak binalar için keskin bir değişim olduğu gözlenmektedir.

Çalışma alanı olarak kullanılan görüntü KTÜ, Kanuni Kampüsü'nü ve çevresini içeren 1:16000 ölçekli renkli kızıl ötesi hava fotoğrafı olup, bu görüntü 14 mikron çözünürlükle taranarak dijital formata dönüştürülmüştür. Görüntünün geometrik çözünürlüğü 21 cm' dir. Görüntünün kızılötesi olarak seçilmesindeki amaç, kızılötesi görüntülerde bina detayının diğer materyallerden daha net ve açık biçimde ayırt edilebilmesi ve özellikle bitki yoğunluğunun fazla olduğu bölümlerdeki gri değerlerinin belli bantlarda bina yüzeyinden oldukça farklılık göstermesidir. Çalışmada kullanılan üç farklı kırsal ve kentsel alan görüntüleri tüm görüntü üzerinden seçilmiştir (Şekil 2).

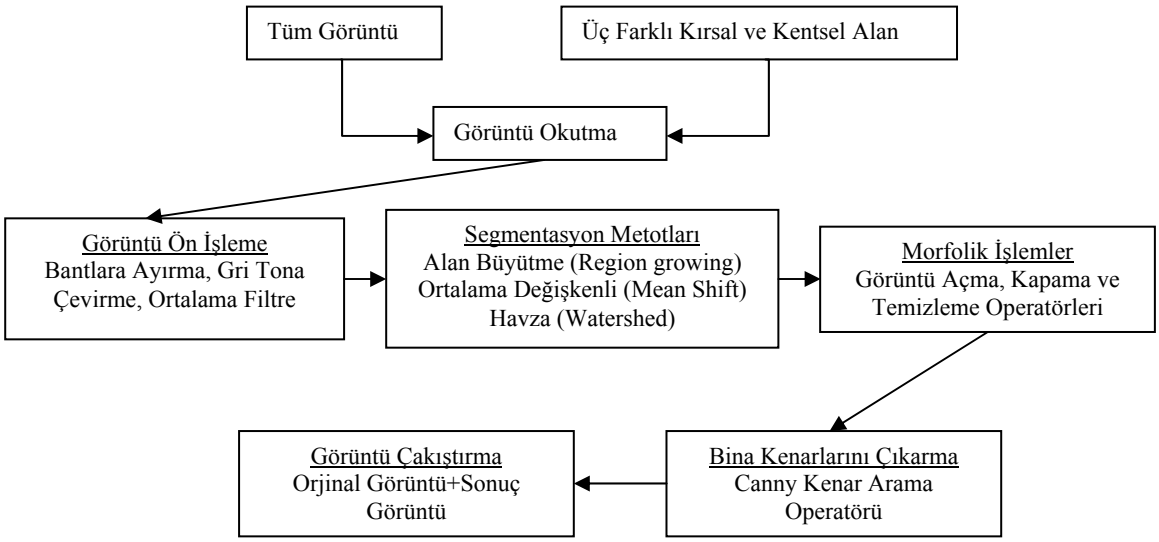
Şekil 1. Çalışma alanı

Segmentasyon yöntemlerini daha verimli çalışabilmesi ve bu yöntemlerin doğruluklarını test edebilmek için KTÜ Kanuni Kampüsü'nü ve çevresini içeren 3 farklı kırsal ve kentsel bölge seçilmiştir. Ayrılan bu bölgeler kendi içinde değerlendirilmiştir.



Şekil 2. Çalışma alanı: (a) Kırsal-1, (b) Kentsel-1, (c) Kırsal-2, (d) Kentsel-2, (e) Kırsal-3 ve (f) Kentsel-3 alan görüntüsü

Bu çalışmada; Matlab yazılımı görüntü işleme modülü kullanılarak, görüntüye istenilen uygulamalar adım adım uygulanmış ve sonuçlar eş zamanlı bir biçimde görülmüştür. Çalışmada takip edilen işlem adımları şematik olarak Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. Bina detayı çıkarma akış diyagramı

Çalışmada kullanılan metotlar, Matlab yazılımı görüntü işleme modülü kullanılarak yazılan kod ile çalıştırılmış ve görüntü üzerinde çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Kızılötesi hava fotoğrafı ön işlemede iki şekilde gri düzeyli görüntüye dönüştürülmüştür. Birincisi, orijinal görüntü kırmızı, mavi ve yeşil bant olmak üzere üç farklı banta ayrılarak, üç tane farklı gri düzeyli görüntü elde edilmiştir. Kırmızı ve mavi banta ayrılan görüntü üzerinde yeşil örtülü kısımların tam olarak ayırt edilemediğinden ve görüntüdeki binalar net olmadığından kırmızı ile mavi bant elimine edilmiştir. Yeşil bant ise; bina ve beton ile kaplı alanların tespitinde kızıl ötesi görüntülerde oldukça verimli sonuçlar verdiğinden ve ayırt edilebilirliği daha fazla olduğundan bu çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada sadece Havza segmentasyon yönteminde yeşil bantlı gri düzeyli görüntü kullanılmıştır. İkincisi, orijinal görüntü gri düzeyli görüntüye dönüştürülmüştür. Alan Büyütme ve Ortalama Değişkenli segmentasyon yöntemleri bu gri düzeyli görüntüye uygulanmıştır. Gri düzeyli görüntüler üzerinde bulunan detaylar arasındaki alanları ve sınırları belirleme ve tanımlamaya yönelik segmentasyon algoritmaları olan; eşikleme tabanlı, kenara dayalı ve bölge çıkarımı algoritmaları ile sağlanmıştır. Segmentasyon yöntemleri sayesinde bina sınırları daha kolay belirlenmiştir.

Alan Büyütme segmentasyon yöntemi, görüntü ön işleme aşamasında ikinci şekilde elde edilen gri düzeyli görüntüye uygulanmakta olup, segmentasyon yönteminde ilk önce rastgele eşik değerler seçilmiştir. Segmentasyon yönteminde eşik değerler değiştirilerek gri düzeyli görüntü için en uygun eşik değer belirlenmiştir. Çalışma içinde seçilen üç farklı kırsal ve kentsel bölge için farklı eşik değerleri kullanılmıştır. Çünkü hava fotoğrafı aynı tür bilgileri içermemekte olup homojen bir yapıda değildir.

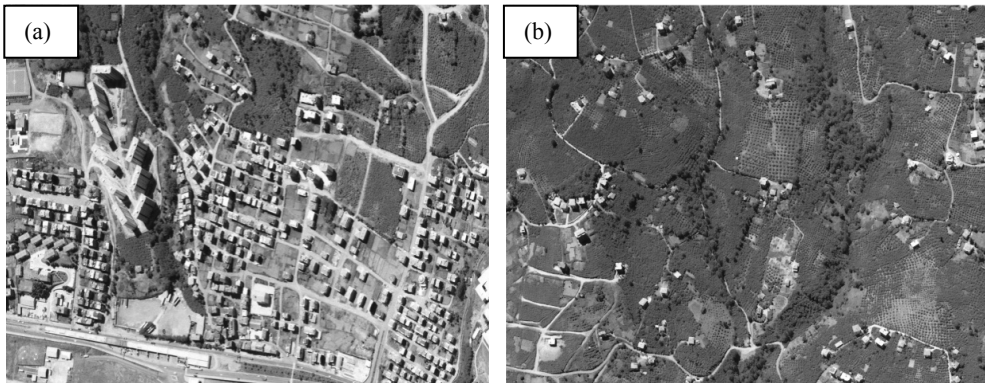
Ortalama Değişkenli segmentasyon yöntemi, Alan Büyütme segmentasyon yöntemi gibi görüntü ön işlemede, ikinci şekilde elde edilen gri düzeyli görüntü üzerine uygulanmıştır. Bu yöntemde birbirine yakın piksel değerlerini bir arada tutan bir sınıf değeri belirlenmiştir. Çünkü görüntü içindeki sınıf sayısı kadar bölge oluşturulmuştur. Bu sayede birbirine yakın piksel değerleri aynı bölgede yer almaktadır. Bu çalışmada sınıf değeri üç alınmıştır ve böylece görüntüde üç tane sınıf oluşturulmuştur. Görüntüde bulunan tüm detaylar bu üç sınıfın değeri olan sınıf değerini piksel değeri olarak almıştır. Yani görüntüdeki detayın sınıf sayısı 1 olanın piksel değeride 1 olmaktadır. Matlab ortamında mause yardımıyla görüntü üzerindeki binaya tıklanarak binalara ait sınıf değeri ve piksel değeri belirlenmiştir. Sonra binalara ait piksel değerleri 1 olacak şekilde seçilerek, diğer detaylara 0 değeri atanömıştır. Elde edilen sonuç görüntüde bina detayları diğer detaylardan çıkarılmıştır.

Havza segmentasyon yöntemi, yeşil bantlı gri düzeyli görüntüye uygulanmıştır. Havza segmentasyonunda ilk olarak, kullanılan görüntünün gradyan bilgisi elde edilmiştir. Görüntü fonksiyonundaki bir değişim bir gradyan değeri ile tanımlanır ki bu nokta görüntü fonksiyonunun maksimum büyümenin olduğu yöndedir. Gradyan değerleri görüntünün birinci türevi alınarak

hesaplanmıştır. Daha sonra işaretçi pikseller belirlenerek havza sınırları oluşturulmuş ve lokal minimum değerlerinden başlanarak iterasyonlar maksimum değere erişene dek devam ettirilerek görüntü segmente edilmiştir. Görüntüye segmentasyon yöntemlerini uygulandıktan sonra, zemin üzerinde, eşik değer yardımıyla elimine edilen kısımlardan geriye kalan artık pikseller oluşmuştur. Bu durum güneş ışınlarının geliş açısı, obje yapısı, zemin yapısı ve gölge durumları sebebi ile meydana gelmektedir. Bu aşamada bazı morfolojik operasyonlar yardımı ile görüntülere açma, kapama ve temizleme işlemleri uygulanmıştır. Segmentasyon sonucu bina sınırları belli sonuç görüntüsü (ikili görüntüler) üzerindeki bina kenarları Canny kenar arama operatörü yardımıyla ortaya çıkarılmıştır. Canny kenar arama operatörü ile görüntülerden belirlenen binalar orijinal görüntünün gri düzeyli görüntüsüne bindirilerek sonuç görüntüleri elde edilmiştir.

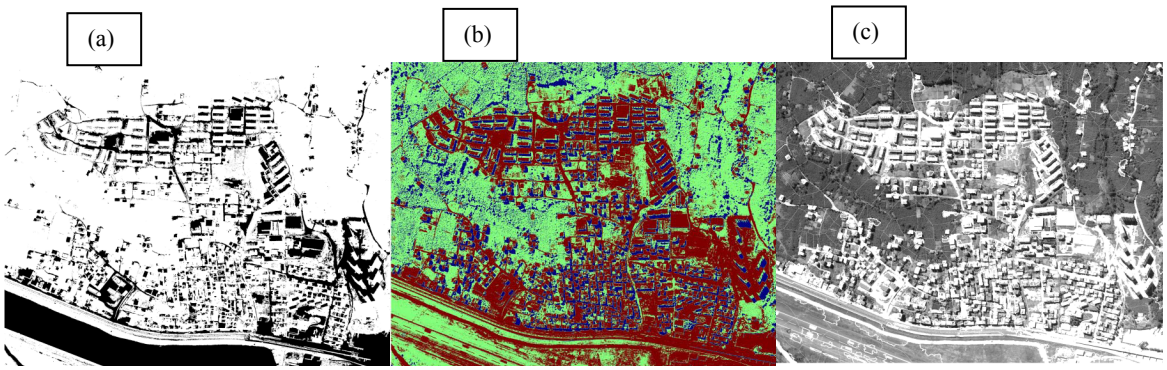
5. BULGULAR VE İRDELEME

Bu çalışmada KTÜ kampüsü ve çevresi bina detaylarının kızılötesi hava fotoğrafından tespit edilebilmesi amaçlanmıştır. Bu uygulamada kullanılan eşik değer, kırsal ve kentsel alanlarda farklılık gösterdiği için öncelikle tüm görüntüden belirlenmiş kırsal ve kentsel alanları temsil eden üç farklı bölge seçilmiştir. Bu bölgeler şekil 2'de gösterilmektedir. Şekil 2d, e ve f incelendiğinde, kızılötesi hava fotoğraf üzerinde binaların birbirine yakın olduğu ve yerleşimin oldukça yoğun olduğu kısımlar ele alınmıştır. Şekil 2a, b ve c kısımlarında ise, yerleşim bakımından yoğun olmayan kırsal alan bölgeleri değerlendirmek üzere ele alınmıştır. Resim kızılötesi olduğundan segmentasyon yöntemlerini uygulamadan önce görüntü ön işleme aşamasından geçirilmiştir. Bu aşamalar; görüntünün gri tona çevrilmesi ve bant ayrımı yapılması şeklinde iki durumda gerçekleştirilmiştir (Şekil 4).



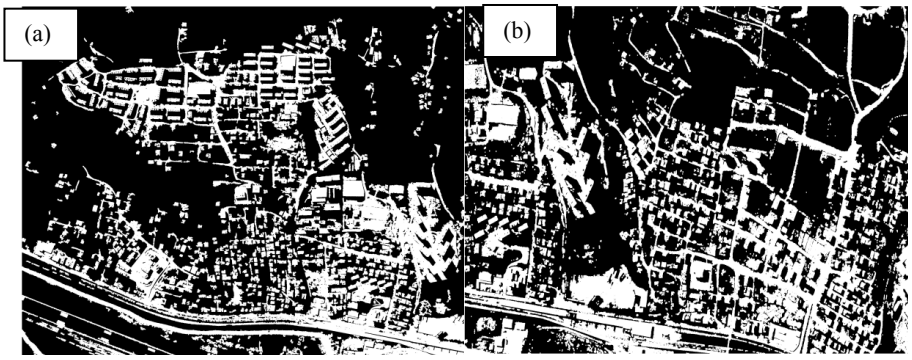
Şekil 4. a) Kentsel-2 alan ve b) Kırsal-2 alan görüntüsü

Bu aşamadan sonra görüntüye ayrı ayrı ve eş zamanlı segmentasyon metotları uygulanmıştır. Bu yöntemler, kentsel-1 alan üzerinde incelenirse; görüntü içinde birbirine yakın spektral indeks değerlerden bina indeks değerlerinin çoğu kısımlarda ayrıldığı görülmektedir (Şekil 5). Tümünün çıkarılamamasının sebebi, kullanılan görüntünün kızılötesi olması, bina değerleri ile benzer indeks değerlere sahip nesnelerin birbirinden ayırt edebilecek düzeyde olamaması ve kurşun çatılar ile beton zeminlerin aynı indeks değerine sahip olması görüntü üzerinden bina detayların belirlenmesini daha da zorlaşmıştır şeklinde açıklanabilir.



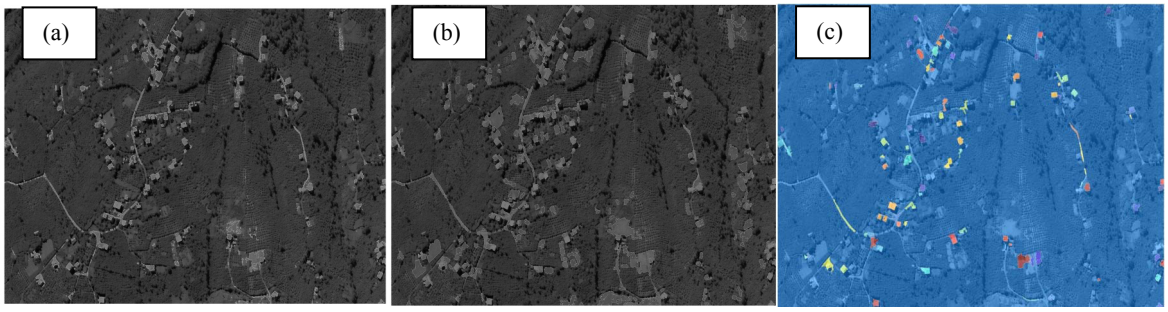
Şekil 5. Segmentasyon yöntemlerinin Kentsel-1 alan görüntüsüne uygulanması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed segmentasyon

Segmentasyon işleminde sınıflandırılan görüntüler üzerinde, düşük indeks değeri içeren az sayıdaki pikseller sebebi ile boşlukların kalması ve zemin üzerinde, eşik değer yardımıyla elimine edilen kısımlardan geriye kalan artık piksellerin oluşması nedeniyle bazı morfolojik operasyonlar kullanılarak görüntülere açma, kapama ve temizleme işlemleri uygulanmıştır. Sonuçta bina ve yollar bunlar dışındaki diğer yüzeylerden ikili görüntü üzerinde ayrılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Morfolojik operatörlerin uygulanması: a) Kentsel-1 alan ve b) Kentsel-2 alan

Çalışmada Canny kenar belirleme yöntemi, morfolojik operatörlerin uygulandığı görüntüler (ikili görüntüler) üzerinde denenerek, tespit edilen binaların kenar bilgileri ortaya çıkarılmıştır. Kenarları belirlenen binalar orijinal görüntünün gri ton değerine sahip görüntü üzerine bindirilerek verilmektedir (Şekil 7-12). Şekil 7-12 incelendiğinde görüntüye uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en fazla binayı tespit edebilen segmentasyon yöntemi Ortalama Değişkenli (Mean-Shift) segmentasyon yöntemidir. En az binayı belirleyen segmentasyon yöntemi ise, Havza (Watershed) segmentasyon yöntemidir.

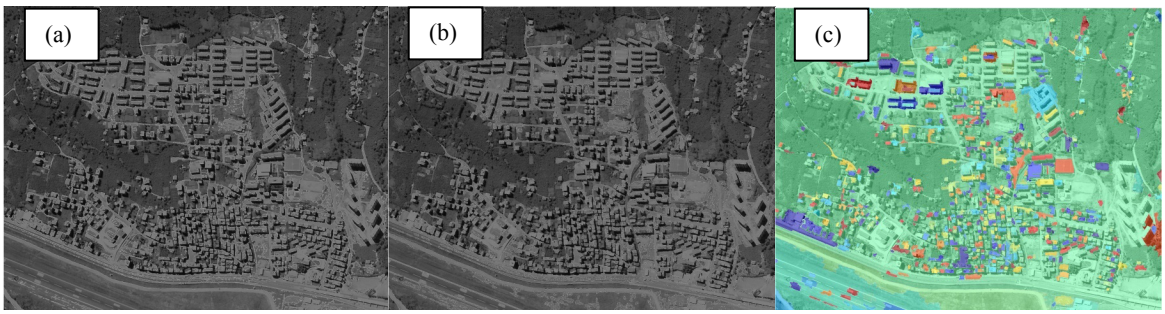


Şekil 7. Kırsal-1 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

Şekil 7 ve Tablo 1 incelendiğinde, Kırsal-1 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonuç veren yöntem Mean-Shift segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 87 binayı tespit etmekte olup, 1 binayı tespit edemediği görülmektedir. Bu görüntüde Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları % 98.86 doğrulukla tespit etmektedir. Kırsal-1 görüntüsünde en kötü sonuç veren yöntem ise, Watershed segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem ise, görüntüde 73 bina tespit etmekte olup, 15 binayı tespit edemediği görülmektedir. Bu görüntüde Watershed segmentasyon yöntemi binaları % 82.95 doğrulukla tespit etmektedir.

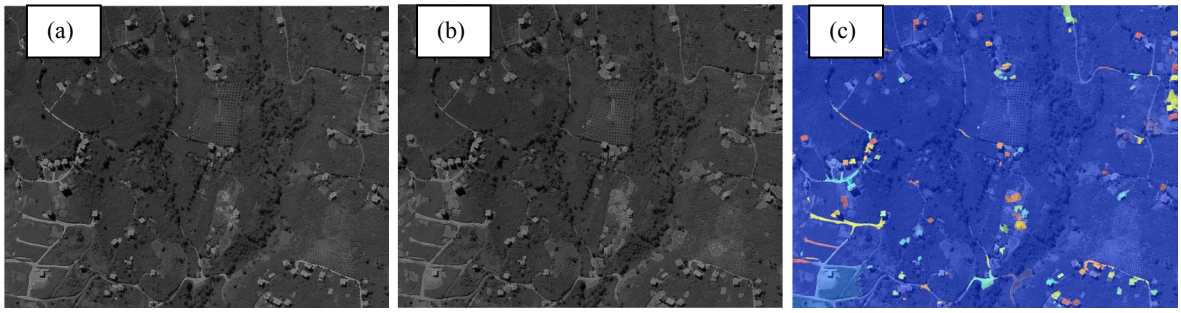
Tablo 1. Kırsal-1ve Kentsel-1 görüntü segmentasyon sonuçları

Segmentasyon Metotları	**Kırsal -1 Bölge**				**Kentsel -1 Bölge**			
	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)
Region Growing	88	86	2	97.73	636	616	20	96.86
Mean-Shift		**87**	**1**	**98.86**		**619**	**17**	**97.33**
Watershed		73	15	82.95		540	95	85.06



Şekil 8. Kentsel-1 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

Şekil 8 ve Tablo 2 incelendiğinde, Kentsel-1 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonuç veren yöntem Mean-Shift segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 619 binayı tespit etmekte olup, 17 binayı tespit edememiştir. Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları %97.33 doğrulukla tespit etmektedir. Kentsel-1 görüntüsünde en kötü sonuç veren yöntem ise, Watershed segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 541 bina tespit edebilmiş, ancak 95 binayı tespit edememiştir. Bu görüntüde Watershed segmentasyon yöntemi binaları % 85.06 doğrulukla tespit etmektedir.



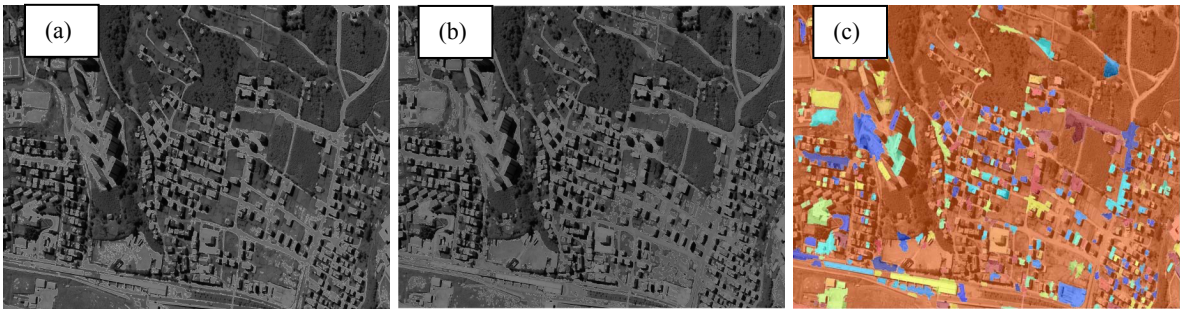
Şekil 9. Kırsal-2 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

Şekil 9 ve Tablo 2 incelendiğinde, Kırsal-2 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonuç veren yöntem Mean-Shift segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 65 binayı tespit edebilmiştir. Bu görüntüde Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları % 98.48 doğrulukla tespit etmektedir. Kırsal-2 görüntüsünde en kötü sonuç veren yöntem ise, % 92.42 doğrulukla Watershed segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem ise, görüntüde 61 bina tespit etmekte olup, 5 binayı tespit edemediği görülmektedir.

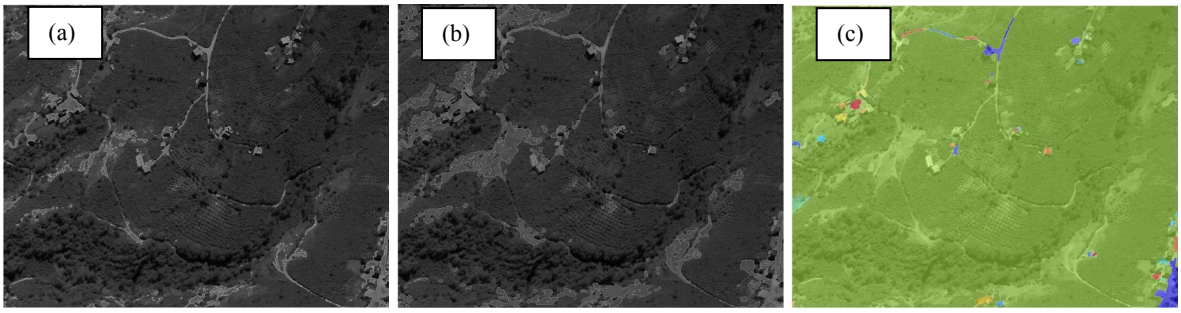
Tablo 2. Kırsal-2 ve Kentsel-2 görüntü segmentasyon sonuçları

Segmentasyon Metotları	**Kırsal -2 Bölge**				**Kentsel -2 Bölge**			
	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)
Region Growing		62	4	93.94		314	18	94.58
Mean-Shift	66	**65**	**1**	**98.48**	332	**320**	**12**	**96.39**
Watershed		61	5	92.42		238	94	71.69

Şekil 10 ve Tablo 2 incelendiğinde, Kentsel-2 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonuç veren yöntem Mean-Shift segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 320 binayı tespit etmekte olup, 12 binayı tespit edemediği ortaya çıkrmıştır. Bu görüntüde Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları %96.39 doğrulukla tespit etmektedir. Kentsel-2 görüntüsünde en kötü sonuç veren yöntem ise, Watershed segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 238 bina tespit etmekte olup, 94 binayı ise tespit edememiştir. Bu görüntüde Watershed segmentasyon yöntemi binaları % 71.69 doğrulukla tespit etmiştir.



Şekil 10. Kentsel-2 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

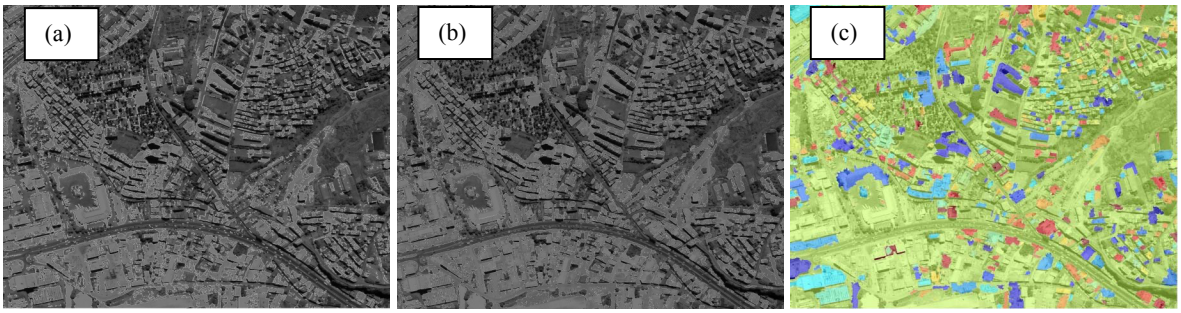


Şekil 11. Kırsal-3 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

Şekil 11 ve Tablo 3 incelendiğinde, Kırsal-3 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonucu Mean-Shift segmentasyon yöntemi vermektedir. Bu yöntem görüntüde 15 binayı tespit etmekte olup, 1 binayı tespit edemediği belirlenmiştir. Bu görüntüde Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları % 93.75 doğrulukla tespit etmektedir. Kırsal-3 görüntüsünde en kötü sonuç veren yöntem ise, % 56.25 tespit doğruluk yüzdesiyle Watershed segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem ise, görüntüde 9 bina tespit etmekte olup, 7 binayı tespit edememiştir.

Tablo 3. Kırsal-3 ve Kentsel-3 görüntü segmentasyon sonuçları

Segmentasyon Metotları	**Kırsal -3 Bölge**				**Kentsel -3 Bölge**			
	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)	Bina Adedi	Tespit Edilen	Tespit Edilemeyen	Bina Tespit Oranı (%)
Region Growing	16	13	3	81.25	462	390	72	84.42
Mean-Shift		**15**	**1**	**93.75**		**425**	**37**	**91.99**
Watershed		9	7	56.25		289	173	62.55



Şekil 12. Kentsel-3 alanın 3 farklı segmentasyon yöntemi ile elde edilen binalar ile orijinal resmin çakıştırılması: a) Region Growing, b) Mean-Shift, c) Watershed

Şekil 12 ve Tablo 3 incelendiğinde, Kentsel-3 görüntüsünde uygulanan segmentasyon yöntemleri arasında en iyi sonuç veren yöntem Mean-Shift segmentasyon yöntemidir. Bu yöntem görüntüde 425 binayı tespit etmiş ancak 37 binayı tespit edememiştir. Bu görüntüde Mean-Shift segmentasyon yöntemi binaları % 91.99 doğrulukla tespit etmektedir. Kentsel-3 görüntüsünde en kötü sonuç ise Watershed segmentasyon yöntemi ile elde edilmiştir. Bu yöntem görüntüde 289 bina tespit etmekte olup, 173 binayı tespit edemediği belirlenmiştir. Bu görüntüde Watershed segmentasyon yöntemi binaları % 62.55 doğrulukla tespit etmektedir. Tespit edilen ve edilemeyen bina sayıları her bir yönteme göre sınıflandırılarak Tablo 1-3'de gösterilmektedir. Ayrıca Tablo 1-3'de görüntülerden çıkartılabilen bina sayısı ile kullanılan metotların başarı oranları da görülmektedir. Tablo 1-3 incelendiğinde, Kırsal-1, 2 ve 3 ve Kentsel-1, 2 ve 3 bölgeleri içinde belirlenen bina sayısı oranı en yüksek bölge Kırsal-1'dir. Bu bölgede, Mean-Shift segmentasyon yöntemi ile binaların % 98.48 doğrulukla tespit edildiği görülmektedir. Kırsal-1, 2 ve 3 ve Kentsel-1, 2 ve 3 bölgeleri içinde belirlenen bina sayısı oranı en düşük olduğu bölge ise, Kırsal-3 bölgesidir. Bu bölgede, Watershed segmentasyon yöntemi ile binaların % 56.25 doğrulukla tespit edildiği görülmektedir. Bina tespit doğruluk oranlarının yüksek çıkmamasının nedenleri olarak; kurşun kaplı çatıların indeks değeri ile etrafında bulunduğu beton zemin indeks değerinin birbirine benzer olması ve kızılötesi hava fotoğrafı kullanıldığı için görüntüde bulunan renklerin gerçeği yansıtmaması ifade edilebilir. Bu nedenle görüntüde bulunan binaların diğer nesnelerden daha zor ayrıldığı gözlemlenmiştir.

6. SONUÇLAR

Fotogrametri ve Uzaktan Algılama uygulamalarında en çok zaman alan ve maliyeti en yüksek işlemler, vektör veri toplama işlemleridir. Çünkü bu işlemler bir operatör yardımıyla manuel olarak gerçekleştirilmektedir. Bilim ve teknolojideki gelişmelere paralel olarak bu işlemlerin de otomatikleştirilmesi için araştırmalar devam etmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada kızılötesi hava fotoğrafı üzerinde çeşitli görüntü segmentasyon metotları kullanılarak, kızılötesi görüntü üzerinde bina detayı belirlenebilmesi için görüntü işleme teknolojisi açısından en uygun yöntem belirlenmeye çalışılmıştır. Bu işlem esnasında kentsel ve kırsal bölgelere ait bazı olumsuzlukların ortaya çıktığı görülmektedir. Binaların yoğun olduğu kentsel bölgede özellikle filtreleme aşamasında KTÜ kampüs alanı ve yakın civarındaki bina çatılarının kurşun veya tamamının beton olması sebebiyle bazı noktalarda bina ve yollar, beton zeminden ayırt edilemez hale gelmektedir. Çeşitli iyileştirme teknikleri yardımıyla bu engel büyük oranda giderilmiştir. Kırsal bölgede ise, yoğun bitki örtüsü sebebiyle alçak binaların ayırt edilebilirliği bazı noktalarda azalmıştır. Bu aşamada eşik değer daha düşük tutularak bu sorun büyük oranda ortadan kaldırılmıştır. Kullanılan metotların nesne tabanlı bir yaklaşıma sahip olması nedeniyle nesne alanlarının doğru bir şekilde tespit edilmesi son derece önemlidir. Çünkü kızılötesi hava fotoğrafında bina kenarlarının olmaması veya belirgin olmaması durumunda, kullanılan segmentasyon yöntemleri ile binalar tespit edilemez. Çalışmada kullanılan yöntemler arasında Mean-Shift segmentasyon yönteminin binaların tespit edilmesinde en iyi sonucu verdiği sonucuna varılmıştır. Diğer metotlar ise bu metoda yakın düzeyde doğrulukla binaların tespit edilmesini sağlamışlardır. Çalışma sonucunda, kızılötesi hava fotoğraflarından diğer objelere göre daha farklı spektral yansıma değeri veren bina detaylarının otomatik olarak belirlenebileceği ortaya konmuştur. Hızla gelişen görüntü işleme teknolojisi ile yeni görüntü işleme metotlarının kullanılması yoluyla daha hassas ve duyarlı bina detayı tespit sonuçlarının elde edileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Ameri, B., Fritsch, D., 1999. 3-D reconstruction of polyhedral-like building models, *IAPRS*, 32, 3-2W5, Munich, Germany, pp.15-20.

Beucher, S., Lantuejoul C., 1979. Use of watersheds in contour detection, *International Workshop on Image Processing: Real-time Edge and Motion Detection/Estimation*, September, France, pp.17-21.

Edman, M., 2007. Segmentation Using a Region Growing Algorithm, *Rensselaer Polytechnic Institute*.

Eker, O., Şeker D. Z., 2006. Hava fotoğraflarından çizgisel detayların yarı otomatik olarak belirlenmesi, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, İstanbul.

Gonzalez, R. C., Woods, R. E., 2002. *Digital Image Processing, 2nd ed.,* Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.

Karslı, F., Fidan, M. H., Dihkan, M., 2009. Kızılötesi hava fotoğrafından bina detaylarının çıkarılması, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

Matikainen, L., Hyyppa, J., Hyyppa, H., 2003. Automatic detection of buildings from laser scanner data for map updating, *ISPRS,XXXIV / 3W13*, pp.218-224.

Mayer, H., 1999. Automatic object extraction from aerial imagery - A survey focusing on buildings, *Computer Vision and Image Understanding*, 74, 4, 138–149.

Noronha, S., Nevatia, R., 1997. Building detection and description from multiple aerial images, *Proceedings of IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, Los Alamitos, CA, pp.588-594.

Sırmacek, B., Unsal C., 2008. Building detection from aerial images using invariant color features and shadow information, *Computer and Information Sciences*, 1-5.

Sohn, G., Dowman, I., 2003. Building extraction using lidar Dems and Ikonos images, *Proceedings of the ISPRS working group III/3 workshop, 3-D reconstruction from airborne laserscanner and InSAR data*, Dresden, Germany.

Sümer, E., Türker M., 2009. Üç boyutlu bina modelleri için otomatik bina yüz dokusu çıkarımı, *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Mayıs, Ankara.

Sümer, E., Yılmaz, A. T., 2008. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden sınıflandırma ve bölütleme tabanlı bir yaklaşımla otomatik bina tespiti, *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Kayseri.

Unsalan, C., Boyer, K. L., 2004. Linearized vegetation indices based on a formal statistical framework, *IEEE Trans on GeoRS*, 42, 7, 1575–1585.

Vögtle, T., Steinle, E., 2000. 3D modelling of buildings using laser scanning and spectral information, *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing*, Amsterdam, The Netherlands, Vol. XXXIII, Part B3, pp. 927-934.

Yang, C., Duraiswami, R. , DeMenthon D., Davis L., 2003. Mean-shift analysis using quasi-newton methods, *IEEE International Conference on Image Processing*, 447 - 450, 3.