

# YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ OPTİK UYDU GÖRÜNTÜLERİNDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI PERFORMANSININ ARTIRILMASINA YÖNELİK YENİ BİR YAKLAŞIM- QUICKBIRD ÖRNEĞİ

Umut G. SEFERCİK<sup>1,\*</sup>, Serkan KARAKIŞ<sup>1</sup>, Çağlar BAYIK<sup>1</sup>, Mehmet ALKAN<sup>2</sup>, Naci YASTIKLI<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bülent Ecevit Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, Zonguldak, Türkiye –  
ugsefercik@hotmail.com, jeodezi@hotmail.com, caglarbayik@hotmail.com

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye –  
ynaci@yildiz.edu.tr, alkan@yildiz.edu.tr

## ÖZET:

Bilindiği gibi, 1999 yılında ilk yüksek çözünürlüklü ticari yer gözlem uydusu IKONOS'un yörüngesine oturtulmasıyla birlikte optik uydu görüntüleri yeryüzü objelerinin çıkarımı amacıyla sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Yüksek çözünürlüklü bu görüntüler, düşük maliyet, işleme kolaylığı ve kısa periyotlu tekrarlanabilme gibi artı özellikleri sayesinde özellikle büyük kentlerde, kentsel gelişim büyüklüğü ve yönünün belirlenmesi, kaçak yapılaşma takibi, su abone tespiti vb. belediyeçilik bazlı projelerde yersel ölçmeler ve fotogrametri ile elde edilen verilere alternatif olarak görülmeye başlanmıştır. Bahsi geçen projeler, belirli periyotlarda aynı bölgeden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin işlenmesi ve geçen süre içerisinde mevcut obje sayısındaki değişimin belirlenmesine dayalı olarak gerçekleştirilmektedir ve çoğu bina çıkarımına dayanmaktadır. Yüksek çözünürlüklü optik uydu görüntülerinden bina çıkarımı elle ve otomatik olmak üzere iki şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Manual bina çıkarımı, genelde CAD tabanlı yazılımlarda gerçekleştirilen oldukça zahmetli ve zaman alıcı bir işlemdir. Özellikle büyük kentlerde gerçekleştirilecek çalışmalar için bu yöntem kullanışlı değildir. Manual çıkarımın bu zorlukları nedeniyle otomatik çıkarım performansının en yüksek düzeye çıkarılabilmesi araştırmacıların yoğunlukla üzerinde durdukları çok önemli bir konudur.

Optik uydu görüntülerinden otomatik bina çıkarımı genelde planimetrik boyutta ve renk ve biçim heterojenliği temelinde gerçekleştirilmektedir. Yükseklik bilgisinin olmayışı, standart bir çatı tipi ve rengi olmayan alanlarda binaların çevredeki benzer geometride ve renkte olan objelerle karışmasını ve sanal binaların meydana gelmesini doğurmaktadır. Bu nedenle, gelişmiş ülkeler, son yıllarda, hava kaynaklı lazer tarama verisinden elde edilen yükseklik bilgisini uydu görüntülerinden otomatik bina çıkarımında altlık olarak kullanmaya başlamışlardır. Ancak, özellikle az gelişmiş veya Ülkemizin de içinde yer aldığı gelişmekte olan ülkelerin birçok bölgesinde, yüksek maliyeti nedeniyle hava kaynaklı lazer tarama verisi henüz elde edilememiştir.

Gerçekleştirilen bu çalışmada, hemen hemen her ülkede mevcut olan hava fotoğraflarından normalize sayısal yüzey modelleri (nDSM) üreterek uydu görüntülerinden otomatik bina çıkarımında yükseklik verisi sağlanmış ve bu veri segmentasyon aşamasında ağırlığı düşük ek bir bant olarak eklenmiştir. Bu yeni yaklaşımla, Zonguldak test alanında yüksek çözünürlüklü pan-sharpened Quickbird uydu görüntüsü üzerinde gerçekleştirilen otomatik bina çıkarımı, referans hava fotoğrafı ile kıyaslama temelinde, doğruluk, tamlık ve genel kalite olmak üzere üç evrensel çıkarım performans standardı göz önünde bulundurularak değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlarda, otomatik bina çıkarımı doğruluğunun %24, tamlığının %2.5 ve genel kalitesinin %22.7 oranında arttığı gözlenmiştir. Yani sıra referans hava fotoğrafındaki binaların alansal büyüklüğünden olan farkın da %21.64'ten %8.54'e düştüğü saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Otomatik bina çıkarımı, nDSM, Quickbird, doğruluk, tamlık, genel kalite

## ABSTRACT

### A NOVEL APPROACH ON THE PERFORMANCE IMPROVEMENT OF AUTOMATIC BUILDING EXTRACTION FROM HIGH RESOLUTION OPTICAL SATELLITE IMAGERY- CASE STUDY QUICKBIRD

As known, optical satellite images have been started to use for the automatic extraction of ground objects with the launch of the first high resolution commercial earth observation satellite IKONOS in 1999. These images are seen as the alternatives of geodesic and photogrammetric data in the municipality based projects such as monitoring of urban improvement and direction, illegal construction, number of water subscriber etc. by the advantage of low cost, simple processing, and periodically acquisition. Mentioned projects are realized by processing of high resolution images, acquired from same study area in pre-determined acquisition dates and the detection of changes in the number of available objects and most of them are in the basis of building extraction. Overall, two basic methods are employed for building extraction as manual and automatic. Manual building extraction is usually performed using CAD based software and it is very onerous and time consuming process. Especially in large urban areas, this method is not feasible. Considering difficulties of manual

*extraction, performance maximization of automatic extraction is very significant issue and intensively studied by the researchers.*

*Automatic building extraction from space-borne imagery is usually performed in planimetric level and in the basis of spectral and shape heterogeneity. The lack of height information in the areas that have not a standard roof types and colors causes the mixtures of buildings with surrounding objects which have similar spectral and shape characteristics. Due to this fact, developed countries started to use the height information, provided by airborne laser scanning (ALS), as the base for automatic building extraction from space-borne imagery. However, especially in most regions of under developed and developing countries which cover also our country, ALS data is not available yet because of its high acquisition cost.*

*In this study, height information was provided by generating a normalized digital surface model (nDSM) from aerial photos which are available for almost entire countries and used as a low weight additional channel for segmentation. Using this novel approach, the automatic building extraction was performed on high resolution pan-sharpened Quickbird image in Zonguldak study area and validated by comparing reference aerial photos regarding three universal extraction performance standards as precision, completeness, and overall quality. As a result, the precision, completeness, and overall quality of automatic building extraction were increased as 24%, 2.5%, and 22.7%, respectively. In addition, in comparison with reference data, the areal difference of extracted buildings was decreased from 21.64% to 8.54%.*

**Keywords:** Automatic building extraction, nDSM, Quickbird, precision, completeness, overall quality

## 1. GİRİŞ

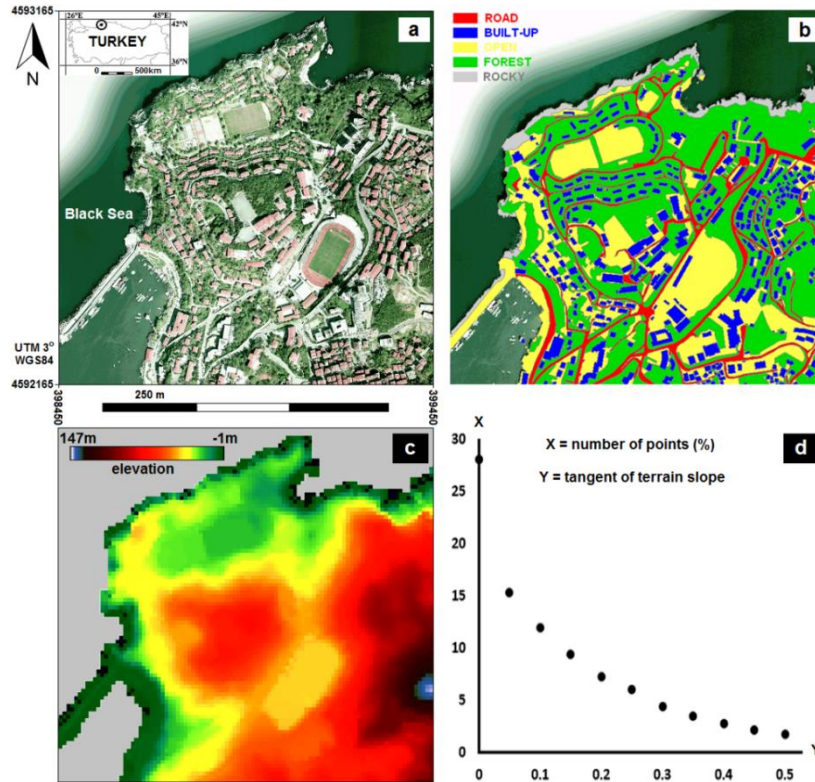
Son yıllarda, uzay tabanlı optik uzaktan algılama teknolojileri hızla gelişmiştir. 1990'ların sonunda IKONOS uydusundaki yenilikler ile yüksek çözünürlük ( $\leq 1$  m) sunan ticari optik uydular kullanılabilir hale gelmiştir. Yüksek çözünürlük avantajı ile optik uydu verileri bina çıkarımında daha fazla kullanılmaya başlanmıştır (Theng, L.B., 2006; Sportouche, H. vd., 2009; Ehrlich, D. vd., 2012; Benarchid, O. vd., 2013; Bhadauria, A. vd., 2013). Genel olarak, bina çıkarımında elle ve otomatik olmak üzere iki temel yöntem kullanılır. Otomatik çıkarım işlemi elle çıkarım işlemi ile karşılaştırıldığında kesinlikle daha hızlıdır ve zaman tasarrufu sağlamaktadır (Baltsavias, E.P. vd., 2001). Ayrıca nesne tabanlı otomatik çıkarım verisi, bilgisayar destekli tasarım (CAD) ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı yazılım ve uygulamalara kolayca aktarılabilir. Bununla birlikte otomatik bina çıkarımı, yer nesnelерinin benzer spektral yansıma değerlerine bağlı olarak optik sensör görüntüleme radyometrisinin neden olduğu olumsuz durumları kapsar (Shaw, G.A. ve Burke, H.K., 2003; Pedelty, J.A. vd., 2004; Bedard, N. vd., 2012). atı tipleri ve renkleri; farklı inşaat teknikleri ve kullanılan malzemelere bağlı olarak yerleşimlerde çeşitlilik gösterir. Farklı özellikteki çatılar ile diğer yer nesnelерinin benzer spektral yansımaları, otomatik çıkarım sonucunda eksik binalara ve özellikle zemindeki binaların yanlış çıkarımına sebep olmaktadır. Bilindiği gibi, uzay tabanlı görüntüler genellikle kentsel gelişimin izlenmesi ve kaçak yapılaşma tespiti gibi kentsel uygulamalar için kullanılır. Özellikle büyük kentlerde bu uygulamalar otomatik çıkarım ile hesaplanan zamansal değişim tespitinde kullanılmaktadır (Baiocchi, V. vd., 2011). Bu noktada segmentasyon hatalarından dolayı meydana gelen yanlış bina çıkarımı kentsel alanlarda değişimin saptanmasını zorlaştırır ve hatalı sonuçlar elde etmemize yol açar. Bu durumun temel nedenlerinden biri, otomatik çıkarım işlemindeki iki boyutlu (2D) segmentasyondur.

Bu çalışma, yükseklik bilgi eksiliğinden kaynaklanan sorunların çözümünde normalize sayısal yüzey modelinin (nDSM) önemli katkısını ortaya koymayı amaçlamıştır. Bir dijital yüzey modeli (DSM), binalar, bitki örtüsü, orman ve yollar gibi araziye ait olmayan nesnelер ve arazi dahil olmak üzere tüm üç boyutlu (3D) yer yüzeyini açıklar. Öte yandan sayısal arazi modeli (DTM) sadece üç boyutlu çıplak yüzey topografyasını temsil eder. Buna dayanarak; nDSM, ortak alana ait DSM'nin DTM'den çıkarılarak hesaplandığı bir fark modelidir. Bu kavram özellikle orman ve ağaç yüksekliğini tespit için ormancılık disiplininde kullanılır (Stereńczak, K. vd., 2008; Smreček, R., 2012; Sefercik, U.G. ve Ateşoğlu, A., 2013). Bina çıkarımı ile ilgili olarak nDSM potansiyeli, hava kaynaklı lazer tarama (ALS) verisi kullanarak sadece birkaç yazar tarafından araştırılmıştır (Ma, R., 2005; Yu, B. vd., 2010; Ahearn, S.C. ve Ahn, H.J., 2011). Fakat ALS tekniği çok yenidir ve henüz dünyanın büyük bir bölümünde kullanılmamaktadır. ALS tabanlı çalışmalardan farklı olarak; hassasiyet, bütünlük ve genel kalite gibi standart miktar ölçümlerine ilişkin olarak uzay tabanlı görüntüden, nesne tabanlı otomatik bina çıkarımı için hava görüntüsünden üretilen nDSM'nin önemli katkısı sergilenmiştir (Heipke, C. vd., 1997; Karantzalos, K. ve Paragios, N., 2009). Çalışma, önerilen tekniği test etmek için uygun arazi sınıfları ve arazi yapısına sahip olan Zonguldak'ın 0.6 m yer örnekleme aralığına (GSD) sahip ortorektifikasyonu yapılmış pan-sharpened Quickbird uydu görüntüsü kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## 2. ÇALIŞMA ALANI VE VERİ SETLERİ

Bilindiği gibi uzay tabanlı görüntüler için en büyük problemlerden biri, tamamen düz olan arazilerde önerilen tekniklerin sergilediği performansların niçin eğimli topoğrafyalarda yanıltıcı olduğudur. Kullandığımız tekniğin

katkısını göstermek için, bilinçli olarak engebeli ve çeşitli arazi sınıfları içeren bir çalışma alanı tercih edilmiştir. Çalışma alanı Zonguldak'ta bulunmakta ve 1 km×1 km bir alanı kaplamaktadır. Bu belirtilen iki sınır çoğunlukla 90 °'den fazla eğim açısı ile dikey uçurumlara sahip ve Karadeniz ile komşudur. Ortalama arazi eğimi % 12'dir ve çıplak topografya yüksekliği deniz seviyesinden 147 m'ye kadar değişmektedir. Bölgenin büyük bir kısmı (~%85) koruma altındadır ve yeni bina yapımı elli yıldan fazla süredir yasaklanmıştır. Yapı (apartman, eğitim ve spor yapıları vb.), orman, yol, açık alan ve kıyı boyunca uzanan kayalık alan olmak üzere beş farklı arazi sınıfı oluşturulmuştur. Şekil 1'de çalışma alanının hava fotoğrafı (a), arazi sınıfları (b), renk kodlu DTM (c) ve arazi eğim frekans dağılımı (d) verilmiştir. Çalışma alanının referans hava fotoğrafı 2009 yılında büyük ölçekli olarak elde edilmiştir. Fotoğraflar 5 cm yer örnekleme aralığına (GSD) ve ±15 cm yatay konum doğruluğuna sahiptir. Mono Quickbird uydu görüntüsü; pankromatik (PAN) ve çok bantlı (MS) olarak 2004 yılında elde edilmiştir. Elde etme tarihleri arasındaki zaman aralığı çalışma alanındaki inşaat yasağı nedeniyle ihmal edilmiştir. Şekil 2'de pan-sharpened Quickbird görüntüsü ve devamında Çizelge 1'de görüntünün özellikleri verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı (a), arazi sınıfları (b), renk kodlu DTM (c) ve arazi eğim frekans dağılımı (d).



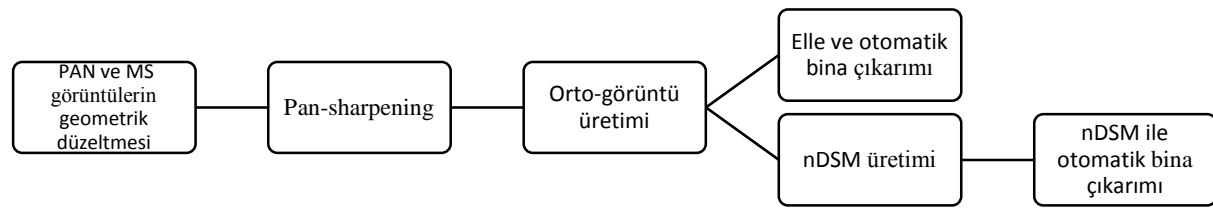
Şekil 2. Çalışma alanının Quickbird görüntüsü.

Çizelge 1. Quickbird görüntü özellikleri.

Özellik	Quickbird
Elde edinme yılı	2004
Ülke	USA
Çözünürlük	0,61m PAN, 2,44m MS
İrtifa	450 km
Eğim açısı	97,2 °
Tarama alanı genişliği	16,5 km
Sayısal kayıt formatı	11bit

### 3. GÖRÜNTÜ İŞLEME VE BİNA ÇIKARIMI İÇİN YÖNTEMLER

Görüntü işleme ve bina çıkarımı için izlenen metodoloji Şekil 3'te gösterilen altı adımlı bir iş akışı şemasında özetlenmiştir.



Şekil 3. Uygulama ana aşamaları

Bilindiği gibi ham uzay tabanlı görüntüler yaklaşık bir yöneltme ile dağıtılmaktadır. Yörünge bilgileri ve uyduların konum ve yönlendirme sistemlerine dayalı görüntülerin mutlak konum doğruluğu yüksek hassasiyet gerektiren uygulamalar için tatmin edici değildir (Heipke, C., 1997; Büyüksalih, G. vd., 2004; Toutin, T., 2004). Görüntülerin geometrik konum doğruluğu uygulamalarının gereksinimlerine göre geliştirilmelidir (Buiten, H. ve Van Putten, B., 1997; Jacobsen, K., 2004; Jacobsen, K. vd., 2005). Bu noktadan hareketle her bir görüntü; titiz uydu yörünge modellemesi (SOM) (Toutin, T., 2004), yatay ve düşey yönde en az 3 cm konum doğruluğuna sahip gerçek zamanlı GPS gözlemleri ile toplanan homojen 3 bağımsız kontrol noktası (KN) ve 11 yer kontrol noktası (YKN) kullanılarak yönlendirilmiştir. Her bir görüntü için bağımsız 3 KN'nin biri görüntünün orta noktası olarak belirlenen bölgeden, biri içinde ve bir diğeri de daha önce belirlenmiş çalışma alanı dışında bulunan bölgeden elde edilmiştir. YKN'ler başlangıç koordinatlandırılması için kullanılırken KN'ler değerlendirme kontrolü için kullanılmıştır. Kullanılan KN ve YKN'lerin karesel ortalama hataları (KOH) Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Kullanılan KN ve YKN'lerin karesel ortalama hataları (KOH).

Görüntü	YKN				KN			
	Toplam	KOH X (piksel)	KOH Y (piksel)	KOH (piksel)	Toplam	KOH X (piksel)	KOH Y (piksel)	RMSE (piksel)
Quickbird PAN	11	0.39	0.21	0.45	3	0.37	0.33	0.50
Quickbird MS	11	0.38	0.30	0.48	3	0.23	0.40	0.46

Yüksek çözünürlüklü birleştirilmiş renkli görüntüler UNB (University of New Brunswick) algoritmasından faydalanıp pan-sharpening tekniği kullanılarak, düzeltilmiş PAN ve MS görüntülerin kombinasyonu ile oluşturulmuştur (Zhang, Y., 2002; Padwick, C. vd., 2010). Pan-sharpening yöntemi, sensörün spektral yeteneklerinin yanı sıra yüksek uzaysal çözünürlüğünden faydalanmayı mümkün kılar. Literatürde pan-sharpening için PCA (principal component analysis), HIS (hue intensity saturation), Wavelet ve Gram-Schmidt gibi birçok algoritma bulunmaktadır (Nikolakopoulos, K.G., 2008). PAN görüntüler elektro manyetik spektrumun 0,4-0,9 µm dalga boyu aralığında kaydedilir ve kızılötesi bant nedeniyle yeşile karşı çok duyarlıdır. Diğer algoritmaları ile karşılaştırıldığında UNB'nin en önemli avantajı görüntülerin yeşil bantı için daha iyi sonuçlar sunmasıdır. Diğer taraftan istatistiksel olarak çalışmaktadır ve bir araya getirilen görüntüleme bantlarının gri değerleri arasında en iyi uyumu bulmak, veri setine bağımsız spektral bozulmasını azaltmak ve son ürün için her bir görüntüleme bandının katkısını hesaplamak için en küçük kareler yöntemi kullanılmaktadır.

Uydu verileri kullanılarak uygun bir nesne tanıma, çıkarım veya sınıflandırma yapmak için orto-görüntüler kullanılmalıdır. Buna göre orto-görüntü, referans hava fotoğraflardan elde edilen 1 m grid aralıklı DTM

kullanılarak pan-sharpened görüntülerden üretilir (Hofmann, P., 2001b; Mena, J.B., 2003; Alkan, M. vd., 2006; Topan, H. vd., 2009). Geometrik düzeltme, pan-sharpening ve orto-görüntü üretimi için PCI Geomatica v9.1.1 yazılımı kullanılmıştır. Yapılar sırasıyla NetCAD v5.2 ve eCognition v4.0.6 yazılımı kullanılarak manuel ve otomatik yöntemlerle orto-rektifiye görüntülerden çıkarılmıştır. Otomatik bina çıkarımı için nesne tabanlı bir yaklaşım, spektral (renk) ve şekil heterojenliği değişiklikleri kombinasyonuna dayalı seçilmiştir (Baatz, M. vd., 2004). Nesne tabanlı sınıflandırmada heterojenlik önceden belirlenmiş bir parametre tarafından sınırlanan sabit bir yönde (yukarı-aşağı vb.) bitişik komşu nesnelere dayalı olarak hesaplanır. Bitişik nesnelere, ilk nesne (obj1) ve ikinci nesne (obj2) şeklinde devam etmelidir. Örneğin obj1 ve obj2'nin birleşimiyle oluşan yeni nesne obj1 olarak adlandırılır ve tekrar başka bir obj2 ile birleştirilir. Bir nesnenin spektral heterojenliği ilgili piksel numarasının (renk) standart sapmasıyla hesaplanır. Şekil heterojenliği yoğunluk (compactness) ve düzgünlük (smoothness) gibi iki bileşenden oluşur. Yoğunluk parametresi, bir nesnede kümelenmiş pikselleri bir daire ile karşılaştırarak yakınlığını ifade ederken; düzgünlük parametresi görüntü nesne sınırları ve mükemmel bir kare arasındaki benzerliği tanımlar (UTSA, 2013; Hofmann, P., 2001a; Benz, U.C. vd., 2003). Bu parametreler ve genel olarak heterojenlik denklemleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir;

$$\Delta h_{sp} = \sum_{i=1}^N W_i \left( n_{merge} \sigma_i^{merge} - (n_{obj1} \sigma_i^{obj1} + n_{obj2} \sigma_i^{obj2}) \right) \quad (1)$$

$$\Delta h_{cm} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - \left( n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{\sqrt{n_{obj1}}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{\sqrt{n_{obj2}}} \right) \quad (2)$$

$$\Delta h_{sm} = n_{merge} \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - \left( n_{obj1} \frac{l_{obj1}}{b_{obj1}} + n_{obj2} \frac{l_{obj2}}{b_{obj2}} \right) \quad (3)$$

$$\Delta h_{sh} = W_{cm} \Delta h_{cm} + (1 - W_{cm}) \Delta h_{sm} \quad (4)$$

$$\Delta h_{overall} = (1 - W_{sh}) \Delta h_{sp} + W_{sh} \Delta h_{sh} \quad (5)$$

burada  $\Delta h_{overall}$ ,  $\Delta h_{sp}$ ,  $\Delta h_{sh}$ ,  $\Delta h_{cm}$ ,  $\Delta h_{sm}$  ifadeleri sırasıyla genel, spektral, şekil, yoğunluk ve düzgünlüktür.  $N$  parçalara ayrılmış uydu görüntüsünün kanallarının sayısını,  $W$  kanalların ağırlığını,  $n$  nesne 1 ve 2'ye (obj1, obj2) ait olan piksel sayısını,  $\sigma$  standart sapmayı,  $l$  ve  $b$  obj1, obj2 sınırlarının gerçek sınır uzunluğunu ve çevresini ifade etmektedir (Tian, J. ve Chen, D.M., 2007).

Sınıflandırma yapılar, yollar, deniz ve bitki örtüsü gibi nesne özellikleri dikkate alınarak dört farklı arazi sınıfına dayalı yapılmıştır. Bina ve yolların dışında kalan diğer arazi sınıflarını ayırmak için Normalize Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI), kızılötesi ve yeşil bant farkları kullanılır (Sohn, G. ve Dowman, I, 2007). Çizelge 3'te en başarılı sınıflandırma için kullanılan dört seviyedeki segmentasyon parametreleri verilmiştir. Segmentasyon parametreleri için uygun değerler kullanılan görüntü özelliklerini (çözünürlük, geometri görüntüleme, radyometri, bozulmalar vb.) ve çalışma alanının nesne özelliklerini (uzunluk, genişlik, çatı tipleri vb.) göz önünde bulunduran operatör tarafından tanımlanır.

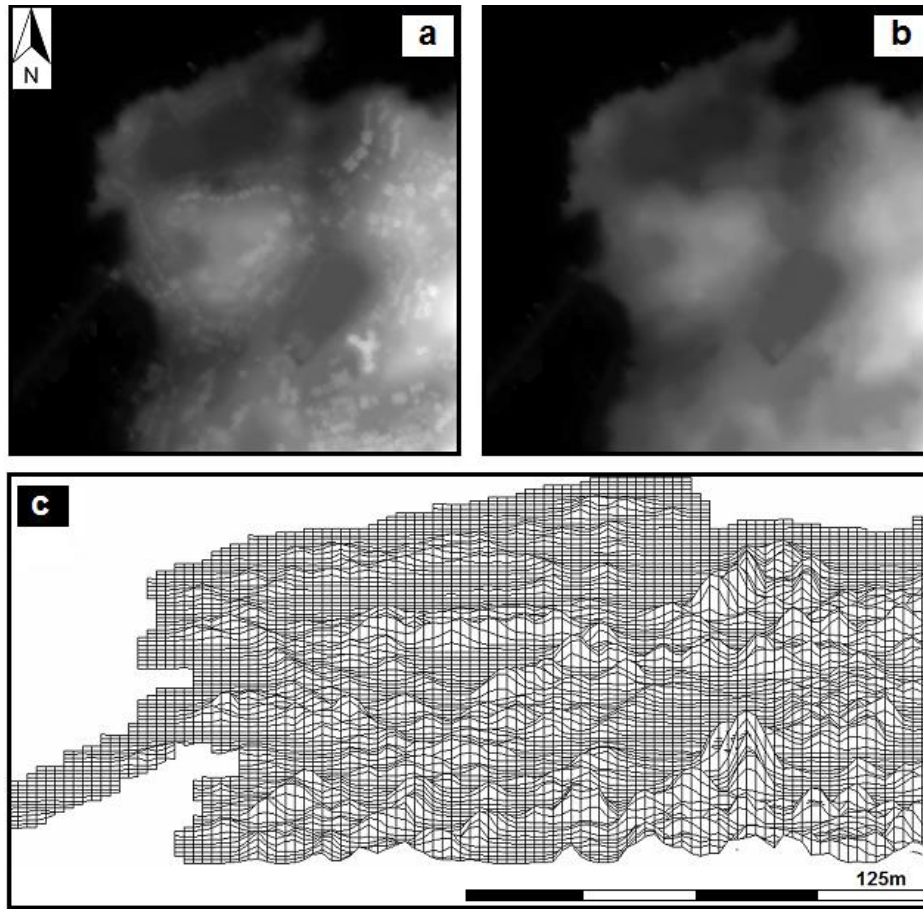
**Çizelge 3.** Segmentasyon parametreleri ve Quickbird görüntüsü için uygulanan eşik değerler.

	Düzyey	Ölçek	Renk	Şekil	Yoğunluk	Düzygünlük	Ağırlık
Quickbird	1	20	0.1	0.9	0.5	0.5	1,1,1,1,1
	2	40	0.1	0.9	0.5	0.5	1,1,1,1,1
	3	60	0.1	0.9	0.5	0.5	1,1,1,1,1
	4	20	spektral fark				1,1,1,1,0,1

İki boyutlu otomatik çıkarım işleminde spektral yansıma ve yer nesnelere şekli segmentasyon için kabul edilir. Ancak, özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde düzenli yerleşim planları ve mimarisi çoğu durumda kullanılamaz. İnşaat yöntemleri ve ekonomik nedenlerle ilişkili olarak binalar için farklı türde çatılar (kiremit, beton, ahşap, çelik, çinko, sac vb.) kullanılır. Bu farklı çatı tipleri her zaman farklı spektral yansımalar ve şekiller oluşturduğundan dolayı segmentasyon algoritmalarında zorluklar yaratır. Ayrıca, diğer arazi sınıfları, çatılar ile benzer spektral yansıma ve şekillere sahip olabilir. Bu duruma en iyi örnek yolların ve beton çatıların segmentasyonda iç içe geçmesidir. Bu sorunlardan kaçınmak için LISA 5.1 yazılımı ile çalışma alanı için üretilmiş üç boyutlu 1 m grid aralıklı nDSM bilgisi kullanılmıştır. Bu DSM ve DTM'nin yükseklik modeli

farkı ve araziye ait olmayan nesnelerin ayıklanmış halidir. DSM ve DTM, Z/I Imaging ve Microstation yazılımları kullanılarak optik stereoskop fotogrametrik değerlendirme ile hava fotoğraflarından üretilmiştir (Pulighe, G. ve Fava, F., 2013). Fotogrametrik değerlendirme sırasında noktalar arazi ve araziye ait olmayan iki katman altındaki stereo model üzerinde toplanmıştır. DTM arazi ve araziye ait olmayan noktalar ile üretilir. Her iki modelin mutlak düşey doğrulukları 10 cm ve 1 m arasındadır. Son DSM ve DTM retiminde en gerçekçi topografyayı ve grid aralığını (1 m) sağlamak için yoğun miktarda (~14000) nokta toplanmıştır. Böylece, DSM ve DTM retiminde enterpolasyonun negatif etkisi en aza indirilmiştir. 3D modelleri oluşturulurken çalışma alanının değişken topoğrafik yapısı dikkate alındığından, ortak bir enterpolasyon yöntemi olan 'üçgenleme' tercih edilmiştir. şekil 4'te üretilen DSM (a), DTM (b) ve maksimum yapı yüksekliği 42,6 m olan bir tel ereve olarak nDSM'deki yapılaşmış alanlar gösterilmiştir. Abartma faktörü daha iyi yorumlanması için '2' olarak seçilmiştir.

$$nDSM = DSM - DTM \quad (6)$$



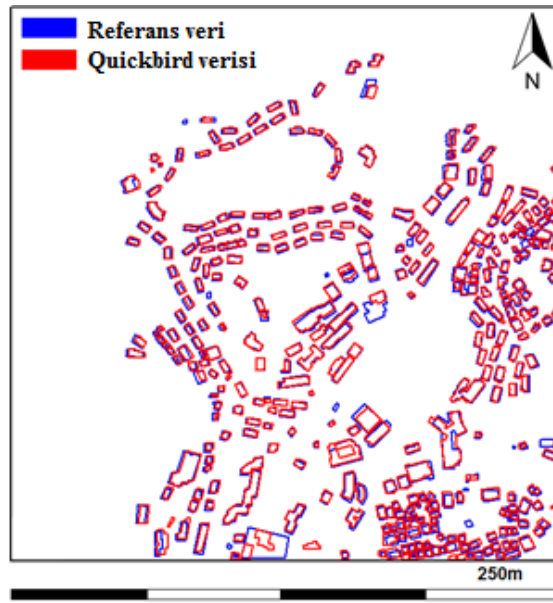
şekil 4. DSM (a), DTM (b) ve 3D nDSM (c) (nDSM için; azimut açısı: 180°, geliş açısı: 25°, abartma faktörü: 2).

şekil 4'te grldği gibi yapılar nDSM'de keskin hatları ile tanımlanamaz. Bu durumun temel sebebi ilgili enterpolasyon ve nDSM üretiminde kullanılan DSM ve DTM'nin orijinal grid aralığıdır (1 m). Bilindiği gibi; optik stereoskop kullanarak en gerçekçi DSM ve DTM retiminde ana parametre doğru eşleştirme sayısı ve operatör tarafından işaretlenen yükseklik noktalarıdır. DSM ve DTM'nin istenen grid aralığında tüm noktaların yüksekliği, düşey doğruluğu azalan enterpolasyon tarafından otomatik olarak hesaplanır (Passini, R. ve Jacobsen, K., 2007; Sefercik, U.G. ve Alkan, M., 2009). Enterpolasyonun negatif etkisini en aza indiren en önemli faktör üretim alanı için ölçülen nokta yoğunluğudur. Bunun anlamı; bu nokta yoğunluk üstünlüğü göz önüne alınarak ALS verilerinden oluşturulan bir nDSM'nin düşey doğruluğu ve bina gösterim kalitesi, hava fotoğrafından üretilenden daha iyi olacaktır. Ancak ALS yeni bir tekniktir ve hava fotoğrafının var olduğu ülkelerde kullanılmaz.

Uygulamanın son aşamasında otomatik bina çıkarımı, tüm segmentasyon düzeyleri için '0,2' ağırlığı ile nDSM'nin katkısı segmentasyon için ek bir bant gibi kullanılarak pan-sharpened Quickbird görüntüsü ile gerçekleştirilmiştir. Çıkarım ve yanlış çıkarım sayısı olarak iki ana bileşen ile ilk çıkarım sayısıyla karşılaştırılmıştır.

#### 4. BULGULAR VE YORUMLAMALAR

Yüksek çözünürlüklü pan-sharpened Quickbird görüntülerinin elle bina çıkarımı Şekil 5 ve devamında Çizelge 4'te gösterilmiştir. Çıkarılan binalar (kırmızı) daha iyi yorumlanması için referans hava fotoğraflarından türetilen binalar (mavi) ile karşılaştırılmıştır. Daha net anlaşılabilmesi için, bu bölümde sunulan tüm çıkarım sonuçları, ortak sınıflandırma terimleri olan Doğru Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP) ve Yanlış Negatif (FN) kullanarak gruplandırıldı (Clode, S. vd., 2004; Mancini, A. vd., 2009). Bilindiği gibi sınıflandırma uygulamalarında, TP, FP ve FN sırasıyla; bir test doğru şekilde pozitif bir sonuç rapor ettiğinde, bir test yanlış şekilde pozitif sonuç rapor ettiğinde ve bir test yanlış şekilde negatif rapor ettiğinde elde edilirler. Buna göre bu çalışmada doğru çıkarılan binalar TP, yanlış çıkarılan binalar FP ve tanımlanamayan binalar da FN olarak tanımlanmıştır. Çizelge 4'te TP ve FN elle bina çıkarımı için gösterilmiştir. Elle çıkarımda FP sonucu elde edilmediğinden bu sonuç Çizelge 4'te yer almamıştır.



Şekil 5. Yüksek çözünürlüklü Quickbird görüntülerinden elle çıkarılan binalar.

Çizelge 4. Elle bina çıkarım sonuçları.

Veri	TP	FN	Çıkarım (%)
Referans	362	0	100
Quickbird	351	11	97.0

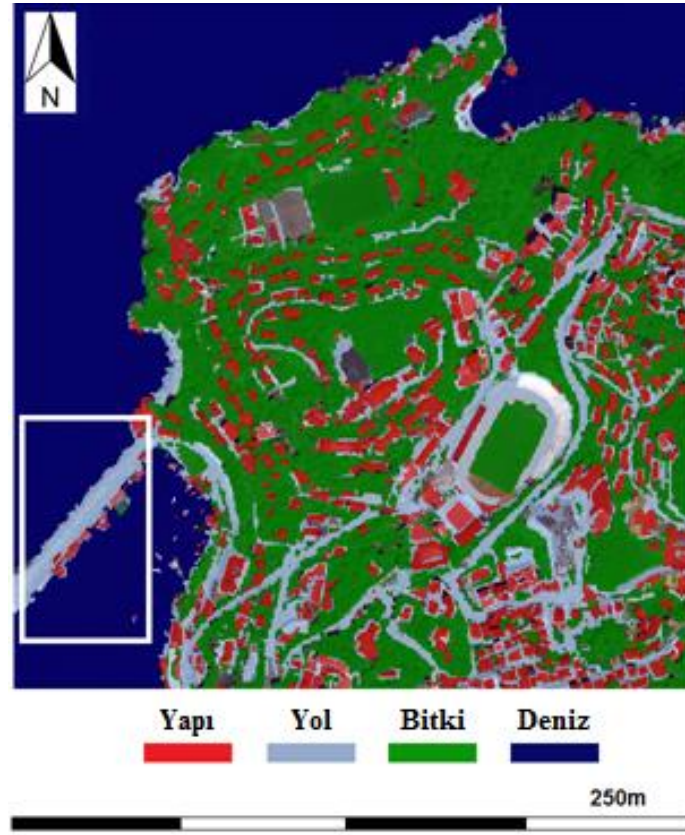
Çizelge 4'te görüldüğü gibi 362 bina çalışma alanında mevcut ve çoğu uydu görüntülerinden elle elde edilebilir. Quickbird görüntüsündeki binaların durumu göz önüne alındığında Şekil 5 ve Çizelge 4'te gösterilen otomatik çıkarım performansındaki sorunların çoğu segmentasyon nedeniyle ortaya çıkacaktır. Şekil 6 ve devamında Çizelge 5'te nesne tabanlı otomatik bina çıkarım sonuçları verilmiştir. Çizelge 5'te TP ve FN'ye ek olarak, FP de verilmiştir. Hassasiyet (doğruluk), tamlık ve genel kalite aşağıdaki gibi hesaplanmıştır;

$$P = \frac{TP}{(TP+FP)} \quad (7)$$

$$C = \frac{TP}{(TP+FN)} \quad (8)$$

$$Q = \frac{TP}{(TP+FP+FN)} \quad (9)$$

Burada  $P$ ,  $C$ ,  $Q$  sırasıyla; otomatik çıkarımın hassasiyeti, tamlığı ve genel kalitesidir.



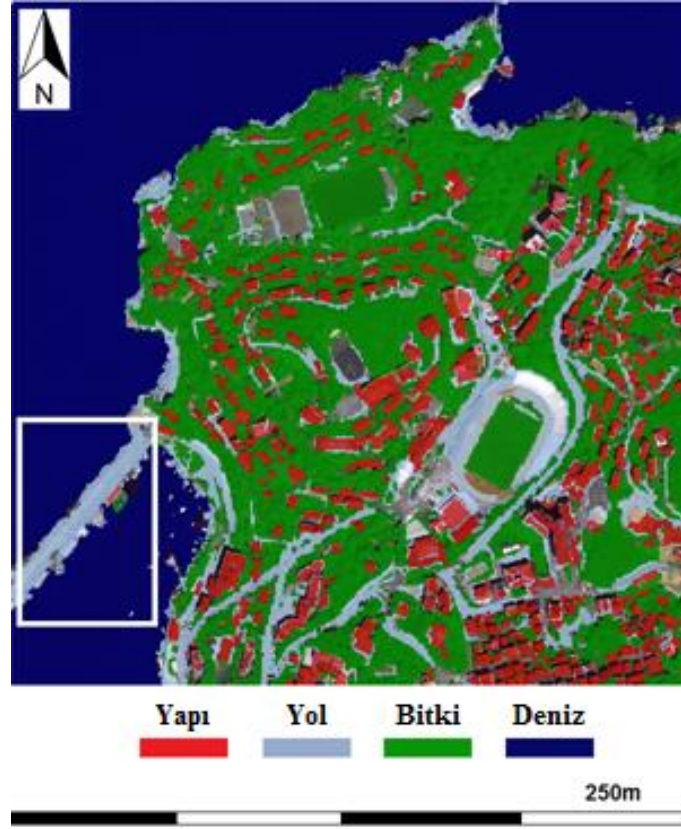
Şekil 6. Quickbird görüntülerinden otomatik çıkarılan nesnelere.

Çizelge 5. nDSM'siz nesne tabanlı otomatik bina çıkarım sonuçları.

Veri	TP	FN	FP	Hassasiyet (%)	Tamlık (%)	Kalite (%)
Referans	362	0	0	100	100	100
Quickbird	329	33	163	66.9	90.9	62.7

Quickbird'te yanlış şekilde çıkarılan 163 binanın, otomatik nesne çıkarımının hassasiyeti ve genel kalitesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu Çizelge 5'te görebiliriz. Daha önce belirtildiği gibi yanlış bina çıkarımlarının ana sebepleri benzer spektral yansıma ve diğer araziye ait olmayan nesnelere şeklindedir. Örneğin, şehir limanı mendirek yolu ve tekneler, görüntüde bina olarak çıkarılmıştır (Şekil 6'da beyaz dikdörtgenle gösterilmiştir.). Yanlış çıkarılan binaların sayısı referans verideki mevcut binalar dikkate alınarak elle hesaplandı. Bu hesaplama, yanlış bina çıkarımlarının geniş uygulama alanlarında elle hesaplanmasının anlamsız ve imkansız olması sebebiyle bir sonraki adımda sadece nDSM katkısını göstermek için yapıldı. Daha önce belirtildiği gibi, yanlış bina çıkarımlarının ana nedeni iki boyutlu otomatik çıkarım işleminde yükseklik bilgisinin olmamasıdır. Bu noktada nDSM'den sağlanan doğru yükseklik bilgilerinin önemli katkısı, tekrarlanan tam otomatik işlemlerle gösterilmiştir. Şekil 7 ve Çizelge 6, nDSM kullanarak yapılan otomatik bina çıkarım sonuçlarını göstermektedir. Şekil 7'de nDSM'siz otomatik çıkarım ile karşılaştırıldığında sonuçlarda açık bir iyileşme olduğu kolayca ayırt edilebilir. Şekil 6 ve 7'deki beyaz dikdörtgenler karşılaştırılabilir.





Şekil 7. nDSM kullanarak Quickbird görüntülerinden otomatik çıkarılan nesnelere.

Çizelge 6. nDSM kullanarak yapılan nesne tabanlı otomatik bina çıkarım sonuçları.

Veri	TP	FN	FP	Hassasiyet (%)	Tamlık (%)	Kalite (%)
Referans	362	0	0	100	100	100
Quickbird	338	24	34	90.9	93.4	85.4

Çizelge 6 ile ilgili olarak, nDSM'in katkısı çoğunlukla hassasiyeti ve uzay tabanlı yüksek çözünürlüklü veriden otomatik bina çıkarımının genel kalitesini etkilediğini söyleyebiliriz. Bina çıkarımı 329'dan 338'e çıkmasının yanı sıra yanlış şekilde çıkarılan bina sayısı 163'ten 34'e düşmüştür. Buna göre Quickbird görüntüleri için çıkarım hassasiyeti % 66,9'dan % 90,9'a yükselmiş ve toplam kalite % 62,7'den % 85,4'e kadar yükselmiştir. Tamlık da nDSM ile iyileşme gösterdi ama artış oranı hassasiyet ve kalite kadar olmadı. % 90,9'dan % 93,4'e yükseldi.

Yukarıda belirtilen hesaplamalara ek olarak çıkarılan binaların alansal doğruluğu, test görüntüleri ve referans verilerden çıkarılan binalar arasındaki alansal farklılıkların hesaplanmasına dayanılarak incelenmiştir. Bu, bina çıkarım doğruluğunu tanımlamak için kullanılan yaygın yöntemlerden biridir (Shiravi, S. vd., 2012; GRC, 2014). Çizelge 7'de nDSM'li ve nDSM'siz uzay tabanlı görüntülerden çıkarılan binaların toplam alanları ve referans veriden alansal farkları verilmiştir. Alansal fark yaklaşık %13 düşmüştür.

Çizelge 7. nDSM'li ve nDSM'siz çıkarılan binaların alanları

Veri	Çıkarılan Binaların Alanı (m <sup>2</sup> )	Referans Veriden Alansal Farkları (m <sup>2</sup> )	Referans Veriden Alansal Farkları (%)
Referans	102851	0	0.00
Quickbird	125107	22256	21.64
Quickbird (nDSM)	111632	8781	8.54

Genel olarak sonuçlar, mevcut hava fotoğraflardan üretilen nDSM'in, yanlış çıkarılan binaların büyük bir kısmını ortadan kaldırmak için çok faydalı olduğunu; uzay tabanlı yüksek çözünürlüklü mono görüntülerden nesne tabanlı otomatik bina çıkarımının kalitesi, hassasiyeti, tamlığının iyileştirildiğini kanıtlamaktadır.

## 5. SONUÇLAR

Bu çalışmada uzay tabanlı yüksek çözünürlüklü mono görüntülerden nesne tabanlı otomatik bina çıkarımının kalitesi, hassasiyeti, tamlığının iyileştirilmesi için alternatif bir teknik önerilmiştir. Stereo görüntülere göre daha ucuz ve işlenmesi kolay olan mono görüntüler seçilmiştir. Araziye ait olmayan nesnelerin doğru yükseklik bilgisini sağlayan bir nDSM, mevcut hava fotoğraflarından üretilmiş ve segmentasyon için ek bir bant olarak kullanılmıştır. Literatürde ALS verisi kullanarak yapılan nDSM tabanlı çalışmalar az gelişmiş ya da gelişmekte olan ülkeler için kullanılabılır değildir. ALS verilerinin aksine hava fotoğrafları, kendi topoğrafik haritalarını üreten ülkelerin neredeyse tamamı için daha uygundur.

Nesne tabanlı otomatik bina çıkarımında, çıkarılan bina sayısına ek olarak yanlış çıkarılan bina sayısı da çok önemlidir. Segmentasyon hataları ile oluşan bu yanlış çıkarımlar kentsel alanlarda değişikliklerin saptanmasını zorlaştırmakta ve hatalı sonuçlara yol açmaktadır. Bu alışma da nesne tabanlı otomatik bina çıkarımında özellikle yanlış çıkarımların ortadan kaldırılmasında nDSM'nin katkısı ile önemli bir gelişme sağlandı. nDSM sayesinde uygulamanın genel kalitesi ve hassasiyeti % 40'tan fazla arttırıldı. Tamlık da hassasiyet ve genel kaliteye nazaran küçük yüzdelere ile iyileştirildi.

## TEŐEKKÜR

alışmalar sırasında kullanılan LISA yazılımını sağladıkları için Dr. Wilfred Linder ve Dr. Karsten Jacobsen'e teŐekkürlerimizi sunuyoruz.

## KAYNAKLAR

**Ahearn, S.C.; Ahn, H.J.**, 2011, Quality assurance and potential applications of a high density lidar data set for the city of New York, *ASPRS Annual Conference*, Newyork, USA, pp. 9.

**Alkan, M., Marangoz, A.M., Karakis, S., Byksalih G.**, 2006, Verification of automatic and manual road extraction methods using quickbird imagery, *ISPRS Archives*, 36 (W41), pp. 4.

**Baatz, M., Benz U., Dehghani S., Heynen M., Hltje A., Hofmann P., Lingenfelder I., Mimler M., Sohlbach M., Weber M., Willhauck, G.**, 2004, *ECognition professional: user guide 4*, Definiens Imaging, Mnih, Germany, pp.486.

**Baiocchi, V., Brigante, R., Radicioni, F.**, 2011, Three-dimensional multispectral classification and its application to early seismic damage assessment, *European Journal of Remote Sensing*, 42: 49-65.

**Baltsavias, E.P., Gruen, A., Van Gool, L.**, 2001, *Automatic extraction of man-made objects from aerial and space images (III)*. Taylor & Francis. A. A. Balkema Publishers, ISBN: 90-5809-252-6, pp. 425.

**Bedard, N., Hagen, N., Gao, L., Tkaczyk, T.S.**, 2012, Image mapping spectrometry: calibration and characterization, *Optical Engineering*, 51 (11): pp.14.

**Benarchid, O., Raissouni, N., El Adib, S., Abbous, A., Azyat, A., Achhab, N.B., Lahraoua, M., Chahboun, A.**, 2013, Building extraction using object-based classification and shadow information in very high resolution multispectral images, a case study: Tetuan, Morocco, *Canadian Journal on Image Processing and Computer Vision*, 4(1): 1-8.

**Benz, U.C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I., Heynen, M.**, 2004, Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58 (3-4): 239-258.

**Bhadoria, A., Bhadoria, H., Kumar, A.**, 2013, Building extraction from satellite images, *IOSR Journal of Computer Engineering*, 12(2): 76-81.

**Buiten, H.; Van Putten, B.**, 1997, Quality assessment of remote sensing image registration—analysis and testing of control point residuals *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52: 57-73.

**Byksalih, G., Oru, M., Jacobsen, K.**, 2004, Precise georeferencing of rectified high resolution space images, *XX<sup>th</sup> ISPRS Congress*, Istanbul, Turkey, 35: 184-188.

**Clode, S., Kootsookos, P., Rottensteiner, F.,** 2004, The automatic extraction of roads from LiDAR data, *XX<sup>th</sup> ISPRS Congress*, Istanbul, Turkey, 35: 231-236.

**Ehrlich, D., Kemper, T., Blaes, X., Soille, P.,** 2012, Extracting building stock information from optical satellite imagery for mapping earthquake exposure and its vulnerability, *Natural Hazards*, 68: 79–95.

**GRC,** 2014, Automated building extraction and reconstruction from LIDAR data, <http://www.grc.missouri.edu/icrestprojarchive/NASA/FeatureExtraction-buildings/Building%20Extraction.pdf>, Haziran 2014, pp. 27.

**Heipke, C.,** 1997, Automation of interior, relative, and absolute orientation, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 52: 1-19.

**Heipke, C., Mayer, H., Wiedemann, C., Jamet, O.,** 1997, Evaluation of automatic road extraction, *ISPRS Archives*, (32) 3-2W3, 47–56.

**Hofmann, P.,** 2001, Detecting urban features from IKONOS data using an object-oriented approach. *In: Proceedings of the 1<sup>st</sup> Annual Conference of the Remote Sensing & Photogrammetry Society*, pp. 28-33.

**Hofmann, P.,** 2001, Detecting informal settlements from IKONOS image data using methods of object oriented image analysis—an example from Cape Town (South Africa), C. Jrgens (Ed.), *Remote Sensing of Urban Areas / Fernerkundung in urbanen Rumen, Regensburger Geographische Schriften*, pp. 107–118.

**Jacobsen, K.,** 2004, Geometry of satellite images—calibration and mathematical models, *Korean Society of Remote Sensing (Hrsg.): ISPRS international conference*, Jeju, pp. 182-185.

**Jacobsen, K., Byksalih, G., Topan, H.,** 2005, Geometric models for the orientation of high resolution optical satellite sensors, *IAPRS*, 36: 1.

**Karantzalos, K.; Paragios, N.,** 2009, Competing 3D priors for object extraction in remote sensing data, In: Stilla U, Rottensteiner F, Paparoditis N (Editors) CMRT09, *IAPRS*, Paris, France, 38(3/W4), 127-132.

**Ma, R.,** 2005, DEM generation and building detection from Lidar data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 71: 847-854.

**Mancini, A., Frontoni, E., Zingaretti, P.,** 2009, A winner takes all mechanism for automatic object extraction from multi-source data, *Geoinformatics, 17<sup>th</sup> International Conference*, pp. 1-6.

**Mena, J.B.,** 2003, State of the art on automatic road extraction for GIS update: a novel classification, *Pattern Recognition Letters*, 24: 3037-3058.

**Nikolakopoulos, K.G.,** 2008, Comparison of nine fusion techniques for very high resolution data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 74: 647.

**Padwick, C., Deskevich, M., Pacifici, F., Smallwood, S.,** 2010, WorldView-2 pan-sharpening. *ASPRS 2010 Annual Conference*, San Diego, California, pp.14.

**Passini, R.; Jacobsen, K.,** 2007, Accuracy analysis of SRTM height models, *ASPRS Annual Conference*, Tampa, pp. 25-29.

**Pedelty, J.A., Morisette, J.T., Smith, J.A.,** 2004, Comparison of Landsat-7 enhanced thematic mapper plus (ETM+) and earth observing one (EO-1) advanced land imager, *Optical Engineering*, 43: 954-962.

**Pulighe, G.; Francesco, F.,** 2013, DEM extraction from archive aerial photos: accuracy assessment in areas of complex topography, *European Journal of Remote Sensing*, 46: 363-378.

**Sefercik, U.G.; Ateşoğlu, A.,** 2013, Uydu verileri kullanılarak meşcere boyu belirlenmesine yönelik yeni bir yaklaşım, *TUFUAB VII<sup>th</sup> Teknik Sempozyumu*, Trabzon, Turkey, pp. 5.

- Sefercik, U.G.; Alkan, M.**, 2009, Advanced analysis of differences between C and X bands using SRTM data for mountainous topography, *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 37: 335-349.
- Shaw, G.A.; Burke, H.K.**, 2003, Spectral imaging for remote sensing. *Lincoln Laboratory Journal*, 14: 3-28.
- Shiravi, S., Zhong, M., Beykaei, S.A.**, 2012, Accuracy assessment of building extraction using LIDAR data for urban planning transportation applications, *2012 Conference of the Transportation Association of Canada Fredericton*, New Brunswick, Canada, pp. 15.
- Smreek, R.**, 2012, Utilization of ALS data for forestry purposes, *GI Forum 2012: Geovizualisation, Society and Learning*, Editors: T. Jekel, A. Car, J. Strobl and G. Griesebner, ISBN 978-3-87907-521-8, pp. 365-375.
- Sohn, G.; Dowman, I.**, 2007, Data fusion of high-resolution satellite imagery and LiDAR data for automatic building extraction, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 62: 43-63.
- Sportouche, H., Tupin, F., Denise, L.**, 2009, Building extraction and 3D reconstruction in urban areas from high-resolution optical and SAR imagery, *Urban Remote Sensing Event*, pp. 1-11.
- Stereczak, K., Bdkowski, K., Weinacker, H.**, 2008, Accuracy of crown segmentation and estimation of selected trees and forest stand parameters in order to resolution of used DSM and nDSM models generated from dense small footprint LIDAR data, *IAPRS*, 37(B6b): 27-32.
- Theng, L.B.**, 2006, Automatic building extraction from satellite imagery, *Engineering Letters*, 13: 255-259.
- Tian, J.; Chen, D.M.**, 2007, Optimization in multi-scale segmentation of high-resolution satellite images for artificial feature recognition, *International Journal of Remote Sensing*, 28: 4625-4644.
- Topan H., Maktav, D., Jacobsen, K., Byksalih, G.**, 2009, Information content of optical satellite images for topographic mapping, *International Journal of Remote Sensing*, 30: 1819-1827.
- Toutin, T.**, 2004, Geometric processing of remote sensing images: models, algorithms and methods, *International Journal of Remote Sensing*, 25: 1893-1924.
- UTSA**, 2013, Object-oriented classification, Lecture 11, <http://www.utsa.edu/lrsg/Teaching/EES5083/L11.ppt>.
- Yu, B., Liu, H., Wu, J., Hu, Y., Zhang, L.**, 2010, Automated derivation of urban building density information using airborne LiDAR data and object-based method, *Landscape and Urban Planning*, 98: 210-219.
- Zhang, Y.**, 2002, A new automatic approach for effectively fusing Landsat 7 as well as IKONOS images, *Geoscience and Remote Sensing Symposium, IGARSS*, pp. 2429-2431.