

[1054]

# İNSANSIZ HAVA ARACI VERİLERİNDEN NESNE TABANLI BİNA ÇIKARIMI

Resul Çömert<sup>1</sup>, Uğur Avdan<sup>2</sup>, Z. Damla Uça Avcı<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Araş. Gör., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555,Eskişehir, [rcomert@anadolu.edu.tr](mailto:rcomert@anadolu.edu.tr)

<sup>2</sup>Yrd. Doç. Dr., Anadolu Üniversitesi, Yer ve Uzay Bilimleri Enstitüsü, 26555,Eskişehir, [uavdan@anadolu.edu.tr](mailto:uavdan@anadolu.edu.tr)

<sup>3</sup>Öğr. Gör. Dr., İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Uzay Mühendisliği Bölümü, [ucaavci@itu.edu.tr](mailto:ucaavci@itu.edu.tr)

## ÖZET

*Bu çalışmada insansız hava aracı verilerinden üretilen ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak nesne tabanlı yarı otomatik bina çıkarım işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında ilk olarak, çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları, insansız hava aracı ile elde edilmiştir. Elde edilen bu fotoğraflar işlenerek 6 cm çözünürlüklü ortofoto görüntü ve sayısal yüzey modeli üretilmiştir. Üretilen bu verilere nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanarak çalışma alanında yer alan binalar yarı otomatik olarak çıkarılmıştır. Bina çıkarımında, nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için kural setleri oluşturulmuştur. Kural setlerinin oluşturulmasında sayısal yükseklik modelinden elde edilen yüksekliklerden ve ortofoto görüntünün spektral bantlarından yararlanılmıştır. Çalışma sonucunda, alanda yer alan 37 binanın 34 adedi başarı ile çıkarılmıştır. Çıkarılan binaların sınırları, alana ait halihazır haritadan elde edilen bina sınırları ile karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda bina alanlarının yüksek ölçüde tutarlı olduğu gözlemlenmiştir.*

**Anahtar Sözcükler:** İnsansız Hava Aracı, Nesne Tabanlı Sınıflandırma, Yüksek Çözünürlüklü Görüntü, Sayısal Yüzey Modeli

## ABSTRACT

### OBJECT-BASED BUILDING EXTRACTION FROM UNMANNED AERIAL VEHICLE DATA

*In this study, object-based building extraction was carried out using orthophoto and digital surface model which produced from unmanned aerial vehicle data. Within the scope of the study, first, high resolution aerial images of study area were obtained with unmanned aerial vehicle. These obtained images were processed to derive 6 cm resolution orthophoto images and the digital surface model. Applying object-based classification to this produced data, buildings that located in the study area were extracted semi-automatically. Suitable rule-sets were generated for building extraction using object-based classification process. The generation of rule sets were based on using the elevation information that was obtained from digital surface model and the spectral information that was gathered from the orthophoto images. As a result of study, 34 of the 37 buildings in the study area were extracted successfully. Boundaries of extracted buildings were compared with the building boundaries which were obtained from base map of the study area. It can be concluded that, the building area was observed to be highly consistent with the exact status.*

**Keywords:** Unmanned Aerial Vehicle, Object-Based Classification, High Resolution Image, Digital Surface Model

## 1.GİRİŞ

Kentsel alanlardaki arazi kullanımı yeni binaların, yolların ve diğer insan yapımı objelerin inşası ile sürekli bir değişim halindedir. Bundan dolayı bu alanların haritalarının sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Kentsel alanlarda arazi sınıflandırmasında binalar önemli bir yer tutmaktadır. Uydu görüntüleri veya hava fotoğraflarından çıkarılan binalar, afet izleme, bina inşaatlarının kontrolü, kentsel planlama, coğrafi bilgi sistemleri uygulamaları ve 3 boyutlu kent modellemelerinde sıklıkla kullanılmaktadır (Shrivastava ve Rai, 2015).

Bina çıkarımı çalışmalarında yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri (Marangoz vd., 2007; Jiang vd., 2008; Attarzadeh ve Momeni, 2012) , hava fotoğrafları (Nebike, 2014) ve LIDAR (Miliaresis ve Kokkas, 2007) verileri etkin olarak kullanılmaktadır. Diğer taraftan son yıllarda yeni bir algılayıcı platform olarak geliştirilen insansız hava araçları özellikle haritacılık sektörüne önemli bir boyut kazandırmıştır. Gerek uydu görüntüleri, gerekse hava fotoğrafları kullanılarak yapılabilen birçok araştırma günümüzde insansız hava aracı verilerine uygulanarak gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. İnsansız hava araçları özellikle küçük alanlar söz konusu olduğunda, konumsal veri elde etmede, yüksek konumsal çözünürlük, maliyet, tekrarlı ölçüm kabiliyeti ve bulutlu havalarda uçuş imkanı ile diğer algılayıcı platformlara göre avantajlara sahiptir. İnsansız hava aracı görüntülerinden üretilen yüksek çözünürlüklü ortofotoları ve sayısal yüzey modellerini kullanılarak gerçekleştirilen bina çıkarımı çalışmaları ise güncel araştırma konuları arasında yer almaktadır.

Uzaktan algılama verilerinden bilgi çıkarma işleminde en yaygın olarak kullanılan yöntem görüntü

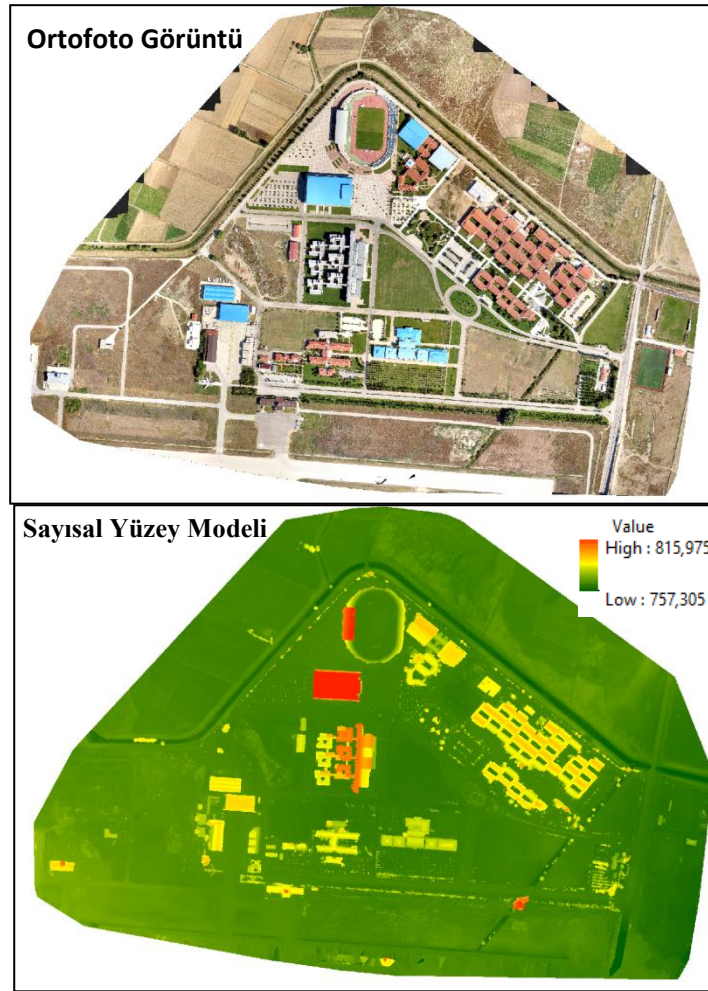
sınıflandırmasıdır. Sınıflandırma işlemini piksel tabanlı ve nesne tabanlı yaklaşımlar olarak gruplandırmak mümkündür. Piksel tabanlı sınıflandırma işleminde genellikle, piksellerin sahip olduğu spektral yansıtım değeri dikkate alınarak sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem genellikle orta çözünürlüklü homojen yapıya sahip uydu görüntülerinde etkili çözümler sunmaktadır. Görüntü çözünürlüklerinin artmasından sonra görüntülerde daha fazla detay görünür hale gelmiş ve görüntülerde heterojen bir yapı ortaya çıkmıştır. Bu durum ise nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımının geliştirilmesine neden olmuştur. Nesne tabanlı sınıflandırma ile görüntülerden bilgi çıkarılması aşamasında, görüntü öncelikle segmente edilerek görüntü segmentlerine (nesnelere) ayrıştırılmakta, daha sonra her görüntü nesnesi içerdiği piksellerin spektral değerlerine göre ve ek olarak nesnelere şekilsel, dokusal ve içeriksel bilgilerinin de değerlendirilmesi ile sınıflandırılmaktadır. Ayrıca sınıflandırma işlemine sayısal yüzey modellerin de dahil edilmesi ile daha doğruluklu sonuçlar elde edilebilmektedir.

Bu çalışmada Anadolu Üniversitesi İki Eylül kampüsünün insansız hava aracı ile yüksek çözünürlüklü görüntüleri elde edilmiş, elde edilen görüntülerden ortofoto görüntü ve sayısal yüzey modeli üretilmiştir. Üretilen verilere nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanarak kampüs içinde yer alan binaların yarı otomatik olarak çıkarılması sağlanmıştır. Çıkarılan binalar elle sayısallaştırılarak elde edilen binalar alansal bazda karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda iki farklı yöntemle çıkarılan bina alanlarının birbirine çok yakın değerlere sahip olduğu görülmüştür.

## 2.ÇALIŞMA ALANI

Çalışma kapsamında, Anadolu Üniversitesi İki Eylül kampüsünde yer alan binaların yarı otomatik çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Alana ait verilerin elde edilmesinde Sensefly eBee İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanılmıştır. Bu İHA herhangi bir alandan iniş kalkış yapabilmekte olup yaklaşık 1 kg ağırlığındadır, 50 dakika uçuş yeteneğine sahiptir ve 3 cm ile 30 cm yer örneklem aralığında görüntü elde edebilmektedir. Görüntülerin elde edilmesinde 16MP çözünürlüklü Canon IXUS 125 HS RGB dijital kamera kullanılmaktadır. İHA sisteminin kontrolü ve uçuş planlaması Emotion-2 yazılımı ile yapılmaktadır.

Çalışma alanının görüntüleri, İHA ile, yaklaşık 160 metre yükseklikten, %80 enine bindirme ve %80 boyuna bindirmeye göre hazırlanmış bir uçuş planı ile elde edilmiştir. Elde edilen görüntüler Postflight Terra3D yazılımı ile işlenerek alana ait 6 cm çözünürlüklü ortofoto görüntü ve sayısal yüzey modeli üretilmiştir. Elde edilen veriler Şekil 1'de gösterilmiştir.



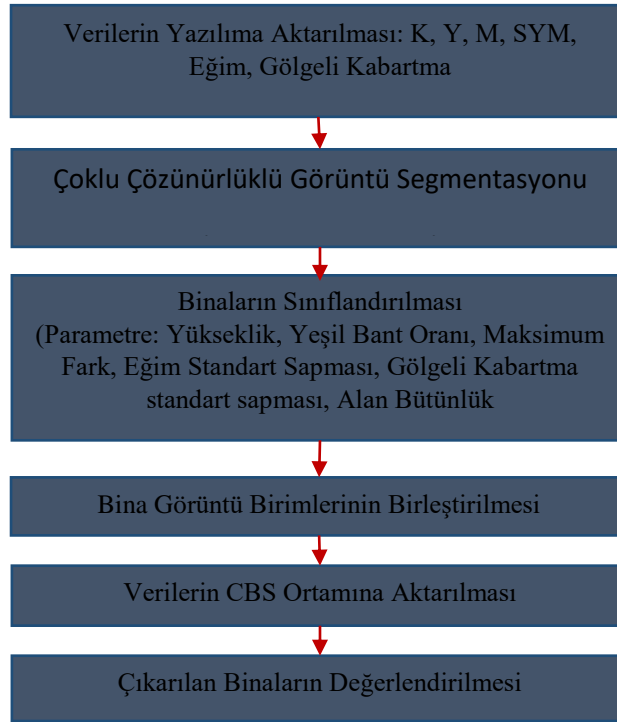
Şekil 1. Çalışma alanına ait ortofoto ve sayısal yüzey modeli

### 3.METOT ve UYGULAMA

#### 3.1.Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırma, yüksek çözünürlüklü görüntülerde spektral, şekilsel, dokusal, boyutsal ve içeriksel bilgileri sınıflandırma işlemine dahil edilerek yapılan sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntemde ilk önce belli bir homojenlik kriterini sağlama koşuluna bağlı olarak benzer pikseller gruplandırılarak sınıflandırma işlemine kullanılacak görüntü nesnelere oluşturulur. Bu aşama, yöntemin segmentasyon aşamasıdır. Segmentasyon işleminden sonra görüntü üzerinden istenilen detayların çıkarılması için sınıflandırmaya yönelik kural setleri oluşturulur. Oluşturulan bu kural setlerine göre homojen nesne grupları sınıflara atanır (Jiang vd., 2008).

Çalışma kapsamında binaların çıkarılması için uygulanan proses 6 işlem adımından oluşmaktadır. Bu işlem adımları Şekil 2’de sunulmuştur. Bina çıkarım işlemine eCognition Developer (ver: 6.4) yazılımı kullanılmıştır. İlk aşama olarak kullanılacak veriler yazılıma aktarılmıştır. Sınıflandırma işlemine kullanılan veriler ortofoto görüntünün Mavi (M), Yeşil (Y) ve Kırmızı (K) bantları, Sayısal Yüzey Modeli (SYM), SYM’den üretilen eğim ve gölgeli kabartma haritaları şeklinde sıralanmaktadır. Diğer işlem adımlarına ait bilgiler aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.



Şekil 2. Bina çıkarılması iş akış şeması

### 3.1.1. Görüntü Segmentasyon

Görüntü segmentasyonu işlemi nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin ilk adımını oluşturmaktadır. Segmentasyon algoritmasının genel çalışma prensibi aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir (Jiang vd., 2008).

Segmentasyon işlemi en küçük görüntü birimi 1 piksel boyutu ile başlar ve lokal olarak tanımlanmış homojenlik eşik değerine ulaşıncaya kadar piksel çiftlerini, iteratif bir şekilde devam eden birkaç döngü ile birleştirir. Homojenlik kriteri şekilsel ve spektral homojenliklerin birleşimi şeklinde tanımlanır. Ölçek parametresi hesaplama aşamasında tanımlanır. Yüksek ölçek değeri büyük nesne grupları oluşmasını, küçük ölçek değerleri daha küçük görüntü nesneleri oluşmasını sağlar.

Algoritmada sürdürülecek döngünün ilk adımı olarak, görüntü birimlerinin birleşmek için potansiyel en uyumlu komşu pikseli araştırılır.

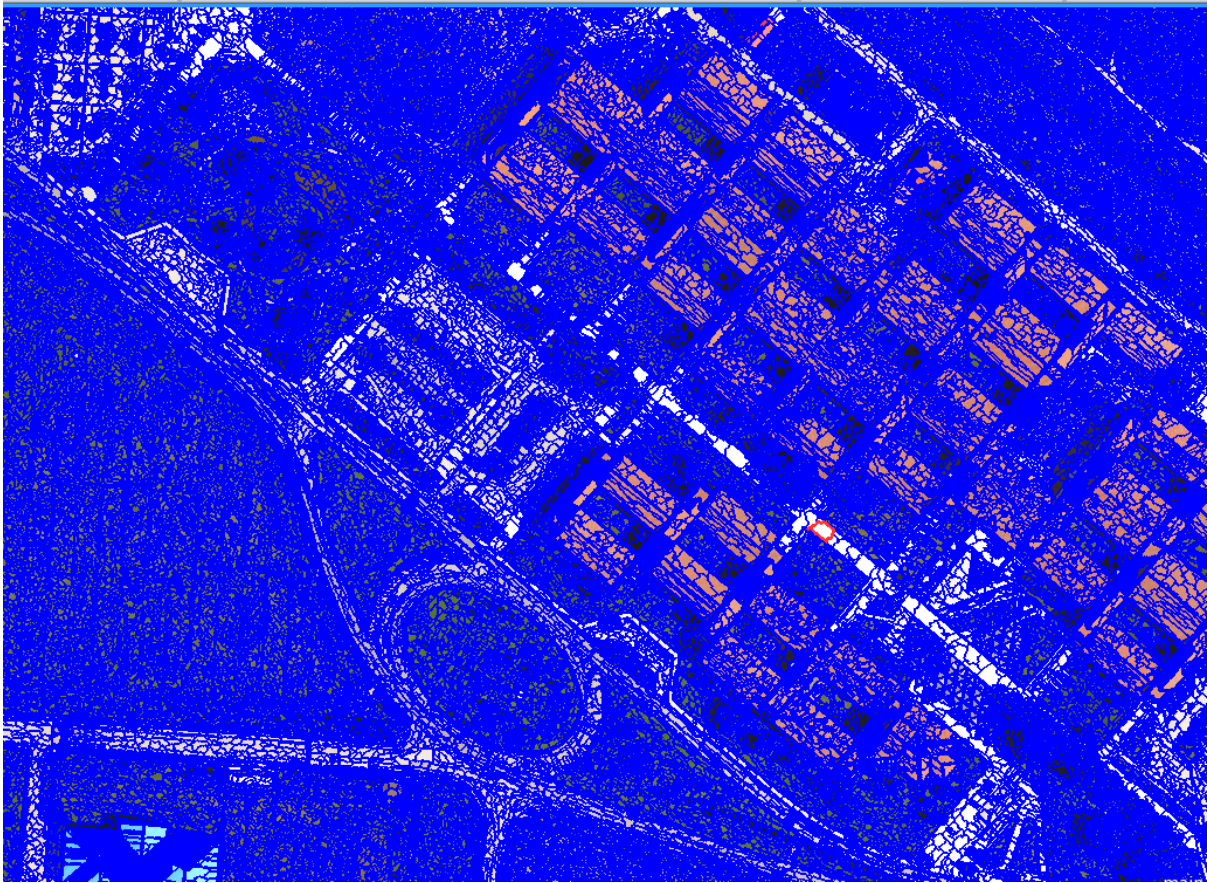
Uyumun karşılıklı olmadığı durumlarda, aday görüntü objesi yeni bir görüntü birimi haline gelir ve kendisine uygun pikselleri araştırır.

En iyi uyum karşılıklı ise görüntü birimi piksel ile birleşerek büyümeye devam eder.

Her bir döngüde, her görüntü nesnesi bir kez ele alınır.

Döngü daha fazla birleşme mümkün olmayana kadar devam eder.

Çalışma kapsamında çoklu çözünürlüklü görüntü segmentasyonu işlemi veri setine uygulanmıştır. Çoklu çözünürlüklü görüntü segmentasyonu farklı çözünürlüğe sahip görüntülerin birlikte değerlendirilmesine olanak tanımaktadır. Görüntü segmentasyonu aşamasında girdi veri olarak K, Y, M bantları ile SYM verisi kullanılmıştır. Çoklu çözünürlüklü görüntü segmentasyonunda kullanıcı tarafından belirlenen ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri yer almaktadır. Yapılan denemeler ve görsel analiz sonucunda çalışmada kullanılan veri seti için uygun ölçek parametresi 25, şekil parametresi 0.1 ve bütünlük parametresi 0.5 olarak belirlenmiştir. Yapılan segmentasyon işlemi sonucunda elde edilen görüntü birimleri Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Segmentasyon işlemi sonucu oluşan homojen görüntü birimleri.

### 3.1.2.Sınıflandırma

Sınıflandırma işlemi, nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada segmentasyon sonucu elde edilen görüntü nesnelere belirlenen kural setleri uygulanarak, uygun görüntü nesnelere sınıflara atanır. Bu çalışma kapsamında görüntü birimleri, bina olan ve bina olmayan sınıflar olarak iki grupta sınıflandırılmıştır. Binaların çıkarılması için kullanılan kural setleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Binaların çıkarılması için oluşturulan kural seti

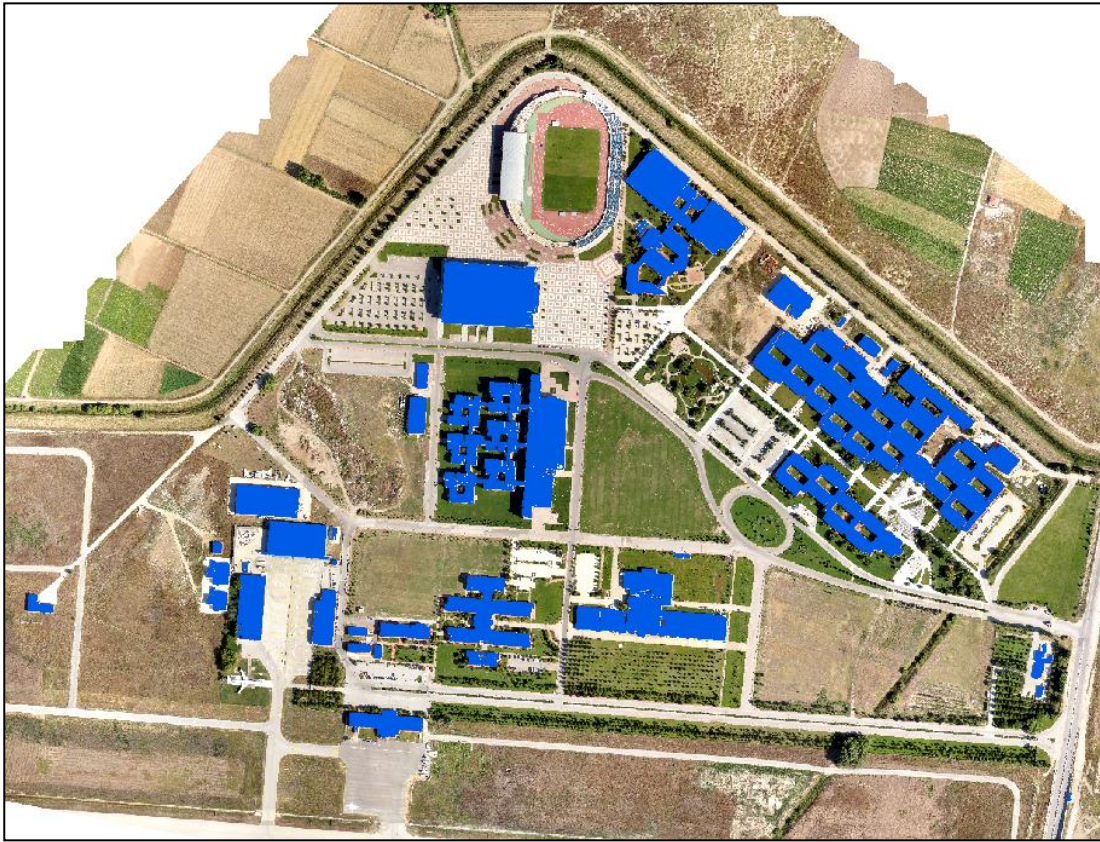
Sınıf Adı	Kural Seti
<b>Bina</b>	Yükseklik > 788 metre Yeşil Bant Oranı <0.35 Maksimum Fark < 2.8 Yükseklik Standart Sapması < 1.5 Eğim Standart Sapması < 20 Gölge Kabartma Standart Sapması < 40 Alan > 10000 piksel Bütünlük < 2.4

SYM’den elde edilen yükseklik değeri bina çıkarımında son derece kullanışlı bir veridir. Çalışma alanı düz bir topografyaya sahip olduğu için, belirlenen bir yükseklik değeri eşik değer olarak kullanıldığında, görüntü birimleri içinde yer alan binalar ve yüksek ağaçlar kolaylıkla diğer birimlerden ayrılmaktadır. Bu çalışmada yükseklik eşik değeri 788 metre olarak belirlenmiştir.

Binalar ile bitkileri birbirinden ayırmak için çalışma kapsamında yeşil bant oranı kullanılmıştır (eCognition® 8.0: Guided Tour Level 1). Yeşil bant oranı; yeşil bant yansıtım değerlerinin, yeşil, kırmızı ve mavi bant yansıtım değerlerinin toplamına oranı ile elde edilmektedir (Eşitlik 1). Binaları bitkilerden ayırmak için 0.35’den küçük yeşil bant oranı yansıtımına sahip görüntü birimleri bina olarak sınıflandırılmıştır.

$$\text{Yeşil Bant Oranı} = \frac{Y}{(Y+K+M)} \quad (1)$$

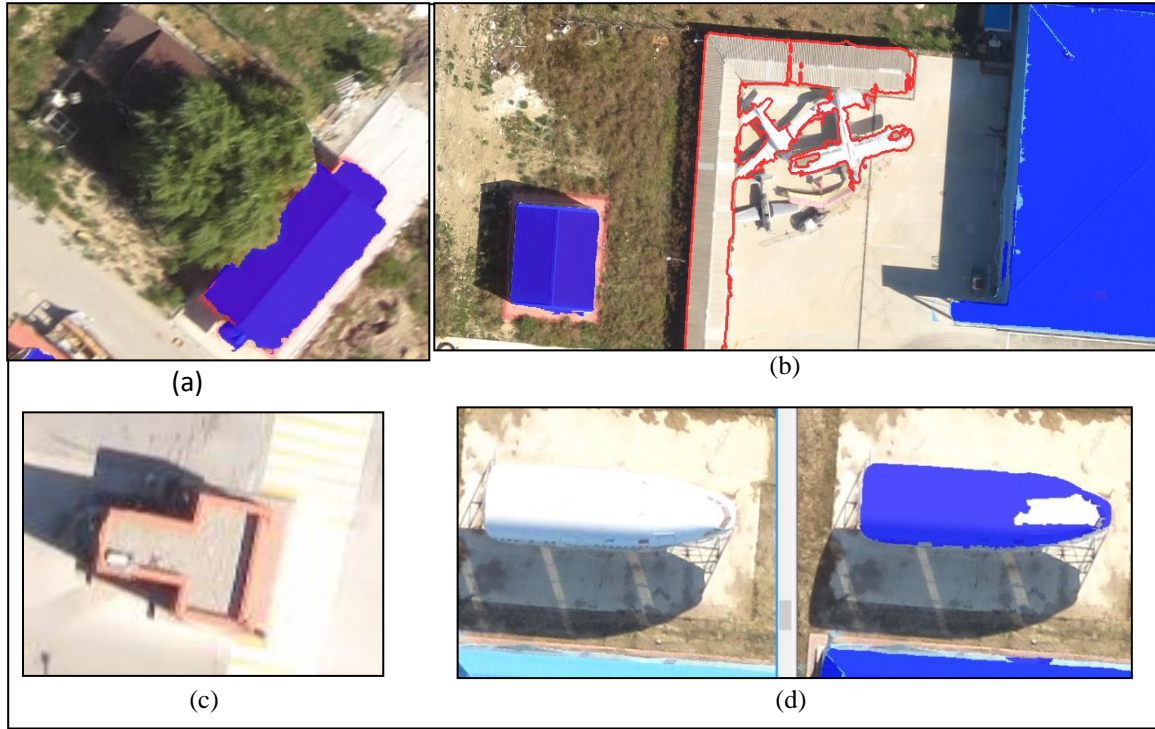
Kullanılan ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modelinde özellikle bina kenarlarında yüksek gölgeli alanlar yer almaktadır. Bu alanlarda gölgenin etkisini en az indirip, bina kenarlarını doğru bir şekilde ortaya çıkarmak için, görüntü birimlerinin sahip olduğu, yükseklik değerlerinin standart sapması, eğim değerlerinin standart sapması, gölgeli kabartma değerlerinin standart sapması ve girdi verilerin parlaklık ve yoğunluk değerlerinden hesaplanan maksimum fark değerleri kullanılmıştır. Çalışmada çıkarılan binalara ait görüntü birimleri birleştirilerek sonuç binalar elde edilmiştir. Çıkarılan binalar içinde küçük parçalar şeklinde alanda yer alan araba, konteyner şeklinde yapılarda yer almaktadır. Bu nesnelere binalardan ayırmak için alanı 10000 pikselin altında olan nesnelere, bina katmanından elenmiştir. Ayrıca yine çalışma alanında stadyum ve bazı bitki kümeleri de bina olarak çıkarılmıştır. Bu alanların elenmesi içinde binaların geometrik olarak bütünlük değerlerinden yararlanılmıştır. Bütünlük değeri 0 değerine yaklaştığında geometrik olarak daha anlamlı bir yapı oluşmaktadır. Bina olmayan yapıların elenmesi için son olarak bütünlük değeri 2.5'den büyük olan alanlar bina sınıfından elenmiştir. Bu şekilde yanlış sınıflandırılmış objeler bina sınıfları içinden ayrılmıştır. Elde edilen sonuç bina sınırları ARCGIS (ver:10) yazılımında kullanılacak şekilde dışarı aktarılmıştır. Yapılan sınıflandırma sonucunda elde edilen binalar Şekil 4'de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yapılan sınıflandırma işlemi elde edilen bina sınırları

#### 4.BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Yapılan sınıflandırma işlemi sonucu alanda yer alan 37 binanın 34 tanesi tespit edilerek çıkarılmıştır. Çalışma kapsamında çıkarılamayan binalardan bir tanesinin büyük bölümü ağaçlarla kaplıdır (Şekil 5 a). Bir diğeri güvenlik kulübesidir. Bu kulübenin alanı 10000 pikselin altındadır. Çıkarılamayan diğer yapı ise, binaların çıkarılmasında kullanılan bütünlük parametresinden dolayı, bina olarak çıkarılmamıştır. Çünkü bu bina alanda yer alan uçaklarla bütünleşik bir yapı olarak sınıflandırılmıştır. Bu durum yapının özelliğini kaybetmesine neden olmuştur. Ayrıca alanda yer alan bir adet uçak gövdesi bina olarak çıkarılmıştır.



Şekil 5. (a, b, c):Çıkarılamayan binalar, (d): Bina olarak çıkarılan uçak gövdesi

Çalışma kapsamında kullanılan kural setleri özellikle bina kenarlarındaki gölgelik alanlardan kaynaklı sorunların önüne geçilmesinde başarılı olmuştur. Ancak bu kural setleri çok katlı yapılarda ikinci katların birinci kat üzerinde oluşturdukları gölgeli alanlarda boşluklara neden olmuştur. Ayrıca binaların çatılarında yer alan bacaların ait görüntü birimlerinden yüksekliğe ait standart sapma oldukça fazladır. Bundan dolayı bu alanlarda bina olmayan alanlar olarak çıkarılmıştır. Gerek bina gerekse baca tarzı yapılar bina alanı içlerinde boşluklar oluşturmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Binalarda gölgelerden ve bina üzerindeki nesnelere dolayı yaşanan problemler

Çıkarılan binaların doğruluklarını araştırmak için yarı otomatik olarak çıkarılan binalar elle sayısallaştırma ile elde edilen binalar ile karşılaştırılmıştır. Şekil 7’de elle sayısallaştırma ve yarı otomatik çıkarılan binalar gösterilmiştir. Şekil üzerinde kırmızı alanlar sayısallaştırma ile elde edilen bina sınırlarını, mavi alanlar ise sınıflandırma ile elde edilen alanları göstermektedir.



Karşılaştırma işlemi çıkarılan binalar üzerinde alansal olarak gerçekleştirilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonuçları Çizelge 2’de sunulmuştur. Çizelge 2’ye göre en büyük fark %20,12 en düşük fark % 0,16 olarak görülmektedir. Bu farklar genel olarak bina üzerlerindeki gölge alanlar ve bina üzerine gelen bitkilerin oluşturduğu boşluklarından kaynaklanmaktadır. Genel olarak farklar incelendiğinde birçok binada farkların oldukça az olduğu gözlenmektedir.

**Çizelge 2.** Sınıflandırma sonucu elde edilen bina alanları ile elle sayısallaştırma ile elde edilen bina alanlarının karşılaştırılması.

Bina_No	Elle Sayısallaştırma (m <sup>2</sup> )	Sınıflandırma (m <sup>2</sup> )	Fark (m <sup>2</sup> )	Yüzde Fark (m <sup>2</sup> )
1	27061,59	26642,91	418,68	1,55
2	6560,27	6497,47	62,79	0,96
3	89,40	91,22	-1,82	-2,04
4	203,46	178,71	24,74	12,16
5	442,65	443,34	-0,70	-0,16
6	90,00	85,21	4,79	5,32
7	1778,67	1799,31	-20,64	-1,16
8	3043,04	2947,38	95,66	3,14
9	9317,03	8979,67	337,35	3,62
10	9737,47	9451,75	285,72	2,93
11	456,87	476,29	-19,42	-4,25
12	1026,79	1057,67	-30,88	-3,01
13	15404,81	15366,58	38,23	0,25
14	592,67	579,20	13,47	2,27
15	9070,45	8869,23	201,22	2,22
16	5559,15	5490,63	68,52	1,23



17	690,84	662,03	28,81	4,17
18	1144,51	1086,63	57,88	5,06
19	170,10	162,09	8,01	4,71
20	89,57	107,59	-18,02	-20,12
21	280,77	278,85	1,93	0,69
22	310,15	309,45	0,70	0,22
23	1832,29	1787,42	44,87	2,45
24	2151,31	2021,35	129,97	6,04
25	42,50	42,22	0,28	0,66
26	3408,41	3313,07	95,34	2,80
27	3062,83	3140,10	-77,27	-2,52
28	2759,90	2514,60	245,30	8,89
29	74,98	78,63	-3,65	-4,87
30	110,78	109,57	1,20	1,09
31	161,42	166,41	-4,99	-3,09
32	706,87	750,41	-43,54	-6,16
33	576,76	609,56	-32,80	-5,69
34	515,29	507,00	8,29	1,61

## 5.SONUÇLAR

Bu çalışmada insansız hava aracı görüntülerinde üretilen ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli kullanılarak nesne tabanlı yarı otomatik bina çıkarımı işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapılan bina çıkarımı işleminde alanda yer alan 37 binanın 34 tanesi başarı ile çıkarılmıştır. Çıkarılan binalar alansal olarak karşılaştırılmış ve çıkarılan birçok bina alanı arasındaki farkların küçük değerlere sahip olduğu görülmüştür.

Çalışma kapsamında en büyük problem bina kenarlarında oluşan gölge alanlarında yaşanmıştır. Bu gölge alanlar başta ortofoto ve sayısal yükseklik modelinin doğruluğunu etkilemekte ve dolayısıyla sınıflandırma işlemi de doğrudan etkilemektedir. Daha hassas bina çıkarımı işlemi için gerek ortofoto gerekse sayısal yükseklik modellerinin üretilmesi aşamasında gölge problemlerinin giderilmesi oldukça önemlidir.

Yapılan çalışma genel anlamda değerlendirildiğinde, özellikle kentsel alanlarda vektör haritaların güncellenmesinde küçük operatör müdahaleleri ile kullanılabilir yapıya sahiptir. Görüntü ve yükseklik modelindeki gölge problemleri aşıldığında ise daha hassas uygulamalar için kullanılabilir.

## KAYNAKLAR

**Attarzadeh, R., and M. Momeni.**, 2012., "Object-Based Building Extraction from High Resolution Satellite Imagery." ISPRS-International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences 1 (2012): 57-60.

**eCognition® 8.0: Guided Tour Level 1.**, 2010., Getting started – Example: Simple building extraction Classification of buildings using elevation and RGB data.

**Jiang, N., Zhang, J. X., Li, H. T., and Lin, X. G.**, 2008., Object-oriented buinding extraction by DSM and very high-resolution orthoimages. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 37, 441-446.

**Marangoz, A. M., Z. Alkış, A., ve Büyüksalih G.**, 2007., "Nesne-Tabanlı Otomatik Detay Çıkarımlarından Elde Edilen Vektör Ürünün Cbs Ortamına Aktarılması Ve Mevcut Diğer Verilerle Bütünleştirilmesi." TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 2-6 Nisan 2007, Ankara.

**Miliaresis, G., and Kokkas, N., 2007.**, Segmentation and object-based classification for the extraction of the building class from LIDAR DEMs. *Computers & Geosciences*, 33(8), 1076-1087.

**Shrivastava, N., Rai, P. K., 2015.**, Remote-sensing the urban area: Automatic building extraction based on multiresolution segmentation and classification. *GEOGRAFIA OnlineTM Malaysian Journal of Society and Space* 11 issue 2 (1 - 16).

**Nebiker, S., Natalie L., and Marianne D., 2014.**, "Building change detection from historical aerial photographs using dense image matching and object-based image analysis." *Remote Sensing* 6.9 (2014): 8310-8336.