

**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**GÖRÜNTÜ SEGMENTASYON**  
**METOTLARININ SINIFLANDIRMA**  
**PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Merve YILDIZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**GEBZE**

**2012**



**T.C.**  
**GEBZE YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**  
**MÜHENDİSLİK VE FEN BİLİMLERİ**  
**ENSTİTÜSÜ**

**GÖRÜNTÜ SEGMENTASYON**  
**METOTLARININ SINIFLANDIRMA**  
**PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİNİN**  
**ARAŞTIRILMASI**

**Merve YILDIZ**  
**YÜKSEK LİSANS TEZİ**  
**JEODEZİ VE FOTOGRAMETRİ MÜHENDİSLİĞİ**  
**ANABİLİM DALI**

**TEZ DANIŞMANI**  
**Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU**

**GEBZE**  
**2012**



## YÜKSEK LİSANS TEZİ JÜRİ ONAY SAYFASI

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 15.06.2012 tarih ve 2012/22 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 28.06.2012 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Merve YILDIZ'ın tez çalışması Jeodezi ve Fotogrametri Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

### JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU

ÜYE

: Doç. Dr. Halis SAKA

ÜYE

: Doç. Dr. Şinasi KAYA

### ONAY

G.Y.T.E. Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun  
...../...../20... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

## ÖZET

**TEZİN : GÖRÜNTÜ SEGMENTASYON METOTLARININ**  
**BAŞLIĞI SINIFLANDIRMA PERFORMANSI ÜZERİNE**  
**ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**YAZAR ADI : MERVE YILDIZ**

Uzaktan algılama uygulamalarında en çok kullanılan yaklaşım olan sınıflandırma alanında yeni metotlar geliştirilmektedir. Nesne tabanlı sınıflandırma son yıllarda kullanımı yaygınlaşmış bir teknik olup özellikle yersel çözünürlüğü yüksek uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında etkin olduğu kanıtlanmıştır. Uzaktan algılamada yaygın olarak kullanılan klasik piksel tabanlı sınıflandırmada, görüntüdeki piksellerin spektral değerleriyle karşılaştırmalı değerlendirmesi yapılır. Nesne tabanlı sınıflandırmada ise homojen piksellerin birleştirilmesiyle oluşan nesnelerle sınıflandırma yapıldığından, bu spektral değerlerin yanı sıra elde edilen nesnelerin şekil, doku ve morfolojik özellikleri de değerlendirmeye katılmış olur. Bu yöntemde ilk işlem adımı olan segmentasyonda, nesneler çeşitli segmentasyon parametrelerine göre oluşturulur. Segmentasyon kalitesi sınıflandırma doğruluğunu önemli derecede etkiler. Bu yüzden segmentasyon parametrelerinin seçimi kritik derecede öneme sahiptir. Bu çalışmanın amacı, seçilen veri seti için nesne tabanlı sınıflandırma işlemini farklı segmentasyon parametreleri üzerinde gerçekleştirerek parametre değişimlerinin sınıflandırma performansı üzerindeki etkilerini araştırmak ve optimum parametre seçimi için tespitlerde bulunmaktır.

Segmentasyon parametrelerinin nesneler üzerinde etkisini incelemek için detaylı analizler yapılmıştır. Bu çalışmada Trabzon ili Yalıncağ beldesi civarını kapsayan Mayıs 2008 tarihli 60 cm yersel çözünürlüklü Quickbird-2 uydu görüntüsü ile Kütahya ili Okçu mahallesini kapsayan Ekim 2010 tarihli 30 cm yersel çözünürlüğe sahip hava fotoğrafı kullanılmıştır. Segmentasyon parametrelerinin değerleri ile kombinasyonlar oluşturulmuş ve elde edilen segmentasyon görüntülerinin her biri en yakın komşuluk yöntemiyle sınıflandırılmıştır. Belirlenen bu parametrelerle ulaşılan genel sınıflandırma doğrulukları irdelenmiştir.

Segmentasyonda kullanılan parametrelerin sınıflandırma performansları üzerindeki etkileri detaylı şekilde analiz edilerek görüntü karakteristikleriyle parametre tercihi arasındaki ilişki hakkında bazı sonuçlara ulaşılmıştır.

## SUMMARY

**TITLE : AN ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF SEGMENTATION METHODS ON CLASSIFICATION PERFORMANCE**

**AUTHOR : MERVE YILDIZ**

New methods have been developed in the field of classification, which is the most widely used approach in remote sensing applications. Object-based classification, which is a technique with widespread use in recent years, has been proved to be effective in classification of high resolution satellite imagery. Conventional pixel-based classification in remote sensing is based upon comparison of the spectral values of pixels present in the image. Therefore, the classification process in object-based classification is executed through the objects consisting of homogeneous pixels that have similar properties in terms of shape, texture and morphological. Objects are created with respect to several parameters in segmentation process that is the first step in object-based classification. The quality of segmentation is of significant importance on the classification accuracy. Therefore, optimal setting of the segmentation parameters is of critical importance. The purpose of the study is to conduct object based classification experiments with different parameters of segmentation, investigate the effect of parameter variation on classification performance and make deductions on optimum setting of segmentation parameters.

Segmentation parameters were thoroughly analyzed to examine the effect on the objects. Quickbird-2 satellite imagery with 60 cm spatial resolution acquired May 2008 covering Yalincak region of Trabzon and aerial photography with 30 cm spatial resolution acquired October 2010 covering Okçu region of Kütahya were used in the study. A large number of combinations including various values of the segmentation parameters were created, and then the imageries were classified with nearest neighbor classifier. Accuracy assessments were conducted to determine the effects of the parameter setting. Effects on the classification performance of the parameters used in the segmentation were thoroughly analyzed and some conclusions were

drawn about the relationship between the image characteristics and choice of parameter.

.

## TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim ve çalışmam süresince bilgisini, tecrübelerini ve desteğini esirgemeyen, her türlü sorunumda bana yardımcı olan, bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendiren, gerekli olan her türlü imkânı sağlayan, değerli hocam ve tez danışmanım sayın Prof. Dr. Taşkın KAVZOĞLU'na teşekkür ederim. Çalışmam süresince değerli fikirleriyle çalışmalarımı yönlendiren Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümündeki araştırma görevlilerinden İsmail ÇÖLKESEN'e, bölümümüzdeki diğer hocalarıma ve çalışmalarım süresince deneyimlerinden ve bilgilerinden yararlandığım tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim. Ayrıca tez çalışmasında kullanılmak üzere hava fotoğrafı temini için Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım.

En büyük teşekkürü hak eden ve bugünlere gelmemde çok büyük emekleri olan değerli aileme, anneme, babama, biricik kardeşim Cansu'ya, sonsuz sevgiler.

Merve YILDIZ

# İÇİNDEKİLER DİZİNİ

|                                                        |      |
|--------------------------------------------------------|------|
| ÖZET                                                   | iv   |
| SUMMARY                                                | vi   |
| TEŞEKKÜR                                               | viii |
| İÇİNDEKİLER DİZİNİ                                     | ix   |
| SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ                         | xi   |
| ŞEKİLLER DİZİNİ                                        | xii  |
| TABLOLAR DİZİNİ                                        | xiv  |
| 1. GİRİŞ                                               | 1    |
| 2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ                       | 4    |
| 2.1. Elektromanyetik Enerji                            | 4    |
| 2.2. Atmosferik Etkiler                                | 6    |
| 2.3. Atmosferik Pencereleler                           | 7    |
| 2.4. Nesnelerin Spektral Özellikleri                   | 8    |
| 2.5. Uzaktan Algılamada Çözünürlükler                  | 10   |
| 2.5.1. Yersel çözünürlük                               | 10   |
| 2.5.2. Spektral çözünürlük                             | 11   |
| 2.5.3. Radyometrik çözünürlük                          | 12   |
| 2.5.4. Zamansal çözünürlük                             | 13   |
| 2.6. Temel Uydu Sistemleri                             | 13   |
| 2.6.1. Quickbird-2 uydusu                              | 13   |
| 2.6.2. Hava fotoğrafı                                  | 14   |
| 3. UZAKTAN ALGILAMADA GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ | 17   |
| 3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma                          | 17   |
| 3.2. Kontrollü Sınıflandırma                           | 18   |
| 3.2.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı                | 19   |
| 3.2.2. Paralelkenar sınıflandırıcısı                   | 20   |
| 3.2.3. En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi          | 21   |
| 3.3. Bulanık (Fuzzy) Sınıflandırma                     | 21   |
| 3.4. Nesne Tabanlı Görüntü Analizi                     | 22   |
| 3.4.1. Segmentasyon                                    | 23   |
| 3.4.1.1. Grid segmentasyonu                            | 24   |
| 3.4.1.2. Dörtlü ağaç yapısı segmentasyonu              | 24   |
| 3.4.1.3. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon               | 25   |
| 3.4.1.4. Spektral ayırım segmentasyonu                 | 26   |

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.4.2. Segmentasyon parametreleri                                                      | 27 |
| 3.4.2.1. Ölçek parametresi                                                             | 28 |
| 3.4.2.2. Şekil parametresi                                                             | 32 |
| 3.4.2.3. Bütünlük parametresi                                                          | 32 |
| 3.4.3. Nesne Tabanlı Sınıflandırma                                                     | 33 |
| 3.4.4. Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi                                    | 34 |
| 4. UYGULAMA                                                                            | 35 |
| 4.1. Çalışma Alanı                                                                     | 35 |
| 4.2. Çalışmada Kullanılan Veri ve Yazılım                                              | 35 |
| 4.3. Segmentasyon Parametrelerinin Seçimi                                              | 38 |
| 4.3.1. Ölçek parametresi                                                               | 38 |
| 4.3.2. Şekil parametresi                                                               | 43 |
| 4.3.3. Bütünlük parametresi                                                            | 45 |
| 4.4. En Yakın Komşuluk Yöntemiyle Sınıflandırma                                        | 46 |
| 4.4.1. Quickbird-2 uydu görüntüsü için sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi | 47 |
| 4.4.2. Hava fotoğrafı için sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi             | 52 |
| 5. SONUÇLAR                                                                            | 58 |
| KAYNAKLAR                                                                              | 61 |
| ÖZGEÇMİŞ                                                                               | 66 |

## **SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ**

CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi

EMR: Elektromanyetik radyasyon

EMS: Elektromanyetik spektrum

E: Elektriksel alan

M: Manyetik alan

ISODATA: Iterative Self Organizing Data Analyses Technique

NIR: Near Infrared

## ŞEKİLLER DİZİNİ

| <b><u>Sekil</u></b>                                                                                                                                                                         | <b><u>Sayfa</u></b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2.1. Elektromanyetik dalgalar.                                                                                                                                                              | 5                   |
| 2.2. Elektromanyetik spektrum.                                                                                                                                                              | 6                   |
| 2.3. Farklı yer örtü tipleri için genelleştirilmiş spektral yansıtım grafiği.                                                                                                               | 9                   |
| 2.4. Algılayıcılar için anlık görüş alanı.                                                                                                                                                  | 11                  |
| 2.5. Farklı bant kombinasyonları ile spektral yansıtım.                                                                                                                                     | 12                  |
| 2.6. Radyometrik çözünürlük (a=2 bit, b=8 bit).                                                                                                                                             | 13                  |
| 2.7. Uçağa monte edilmiş DMC dijital kamera sistemi                                                                                                                                         | 16                  |
| 3.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı.                                                                                                                                                      | 20                  |
| 3.2. Paralel kenar sınıflandırıcısı.                                                                                                                                                        | 20                  |
| 3.3. En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi.                                                                                                                                                | 21                  |
| 3.4. Grid segmentasyonu.                                                                                                                                                                    | 24                  |
| 3.5. Dörtlü ağaç yapısı segmentasyonu.                                                                                                                                                      | 25                  |
| 3.6. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon.                                                                                                                                                       | 26                  |
| 3.7. Spektral ayırım segmentasyonu ile benzer spektral özellik gösteren nesnelerin birleştirilmesi (a- Çoklu çözünürlüklü segmentasyon, b- Spektral ayırım segmentasyonu).                  | 27                  |
| 3.8. 60 cm yersel çözünürlükteki Quickbird-2 uydu görüntüsünde 3 farklı ölçek parametresi (a-150 kaba ölçek, b- 80 orta ölçek, c- 30 hassas ölçek) kullanılarak elde edilen nesne boyutları | 29                  |
| 3.9. Farklı ölçek seviyelerinde nesne hiyerarşisi                                                                                                                                           | 29                  |
| 4.1. Trabzon test alanını içeren Quickbird uydu görüntüsü.                                                                                                                                  | 37                  |
| 4.2. Kütahya test alanını içeren hava fotoğrafı.                                                                                                                                            | 37                  |
| 4.3. Quickbird uydu görüntüsü üzerinde farklı ölçek parametreleri ile nesne boyutları gösterimi.                                                                                            | 39                  |
| 4.4. Hava fotoğrafı üzerinde farklı ölçek parametreleri.                                                                                                                                    | 40                  |

**Sekil****Sayfa**

|                                                                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.5. Quickbird-2 uydu görüntüsünde üç farklı arazi yapısı için ölçek parametrelerinin nesne boyutlarına etkisi.                                    | 41 |
| 4.6. Hava fotoğrafında üç farklı arazi yapısı için ölçek parametrelerinin nesne boyutlarına etkisi.                                                | 42 |
| 4.7. Quickbird-2 uydu görüntüsü üzerinde farklı şekil parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.                                                      | 43 |
| 4.8. Hava fotoğrafı üzerinde farklı şekil parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.                                                                  | 44 |
| 4.9. Quickbird uydu görüntüsü üzerinden farklı bütünlük parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.                                                    | 45 |
| 4.10. Hava fotoğrafı üzerinde farklı bütünlük parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.                                                              | 46 |
| 4.11. Quickbird-2 uydu görüntüsü için şekil parametrelerinin sabit değerleriyle ölçek parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi. | 49 |
| 4.12. Quickbird-2 uydu görüntüsü için ölçek parametrelerinin sabit değerleriyle şekil parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi. | 49 |
| 4.13. Ölçek=50, Şekil=0.1 parametreleri ile üretilen nesneler.                                                                                     | 50 |
| 4.14. Quickbird-2 uydu görüntüsünde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 segmentasyon parametreleri için elde edilen sınıflandırma görüntüsü.                     | 51 |
| 4.15. Hava fotoğrafı için şekil parametrelerinin sabit değerleriyle ölçek parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.             | 53 |
| 4.16. Hava fotoğrafı için ölçek parametrelerinin sabit değerleriyle şekil parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.             | 54 |
| 4.17. Ölçek=35 ve Şekil=0.2 kombinasyonu için nesne problemi.                                                                                      | 55 |
| 4.18. Ölçek=50 ve Şekil=0.2 kombinasyonu ile bina sınıfı problemi.                                                                                 | 55 |
| 4.19. Ölçek=50, Şekil=0.1 kombinasyonu ile yeşil alan ve toprak sınıflarının tespiti.                                                              | 55 |
| 4.20. Hava fotoğrafı üzerinde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 segmentasyon parametreleri için elde edilen sınıflandırma görüntüsü.                           | 57 |

## TABLÖLAR DİZİNİ

| <b><u>Tablo</u></b>                                                                    | <b><u>Sayfa</u></b> |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 2.1. Quickbird-2 uydusu teknik özellikleri.                                            | 14                  |
| 4.1. Quickbird-2 uydu görüntüsü için genel sınıflandırma doğrulukları.                 | 48                  |
| 4.2. Quickbird uydu görüntüsünde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 kombinasyonu için hata matrisi. | 51                  |
| 4.3. Hava fotoğrafı için genel sınıflandırma doğrulukları.                             | 52                  |
| 4.4. Hava fotoğrafında Ölçek=20 ve Şekil=0,2 kombinasyonu için hata matrisi.           | 56                  |

# 1. GİRİŞ

Dijital görüntü işleme tekniklerinin gelişmesiyle birlikte arazi kullanım verilerinin uydu görüntülerinden çıkarımı için literatürde yeni yöntemler önerilmiştir. Uzaktan algılama görüntüleri, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) veri tabanındaki birçok uygulamanın gerçekleştirilebilmesi için büyük önem taşımaktadır. Uzaktan algılanmış görüntülerde sınıflandırma işlemi, bitki örtüsü ve arazi kullanımına ait bilgilerin elde edilmesinde, değişim analizleri uygulamalarında, tematik haritaların elde edilmesi ve CBS'ye veri aktarımı gibi uygulamalarda kullanılan en yaygın yöntemdir ve uzaktan algılamada temel uygulamalardan biridir.

Algılayıcı teknolojisinin ve dijital görüntü tekniklerinin gelişmesine paralel olarak konumsal detayların artırılmasıyla birlikte görüntü yorumlama tekniklerinde de yeni yaklaşımlar ortaya çıkmaktadır. Çevresel gözlem, ormanlık alanların belirlenmesi, değişim analizi, şehir gelişimi, tarım arazisi belirleme, ürün rekolte tahmini gibi daha birçok çalışma uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları üzerinden gelişmiş analizler ile yapılabilmektedir. Kısaca tanımlanacak olursa sınıflandırma, görüntüde aynı spektral özellikleri taşıyan piksellerin niteliklerinin belirlenmesi ve gruplanmasıdır. Bugüne kadar uzaktan algılanmış görüntülerin sınıflandırılması amacıyla birçok sınıflandırma tekniği geliştirilmiştir. Sınıflandırma teknikleri genel olarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma olmak üzere iki genel gruba ayrılır. Kontrollü sınıflandırma yöntemlerinden en çok benzerlik sınıflandırması, literatürde en yaygın kullanılan yöntemdir. Bunlara ilaveten destek vektör makineleri, karar ağaçları, yapay sinir ağları gibi yöntemlerde ileri sınıflandırma tekniklerine örnek olarak verilebilir [Çölkesen, 2009].

Piksel tabanlı sınıflandırma uzaktan algılamada sıklıkla kullanılan ve çok geniş uygulama alanına sahip olan yaklaşımdır. Bu yaklaşımda piksellerin gri seviyeleri alınarak sınıflandırma yapılır. Fakat son yıllarda gelişen nesne tabanlı görüntü analizi metodlarıyla sınıflandırma işleminde, görüntünün piksel değerleri üzerinden değil, piksellerin gruplandırılmasıyla elde edilen nesneler üzerinden analiz yapılmaktadır. 1980'lerden bu yana yapılan çalışmalarla nesne tabanlı yaklaşım teknolojik kısıtlamalara rağmen işlevini sürdürmüştür. 2000'li yılların başlarında nesne tabanlı

görüntü analizine imkân sağlayan eCognition yazılımının piyasaya sürülmesiyle de bu yaklaşım hızla gelişmiştir. Bunun bir sonucu olarak, uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma teknikleri içerisinde nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı üzerine yapılan çalışmalar son on yıl içerisinde oldukça yaygınlaşmıştır [Blaschke, 2010; Dey et al., 2010]. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanımının artması ile bu yaklaşımın işlem gücü de artmıştır [Schiewe, 2002]. Nesne tabanlı sınıflandırmada piksellerin radyometrik kalitesinden çok çıkarılması düşünülen nesnelerin boyutlarının doğru bir şekilde analiz edilmesi önemli olduğu için yüksek çözünürlüklü görüntülerin kullanılması önemlidir [Bayburt, 2009].

Nesne tabanlı görüntü analizinde amaç, segmentasyon işlemi ile görüntüden benzer spektral özellik gösteren komşu piksellerin gruplandırılarak nesneler oluşturulması ve elde edilen bu nesneler üzerinden sınıflandırma yapılmasıdır. Bu yaklaşımın bir avantajı, milyonlarca pikselle uğraşmak yerine sayıca daha az olan nesneler ile sınıflandırma yapılmasıdır. Diğer bir avantajı da, nesnelerin spektral özellikleri yanı sıra şekil, boyut, doku gibi daha birçok özelliklerle ilişkilendirilebilmesidir. Nesne tabanlı sınıflandırmanın klasik sınıflandırma yöntemlerine göre en büyük üstünlüğü, oluşturulan segmentlerin objelere ilişkin morfolojiyi ortaya çıkarabiliyor olmasıdır [Şanlı ve ark., 2010]. Klasik piksel tabanlı sınıflandırma ile nesne tabanlı sınıflandırmanın birbirlerine göre avantajlarını ve dezavantajlarını belirleyen bir çok çalışma yapılmıştır [Flanders et al., 2003; Xiaoxia et al., 2005; Bo and Han, 2010; Kalkan ve Maktav, 2010; Liu and Xia, 2010; Şanlı ve ark., 2010]. Ayrıca nesne tabanlı sınıflandırma ile ormanlık alan tespiti [Hay et al., 2005; Gergel et al., 2007], arazi örtüsündeki zamana bağlı farklılıkları tespit etme amaçlı değişim analizi [Conchedda et al., 2008 ; Im et al., 2008; Robertson and King, 2011] gibi birçok çalışma literatürde mevcuttur.

Nesne tabanlı görüntü analizinde sınıflandırma doğruluğu, segmentasyon işleminin kalitesiyle direkt ilişkilidir [Meinel and Neubert, 2004]. Nesneler, seçilen segmentasyon parametrelerine göre (ölçek, şekil, bütünlük parametreleri) oluşturulduğundan, bu işlemde segmentasyon parametrelerin seçimindeki hassasiyet, sınıflandırma sonucunun kalitesi ve doğruluğunu önemli derecede etkilemektedir. Literatürde segmentasyon parametrelerinin belirlenmesindeki önemi vurgulayan ve sınıflandırma sonuçlarını karşılaştıran birçok çalışma bulunmaktadır [Kim and

Madden, 2006; Gao et al., 2007; Addink et al., 2007; Lübker and Schaab, 2009; Kim et al., 2009]. Feitosa et al (2006), segmentasyon parametrelerinin otomatik seçilebilmesi için genetik algoritma yöntemini kullanmıştır. Drăgut et al. (2010), görüntünün çözünürlüğüne ve ölçeğine göre ölçek parametresinin belirlenebilmesi için Tahmini Ölçek Parametresi yöntemini geliştirmiştir.

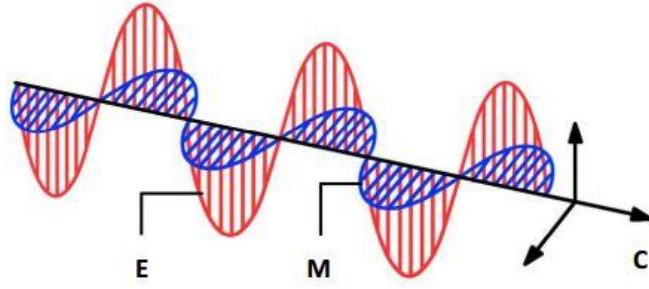
Bu tez çalışmasının amacı, yüksek çözünürlüklü görüntülerin nesne tabanlı görüntü analizi ile uygun segmentasyon parametrelerinin belirlenmesi ve sınıflandırma doğruluğu üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Uygulamada Mayıs 2008 tarihli 60 cm yersel çözünürlüğe sahip Quickbird-2 uydu görüntüsü ve Ekim 2010 tarihli 30 cm yersel çözünürlüğe sahip hava fotoğrafı kullanılmıştır. Görüntüler üzerinde segmentasyon parametrelerinin nesne boyutlarına etkisinin incelenmesi uygulamanın ilk aşamasını oluşturmaktadır. En uygun sınıflandırma sonucunu belirleyebilmek için segmentasyon parametreleriyle kombinasyonlar oluşturulup her bir kombinasyon için en yakın komşuluk metodu ile sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizi ile genel sınıflandırma doğrulukları belirlenmiş ve kullanılan parametrelerin sınıflandırma performansına etkileri detaylı şekilde incelenmiştir.

## 2. UZAKTAN ALGILAMANIN TEMELLERİ

Uzaktan algılama, fiziksel temas kurulmaksızın herhangi bir uzaklıktan nesneler hakkında bilgi elde etme bilimidir [Lillesand et al., 2007]. Uzaktan algılamanın temel prensibi, cisimlerin aynı enerji kaynağına farklı dalga boylarında gösterdikleri farklı tepkilerdir ve insan gözünün göremediği dalga boylarından veri sağlayarak yorumlama işlemidir. Uzaktan algılamada, uydular veya hava araçları üzerinde taşınan aletlerle yapılan gözlem ve ölçümler dikkate alınmaktadır. Uzaktan algılama sistemlerinde ölçülen nicelik, ilgilenilen cisimden yayılan elektromanyetik enerjidir. Uydular veya hava araçları üzerinde taşınan aletlerle yapılan gözlem ve ölçümlerde elektromanyetik enerjiden yararlanılır. Jeoloji, ormancılık, hidroloji, tarım, şehircilik gibi bilim dalları uzaktan algılamanın uygulamalarının bulunduğu, bütünleştiği bilim dalıdır [Kavzoğlu, 2008].

### 2.1. Elektromanyetik Enerji

Uzaktan algılamada objelerin görüntülenmesindeki temel şart, nesnenin ya ışık enerjisi göndermesi ya da nesnenin aydınlatılması için enerji kaynağına sahip olunmasıdır. Uzaktan algılama çalışmaları için en önemli enerji kaynağı güneştir. Güneş enerjisi elektromanyetik dalgalar olarak yeryüzüne ulaşır. Uzaktan algılamada, enerjinin ışıma yolu ile taşınması elektromanyetik radyasyon (EMR) olarak ifade edilir. Şekil 2.1’de gösterilen EMR bir elektriksel alan (E) ve elektriksel alana dik yönde bir manyetik alandan (M) oluşur. Bu alanlarda ışık hızında hareket eden sinüzoidal yapıdaki dalgaların her ikisi de yayılma yönüne dik açı yapmaktadırlar.



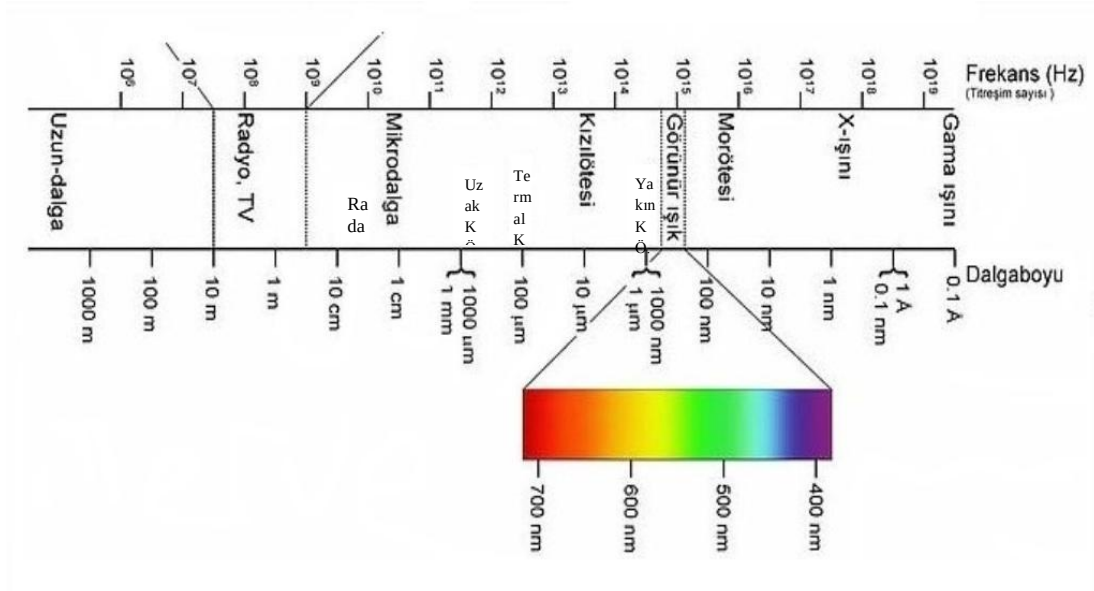
Şekil 2.1. Elektromanyetik dalgalar.

Görüntüleme sistemleri yeryüzünden yansıyan bu ışınları optik dalga boylarında kayıt eder. Dalga uzayda yayılan bir titreşimdir. Bir dalganın tepesi ve ardından gelen dalga arasındaki tepesi arasındaki uzunluğa dalga boyu denir. Dalganın maksimum yüksekliği genişlik, bir saniyede oluşturulan dalga boyu sayısı da frekans olarak adlandırılır. Elektromanyetik enerjinin yayılma hızı  $3 \times 10^8$  m/sn dir.

Elektromanyetik spektrum (EMS),  $3 \times 10^8$  m/sn hızla hareket eden, dalga uzunluğu nanometrelerden kilometrelere kadar uzanan sürekli enerji ortamıdır. Elektromanyetik spektrum en yalın şekliyle, çeşitli dalga boylarındaki radyant enerjiyi içeren ve bu radyant enerjinin, içinde elektromanyetik dalgalar halinde serbestçe hareket ettiği bir ortam olarak tanımlanabilir. EMS sürekli ve yapılan çalışmalarda kolaylık sağlanması açısından belirli bölgelere ayrılmıştır. Ancak bu bölgeler arasında kesin bir sınır yoktur ve bazı kısımları çakışabilmektedir [Sesören, 1999].

Elektromanyetik enerji dalgalar ile yolculuk eder ve uzun radyo dalgalarından kısa gama ışınlarına geniş bir spektrumda yayılır. Şekil 2.2’de elektromanyetik spektrum ve dalga boylarına göre bölgeleri gösterilmektedir. İnsan gözü, spektrumun küçük bir bölgesi olan görünür ışık bölgesine duyarlıdır. Elektro manyetik spektrumun 0.4-0.7  $\mu\text{m}$  arası görünür ışııl bölgesidir. Görünür bölge dalga boyu aralığında, 0.455-0.492  $\mu\text{m}$  mavi, 0.492-0.588 $\mu\text{m}$  yeşil ve 0.588-0.720  $\mu\text{m}$  kırmızı renge karşılık gelen dalga boylarıdır. 0.4-1.5  $\mu\text{m}$  elektromanyetik spektrum bölgesi bitki, toprak ve kimyasal araştırmalarda kullanılır. 0.7-3.0  $\mu\text{m}$  dalga boyu aralığındaki kızıl ötesi ışınlar bitkilerde var olan klorofile duyarlıdır. 3.0-15  $\mu\text{m}$  dalga

boyu aralığındaki termal bantlar yeryüzü ısını gösterirler. Bu bantlar özellikle jeolojik çalışmalar için önemlidir. Mineral, petrol ve kayaç türü belirlenmesini bu bantlar yardımıyla yapabilmektedir. Mikro dalga ışınlar ise yükseklik ve neme ilişkin çalışmalarda daha çok kullanılır.



Şekil 2.2. Elektromanyetik spektrum.

## 2.2. Atmosferik Etkiler

Güneş ışınları dünyaya ulaşmadan önce yoğun atmosfer tabakasından geçmek zorundadır ve bu geçiş sırasında bazı değişikliklere uğrar. Işınlar yeryüzüne ulaştığında, bu ışınların bir kısmı soğurulur, büyük bir kısımda yansyarak yine atmosferden geçip algılayıcı aletlere ulaşır. Başka bir ifadeyle, verilerin algılayıcılar tarafından elde edilmelerini gerektiren uzaktan algılama uygulamalarında, algılayıcı ile hedef arasındaki atmosfer ve ışınım kaynağı ile hedef arasındaki atmosfer verileri etkiler [Maktav ve Sunar, 1991].

Atmosfer uzaktan algılama verilerini enerjinin saçılımı ve soğurulması olarak iki yoldan etkileyebilir. Saçılım, ışınımın atmosferdeki taneciklerinden yansması veya kırılması ile oluşur. Bu tanecikler atmosferi oluşturan gaz molekülleri, toz tanecikleri ve su damlacıklarıdır. Genel varsayım, ister güneşten gelsin ister yeryüzünden yansın saçılan ışınımın zayıflamayp sadece yeniden yönlendiğidir.

Bu yeniden yönlenme genel olarak dalga boyuna bağlıdır. Saçılmayan ışınlam ise, dalga boyuna bağlı olarak atmosfer tarafından soğurulur ve sonuçta atmosfer, soğurulan bu ışınlam tarafından ısınır. Hiç soğurulma olmaması halinde saf saçılma olur. Bu durumda sadece enerji yeniden yönlenmiş olur. Uzaktan algılamada saçılımın etkisi, algılayıcının enerjinin bir bölümünü kaydedememesidir. Saçılım, teorik olarak saçılan ışınlamın dalga boyu ile saçılma neden olan taneciklerin büyüklüğü arasındaki bağıntıya bağlı olarak Rayleigh saçılımı, Mie saçılımı, Seçici olmayan saçılım olmak üzere üç farklı kategoriye ayrılabilir.

Rayleigh saçılımı, ışının dalga boyunun, atmosferdeki taneciklerden çok daha büyük olması durumunda oluşur. Gündüzleri mavi dalga boyundaki ışının büyük bir kısmının gaz molekülleri tarafından saçılması ile gökyüzü mavi görünür. Güneşin batışındaki kıvrıklığın nedeni de bu saçılımdır. Güneş ufka yaklaştığında ışınlar atmosferde daha uzun bir yol katettiğinden daha kısa dalga boylu olan ışınlamlar saçılır ve sadece kırmızı ve turuncu gibi daha uzun dalga boylu ışınlam gözümüze gelir. Bu saçılımın etkisini gidermek için hava fotoğrafı çekimi sırasında özel filtreler kullanılır. Mie saçılımı, ışığın dalga boyunun atmosferdeki taneciklerle yaklaşık eşit büyüklüklerde olmasından kaynaklanır. Bu saçılım genellikle çok puslu atmosferik koşullardaki spektrum boyunca oluşur ve görüntülerde genel bir kalite düşüklüğü şeklinde kendini gösterir. Seçici olmayan saçılım, atmosfer içindeki küçük parçacıkların boyutlarının ışık dalga boyundan çok daha büyük olması halinde oluşur. Bu saçılım genellikle atmosferin çok toz yüklü olması durumunda ortaya çıkar ve elde edilen verilerin önemli ölçüde zayıflamasına yol açar. Sesören (1999) tarafından vurgulandığı üzere, bir endüstri şehrinin üzerindeki havada bulunan küçük parçacıkların boyutları, hava kirliliğinden ötürü oldukça büyük ve koyu renklidir. Bu parçacıklar kısa dalga boyunda olduğu kadar, uzun dalga boylarında da radyasyonun saçılmasına neden olurlar. Bu saçılmadan dolayı, gökyüzü gri renkte görülür.

### **2.3. Atmosferik Pencereleler**

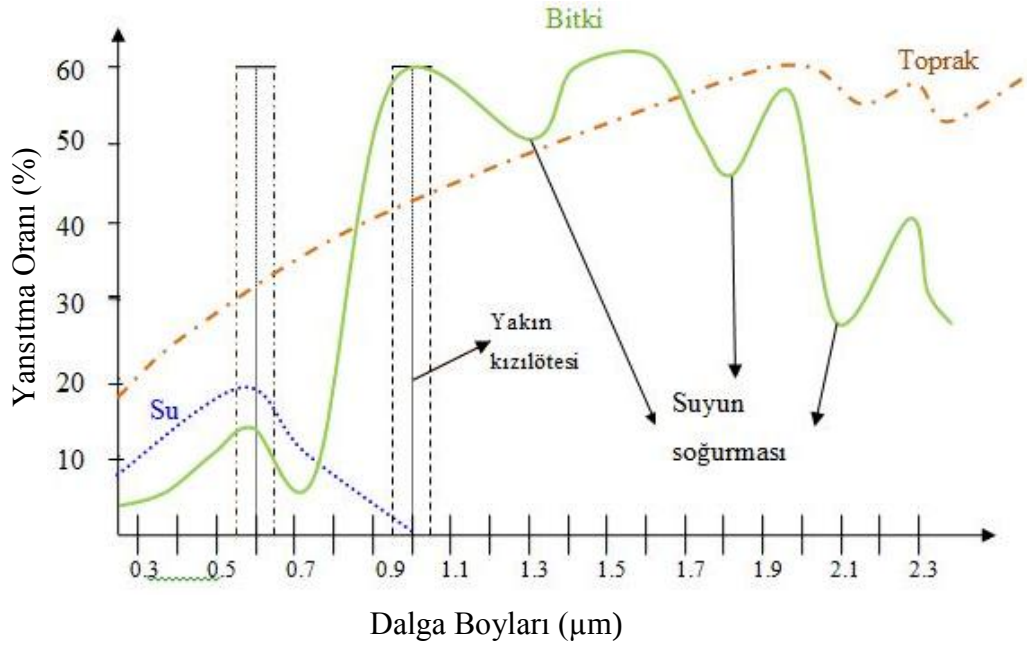
Atmosferik pencereleler, elektromanyetik spektrumun radyasyonun geçmesine izin verdiği kısımlardır. Pencerelelerin bulunduğu yerlerde atmosferik bileşikler elektromanyetik enerjiyi; soğurma, yansıtma ve dağıtma nedeniyle fazlaca

etkilemezler. Güneşten gelen elektromanyetik enerji bu pencerelerden geçerek yeryüzüne ulaşır. Pencerelerin bulunmadığı dalga boyu aralıklarında ise bu enerji atmosferden hemen hemen hiç geçememekte, dolayısıyla yer yüzeyine ulaşmamaktadır. Belli başlı atmosferik pencereler; mor ötesi, görünür bölge, termal bölge, mikrodalgalar ve radar bölgelerinde bulunmaktadır. Uzaktan algılama çalışmalarında uygulama konusuna göre bant seçiminde söz konusu atmosferik pencereler son derece önemlidir. Elektromanyetik enerjinin  $400\mu\text{m}$ 'den küçük ve  $1\mu\text{m}$ 'nin üzerindeki dalga boyları atmosferin bileşenleri tarafından soğurulur. Görünür bölge dalga boyu aralığının tamamı bir atmosferik pencereye oluştururken, kızılötesi dalga boyu aralığının yalnızca bazı bölgelerinde atmosferik pencereler mevcuttur. Bu nedenle uzaktan algılama uygulamalarında genellikle görünür, kızılötesi ve termal dalga boyları kullanılmaktadır [Sesören, 1999].

## 2.4. Nesnelerin Spektral Özellikleri

Her cismin kendisine özgü bir yansıtım değeri vardır. Buna nesnenin karakteristiği veya imzası olarak da bilinir. Uzaktan algılanan verilerinin bilgisayar ortamında analiz edilebilmesi için objelerin spektral özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle çeşitli bitki örtülerinin, toprağın, suyun ve diğer yer yüzeyi özelliklerinin spektral özelliklerinin bilinmesi, uzaktan algılanan verilerin uygun bir şekilde analizi ve yorumlanması açısından son derece önemlidir [Maktav ve Sunar, 1991]. Şekil 2.3'te bitki örtüsü, toprak ve suya ait genel spektral yansıma eğrileri gösterilmiş ve en önemli spektral duyarlık bölgeleri tanımlanmıştır.

Yeşil bitkilerin yapısında bulunan klorofil sebebiyle, yakın kızılötesi bölgesinde yansıtımı büyük ölçüde artar, çünkü bu bölgede yeşil yaprak az miktarda enerji soğurmaktadır. Orta kızıl ötesi bölgede ise su, belirli dalga boylarındaki enerjiyi çok fazla soğurur ve yeşil yapraklar çok fazla nem içerdiğinden, bu su-soğurma bantları bu bölgede baskındır. Yeşil yaprakların yansıtımı mavi ve kırmızı bantlarda çok düşüktür. En yüksek yansıma değeri yakın kızılötesi bölgesinde oluşur. Görünür dalga boylarında, yeşil bir yaprağa gelen enerjinin büyük bir kısmı soğurulur ve çok azı yapraktan geçer. Sağlıklı yaprakların yeşil olarak görünmesinin sebebi, yeşil dalga boylarındaki bu düşük soğurmadır.



Şekil. 2.3. Farklı yer örtü tipleri için genelleştirilmiş spektral yansıtım grafiği.

Bitkilerin yapısında klorofilden başka, karoten (sarı pigment), ksantofil (sarı pigment) ve antosyanin (kırmızı pigment) bulunmaktadır. Karoten ve ksantofiller özellikle yeşil yaprak yapraklarda bulunur, fakat sadece spektrumun mavi bölgesinde bir soğurma bandına sahiptir. Bitkiler yaşlandıkça yapısındaki klorofil kaybolur, bu da karoten ve ksantofillerin baskın olmasında neden olur. Bu ağaç yapraklarının sonbaharda sarı renk almasının temel nedenidir. Aynı şekilde klorofil miktarının azalması ile birlikte bazı ağaç türlerinin yapısındaki antosyanin pigmentlerinin baskın hale gelmesinden dolayı yapraklar açık kırmızı görünür [Maktav ve Sunar, 1991].

Suyun, yakın ve orta kızılötesi dalga boyunda toprak ve bitki örtüsüne göre daha düşük yansıma değerine sahip olmasından ötürü, uzaktan algılama amaçları açısından çok avantajlıdır. Kızılötesi yansıtımdaki bu tür belirgin farklar, su kitlelerinin kolay tanımlanmasını ve haritalanmasını sağlar. Toprağın yapısındaki nem içeriği, organik madde miktarı, demir oksit miktarı, bağıl kil yüzdeleri, silt, kum ve toprak yüzeyinin pürüzlülük karakteristiklerinin hepsi spektral yansıtımda önemli ölçüde etkilidir. Topraktaki nem içeriği ile toprağın tanecik büyüklüğü birbirleri ile ilişkilidir ve toprakların spektral duyarlılığı üzerine önemli etkisi vardır. Büyük kum tanecikleri bulunan kumlu toprakta, tanecikler arasında geniş hava boşlukları bulunması sebebiyle içerisindeki nem hava ile kurur. Killi toprak yapısında ise

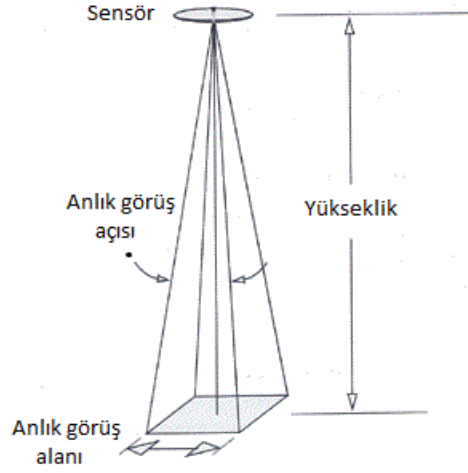
tanecikler çok daha küçük olduğundan, tanecikler arasındaki boşluklarda küçük olur. Killi toprağın yapısındaki su bu sebeple kolaylıkla süzülemeyecek ve buharlaşamayacaktır. Böylelikle kumlu topraklarda, killi topraklara oranla daha fazla hava veya su hareketi sağlanmış olur. Topraktaki nemin belirlenmesinde termal bant çok önemlidir. Çünkü nemli olan yerde buharlaşma olur ve çevreye göre daha soğuktur. Yansıtıcı bölgede çok koyu termal bölgede çok açık olan bir toprak organik içerik açısından zayıftır [Maktav ve Sunar, 1991].

## **2.5. Uzaktan Algılamada Çözünürlükler**

Çözünürlük, genel anlamda görüntüdeki bir pikselin yeryüzündeki karşılığını ifade etmek için kullanılır. Bu tanım uzaktan algılanmış uydu görüntüleri için yalın kalmaktadır. Uzaktan algılama uygulamalarında yersel, spektral, radyometrik ve zamansal olmak üzere dört farklı çözünürlük söz konusudur.

### **2.5.1. Yersel çözünürlük**

Yersel çözünürlük, her pikselin yeryüzünde temsil ettiği alanı veya algılayıcının kaydedeceği en küçük cismin ölçüsünü ifade eder. Bir diğer ifadeyle, görüntü kaydeden sistem alıcısının anlık görüş alanının yeryüzüne karşılığıdır. Bir sensörün veya alıcının anlık görüş alanı açısaldır, yeryüzüne karşılığı uydu yüksekliğine göre değişebilir (Şekil 2.4). Anlık görüş alanı yaklaşık olarak bir piksele karşılık gelmektedir. Bu aynı zamanda yeryüzünde ayırt edilmesi en küçük alan anlamına gelmektedir. Anlık görüş alanı açısal ve uzunluk olarak iki şekilde ifade edilebilir.

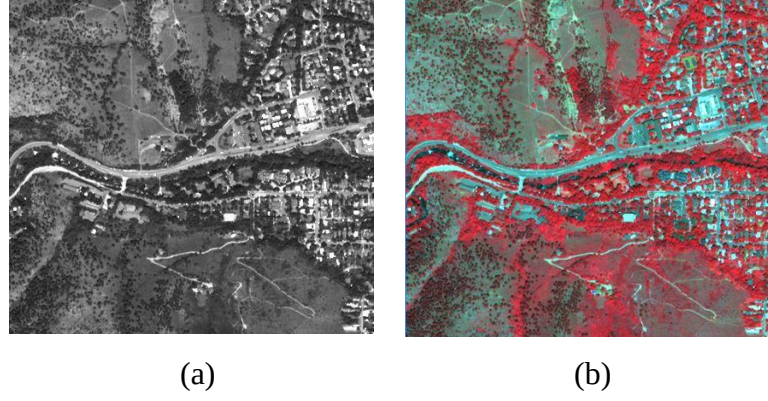


Şekil 2.4. Algılayıcılar için anlık görüş alanı.

Anlık görüş alanı, uzaktan algılama uyduları üzerinde bulunan tarayıcı optiğin gücünü ifade eder ve herhangi bir anda belirli bir yükseklikten algılayıcı sensör ile gözlenen veya kayıt edilen yeryüzüne karşılık gelen alan olarak tanımlanabilir [Çölkesen, 2009]. Yersel çözünürlüğün artması objelerin daha net bir şekilde ayırt edilebilmesi ve yorumlanabilmesine olanak sağlar.

### 2.5.2. Spektral çözünürlük

Spektral çözünürlük yeryüzündeki cisimlerin ve arazi türlerinin uzaktan algılama yolu ile tanımlanabilmeleri için gerekli olan en önemli özelliklerden biridir. Spektral çözünürlük en genel tanımıyla kullanılan bantların sayısını ve genişliğini ifade eder. Her spektral bant elektromanyetik spektrumun belirli bir bölümüne duyarlıdır. Bu bölüm başlangıç ve bitiş dalga boyları ile belirlidir. Teorik olarak spektrum ne kadar küçük parçaya ayrılırsa, spektral ayırma gücüde o kadar artar. Bu nedenle en iyi çözüm en az bant kullanılarak istenilen ayrımı yapabilmektir. Spektrumun değişik bölgelerini kullanan çok bantlı görüntülere multispektral görüntüler adı verilir. Şekil 2.5’de aynı bölgeye ait pankromatik görüntü (a) ile multispektral görüntü (b) gösterilmektedir. Yakın kızılötesi bandın kullanılmasıyla canlı bitki örtüsü kırmızı renkte ayırt edilebilmektedir. Bant sayısı arttıkça spektral çözünürlük de artmaktadır.

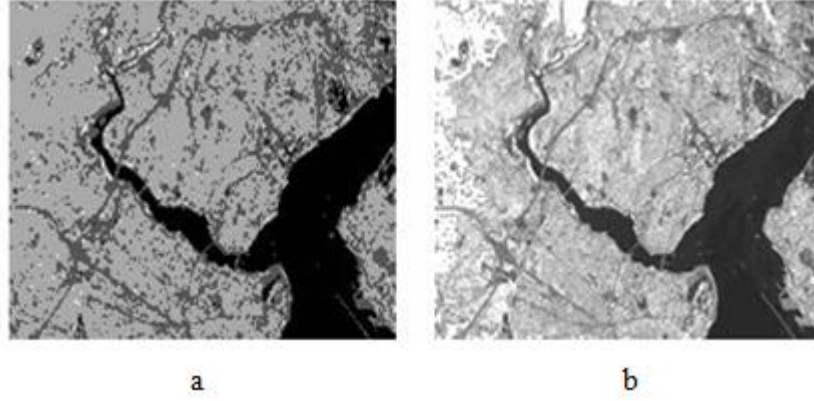


Şekil 2.5. Farklı bant kombinasyonları ile spektral yansıtım.

Günümüzde çok spektrumlu algılayıcıların yanı sıra, hiperspektral algılayıcı olarak adlandırılan daha gelişmiş çok spektrumlu algılayıcı sistemler bulunmaktadır. Daha çok uçak bazlı platformlarda kullanılan bu sistemler spektrumun görünür, yakın kızılötesi ve orta kızılötesi bölgesinde yüzlerce çok dar aralıklı spektral banttan algılama yapabilmektedir [Sunar ve ark., 2010]. Multispektral görüntülerde birkaç farklı dalga boyu kullanılarak görüntü elde edilirken, hiperspektral görüntülerde dar ve ardışık dalga boylarından yüzlerce görüntü alınır. Bu hiperspektral görüntülerde dar aralıklı bantların sağladığı çok yüksek spektral çözünürlük, farklı hedeflerin kolayca birbirinden ayrılmasına olanak sağlamaktadır.

### 2.5.3. Radyometrik çözünürlük

Yeryüzündeki her bir piksele karşılık gelen alanlardan yansıyan ışığın şiddetine göre her obje, tarayıcılar (algılayıcılar) tarafından değişik derecelerde kaydedilir. Buna o alıcının radyometrik çözünürlüğü denir. Kısaca objeleri tanımlamada ve ayırt etmede kullanılan toplam renk tonu sayısıdır. Derecelendirme veya tonlandırma ne kadar yüksek olursa, ayırt etme gücü de o kadar yüksek olur. Bir uzaktan algılama sisteminde radyometrik çözünürlük, siyah ve beyaz renkleri arasında ölçülen gri derecelerinin sayısını ölçmektedir. Radyometrik çözünürlükte ölçme değeri bit olarak adlandırılır. Bir bitlik sistem sadece iki gri düzeyini ölçebilmektedir ( $2^1=2$ ). 8-bitlik bir sistemde 256 gri renk tonu kaydedilebilmektedir. Örnek olarak SPOT 5 uydusu 8 bit, Quickbird uydusu 11 bit radyometrik çözünürlüğe sahiptir. Şekil 2.6'da 2 bit'lik görüntü ile 8 bit'lik görüntü verilmektedir.



Şekil 2.6. Radyometrik çözünürlük (a=2 bit, b=8 bit).

#### 2.5.4. Zamansal çözünürlük

Bir algılayıcının belirli bir noktayı ardışık olarak algılayabileceği zaman dilimidir. Örneğin SPOT uydusu 26 günde bir aynı noktadan geçerken, Landsat 1-2-3 uyduları 18 günde bir, 4-5-6 uyduları ise 16 günde bir aynı noktadan geçerler. Ağaçların sınıflandırılması istenen bir çalışmada farklı mevsimlerde çekilen görüntüler kullanılarak yaprak döken ve dökmeyen ağaçların ayrımı yapılabilir. Zamansal çözünürlük bir uzaktan algılama sisteminin aynı bölgeyi görüntüleme sıklığı ile ilgilidir. Bir bölgedeki spektral karakteristikler zamanla değişebilir ve çok zamanlı görüntü setleri kullanılarak değişim analizi yapılabilir.

## 2.6. Temel Uydu Sistemleri

### 2.6.1. Quickbird-2 uydusu

Quickbird-2 uydusu yüksek çözünürlüğe sahip ticari yer gözlem uydusudur. Digitalglobe firması tarafından 18 Ekim 2001 tarihinde yörüngeye oturtulmuştur. Geniş alanları yüksek konumlama hassasiyetiyle verimli bir şekilde görüntüler. Quickbird-2 uydu görüntüsünden pankromatik bant için 0.6 m, multispektral bantları için 2.4 m yersel çözünürlükte görüntüler elde edilmektedir. Multispektral görüntüler farklı spektral bant uygulamaları ile farklı uygulamalarda kullanılırlar. İlk üç bantın (mavi, yeşil, kırmızı) kullanımıyla elde edilen görüntüler normal renkli ürün olarak tanımlanır ve tematik uygulamalar için idealdir. Yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi

bantlar ile yapılan uygulamalarda bitkiler kırmızı renkli olarak olup genellikle tarımsal amaçlı uygulamalar için idealdir. Quickbird uydusuna ait teknik özellikler Tablo 2.1’de sunulmuştur.

Tablo 2.1. Quickbird-2 uydusu teknik özellikleri.

|                         |                                                                                                                                          |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Fırlatılma Bilgileri    | 18 Ekim 2001, Vandenberg Uzay Üssü, Kaliforniya<br>Fırlatma Aracı: Delta II                                                              |
| Görev Süresi            | Mayıs 2012 (süresi uzatılmış olarak)                                                                                                     |
| Yörünge                 | Yükseklik: 450 km<br>Tip: 98 <sup>0</sup> eğimli güneş senkronize<br>Periyot: 93,5 dk                                                    |
| Ekvator geçişi          | 10.30 am                                                                                                                                 |
| Spektral Bant Genişliği | Pankromatik: Siyah - Beyaz: 450-900 nm<br>Multispektral: Mavi: 450-520 nm<br>Yeşil: 520-600 nm<br>Kırmızı: 630-690 nm<br>NIR: 760-900 nm |
| Yersel Çözünürlük       | Pankromatik: 0.60 m (nadir)<br>Multispektral: 2.4 m (nadir)                                                                              |
| Tarama Genişliği        | 16,5 km (nadir)                                                                                                                          |
| Dijital kayıt formatı   | Her piksel için 11 bit                                                                                                                   |
| Zamansal çözünürlük     | 3.5 gün                                                                                                                                  |

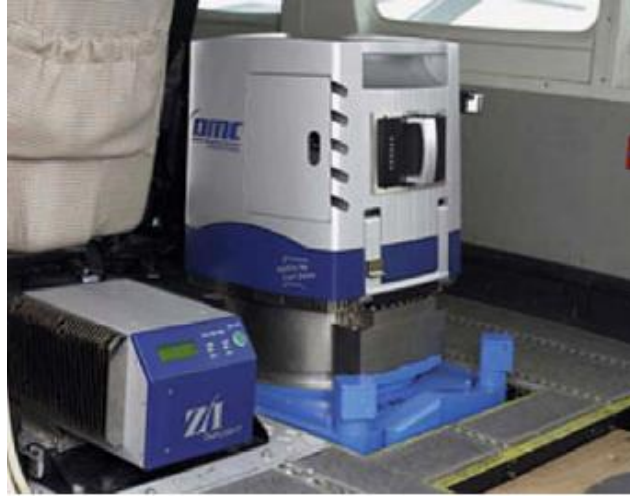
### 2.6.2. Hava fotoğrafı

Hava fotoğrafları yüksek nitelikli analog veya aynı nitelikte dijital hava kameraları ile çekilir. Hava fotoğraflarının çekiminde; 1/5000 ölçekli harita yapımında odak uzaklığı yaklaşık 15 cm ve fotoğraf boyutları 23 cm x 23 cm olan geniş açılı kameralar, diğer büyük ölçekli fotoğraf çekiminde ise odak uzaklığı yaklaşık 30 cm ve fotoğraf boyutları 23 cm x 23 cm olan normal açılı kameralar kullanılır. 1/5000 ölçekli ortofoto harita üretiminde normal açılı kameralar da kullanılabilir. Normal açılı kameralar ile fotoğraf çekiminde bu kameraların görüntü yürümesini düzeltici bir sisteminin bulunması gerekir. Uçuş görevi, nisan ile eylül döneminde uçuş plânına uygun olarak bulutsuz bir havada, yerel öğle zamanından

yaklaşık iki saat önceki ve sonraki zaman aralığında gerçekleştirilir. Bu dönemin dışında zorunlu hâllerde, ilgili idarenin onayı alınarak fotoğraf çekimi yapılabilir. Fotoğraf çekimi arasında güneşin yükseklik açısı  $30^\circ$  den daha büyük olmalıdır. Çözümleme ve ölçek, hava fotoğraflarının temel özelliklerindendir. Çekilen hava fotoğrafının ölçeği ve kalitesi; uçağın yüksekliğine, fotoğraf tipine ve kullanılan fotoğrafik donanımın olanaklarına bağlıdır. Hava fotoğraflarında siyah-beyaz (pankromatik), normal renkli ve kızıl ötesi olmak üzere üç çeşit görüntü elde edilir.

Tez çalışmasında kullanılan hava fotoğrafı Zeiss/Intergraph DMC sayısal hava kamerası ile çekilmiştir. DMC dijital haritalama kamera sistemi, sekiz adet senkronize çalışan CCD matris temelli dizi kameralar içermektedir (Şekil 2.7). Dört adet pankromatik kamera ve dört adet multispektral kamera olarak paylaşılmaktadır. Multispektral kamera kırmızı, yeşil, mavi ve yakın kızılötesi donanıma sahiptir. Görüntü alımı yapıldığında 8 kamera başlığı görüntü verisi toplamaya aynı anda başlamaktadır. Poz alım zamanı elektronik olarak çok yüksek zaman doğruluğunda  $\pm 0.05$  ms olmaktadır. İşleme öncesi zamanı gelince kullanıcı hangi çıktı formatında üretim yapılacağını kararını verebilmektedir. Pankromatik, renkli veya renkli-yakın kızılötesi gibi birden çok çıktı formatları alınabilmektedir. Kamera başlıklarının poz kontrolü iki adet kameraya bütünleşmiş sensör tarafından yapılmaktadır. Entegre edilmiş bir video kamera yeryüzünün çevrimiçi görüntüsünü gösterebilmektedir. Tüm kamera başlıkları analog/dijital dönüştürücülerle donatılmıştır. Analog/dijital dönüştürücülerin çözünürlükleri bant başına 12 bit dir. Görüntü ön işleme sırasında, kullanıcı çıktı görüntülerinin bit derinliğini ayarlayabilmektedir, 8 bit ya da 12 bit kanal başına verilebilmektedir. Uçuş yönünde 7680 piksel, uçuş yönüne dik doğrultuda 13824 piksel boyutlarına sahiptir. Arazi Görünürlük Açışı (AGA) uçuş doğrultusuna dik  $69.3^\circ$  uçuş doğrultusuna  $42^\circ$  olmaktadır. Piksel Boyutu  $12 \mu\text{m}$ , Odak Uzaklığı 120 mm dir. DMC yüksek çözünürlüklü görüntüyü dört pankromatik kameradan gelen verileri birbirine ekleyerek oluşturmaktadır. Dijital kopyalama istasyonu veya ölçüm araçları piksel altı ölçmeyi destekleyebiliyorsa DMC kullanımı ile piksel altı doğruluk erişilebilmektedir. Sistemin doğruluğu kontrolünde kullanılan diğer bir araç, kamera kontrol ünitesi tarafından senkronize edilen mekanik perdedir (obtüratör). Tek mekanik perdenin bırakılma noktaları arasında gecikme olması sonucunda konumsal ve açısal farklılıklar tekli resimler üzerinde (uçağın hareketinden, konum ve açısal

farklılıklar türbülansların sonucu ortaya çıkmaktadır) deformasyonlara sebebiyet vermektedir. Bu sebepten dolayı, her mekanik perde kendisine ait kontrol birimi ile gelmektedir. Bu kontrol birimi mekanik perde açılış kapanış eğrilerini her bırakımda kalibre etmektedir, aynı zamanda bu sistem her bir mekanik perdenin açılış kapanış zaman aralığını 1µs den az sürede gerçekleştirmektedir. Dijital Hava Kamerası (DHK) yüksek çözünürlüklü 4 birbirinden ayrı obtüratör üzerinden gelen görüntüleri birbirinden farklı alanlardan alınıp tek bir merkezi perspektif “sanal görüntü” oluşturmaktadır, yerden ortalama yükseklik burada giriş verisini oluşturmaktadır.



Şekil 2.7. Uçağa monte edilmiş DMC dijital kamera sistemi

### 3. UZAKTAN ALGILAMADA GÖRÜNTÜ SINIFLANDIRMA TEKNİKLERİ

Uzaktan algılanmış verilerin bilgiye dönüştürülerek yeryüzüne ait bilgilerin elde edilmesinde kullanılan en önemli yöntem görüntülerin sınıflandırılmasıdır. Sınıflandırma işleminin genel amacı yeryüzü üzerinde aynı spektral özellikleri taşıyan nesnelerin gruplandırılmasıdır [Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010]. Uzaktan algılamada sınıflandırma, genel olarak nesnelerin farklı spektral yansımalarına dayandırılır. Her piksel için değişik bantlardaki değerler esas alınarak, belirlenen bir matematiksel işlem sonucu o pikselin ait olduğu sınıf bulunur [Ayhan ve ark., 2003]. Sınıflandırma işleminin içerdiği adımlar genel olarak şu şekildedir:

1. Çalışma bölgesinde hangi özelliklerin olduğu tespit edilip sınıflar belirlenir. Arazi çalışması yapılarak, kontrol alanları seçilir, bölgeye ait yardımcı veriler, haritalar temin edilir.
2. Çalışma alanına ait özellikleri ortaya çıkaracak spektral bantların seçimi.
3. Belirlenen sınıflara ait eğitim ve test verilerinin oluşturulması.
4. Uygun sınıflandırma algoritmasının belirlenmesi.
5. Sınıflandırma sonuçlarının arazi çalışmalarıyla karşılaştırması, doğruluk analizi ve elde edilen tematik haritaların yorumlanması.

#### 3.1. Kontrolsüz Sınıflandırma

Kontrolsüz sınıflandırma, sınıfı bilinen yeterince örnek piksel bulunmadığı durumlarda, kümeleme denen yöntemler kullanılarak yapılan sınıflandırmalardır. Burada ilk olarak her sınıftan gelen verilerin veri uzayında kümeler oluşturacağı varsayılır ve görüntüde doğal kümeler aranır. Önemli olan, farklı sınıf tiplerine ait verilerin birbirinden ayrılması için belirli bir örtü tipine ait olan dijital değerlerin ölçme uzayında birbirine yakın konumda olmasıdır. Birbirinden iyi ayrılmış doğal

kümeler bulunduğu durumlarda, eldeki ya da yeni bulunacak az sayıda örnekle sınıflandırma yapılabilir. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşacak sınıflar, spektral sınıflardır [Lillesand et al., 2007].

Kontrolsüz sınıflandırma, piksellerin kullanıcı müdahalesi olmadan algoritmalar yardımı ile otomatik olarak kümelendirilmesi temeline dayanmaktadır. Denetimsiz sınıflandırma yöntemleri içerisinde en yaygın olarak kullanılan ISODATA'dır (tekrarlı veri analizi yöntemi). Bu yöntem, tekrarlı olarak tüm sınıflandırmayı gerçekleştirme ve uygulanan her iterasyon sonrasında yeniden istatistik hesaplamasını temel alır ve minimum girdi ile kümelerin oluşturulmasıdır. Bu yöntem karar kuralı olarak, minimum uzaklığı kullanır. Pikseller, görüntünün sol üst köşesinden başlanarak soldan sağa ve her satırda analiz edilir. Aday piksel ile her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın kümeye atanır. Öncelikle istenilen sınıf sayısı kadar oluşturulan kümenin ortalaması hesaplanır ve her iterasyondan sonra, her bir kümenin yeni ortalaması hesaplanarak, bu ortalamalar bir sonraki iterasyon kümelerinin tanımlanmasında kullanılır. Kontrolsüz sınıflandırma; görüntüdeki veri tanımlanamadığında başvuru yaklaşımıdır. Bu yaklaşımda, arazi örtüsü tipini bilinmesine gerek yoktur, öncelikle sınıf sayıları belirlenir. Ayrıca, veri bandı değerleri yardımı ile benzer piksellerin otomatik olarak bulunması temel alınmaktadır. Tanımlanan bu pikseller sembol, değer ya da etiketlere atanır, gerektiğinde de aynı tip sınıflarla birleştirilir. Kontrolsüz sınıflandırma sonucundan elde edilen sınıflar, spektral sınıflardır ve spektral sınıfların özellikleri başlangıçtaki bilinmemektedir [URL-1].

### **3.2. Kontrollü Sınıflandırma**

Kontrollü sınıflandırma yönteminde, yer yüzeyindeki belli özellikleri gösteren yer örtü tipleri için spektral sınıfları oluşturacak eğitim alanları belirlenmektedir. Daha sonra bu eğitim alanlarının spektral ayırt edilebilirliği incelenir. Bu yöntemde çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan örnekleme alanları kullanılarak piksel değerlerine ait özellik dosyaları oluşturulur.

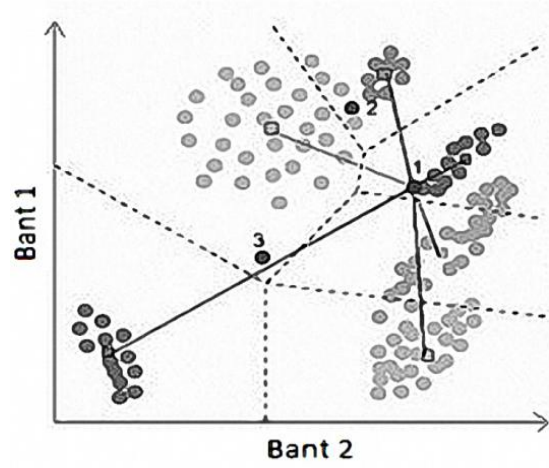
Kontrollü sınıflandırmada, görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı, ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istenildiği önceden bilinir. Bunun için görüntüden belirlenen sınıflara ait denetim alanlarının seçilmesi gerekmektedir. Bu seçim için gerektiğinde arazide yer gerçekliği yapılması zorunludur. Denetim alanlarının seçimi sınıflandırmanın doğruluğunu etkileyen bir aşamadır. Uygulamada çokça karşılaşılan sorun sınıf çakışmasıdır. Sınıf çakışmasının nedenlerinden biri de denetim alanlarının ölçümünde yapılan hatalardır [URL-1]. Sınıflandırmadaki temel amaç, sınıflandırmada oluşacak hatayı, diğer bir deyişle sınıfı yanlış ifade edilen piksellerin sayısının en aza indirecek yöntem ve algoritmaların bulunmasıdır [Kızıltoprak, 2008].

Eğitim veri seti kullanılarak sınıflandırma işlemini gerçekleştiren kontrollü sınıflandırma yaklaşımı daha yüksek doğruluklar elde edildiğinden en çok tercih edilen yöntemdir [Kavzoğlu ve Çölkesen, 2010]. Ayrıca kontrollü sınıflandırma yöntemleri istatistiksel kavramlara dayalı yöntemleri ve yapay sinir ağlarına dayalı yöntemleri de içerir [Ayhan ve ark., 2003]. Kontrollü sınıflandırmada kullanılan en önemli sınıflandırıcılar en çok benzerlik, en kısa uzaklık ve paralelkenar sınıflandırıcılarıdır.

### **3.2.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı**

En basit sınıflandırma yöntemlerinden biridir. Öncelikle her bir örnek sınıf için bütün bantlardaki ortalama spektral değerler belirlenir ve sınıflandırmada bir piksel en yakın ortalamaya sahip sınıfa atanır.

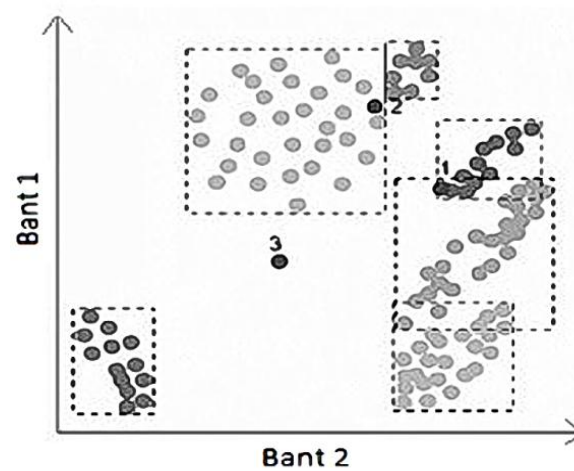
En kısa uzaklık yöntemi matematiksel ifadesi anlaşılabilir, basit ve hesaplama zamanı açısından hızlı olan bir kontrollü sınıflandırma algoritmasıdır. Yöntemin bu önemli avantajlarının yanında en önemli eksikliği görüntü üzerindeki objelerin spektral olarak birbirine çok yakın değerlere sahip olması ve yüksek varyans değerlerine sahip olması durumlarında ürettiği düşük doğruluktur [Çölkesen, 2009].



Şekil 3.1. En kısa uzaklık sınıflandırıcısı.

### 3.2.2. Paralelkenar sınıflandırıcısı

Paralelkenar sınıflandırıcısında her bir örnek sınıfın her bir banttaki en düşük ve en yüksek spektral değerleri dikkate alınarak, dikdörtgen bölgeler oluşturulur. Daha sonra sınıflandırılmak istenen aday piksel içerisinde bulunduğu dikdörtgen bölgenin ait olduğu örnek sınıfa atanır [Lillesand et al., 2007]. Parametrik olmayan, hızlı ve basit bir yöntemdir. Fakat bu yöntemin sonucunda sınıflandırılmayan piksel sayısı yüksektir. Sınıflar arsında örtü alanı olması durumunda sınıflandırmanın zorlaşmasından ötürü pikseller birbirini örten sınıflardan birine rasgele atanır. Düşük doğruluk veren basit bir yöntem olduğundan çokça kullanılan bir yöntem değildir.

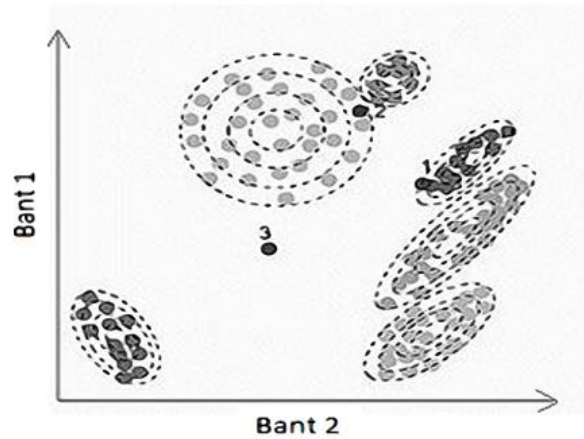


Şekil 3.2. Paralel kenar sınıflandırıcısı.

### 3.2.3. En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi

En çok benzerlik yöntemi, uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma tekniklerinden en çok kullanılan ve bilinen kontrollü sınıflandırma yöntemidir. Bu yöntemde, bilinmeyen bir pikselin sınıflandırılmasında sınıflandırılacak spektral desenlerin hem varyansı hem de kovaryansı değerlendirilir [Ayhan ve ark., 2003]. Bu parametrelerle, bir pikselin belli bir sınıfa ait olma olasılığı hesaplanır. Olasılık düzeyi ekseninde gösterilir, yataydaki iki eksen farklı bantlar yer alır. Bu değerlerle oluşan çan şeklindeki yüzey olasılık yoğunluk fonksiyonu olarak adlandırılır ve her bir spektral kategori için bir fonksiyon vardır [Kansu, 2006].

Kontrol alanlarını oluşturan sınıflar için olasılık fonksiyonları hesaplanmakta ve buna göre her bir pikselin hangi sınıfa daha yakın olduğuna karar verilmektedir [Çölkesen, 2009].



Şekil 3.3. En çok benzerlik sınıflandırma yöntemi.

### 3.3. Bulanık (Fuzzy) Sınıflandırma

Bulanık sınıflandırma, karışık piksel problemini bulanık mantık yöntemiyle çözmeye çalışır. Verilen bir sınıf birden fazla türde kısmi üyeliğe sahip olabilir. Bulanık sınıflandırmaya bir yaklaşım da bulanık kümelemedir. Bulanık kümeler keskin sınırlar içermezler, bunun yerine bulanık bölgeler kurulur. Bulanık bir küme 0

ile 1 değerleri arasında bulanık üyeliklerden oluşur ve üyelik dışından (0) üyeliğe doğru (1) devamlı olarak artış göstererek üyeliğin tanımlanması gerekir.

Bulanık sınıflandırma sistemleri, uzaktan algılamada bilgi çıkarımında anlaşılmayan çoğu belirsizliği dikkate almaya iyi uyan bir yapıdadır. Parametre ve model belirsizlikleri, üyelik fonksiyonları olarak adlandırılan bulanık kümelerle hesaplanır [Benz et al., 2004]. İkili “doğru” veya “yanlış” yerine çoklu değerlendirmeli bulanık mantık, “doğru” ve “yanlış” arasındaki geçişlere izin verir. “ve” ile “veya” mantık uygulamalarının da az veya çok geçişli ifadeleri bu şekilde kullanılabilir [Karakış, 2005].

### 3.4. Nesne Tabanlı Görüntü Analizi

Klasik piksel tabanlı yaklaşımlar güçlü değerlere sahip olması ve geniş kullanım alanlarının devam etmesine rağmen, pikselin yersel ölçeğindeki işlemler birçok eksikliklere sebep olabilir. Bunun nedeni bir pikselin yersel genişliğinin ilgili özelliğin bitki örtüsüne uymayabilmesidir. Örneğin bir pikselin bitki örtüsünün tek bir tipinden daha çok neyi temsil etmesi, karışık piksellerin problemi olarak bilinir [Aplin and Smith, 2008]. Klasik piksel tabanlı sınıflandırma yaklaşımları yüksek yersel çözünürlükteki görüntüler için yeterince uygun değildir [Schiewe et al., 2001]. Nesne-tabanlı görüntü analizi, insan algısına yakın bir analiz yaparak nesneleri hem renk hem de şekil, bütünlük, doku özellikleri, komşuluk ilişkileri gibi farklı kriterlere göre değerlendiren bir yöntem olması nedeni ile geleneksel yöntemlere göre üstünlük sağlamaktadır [Uça Avcı ve Sunar, 2010]. Ayrıca nesne tabanlı görüntü analizinde benzer spektral özellikteki komşu piksellerin gruplandırılmasıyla nesneler oluşturulduğundan en küçük birim piksel değil nesnedir.

Görüntü içerisindeki özelliklerin nesneler halinde gruplanarak işleme sokulması, nesne tabanlı görüntü analizinin temelini oluşturur. Bu yaklaşım aslında, görüntünün insan algısına yakın şekilde analiz edilmesine imkân sağlar. Nesne tabanlı yaklaşım içerisinde nesneler, görüntü, fotoğraf ya da resim biçimlerinin temelini oluşturur. Örneğin bir fotoğrafa baktığımız zaman şekil, yazı, renk, içerik ve resimde anlaşılabilen diğer özellikleri kullanırız ve çeşitli nesneler halinde parçalara

ayırarak görüntü analiz edilir. İnsan beyni bir resimde var olan zengin bilgi içeriğini yorumlamada doğuştan yeteneğe sahiptir ve arabalar, evler, ağaçlar, golf sahaları gibi resimde verilen diğer özellikteki nesneleri sezgisel olarak tanımlayabilir. Başka bir ifadeyle, muhakeme gücü insan beyninde önceden saklanan bilginin aniden kullanılmasına izin verir ve görüntü yorumlama için uzman bir kural tabanı içine dönüştürür [Navulur, 2007].

Nesne tabanlı görüntü analizinde ilk işlem adımı olan segmentasyon işleminde, homojen komşu piksellerin bir araya gelmesiyle nesneler oluşturulur. Segmentasyondan sonraki işlem adımı sınıflandırmadır. Sınıflandırmada elde edilen bu nesnelerin morfolojik özelliklerinden faydalanılır. Bu analizin avantajlarından biri, segmentasyonda oluşturulan nesneler dolayısıyla milyonlarca pikselle uğraşmak yerine homojen bütünlüğü sağlanmış olan daha az sayıdaki nesneler ile sınıflandırma analizine geçilmesidir.

### **3.4.1. Segmentasyon**

Segmentasyon nesne tabanlı görüntü analizinde ilk ve en önemli işlem adımıdır. En genel tanımıyla segmentasyon, uzaktan algılanmış görüntü üzerindeki homojen ve komşu piksellerin seçilen ölçek ve homojenlik kriterine bağlı olarak gruplandırılmasıyla nesneler elde edilmesi işlemidir. Bu işlemin amacı görüntüden anlamlı nesneler çıkartmaktır. Böylelikle ilgili nesnelerin şekilleri, görüntüdeki nesnelere dayalı olarak üretilmektedir. Bu işlem ile segmentler içerisindeki heterojenlik en alt seviyeye indirilmiş olur ve görüntü üzerindeki en küçük birim artık piksel değil nesnedir. Segmentasyonun avantajlarından biri milyonlarca pikselle uğraşmak yerine sayıca hem çok daha az, hem de homojen spektral özellik gösteren nesnelerin kullanımı ile sınıflandırma yapılmasıdır.

Segmentasyonun nesne tabanlı görüntü analizinin ilk aşaması olmasından dolayı, segmentasyondan kaynaklanan hataların sınıflandırma doğruluğunun etkilenmesine neden olur. Bu yüzden segmentasyon kalitesi hiçbir şüpheye yer vermeyecek şekilde olmalıdır. Song et al. (2005), nesne tabanlı görüntü analizinin bazı kısıtlamalara sahip olduğunu ifade etmiştir. Bu durumda;

1. Sınıflandırma doğruluğu segmentasyonun kalitesine bağlıdır (nesnelerin hatalı oluşturulması durumunda, sınıflandırma doğruluğu iyi olmayacaktır).

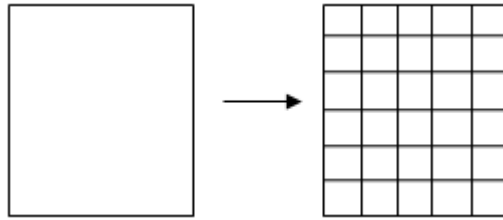
2. Sınıflandırma hatası, hem segmentasyon hem de sınıflandırma işlemindeki hatadan dolayı yığılma gösterebilir.

3. Nesne bir kere yanlış segmente edilirse, bu nesnedeki tüm pikseller yanlış sınıflandırılır.

Bu sebeple segmentasyon aşamasında parametrelerin hassas olarak seçilmesi gerekmektedir. Aksi takdirde segmentasyon sonucunda elde edilen nesnelerin, arazi örtüsü sınıflarını farklı özellikleri de içine katacak şekilde temsil edilmesine neden olabilmektedir. Segmentasyon işlemi, çeşitli kriterlere göre yeni nesneler oluşturan ve bu nesnelerin morfolojisini değiştiren metotları içerir. Nesneleri oluşturmak için hangi algoritmanın kullanılması gerektiği seçilmesi gereken ilk işlemdir.

#### 3.4.1.1. Grid segmentasyonu

En basit segmentasyon algoritmasıdır. Görüntünün istenilen boyutlarda eşit karelere bölünmesiyle nesnelerin oluşturulmasına izin verir (Şekil 3.4). Bu yöntem basit kare nesneler ürettiği için, çoğunlukla görüntüyü ve nesneleri alt bölümlere ayırmak için kullanılır.

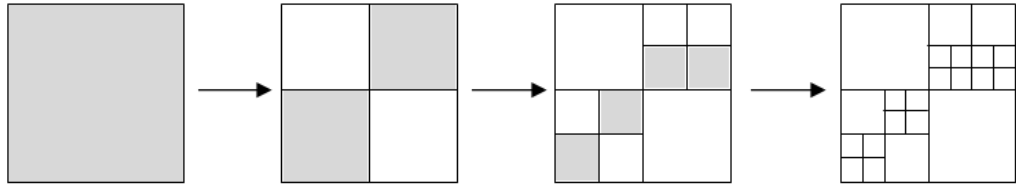


Şekil 3.4. Grid segmentasyonu.

#### 3.4.1.2. Dörtlü ağaç yapısı segmentasyonu

Bu algoritma, piksel ya da nesne alanını kare nesnelerin oluşturduğu dörtlü karelaj yapısıyla bölümleyerek nesneleri oluşturur (Şekil 3.5). Grid segmentasyonu

ile benzerlik gösterir, fakat farklı boyutlarda kareler oluşturur. Ölçek parametresi kullanılarak her bir kare içinde renk farklılıklarının üst limiti tanımlanabilir. Bu segmentasyon metodunun çalışma mantığı, spektral yoğunluğu farklılık gösteren bölgelerin dörderli kareler şeklinde bölünmesine dayanır. Kısacası homojenlik ölçütünün elverişli olmadığı bölgelerde her bir kare dört kareye daha bölünür ve bu işlem homojenlik ölçütü sağlanıncaya kadar devam eder. Homojen olan bölgelerde, özellikle heterojen bölgelere göre daha büyük kareler elde edilir. Daha az öneme sahip olduğundan dolayı uygulamalarda tercih edilen bir yöntem değildir.



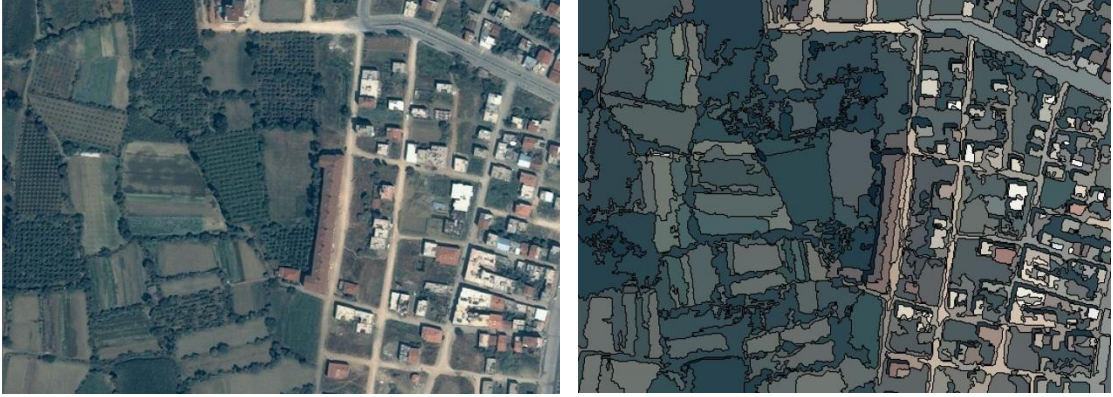
Şekil 3.5. Dörtlü ağaç yapısı segmentasyonu.

### 3.4.1.3. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon

Uygulamalarda en çok tercih edilen segmentasyon metodudur. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon, ileri sınıflandırma veya diğer görüntü işleme işlemleri için ilk adım olarak başlangıç nesneleri üretir [Baatz and Schäpe, 2000]. Bu metod benzer spektral özellik gösteren komşu piksellerin gruplandırılmasıyla nesnelerin oluşturulmasına ve farklı ölçek seviyeleri kullanılarak nesne hiyerarşisi üzerinden çalışılmasına imkân tanıyan segmentasyon metodudur. Ölçek parametresi ve homojenlik kriterini baz alarak nesneler oluşturmasına izin verir. Bu metotta homojen alanlar büyük nesneler içerisinde, heterojen alanlar ise daha küçük nesneler içinde sonuç verir. Bu metotta segmentasyon süreci, satranç tahtası segmentasyonu ve dörtlü ağaç yapısı segmentasyona göre daha uzun ve yoğundur.

Çoklu çözünürlüklü segmentasyon bir bölge birleştirme tekniğidir. Küçük pikselleri daha büyük piksel grupları içerisine birleştirmeye imkan sağlar [Benz et al., 2004]. Farklı veri türleri üzerinden düzensiz çözünürlükte yüksek homojenlikte nesneler üretir [Baatz and Schäpe, 2000]. Bu işlem üzerinde görüntü nesnelerinin hiyerarşik yapısı oluşturulabilmektedir. Şekil 3.6, çoklu çözünürlüklü segmentasyon

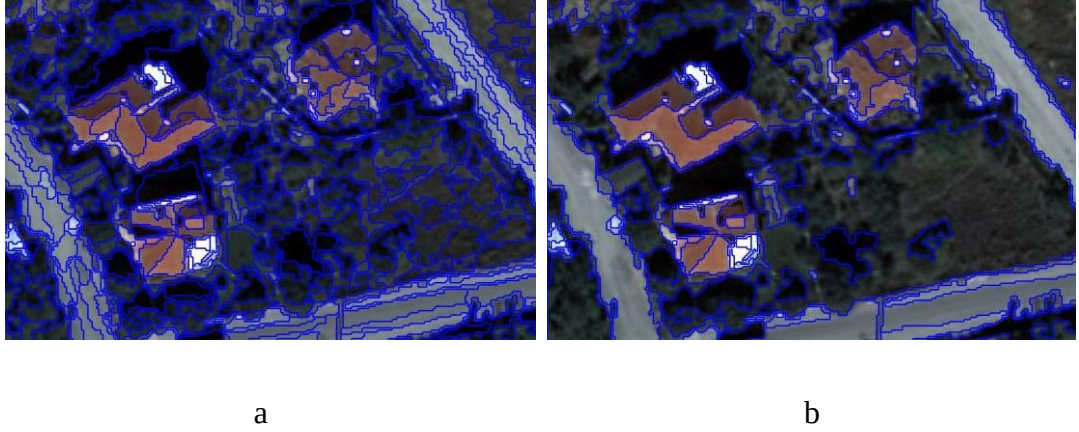
ile segmente edilmiş görüntüde nesnelerin gerçek arazi objeleriyle uyumlu olduğunu ve spektral homojenliği koruduğu göstermektedir.



Şekil 3.6. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon.

#### 3.4.1.4. Spektral ayırım segmentasyonu

Spektral benzerliği çok yüksek olan mevcut nesneleri birleştirmek ve bu şekilde toplam nesne sayısını azaltmak amacıyla kullanılır. Nesne oluşturmak amacıyla ilk adımda kullanılan bir metot değildir. Bu metotta maksimum spektral ayırım değerinin belirlenmesiyle nesneler düzenlenir. Şekil 3.7’de çoklu çözünürlüklü segmentasyon ile elde edilen görüntü üzerinde spektral ayırım segmentasyon metodunun kullanılmasıyla spektral benzerlik gösteren nesnelerin birleşimi gösterilmektedir. Burada nesne sayısındaki azalma ve daha bütün olarak ortaya çıkan nesneler görülmektedir.



Şekil 3.7. Spektral ayırım segmentasyonu ile benzer spektral özellik gösteren nesnelerin birleştirilmesi (a- Çoklu çözünürlüklü segmentasyon, b- Spektral ayırım segmentasyonu).

### 3.4.2. Segmentasyon parametreleri

Genel segmentasyon algoritmasının başarısı homojenlik kavramını temel alır. Ölçek parametresi ortalama nesne boyutunun düzenlenmesi için kullanılır. Görüntü nesnesi için farklı homojenlik kriterleri spektral ve şekilsel bilgiyi baz alarak geliştirilir ve karşılaştırılır [Baatz and Schäpe, 2000]. Segmentasyon aşamasında elde edilen nesnelerin boyutları ve sahip olduğu homojenlik seçilen parametrelere göre farklılık gösterir. Ölçek parametresi ile homojenlik kriterine dahil olan şekil ve bütünlük parametreleri çoklu çözünürlüklü segmentasyon ile uygulanmaktadır. Bu segmentasyon parametreleri kullanıcı tanımlı olup, en iyi deneme yanılma yoluyla belirlenmektedir. Ayrıca bu parametrelerin yanında her bir görüntü bantına farklı ağırlıklar verilmesi, nesnelerin oluşumunda ufak değişiklikler meydana getirmektedir. Seçilen görüntü bantlarına ne kadar yüksek ağırlık verilirse, segmentasyon işlemi esnasında o bantların piksel bilgileri daha ağırlıklı olacaktır [eCognition, 2011(b)]. Tez kapsamında segmentasyon parametreleri ölçek, şekil ve bütünlük parametreleri olmak üzere üç başlık altında değerlendirilmiş olup, nesne oluşumunda etkileri uygulama kısmında detaylı analiz edilmiştir.

### 3.4.2.1. Ölçek parametresi

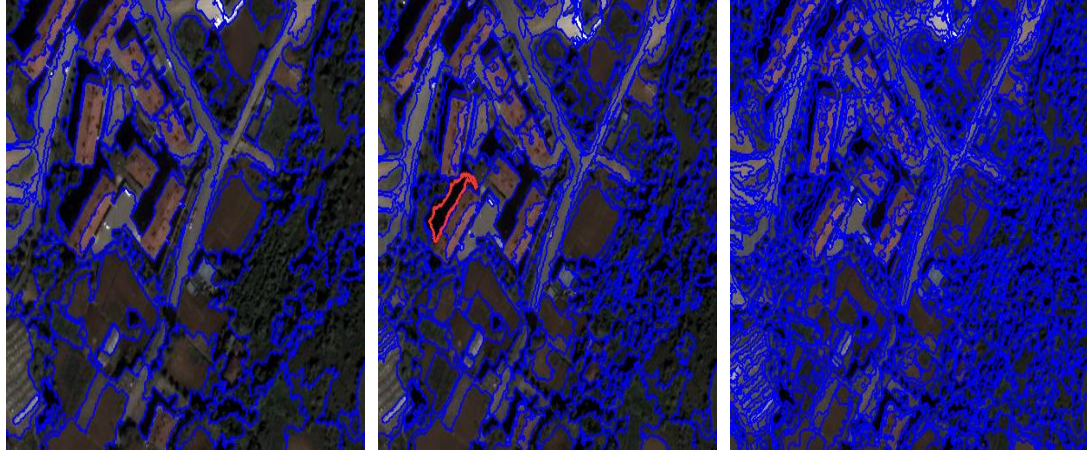
Ölçek parametresi segmentasyon adımını etkileyen en önemli değişkendir. Ölçek parametresi elde edilecek nesne boyutunu belirler. Verilen ölçek faktörüne göre heterojen bölgelerde oluşan nesneler, homojen yapıya sahip olan bölgelere göre daha küçük bir şekilde elde edilir.

Ölçek parametresi, sonuç nesneler için izin verilen maksimum homojenliği belirleyen soyut bir terimdir. Ölçek parametresi ne kadar büyük seçilirse nesnelerde o kadar büyük elde edilir. Başka bir deyişle aynı tipteki nesneler farklı ölçekte farklı şekillerde görülür [Benz et al, 2004]. Örneğin yüksek çözünürlükteki görüntüde ormanlık bir arazi ele alındığında, küçük ölçek parametresiyle ağaçları ayrı olarak belirleyebiliyorken, orta derecede bir ölçek parametresiyle benzer tür ve ağaçların bir arada bulunduğu uygun nesneler üretilir. Büyük ölçek parametresinde ise ormanlık alan bir bütün olarak belirlenebilmektedir.

Nesne tabanlı görüntü analizinde kullanılan asıl ölçek parametresi, sensörün çözünürlüğüne ve görüntünün ölçeğine bağlı olarak değişiklik gösterir. Ölçek parametresi için tanımlanan kesin bir kural yoktur. Bu parametre en iyi deneme yanılma yöntemiyle belirlenir [Meinel and Neubert, 2004]. Deneme yanılma yöntemiyle uygun ölçek faktörünün belirlenmesi ile daha hassas sonuçlar elde edilebilmektedir. Şekil 3.8’de üç farklı ölçek parametresine göre nesne boyutları gösterilmiştir.

Her sınıflandırma işlemi kesin bir ölçeğe bağlıdır. Bu nedenle, görüntü nesnelerinin istenilen ölçeğe uygunluğu çok önemlidir. Görüntü bilgisi, görüntü nesnelerinin ortalama büyüklüğüne bağlı olarak farklı ölçeklerde sunulabilir [Marangoz, 2009]. Çalışılan alanın özelliklerine göre kimi durumlarda farklı ölçeklerle oluşturulan nesnelerin hiyerarşisi kullanılarak sınıflandırma yapılabilir. Nesne hiyerarşisi ile eşzamanlı olarak farklı nesne seviyeleri üzerinden farklı ölçekler gösterilebilir. Farklı nesne boyutlarının bir arada kullanılmasına imkân sağlar. Şekil 3.9 segmentasyon seviyesinin hiyerarşik yapısını ve gerçek dünya yapılarının nesne boyutlarını belirten nesne seviyelerini gösterir. Her nesne komşuluk ilişkisinin yanı sıra kendi alt nesne ve üst nesnesini bilir. Çelik (2006)’nın

ifadesine göre, her bir seviye alt nesnelere bağlı olarak yürütülür. Komşu alt nesneler birleşerek, bir üst seviyede daha büyük görüntü nesnelerini oluşturabilmektedirler.

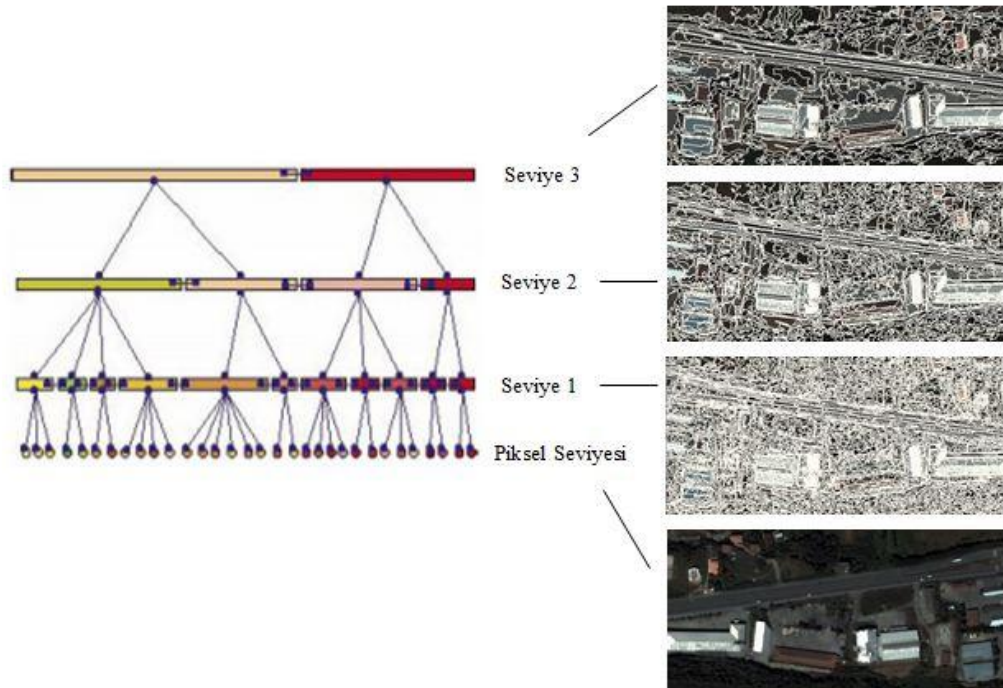


(a)

(b)

(c)

Şekil 3.8. 60 cm yersel çözünürlükteki Quickbird-2 uydu görüntüsünde 3 farklı ölçek parametresi (a-150 kaba ölçek, b- 80 orta ölçek, c- 30 hassas ölçek) kullanılarak elde edilen nesne boyutları



Şekil 3.9. Farklı ölçek seviyelerinde nesne hiyerarşisi

Benz et al. (2004)'a göre yerleşim alanlarını içeren görüntüdeki bir segmentasyon aşamasında üç ölçek seviyesindeki yaklaşımı şu şekilde açıklanmıştır.

- Hassas ölçekte ağaçlar, binalar ve yollar tek tek gösterilir,

-Orta ölçekte farklı yerleşim türleri için ağaç ve bina grupları bir araya gelir,

-Geniş ölçekte orman, kent alanı ve açık arazi bir bütün halinde nesne içinde bulunur. Bu ölçekler arasında hiyerarşik bir bağlantı vardır. Ev, bina, yol ve diğer yapıları oluşturan nesnelerin bir araya gelmesiyle yerleşim alanları elde edilir. Çeşitli yerleşim alanlarının bir araya gelmesi ile de şehir bir bütün olarak ortaya koyulmuş olur.

Drăgut et al. (2010), Definiens Developer yazılımı üzerinde çalışan ve görüntü segmentasyonunda ölçek parametresi değerini yaklaşık olarak belirleyen bir yöntem geliştirmiştir. 'Ölçek parametresi tahmini' olarak adlandırılan bu araç, görüntü içindeki nesne heterojenliğinin yerel değişkeni fikrini temel alır. Woodcock and Strahler (1987), yerel değişkeni, yersel çözünürlük ile görüntüdeki nesnelerin boyutu arasındaki ilişkiye bağlı olarak tanımlamıştır. Bu durum, yersel çözünürlüğün fonksiyonu olarak görüntüdeki yerel değişken grafiği, görüntüdeki konumsal yapıyı hesaplamak için kullanılabilir. Böylece görüntüdeki konumsal yapının esas olarak, yersel çözünürlük ve görüntüdeki nesnelerin boyutu arasındaki ilişkiye bağlı olması beklenir.

Nesnelerin oluşturulması esnasında ölçek parametresinin yanında homojenlik kriteri temel alınır. Bu kriter spektral ve şekil bileşenlerinden oluşur. Spektral bileşeni ifade eden renk kriteri ve şekilsel bileşeni ifade eden şekil kriteri heterojenliği belirler. Renk kriteri anlamlı nesneler yaratmak için önemli bir ölçüttür. Şekil kriteri ise objelerin sınırlarının yumuşaklığı ile bütünlüğü arasında bir denge kurar. İdeal şekilleri tanımlayan bir değerdir. Bütünlük ve yumuşaklık bileşenlerinin toplamı bu parametre değerini verir. Objelerin homojenlik kriteri bu parametrelerin ağırlıklandırılması ile belirlenir.

Eşitlik 3.1’de gösterilen birleştirme faktörü ( $f$ ), spektral heterojenlik ( $\Delta h_{\text{renk}}$ ) ve şekilsel heterojenlik ( $\Delta h_{\text{şekil}}$ ) bileşenlerini içerir. Ağırlık parametreleri ( $w_{\text{renk}}, w_{\text{şekil}}$ ), uygulamada heterojenlik tanımı uyumuna izin verir [Benz et al., 2004].

$$f = w_{\text{renk}} \cdot \Delta h_{\text{renk}} + w_{\text{şekil}} \cdot \Delta h_{\text{şekil}} \quad , \quad w_{\text{renk}} \& w_{\text{şekil}} \in [0,1]$$

$$w_{\text{renk}} + w_{\text{şekil}} = 1 \quad (3.1)$$

Eşitlik 3.2’de birleştirme faktörünün spektral bileşeni olan renk parametresi gösterilir. Spektral heterojenlik, nesneyi oluşturan piksellerin spektral değerleri üzerinden tanımlanır ve bu piksellerin ağırlıklandırılmış spektral değerlerinin standart sapması ile orantılıdır. Burada  $n_{\text{nesne}_1}$  birleştirme için seçilen nesne,  $n_{\text{nesne}_2}$  komşu nesne,  $n_{\text{birleşim}}$  ise  $n_{\text{nesne}_1}$  ve  $n_{\text{nesne}_2}$  nin birleşim sonucunu gösterir. Eşitlikte  $c$  spektral bant indeksi ve  $w_c$  kullanıcı tarafından seçilen bant ağırlığıdır.  $\sigma_c$ , nesnenin ait olduğu tüm piksellerin hesaplandığı  $c$  için piksel değerlerinin standart sapması ve  $n$  her nesnenin piksel sayısıdır.

$$\Delta h_{\text{renk}} = \sum_c w_c \left( n_{\text{birleşim}} \cdot \sigma_c^{\text{birleşim}} \left( n_{\text{nesne}_1} \cdot \sigma_c^{\text{nesne}_1} - n_{\text{nesne}_2} \cdot \sigma_c^{\text{nesne}_2} \right) \right) \quad (3.2)$$

Eşitlik 3.3 birleşim faktörünün şekilsel bileşeni olan şekil parametresi, bütünlük ( $\Delta h_{\text{bütünlük}}$ ) ve yumuşaklık ( $\Delta h_{\text{yumuşaklık}}$ ) bileşenlerinden oluşur. Şekilsel heterojenlik yumuşak ve bütün nesne şeklinin sapmasını temel alır. Her bileşenin önemliliği  $w_{\text{bütünlük}}$  ağırlığı ile ayarlanır. Bütünlük parametresi nesnenin çevre uzunluğu oranı ve alanın karekökü ile tanımlanır. Yumuşaklık parametresi nesne çevresinin oranı ve onun sınırlayıcı kutusunun uzunluğu olarak tanımlanır.

$$\Delta h_{\text{şekil}} = w_{\text{bütünlük}} \cdot \Delta h_{\text{bütünlük}} + w_{\text{yumuşaklık}} \cdot \Delta h_{\text{yumuşaklık}} \quad (3.3)$$

Eşitlik 3.4 ve 3.5’de bütünlük ( $\Delta h_{\text{bütünlük}}$ ) ve yumuşaklık ( $\Delta h_{\text{yumuşaklık}}$ ) bileşenleri gösterilmiştir. Burada  $n$  ile nesne büyüklüğü,  $l$  ile nesnenin çevre uzunluğu,  $b$  ile sınırlayan kutunun çevre uzunluğu ifade edilmektedir. Yumuşaklık ve bütünlük parametrelerinin toplamı 1 değerine eşittir.

$$\Delta h_{\text{bütünlük}} = n_{\text{birleşim}} \cdot \frac{l_{\text{birleşim}}}{\sqrt{n_{\text{birleşim}}}} - \left( n_{\text{nesne\_1}} \cdot \frac{l_{\text{nesne\_1}}}{\sqrt{n_{\text{nesne\_1}}}} + n_{\text{nesne\_2}} \cdot \frac{l_{\text{nesne\_2}}}{\sqrt{n_{\text{nesne\_2}}}} \right) \quad (3.4)$$

$$\Delta h_{\text{yumuşaklık}} = n_{\text{birleşim}} \cdot \frac{l_{\text{birleşim}}}{b_{\text{birleşim}}} - \left( n_{\text{nesne\_1}} \cdot \frac{l_{\text{nesne\_1}}}{b_{\text{nesne\_1}}} + n_{\text{nesne\_2}} \cdot \frac{l_{\text{nesne\_2}}}{b_{\text{nesne\_2}}} \right) \quad (3.5)$$

Segmentasyon işlemi boyunca heterojenlik için ayarlanabilen bu kriterler temel alınarak nesneler elde edilir. Bu ayarlama spektral bant ağırlığı, renk ağırlığı ve bütünlük ağırlığının oluşturduğu segmentasyon parametresi değerlerinin belirlenmesi ile yapılır [Feitosa et al., 2006].

### 3.4.2.2. Şekil parametresi

Şekil parametresi, nesnelerin oluşturulmasında renk ve şekil kriterleri arasındaki ilişkiyi düzenleyen değerdir. Şekil kriterinin değiştirilmesiyle dolaylı olarak renk kriteri kısıtlanabilmektedir (Renk=1-Şekil). Bu parametre 0 ile 1 arasında kullanıcı tanımlı olarak değer alır. Şekil parametresi için seçilen 0.4 değeri aynı zamanda renk değeri için 0.6 değerine karşılık gelmektedir. Şekil homojenliğinin derecesi nesne çıkarımının kalitesinde oldukça gelişmiştir, çünkü konumsal objelerin yoğunluğu görüntü şekliyle ilişkidir. Bu yüzden şekil kriteri, radar verisi gibi dokusu güçlü olan verilerde, oldukça fazla parçalanmış görüntü nesnelerini önlemek açısından yardımcıdır [eCognition, 2011(b)]. Şekil parametresinin yoğunluğunun fazla seçilmesi segmentasyon sonucunun kalitesini azaltmaktadır.

### 3.4.2.3. Bütünlük parametresi

Bu parametre nesnelerin bütünlüğü ile ilgili uyumu kullanır. Nesnelerin daha bütün veya yumuşatılmış olması sonucunu doğurur. 0 ile 1 arasında kullanıcı tanımlı değer alır. Yumuşaklık ve bütünlük kriterlerinin ağırlıkları toplamı 1 değerine eşittir. Bir ifadeyle bütünlük için atanan değer yumuşaklığa karşı rölatif bir ağırlık vermektedir [eCognition, 2011(a)]. Dolayısıyla bütünlük için 0.3 değeri seçildiği zaman yumuşaklık için 0.7 değerine karşılık gelmektedir.

### 3.4.3. Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırmada amaç, görüntüdeki homojen komşu piksellerin, seçilen kriterler dâhilinde gruplandırılmasıyla elde edilen nesnelerin sınıflandırma işlemine sokulmasıdır. Burada milyonlarca pikselle uğraşmak yerine sayısı çok daha az olan segmentler üzerinde analiz işlemleri yapılır. Ve kullanıcının sınıflandırma aşamasında sadece piksellerin spektral değerlerini değil, bunun yanında şekil, doku ve içerik bilgilerini kullanmasına izin verilir. Bu analiz nesnelerin sadece şekil ve boyutlarıyla ilgilenmekle kalmaz, onların semantik bilgilerini de içine alır. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminin temeli, görüntüden anlamlı nesneler çıkarmaya dayanmaktadır.

eCognition yazılımında nesne tabanlı sınıflandırma işleminde genel olarak kullanılan iki yaklaşım vardır. Bunlardan biri üyelik fonksiyonları sınıflandırıcısı, diğeri de en yakın komşuluk sınıflandırıcısıdır. En yakın komşuluk sınıflandırıcısı, kullanıcının her sınıf için karar vermesi gereken örnek nesneler yardımıyla ortaya çıkacak sınıfları tanımlarken, üyelik fonksiyonları nesnelerin belirli bir sınıfa ait olduğu veya belli bir seviyede olmadığı yerdeki önemli özellik aralıklarını tanımlar [Marangoz ve ark., 2005]. Üyelik fonksiyonlarının kullanımı, sınıflara üyelik derecesi vermek için kullanılan bulanık mantık ve özellik değerleri arasındaki ilişkinin tanımlanmasına izin verir. En yakın komşuluk sınıflandırıcısı, oluşturulan nesnelere sınıf değerleri atamak için farklı sınıflara ait örnekleri kullanır. Bu sınıflandırmada ilk olarak örnek olarak seçilen belli görüntü nesneleri sisteme öğretilir ve ardından dâhil olduğu özelliklere göre (orijinal bantlar, dönüşüm yapılmış bantlar gibi) en yakın örnek komşular ile görüntü nesnelerini sınıflandırır. Bu yöntem kontrollü sınıflandırma yöntemiyle benzerlik göstermektedir. Bu işlem iki adımdan oluşur. Yazılım en yakın komşuluk sınıflandırıcısını iki biçimde ayırır. Bunlar standart en yakın komşuluk ve en yakın komşuluk seçenekleridir. Standart en yakın komşuluk seçeneği, seçilen görüntüde bütün orijinal bantlar için nesnelerin ortalama değerlerini otomatik olarak seçer. En yakın komşuluk seçeneği ise nesne özelliklerinin altındaki şekil, doku ve hiyerarşi veya sınıf ilişkili özellikler gibi daha birçok değişkeni kullanıcının tanımlaması gerekir [eCognition, 2011(a); Myint et al., 2011].

### 3.4.4. Sınıflandırma Doğruluğunun Değerlendirilmesi

Sınıflandırma sonuçlarının değerlendirilebilmesi açısından doğruluk analizi büyük önem taşımaktadır. Sınıflandırma doğruluğunda en çok kullanılan yöntemlerden biri, sınıflandırma hata matrisinin oluşturulmasıdır. Hata matrisleri, her sınıf için bilinen referans veri ile ona karşılık gelen sınıflandırma sonuçları arasındaki ilişkiyi karşılaştırmaktadır. Kare matrisler oluşturulur ve bu matrislerde, satır ve sütunların sayısı, sınıflandırma doğruluğu değerlendirilen sınıfların sayısına eşittir.

Genel doğruluk, doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısının referans piksellerin toplam sayısına bölümü sonucu hesaplanır. Burada doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin toplam sayısı, ana köşegen boyunca olan elemanların toplamına karşılık gelir. Ayrıca her bir kategorinin doğruluğu, bu kategorilerdeki doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin sayısının karşılık gelen satır veya sütun piksel sayısından birine bölümü ile hesaplanır. Üretici doğruluğu ise her bir sınıfın doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının (ana köşegen üzerindeki) o sınıf için kullanılan örneklem piksel sayısına bölümüdür. Bu da verilen örtü tipine ait örneklem piksellerin ne kadar iyi sınıflandırıldığını göstermektedir. Kullanıcı doğruluğu, her bir sınıftaki doğru olarak sınıflandırılmış piksel sayısının o kategoride sınıflandırılan toplam piksel sayısına bölümüdür ve verilen bir kategoriye sınıflandırılan pikselin gerçekten de o sınıfı yeryüzünde temsil etme olasılığını göstermektedir [Bayburt, 2009]. Sınıflandırma doğruluğunu üreten hata matrisinin oluşturulması için genel olarak izlenmesi gereken iki yol vardır. Bunlardan ilki, kullanıcı tarafından görüntüden çıkarılan sınıfları saklamak için nesneler seçilmesi yöntemidir. Yazılım bu seçilen nesneleri, sınıflandırma sonuçları için karşılaştırır ve doğruluğu hesaplar. İkinci yöntem ise, kullanıcının arazi araştırması yapılan veriden hazırlanan sınıflandırılmış tematik katmanı kullanmasıdır. Referans kaynakla karşılaştırma imkânı sağlayan bu yöntem yeterli doğruluk derecesi sağlamada önemlidir. Fakat proje alanının tümü için referans arazi örtüsü bilgilerinin toplanması ekonomik olmadığından uygulamada görüntüden sınıflara ait nesnelerin elle seçilmesiyle karşılaştırma yöntemi kullanılmıştır.

## 4. UYGULAMA

### 4.1. Çalışma Alanı

Uygulamada iki ayrı çalışma alanına ait veriler kullanılmıştır. İlk çalışma alanı Doğu Karadeniz bölgesinde,  $38^{\circ} 31'$  ve  $40^{\circ} 30'$  doğu meridyenleri ile  $40^{\circ} 30'$  ve  $41^{\circ} 30'$  kuzey paralelleri arasında yer alan Trabzon ilidir. Trabzon ilinin toplam yüz ölçümü  $4.685 \text{ km}^2$  dir. Kuzeyinde Karadeniz, güneyinde Gümüşhane ve Bayburt, doğusunda Rize ve batısında Giresun bulunmaktadır. İlin genel coğrafi yapısı dağlıktır. Dağların denize dik olması sebebiyle çok dar bir sahil şeridi vardır. Dağlık alanlar, Doğu-Batı doğrultusunda uzanmakta olup, Kuzeyinde Karadeniz kıyılarını gören yay gibi bir antiklinal eksenini oluştururlar. Trabzon ilinin başlıca yeryüzü şekilleri, güneyde su bölümü çizgisi boyunca Doğu-Batı doğrultusunda uzanan dağlık alanlar, bunların ana akarsuyun kolları arasına, Kuzeye doğru sokulan ve gittikçe alçalan tepelik sahalar ile sahadaki mevcut şekillenmeyi sağlayan önemli dış etmen olan Solaklı, Yomra, Değirmendere, Sera, Kalenima, Foldere gibi akarsuların oluşturduğu vadiler ve deltalardır [URL-2].

İkinci çalışma alanı ise Ege Bölgesi'nin İç Batı Anadolu Bölümü'nde yer alan Kütahya ilidir. Kütahya ili,  $38^{\circ} 70'$  ve  $39^{\circ} 80'$  kuzey enlemleri ile  $29^{\circ} 00'$  ve  $30^{\circ} 30'$  doğu boylamları arasında olup yüzölçümü  $11.875 \text{ km}^2$  dir. Kütahya, kuzeyinde Bursa, kuzeydoğusunda Bilecik, doğusunda Eskişehir ve Afyon, güneyinde Uşak, batısında Manisa ve Balıkesir illeriyle çevrilidir. Ortalama yükselti 1.200 metredir. Dağların ve platoların ağırlıkta olduğu bölgede yeryüzü şekillerinin %57,5'ini dağlar, %11'ini ovalar, %31,5'ini platolar oluşturmaktadır. Yerleşim yeri Yellice Dağı'nın kuzey eteğinde, Kütahya Ovası'nın güney kenarında kurulmuştur. Bitki örtüsünü daha çok dağ eteklerindeki platolarda yer alan kuru ormanlar oluşturmaktadır. Orman altı alanlarında ise toprak şartlarından dolayı bozkır bitki örtüsü hâkimdir [URL-3].

### 4.2. Çalışmada Kullanılan Veri ve Yazılım

İlk çalışma alanı için veri seti, Trabzon ilini kapsayan 5 Mayıs 2008 tarihli, pankromatik bantla keskinleştirilmiş 60 cm yersel çözünürlüklü Quickbird-2 uydu

görüntüsüdür. Görüntüden yerleşim alanı ağırlıklı ve ormanlık araziye kapsayan Yalincak Beldesi civarını gösteren 1451x1421 piksel boyutlarında çalışma alanı uygulama için seçilmiştir (Şekil 4.1). İkinci veri seti ise Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nden temin edilen Kütahya ilinin Okçu Mahallesi civarını içeren 30 cm yersel çözünürlükte, 4 bantlı (mavi, yeşil, kırmızı, yakın kızıl ötesi) hava fotoğrafıdır. Bu görüntüden tarım arazisi ve yerleşim alanlarını içeren 1535x1522 piksel boyutlarında çalışma alanı uygulama için seçilmiştir (Şekil 4.2).

Uygulamada nesne tabanlı görüntü analizi yazılımı olan Definiens eCognition Developer 8.7 kullanılmıştır. eCognition yazılımı dijital görüntüler üzerinde kullanılan bir görüntü işleme yazılımıdır. Uzaktan algılama uygulamalarında, raster görüntü, LIDAR nokta bulutları, CBS verileri, radar ve yüksek spektral verilerin kullanılmasına imkân sağlar. Yazılımın çalışma mantığı görüntüyü nesnelere ayırıp, bu nesneler üzerinde ve birbirleri arasındaki anlamsal, dokusal, morfolojik ilişkileri kullanarak görüntü analizi yapmaktır. Bu yazılımda hızlı harita modu ve karar seti modu olmak üzere iki farklı çalışma sistemi bulunmaktadır. Hızlı harita modu basit sınıflandırma işlemleri için kullanılır. Çalışma doğrultusunda oluşturulacak sınıflandırma işlemleri, çeşitli parametrelere bağlı olarak belirlenen karar setleri üzerinde değerlendirildiği için karar seti modu üzerinde uygulamalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1. Trabzon test alanını içeren Quickbird uydu görüntüsü.



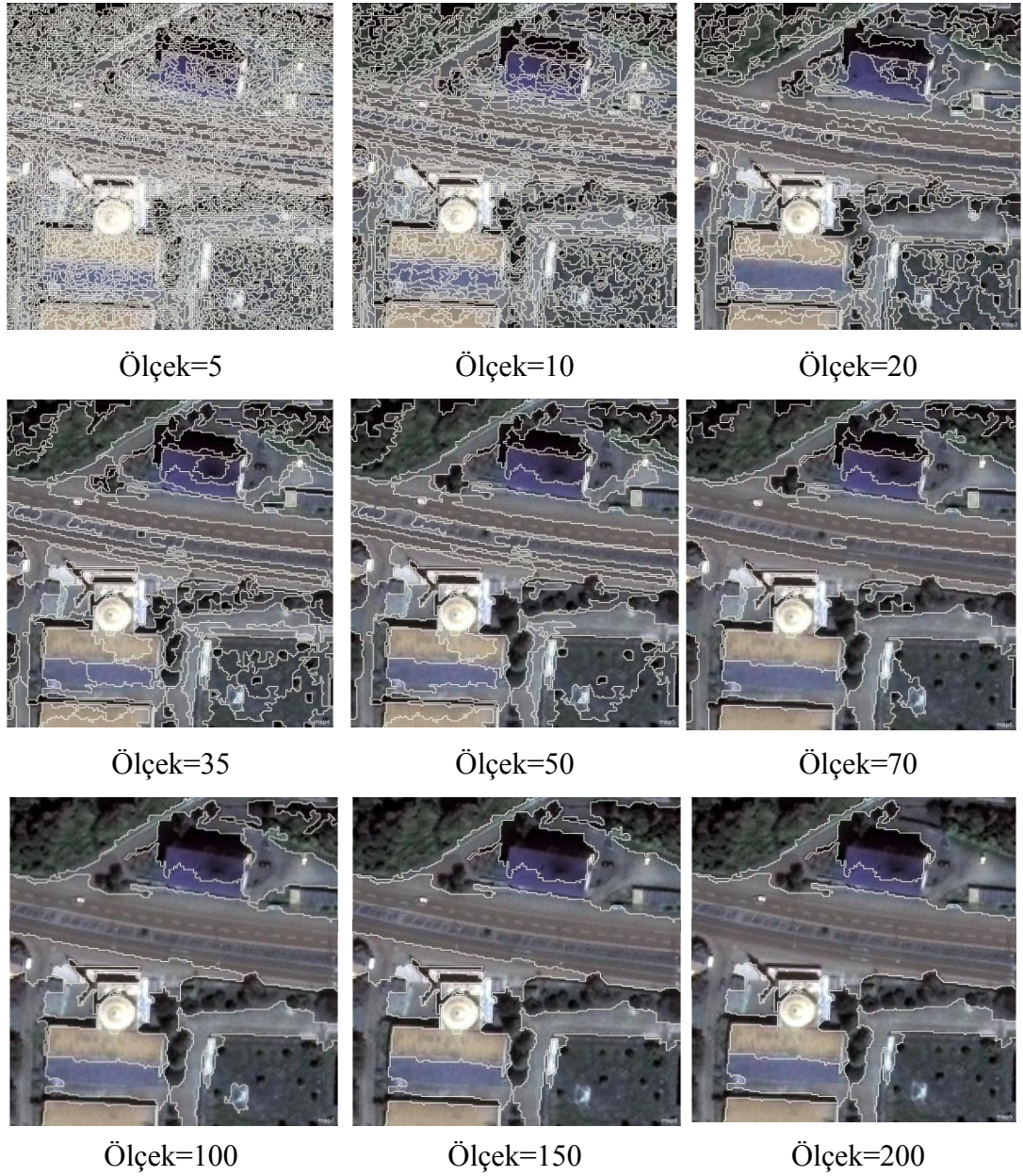
Şekil 4.2. Kütahya test alanını içeren hava fotoğrafı.

### 4.3. Segmentasyon Parametrelerinin Seçimi

Segmentasyon, nesne tabanlı görüntü analizinde ilk işlem adımı olup nesnelerin oluşturulmasında parametre seçimi büyük önem taşımaktadır. Tez kapsamında parametrelerin etkisinin görsel olarak daha iyi ayırt edilebilmesini sağlamak amacıyla her iki veri seti üzerinden küçük bölgeler belirlenmiştir. Şekiller bu seçilen görüntüler üzerinden sunulmuştur.

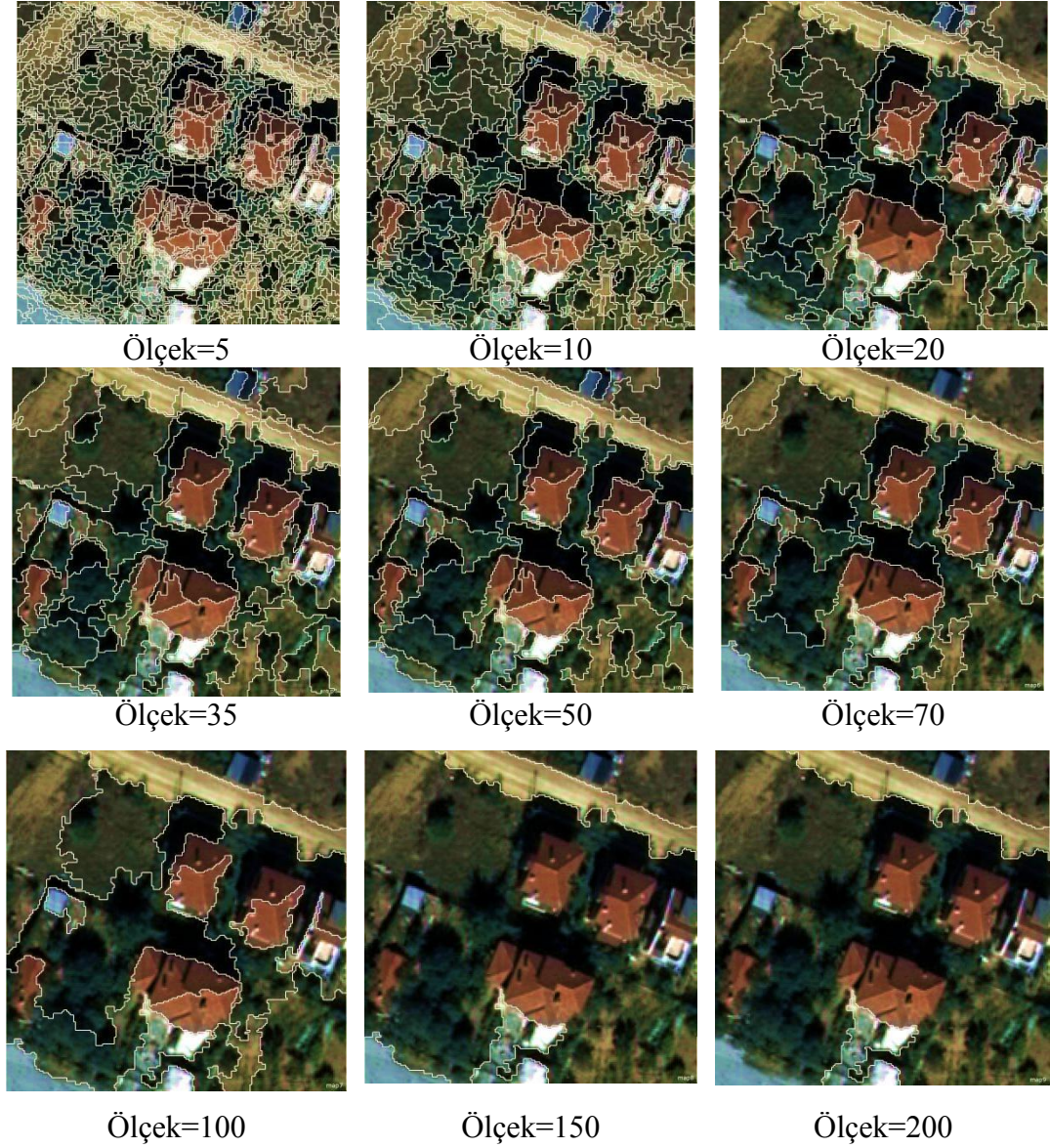
#### 4.3.1. Ölçek parametresi

Ölçek parametresi genel olarak nesne boyutunu belirler, ne kadar büyük ölçek değeri seçilirse nesneler daha büyük elde edilir. Quickbird uydu görüntüsü kullanılarak yapılan segmentasyonda ölçek faktörlerinin nesne boyutları üzerinde etkisi Şekil 4.3'de gösterilmiştir. Ölçek parametresi 5 olarak seçilen görüntüde nesneler oldukça küçüktür. Bu ölçek parametresiyle elde edilen nesneler arazinin geometrik şeklini tam olarak yansıtmamaktadır fakat nesnelerin spektral homojenliği diğer parametrelerle elde edilenlere göre çok daha fazladır. Ölçek parametresinin 100, 150 ve 200 olarak seçildiği görüntülerde ise nesneler oldukça büyüktür ve gerçek arazi değerini yansıtırken çoğu özelliği kaybetmektedir. Bu üç büyük ölçek parametresi ile segmente edilen görüntüler incelendiğinde bina ve gölgesinin bir bütün olarak aynı nesne içerisinde oluşturulduğu görülmektedir. Ölçek parametresinin 20 ve 35 seçildiği görüntülerde gerçek arazi şekilleriyle daha uyumlu nesneler elde edildiği görülmüştür. Segmentasyonda kaba ölçek olarak da ifade edilen büyük ölçek parametresi kullanılması durumunda, nesneler farklı spektral özellikleri içine katar. Bunun sonucunda oluşan büyük ve anlamsız nesneler sınıflandırma doğruluğunun sarsılmasına neden olmaktadır.



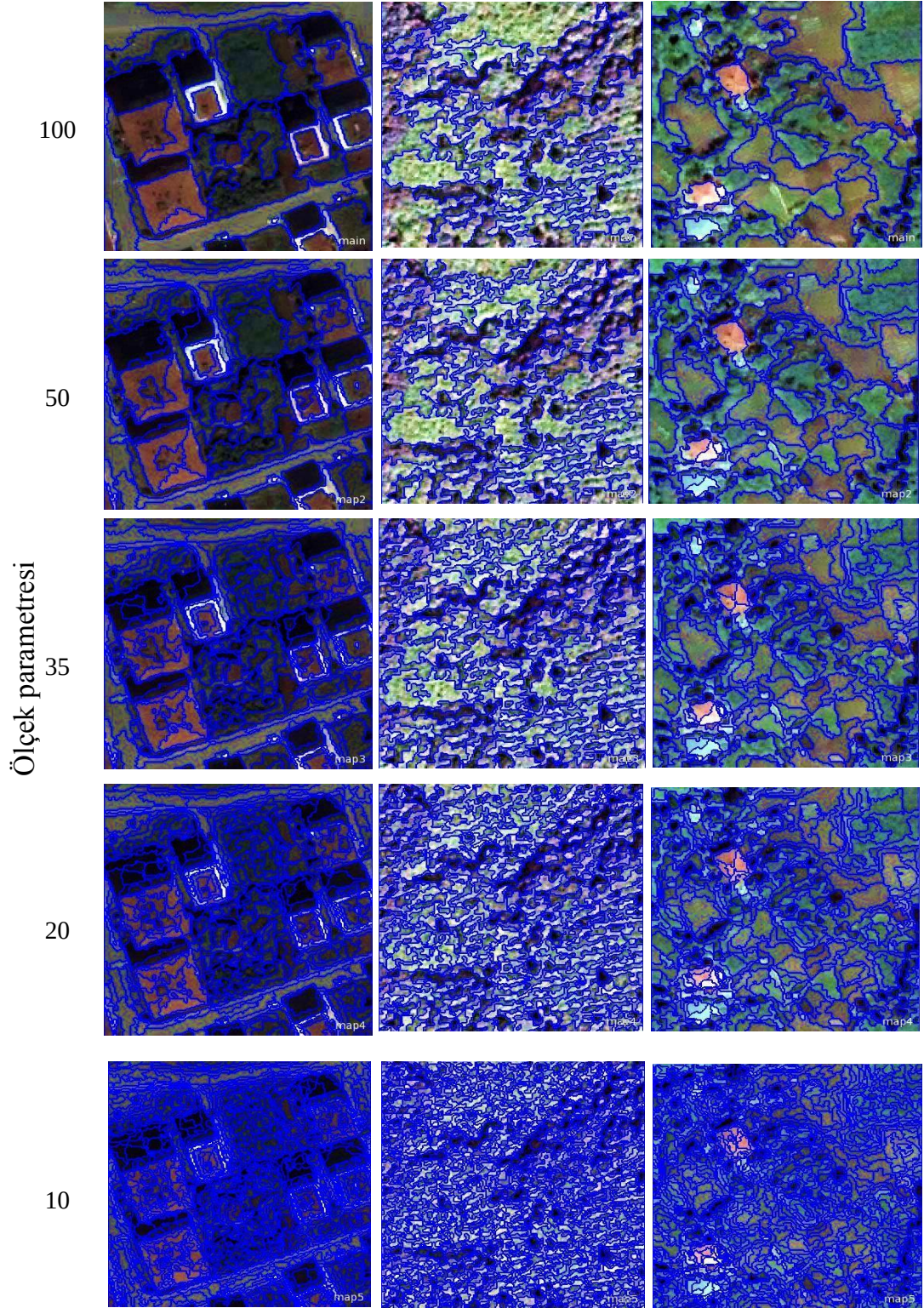
Şekil 4.3. Quickbird uydu görüntüsü üzerinde farklı ölçek parametreleri ile nesne boyutları gösterimi.

Hava fotoğrafında yersel çözünürlüğün ve çalışılan arazinin farklı olmasından dolayı nesneler Quickbird-2 uydu görüntüsüne göre biraz daha farklı sonuçlar vermektedir (Şekil 4.4). Bu görüntü üzerinde de büyük ölçek parametresinin (100, 150 ve 200) kullanılması durumunda arazinin gerçek özelliklerini yansıtan farklı objelerin tek bir nesne altında toplandığı görülmektedir. Görsel analizde 20, 35 ve 50 ölçek değerleriyle elde edilen nesnelerin arazinin geometrik özellikleriyle daha uyumlu sonuçlar ürettiği gözlenmiştir.

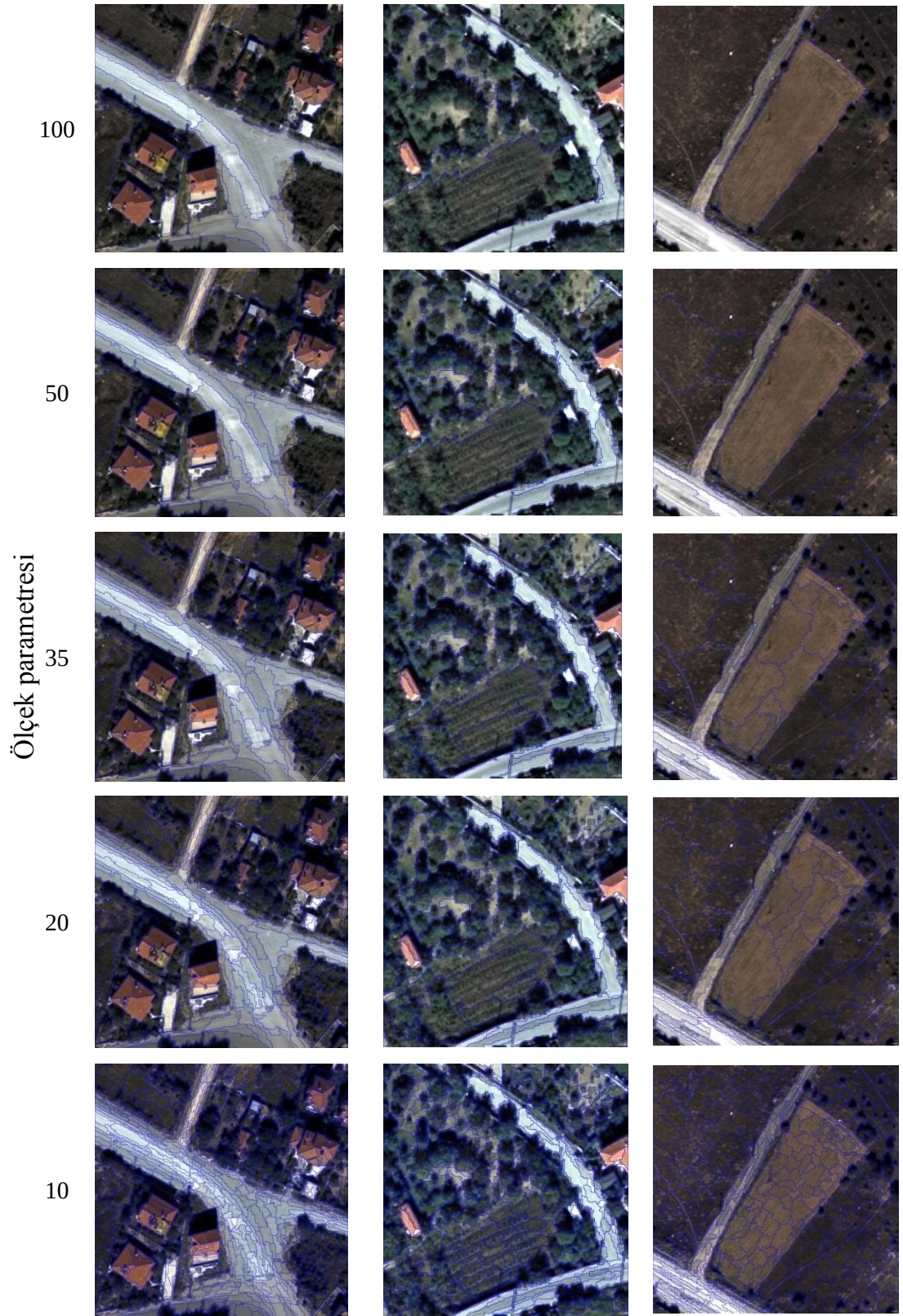


Şekil 4.4. Hava fotoğrafı üzerinde farklı ölçek parametreleri.

Ölçek parametresi farklı arazi türlerinde farklı sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bu yüzden her iki görüntü üzerinden de farklı arazi özelliklerini içeren küçük bölgeler belirlenmiştir (Şekil 4.5 ve Şekil 4.6). Her bir arazi türüne karşılık ölçek parametreleri 10, 20, 30, 50 ve 100 seçilmiştir. Buradaki amaç üç ayrı bölge için hangi ölçek parametresinin görsel olarak daha uygun olabileceğinin tespitidir.



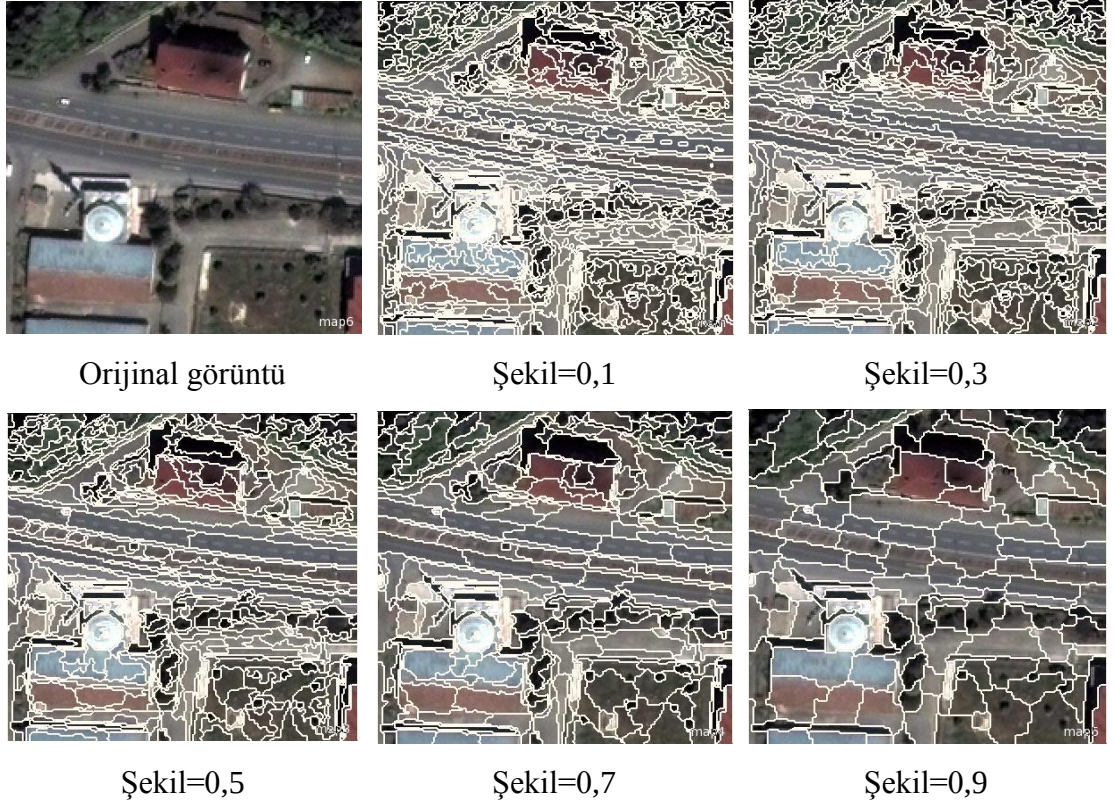
Şekil 4.5. Quickbird-2 uydu görüntüsünde üç farklı arazi yapısı için ölçek parametrelerinin nesne boyutlarına etkisi.



Şekil 4.6. Hava fotoğrafında üç farklı arazi yapısı için ölçek parametrelerinin nesne boyutlarına etkisi.

### 4.3.2. Şekil parametresi

Şekil parametresinin nesne boyutuna etkisi ölçek parametresi kadar fazla olmasa da, nesnenin biçimini değiştirmede ve arazideki spektral özellikleri içermesi bakımından oldukça önemlidir. Bu parametre 0,1 ile 0,9 arasında kullanıcı tanımlı değer alır. Şekil 4.7’de Quickbird-2 uydu görüntüsü üzerinde ölçek parametresi 30 ve bütünlük parametresi 0,5 değerleri kullanılarak nesnelerin farklı şekil parametrelerinin üzerindeki değişimi incelenmiştir. En küçük şekil parametresi olan 0,1 görüntüsünde arazinin özelliklerini en iyi şekilde koruduğu gözlemlenmiştir. Şekil parametresinin 0,7 ve 0,9 olduğu görüntülerde ise nesne şekillerinin spektral benzerlikten uzaklaşarak büyüdüğü ve rastgele objeleri içerdiği görülmektedir.



Şekil 4.7. Quickbird-2 uydu görüntüsü üzerinde farklı şekil parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.

Hava fotoğrafı üzerindeki tüm görüntülerde ölçek parametresi 30, bütünlük parametresi de 0,5 seçilerek nesnelerin farklı şekil parametrelerinin üzerindeki değişimi incelenmiştir (Şekil 4.8). Burada şekil parametresinin büyümesiyle nesne şekillerinin spektral benzerlikten uzaklaşarak rastgele objeleri içerdiği görülmektedir. En küçük şekil değeri olan 0,1 görüntüsünde arazi özelliklerini en iyi şekilde yansıttığı gözlemlenmiştir. Özetlemek gerekirse şekil parametresinin büyük seçildiği durumlarda nesneler spektral benzerlikten uzaklaşmaktadır. Hatta en iyi sonuçları içeren değerlerin küçük parametre değerleri olduğu söylenebilir.



Şekil 4.8. Hava fotoğrafı üzerinde farklı şekil parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.

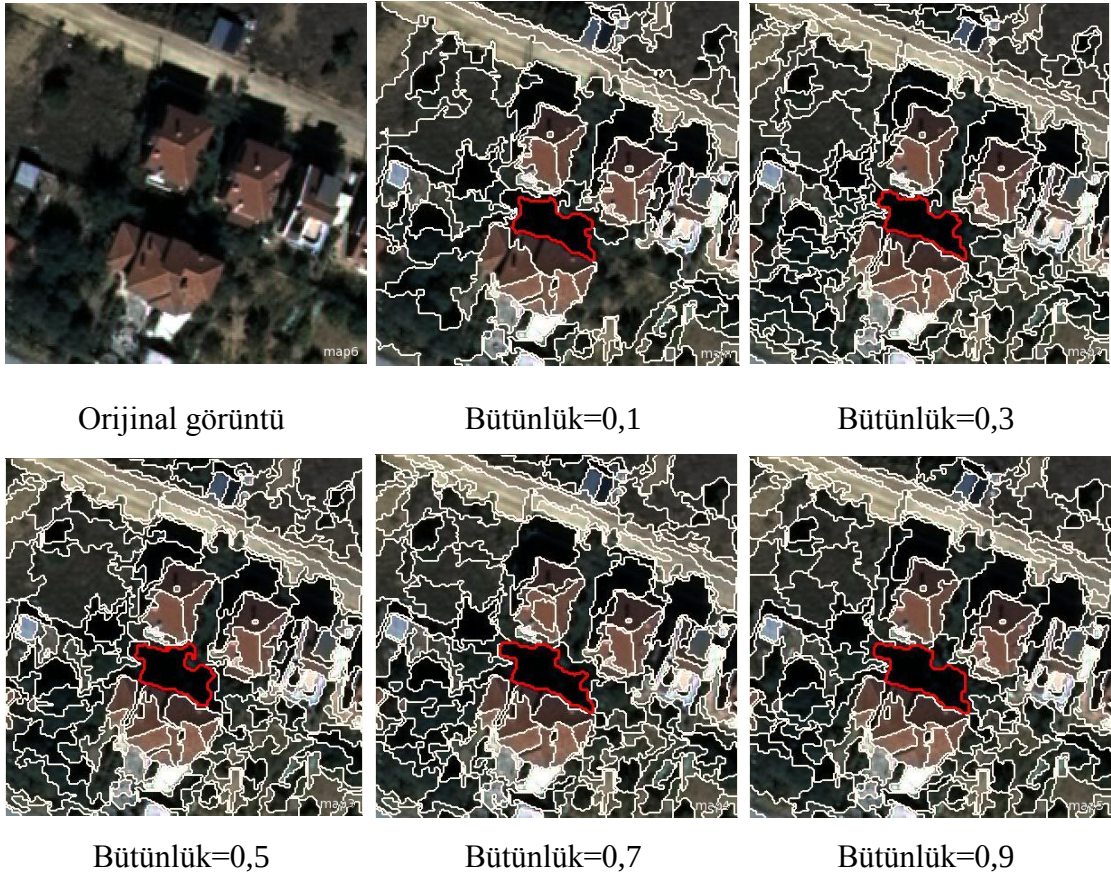
### 4.3.3. Bütünlük parametresi

Diğer parametreler ile kıyaslandığında nesne boyutuna etkisinin en az olduğu kabul edilen segmentasyon parametresidir. Bütünlük parametresi nesne sınırlarının daha yumuşatılmış olarak belirlenmesinde etkilidir. Quickbird-2 uydu görüntüsünde ölçek parametresi 20 ve şekil parametresi 0,1 değerleri kullanılarak bütünlük parametresinin nesneler üzerindeki etkileri Şekil 4.9’da incelenmiştir. Burada yol üzerinden bir nesne belirleyici olması açısından işaretlenmiştir. Bu nesnenin boyutunda ciddi bir değişiklik meydana gelmemiş, sadece sınırlarda ve yol orta çizgilerini kapsaması bakımından değişiklik görülmüştür. Bütünlük parametresinin 0,3 ve 0,5 olduğu görüntülerdeki nesnelerin diğer görüntülerdeki nesnelere göre daha bütün ve yumuşak sınırlar içerdiği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.9. Quickbird uydu görüntüsü üzerinden farklı bütünlük parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.

Şekil 4.10 hava fotoğrafı üzerinde nesnelerin farklı bütünlük parametrelerine göre değişimi gösterilmiştir (ölçek= 20 ve şekil= 0,1). Görüntülerde bina gölgesini temsil eden bir nesne belirleyici olması amacıyla işaretlenmiştir. Görüntüler incelendiğinde sadece nesne sınırları üzerinde değişikliğe neden olduğu saptanmıştır. Her iki görüntü üzerinde yapılan analiz sonucunda bütünlük parametresinin nesne şekilleri üzerinde çok fazla belirleyiciliği olmadığı sonucuna varılabilir.



Şekil 4.10. Hava fotoğrafı üzerinde farklı bütünlük parametrelerinin nesne boyutuna etkisi.

#### 4.4. En Yakın Komşuluk Yöntemiyle Sınıflandırma

Bu çalışmadaki sınıflandırma uygulamalarında en yakın komşuluk yöntemi kullanılmıştır. En yakın komşuluk sınıflandırması, örnek alanların toplanmasıyla sınıflandırma yapılması bakımından kontrollü sınıflandırma yöntemiyle benzerlik gösterir. Bu çalışmada ölçek ve şekil parametrelerinin çeşitli değerleriyle

kombinasyon oluşturulmuş ve bütünlük parametresi de 0,5 seçilerek her segmentasyon işlemi için sabit tutulmuştur. Kombinasyon içindeki her bir parametre çifti için en yakın komşuluk sınıflandırması yapılmıştır. Sınıflandırma için her görüntüden örnek alanlar seçilip sisteme öğretilmiştir. Büyük parametrelerin kullanılması sonucu elde edilen nesneler üzerinden seçilen örnek alanların büyük örnek alanlar oluşturması sebebiyle, küçük parametrelere kıyasla daha fazla eğitildiği gözlenmiştir. Bunun önüne geçmek için her görüntü için yaklaşık olarak eşit dağılımlarla örnek alanlar seçilmeye çalışılmıştır. Burada dikkat edilmesi gereken nokta, diğer görüntülere göre fazla sayıda örnek alan seçilmesi durumunda sınıflandırma doğruluğunun yüksek sonuç vermesidir. Çünkü bu durumda sınıflandırma sonuçları parametrelerden bağımsız etkilenmiş olacaktır.

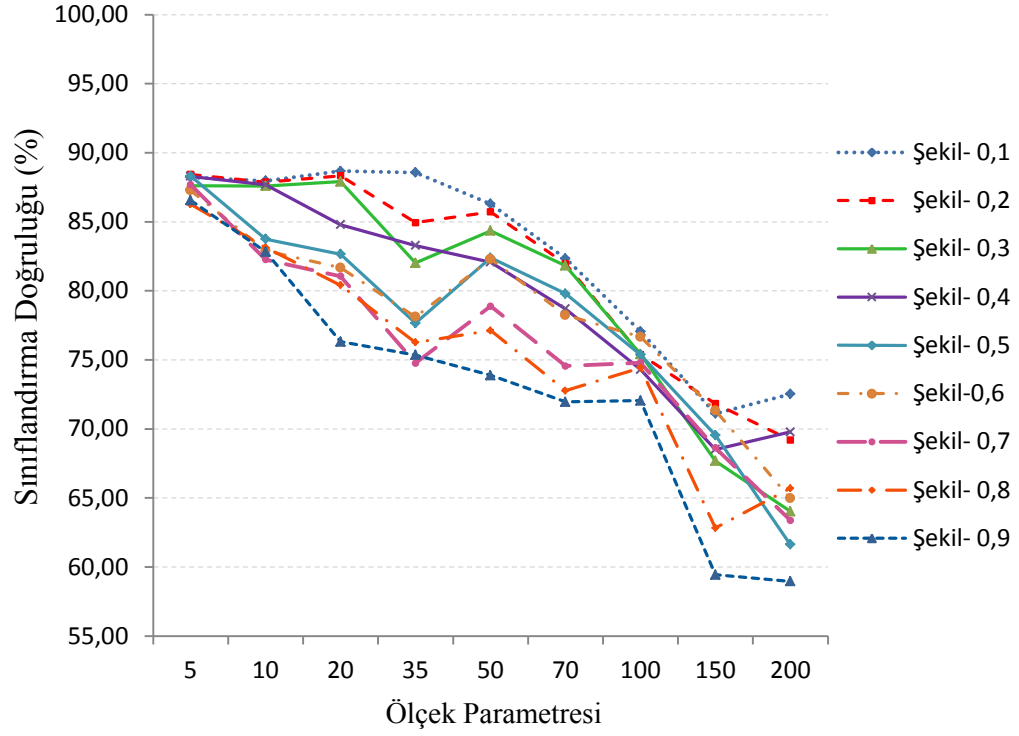
#### **4.4.1. Quickbird-2 uydu görüntüsü için sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi**

Quickbird-2 uydu görüntüsü üzerinden en yakın komşuluk yöntemiyle yapılan sınıflandırma analizi için orman, bozkır, bina, yol, su, gölge ve toprak sınıfı olmak üzere yedi sınıf belirlenmiştir. Sınıflandırma doğruluğunun diğer sonuçlar içinde objektif ve karşılaştırılabilir olması için, her sınıfa karşılık 2.000 adet rastgele seçilmiş pikselden oluşan test veri seti oluşturulmuştur. Toplanan eğitim alanları ile yapılan sınıflandırma sonuçları bu test verileri ile karşılaştırılarak hata matrisleri elde edilmiştir. Farklı ölçek parametreleri ile şekil parametrelerini içeren kombinasyon oluşturulmuş ve buradaki her parametre çifti için sınıflandırma analizinin genel doğruluk değerleri Tablo 4.1’de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde en yüksek sınıflandırma doğruluklarının küçük ölçek ve şekil parametrelerinin oluşturduğu görüntüler üzerinde yer aldığı görülmektedir. Tabloya göre en yüksek sınıflandırma doğruluğu ölçek parametresi 20 ve şekil parametresi 0,1 parametre çiftiyle oluşturulan segmentasyona aittir. Ölçek parametresi küçük olsa bile şekil parametresinin büyük olduğu segmentasyon sonucunda sınıflandırma doğruluğunun düşük olduğu görülmüştür. Burada ölçek parametresiyle birlikte şekil parametresinin önemi de açıkça ortaya çıkmaktadır.

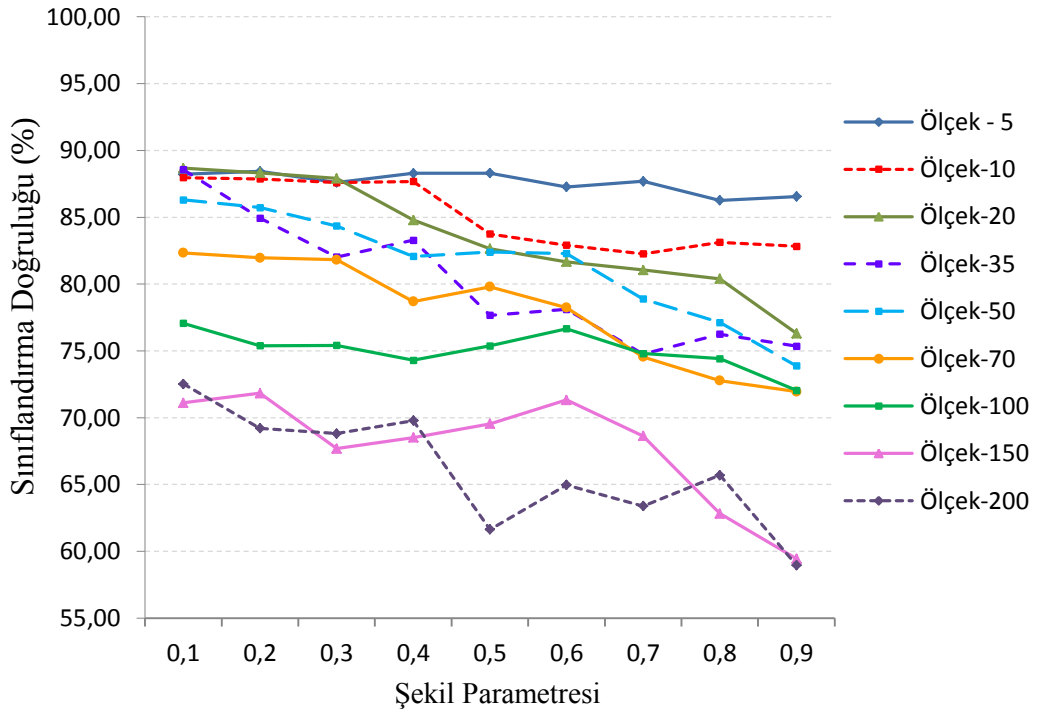
Tablo 4.1. Quickbird-2 uydu görüntüsü için genel sınıflandırma doğrulukları.

| Ölçek<br>Şekil | 5     | 10    | 20    | 35    | 50    | 70    | 100   | 150   | 200   |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,1            | 88,22 | 87,96 | 88,67 | 88,56 | 86,30 | 82,34 | 77,06 | 71,11 | 72,52 |
| 0,2            | 88,43 | 87,87 | 88,33 | 84,94 | 85,72 | 81,96 | 75,39 | 71,83 | 69,20 |
| 0,3            | 87,61 | 87,59 | 87,91 | 82,02 | 84,35 | 81,82 | 75,41 | 67,68 | 68,81 |
| 0,4            | 88,29 | 87,68 | 84,79 | 83,28 | 82,07 | 78,69 | 74,30 | 68,51 | 69,78 |
| 0,5            | 88,30 | 83,75 | 82,65 | 77,66 | 82,39 | 79,79 | 75,37 | 69,54 | 61,63 |
| 0,6            | 87,27 | 82,91 | 81,67 | 78,11 | 82,29 | 78,24 | 76,66 | 71,33 | 64,96 |
| 0,7            | 87,69 | 82,26 | 81,05 | 74,76 | 78,89 | 74,55 | 74,80 | 68,63 | 63,38 |
| 0,8            | 86,26 | 83,13 | 80,40 | 76,25 | 77,12 | 72,77 | 74,42 | 62,82 | 65,70 |
| 0,9            | 86,55 | 82,83 | 76,31 | 75,35 | 73,88 | 71,95 | 72,05 | 59,44 | 58,96 |

Quickbird-2 uydu görüntüsünün en yakın komşuluk sınıflandırması için belirlenen şekil parametresi düzeylerine karşılık ölçek parametresindeki değişimlerin sınıflandırma doğruluğuna etkisi Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Tablo değerlerinden yararlanılarak oluşturulan bu grafiksel gösterimde her bir şekil parametresi için, ölçek parametrelerindeki artışlara karşılık genel sınıflandırma doğruluğunun belirli bir parametreden sonra düşmeye başladığı görülmektedir. Bu parametre değerlerinden en yüksek genel sınıflandırma doğruluğuna ulaşılan değer 20 ve 35 değerleri uygun ölçek parametresi olarak değerlendirilmiştir. Şekil 4.12’de aynı tablo değerlerinden yararlanılarak, ölçek parametresi düzeylerine karşılık şekil parametresindeki değişimlerin sınıflandırma doğruluğuna etkisi gösterilmiştir. Burada küçük şekil parametre değerlerine karşılık küçük ölçek parametrelerinde belirgin farklar görülmemektedir. En iyi sonuca 0,1 şekil parametresine karşılık 5, 10, 20 ve 35 ölçek parametrelerinde ulaşılabildiği görülmüştür. Ölçek parametresinin büyümesi durumunda, şekil parametresinin küçük değerleri bile düşük doğruluklu sonuçlar üretmektedir.



Şekil 4.11. Quickbird-2 uydu görüntüsü için şekil parametrelerinin sabit değerleriyle ölçek parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.



Şekil 4.12. Quickbird-2 uydu görüntüsü için ölçek parametrelerinin sabit değerleriyle şekil parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.

Quickbird-2 uydu görüntüsü üzerinde sınıflandırma sonucunda bina, yol ve toprak sınıfının karıştığı gözlenmiştir. Şekil 4.13'deki parametre değerleriyle üretilen nesnelerin farklı arazi özelliklerini kapsaması sınıf karışıklığına sebep olabilmektedir.

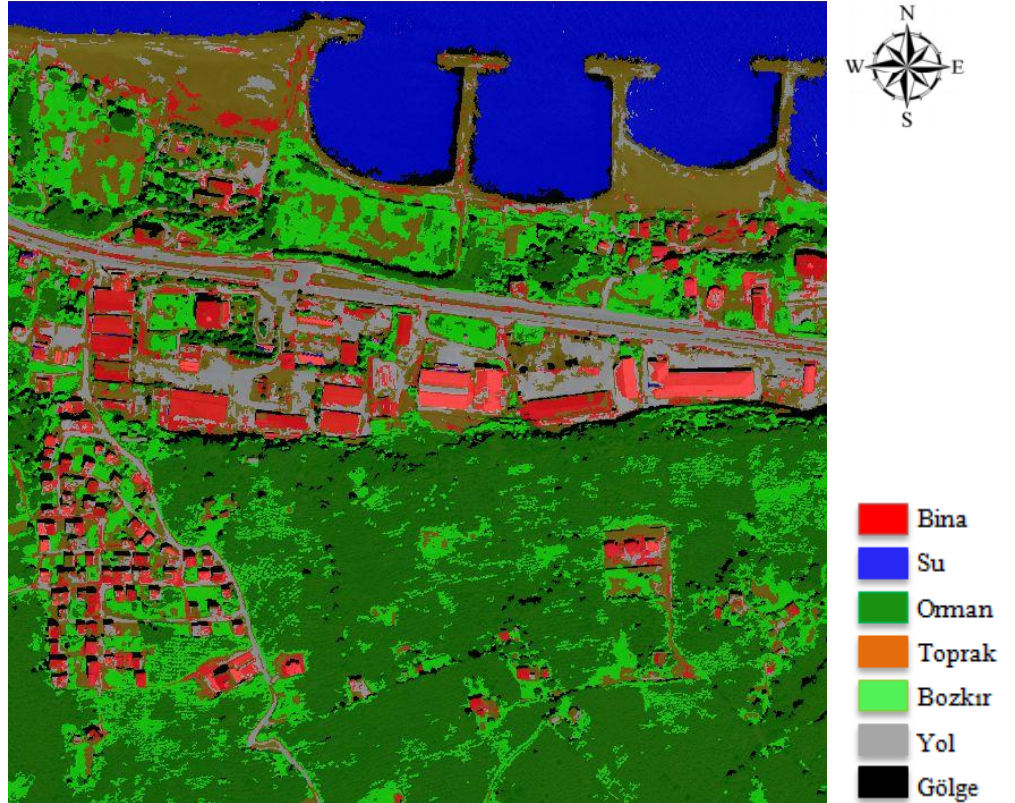


Şekil 4.13. Ölçek=50, Şekil=0.1 parametreleri ile üretilen nesneler.

Genel sınıflandırma tablosundaki sonuçlara göre, en yüksek sınıflandırma doğruluğunu sağlayan görüntü ölçek=20 ve şekil=0,1 parametre çifti ile elde edilen görüntüdür. Bu parametrelerin kullanımıyla elde edilen hata matrisi Tablo 4.2'de verilmiştir. Hata matrisi incelendiğinde genel doğruluğun %88,67, Kappa değerinin de 0,87 olduğu görülmüştür. Üretici ve kullanıcı doğrulukları açısından incelendiğinde en yüksek sınıflandırma doğruluğuna sahip olan sınıfların su ve gölge sınıfları olduğu görülmüştür. En düşük üretici doğruluğuna sahip sınıf bozkır olup doğruluğu %73,55 dir. Piksel dağılımları incelendiğinde bozkır piksellerinin benzer spektral özelliğe sahip orman piksel değerleriyle karıştığı görülmektedir. Bunun yanında toprak piksellerinin de benzer spektral özelliklere sahip bina ve yol piksellerine karıştığı görülmüştür. Tüm görüntüye uygulanan parametre değerleri ile elde edilen sınıflandırma doğruluklarından en iyi sonuç veren parametre çiftine (ölçek=20; şekil=0,1) ait sınıflandırma görüntüsü Şekil 4.14'de sunulmuştur.

Tablo 4.2. Quickbird uydu görüntüsünde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 kombinasyonu için hata matrisi.

| Ref.\ Kul. Sınıfı      | Bina        | Bozkır      | Orman       | Gölge       | Su          | Toprak      | Yol         | Toplam |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------|
| Bina                   | <b>1825</b> | 1           | 0           | 0           | 0           | 169         | 5           | 2000   |
| Bozkır                 | 0           | <b>1471</b> | 448         | 0           | 0           | 76          | 5           | 2000   |
| Orman                  | 0           | 185         | <b>1811</b> | 4           | 0           | 0           | 0           | 2000   |
| Gölge                  | 0           | 0           | 6           | <b>1984</b> | 1           | 9           | 0           | 2000   |
| Su                     | 0           | 0           | 0           | 0           | <b>2000</b> | 0           | 0           | 2000   |
| Toprak                 | 244         | 0           | 0           | 0           | 0           | <b>1580</b> | 176         | 2000   |
| Yol                    | 33          | 0           | 0           | 0           | 0           | 224         | <b>1743</b> | 2000   |
| Toplam                 | 2102        | 1657        | 2265        | 1988        | 2001        | 2058        | 1929        |        |
| Üretici doğruluğu(%)   | 91,25       | 73,55       | 90,55       | 99,20       | 100         | 79,00       | 87,15       |        |
| Kullanıcı doğruluğu(%) | 86,82       | 88,77       | 79,95       | 99,80       | 99,95       | 76,77       | 90,36       |        |
| Genel doğruluk(%)      | 88,67       |             |             |             |             |             |             |        |
| Kappa değeri           | 0,87        |             |             |             |             |             |             |        |



Şekil 4.14. Quickbird-2 uydu görüntüsünde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 segmentasyon parametreleri için elde edilen sınıflandırma görüntüsü.

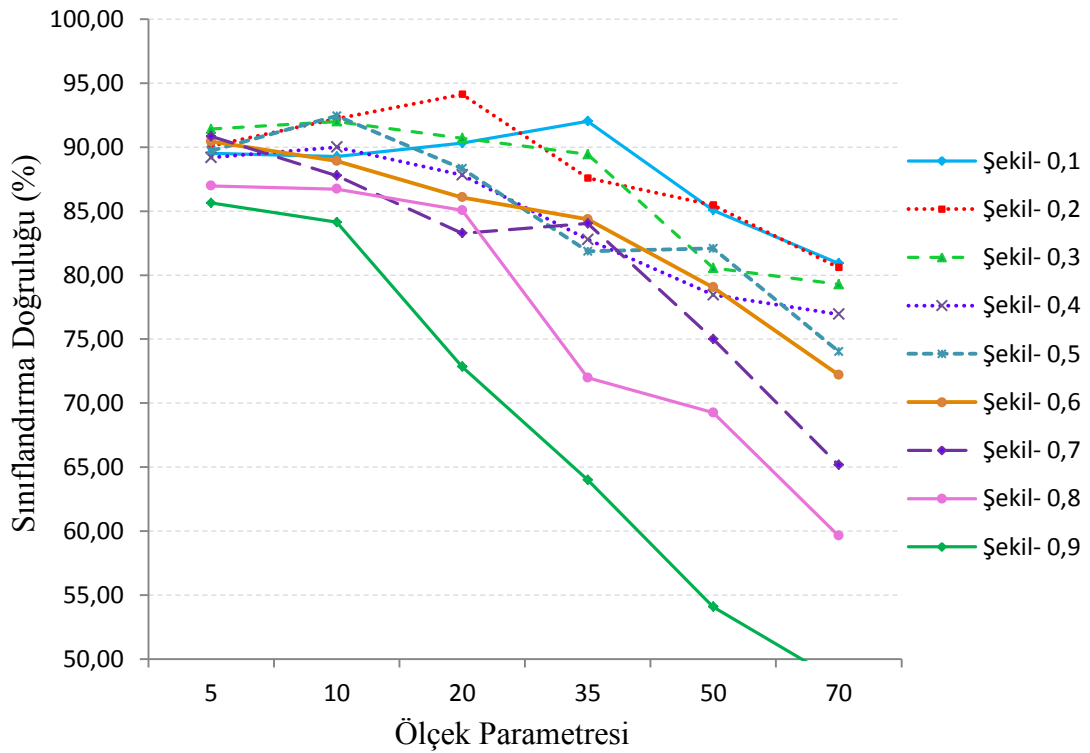
#### 4.4.2. Hava fotoğrafı için sınıflandırma doğruluklarının değerlendirilmesi

Hava fotoğrafı üzerinden yapılan sınıflandırma analizi için ağaç, bozkır, bina, yol, toprak yol, taş, gölge ve toprak sınıfı olmak üzere sekiz sınıf belirlenmiştir. Sınıflandırma doğruluğunun diğer sonuçlar içinde objektif ve karşılaştırılabilir olması için, her sınıfa karşılık 800 adet rastgele seçilmiş pikselden oluşan test veri seti oluşturulmuştur. Toplanan eğitim alanları ile yapılan sınıflandırma sonuçları bu test verileri ile karşılaştırılarak hata matrisleri elde edilmiştir. Her parametre çifti için sınıflandırma analizinin genel doğruluk değerleri Tablo 4.3’de sunulmuştur. Tablo incelendiğinde Quickbird-2 uydu görüntüsünde elde edilen değerler gibi bu görüntüde de en yüksek sınıflandırma doğruluklarının küçük ölçek ve şekil parametrelerinin kombinasyonlarıyla elde edildiği görülmüştür. Tabloya göre en yüksek sınıflandırma doğruluğu ölçek parametresi 20 ve şekil parametresi 0,2 parametre çiftiyle oluşturulan segmentasyona aittir. Ölçek parametresi 70 değeri ile yapılan segmentasyon sonucunda, sınıflandırma aşamasındaki örnek alanların seçiminde sıkıntılar meydana geldiği görülmüştür. Çünkü elde edilen nesneler araziye ait birden fazla özellik içermektedir ve anlamsız sonuçlar doğurmaktadır. Bu sebeple Quickbird-2 uydu görüntüsü ile yapılan sınıflandırmanın aksine bu analizde, sınıflandırmada ölçek parametresi için 70 değerinden daha yüksek bir değer kullanılmamıştır.

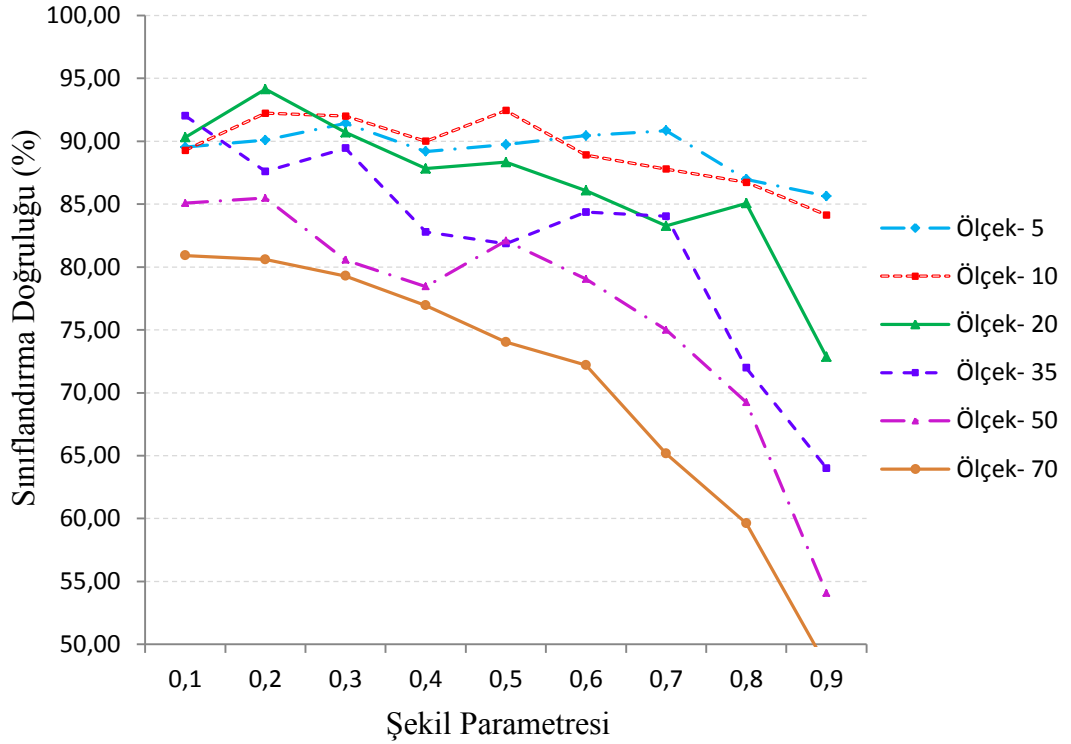
Tablo 4.3. Hava fotoğrafı için genel sınıflandırma doğrulukları.

| Ölçek<br>Şekil | 5     | 10    | 20    | 35    | 50    | 70    |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0,1            | 89,53 | 89,27 | 90,31 | 92,03 | 85,08 | 80,92 |
| 0,2            | 90,09 | 92,23 | 94,13 | 87,59 | 85,48 | 80,59 |
| 0,3            | 91,42 | 92,00 | 90,70 | 89,44 | 80,56 | 79,28 |
| 0,4            | 89,19 | 90,00 | 87,83 | 82,78 | 78,45 | 76,94 |
| 0,5            | 89,73 | 92,44 | 88,33 | 81,86 | 82,08 | 74,03 |
| 0,6            | 90,44 | 88,91 | 86,08 | 84,36 | 79,05 | 72,20 |
| 0,7            | 90,84 | 87,78 | 83,27 | 84,03 | 75,00 | 65,16 |
| 0,8            | 86,97 | 86,73 | 85,06 | 71,98 | 69,25 | 59,63 |
| 0,9            | 85,64 | 84,13 | 72,84 | 64,00 | 54,08 | 48,28 |

Hava fotoğrafının en yakın komşuluk sınıflandırması için belirlenen şekil parametresi düzeylerine karşılık ölçek parametresindeki değişimlerin sınıflandırma doğruluğuna etkisi Şekil 4.15’de gösterilmiştir. Her bir şekil parametresi için, ölçek parametrelerindeki artışlara karşılık genel sınıflandırma doğruluğunun belirli bir parametreden sonra düşmeye başladığı görülmektedir. Bu parametre değerlerinden en yüksek genel sınıflandırma doğruluğuna ulaşılan 20 değeri uygun ölçek parametresi olarak değerlendirilmiştir. Şekil 4.16’da yine tablo değerlerinden yararlanılarak, ölçek parametresi düzeylerine karşılık şekil parametresindeki değişimlerin sınıflandırma doğruluğuna etkisi gösterilmiştir. Burada küçük şekil parametre değerlerine karşılık küçük ölçek parametrelerinde belirgin farklar görülmemektedir. 0,1 şekil parametresine karşılık 5, 10, 20 ve 35 ölçek parametrelerinde en iyi sonuca ulaşılabilirdiği görülmüştür. Ölçek parametresinin büyük olması durumunda, küçük şekil parametrelerinin sınıflandırma doğruluğunu olumlu yönde etkilemediği tespit edilmiştir.



Şekil 4.15. Hava fotoğrafı için şekil parametrelerinin sabit değerleriyle ölçek parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.

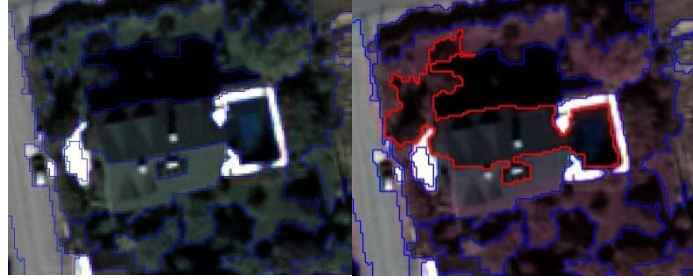


Şekil 4.16. Hava fotoğrafı için ölçek parametrelerinin sabit değerleriyle şekil parametresi değişimlerinin sınıflandırma doğruluğuna etkisi.

Segmentasyon parametrelerinin büyük seçilmesi sınıfların birbirine karışmasına sebep olduğundan genel sınıflandırma doğruluklarında düşüşler meydana getirmektedir. Şekil 4.17 ve Şekil 4.18 belirtilen parametre değerleriyle elde edilen görüntülerdeki nesnelerin, farklı özellikleri içine katarak gruplandırılmasını göstermektedir. Bazı alanlarda bina çatılarının farklı malzemeden oluşmasından kaynaklanan farklılıklar vardır. Karışık yerleşim alanları içeren görüntülerde bu durum, parametreler hassas olarak belirlenmediği durumlarda sıkıntılar meydana getirebilmektedir. Her iki şekilde de binayı içeren nesnenin karışıklıkları gösterilmiştir. Bu durumda yerleşim alanlarını içeren bu görüntü için belirtilen parametreler ve üzeri değerlerin kullanımının yanlış sınıflandırmaya sebep olduğu söylenebilir.

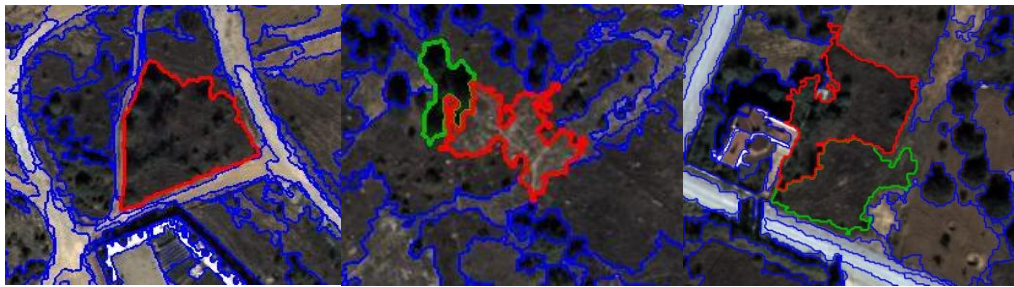


Şekil 4.17. Ölçek=35 ve Şekil=0.2 kombinasyonu için nesne problemi.



Şekil 4.18. Ölçek=50 ve Şekil=0.2 kombinasyonu ile bina sınıfı problemi.

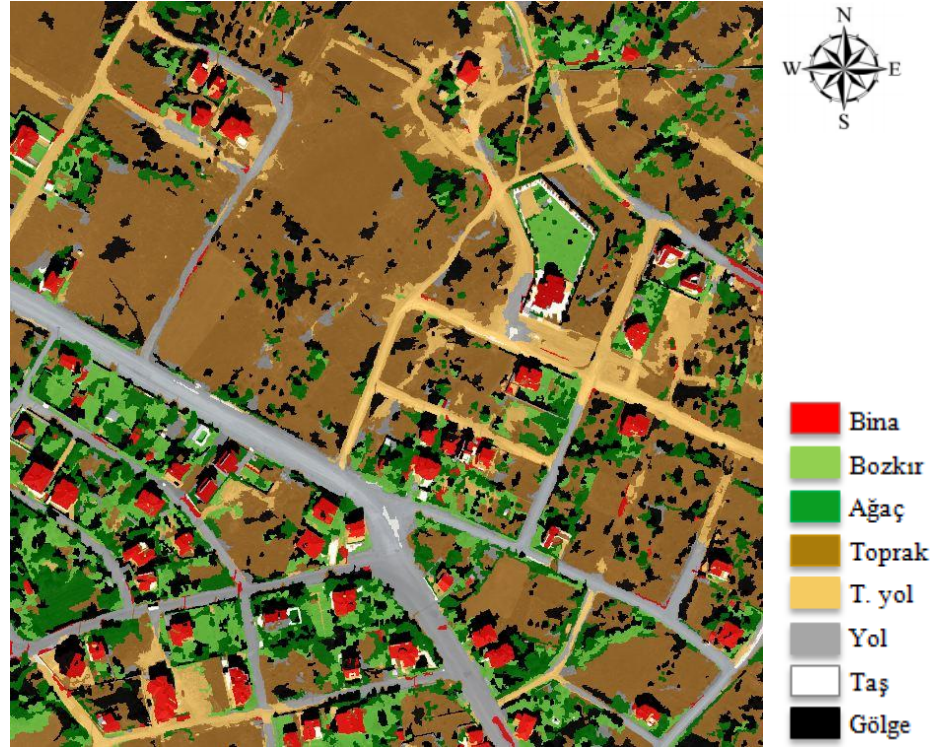
Boş toprak alanlarını içeren nesnelerin diğer arazi özelliklerine göre bölümlenmesinin diğer sınıflara göre daha kolay olduğu görülmüştür. Buradaki tek sorun, büyük parametreler seçildiği durumlarda arazideki küçük ağaç gruplarını da içinde barındırıyor olmasıdır (Şekil 4.19). Şekil üzerindeki yeşil seçimli bölge spektral homojenliği daha doğru yansıtırken, kırmızı seçimli bölgede toprak ve ağaç sınıfının bir arada gruplandığı görülmektedir.



Şekil 4.19. Ölçek=50, Şekil=0.1 kombinasyonu ile yeşil alan ve toprak sınıflarının tespiti.

Hava fotoğrafı için genel sınıflandırma doğruluğu tablosundaki sonuçlara göre, en yüksek sınıflandırma doğruluğunu sağlayan görüntü ölçek=20 ve şekil=0,2 parametre çifti ile elde edilen görüntüdür. Bu parametrelerin kullanımıyla elde edilen





Şekil 4.20. Hava fotoğrafı üzerinde Ölçek=20 ve Şekil=0,1 segmentasyon parametreleri için elde edilen sınıflandırma görüntüsü.

## 5. SONUÇLAR

Nesne tabanlı sınıflandırma analizi, klasik piksel tabanlı sınıflandırmadaki sadece piksel değerlerini kullanmak yerine, görüntü nesneleri ile görüntüdeki komşu ve homojen piksellerin gruplandırılmasıyla nesneler oluşturulmasına, bu nesnelerin geometrik ve dokusal ilişkilerin de kullanılmasına izin vererek sınıflandırma yapılmasına imkân sağlayan bir yaklaşımdır. Nesne tabanlı sınıflandırma analizinde ilk ve temel aşama segmentasyondur. Segmentasyon kalitesi, sınıflandırma sonucunu direkt olarak etkilemektedir. Bu sebeple segmentasyonda kullanılan parametrelerin sınıflandırma performansı üzerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada, Trabzon iline bağlı Yalınca beldesini içeren 60 cm yersel çözünürlüklü QuickBird-2 uydu görüntüsü ve Kütahya iline bağlı Okçu mahallesini içeren 30 cm yersel çözünürlüklü hava fotoğrafı kullanılmıştır. Nesne-tabanlı sınıflandırma analizinin temel işlem adımı olan segmentasyonda, nesne oluşumunda belirleyiciliği olan parametrelerin etkileri ve bu etkilerin değişimleri analiz edilmiştir. Segmentasyon işlemi için literatürde en çok tercih edilen ve nesnelerin spektral homojenliğini en iyi yansıttığı düşünülen çoklu çözünürlüklü segmentasyon algoritması kullanılmıştır. Çalışmada ölçek, şekil, bütünlük parametrelerinin nesnelerin oluşumundaki etkileri incelenmiştir. Ölçek parametresi genel nesne boyutunu belirleyen faktördür. Uygulamada özellikle hassas ölçek parametresinin seçilmesiyle elde edilen nesnelerin arazinin spektral özelliklerini daha doğru yansıttığı görülmüştür. Ayrıca şekil parametresinin de önemli bir etkisinin olduğu görülmüş ve bu parametrenin küçük seçildiği görüntülerdeki nesnelerin spektral homojenliği koruduğu gözlemlenmiştir.

Segmentasyon parametreleri için en uygun değerin seçimi kullanılan görüntünün çözünürlüğüne ve ölçeğine göre değişiklik göstermektedir. Bu yüzden bu parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan en etkili yöntem hâlihazırda deneme yanılma yöntemidir. Bu tez çalışmasında kullanılan iki farklı görüntü ile yapılan segmentasyon sonuçları da bu durumu açıkça ortaya koymaktadır. Çalışmada kullanılan hava fotoğrafının yersel çözünürlüğü Quickbird-2 görüntüsüne göre daha yüksektir. Fakat farklı bölgeler çalışıldığı için arazilerin topoğrafik yapısı ve fiziksel

özelliklerinden kaynaklanan farklılıklardan dolayı net bir karşılaştırma yapmak söz konusu olmamıştır. Bu yüzden uygulama sonuçları birbirinden bağımsız olarak değerlendirilmiştir.

Sınıflandırma doğruluklarının test edilmesi işlemine geçmeden önce, segmentasyon işleminde belirleyiciliği diğerlerine göre yüksek olan ölçek ve şekil parametreleri için belirlenen değerler ile kombinasyonlar oluşturulmuştur. Bu aşamada nesne üzerindeki etkisi daha az olan bütünlük parametresi sabit tutulmuştur. Kombinasyonu oluşturan her bir parametre çifti için segmentasyon görüntüleri oluşturulmuştur. Elde edilen segmentasyon görüntüleriyle en yakın komşuluk sınıflandırması gerçekleştirilerek, segmentasyon işleminin kalitesi araştırılmıştır. Bu sınıflandırma işleminde, öncelikle sınıflar için örnek alanlar belirlenmiştir. Segmentasyonla elde edilen nesne boyutları bu örnek alanlarının seçimini doğrudan etkilemektedir. Küçük parametre çiftleri ile elde edilen nesnelerin arazinin spektral özelliklerini daha doğru yansıttığı görülmüştür. Anlamsız nesneler ürettiği için büyük parametrelerin kullanılmasının sınıflandırma doğruluklarını olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir.

Quickbird-2 uydu görüntüsü ile yapılan sınıflandırma sonucunda her bir parametre çiftine karşılık sınıflandırma doğruluklarını içeren tablo oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre genel sınıflandırma doğruluğu en yüksek olan parametre çiftinin ölçek parametresinin 20 ve şekil parametresinin 0,1 olduğu tespit edilmiştir. Aynı şekilde hava fotoğrafı ile yapılan sınıflandırma sonucunda ise sınıflandırma doğruluğunu en yüksek veren parametre çiftinin ölçek parametresi için 20 ve şekil parametresi için 0,2 olduğu tespit edilmiştir. Genel olarak, küçük ölçek ve şekil parametresinin seçiminin daha hassas sonuçlar ürettiği söylenebilir. Fakat ölçek parametresinin seçiminde hem görüntünün çözünürlüğü hem de arazinin topoğrafik yapısı dikkate alınarak parametre seçimi yapılmalıdır. Örneğin ormanlık alan tespiti amaçlı bir çalışmada fazla detaya gerek duyulmuyorsa orta veya büyük ölçek seçimi daha uygun olabilmektedir. Yüksek çözünürlüklü görüntülerde özellikle karmaşık arazi yapısını içeren bölgeler için küçük parametrelerin tercih edilmesi önerilir. Ayrıca her sınıf için aynı ölçek parametresi kullanılması yerine, farklı sınıflar için farklı ölçeklerin tespit edilip hiyerarşinin kullanılması daha yüksek doğruluklu sınıflandırma sonuçlarının üretilmesine yardımcı olacaktır.

Uygulamada bütünlük parametresinin sabit tutulmasının nedeni, kullanılan veri setleri için nesne boyutları üzerinde diğer iki parametre kadar etkiye sahip olmadığının gözlenmesidir. Bu durum bütünlük parametresinin etkisiz olduğu anlamına gelmemektedir. Bu parametrenin etkisinin daha çok nesne sınırları üzerinde olmasından dolayı, benzer özellik gösteren arazi örtüsü sınırlarının ayırt edilmesi gibi durumlarda bu parametrenin etkili olabileceği düşünülmektedir.

Sonuç olarak, tez çalışmasında nesne tabanlı sınıflandırma işlemi için temel işlem adımı olan segmentasyonda kullanılan parametrelerin etkileri iki farklı uzaktan algılanmış görüntü üzerinde incelenmiştir. Ölçek ve şekil parametrelerinin sınıflandırma doğruluğu üzerinde nasıl bir etkiye sahip olduğu detaylı analizlerle tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu parametrelerin kullanılmasıyla yapılan segmentasyon sonrası sınıflandırma işlemi ile elde edilen sınıflandırma genel doğruluk tablosu, seçilen ölçek ve şekil parametrelerinin hangi değerlerinin seçiminin uygun sonuçlar doğurduğunu göstermiştir. Genel olarak, bu çalışmada kullanılan veri setleri için ölçek parametresinin 20-50 aralığında, şekil parametresinin 0.1-0.3 aralığında seçilmesiyle yüksek doğruluklu sonuçlara ulaşıldığı görülmüştür. Benzer karakteristiklere sahip veriler için bu parametre değerlerinin kullanımı tavsiye edilebilir. Ancak genel bir kural oluşturabilmek için farklı veri setleri ve sınıf türleri için çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Addink, E.A., de Jong, S.M., Pebesma, E.J., 2007. The importance of scale in object-based mapping of vegetation parameters with hyperspectral imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 72, 905–912.
2. Aplin, P., Smith, G.M., 2008. Advances in object-based image classification. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37. Part B7. Beijing.
3. Ayhan, E., Karslı, F., Tunç, E., 2003. Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Sınıflandırma ve Analiz. *Harita Dergisi*, Harita Genel Komutanlığı, sayı 130, Ankara.
4. Baatz, M. and Schäpe, A., 2000. Multiresolution segmentation-An optimization approach for high quality multi-scale image segmentation, In Strobl, Blaschke & Greisebener (Edts): *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999*. Karlsruhe. Herbert Wichmann Verlag, 12-23.
5. Bayburt, S., 2009. Uydu görüntülerinin piksel ve nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılması (Doğu Trakya bölgesi örneği). Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
6. 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.
7. Blaschke, T., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65, 2-16.
8. Bo, S. and Han, X., 2010. Parameter selection for segmentation in object-oriented classification of remotely sensed imagery. *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, 2, 876-879.
9. Conchedda, G., Durieux, L., Mayaux, P., 2008. An object-based method for mapping and change analysis in mangrove ecosystems. *ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 63, 5, 578-589.

10. Çelik, R., 2006. Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden tam otomatik yol bilgisi çıkartma ve CBS tabanlı analizi. Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
11. Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi. Yüksek Lisans Tezi, GYTE Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.
12. Dey, V., Zhang, Y., Zhong, M., 2010. A review on image segmentation techniques with remote sensing perspective. ISPRS TC VII Symposium, IAPRS, 38, Part 7A.
13. Drăgut, L., D. Tiede, S. R. Levick, 2010. ESP: a tool to estimate scale parameter for multiresolution image segmentation of remotely sensed data., International Journal of Geographical Information Science, 24, 859-871.
14. eCognition, 2011(a). eCognition Developer 8.7 User Guide. Trimble Documentation, München, Germany, 258p.
15. eCognition, 2011(b). eCognition Developer 8.7 Reference Book. Trimble Documentation, München, Germany, 438p.
16. Feitosa, R.Q., Costa, G.A.O.P., Cazes, T.B., Feijo, B., 2006. A genetic approach for the automatic adaptation of segmentation parameters. In: 1st International Conference on. Object Based Image Analysis, Salzburg, Austria.
17. Flanders, D., Hall-Beyer, M., Pereverzoff, J., 2003. Preliminary evaluation of eCognition object-based software for cut block delineation and featureextraction. Canadian Journal of Remote Sensing, 29, 4, 441-452.
18. Gao, Y., Kerle, N., Mas, J.F., Navarrete, A., Niemeyer, I., 2007. Optimised image segmentation and its effect on classification accuracy. In: Proceedings of the 5th International Symposium on Spatial Data Quality (ISSDQ 2007) 'Modelling Qualities in Space and Time', in CD-Rom, Enschede, Netherlands.
19. Gergel, S.E., Stange, Y., Coops, N.C., Johansen, K., Kirby, K.R., 2007. What is the value of a good map? An example using high spatial resolution imagery to aid riparian restoration. Ecosystems, 10, 5, 688-702.
20. Hay, G.J., Castilla, G., Wulder, M.A., Ruiz, J.R., 2005. An automated object-based approach for the multiscale image segmentation of forest scenes.

- International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 7, 4, 339-359.
21. Im, J., Jensen, J.R., Tullis, J. A., 2008. Object based change detection using correlation image analysis and image segmentation. International Journal of Remote Sensing, 29, 2, 399-423.
  22. Kalkan, K., Maktav, D., 2010. Nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması (Ikonos örneği). III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 166-173, Gebze.
  23. Kansu, O., 2006. Uzaktan algılamada görüntü sınıflandırma yöntemleri analizi. Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
  24. Karakış, S., 2005. Quickbird örneğinde yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü üzerinden kentsel ayrıntıların otomatik ve manuel çıkarımı üzerine bir uygulama. Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
  25. Kavzoğlu, T., 2008. Uzaktan algılama ve uygulamaları ders notları (yayınlanmamış ), G.Y.T.E., Yüksek Lisans Programı , Gebze.
  26. Kavzoğlu, T., Çölkesen, İ., 2010. Karar Ağaçları ile Uydu Görüntülerinin Sınıflandırılması: Kocaeli Örneği. Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi, 2, 1, 36-45.
  27. Kızıltoprak, Z., 2008. Uzaktan algılamalı görüntülerin bant çıkarımı ve matematiksel biçimbilim önışlemleri kullanılarak sınıflandırılması. Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
  28. Kim, M. and M. Madden, 2006. Determination of optimal scale parameter for alliance-level forest classification of multispectral IKONOS images. First International Conference on Object-Based Image Analysis, Salzburg University, Austria.
  29. Kim, M., Madden, M., Warner, T.A., 2009. Forest type mapping using object-specific texturemeasures from multispectral IKONOS imagery: segmentation quality and image classification issues. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 75, 7, 819-829.
  30. Lillesand, T.M., Kiefer, R.W., Chipman, J.W., 2007. Remote sensing and image interpretation, 6th Edition, John Wiley & Sons: New York.
  31. Liu, D. and Xia, F., 2010. Assessing object-based classification: advantagesand limitations. Remote Sensing Letters, 1, 4, 187-194.

32. Lübker, T., and G. Schaab, 2009. Optimization of parameter settings for multilevel image segmentation in GEOBIA. In “High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information”, Proceedings (digital) of ISPRS Hannover Workshop, Hannover, Germany.
33. Maktav, D. ve Sunar, F., 1991. Uzaktan algılama: Kantitatif yaklaşım. Hürriyet Ofset A.Ş., İstanbul.
34. Marangoz, A. M., Karakış, S., Oruç, M., Büyüksalih, G., 2005. Nesne-tabanlı görüntü analizi ve IKONOS pan-sharpened görüntüsünü kullanarak yol ve binaların çıkarımı, 10.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı , Ankara.
35. Marangoz, A., M., 2009. Uydu görüntülerinden kentsel ayrıntıların nesne-tabanlı sınıflandırma yöntemiyle belirlenmesi ve CBS ortamında bütünleştirilmesi. Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
36. Meinel, G. and Neubert, M., 2004. A comparison of segmentation programs for high resolution remote sensing data. Commission VI on Proceedings of 20th ISPRS Congress. Istanbul.
37. Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S., Weng, Q., 2011. Per-pixel versus object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. Remote Sensing of Environment, 115, 5, 1145-1161.
38. Navulur, K., 2007. Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm. CRC Press, Boca Raton, FL.
39. Robertson, L.D. and King, D. J., 2011. Comparison of pixel- and object-based classification in land cover change mapping. International Journal of Remote Sensing, 32, 6, 1505-1529.
40. Schiewe, J., Tufte, L., Ehlers, M., 2001. Potential and problems of multi-scale segmentation methods in remote sensing. GIS-Zeitschrift für Geoinformations systeme, 6, 34-39.
41. Schiewe, J., 2002. Segmentation of high-resolution remotely sensed data-concepts, applications and problems. In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Ottawa, Canada, 34, 4, 358-363.
42. Sesören, A., 1999. Uzaktan algılamada temel kavramlar. Mart Matbaacılık Sanatları Ltd. Şti., İstanbul.

43. Song, M., Civco, D., Hurd, J., 2005. A competitive pixel-object approach for land covers classification. *International Journal of Remote Sensing*, 26, 22, 4981–4997.
44. Sunar, F., Çabuk, A., Küpçü, R., Tekgül, A., Gazel, S., Bektöre, E., 2010. Uzaktan algılama, Anadolu üniversitesi yayınları, 1. Baskı, Eskişehir.
45. Şanlı, F. B., Abdikan, S., Bayram, B., Esetlili, M. T., Kurucu, Y., 2010. SAR ve optik uydu görüntülerinden nesne tabanlı sınıflandırma tekniği kullanarak arazi örtüsünün belirlenmesi, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 430-441, Gebze.
46. Uça Avcı, Z., D., Sunar, F., 2010. Çok-Zamanlı Optik Veri Setinin Tarımsal Haritalama Amaçlı Nesne-Tabanlı Sınıflandırılması: Türkgeldi Örneği. III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 268-272, Gebze.
47. Woodcock, C. and Strahler, A., 1987. The factor of scale in remote sensing. *remote sensing of environment*, 21, 311–332.
48. Xiaoxia, S., Jixian, Z., Zhengjun, L., 2005. A comparison of object-oriented and pixel-based classification approaches using quickbird imagery. *Proceedings of International Symposium on Spatio-temporal Modeling, Spatial Reasoning, Analysis, Data Mining and Data Fusion*, Beijing, China, 36, 2, W25.
49. URL-1 : <http://www.yildiz.edu.tr/~bayram/sgi/saygi.htm> (27.05.2012)
50. URL-2: <http://www.trabzon.gov.tr> (30.05.2012)
51. URL-3: <http://www.kutahya.gov.tr> (30.05.2012)

## ÖZGEÇMİŞ

Merve Yıldız, 09.06.1985 tarihi Kastamonu doğumludur. İlköğretimini Kütahya Azot İlköğretim Okulu, ortaokul öğrenimini Kütahya Abdurrahman Paşa Ortaokulunda ve lise öğrenimini ise Kütahya Lisesinde tamamlamıştır. 2008 yılında Selçuk Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünden mezun olmuştur. 2009 yılında Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünde yüksek lisansa başlamıştır. Aynı üniversitede 2011 yılında Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği bölümünde Fotogrametri Anabilim dalında araştırma görevlisi olarak göreve başlamış ve halen devam etmektedir.