



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

**UZAKTAN ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLERDEN
FAYDALINILARAK NESNE TABANLI SINIFLANDIRMA
YÖNTEMİ İLE KENT MERKEZLERİNDEKİ DETAYLARIN
ÇIKARIMI VE YORUMLANMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burhan Baha BİLGİLİOĞLU

Danışman

Doç.Dr. Selçuk REİS

AKSARAY, 2015

ÖNSÖZ

Teknoloji alanındaki ilerlemelerle doğru orantılı olarak gelişen görüntü çözünürlükleri ve sınıflandırma yöntemleri ile uzaktan algılama hayatımızda daha önemli bir yer edinmiştir. Yüksek çözünürlüklü görüntülerdeki özelliklerin diğer yöntemlere göre obje tabanlı sınıflandırma yöntemi ile iyi bir şekilde belirlenebilmektedir.

Bu çalışma, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada sınıflandırma yöntemlerinden biri olan obje tabanlı sınıflandırma yöntemi ile yüksek çözünürlüklü görüntülerden doğru ve hızlı bir şekilde veri elde etmek ve bu verilerin referans harita olarak doğrudan kullanılabilirliği irdelenmiştir. Bu amaçla, günümüzden yüksek konumsal çözünürlüğe sahip olan WorldView-3 uydu görüntüsü ve ortofoto görüntüsünden yararlanılarak obje tabanlı sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma sonuçları test verileri ile kontrol edilerek doğruluk analizleri yapılmıştır. Ayrıca sonuçlar istatistiksel olarak da incelenmiştir.

Bu tez çalışması, Aksaray Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2015-002 numaralı proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Burhan Baha BİLGİLİOĞLU

Aksaray, Aralık 2015

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Burhan Baha BİLGİLİOĞLU

İmza

TEŞEKKÜR

Öncelikle gerek eğitim ve öğretim hayatımda gerekse sosyal yaşantımda bana her türlü konuda yol gösterici olan, kıymetli babam Salih BİLGİLİOĞLU'na,

Benim isteklerimi, her zaman kendi isteklerinin önüne koyarak gerçekleştirmeye çalışan sevgili annem Abide Gül BİLGİLİOĞLU'na,

Bana her zaman bir abiden çok bir arkadaş gibi yaklaşan ve bu mesleği seçmemde büyük etken olan saygıdeğer abim Süleyman Sefa BİLGİLİOĞLU'na,

Doğduğu günden beri hanemize hep mutluluk veren sevgili kardeşim Merve BİLGİLİOĞLU'na

Tez çalışmam süresince benden yardımlarını esirgemeyen öncelikle Arş. Gör. Cemil GEZGİN ve Arş. Gör. A. Tarık TORUN olmak üzere tüm Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü mesai arkadaşlarıma,

Lisans ve lisansüstü eğitimim süresince maddi ve manevi her türlü konuda desteğini esirgemeyen, bilgi ve deneyimlerini bana aktarmaya çalışan danışman hocam Doç. Dr. Selçuk REİS' e teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	i
DOĞRULUK BEYANI.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
ÖZET.....	vi
ABSTRACT	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
KISALTMALAR DİZİNİ	xi
SİMGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2.UZAKTAN ALGILAMA TEMEL KAVRAMLAR.....	3
2.1 Uzaktan Algılamada Kullanılan Görüntü Tipleri.....	4
2.1.1 Hava fotoğrafları	4
2.1.2 Uydu görüntüleri ve algılayıcı sistemleri.....	5
2.1.2.1 QuickBird uydu sistemi.....	5
2.1.2.2 Geoeye uydu sistemi	5
2.1.2.3 WorldView uydu sistemi.....	6
2.2 Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları	8
2.3 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme Teknikleri	9
2.3.1 Uydu görüntülerinde ön işlem süreci	9
2.3.2 Görüntü zenginleştirme	10
2.3.3 Sınıflandırma.....	11
3. OBJE TABANLI SINIFLANDIRMA	14
3.1 Segmentasyon İşlemi	14
3.2 Uzaktan Algılamada Kullanılan Segmentasyon Teknikleri.....	15
3.2.1 Uygulama şekline göre segmentasyon algoritma tipleri	15
3.2.1.1 Kümeleme algoritması	15
3.2.1.2 Kenar bazlı algoritma	15
3.2.1.3 Bölge büyüme metodu	16
3.2.1.4 Bölge bölme algoritmaları.....	16
3.2.1.5 Grafik tabanlı algoritmalar	17
3.2.2 Görüntü analiz yaklaşımına göre segmentasyon algoritma tipleri.....	17
3.2.2.1 Obje arka plan modeli	17
3.2.2.2 Markov rastgele alan modeli	18
3.2.2.3 Bulanık model	18
3.2.2.4 Sinir ağları modeli.....	18
3.2.2.5 Çok çözünürlüklü model	18
3.2.2.6 Havza modeli	19
3.2.3 eCognition yazılımında kullanılan segmentasyon algoritmaları.....	19
3.2.3.1 Satranç tahtası segmentasyonu.....	19

3.2.3.2 Dörtlü ağaç segmentasyonu	20
3.2.3.3 Kontrast bölme segmentasyonu	20
3.2.3.4 Çok çözünürlüklü segmentasyon	21
3.2.3.5 Kontrast filtreleme segmentasyonu.....	24
3.3 Obje Tabanlı Sınıflandırma ve Doğruluk Analizi.....	24
3.4 Obje Tabanlı Sınıflandırma Sonuçlarının CBS Ortamında Kullanılabilirliği..	25
4. UYGULAMA.....	28
4.1 Çalışma Alanı.....	28
4.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar	28
4.3 Görüntü Zenginleştirilmesi	30
4.4 Sınıfların Belirlenmesi ve Örneklerin Toplanması	30
4.5 Segmentasyon İşlemi	31
4.5.1 ESP yöntemi ile segmentasyon belirleme işlemi	31
4.5.2 Deneme-yanılma yöntemi ile segmentasyon belirleme işlemi.....	33
4.6 Segmentlerin Sınıflandırılma Aşaması	36
4.6.1 Ortofoto görüntüsü ile oluşturulan segmentlerin sınıflandırılması	36
4.6.2 Çok yüksek çözünürlük uydu görüntüsünün sınıflandırılması	38
4.6.3 Sınıflandırma sonuçları ve CBS ortamında doğruluk analizleri	46
4.7 Bina Verisinin Büyük Ölçekli Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin İstatistiksel Olarak İrdelenmesi	50
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	56
KAYNAKLAR	60
ÖZGEÇMİŞ.....	66

ÖZET

UZAKTAN ALGILANMIŞ GÖRÜNTÜLERDEN FAYDALANILARAK OBJE-TABANLI SINIFLANDIRMA YÖNTEMİ İLE KENT MERKEZLERİNDEKİ DETAYLARIN ÇIKARIMI

Günümüzde, kentlerin, kaçak, çarpık ve hızlı yapılaşmasının önüne geçmek, planlama ve karar verme süreçlerini hızlandırmak gibi nedenlerle gerekli referans haritalarının sürekli güncellenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, son yıllarda, sınıflandırma yöntemlerinde ve uydu görüntülerinde bu hızlı ve doğru veri üretimi ihtiyacına yönelik önemli gelişmeler olmuştur. Santimetre hassasiyetinde konumsal doğruluk veren görüntüler ve bu görüntülerin sınıflandırılmasında yüksek doğruluk veren yeni görüntü sınıflandırma teknikleri geliştirilmiştir. Yüksek çözünürlüklü bu görüntülerden yüksek doğrulukta ve hızlı bir şekilde çıkarım yapabilen yöntemlerden biri obje tabanlı sınıflandırma yöntemidir. Bu tez çalışmasında aynı çözünürlüklere sahip ortofoto ve WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak kentsel alanlara ait detayların (bina, yol, yeşil alan) obje tabanlı sınıflandırma yöntemi ile doğru ve hızlı bir şekilde üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca her iki görüntüden elde edilen sonuçların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında büyük ölçekli uygulamalarda vektör formatında kullanılabilirliği bina detay sınıfı dikkate alınarak irdelenmiştir. Bu amaçla obje tabanlı sınıflandırma sonuçlarına genelleştirme işlemi uygulanan bina detayları, mevcut halihazır harita ve uydu görüntüsü üzerinden elle sayısallaştırmadan üretilenlerle, istatistiki olarak karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, WorldView-3 uydu görüntüsü sınıflandırma sonuçlarının ortofoto sınıflandırmasına göre üretici doğruluğunda %6, kullanıcı doğruluğunda %5, genel doğrulukta %6 ve kappa değerinde %7 daha doğru sonuç verdiği görülmüştür. Bununla birlikte, Worldview-3 görüntüsünden seçilen 20 adet binanın halihazır harita ve elle sayısallaştırma sonucu elde edilen binalara ait koordinat değerleri istatistiksel analizi sonucunda belirlenen güven aralığı içerisinde tespit edilmiştir. Bu durum obje tabanlı sınıflandırma yönteminin görüntülerdeki spektral yansıma değeri ile konumsal çözünürlüğün yükselmesi durumunda bina detaylarının otomatik olarak belirlenmesine oldukça pozitif katkı verebileceği sonucunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Segmentasyon,Obje Tabanlı Sınıflandırma, Uzaktan Algılama, Ortofoto Görüntü, Worldview-3, Aksaray

ABSTRACT

EXTRACTION OF DETAILS IN THE CITY CENTER BENEFITING FROM REMOTE SENSING IMAGES USING BY OBJECT-BASED CLASSIFICATION METHOD

Nowadays, reference maps should be updated constantly for the reasons of preventing on the illegal, unplanned cities and improve the decision-making process. For this reason, in recent years, there has been a significant improvement in classification methods and satellite images for extraction data quickly and accurately. Due to the generation of centimeter-spatial accurate images, new image classification methods have been developed that give high accuracy results for these new high accuracy images. One of those image classification techniques is object based classification methods that extract data with high accuracy from high resolution satellite images. In this thesis accurate and quickly extraction of details (building, roads, vegetation etc.) from urban areas with object based classification methods is aimed by using ortophotos and World View-3 high resolution satellite image and both have same resolution. In addition that, vector data extraction from both images is examined considering building details for the availability in Geographical Information Systems (GIS) based high scale studies. Therefore, generalization of building details in vector format which are extracted with object based classification method are compared statistically with current base map and digitized data from high resolution satellite images. Result of this study, object based classification results of WorldView-3 satellite image have been give more accuracy than classification results of orthophoto in producer accuracy %6, in user accuracy %5, in overall accuracy %6 and in kappa value %7. Besides, 20 buildings randomly selected from WorldView-3 classification results and their corner coordinates are compared with coordinates from digitized data and base map statistically. Results show that all values are in confidence interval. It reveals that Automatically Extraction of building details providing positive contribution in case of higher spatial resolution and higher value of spectral reflectance in satellite images.

Key Words: Segmentation, Object-Based Classification, Remote Sensing, Orthophoto Images, Worldview-3, Aksaray

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar	4
Şekil 2.2: WorlView-3 sensör özellikleri.	8
Şekil 3.1: Bölge büyüme algoritması.	16
Şekil 3.2: Satranç tahtası segmentasyonu	20
Şekil 3.3: Dörtlü ağaç segmentasyonu.....	20
Şekil 3.4: Kontrast bölme segmentasyonu	21
Şekil 3.5: Ölçek parametre kıyaslaması).	22
Şekil 3.6: Çok çözünürlüklü segmentasyon ölçek parametresinin genel diyagramı .	22
Şekil 3.7: Kontrast filtreleme segmentasyonu	24
Şekil 4.1: Aksaray ilinin konumu (A), Aksaray ili ve komşu iller (B), Çalışma alanının Aksaray merkez yerleşkesindeki konumu (C), Çalışma alanı (D).	28
Şekil 4.2: WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.....	29
Şekil 4.3: Ortofoto görüntüsü.	29
Şekil 4.4: Pankromatik görüntü (A), Multispektral görüntü (B), Pan Sharp görüntü (C).	30
Şekil 4.5: ESP2 aracı parametre ayarlama görüntüsü	32
Şekil 4.6: Lokal varyans ve değişim oranı grafiği	32
Şekil 4.7: ESP2 segmentasyon seviyeleri.	33
Şekil 4.8: Ortofoto görüntüsü için ölçek parametresi araştırması.	33
Şekil 4.9: Ortofoto görüntüsü için şekil parametresi araştırması.	34
Şekil 4.10: ÇYÇU görüntüsü için ölçek parametresi araştırması.	34
Şekil 4.11: ÇYÇU görüntüsü için şekil parametresi araştırması.	34
Şekil 4.12: İdeal olmayan bir segmentasyon sonucunda sınıflardaki karışım	35
Şekil 4.13: Merge İşlemi (A: öncesi, B: sonrası).....	37
Şekil 4.15: eCognition yazılımında örnek tanımlama işlemi.....	39
Şekil 4.16: Bandlara göre sınıfların ilişkisi.	40
Şekil 4.17: Sınıfların bandlardaki spektral yansıma değerleri	41
Şekil 4.18: Normal görüntü (A), gri renk tonundaki görüntü (B).	42
Şekil 4.19: Normal görüntü (A), bina detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).	43
Şekil 4.20: Normal görüntü (A), yol detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).	43
Şekil 4.21: Normal görüntü (A), yeşil alan detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).	44
Şekil 4.22: Normal görüntü (A), toprak detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).	44
Şekil 4.23: Normal görüntü (A), sanayi detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).	45
Şekil 4.24: Sınıflandırılmış çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.....	45
Şekil 4.25: ArcGIS ortamına aktarılmış sınıflandırılmış ortofoto görüntüsü.	46

Şekil 4.26: ArcGIS ortamına aktarılmış sınıflandırılmış uydu görüntüsü.	47
Şekil 4.27: Test noktalarının dağılımı.	48
Şekil 4.28: Sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizi sonuçları	49
Şekil 4.29: Sınıfların göre kullanıcı (K. U.) ve üretici (Ü. D.) doğrulukları	50
Şekil 4.30: Genelleştirme işlemi öncesi(A), genelleştirme işlemi sonrası (B).	51
Şekil 4.31: Genelleştirme işlemi sonucunda oluşan bina vektör verisi	51
Şekil 4.32: Örnek binalar (Halihazır harita kırmızı, sayısallaştırma turkuaz ve obje tabanlı sınıflandırma sonucu turuncu renkte gösterilmiştir).	52
Şekil 4.32 (devam): Örnek binalar(Halihazır harita kırmızı, sayısallaştırma turkuaz ve obje tabanlı sınıflandırma sonucu turuncu renkte gösterilmiştir).....	53
Şekil 4.33: Bina vektör verisi koordinatlarının karşılaştırılması	54
Şekil 4.34: Binalar için T-dağılımı tablosu.	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1: Worldview-3: uydusu teknik özellikleri.....	7
Çizelge 2.2: Uzaktan algılamanın kullanıldığı bilim dalları ve çalışma alanları	8
Çizelge 4.1: Ortofoto sınıflandırma işlem basamakları.	37
Çizelge 4.2: WorldView-3 uydu görüntüsü doğruluk analiz tablosu	49
Çizelge 4.3: Ortofoto görüntüsü doğruluk analiz tablosu.....	49

KISALTMALAR DİZİNİ

BRI	Blue Ratio Index
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CNL	Cognition Network Language
ÇYÇU	Çok Yüksek Çözünürlüklü Uydu
EMS	Elektromanyetik spektrum
ESP	Estimation of Scale Parameter
GRI	Green Ratio Index
NDVI	Normalized difference vegetation index (Normalize edilmiş bitki indeksi)
NDWI	Normalized difference water index (Normalize edilmiş su indeksi)
NIR	Nearwave infrared (Yakın kızılötesi)
OTS	Obje Tabanlı Sınıflandırma
PTS	Piksel Tabanlı Sınıflandırma
RRI	Red Ratio Index
SWIR	Short wave infrared (Kısa dalga kızılötesi)
WV-3	WorldView-3
VNIR	Visible Near wave infrared (Görünür Yakın kızılötesi)

SİMGELER DİZİNİ

cm	Santimetre
KD	Kullanıcı doğruluğu
km	Kilometre
m	Metre
nm	Nanometre
sn	Saniye
ÜD	Üretici doğruluğu
µm	Mikrometre
Ψ	Ölçek parametresi

1. GİRİŞ

Türkiye’de 1950’li yıllarda başlayan kentlere yönelik göçler, günümüzde de sürmektedir. Kentlerdeki kentsel alt ve üst yapının yetersizliği, kentlere göç eden insanları, kaçak yapı ve gecekondular yapımına itmektedir. Kaçak yapılar ve gecekondular çarpık kentleşmeye neden olmuşlardır. Bugün dünya nüfusunun yarısının kentlerde yaşadığı düşünüldüğünde, kentlerde bir planlama sisteminin önemi daha da artmaktadır. Ayrıca, kentlerde çarpık ve kaçak yapılaşmaların takibi sağlıklı ve doğru planlama açısından çok önemli bir husustur. Bu nedenle kentlerde planlamaya altlık olacak kentsel büyüme alanları, çarpık ve kaçak yapılaşmış alanlara ait haritaların belli aralıklarla doğru ve hızlı biçimde hazırlanması gerekmektedir. Kentsel alanlarda büyük ölçekli çalışmalar/projeler için gerekli olacak harita altlıklarının üretilmesinde çoğunlukla araziden doğrudan elde edilen ölçüler (Elektronik ölçer, GNSS vb.) ve bazen de hava fotoğrafları kullanılmaktadır. Ancak, son yıllarda mekânsal ve spektral çözünürlüklerinin artması ile birlikte çok yüksek çözünürlüklü uydu (ÇYÇU) görüntülerin ve eş değer çözünürlüğe sahip ortofoto görüntülerinin de kullanılabilirliği tartışılmaktadır. Geliştirilen sınıflandırma yöntemleri kullanılarak bu görüntüler hızlı ve kolay bir şekilde istenilen detayların çıkarımına yardımcı olmaktadır. Özellikle, yüksek çözünürlüklü görüntülere yönelik yeni sınıflandırma yöntemlerinin/kurallarının geliştirilmesi ile birlikte, kentsel alanlara ait objelerin haritalanması (bina, yol, yeşil alan, vb.) ve bunların Coğrafi Bilgi Sistemleri/Kent Bilgi Sistemleri amaçlarına yönelik kullanılması mümkün hale gelmektedir (Maktav, 2010).

Günümüzde sınıflandırmada kullanılan klasik istatistik yöntemlerin (En Çok Benzerlik, En Kısa Mesafe, Mahalonobis Uzaklığı, Paralelkenar Yöntemi vb.) yanı sıra son yıllarda yapay zeka uygulamalarından yapay zeka optimizasyon algoritmaları, yapay sinir ağları, uzman sistemler ve bulanık mantık gibi yaklaşımlarda kullanılmaya başlanmıştır. Kentsel alanların takip edilmesinde temeli görüntü işleme tekniklerine dayanan yarı ve tam otomatik yaklaşımlarla görüntü analizleri ile sınıflandırma teknikleri yaygın olarak kullanılır (Key vd. 1989, Lee

vd. 1990, Benediktsson vd. 1990). Genel olarak görüntü sınıflandırma işlemini piksel-tabanlı ve obje tabanlı olmak üzere iki ana başlık altında toplanmaktadır. Klasik piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinde, sadece piksellerin gri değerine dayalı detay çıkarımı esastır. Bu durum zengin bilgi içeriğine sahip çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleriyle uygulanan piksel tabanlı sınıflandırma yönteminde bina, yol, park vb. kesin sınırlar içeren kentsel alanlardan hassas veri çıkarımı oldukça güçtür. Bu eksiklik mevcut bilgi işlem teknolojilerine bağlı olarak gelişmiş görüntü analiz ve sınıflandırma yaklaşımlarını da beraberinde getirmiştir. Dolayısıyla günümüz görüntü işleme ve uzaktan algılama teknolojilerinde, obje-tabanlı sınıflandırma yaklaşımları yoğunlukla kullanılmaya başlanmıştır (Marangoz, 2009).

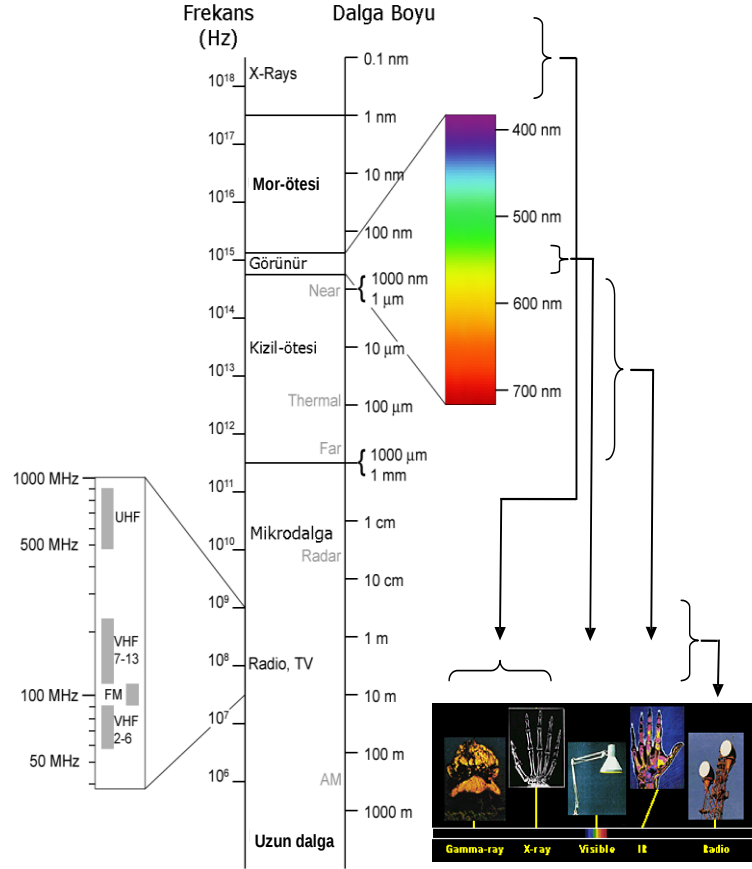
Obje-tabanlı sınıflandırmada, spektral değer, şekil ve doku gibi değişik obje özelliklerinin geniş spektrumunun tamamlanmasını sağlayan bulanık mantık esasına dayanmaktadır. Piksel tabanlı sınıflandırma mantığından farklı olarak obje tabanlı sınıflandırma, pikselleri gruplandırarak objeler üzerinde işlemler yapmaktadır. Bu tür segmentasyon ve topoloji oluşumu, çözünürlüğe ve çıkarılması düşünülen objelerin ölçeğine göre belirlenmelidir. Bu yöntemle, sadece tekil pikseller sınıflandırılmamakta, ayrıca bir önceki segmentasyon basamağı sırasında homojen görüntü objeleri de ortaya çıkarılmaktadır (Kalkan vd., 2010).

Bu çalışmada benzer konumsal çözünürlüğe sahip ortofoto ve çok yüksek çözünürlüklü Worldview-3 uydu görüntüsü kullanılarak obje-tabanlı sınıflandırma yöntemi (E-cognition yazılımı) ile kentsel alanlardaki verilerin (bina, yol, ırmak vb.), belirlenen kural ve işlemler ile otomatik çıkarımı amaçlanmıştır. Ortofoto ve Worldview-3 görüntülerinden elde edilen sonuçların doğrulukları, araziden doğrudan toplanan halihazır haritalar ile analiz edilecek ve iki görüntünün sonuçlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına entegre edilmesi için bir model oluşturulacak. Ayrıca kaçak yapılaşmanın takibinde gerekli olan bina vektör verilerinin doğrudan kullanılabilirliğinin irdelenmesi amacı ile istatistiksel analizler yapılacaktır.

2.UZAKTAN ALGILAMA TEMEL KAVRAMLAR

Uzaktan algılama, fiziki bir temas olmaksızın cisimlerin (şekil, boyut, cins vb.) fiziksel bilgilerini ortaya çıkarıp kullanıcıya sunan bir bilim dalıdır. Yeryüzünden belirli uzaklıkta uzayda veya atmosfer dışına yerleştirilmiş uydular tarafından elde edilen cisim bilgileri ham olarak kullanıcılara sunulmaktadır. Harita, jeoloji, tarım, şehircilik gibi bilim dalları uzaktan algılamanın aktif olarak kullanılabildiği bilim dallarıdır. Uzaktan algılama, yeryüzünden yansıyan elektromanyetik enerjinin, elektromanyetik spektrumun görüntü bölgesi olarak adlandırılan kısmında sensörler tarafından ölçülerek değerlendirilmesi esasına dayanır (Orhan, 2014).

Elektromanyetik spektrum (EMS), 3×10^8 m/sn hızla hareket eden, dalga uzunluğu nanometreden kilometreye kadar uzanan sürekli enerji ortamıdır. Bütün cisimler az ya da çok elektromanyetik enerji yayarlar. Elektromanyetik spektrum yapılan çalışmalarda kolaylık sağlaması açısından belirli aralıklara ayrılmıştır. Ancak bu aralıklar arasında kesin sınır bulunmamaktadır (Çölkesen, 2009). Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar Şekil 2.1’de verilmiştir. Aralıklar içerisinde 400 nm ve 700 nm ($0.4\mu\text{m}$ - $0.7\mu\text{m}$) arasında kalan kısım görünür bölge olarak adlandırılmaktadır. Bu bölge insan gözünün görebildiği dalga boyu aralığını ifade etmektedir. Görünür bölge içerisinde yaklaşık 400 nm ve 500 nm arasında kısım mavi, yaklaşık 500 nm ve 600 nm arasında kalan kısım yeşil ve 600 nm ve 700 nm arasında kalan kısım ise kırmızı renge karşılık gelen dalga boylarını ifade etmektedir. $0.7\mu\text{m}$ ve $1000\mu\text{m}$ dalga boyları arasında kalan bölgede ise yakın kızılötesi, termal ve uzak kızılötesi bölgeler yer almaktadır. Özellikle yakın kızılötesi dalga boyunda bulunan ışınlamalar bitkilerde bulunan klorofil pigmentine duyarlıdır ve bitkiler ile yapılar arasındaki ayrımı iyi bir şekilde yansıttığı için çalışmalarda sık sık kullanılmaktadır.



Şekil 2.1: Elektromanyetik spektrum ve spektral aralıklar (Ekercin, 2007).

2.1 Uzaktan Algılamada Kullanılan Görüntü Tipleri

Uzaktan algılama için öncelikli olarak elektromanyetik enerji yayan bir kaynak gereklidir. Bu enerji kaynağı doğal (Güneş) ya da yapay (Uydunun yaydığı enerji) olabilir. Hedeften yayılan enerji bir algılayıcı tarafından toplanır ve kaydedilir. Kayıt edilen enerji verisi işleminden geçerek görselleştirilir ve uzaktan algılama görüntüleri amaca uygun olarak çeşitli şekillerde işlenerek kullanılır. Bu işlemler sonucunda ortaya çıkan hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri uzaktan algılama sürecinin ürünleridir (URL-1). Uzaktan algılanmış görüntüler düzlem-algılayıcı özelliklerine göre farklılık gösterirler (Bakker vd., 2004).

2.1.1 Hava fotoğrafları

1839 yılında fotoğraf makinesinin icadı ve 19. Yüzyılda fotoğraf ve bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle elektromekanik ve elektronik özelliklerle donatılmış fotoğraf makineleri kullanıma başlanmıştır (Ünal, 2005). Bu gelişmeler eşliğinde günümüzde kullanılan, oluşabilecek distorsiyonlardan arındırılmış, geometrik düzeltmeleri yapılmış ve düşeye çevrilmiş (arazi yüzeyindeki eğiklikler ve yükseklik

farkları elemine edilmiş) dijital ortofotolar kullanılmaya başlamıştır. Dijital ortofotolar Coğrafi Bilgi Sistemlerinde veya bilgisayar destekli veri işletimi ve görüntüleme, analiz, güncelleme vb. işlemlerinde doğrudan harita katmanı olarak kullanılabilir (Baz vd., 2003).

2.1.2 Uydu görüntüleri ve algılayıcı sistemleri

1957 yılında SPUTNIK-1 ile başlayan Uzay Çağı, 1972 yılında LANDSAT uydusunun askeri amaç ve ilk yer gözlem uydusu unvanıyla uzaya fırlatılması ile devam etmiş ve günümüze dek uzanmıştır. Daha sonra çeşitli uzaktan algılama uydularının da fırlatılması ile askeri amaçların yanı sıra yeryüzü hakkında bilgi toplama amacı da ortaya çıkmıştır (URL-2). Teknolojinin gelişmesiyle paralel olarak ilerleyen uzaktan algılama teknolojisi ile uydu görüntüsü çözünürlükleri de artmıştır. Günümüzde bu çözünürlük santimetre (cm) hassasiyetine erişmiştir. 13 ağustos 2014 yılında yörüngesine giren WorldView-3 uydusu 31 cm pankromatik çözünürlük ile en iyi çözünürlüğü veren ilk çoklu taşıma kapasiteli çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüdür.

2.1.2.1 QuickBird uydu sistemi

İlk QuicBird uydusu 2000 yılının Kasım ayında Rusya Plesetsk uzay üssünden EarthWatch firması tarafından uzaya fırlatılmış, planlanan yörüngeye oturamamış ve başarısızlık olarak ilan edilmiştir (URL-3). 2001 yılında, Vandenberg Hava Kuvvetleri Üssü, Kaliforniya'dan fırlatılan QuickBird 2, Digital Globe adlı özel bir A.B.D. şirketi tarafından çalıştırılmaktadır. QuickBird 2 verisinden, pankromatik bant için 0.61 m.'lik (nadir) çözünürlükte, multispektral bantlar için ise 2.5 m.'lik (nadir) çözünürlükte görüntüler elde edilmektedir.

2.1.2.2 Geoeeye uydu sistemi

GeoEye uydu sistemi ticari uzaktan algılama sisteminde kullanılan gelişmiş teknolojik özelliklere sahip olarak 6 Eylül 2008 tarihinde GeoEye-1 uydusunu yörüngesine yerleştirmiştir. Yörünge yüksekliği yaklaşık olarak 684 kilometre, ağırlığı ise 1955 kilogramdır. İşlem tahmini işlev süresi 7 ile 15 yıl arasındadır. 0.41 metre çözünürlükte pankromatik, 1.65 metre çözünürlükte ise multispektral görüntü sunmaktadır. Yörünge hızı yaklaşık 7.5 km/saniye, periyodu 98 dakikadır (URL-4).

2.1.2.3 WorldView uydu sistemi

Worldview uydu sisteminde hâlihazırda kullanılan 3 adet uydu üzerinden veri temini yapmaktadır. Digital Globe şirketi tarafından kullanıma sunulmaktadır. Bunlardan ilki olan Worldview-1 uydusu 2007 Eylül ayında fırlatılmıştır. Uydular arasında en çevik uydu olarak kabul edilmektedir. Yüksek kapasite özelliği yanında 50 cm yersel çözünürlüklü pankromatik (siyah/beyaz) görüntüler sağlayabilmektedir. Worldview1, ortalama 1.7 günlük tekrar ziyaret etme özelliği sayesinde günlük 750.000 km²'lik alanı görüntüleyebilme (50cm çözünürlük) özelliğine sahiptir. Uydu ayrıca yüksek geometrik doğruluk özelliğine sahip olması yanında süratli çekim ve stereo çekim özellikleri de mevcuttur. Worldview uydu sisteminin ikinci uydusu olan Worldview-2 2009 yılının Ekim ayında fırlatılmış olup, dünyanın 8 banda sahip ilk yüksek çözünürlüklü gözlem uydusudur. WorldView-2 uydusu, 770 km. yükseklikte konumlandırılmış olup hem 0.46 m yersel çözünürlüklü pankromatik hem de 1.84 m yersel çözünürlükte multispektral olarak görüntü sağlayabilmektedir. WorldView-2 uydusu ortalama 1.1 günlük yeniden ziyaret etme süresine sahiptir (URL-5).

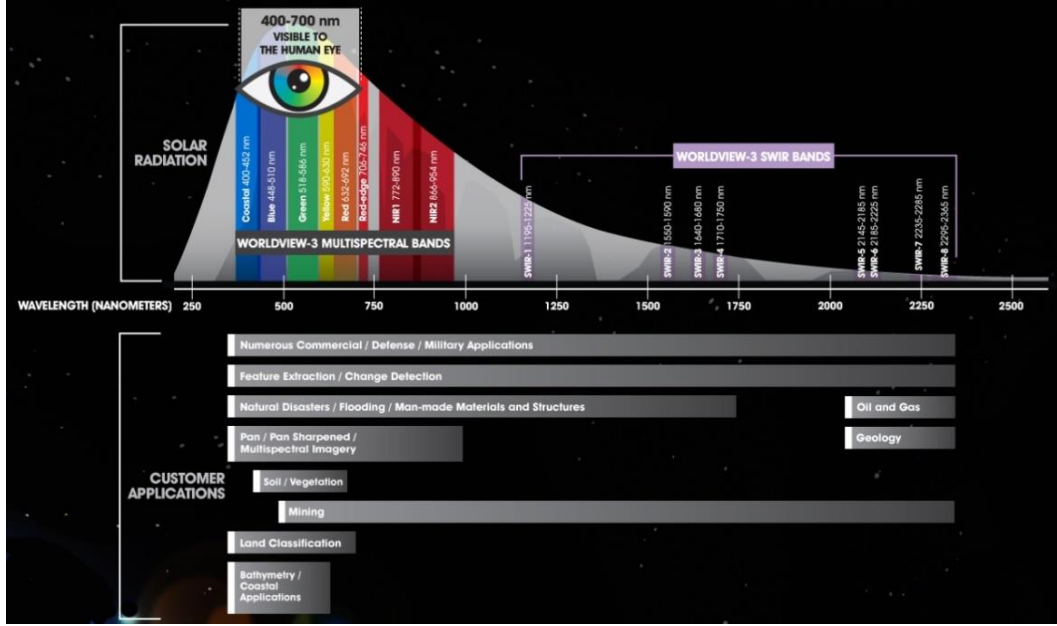
WorldView uydu sisteminin en son gönderilen Worldview-3 uydusu, 2014 yılının Ağustos ayında fırlatılmıştır. WorldView-3 uydusu, 617 km. yükseklikte konumlandırılmış olup hem 0.31 m yersel çözünürlüklü pankromatik hem de 1.24 m yersel çözünürlükte multispektral olarak görüntü sağlayabilmektedir. WorldView-3 uydusu ortalama 1 günlük yeniden ziyaret etme süresine sahiptir. Günlük 680,000 km²'lik alan çekebilme özelliğine sahiptir (URL-6). Uygulamalarda kullanılacak olan Worldview-3 uydusunun teknik özellikleri Çizelge 2.1'de gösterilmiştir.

Digital Globe şirketinin Worldview serisindeki son uydusu Worldview-3 uydusudur. 19 Ağustos 2014 tarihinde yaklaşık olarak 617 km yükseklikteki yörüngesine yerleştirilmiştir. Worldview-3 dünyanın en yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip yer gözlem uydusudur ve önümüzdeki birkaç yıl içerisinde planlanmış daha yüksek çözünürlüğe sahip başka uydu bilinmemektedir (Marchisio, 2013). Pankromatik kanalda yüksek mekânsal çözünürlüğünün (0.31m) yanı sıra, yüksek mekânsal çözünürlüğe (1.24 m ve 3.7 m) sahip süper çoklu tayf kanallarına da sahiptir. Bunların 8 adedi görünür yakın kızılötesi (VNIR) bölgede, 8 adedi kısa dalga kızılötesi (SWIR) bölgede yer almaktadır (Şekil 2.2). WorldView-3 uydusu, tek geçişte 112 x 65.5 km boyutlarında yan yana 5 şerit olarak çekim yapabilme veya 13.1 x 360 km uzunluğunda tek şerit veya 26.2 x 112 km boyutlarında stereo

görüntüleme ve bir şerit içinde 680,000 km² görüntüleme kapasitesine sahiptir (URL-2). Özellikle, yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip SWIR kanallarının jeolojik uygulamalarda önemli katkılarda bulunacağı tahmin edilmektedir (Erbay, 2014).

Çizelge 2.1: Worldview-3 uydusu teknik özellikleri (URL-6).

Fırlatma Bilgileri	Tarih: 13 Ağustos 2014 Fırlatma Aracı: Atlas V Fırlatma Alanı: Vandenberg Hava Üssü, Kaliforniya-ABD
Yörünge	Yükseklik: 617 kilometre Tip: Güneş senkronizasyonlu, Periyod: 97 dakika
Uydu Ömrü(Tahmini)	7-25 Yıl
Spektral Bantlar	Pankromatik: 450 - 800 nm, 8 bant Multispektral: Kıyisal: 400 - 450 nm Kırmızı: 630 - 690 nm Mavi: 450 - 510 nm Kırmızı Kenarı: 705 - 745 nm Yeşil: 510 - 580 nm Yakın-IR1: 770 - 895 nm Sarı: 585 - 625 nm Yakın-IR2: 860 - 1040 nm
Yersel Çözünürlük	Pankromatik: 0.31 metre GSD (nadir), 0.34 metre GSD at 20° derece off-nadir Multispektral: 1.24 metre GSD (nadir), 1.38 metre GSD at 20° derece off-nadir
Radyometrik Çözünürlük	Pankromatik: 11-bit dinamik aralığı Multispektral: 14-bit
Çerçeve Geniliği	13.1 kilometre (nadir)
Uydu Veri Kapasitesi	2199 gigabit
Maksimum Çekim Açısı	Nominal olarak +/- 20° off-nadir
Tek Geçişte Maksimum Alan	Mono: 66.5 km * 112 km Stereo: 26.6 km * 112 km
Yeniden Geçiş Sıklığı	1.1 gün - 1 m. GSD veya daha az 3.7 gün 20° off-nadir veya daha az (0.52 m. GSD)



Şekil 2.2: WorldView-3 sensör özellikleri (URL-7).

2.2 Uzaktan Algılamanın Kullanım Alanları

Uzaktan algılama günümüzde birçok bilim dalında aktif olarak kullanılmaktadır. Genel olarak uzaktan algılama uygulamaları, yeryüzünün tamamına ait bilgilerin değerlendirilmesi ile ilgilidir. Yenilenen teknoloji ile fırlatılan yeni uydular sayesinde uzaktan algılamanın uygulama alanları genişleme imkânı bulmuştur. Uzaktan algılamanın kullanım alanları Çizelge 2.2’de kısaca verilmiştir.

Çizelge 2.2: Uzaktan algılamanın kullanıldığı bilim dalları ve çalışma alanları (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2011).

Bilim Dalı	Çalışma Alanı
Haritacılık	Sayısal arazi modellerinin üretilmesi, Yeryüzü deformasyonlarının izlenmesi, Topoğrafik harita üretimi.
Hidroloji	Su kalitesi analizleri, Su kirliliği izleme, Sel haritalaması ve izleme, Kar dağılımını ve miktarını belirleme, Buz erimesi ve buz hareketi gözlem, Gemi atıklarını izleme.
Tarım	Arazi kullanımının belirlenmesi, Bitki tipini ayırma, Ürün çeşitliliğinin belirlenmesi, Bitki canlılığının izlenmesi, Bitki gelişimini izleme, Rekolte tahmini, Toprak nemi ve türünü belirleme.
Ormancılık	Orman türlerinin haritalanması; Ağaç hastalıklarının izlenmesi; Ormansızlaşma ve çölleşme izleme; Kereste üretimi tahmini ve planlaması; Orman yangınlarının izlenmesi.
Çevre	Ekolojik gelişmelerin sürekli ve geniş, ölçekte izlenmesi, Arazi örtüsü veya kullanımının haritalanması, Akarsu, deniz ve göl su kirliliklerinin belirlenmesi, Kıyı alanlarındaki değişimlerin izlenmesi, Sanayi alanları ve çevresindeki değişimlerin izlenmesi, Orman alanlarındaki değişimin izlenmesi.
Şehircilik Faaliyetleri	Arazi örtüsü ve kullanımının belirlenmesi, Şehirleşmedeki gelişimin izlenmesi, Zaman içinde meydana gelen değişimlerin belirlenmesi, Altyapı çalışmaları, Kaçak yapılaşmanın tespiti, Planlama çalışmaları, Sayısal yükseklik modeli üretimi.

2.3 Uzaktan Algılamada Görüntü İşleme Teknikleri

Sayısal formatta uydulardan ham halde elde edilen görüntüler kullanım amaçlarına göre değişik yöntemlerle ve sistemlerle düzenlenip ve iyileştirilip kullanıma hazır hale getirilirler. Bu işlemler görüntü işlemek amacıyla özel olarak üretilmiş yazılımlar kullanılarak bilgisayarlar vasıtası ile yapılabilmektedir. Görüntü işleme esnasında sayısal görüntü temel olarak 4 safhadan geçmektedir. Bunlar sırasıyla; ön işlem süreci, görüntü zenginleştirme (geliştirme), görüntü dönüştürme ve sınıflandırma başlıkları altında toplanabilir (Torun, 2015).

2.3.1 Uydu görüntülerinde ön işlem süreci

Uydulardan alınan ham verilerin kullanılabilir hale gelmesi için çeşitli işlem süreçlerinden geçmesi gerekmektedir. Bunlardan ilk basamak olan ön işlem süreci, görüntülerin işlenmeye hazır ve amaca uygun hale gelebilmesi için birtakım düzeltmeleri içermektedir. Bu düzeltmeler radyometrik ve geometrik olarak sınıflandırılır. Bazen bu işlemlere görüntü restorasyonu ve rektifikasyonu adı da verilmektedir. Ön işlem sürecinde amaçlanan, algılayıcıdan kaynaklanan geometrik ve radyometrik hataların giderilmesidir (Çölkesen, 2009).

Geometrik bozukluklar algılayıcı platformun hızı, yüksekliği, tarayıcı hareketi, arazi yüzeyi vb. konularda sabit davranışlar göstermemesinden kaynaklı meydana gelmektedir. Uydulardan ham halde elde edilen veriler sistematik ve rastgele geometrik hatalar ile yüklü olarak elde edilir (Reis, 2003). Sistematik hatalar matematiksel yöntemlerle formülize edilerek elimine edilebilmektedir. Rastgele hatalar ise araziye tesis edilen yer kontrol noktaları yardımı ile düzeltilebilmektedir. Bu hataların giderilmesinden sonra koordinatlı görüntü verisi elde edilir. Elde edilen veriler, temsil ettikleri bölgenin yeryüzündeki gerçek koordinatlarına getirilmiş olur. Radyometrik düzeltmenin amacı uydu görüntülerinin algılanması sırasında ortaya çıkan atmosferik etkileri azaltmak ve uydu görüntüsüne ait piksel parlaklık değerlerini (digital numbers) yersel spektral yansıtma değerleri ile spektral olarak karşılaştırılabilir birime dönüştürmektir (Ekercin, 2007). Bu işlem sürecinde ilk olarak piksel parlaklık değerleri, spektral parlaklık değerlerine daha sonra ise spektral parlaklık değerleri spektral yansıtma değerlerine dönüştürülür.

2.3.2 Görüntü zenginleştirme

Görüntü zenginleştirme işlemi, geometrik ve radyometrik düzeltmeleri yapılmış görüntülerin daha kolay yorumlanabilir ve anlaşılabilir bir hal almasına olanak sağlar. Bu sayede kullanım amacına uygun olarak istenilen veriler görüntülerde belirginleştirilip istenmeyen öğeler ise bastırılabilir. Görüntüler iyileştirme esnasında histogram dönüşümleri ve birçok filtreleme metodu kullanılmaktadır. Bunlar kontrast artırımı, filtrelemeler ve çok kanallı uydu verilerinin zenginleştirilmesi olarak sıralanabilir. Kontrast artırmanın amacı, bir görüntü üzerindeki gri renk tonlarını daha belirgin hale getirmek ve görüntünün görsel yorumlanabilirliğini artırmaktır (Ekercin, 2007). Bu yöntemde görüntüdeki minimum piksel değeri sıfıra maksimum piksel değeri ise 255 değerine artırılması için bir lineer enterpolasyon yöntemi geliştirilir. Çok bantlı görüntülerde bu işlem her bant için ayrı ayrı uygulanarak elde edilen veriler karşılık gelen bantlara atanır. Histogram eşitleme ile görüntüde parlaklık değerleri ile yapılan operasyonlar sonucu parlaklığın en yoğun bulunduğu bölgeye en yüksek kontrast artırımı yapılmaktadır. Bu yöntemde kontrast artırımına göre daha karmaşık bir yapı kullanılarak ve histogramın boyu ve şekilleri dikkate alınarak operasyonlar gerçekleştirilir. Histogram eşitleme görüntü iyileştirme teknikleri arasında en çok kullanılan ve en iyi sonuç veren metottur. Bu teknikte kenar gruplar birleştirilirken orta gruplar daha ayırık hale getirilip görüntü kalitesi iyileştirilir (Çölkesen, 2009). Filtreleme işlemlerinde amaç, görüntü üzerindeki bozuklukların giderilerek görüntülerin daha iyi ayırt edilebilir ve yorumlanabilir olmasını sağlamaktır. Bu yöntem için alçak ve yüksek geçirgen filtre olmak üzere iki yöntem kullanılmaktadır. Alçak geçirgen filtre ile görüntü kalitesini bozan gürültü ve parazitler giderilirken, yüksek geçirgen filtre kullanımı ile parazitsiz görüntülerde algılayıcı sistemin çözebilirlik sınırında veya altında kalan küçük cisimlerin ayırt edilebilmesini sağlamaktır (Ekercin, 2007). Görüntü dönüştürme yöntemleri ana bileşenler dönüşümü ve oran görüntüleri oluşturma işlemleridir. Ana bileşenler dönüşümü işleminde istenilen veri grupları daha da belirginleştirilerek yeni veri grubundan konu hakkında daha fazla bilgi çıkarımı yapmak amaçlanmıştır. Oran görüntüleri oluşturma işleminde ise görüntü üzerinde bulunan bantlar birbirlerine oranlanarak yapılacak çalışmaya en uygun veri bant birleşimi ve kombinasyonu işlemi yapılır. Bu işlem sonucunda ortaya çıkan

ürün, görüntü üzerinde belirginleştirilecek obje grubunu ortaya çıkarmaya yarar (Torun, 2015).

2.3.3 Sınıflandırma

Uzaktan algılamada en önemli görüntü işleme yöntemlerinden birisi hiç şüphesiz sınıflandırma işlemidir (Atasever vd., 2011). Sınıflandırma işlemi yeryüzündeki benzer spektral yansıtma değerine sahip objelerin aynı sınıf altında toplanması işlemi olarak genelleştirilebilir. Diğer bir ifadeyle, görüntüyü meydana getiren her bir pikselin bütün bantlardaki değerlerinin diğer pikseller ile karşılaştırılarak benzer piksellerin kullanıcının belirlemiş olduğu sınıflara veya sınıf sayısına ayrılması işlemidir (Campbell, 1996). Sınıflandırma işleminde amaçlanan yeryüzünde aynı spektral özelliğe sahip veri gruplarının aynı grup altında toplanarak ayırt edilebilirliğin ve yorumlanabilirliğin artırılmasıdır. Sınıflandırma sonucunda oluşan veri tematik veriler olarak adlandırılabilir. Sınıflandırma işlemi üç temel konu üzerinde odaklanmıştır (Ekercin, 2007);

1. Bir görüntüdeki farklı özelliklerin ortaya çıkarılması,
2. Ayırt edilebilir şekillerin ve uzaysal desenlerin ayrımı
3. Bir görüntüdeki zamana bağlı değişimlerin belirlenebilmesi.

Bir görüntüden çıkarılması istenilen sınıflar kullanıcı tarafından belirlenebileceği gibi, rastgele bir şekilde, sadece sınıf sayısı seçilerek de yapılabilmektedir (Lillesand vd., 2007). Bu işlemlerde kullanıcı tarafından sınıfların belirlenmesi kontrollü sınıflandırma, sadece sınıf sayısının belirlenerek istatistiksel bir sınıflandırma işlemi ise kontrolsüz sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır.

Geleneksel sınıflandırma analizlerinde temel birim olarak görüntüdeki pikseller kabul edilmektedir. Ancak bazı durumlarda algoritmalar yetersiz kalmakta ve sınıflandırmada sıkıntılar yaşanmaktadır. Sayısı ve hacmi her geçen gün artan görüntülerden bilgiyi operatörlerin en az müdahalesi yani en az insan gücü ile kısa sürede yapılabilmesi için çalışmalar başlamıştır (Özdemir, 2013). Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler ve bu çalışmalar ile birlikte sınıflandırma için görüntüdeki yapısal ve dokusal bilgi gibi farklı bilgilerin de kullanılması mümkün hale gelmiştir. Böylece temel birim olarak görüntüdeki pikseller yerine objeler alınabilmektedir. Bu kapsamda sınıflandırmada kullanılan temel birim ve yapı göz önüne alındığında,

- Piksel Tabanlı Sınıflandırma,
- Obje Tabanlı Sınıflandırma,

olmak üzere 2 çeşit sınıflandırma yapısından söz etmek mümkündür (Boyacı, 2012).

2.3.3.1 Piksel tabanlı sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma, multispektral sınıflandırma tekniklerini kullanarak görüntüdeki bütün piksellerin atama yapılacak olan sınıf ile bulunan spektral yakınlığını karşılaştırarak sınıflandıran sınıflandırma yöntemidir (Casal vd., 2000).

Piksel-tabanlı sınıflandırma yöntemi kontrolsüz sınıflandırma ve kontrollü sınıflandırma yöntemi olarak iki grupta toplanmaktadır (Marangoz, 2007).

Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde, çalışma bölgesinde özellikleri bilinen yeterince örnekleme bölgesi (test bölgesi) veya istatistiksel bilgi bulunmadığı durumlarda, spektral olarak ayrılabilir sınıflar belirlenmekte ve bunlardan bilgi elde etme yoluna gidilmektedir. Bu sınıflar görüntü dijital değerlerindeki doğal gruplaşmalara bağlı olup, oluşan spektral sınıfların ne olduğu önceden bilinmemektedir. Oluşan sınıfların özellikleri bölgeye ait hava fotoğrafları, topoğrafik haritalar ve daha önce elde edilmiş var olan bilgilerle karşılaştırılarak belirlenir.

Kontrollü sınıflandırma yönteminde ise, çalışma alanındaki yeryüzü özelliklerini tanımlayan yeteri sayıdaki örnek bölgeler (test alanlar) kullanılarak, sınıflandırılacak her bir cisim için spektral özellikleri tanımlı özellik dosyaları oluşturulur. Kontrol alanlarının örneklendiği özellik dosyalarının görüntü verilerine uygulanması ile her bir görüntü elemanı (piksel), hesaplanan olasılık değerlerine göre en çok benzer olduğu sınıfa atanmaktadır. Bu sınıflandırma işleminde; paralelyüz, en yakın uzaklık ve en yüksek olabilirlik sınıflandırma yöntemi olarak üç yaklaşım kullanılmaktadır (Marangoz, 2007).

2.3.3.2 Obje tabanlı sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırmanın aksine obje tabanlı sınıflandırma yöntemi direk olarak tekil pikseller üzerinde çalışmaz. Bu yöntemler, görüntüyü anlamlı bir şekilde segmentasyon işlemi ile gruplandırılmış, birçok pikselden oluşan objeler üzerinden çalışırlar. Daha sonra sınıflandırma ögesi olarak pikseller yerine bu objeleri kullanırlar (Carleer ve Wolff 2006, Blaschke 2010). Homojen olarak oluşturulan bu objeler, objelerin spektral, şekil, boyut doku gibi özellikleri ile birbirleri arasındaki ilişkileri kullanarak sınıflandırma işlemini gerçekleştirir. Kural-bazlı işlem

kabiliyetiyle sınıflandırma ağacı kullanarak daha doğru sonuçlar elde edilebilir (Blaschke vd., 2011). Piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinde kullanılan spektral ve dokusal bilginin yanında şekil karakteristiklerini ve komşuluk ilişkilerini kullanırlar (Shackelford ve Davis, 2003). Ayrıca obje tabanlı sınıflandırma yöntemini klasik piksel tabanlı sınıflandırma yönteminden farklı olarak bulanık mantık sınıflandırmaya olanak sağlar. Bu durumda her bir obje birden fazla sınıf üyeliğine sahip olabilir. Sınıf üyelikleri 0 ile 1 arasında değişkenlik gösteren bir rakam ile açıklanır. Bu değer ölçeğinde 1 değeri pikselin o sınıfa ait tam üyeliğini temsil ederken, 0 değeri hiçbir üyeliğinin olmadığını göstermektedir. 0 ile 1 değerleri arasında ise büyüklükleri oranında üyeliğin olacağını gösterir (Boyacı, 2012). Obye tabanlı yöntemin tercih edilmesindeki bir sebepte, çoğu görüntü analizi uygulamasında beklenen sonuç, gerçek dünya objelerinin, gerçek sınıflandırma ve şekillerinde olmasıdır. Bu beklenti alışlagelmiş piksel tabanlı yaklaşımlarla sağlanamaz (Hofmann, 2001).

3. OBJE TABANLI SINIFLANDIRMA

Son on yılda uydu sensörlerinin mekânsal çözünürlüklerinde büyük gelişmeler olmuş ve çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanıma başlamıştır (Duric vd., 2014). Piksel tabanlı yöntem ile sınıflandırılan çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinde, sonuçlar çelişkili ve detaylar arzu edilen beklentileri karşılayamamaktadır (Antunes vd., 2003). Özellikle, bina, yol, tarım ve orman gibi keskin veya sürekliliği olan sınırlara sahip olan objelerin tespiti piksel tabanlı sınıflandırma ile beklenen sonuçlara ulaşamamaktadır. Bu görüntülerin sunduğu zengin içeriğin piksel tabanlı sınıflandırma yöntemiyle tam olarak yansıtılamaması sonucu yeni görüntü işleme ve sınıflandırma yöntemleri araştırılmaya başlanmış ve obje tabanlı sınıflandırmanın (OTS) piksel tabanlı sınıflandırmaya göre daha hassas sonuçlar verdiği görülmüştür (Wong vd. 2003, De Kok vd. 1999). Objeler üzerinden sınıflandırma fikri, görüntüdeki karakteristik doku özelliğinin diğer klasik yöntemlerde ihmal edilmesinden dolayı ortaya çıkmıştır (Blaschke vd., 2001).

OTS yöntemi segmentasyon ve segmentlerin sınıflandırılması olarak iki aşamadan oluşur. İlk aşamada çıkarılması istenilen detaylar elde edilene kadar komşu pikseller birleştirilir ve ikinci aşamadaki sınıflandırma işlemi için uygun segmentler oluşturulur.

3.1 Segmentasyon İşlemi

Segmentasyon işlemi, görüntüyü aynı özellikleri yansıtan objelere veya alanlara ayırma işlemidir. Segmentasyon işlemi, görüntü piksellerinden objelerin oluşturulması için ana unsurdur (Navulur, 2007). Başarılı bir obje tabanlı sınıflandırma işlemi segmentasyon aşamasının kalitesine bağlıdır. Eğer iyi bir segmentasyon aşaması gerçekleştirilirse piksel tabanlı sınıflandırmadan daha iyi sonuçlar elde edilir (Yan vd., 2006).

Görüntüyü segmentlere ayırma işlemi yıllardır görüntü analizi alanı araştırmalarında ana odak olmuş ve farklı çözüm yolları araştırılmıştır. Bu araştırmalar sonucunda sadece birkaç yöntem ile elde edilen segmentler için kullanılabilir ve nitelik

bakımından tatmin edici sonuçlar alınmıştır. Segmentasyon işleminin sonucunda kullanıcının istediği, arzu ettiği objelerin otomatik olarak çıkarılabilmesinin mümkün hale gelmesidir.

Görüntü objelerinin sayısı ve homojenliği segmentasyon işleminde önemlidir. Ayrıca, ölçek, renk/biçim ve yumuşaklık/bütünlük parametreleri segmentasyon işleminde kullanılan önemli özelliklerdir (Marangoz vd., 2005).

3.2 Uzaktan Algılamada Kullanılan Segmentasyon Teknikleri

Tezin bu bölümünde uzaktan algılama literatüründe segmentasyon işlemi için kullanılan algoritmalar incelenmiştir. Segmentasyon algoritmaları birçok şekilde sınıflandırılabilir. Kerem Şahin (2013), segmentasyon algoritmalarını uygulama şekline göre metotlar ve görüntü analiz yaklaşımına göre metotlar olmak üzere iki ana başlık altında irdelemiştir.

3.2.1 Uygulama şekline göre segmentasyon algoritma tipleri

Temelde görüntü segmentasyonu algoritmaları genel olarak beş ana başlık altında toplanabilir (Marpu, 2009).

3.2.1.1 Kümeleme algoritması

Kümeleme algoritmasında öncelikle küme sayısı belirlenir ve her bir küme için önceden tanımlanmış özellikler kullanılarak görüntü segmentlere ayrılır. Algoritma benzer özelliği taşıyan pikselleri bir küme içine toplar. Burada önemli olan kümeler içindeki pikseller birbirine çok benzemeli fakat kümeler birbirine mümkün olduğunca benzememelidir. Kümeleme algoritmasında, renk özelliğine ek olarak diğer özelliklerde (doku gibi) kullanılabilir (Marpu, 2009). Bu yöntem her pikselle ayrı ayrı uygulandığından dolayı uzun zaman ve yüksek bellek alanı gereklidir. K-means ve maksimizasyon beklenti algoritmaları kümeleme algoritmasına örnektir (Canty 2007, Schowengerdt 2007)

3.2.1.2 Kenar bazlı algoritma

Bu algoritmada öncelikle kenarlar (sınırlar) belirlenir ve benzer bölgelerdeki kenarlar birleştirilerek segmentler oluşturulur. Fakat kenar belirlemede gürültü etkisi, homojen olmayan aydınlatma ve diğer etkilere kaynaklı olarak kırık kenar problemi meydana çıkmıştır. Ayrıca son derece yüksek sayıda kanalları olan görüntülerde kenar tanımla işlemi oldukça karmaşık bir işlemdir. Kenar birleştirme

işlemi de oldukça karmaşıktır ve sıklıkla yavaştır (Gonzalez ve Woods, 2002). Bu yüzden bu algoritma çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Marpu, 2009).

3.2.1.3 Bölge büyüme metodu

Önceden belirlenmiş kriterlere bağlı olarak tüm görüntüyü bir veya belli sayıda pikselden (seed) başlayıp diğer benzer piksellerle birleştirilmesi esasına dayalı segmentasyon metodudur. Bu yöntem aşağıdan yukarıya segmentasyon algoritması olarak sınıflandırılmaktadır. Bölgelerin büyütülmesi için belirli kriterlerin girilmesi gereklidir (Baatz vd., 2004). Örneğin, piksel yoğunluğu ve bölgenin ortalaması arasındaki fark bir kriter olarak kullanılabilir. Eğer piksel bu farktan daha küçük ise bu bölgeye dahil olur. Başlangıç pikseli ile bölgeler arasında benzerlik kriteri belirlenmelidir çünkü büyümenin ana kriteri budur. Bu yöntem büyük oranda giriş piksellerine bağlıdır. Bölge büyüme algoritması farklı seviyelerde görüntü segmentleri oluşturur, Şekil 1’de görüleceği gibi piksel ile başlayıp en üst seviyedeki objelerle sona erer (Marpu, 2009).



Şekil 3.1: Bölge büyüme algoritması pikselle başlar ve tüm görüntüyü segmentlere ayırır (Definiens User Guide, 2007).

3.2.1.4 Bölge bölme algoritmaları

Bölge bölme algoritmaları yukarıdan aşağıya segmentasyon algoritmaları olarak sınıflandırılır. Bütün görüntü ile işleme başlar ve döngülü olarak görüntüyü önceden tanımlanmış olan şekillere (genellikle kare ve dikdörtgen) böler. Bu bölgelerin homojenliği test edilir eğer sonuç memnun edici değilse daha küçük segmentlere bölünür. Segmentasyon işlemindeki bölünme bütün segmentlerin homojenlik durumu

uygun olduğunda kesilir. Bu işlem bölünen bölgelerin kenarlarında yanlış segmentasyona neden olmaktadır. Bu sorunu elemine etmek için homojenlik koşulu sağlanana kadar döngülü olarak komşu objelerle birleştirme işlemi uygulanır (Marpu, 2009).

3.2.1.5 Grafik tabanlı algoritmalar

Segmentasyon için teorik grafik yaklaşımları kullanır. Görüntü her pikselin bir düğüm ve piksel çiftleri arasında oluşturulan kenarlar ile bir grafik olarak ele alınır. Algoritma benzer olmayan pikseller ile aralarındaki kenarları kaldırarak görüntü alt grafiklere paylaştırılır. Bu konseptte dayalı birçok algoritma geliştirilmiştir (Felzenszwalb ve Huttenlocher, 2004).

Bu algoritmalar haricinde birçok tipte algoritma bulunmaktadır. Örneğin markovun zinciri (Tu ve Zhu, 2002), benzetilmiş tavlama algoritması (Cook vd., 1996), havza segmentasyonu (Beucher ve Meyer, 1993) vb.

3.2.2 Görüntü analiz yaklaşımına göre segmentasyon algoritma tipleri

Görüntü Analiz Yaklaşımına Göre Segmentasyon Algoritma sınıflandırması aşağıdaki gibidir (Şahin, 2013)

- Obje arka plan modeli (Object-Background Model)
- Markov rastgele alan modeli (Markov Random Field (MRF) Model)
- Bulanık model (Fuzzy Model)
- Sinir ağları modeli (Neural Model)
- Çok-Çözünürlüklü model (Multi-resolution Model)
- Havza Modeli (Watershed Model)

Genel olarak birbirlerinin eksiklerini elemine etmek ve daha iyi sonuçlar elde etmek için iki yada daha fazla model yaklaşımının kombinasyonu birlikte kullanılır (Dey, 2010).

3.2.2.1 Obje arka plan modeli

Bu modelde arka planda spektral olarak iyi ayrılmış objeler ve arka planın aynılık varsayımı kullanılır. Bu metotta tekil pikseller göz önüne alındığından görüntünün spektral özellikleri çokça kullanılır. Spektral dağılımı göstermek için histogram kullanılır. Bu nedenle, bu modele ait algoritmalarda histogram eşikleme yaklaşımı kullanılır (Dey, 2010).

3.2.2.2 Markov rastgele alan modeli

Markov rastgele alan modeli, görüntünün içeriksel bilgilerini kullanabildiği için yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri için oldukça iyi bir yaklaşımdır. Buna rağmen, hızlı ve otomatikleştirme gereken uygulamalarda kullanmak için uygun değildir. Bu modelin karmaşık hesapları uzun zaman dilimine ve uygulamadan önce görüntü hakkında bilgiye ihtiyaç duyar (Haris, 1998).

3.2.2.3 Bulanık model

Bulanık modelde segmentasyon için bulanık kümeleme kullanılır. Geleneksel kümelemede her nokta belirli bir kümeye aittir. Diğer yandan bulanık kümelemede bir nokta her bir kümeye belirli bir olasılıkla aittir. Bu olasılıklara noktanın küme katsayısı denir. Literatürde bulanık merkez ortalamalar kümesine ve bulanık eşiklemeye dayalı birçok segmentasyon algoritması vardır (Shankar, 2007).

Bulanık ortalamalar kümesi yaklaşımı işlem adımları aşağıdaki gibidir (Bezdek, 1981).

- Küme sayısı belirlenir.
- Her noktanın küme katsayıları rastgele bir biçimde belirlenir.
- Her kümenin ağırlık merkezi hesaplanır ve bulunan ağırlık merkezleri kullanılarak küme katsayıları yeniden hesaplanır.
- Katsayılar eşikten fazla olmayacak şekle gelene kadar 3.adım yenilenir.

3.2.2.4 Sinir ağları modeli

Bilgisayar görüntü algoritmalarında, gerçek zamanlı üretim ve rastgele oluşan gürültülere karşı direnç gösterme çok önemli özelliklerdir. Sinir ağları modeli bu iki özelliği de içinde barındırmaktadır (Shankar, 2007). Sinir ağları modeli insan öğrenme becerisini yansıtmayı dener. Başka bir deyişle, eğitim aşamasından sonra sistem girdilerine bağlı olarak bir sistem modeller ve öğrendikleriyle anlamlı çıktılar oluşturur. Eğitim aşamasından dolayı sinir ağları modeli denetimli yaklaşım olarak bilinir. Buna rağmen, yarı yönetimli haritalama modeli gibi denetimsiz olanları da vardır (Dey vd., 2010).

3.2.2.5 Çok çözünürlüklü model

Uzaktan algılamada her objenin kendisine özgü bir ölçek parametresi vardır. Bu modelde her objenin en iyi bir şekilde sadece kendi ölçek parametresinde segment oluşturabileceği savunulur (Benz vd., 2004).

Çok çözünürlüklü modeli genel bir bakışla yukarıdan-aşağı (bilgi çıkarım yöntemi) ve aşağıdan-yukarı (veri çıkarım yöntemi) olmak üzere iki ana başlığa ayrılmaktadır (Chen vd., 2003).

Yukarıdan-aşağıya yönteminde, kullanıcı görüntüden elde etmek istediği detayı bilir fakat nasıl çıkarım yapacağını bilmez. Çıkarılmak istenilen obje detayı formülize edilir ve sistem detayları çıkarmak için en uygun görüntü işleme metodunu bulmaya çalışır.

Aşağıdan-yukarı yönteminde ise görüntünün tamamına uygulanan bir dizi istatistiki yöntem ve parametreyle görüntü segmentlere ayrılır. Oluşturulan segmentlerin ne tür objeyi tasvir ettiğini belirlemek ise kullanıcıya kalmıştır. İki yöntem arasındaki en büyük fark; aşağıdan yukarıya yöntemi bütün görüntünün segmentasyon işlemini gerçekleştirirken, yukarıdan aşağıya yöntemde yalnızca model betimlemesi yapılmış olan objeleri çıkarır ve genellikle lokal sonuçlar elde edilir (Baatz vd., 2008).

3.2.2.6 Havza modeli

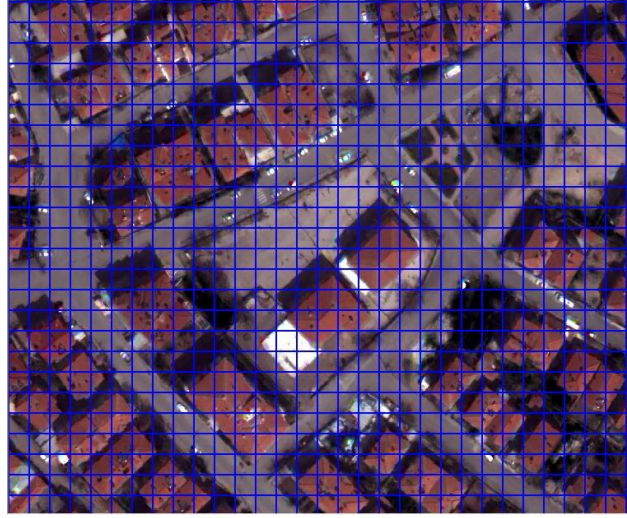
Bu modelde görüntü öncelikle eğim görüntüsüne dönüştürülür. Noktalara karşılık gelen yükseklik bilgileri kullanılarak topoğrafik yeryüzü yorumlanır (Smet ve Luis, 2000). Havza modeli segmentasyonu iyi bilinen ve popüler bir yaklaşım olmasına rağmen diğer modellerle karşılaştırılınca uzaktan algılamada yeni bir yöntemdir ve eğer çok-ölçütlü görüntü segmentasyon modeli ile birlikte kullanıldığında çıkartılan sonuçları memnun edicidir (Dey vd., 2010).

3.2.3 eCognition yazılımında kullanılan segmentasyon algoritmaları

Bu tezin obje tabanlı sınıflandırma aşamasında kullanılmış olan eCognition yazılımı kullanılmıştır. eCognition yazılımında segmentasyon işlemi gerçekleştirilirken çeşitli segmentasyon algoritmaları kullanılır (URL-8).

3.2.3.1 Satranç tahtası segmentasyonu

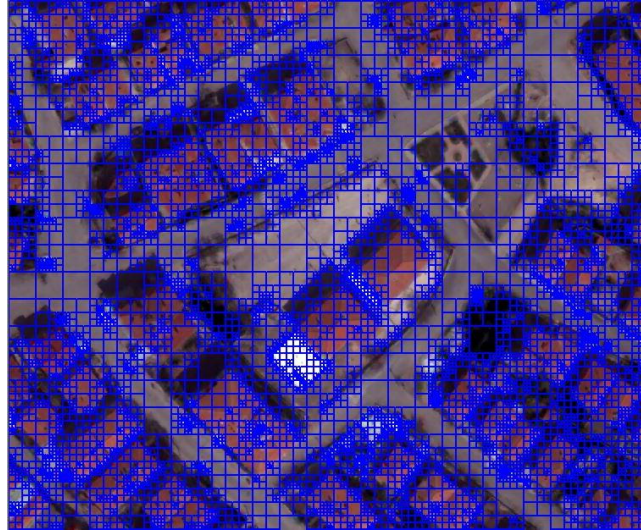
Görüntüyü eşit kareler şeklinde görüntü objelerine ya da piksel gruplarına ayıran segmentasyon işlemidir. Görüntünün sol üst köşesinde oluşturulan kare hiza alınarak görüntü karelere bölünür (URL-8).



Şekil 3.2: Satranç tahtası segmentasyonu.

3.2.3.2 Dörtlü ağaç segmentasyonu

Görüntüyü farklı kareler şeklinde görüntü objelerine yada piksel gruplarına ayıran segmentasyon işlemidir. Satranç tahtası segmentasyonundan farklı görüntü kare ve bu karenin katlarına bölünür (URL-8).



Şekil 3.3: Dörtlü ağaç segmentasyonu.

3.2.3.3 Kontrast bölme segmentasyonu

Görüntüyü karanlık ve parlak alanlara ayırarak segmentasyon işlemini gerçekleştirir. Öncelikle görüntü satranç tahtası segmentasyonu ile segmentlere ayrılır. görüntüdeki minimum ve maksimum kontrast değerleri kareler ve her piksel için hesaplanır ve piksel bulunduğu kareye ölçek parametresi ile ya dahil edilir yada kareden çıkartılır (URL-8).

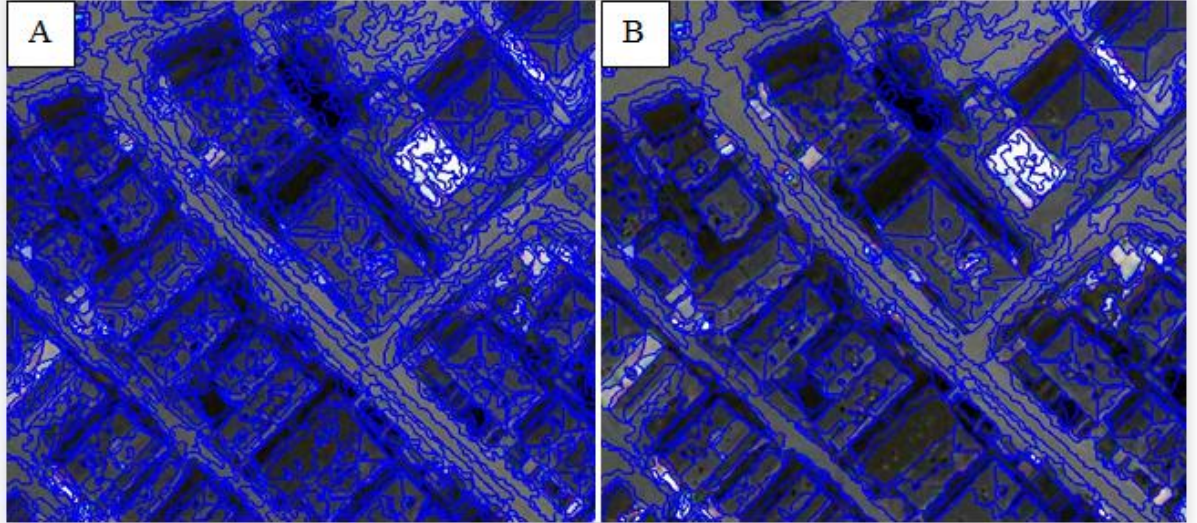


Şekil 3.4: Kontrast bölme segmentasyonu.

3.2.3.4 Çok çözünürlüklü segmentasyon

Belirli bir çözünürlük için görüntü objelerinin ortalama heterojenliği içinde küçük parçalara ayırma işlemidir. Bu piksel seviyesinde ya da görüntü alt objelerine uygulanabilir. Bu işlemde ölçek parametresi görüntü objeleri için verilen maksimum heterojenlik sınırını geçmemesini sağlar. Burada ölçek parametresi bir eşik değerdir (URL-8).

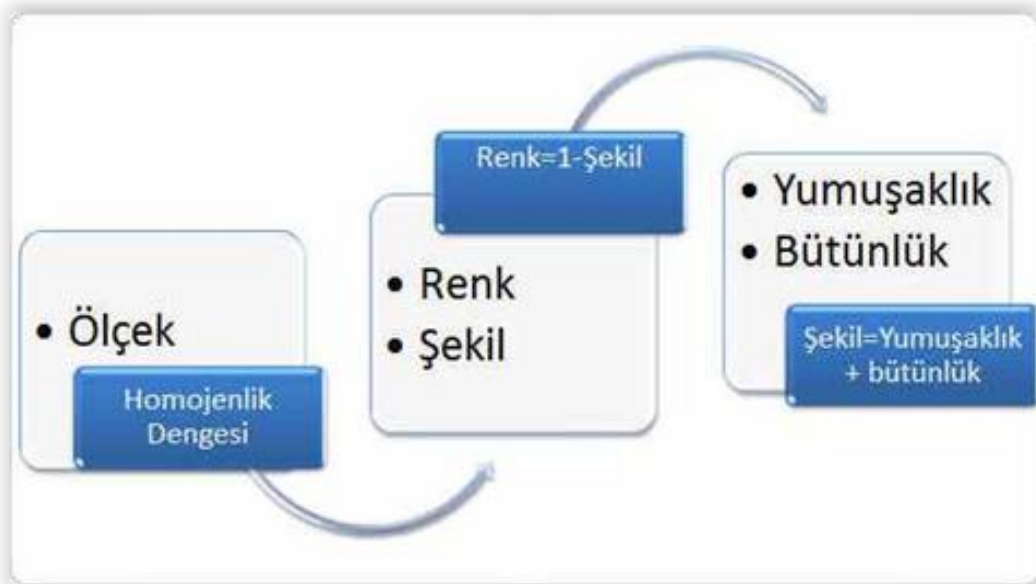
Ölçek parametresi: Ölçek Parametresi segmentler için izin verilen maksimum heterojenliği belirleyen soyut bir terimdir. Spektral homojenliği düzenlerken bütünlük parametresi bütün kenarları esas alıp bütünlük ve yumuşaklık dengelemesini yaparak, objenin şeklini belirlemektedir (Şekil 3.6). Ölçek parametresi, segmentasyon işlemi aşamasında önemli bir yer edinmektedir. Şekil 3.5A ve Şekil 3.5B'deki örnekte de görüleceği gibi giriş alanındaki ölçek parametresini değiştirerek, görüntü objelerinin boyutunu da değiştirebiliriz. (Altunkaya, 2011).



Şekil 3.5: Ölçek parametre kıyaslaması(A: ölçek parametresi = 30, B: ölçek parametresi = 60).

Renk parametresi: Şekil homojenliği kriterine karşı gelen görüntü katmanının, spektral yansıma değeri tarafından belirlenen ortalama homojenliğe hangi oranda denk geldiğini belirler (URL8).

Şekil parametresi: Şekil parametresi yumuşaklık ve bütünlük parametrelerinin birleşimidir. Yumuşaklık parametresi görüntü objelerinin sınırlarının yumuşatılması için uygun kriteri belirlerken bütünlük parametresi görüntü objelerinin bütünlüğü için uygun kriteri belirler (URL-8).



Şekil 3.6: Çok çözünürlüklü segmentasyon için ölçek parametresinin genel diyagramı (Altunkaya, 2011).

Heterojenlik kriteri (f) belirli bir eşik değerinin altında olmalıdır. Ağırlık parametreleri olan W_{color} ve W_{shape} heterojenliği belirler.

$$f = w_{color} \cdot \Delta h_{color} + w_{shape} \cdot \Delta h_{shape} \quad (3.1)$$

$$w_{color} \in [0,1], w_{shape} \in [0,1], w_{shape} + w_{color} = 1 \quad (3.2)$$

$$\Delta h_{color} = \sum_c w_c \cdot (n_{merge} \cdot \sigma_{c,merge} - (n_{obj-1} \cdot \sigma_{c,obj-1} + n_{obj-2} \cdot \sigma_{c,obj-2})) \quad (3.3)$$

Bu denklemlerdeki,

w_c : c bandındaki ağırlığı

n_{merge} : birleştirilmiş obje içindeki toplam piksel sayısı

n_{obj-1} : birinci obje içindeki toplam piksel sayısı,

n_{obj-2} : ikinci obje içindeki toplam piksel sayısı,

σ_c : c bandındaki standart sapma,

obj-1, obj-2 : birleşimden önceki objeler olarak tanımlanır.

Şekil parametresindeki (shape) değişim (Δh_{shape}) yumuşaklık (smoothness) ve bütünlük (compactness) olarak iki farklı parametre ile belirlenir. Burada yer alan w_{smooth} ve w_{compt} yumuşaklık ve bütünlüğe ilişkin ağırlık değerleridir ve 0 ile 1 arasında bir değer ile tanımlanır. Δh_{smooth} ve Δh_{compt} ise bu değerlerin farklarıdır. Bu parametreler verilen Denklem 3.4, 3.5 ve 3.6 ile hesaplanır.

$$\Delta h_{shape} = w_{compt} \cdot \Delta h_{compt} + w_{smooth} \cdot \Delta h_{smooth} \quad (3.4)$$

$$\Delta h_{smooth} = n_{merge} \cdot \frac{l_{merge}}{b_{merge}} - (n_{obj-1} \cdot \frac{l_{obj-1}}{b_{obj-1}} + n_{obj-2} \cdot \frac{l_{obj-2}}{b_{obj-2}}) \quad (3.5)$$

$$\Delta h_{compt} = n_{merge} \cdot \frac{l_{merge}}{\sqrt{n_{merge}}} - (n_{obj-1} \cdot \frac{l_{obj-1}}{\sqrt{n_{obj-1}}} + n_{obj-2} \cdot \frac{l_{obj-2}}{\sqrt{n_{obj-2}}}) \quad (3.6)$$

Yukarıdaki eşitliklerde,

l: objenin çevre uzunluğu,

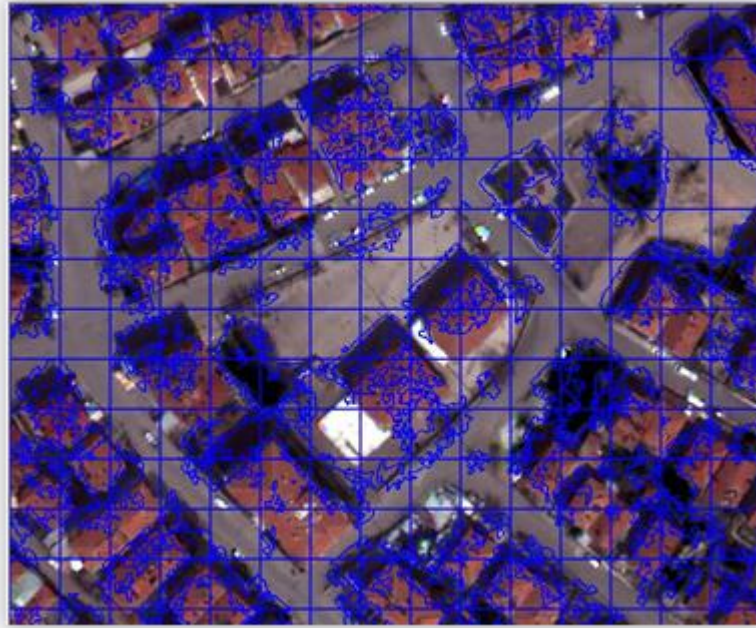
b: obje hattını çevreleyen uzunluk olarak tanımlanır.

Görüntü segmentasyonunda iyi bir sonuç elde edilebilmesi için denklemleri verilen 5 parametreye (w_c , w_{color} , w_{shape} , w_{smooth} , w_{compt}) ihtiyaç vardır. Ölçek parametresi optimizasyon işlemini durdurmak için gerekli olan parametredir. Heterojenlik farkı (f) iki komşu obje birleştirilmeden önce hesaplanır. Artış miktarı ölçek parametresi tarafından belirlenen t ($t = \Psi(\text{ölçek parametresi})$) eşik değerini geçtiğinde objeleri birleştirme işlemi durdurulur ve segmentasyon işlemi biter. Daha büyük ölçek

parametresi belirlenmesi daha çok objenin birleştirileceği ve böylelikle daha büyük objelerin oluşacağı anlamına gelir (Benz vd., 2004).

3.2.3.5 Kontrast filtreleme segmentasyonu

Kontrast ve eğim özelliklerinden belirlenen örnek potansiyel objeler piksel filtresi kullanılarak çıkarılır. Entegre yeniden şekillendirilme işlemi tutarlı ve kompakt görüntü objeleri oluşturulmasına yardımcı olmak için görüntü objelerinin şeklini değiştirir. Elde edilen piksel sınıflandırması tematik katman olarak depolanır. Son olarak satranç tahtası segmentasyonu bu tematik katmanı görüntü objelerine dönüştürmek için kullanılır (URL-8).



Şekil 3.7: Kontrast filtreleme segmentasyonu.

3.3 Objeye Tabanlı Sınıflandırma ve Doğruluk Analizi

Bir görüntüyü sınıflandırırken arazi türleri farklı renklerle ifade edilir. Sonuç olarak ortaya bir görüntü yerine içinde çeşitli arazi örtüsünü barındıran bir harita oluşur (Bergsjö, 2014). Sınıflandırma işleminde objelerin bant, şekil, doku ve komşuluk özellikleri veya bunların kombinasyonları kullanılarak gri renk tonundaki objeler oluşturulur. Sonrasında bu gri renk tonundaki objelerden çıkarılması istenilen sınıflar (yol, bina, yeşil alan, toprak vb.) için belirlenen kurallar ile obje çıkarımı yapılır (Pankiw, 2013). Oluşturulan kombinasyon da bir obje sadece bir sınıfa ait olabilmektedir. Tüm sınıflar için ayrı kural tanımlaması yapılır ve sınıflandırma işlemi tamamlanır (Marangoz, 2009).

Doğruluk analizi, sınıflandırma sonucunda elde edilen verilerin referans olarak kabul edilmiş olan veriler ile istatistiksel olarak karşılaştırılmasını esas alan bir doğruluk kontrol etme yöntemidir. Yapılan bu istatistiksel analizler sonucunda elde edilen hata matrisi ile sınıflandırma sonucunun sağlıklı olup olmadığı anlaşılmaktadır. Hata matrisi, 0 ile 1 arasında değişiklik gösteren kappa katsayısı ile istatistiksel olarak analiz edilir (Çölkesen vd., 2007).

k değeri kapa katsayısını göstermek üzere,

$$k = \frac{P_0 - P_h}{1 - P_h} \quad (3.7)$$

ile hesaplanır.

P_0 değeri hata matrisinin köşegenlerindeki elemanların toplamının, her satır veya sütundaki elemanlarının toplamına oranlanması ile elde edilir.

$$P_h = \sum P_a(i)P(i) \quad (3.8)$$

P_a değeri, ayrı ayrı her bir sütunun toplamının, tüm sütunların toplamına bölünmesi ile bulunmaktadır.

P değeri ise, ayrı ayrı her bir satırın toplamının, tüm satırların toplamına bölünmesi ile bulunmaktadır (Musaoğlu, 1999).

3.4 Obje Tabanlı Sınıflandırma Sonuçlarının CBS Ortamında Kullanılabilirliği

Son zamanlarda yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, mühendislik uygulamaları ve konumsal bilgilerin elde edilmesinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Bunun en önemli nedeni uydu görüntülerinin konumsal, radyometrik ve spektral çözünürlüklerinin artması dolayısıyla objelerin görüntü üzerinde daha ayırt edici hale gelmesidir (Marangoz, 2009).

Uydu görüntülerinden elde edilen sınıflandırma sonuçlarının CBS ortamında kullanılabilirliğinin incelenmesi için temelde iki yöntem dikkate alınabilir. Bunlardan birincisi, sınıflandırma sonuçlarının kağıt haritalar üzerinden kullanılması durumunda göz ayırma gücüne göre bir değerlendirmenin yapılmasıdır. Buna göre gözün ayırma gücü hesaba katıldığında, literatürde kullanılmakta olan 0.20 mm kuralına göre 1/5000 ölçekli bir haritanın yatay konum doğruluğu $\pm 1.0m$ iken, 1/1000 ölçekli bir haritada ise ± 0.20 cm düzeyinde olmaktadır (Marangoz, 2009). Bu nedenle büyük ölçekli CBS uygulamalarında, uydu görüntülerinin konumsal çözünürlükleri yukarıda ifade edilen doğruluk değerlerine ulaşip ulaşamayacakları durumuna göre irdelenerek kullanılmalıdır.

İkinci bir yöntem, sınıflandırma sonucu üretilen vektörel verilerin koordinat değerleri doğruluğunun istatistiki olarak incelenmesidir. Bu yöntemde, sınıflandırma sonuçları ile mevcut uygulamalarda kullanılan veriler hipotez testleriyle karşılaştırılarak, anlamlı olup olmadıkları incelenir. T-dağılımı, hipotez testlerinde en yaygın kullanılan yöntemdir. T-dağılımı ile iki grubun ortalamaları karşılaştırılarak, aradaki farkın rastlantısal mı, yoksa istatistiksel olarak anlamlı mı olduğuna karar verilir. Küçük örnekleme teorisi olarak da bilinen T-dağılımı, küçük örneklerle de çalışmaya imkan verdiğinden, araştırmacılar için büyük kolaylık sağlamaktadır. T-dağılımının eşitliği oldukça karışıktır. Ancak örnek sayısının artması sonucu normal dağılıma yaklaşması nedeniyle de araştırmacılar tarafından çokça yararlanılmaktadır (URL-9).

Bu yöntem ile istatistiki karşılaştırma yapılması için referans haritada ki obje ile doğruluğu irdelenecek verideki objenin birbirlerine karşılık gelen, eşit sayıda noktadan oluşuyor olması gerekmektedir. Sınıflandırma işlemi ile görüntülerden elde edilen vektörel veriler genellikle referans veriye göre daha çok noktalı bir yapıda olmaktadır. Bu sorun genellikle genelleştirme işlemi kullanılarak ortadan kaldırılabilir. Genelleştirme haritaların elde edilmesi sırasında ortaya çıkan önemsiz bilgilerin atılması, bilgi karmaşıklığının azaltılması ve estetik kalitenin korunması işlemlerinin bileşkesi olarak tanımlanabilir (URL-10). Öncelikle her iki veride karşılaştırılacak noktanın x ve y koordinatları hesaplanır. Hesaplanan bu koordinatların ortalamaları Denklem 3.9 kullanılarak bulunur. Daha sonra Denklem 3.10 kullanılarak koordinatlara ilişkin standart sapma değişkenleri ve Denklem 3.11 kullanılarak koordinatların aritmetik ortalamasının standart sapması bulunur. Bu uygulama Denklem 3.12’de verilen H_0 hipotezine dayanır. Denklem 3.13’de X_{mean1} referans haritadan elde edilen koordinatları, X_{mean2} ise doğruluğu araştırılan vektör verinin koordinatlarını gösterir. Son işlem olarak Denklem 3.14 kullanılarak T-dağılımı güven aralığı hesaplanır.

$$X_{ort} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{N} \quad (3.9)$$

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - x_{ort})^2} \quad (3.10)$$

$$S_{mean} = \frac{s}{\sqrt{N}} \quad (3.11)$$

$$H_0: d = 0 \quad (3.12)$$

$$d_i = X_{mean1} - X_{mean2} \quad (3.13)$$

$$T_i = \frac{d_i}{s_{d_i}} \sim t(f) \quad (3.14)$$

Burda S_{d_i} bulunan d_i değerlerinin standart sapması olarak tanımlanır. Bulunan T_i değeri T-dağılım tablosunda güven aralığında olup olmadığına bakılır.

Ayrıca referans harita ile doğruluğu araştırılan diğer bir vektör verisi noktaları arasındaki farkı belirlemek için noktaların x ve y değerlerinin farkları alınarak Denklem 3.18 uygulanır.

$$\Delta X = X_1 - X_2 \quad (3.16)$$

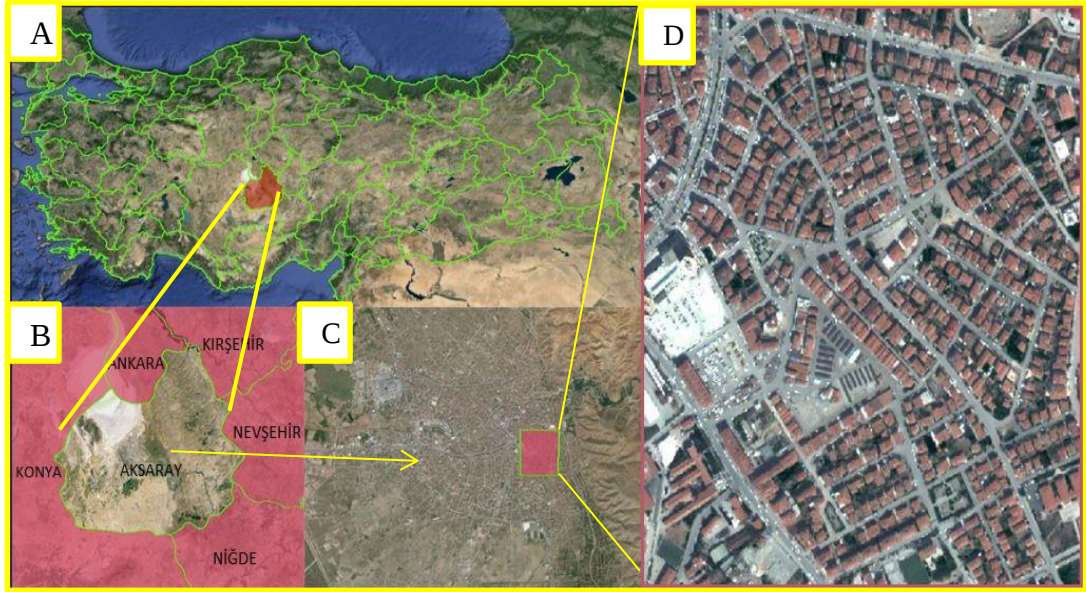
$$\Delta Y = Y_1 - Y_2 \quad (3.17)$$

$$\text{Fark} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} \quad (3.18)$$

4. UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Aksaray ili kent merkezinin doğusunda bulunan Fatih Mahallesi (38°22'19"- 38°21'13" kuzey enlemi ve 34°01'43"- 34°02'37" doğu boylamı) seçilmiştir. Yaklaşık olarak 5 km² alanı kapsayan bu bölge Aksaray ilinde yapılaşmanın hızla geliştiği bir bölgedir. Şekil 4.1A'da Aksaray ilinin Türkiye'deki konumu, Şekil 4.1B'de Aksaray ili ve komşu illeri, Şekil 4.1C'de çalışma alanının Aksaray merkez yerleşkesindeki konumu ve Şekil 4.1D'de ise çalışma alanının tamamı gösterilmiştir.

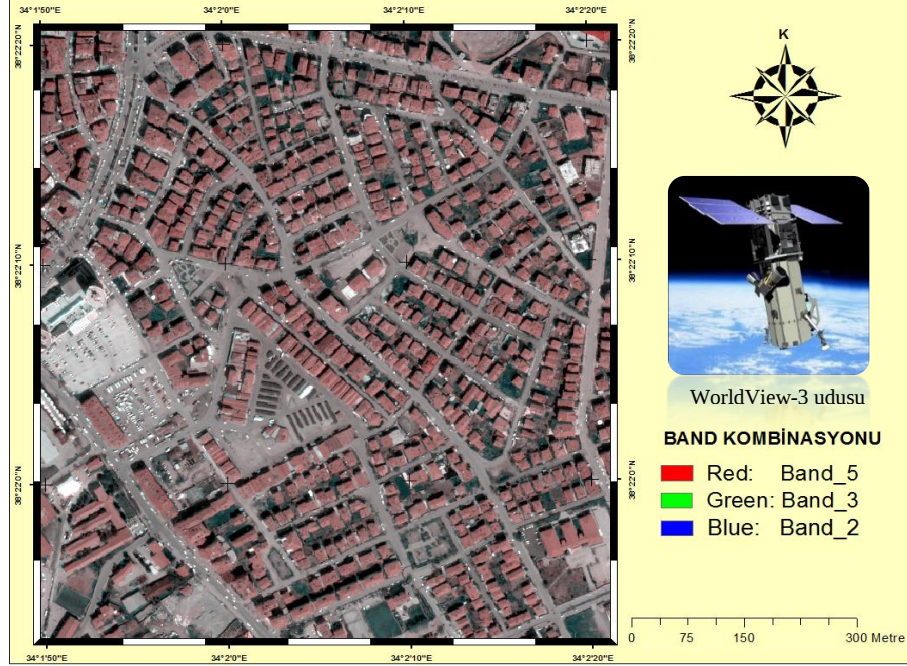


Şekil 4.1: Aksaray ilinin konumu (A), Aksaray ili ve komşu iller (B), Çalışma alanının Aksaray merkez yerleşkesindeki konumu (C), Çalışma alanı (D).

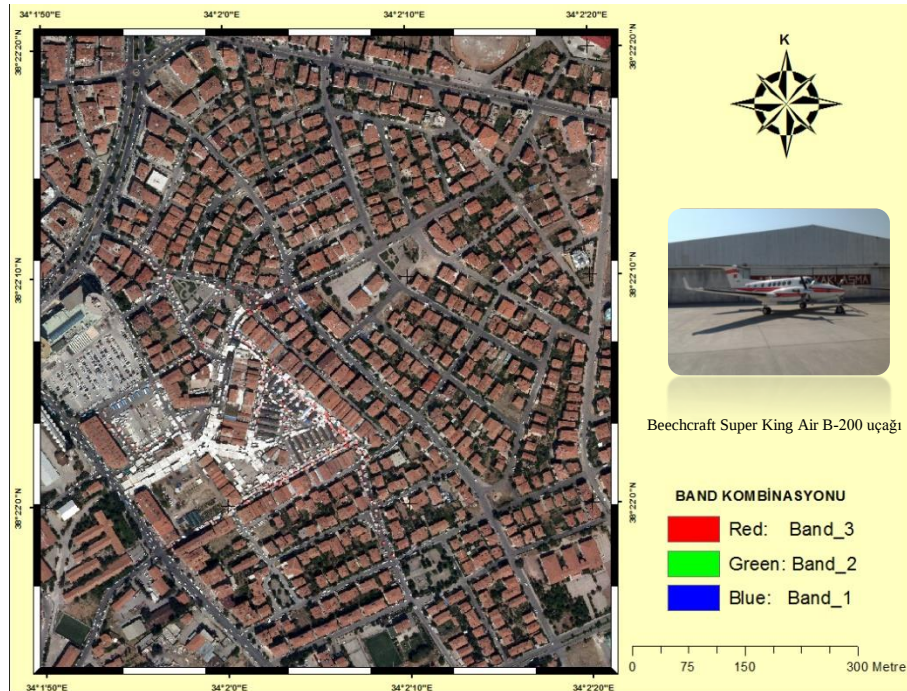
4.2 Kullanılan Veri ve Yazılımlar

Uygulamada, Aksaray ilinde seçilen alana ait sınıflandırma işlemlerini sağlayabilmek için 15.04.2015 tarihli, 8 bantlı, multispektral 1.24 m ve pankromatik 0.31 m yersel çözünürlüğe sahip WorldView-3 uydu verisi ile 0.30-0.45 m yer örnekleme aralığına sahip 20.04.2015 tarihli ortofoto görüntü kullanılmıştır. Şekil 4.2 ve 4.3' de ortofoto ve Worldview-3 uydusuna ait görüntüler verilmiştir. Bu tez çalışmasında

çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün ve ortofoto görüntüsünün görüntülenmesi, işlenmesi ve zenginleştirilmesi için ERDAS Imagine yazılımı, örnek alanlarının belirlenmesi, segmentasyon ve obje tabanlı sınıflandırma işlemleri için ise eCognition yazılımı kullanılmıştır. Son olarak ürün verilerin genelleştirme işlemleri, hata matrislerinin oluşturulması ve doğruluk analizlerinin yapılması için Esri firması tarafından geliştirilen ArcGIS yazılımından yararlanılmıştır.



Şekil 4.2: WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.



Şekil 4.3: Ortografic görüntüsü.

4.3 Görüntü Zenginleştirilmesi

Bu bölümde WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüne pansharp işlemi uygulanmıştır. Multispektral görüntü spektral çözünürlük bakımından pankromatik görüntüden daha iyi iken pankromatik görüntünün mekânsal çözünürlüğü daha yüksektir. Pansharp işlemi yapılmış görüntü multispektral görüntü ve pankromatik görüntünün birleştirilmesidir. Bu işlem ile hem yüksek mekânsal hem de yüksek spektral çözünürlüklü görüntü elde edilir (Padwick, 2010). Bu işlem basamağı ERDAS yazılımı kullanılarak yapılmıştır. Şekil 4.4’de WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüne ait pankromatik Şekil 4.4A’da, multispektral Şekil 4.4B’de ve bu iki görüntünün birleşimi olan pansharp Şekil 4.4C’de sunulmuştur.



Şekil 4.4: Pankromatik görüntü (A), Multispektral görüntü (B), Pan Sharp görüntü (C).

Ayrıca “4.6 Segmentlerin Sınıflandırma Aşaması” bölümünde istenilen detayları açığa çıkartmak amacı ile çeşitli bant kombinasyonları kullanılarak görüntü zenginleştirme işlemi yapılmıştır.

4.4 Sınıfların Belirlenmesi ve Örneklerin Toplanması

Uygulamada çıkarılması istenilen detaylar çalışma alanında yapılan ön etüt sonucunda belirlenmiştir. Bu etütler sonucunda çalışma alanında, bina (kiremit çatılı), sanayi (beyaz renkli beton çatılar), toprak, yol, yeşil alan ve gölge olmak üzere altı sınıf belirlenmiştir. Çalışma alanında su ve türevleri ile ilgili bir detay olmadığından dolayı sınıf olarak atanmamıştır. Ayrıca ideal bant kombinasyonlarının belirlenmesi amacı ile örnekleme alanları seçilmiştir. Bu örnekleme alanları mevcut haritalar ve çalışma alanından toplanan veriler yardımıyla oluşturulmuştur. eCognition programında tanımlanan bu sınıf ve örnekler hem ortofoto hem de çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü için ortak olarak belirlenmiştir.

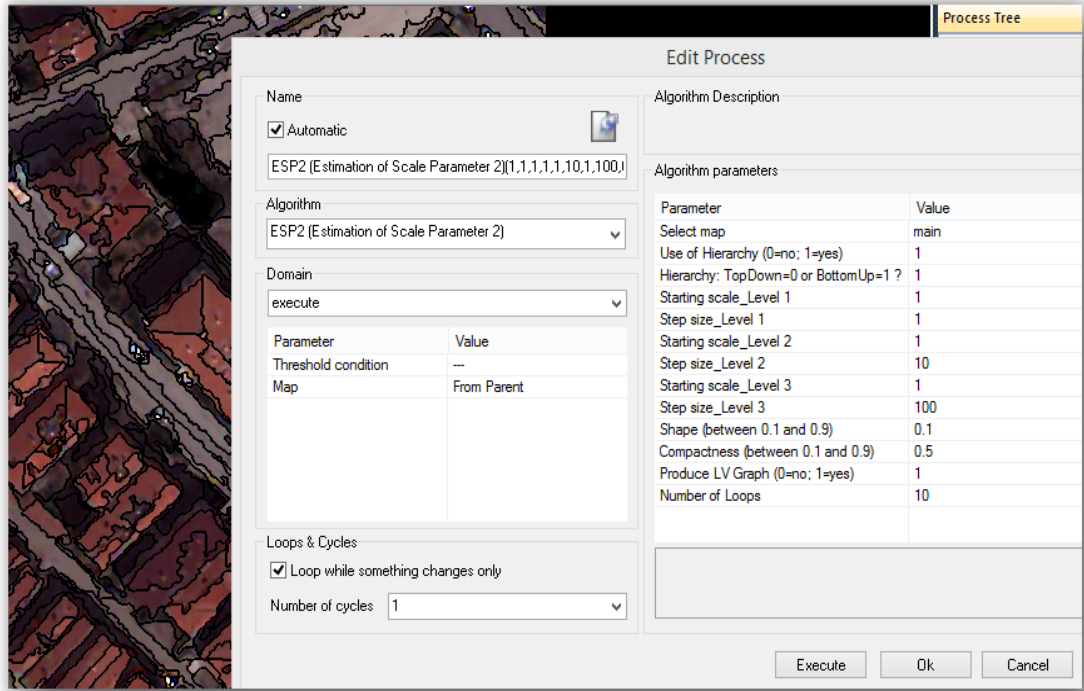
4.5 Segmentasyon İşlemi

Segmentasyon ile oluşturulan objelerin kalitesi sınıflandırma doğruluğunu direk olarak etkilemektedir (Bo ve Han, 2010). Bu objelerin seçimi genellikle deneme yanılma yöntemi ile belirlenir (Kim vd., 2008). Buna karşın son zamanlarda bu işlem basamağı otomatikleştirilmeye çalışılmaktadır (Witharana ve Civco, 2014). Drăgut vd. (2010) görüntüye ait lokal varyansları kullanarak hızlı ve kolay bir şekilde ölçek parametresini hesaplayan ölçek parametresi tahmini (ESP) aracını geliştirmiştir. Bu yöntemde lokal varyans değerleri kullanılarak ölçek parametresini tahmin eden bir grafik çizilmektedir (Kavzoğlu, 2015).

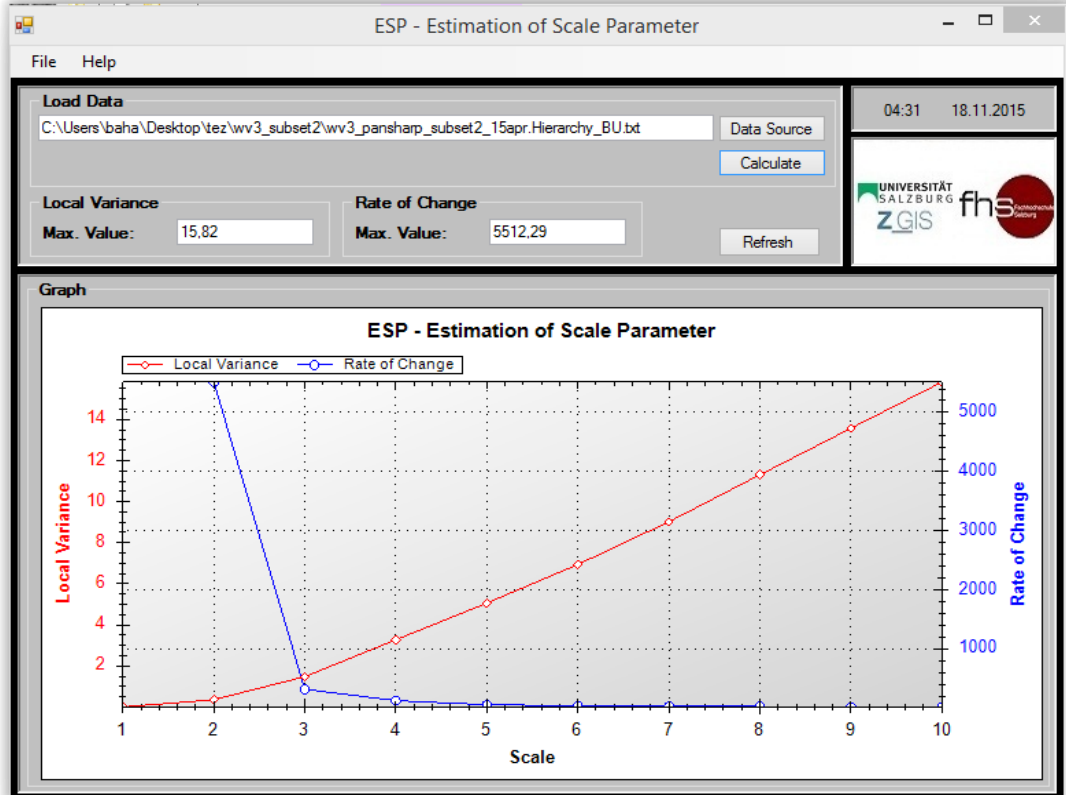
Bu tezde segmentasyon işlemi için hem deneme-yanılma yöntemi hem de ESP aracı ayrı ayrı kullanılarak en uygun segmentasyon parametreleri seçilmiştir.

4.5.1 ESP yöntemi ile segmentasyon belirleme işlemi

Son yıllarda ölçek parametresini otomatik yolla belirleyen ölçek parametresi tahmin etme araçları geliştirilmeye başlanmıştır. 2010 yılında eCognition Developer programının Cognition Network Language (CNL) ortamında Dragut ve arkadaşları tarafından oluşturulan ölçek parametresi tahmin etme (ESP) aracı bunlardan en çok tercih edilenidir (D'oleire-oltmanns ve Tiede, 2014). Dragut ve arkadaşları 2014 yılında ise bu aracı geliştirerek lokal varyansın istatistiksel analizine dayalı ESP2 aracını geliştirmişlerdir. ESP2 aracının ölçek parametresini belirlemesi onbir adet parametrenin tanımlanması ile mümkün olmaktadır. Bu parametreler, üç adet farklı ölçek parametresi artış miktarı, üç adet farklı ölçek parametresi başlangıcı, döngü sayısı, hiyerarşisi kullanımı onayı, hiyerarşi kullanım tipi, şekil ve bütünlük parametresidir (Şekil 4.5). Ayrıca lokal varyansın değişimini grafiksel olarak vermesi bu aracın önemli bir özelliğidir (Şekil 4.6).

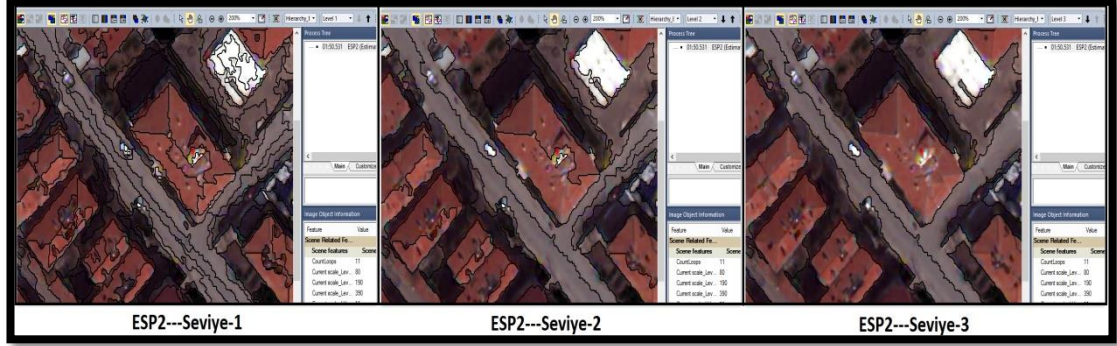


Şekil 4.5: ESP2 aracı parametre ayarlama görüntüsü.



Şekil 4.6: Lokal varyans ve değişim oranı grafiği.

ESP2 aracında yapılan işlem sonucunda üç adet farklı seviyede görüntü segmentleri oluşmuştur (Şekil 4.7).

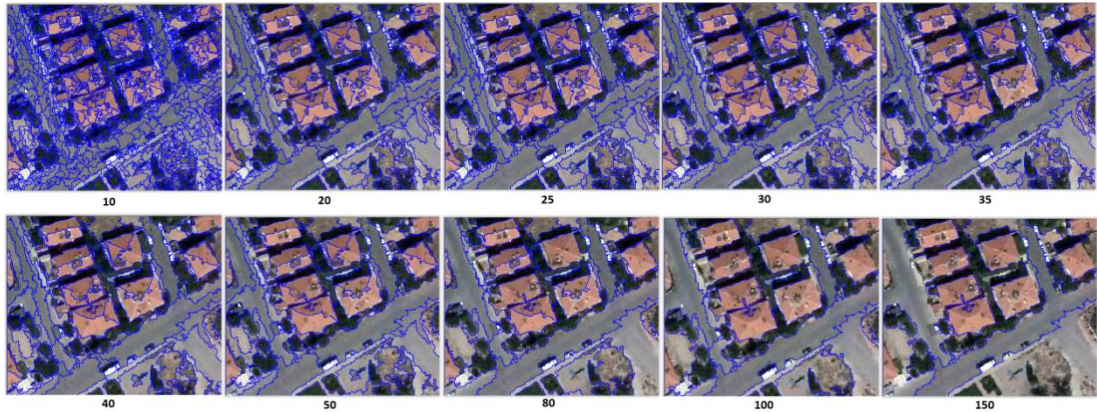


Şekil 4.7: ESP2 segmentasyon seviyeleri.

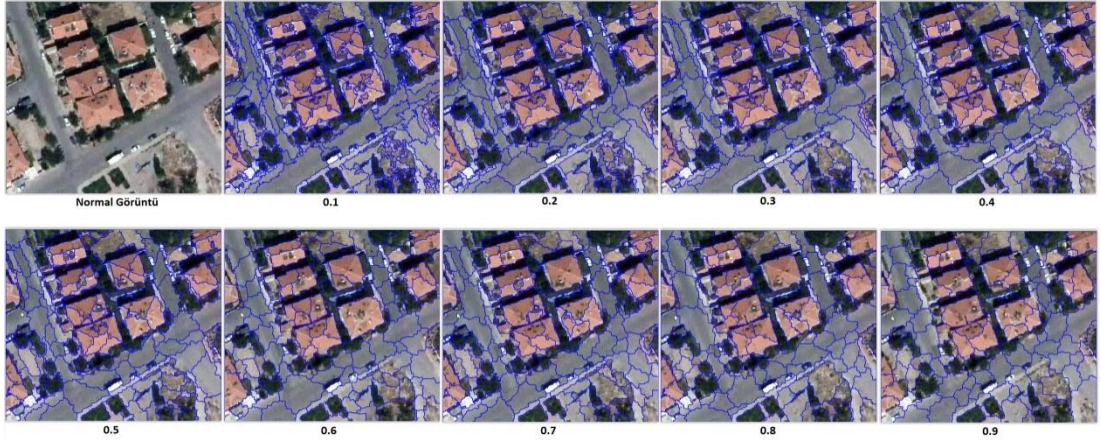
4.5.2 Deneme-yanılma yöntemi ile segmentasyon belirleme işlemi

Segmentasyon işleminde ölçek parametresi, şekil parametresi ve bütünlük parametresi olmak üzere üç adet parametre esastır. Bütünlük parametresinin oluşturulan segmentler üzerinde kayda değer bir etkisi görülmemektedir. (Kavzoğlu, 2014). Bu nedenle bütünlük parametresi 0.5 alınarak ölçek ve şekil parametreleri üzerinde denemeler yapılmıştır.

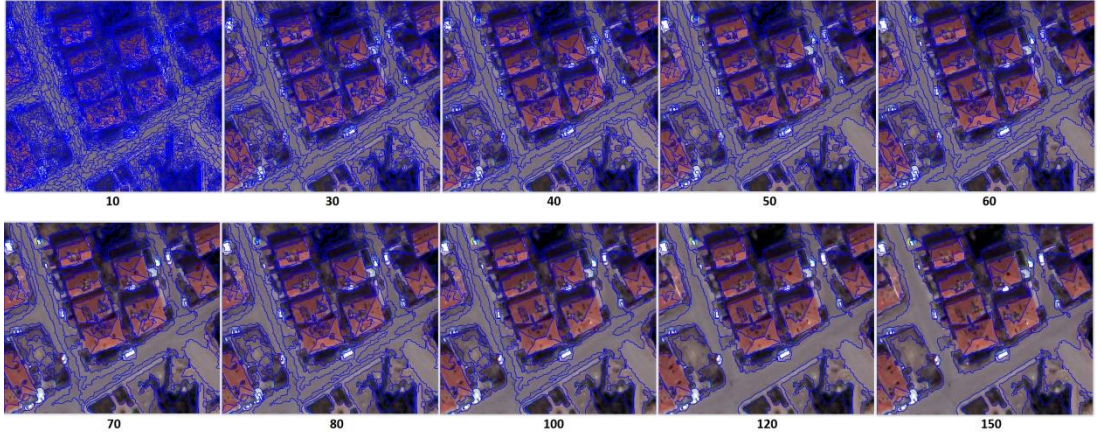
Öncelikle ortofoto görüntüsü için bütünlük parametresi 0.5, şekil parametresi 0.1 ve ölçek parametresine 10 ile 200 arasında değerler verilerek en uygun ölçek parametresi bulunmaya çalışılmıştır. Ortofoto görüntüsünde ölçek parametresi için yapılan denemeler Şekil 4.8’de, şekil parametresi için yapılan denemeler Şekil 4.9’da gösterilmiştir. ÇYÇU görüntüsünde ölçek parametresi için yapılan denemeler Şekil 4.10’da, şekil parametresi için yapılan denemeler Şekil 4.11’de verilmiştir.



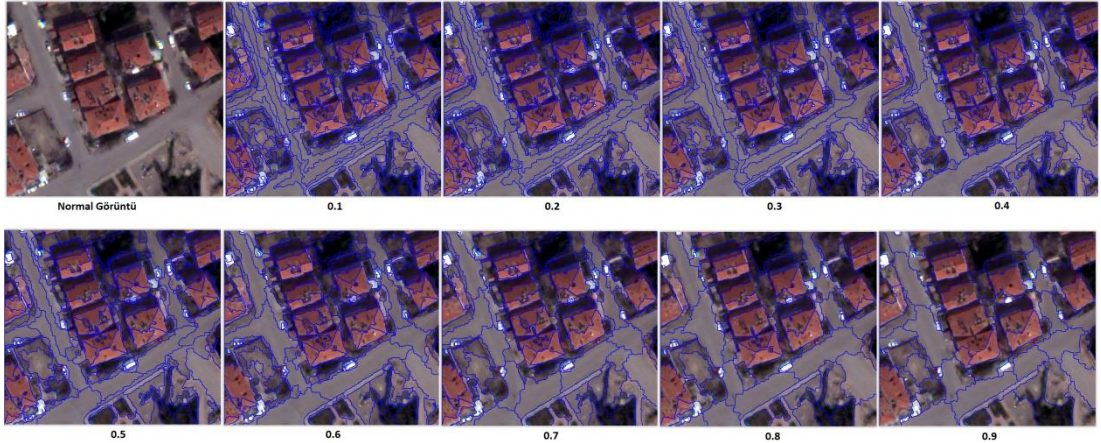
Şekil 4.8: Ortofoto görüntüsü için ölçek parametresi araştırması.



Şekil 4.9: Ortofoto görüntüsü için şekil parametresi araştırması.



Şekil 4.10: ÇYÇU görüntüsü için ölçek parametresi araştırması.

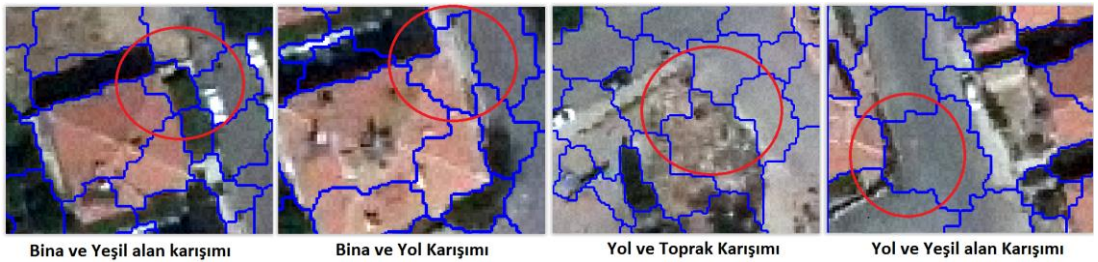


Şekil 4.11: ÇYÇU görüntüsü için şekil parametresi araştırması.

İlk aşamada Şekil 4.8’de görüleceği gibi ölçek parametresini belirlemek için 10 adet ölçek parametresi belirlenmiştir. Bütünlük ve şekil parametresi sabit tutularak belirlenen ölçek parametreleri (10, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 80, 100, 150) teker teker denenmiştir. Her detayın kendisine özgü bir ölçek parametresi vardır. Bu nedenle

çıkartılması istenilen detaya göre segmentlerin seçilmesi önemlidir. Örneğin bina detayının çıkarımı için belirlenen ideal ölçek parametresi 30 iken yol detayının çıkarımı için belirlenen ideal ölçek parametresi 50 olarak belirlenmiştir. Eğer yol için belirlenen ölçek parametresi ile binaların çıkarımı yapılacak olursa Şekil 4.12’de gösterildiği gibi bina sınıfına diğer detaylar karışabilir. İkinci aşamada hedef şekil parametresinin belirlenmesidir. Bu amaçla ölçek ve bütünlük parametresi sabit tutularak ideal şekil parametresinin bulunması için deneme yanılma yöntemi uygulanmıştır. Bu amaçla 9 adet şekil parametresi (0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9) belirlenmiş ve teker teker denenmiştir (Şekil 4.9). Deneme-yanılma yöntemi ile ölçek ve şekil parametresi belirlenme işlemi aynı şekilde çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüne de uygulanmıştır. Ölçek parametresinin belirlenmesi Şekil 4.10’da ve şekil parametresinin belirlenmesi Şekil 4.11’de gösterilmiştir.

Yapılan denemelerde ölçek parametresi artırıldığında objelerin alanlarının da arttığı görülmüştür. Şekil parametresi artırıldığında ise objeler büyümektedir fakat bu büyüme ile objelerdeki homojenliğin azaldığı ve bir objenin içerisine birden fazla sınıfın dahil olduğu görülmüştür ki buda şekil parametresinin belirlenmesinde, objelerin spektral özelliklerinden çok objelerin boyut ve şekil özelliklerinden yararlanıldığını göstermektedir. Şekil parametresi 0.9 olarak alınan segmentasyon işleminde oluşan segmentlerde bina, yeşil alan, yol ve toprak gibi sınıfların, farklı kombinasyonlarda tek bir objeye dahil olduğu görülmüştür. Şekil 4.12’de kırmızı daire ile gösterilen alanlarda farklı sınıflar bir obje altında toplanmıştır. Bu nedenle şekil parametresinin, mümkün olduğunca küçük seçilmesi gerekmektedir.



Şekil 4.12: İdeal olmayan bir segmentasyon sonucunda sınıflardaki karışım (Ölçek Parametresi= 60).

Esp yöntemi ile belirlenen üç segmentasyon sonucu ile deneme-yanılma yöntemi karşılaştırıldığında ikinci ve üçüncü seviyede ki oluşan segmentlerin görüntüdeki detayları yansıtmadığı görülmüştür. Birinci seviyede ki segmentasyonun deneme-yanılma yöntemiyle elde edilen segmentasyon sonucuna yaklaştığı belirlenmiştir.

Deneme-yanılma yönteminde segmentasyonların doğruluğu, doğrudan kullanıcı hassasiyetine bağlıdır ve kullanıcı istediği parametre aralığına yoğunlaşabilmektedir. ESP2 aracı zaman olarak daha az sürede gerçekleşmesine rağmen segmentasyonların doğruluğu, seçilen parametrelere bağlıdır ve işlem sonucunda sunulan üç farklı seviyede segmentasyon ile kullanıcı sınırlandırılmış olur. Bu nedenler ile ESP2 aracına göre daha hassas segmentasyon sonucu aldığımız deneme-yanılma yöntemiyle elde edilen segmentler kullanılmıştır.

4.6 Segmentlerin Sınıflandırılma Aşaması

Obje tabanlı sınıflandırma işleminde segmentler oluşturulduktan sonra çeşitli band kombinasyonları oluşturularak gri renk tonunda elde edilen görüntüden ilgili aralıktaki objeler çıkartılır. Bu işlemin amacı kullanılan band kombinasyonları ile görüntü içerisinde yer alan detaylara ait özelliklerin açığa çıkartılmasıdır. Bunun için literatürde birçok band kombinasyonu mevcuttur (NDVİ, NDWİ, GRVİ vb.). WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün bize ek band seçenekleri sunması ve mevcut band kombinasyonlarının çalışma alanındaki bina, yol, toprak gibi sınıfların özelliklerini tam olarak yansıtamamasından dolayı daha iyi sonuçlar elde etmek amacıyla farklı kombinasyonlar denenmiştir. Çalışmada kullandığımız ortofoto görüntüsünde literatürdeki mevcut band kombinasyonları kullanılmıştır.

4.6.1 Ortofoto görüntüsü ile oluşturulan segmentlerin sınıflandırılması

Ortofoto görüntüsüne obje tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanması için literatürde bulunan band kombinasyonları araştırılmıştır. Bu band kombinasyonlarına göre sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4.1).

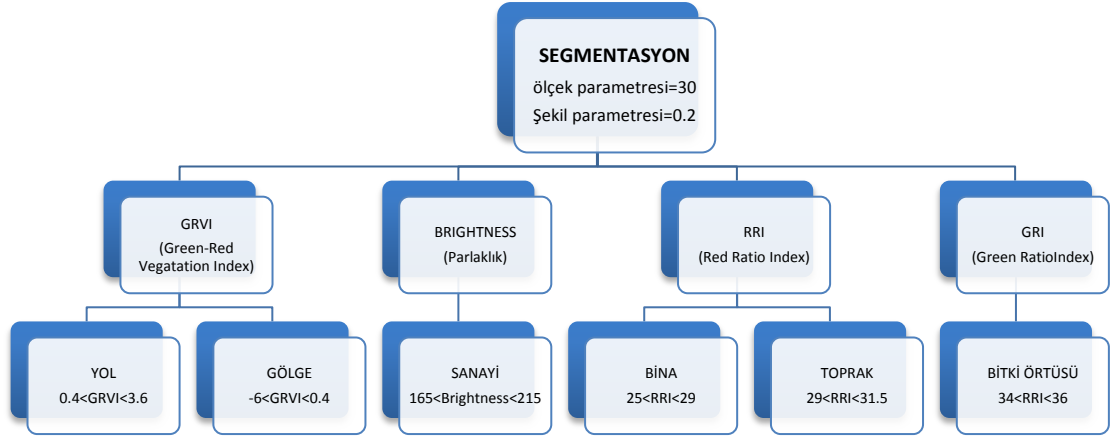
$$\text{GRVI (Green-Red Vegetation Index)} = (\text{Green}-\text{Red})/(\text{Green}+\text{Red}) \quad (4.1)$$

$$\text{BRIGHTNESS (Parlaklık)} = (\text{Blue}+\text{Green}+\text{Red})/3 \quad (4.2)$$

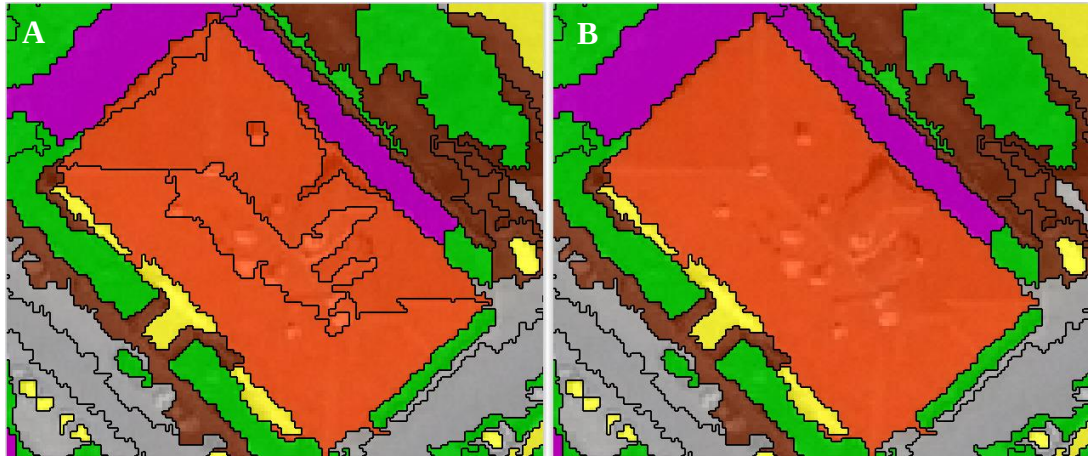
$$\text{RRI (Red Ratio Index)} = (\text{Red}/(\text{Blue}+\text{Green}+\text{Red})) * 100 \quad (4.3)$$

$$\text{GRI (Green Ratio Index)} = (\text{Green}/(\text{Blue}+\text{Green}+\text{Red})) * 100 \quad (4.4)$$

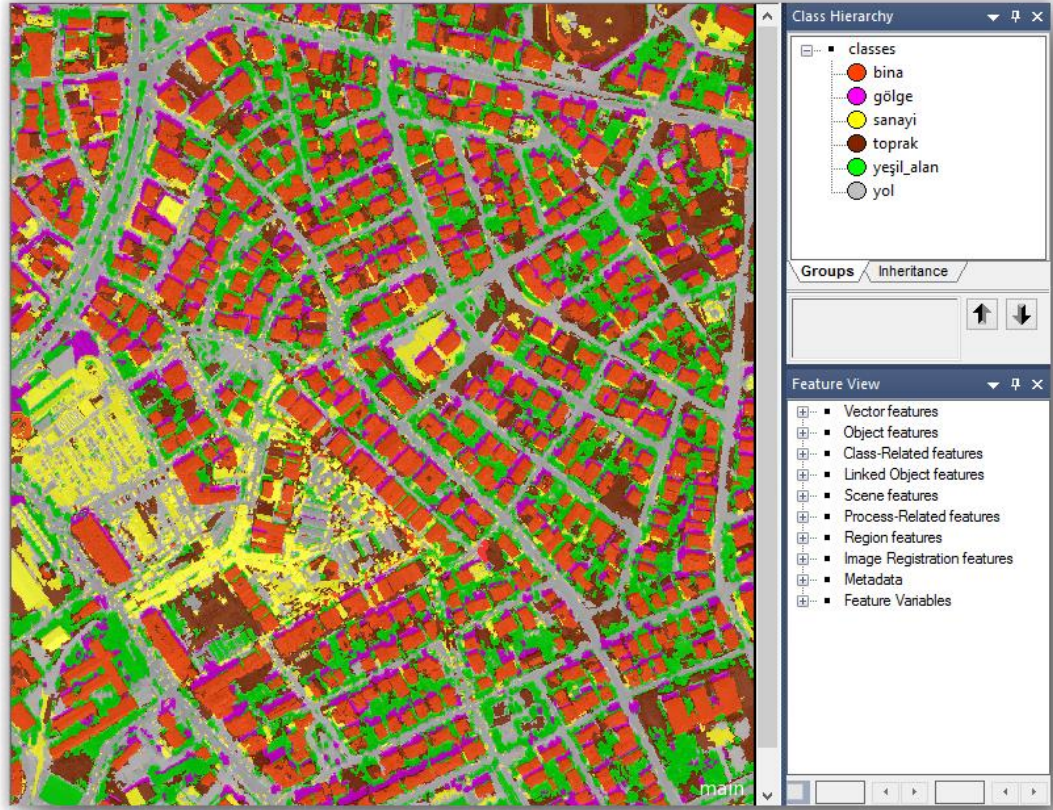
Çizelge 4.1: Ortofoto sınıflandırma işlem basamakları.



Uygulanan sınıflandırma işlemi sonucunda bir sınıfın (bina, yol, sanayi vb.) içerisinde birden çok segment olduğu görülmüştür. Bu segmentleri tek bir sınıf altında toplamak için eCognition programında tanımlı birleştirme (merge) işlemi yapılmıştır (Şekil 4.13). Bu işlemler sonucunda ortofoto görüntüsünün sınıflandırılmış hali Şekil 4.14’de sunulmuştur.



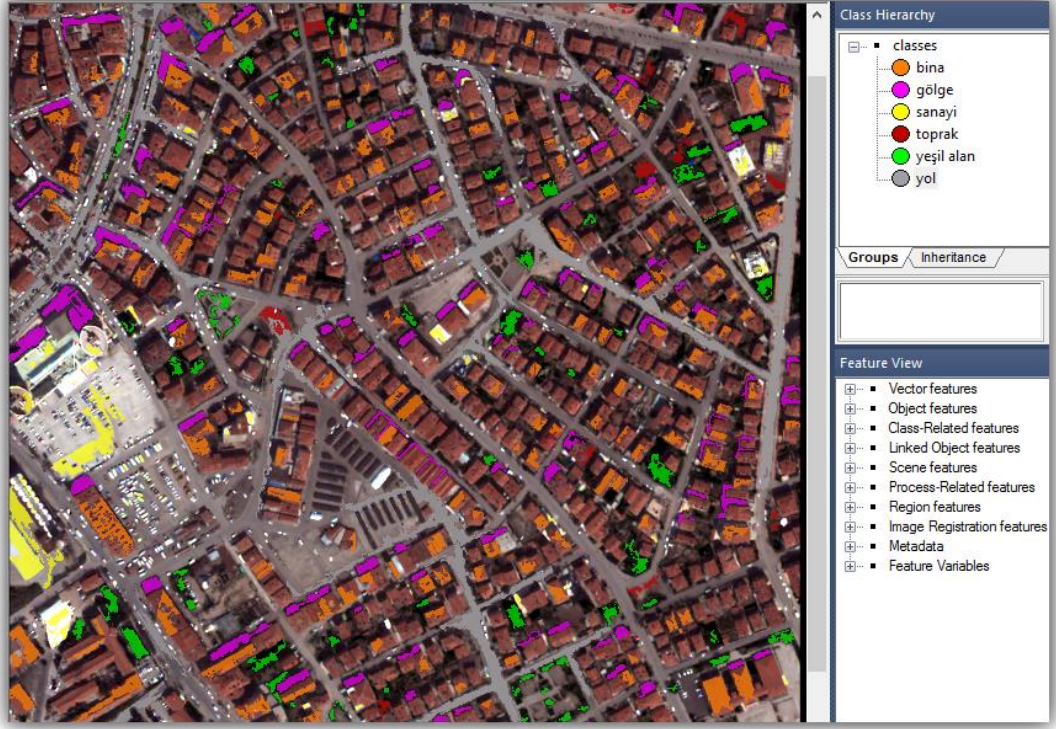
Şekil 4.13: Merge İşlemi (A: öncesi, B: sonrası).



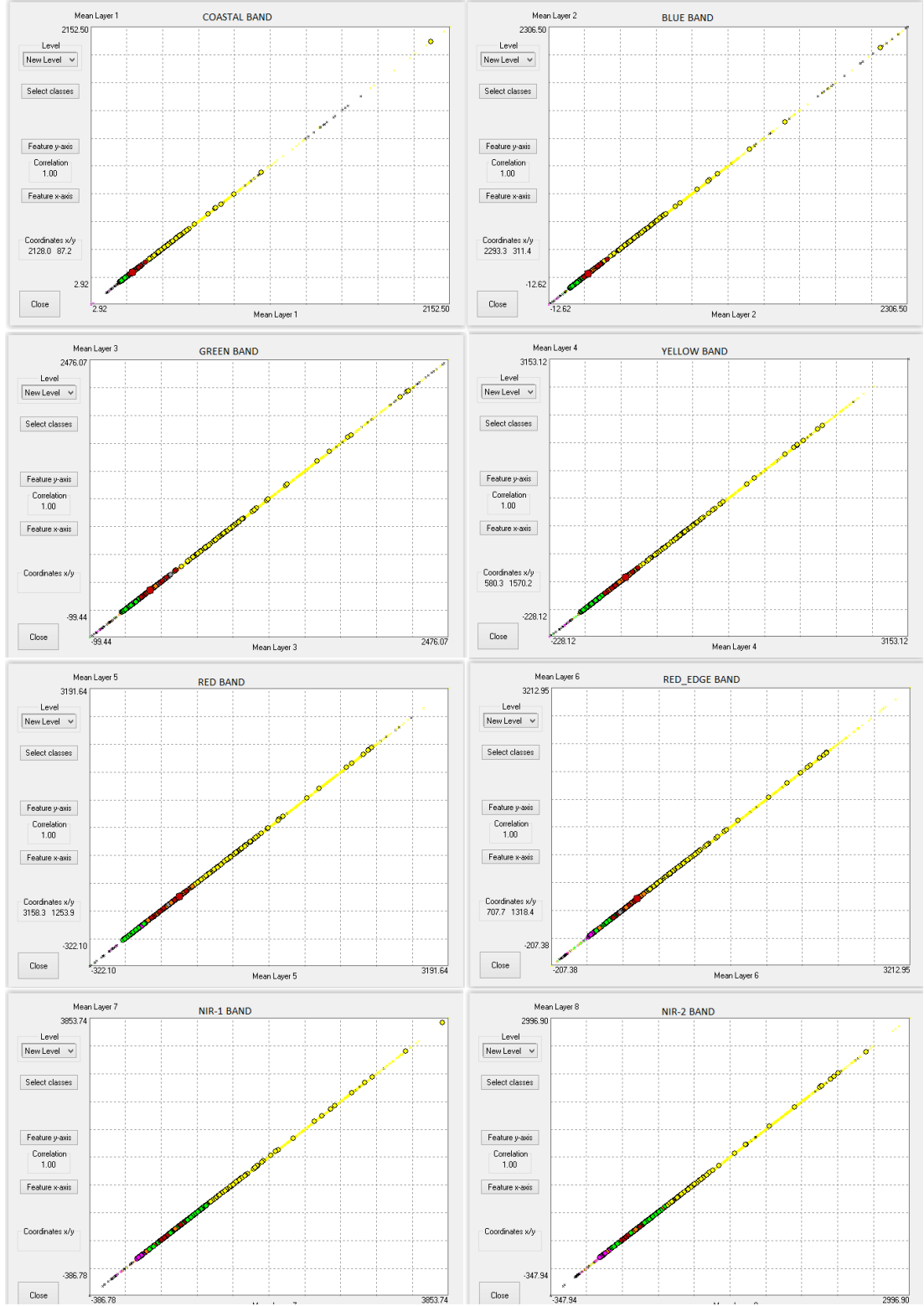
Şekil 4.14: eCognition yazılımında sınıflandırılmış ortofoto görüntüsü.

4.6.2 Çok yüksek çözünürlük uydu görüntüsünün sınıflandırılması

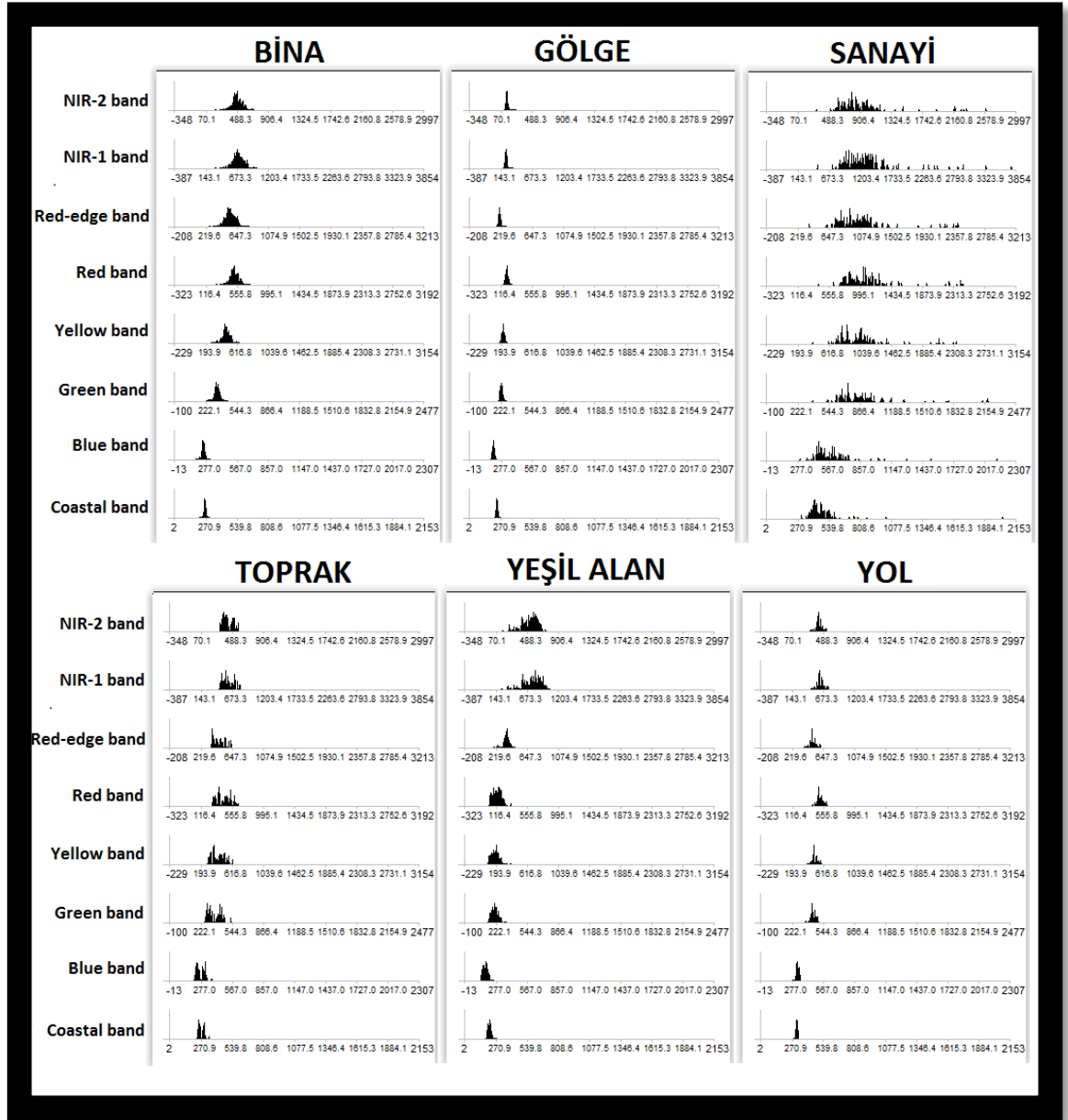
WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu (ÇYÇU) görüntüsü ortofoto görüntülerine kıyasla ek band (Coastal, Red-edge, NIR2 vb.) seçenekleri sunmaktadır. Çalışma alanımızdaki bazı sınıfların çıkarımında (toprak, bina, yol vb.) literatürdeki mevcut band kombinasyonlarının beklentileri karşılayamadığı görülmüştür. Bu aşamada almış olduğumuz sınıf örnekleri eCognition yazılımında ÇYCU görüntüsü üzerine tanımlanmıştır (Şekil 4.15). Aldığımız sınıf örneklerine göre, sınıfların birbirleri arasındaki ilişkileri gözlemlemek amacı ile bütün sınıfların bir band üzerindeki yansımaya değerleri incelenmiştir (Şekil 4.16). Ayrıca her sınıf için ayrı olarak, bandlardaki spektral yansımaya değerleri irdelenmiş ve sonucunda sınıfların bandlardaki en büyük yansımaya değerleri, en küçük yansımaya değerleri ve en fazla artış gösterdikleri bandlar gibi ayırt edici parametreler saptanmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.15: eCognition yazılımında örnek tanımlama işlemi.



Şekil 4.16: Bandlara göre sınıfların ilişkisi (Layer 1 = Coastal band, Layer 2 = Blue band, Layer 3 = Green band, Layer 4 = Yellow band, Layer 5 = Red band, Layer 6 = Red-edge band, Layer 7 = NIR-1 band, Layer 8 = NIR-2 band).



Şekil 4.17: Sınıfların bandlardaki spektral yansımaya değerleri.

Yapılan gözlemler ve araştırmalar sonucunda sınıfların ayırımında etkili olabilecek bandlar belirlenmiş ve literatürde kullanılan indeksler değiştirilerek kullanılmış ve band kombinasyonları belirlenmiştir. Örneğin gölge sınıfının en yüksek yansımaya değerini gösterdiği mavi (blue) band ile en düşük yansımaya değerini gösterdiği NIR-2 bandları ile oluşturulan Denklem 4.5 ile gölge detayının çıkarılmasında oldukça başarılı olduğu görülmüştür (Şekil 4.19).



Şekil 4.18: Normal görüntü (A), gri renk tonundaki görüntü (B).

Şekil 4.18A’da gölge çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.18B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada gölge detayı (beyaz renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu kombinasyonda bitki detayının yoğun olduğu bölümlerin de koyu siyah renkte ayırt edilebildiği gözlemlenmiştir.

Şekil 4.19’da bina detayının, Şekil 4.20’de yol detayının, Şekil 4.21’de yeşil alan detayının Şekil 4.22’de toprak detayının ve Şekil 4.23’de sanayi detayının elde edilen denklemler ile oluşturulmuş gri renk tonundaki görüntüleri verilmiştir. Detayların çıkarımında kullanılması için bulduğumuz denklemler aşağıda verilmiştir.

$$\text{Gölge detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{blue} - Band_{NIR-2})}{(Band_{blue} + Band_{NIR-2})} \quad (4.5)$$

$$\text{Bina detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{red_edge} - Band_{green})}{(Band_{red_edge} + Band_{green})} \quad (4.6)$$

$$\text{Yol detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{coastal} - Band_{blue})}{(Band_{coastal} + Band_{blue})} \quad (4.7)$$

$$\text{Yeşil alan detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{red_edge} - Band_{red})}{(Band_{red_edge} + Band_{red})} \quad (4.8)$$

$$\text{Toprak detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{blue} - Band_{yellow})}{(Band_{blue} + Band_{yellow})} \quad (4.9)$$

$$\text{Sanayi detayı çıkarımı} = \frac{(Band_{red_edge} + Band_{yellow} + Band_{coastal})}{3} \quad (4.10)$$

Şekil 4.19A’da (A) bina detayı çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.19B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada bina detayı (beyaz renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.19: Normal görüntü (A), bina detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).

Şekil 4.20A’da yol detayı çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.20B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada yol detayı (koyu siyah renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.20: Normal görüntü (A), yol detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).

Şekil 4.21A’da yeşil alan detayı çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.21B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada yeşil alan detayı (beyaz renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.21: Normal görüntü (A), yeşil alan detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).

Şekil 4.22A’da yol detayı çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.22B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada yol detayı (koyu siyah renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.



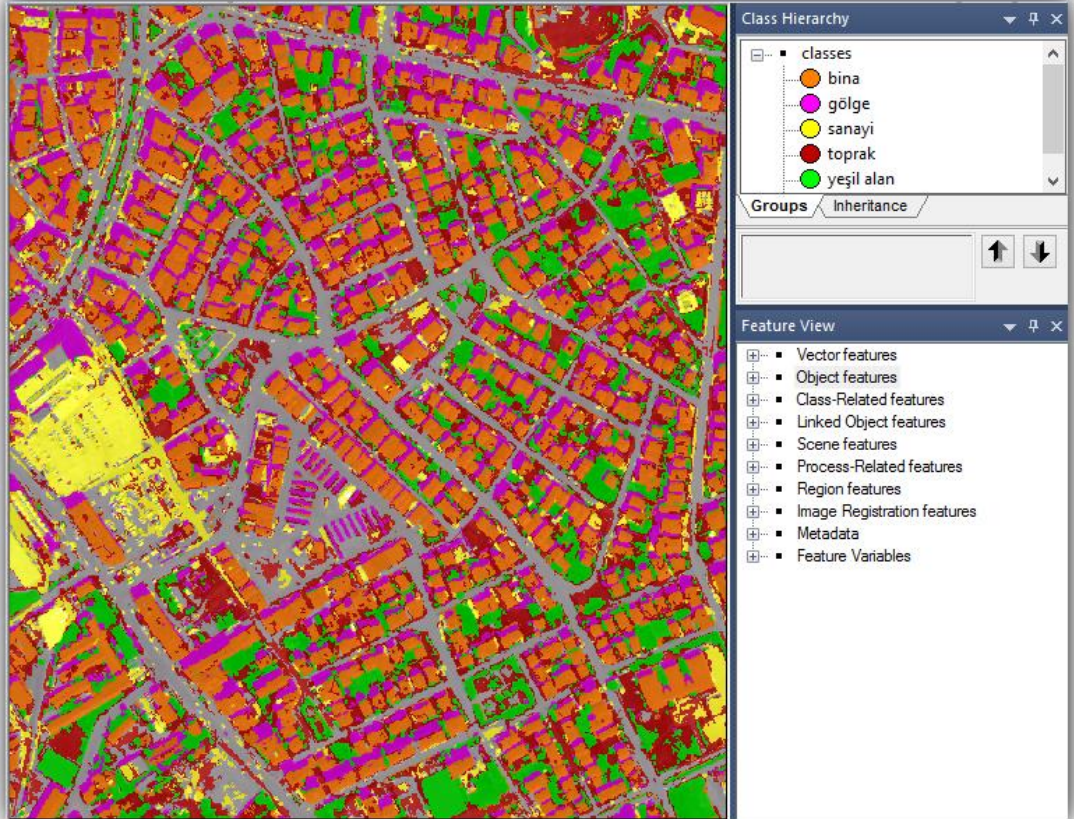
Şekil 4.22: Normal görüntü (A), toprak detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).

Şekil 4.23A’da sanayi detayı çıkarımı için bulunan denklem uygulanmış ve gri renk tonunda Şekil 4.23B görüntüsü oluşturulmuştur. Burada sanayi detayı (beyaz renkli) açık bir şekilde ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.23: Normal görüntü (A), sanayi detayı için oluşturulan gri renk tonundaki görüntü (B).

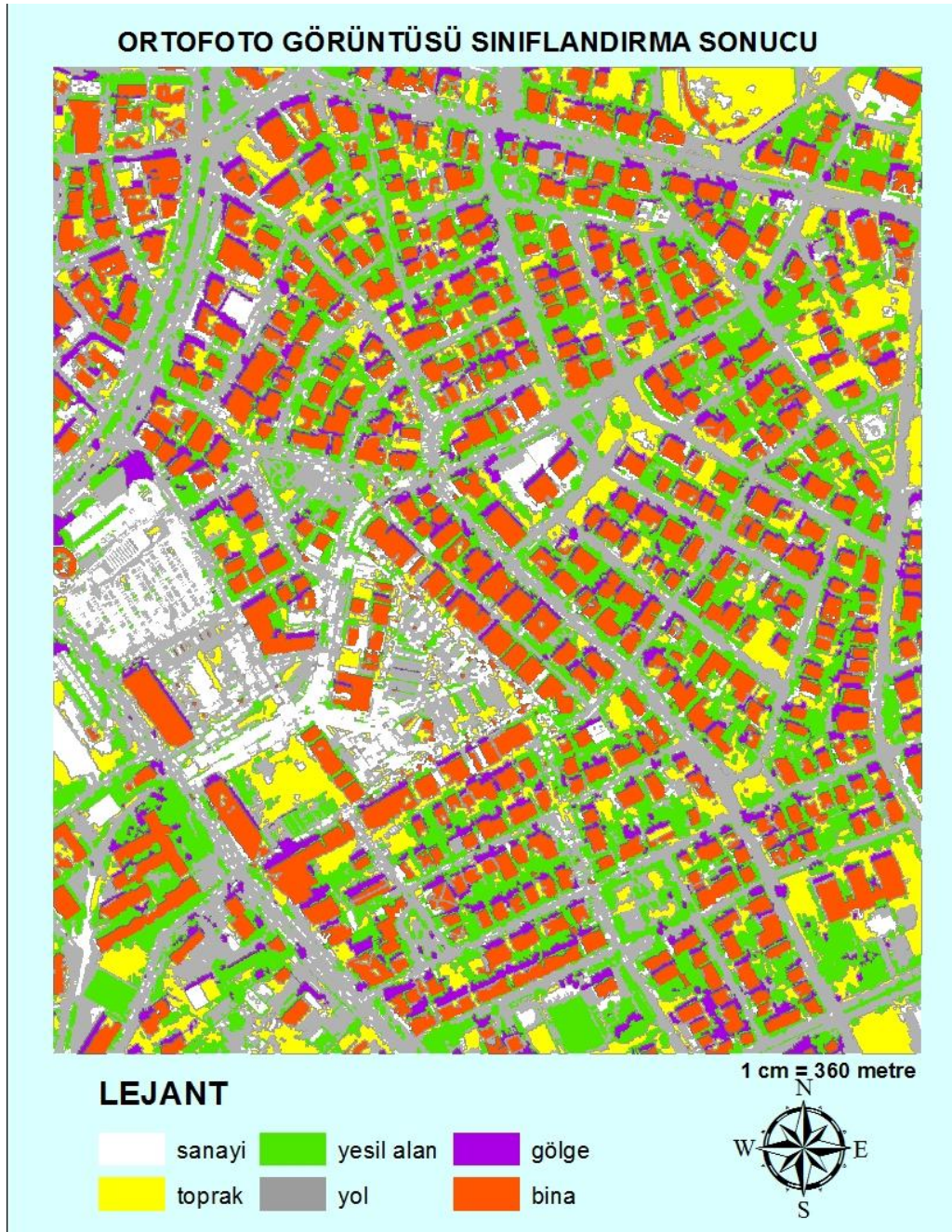
Bulunan denklemler kullanılarak WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünün sınıflandırması yapılmıştır (Şekil 4.24).



Şekil 4.24: Sınıflandırılmış çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü.

4.6.3 Sınıflandırma sonuçları ve CBS ortamında doğruluk analizleri

Sınıflandırma sonucu elde edilen görüntüler genelleştirme işlemleri, ortofoto ile çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü arasındaki sınıflandırma sonuçlarının karşılaştırılması ve doğruluk analiz işlemlerinin yapılması için Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamına aktarılmıştır. Bu işlem eCognition programında sunulan shapefile (shp.) formatına dönüşüm aracıyla gerçekleştirilerek sınıflandırılmış ortofoto (Şekil 4.25) ve WorldView-3 ÇYÇU görüntüleri (Şekil 4.26) ArcGIS ortamında aktarılmıştır.



Şekil 4.25: ArcGIS ortamına aktarılmış sınıflandırılmış ortofoto görüntüsü.

WorldView-3 UYDU GÖRÜNTÜSÜ SINIFLANDIRMA SONUCU



LEJANT

sanayi	yesil alan	gölge
toprak	yol	bina

1 cm = 362 metre



Şekil 4.26: ArcGIS ortamına aktarılmış sınıflandırılmış uydu görüntüsü.

Bu verilerin ArcGIS ortamında sınıflandırma doğruluklarının hesaplanması için araziden toplanan 200 test nokta verisi sınıfları tanımlanmış şekilde programa girilmiştir (Şekil 4.27). Bu noktalar hem ortofoto görüntüsü hemde uydu görüntüsünde ortak kullanılmıştır.



Şekil 4.27:Test noktalarının dağılımı.

Obje tabanlı yöntem kullanılarak sınıflandırılmış olan ortofoto ve WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin doğruluk analizleri yapılmıştır. Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de doğruluk analizi tabloları verilmiştir. Bu analizler sonucunda kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değeri bulunmuştur (Şekil 4.28). Şekil 4.29’da kullanıcı ve üretici doğrulukları grafiksel olarak verilmiştir. Şekillerde görüldüğü üzere WorldView-3 uydu görüntüsünden elde edilen sınıflandırma sonuçlarında kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değeri bakımından ortofoto görüntüsüne göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Şekil 4.29’da görüleceği gibi üretici doğruluğu bakımından yeşil alan ve sanayi sınıflarında yakın doğruluklar bulunmuş iken başta toprak sınıfı olmak üzere bina ve gölge sınıflarında ortofoto görüntüsünün üretici doğruluğunun uydu görüntüsüne göre düşük olduğu görülmüştür. Yeşil alanların doğruluğu daha yüksek beklenirken düşük çıkmıştır. Bunun nedeni bölgedeki bitkilerin kısa boylu ve toprakla karışık bir yapıda olmasıdır. Hem üretici hem kullanıcı doğruluğu aynı anda değerlendirildiği zaman ise toprak sınıfının doğruluğunda ortofoto ve WordView-3

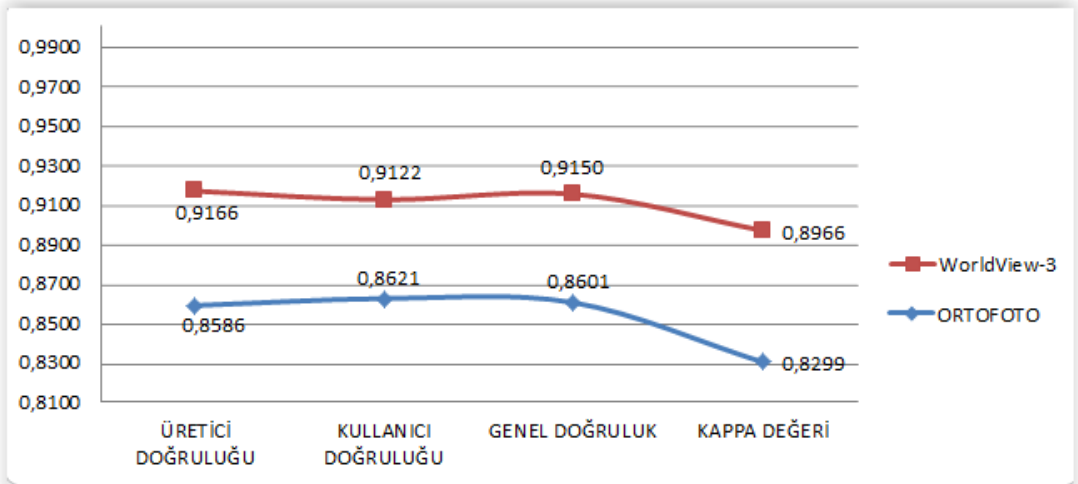
uydu görüntüsü arasındaki büyük fark göze çapmaktadır ve WorldView-3 uydu görüntüsü ile toprak sınıfının çıkarımında daha iyi sonuç elde edilmiştir.

Çizelge 4.2: WorldView-3 uydu görüntüsü doğruluk analiz tablosu.

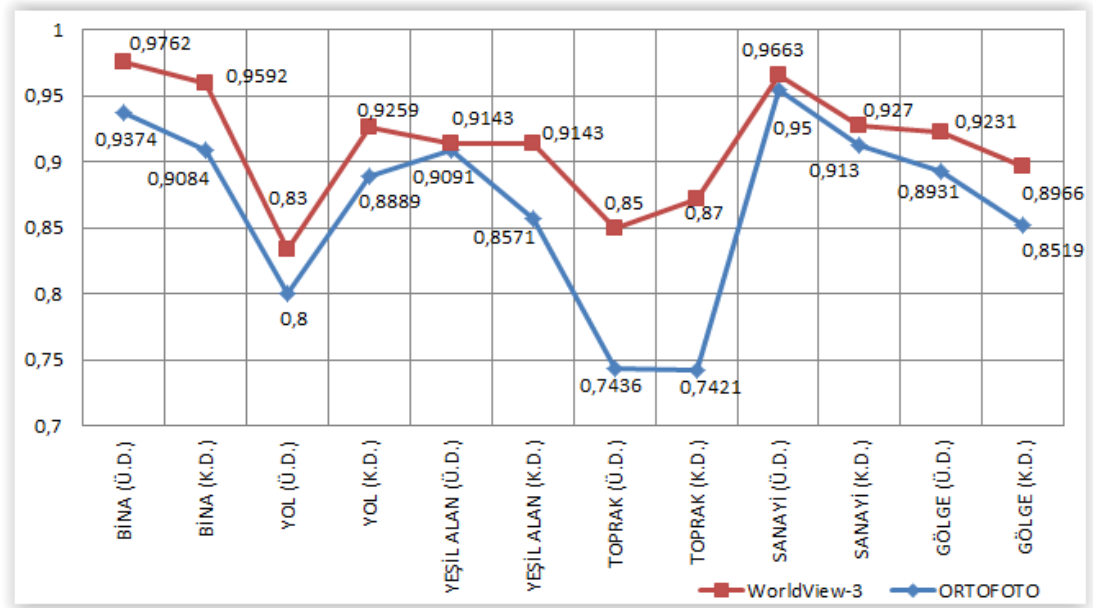
UYDU GÖRÜNTÜSÜ		ÜRETİCİ					
KULLANICI	SINIF	YOL	YESİL ALAN	TOPRAK	SANAYİ	BİNA	GÖLGE
	YOL	25	0	1	2	0	2
	YESİL ALAN	0	32	3	0	0	0
	TOPRAK	2	1	34	0	2	1
	SANAYİ	0	0	0	21	0	0
	BİNA	0	0	1	0	47	0
	GÖLGE	0	2	0	0	0	24

Çizelge 4.3: Ortofoto görüntüsü doğruluk analiz tablosu.

ORTOFOTO GÖRÜNTÜSÜ		ÜRETİCİ					
KULLANICI	SINIF	YOL	YESİL ALAN	TOPRAK	SANAYİ	BİNA	GÖLGE
	YOL	24	0	2	2	1	2
	YESİL ALAN	0	30	3	0	0	0
	TOPRAK	2	3	29	0	2	2
	SANAYİ	1	0	0	21	0	0
	BİNA	0	0	2	0	45	0
	GÖLGE	0	2	3	0	1	23



Şekil 4.28: Sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizi sonuçları.



Şekil 4.29: Sınıfların göre kullanıcı (K. U.) ve üretici (Ü. D.) doğrulukları.

4.7 Bina Verisinin Büyük Ölçekli Uygulamalarda Kullanılabilirliğinin İstatistiksel Olarak İrdelenmesi

Bu bölümde sınıflandırma sonucu elde edilen ve vektör formatına dönüştürülen bina verileri, büyük ölçekli harita üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla daha önceden klasik jeodezik ölçme yöntemleriyle üretilen çalışma alanına ait halihazır haritada ile uydu görüntüsü üzerinden sayısallaştırma yöntemiyle elde edilen bina verileri karşılaştırılmıştır. Bu kapsamda, üç veri grubuna ait binaların köşe nokta koordinatları istatistiksel olarak incelenmiştir. WorldView-3 uydu görüntüsüne ait bina sınıfının sınıflandırma sonuç doğrulukları ortofoto görüntüsüne göre daha iyi olduğundan dolayı istatistik analizlerde sadece WorldView-3 uydu görüntüsünden elde edilen binalar kullanılmıştır.

Sınıflandırma sonucunda ortaya çıkan bina vektörleri sayısallaştırma ve halihazır harita ile elde edilen bina vektörleri ile karşılaştırılamayacak kadar çok noktalı bir yapıda ve hali hazır haritada ki binalara göre daha fazla detay noktasından oluştuğu görülmüştür. Bu nedenle, bina köşe nokta koordinatları bazında istatistiksel analizler yapabilmek için sınıflandırma sonucunda elde edilen bina vektör verisi ile halihazır haritadaki bina vektörlerinin eşit noktalara sahip olması gerekir. Bu amaçla ArcGIS yazılımında tanımlı genelleştirme işlemi yapılarak bina vektör verilerinin şekilleri bozulmadan nokta bazında indirgeme yapılmıştır (Şekil 4.30).

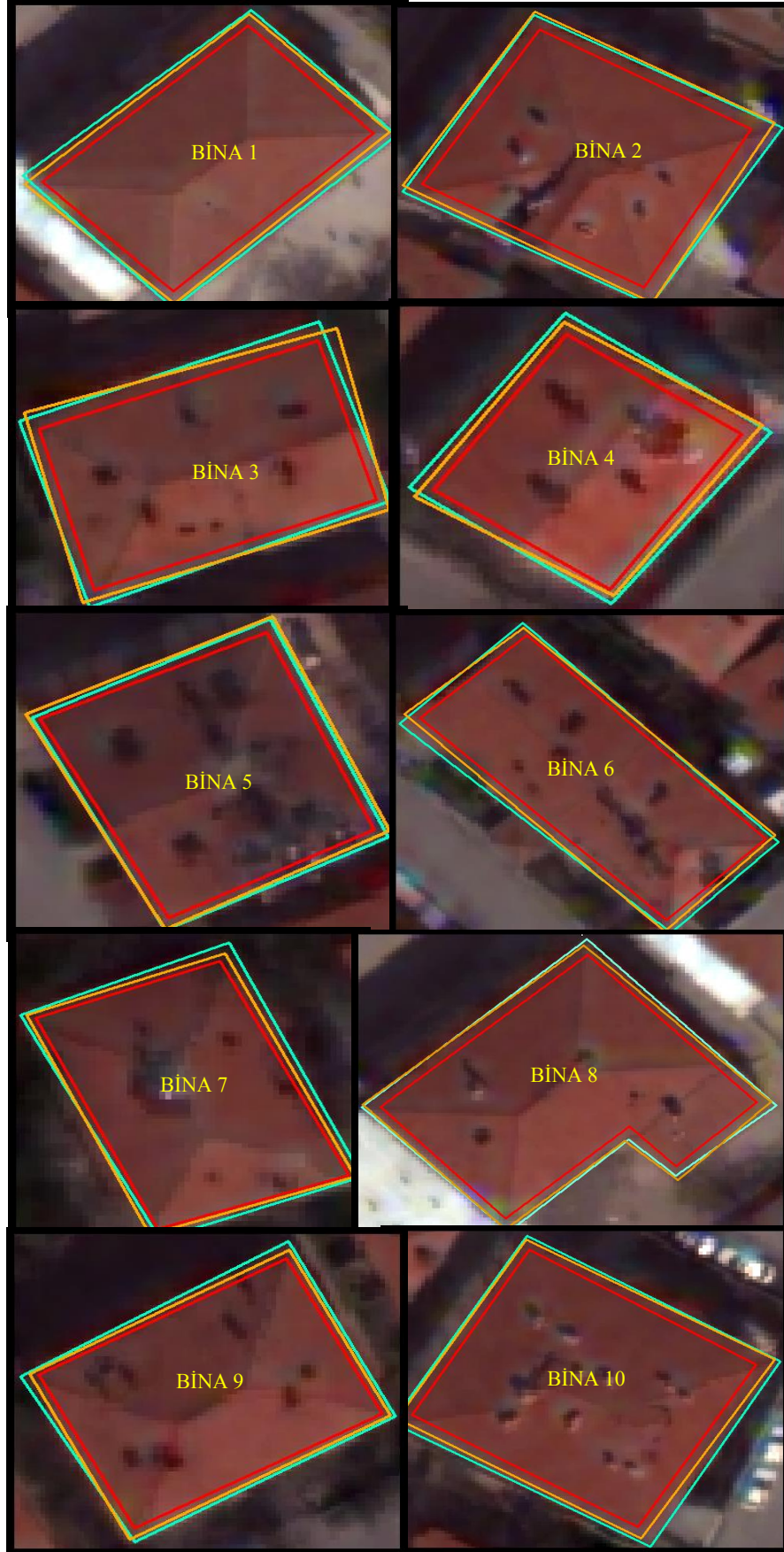


Şekil 4.30: Genelleştirme işlemi öncesi(A), genelleştirme işlemi sonrası (B).

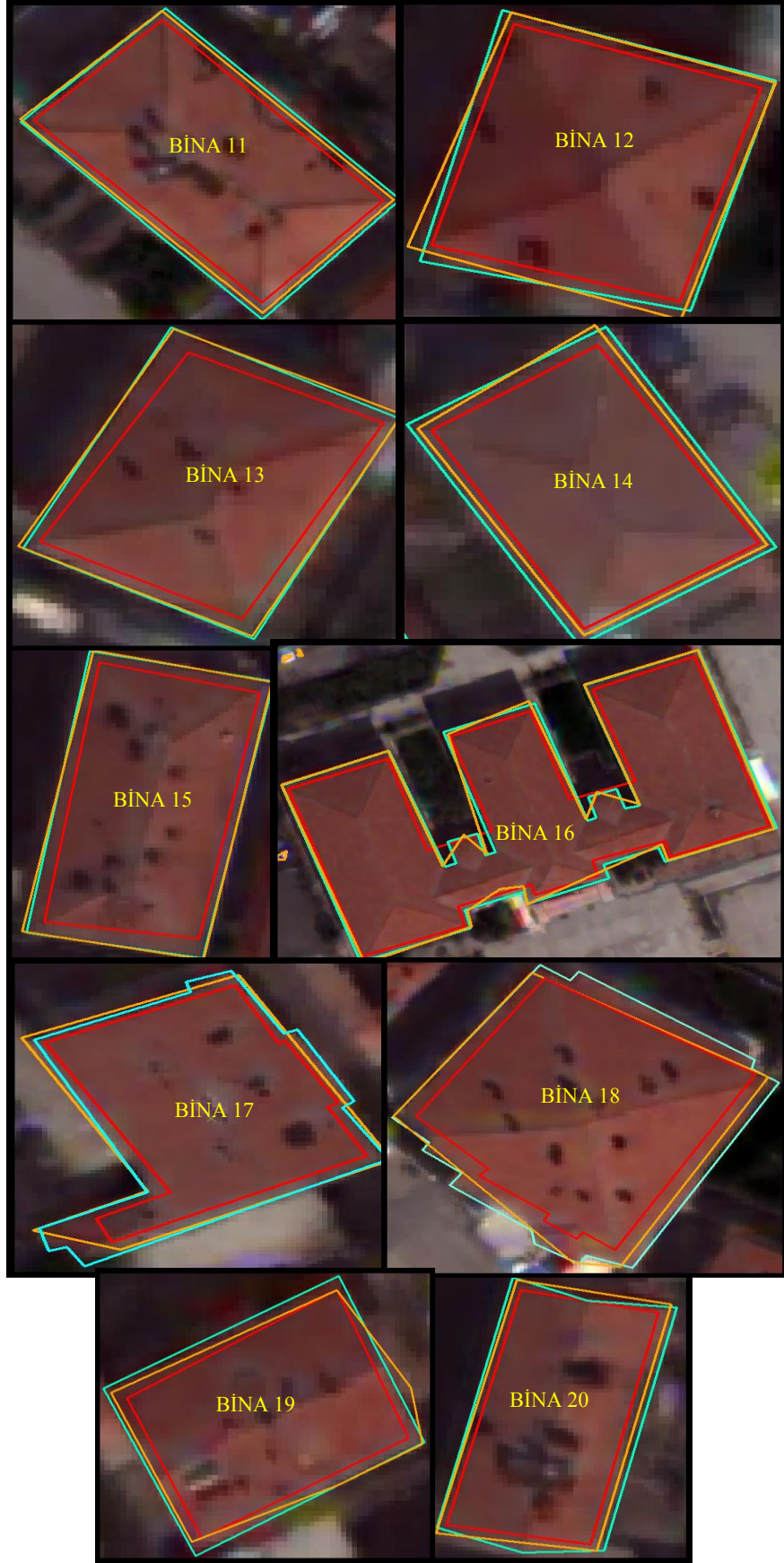
Genelleştirme işlemi sonucunda oluşan binalar şekil 4.31’de verilmiştir. Uydu görüntüsünden vektör olarak elde edilen binalar ile sayısallaştırma ve hali hazır görüntüdeki binaları istatistiksel olarak karşılaştırmak için rastgele 20 adet bina seçilmiştir (Şekil 4.32).



Şekil 4.31: Genelleştirme işlemi sonucunda oluşan bina vektör verisi.

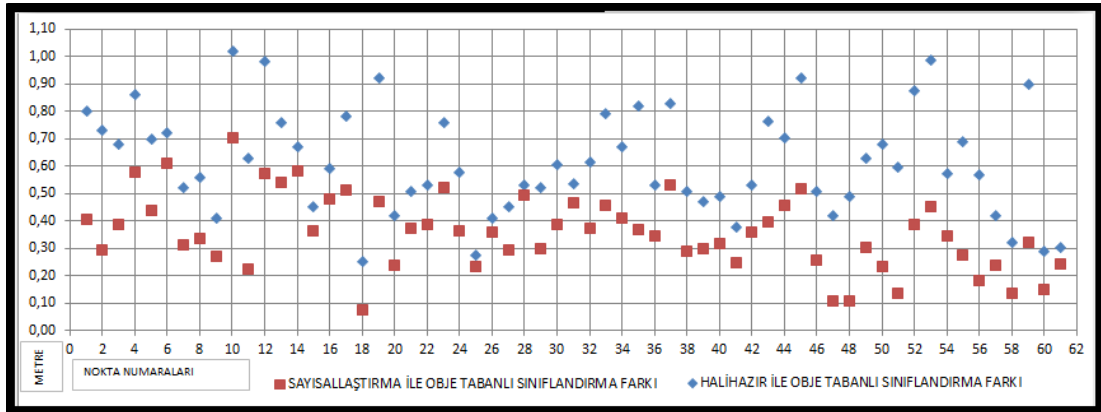


Şekil 4.32: Örnek binalar (Halihazır harita kırmızı, sayısallaştırma turkuaz ve obje tabanlı sınıflandırma sonucu turuncu renkte gösterilmiştir).



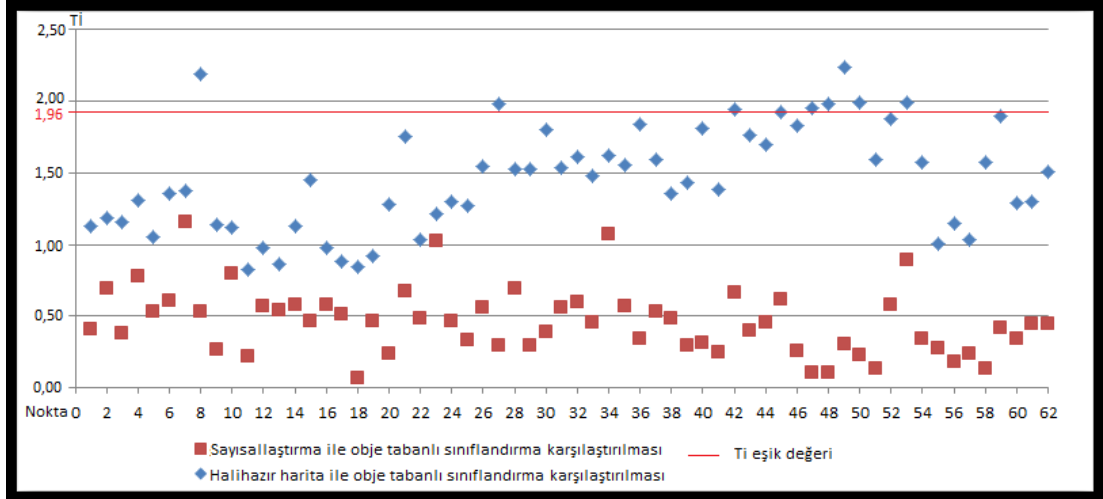
Şekil 4.32 (devam): Örnek binalar(Halihazır harita kırmızı, sayısallaştırma turkuaz ve obje tabanlı sınıflandırma sonucu turuncu renkte gösterilmiştir).

Örnek olarak belirlenen bu 20 bina için kırık noktalara ait koordinat değerleri üzerinden istatistiksel analiz yapılacağından halihazır, sayısallaştırma ve obje tabanlı sınıflandırma sonucu oluşan binalardan eşit köşe nokta sayısına sahip binalar ayıklanmıştır. Bu şartlara uymayan 16, 17, 18, 19, 20 numaralı binalara istatistiksel analiz uygulanmamıştır, bu binalar sadece görsel amaçla kullanılmıştır. Obye tabanlı sınıflandırma sonucu elde edilen vektör verileri ile sayısallaştırma ve halihazır haritadaki vektör verilerin koordinatları arasındaki farklar denklem 3.16, 3.17 ve 3.18 kullanılarak hesaplanmıştır (Şekil 4.33). Bu hesaplamalar sonucunda elde edilen sonuçlarda halihazır harita referans veri olarak kabul edildiğinde obje tabanlı sınıflandırmadan elde edilen bina noktalarının koordinatlarında 0.25 cm ile 110 cm arasında bir hata olduğunu görülmüştür. Bu hata sayısallaştırma verisi referans veri olarak kabul edildiğinde 10 cm ile 70 cm arasında kalmaktadır. Bunun temel nedeni olarak bina çatı payları gösterilebilir. Jeodezik ölçümler ile elde edilen halihazır veride binalar bina köşelerinden alınmaktadır. Buna karşın sayısallaştırma ve obje tabanlı sınıflandırma işleminde çatı sınırları bina sınırları olarak görülmektedir. Şekil 4.33’de görüleceği gibi sayısallaştırma sonucu elde edilen koordinatlar referans veri kabul edildiğinde obje tabanlı sınıflandırma ile elde edilen vektör verilerin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir.



Şekil 4.33: Bina vektör verisi koordinatlarının karşılaştırılması.

Ayrıca obje tabanlı sınıflandırma sonucu elde edilen bina noktaları ile referans olan sayısallaştırma ve halihazır haritadaki noktalar T-dağılımı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Bu istatistiki yöntem kullanılarak obje tabanlı sınıflandırma sonucu elde edilen noktaların anlamlı ya da anlamsız olduğu belirlenir (Şekil 4.34).



Şekil 4.34: Binalar için T-dağılımı tablosu.

Şekil 4.34’de görüleceği gibi örnek olarak seçilen 15 binanın 62 köşe nokta koordinatlarına ait t değerleri hesaplanmıştır. Sayısallaştırma verisi referans olarak kabul edildiğinde obje tabanlı sınıflandırma ile elde edilen noktaların hepsi T-dağılımına göre %95 güven aralığının eşik değeri olan 1.96 değerinin altında kalmıştır. Fakat halihazır referans veri olarak kabul edildiğinde 8 nokta hariç diğerlerinin %95 güven aralığında yer almıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Son yıllarda uydu teknolojilerindeki gelişimler ile yeni nesil uydu görüntüleri ve yeni sınıflandırma yöntemleri kullanılmaya başlanmıştır. Sınıflandırma sonucunda elde edilen verilerin güvenilirliği uydu görüntülerinin çözünürlüğü ve sınıflandırmada kullanılan yöntemler ile doğrudan ilişkilidir. Bu uydu görüntüleri geniş alanların çok yüksek çözünürlüklü görüntülenebilmesi kabiliyetine sahiptir. Fakat bazı sınıflandırma yöntemleri bu görüntülerden detay çıkarımında yetersiz kalmaktadır. Obje tabanlı sınıflandırma yöntemi ise çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden detay çıkarımında oldukça başarılı olduğu araştırmacılar tarafından kabul görmüştür. Bu nedenle günümüzde çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin geliştirilen yarı ve tam otomatik sınıflandırma yöntemleri kullanılarak hızlı ve yüksek doğrulukta sınıflandırılıp kolaylıkla vektör hale dönüştürülmesi ile büyük ölçekli uygulamalarda kullanılabilirliği irdelenmeye başlanmıştır.

Bu tez çalışmasında obje tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak kentsel alanlara ait detayların çıkarımı yapılmıştır. Uygulamada mevcut en yüksek mekansal çözünürlüğe sahip ticari WorldView-3 uydu görüntüsü ve eşdeğer çözünürlükteki ortofoto görüntüsü kullanılmıştır. Araziye yapılan çalışmalar sonucunda görüntüler bina, yol, yeşil alan, toprak, sanayi ve gölge olmak üzere altı sınıfa ayrılmıştır. Her iki görüntünün sınıflandırma ve doğruluk analizi işlemlerinde aynı eğitim ve aynı test verileri kullanılmıştır.

Obje tabanlı sınıflandırma yönteminde ilk işlem basmağı segmentasyon işlemidir. Segmentasyon işlemi sonucu oluşturulan segmentler sınıflandırma sonucunun doğruluğunu direk olarak etkilemektedir. Segmentlerin yanlış tanımlanması sınıflandırılan görüntüyü de negatif yönde etkileyecektir. Bu yüzden bu işlem sonucunda en ideal segmentlerin oluşturulması gerekmektedir. Bu işlem dahilinde literatürde kabul görmüş ESP ve deneme-yanılma yöntemleri kullanılmış ve en uygun segmentler oluşturulmuştur. Yapılan araştırmalar sonucunda ESP yöntemi ile daha hızlı bir şekilde segmentasyonun oluşturulabileceği görülmüş fakat deneme

yanılma yöntemi ile segmentlerin oluşturulması doğrudan kullanıcıya bağlı olduğu için ESP yöntemine göre daha iyi segmentler oluşturulduğu görülmüştür.

Obje tabanlı sınıflandırma işleminin ikinci adımı oluşturulan segmentlerin sınıflara atanmasıdır. Bu amaçla görüntüler bant kombinasyonları kullanılarak gri renk tonunda görüntülere çevrilmiştir. Bu işlemin amacı çıkarılması istenilen sınıfa ait özelliklerin, görüntü içerisindeki özellikleri kullanılarak açığa çıkarılmasıdır. Segmentasyon işlemi sonucunda ortofoto görüntüsünden elde edilen segmentlerin sınıflara atanması için literatürde mevcut bulunan bant kombinasyonları kullanılmıştır. WorldView-3 çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden oluşturulan segmentlerin sınıflara atanması işleminde ise mevcut bant kombinasyonları çalışma alanındaki detayların çıkarımı için yeterli olmadığı görülmüştür. Bu nedenle görüntünün sınıflandırılması için hem yeni bant kombinasyonları oluşturulmuş hem de mevcut bant kombinasyonları düzeltilerek kullanılmıştır. Bu amaçla oluşturulan segmentlerden her sınıf için örnekler seçilmiştir. Bu sınıf örneklerinin spektral yansıma değerleri incelenmiş ve her sınıf için ayrı ayrı seçilen bant çiftleri arasında kombinasyon denemeleri yapılmıştır. Bulunan bu bant kombinasyonları ile segmentler ilgili sınıflara atanmıştır ve böylelikle tüm görüntünün sınıflandırılması yapılmıştır.

Her iki görüntüden ortaya çıkan sınıflandırma sonuçları için sınıfları bilinen iki yüz nokta kullanılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Sınıflandırma işlemi sonucunda ortofoto görüntüde kullanıcı doğruluğu %86.2 ve üretici doğruluğu ise %85.8 çıkmıştır. Worldview-3 uydu görüntüsü sonuçlarına göre ise kullanıcı doğruluğu %91.2 ve üretici doğruluğu %91.7 bulunmuştur. WorldView-3 uydu görüntüsünde toprak, yol ve yeşil alan sınıflarının doğruluğu diğer sınıflara göre daha düşük doğrulukta olduğu görülmüştür. Bölgedeki toprak yapısı tuzlu ve kuru olması sonucu yol sınıfı ile karışmıştır. Normal şartlarda spektral çözünürlüğü yüksek olan WorldView-3 uydu görüntüsünden yeşil alanların diğer sınıflardan kolaylıkla ayırt edilmesi beklenmiştir. Ancak yeşil alanların toprak sınıfı ile karışması dikkat çekmiştir. Bu durumun temel sebebi olarak Aksaray ilinin oldukça rüzgarlı ve tozlu bir iklime sahip olması nedeni ile yeşil alanların bu iklim şartlarından (toz ve toprak karışımı) etkilenmesi olarak gösterilebilir. Ortofoto görüntüsünün sınıflandırılmasında da benzer sorunlar ile karşılaşmıştır. Toprak sınıfı ortofoto görüntüsünün sınıflandırılma işleminde yol sınıfı ile daha fazla karışmıştır. Bunun

temel nedeni olarak ortofoto görüntüsü sınıflandırmasında sadece üç bant (kırmızı, yeşil ve mavi) kullanılması gösterilebilir. Kullanıcı doğruluğu, üretici doğruluğu, genel doğruluk ve kappa değerine bakıldığında WorldView-3 uydu görüntüsünün sınıflandırması ortofoto görüntüsünün sınıflandırmasına göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. WorldView-3 uydu görüntüsünün genel doğruluğunun, ortofoto görüntüsünün genel doğruluğundan yaklaşık %5 daha iyi olduğu görülmektedir.

Görüntülerden çıkarılan vektör veriler mevcut jeodezik yöntemlerle elde edilen sonuçlarla karşılaştırılarak büyük ölçekli çalışmalarda kullanılabilirliği sayısallaştırma ve halihazır harita ile irdelenmiştir. Bu tezde çıkarılan bina detayının kullanılabilirliği noktaların arasında ki fark ve T-dağılımı kullanılarak istatistiksel olarak araştırılmıştır. ÇYCU görüntüsünden çıkarılan binaların ortofoto görüntüsünden çıkarılan binalara göre daha hassas olduğundan dolayı ÇYCU görüntüsünden elde edilen binaların kullanılabilirliği istatistiksel olarak irdelenmiştir. Buna göre, halihazır harita referans kabul edildiğinde noktalara ait koordinat değerleri arasındaki hata farkı 25-110 cm arasında olduğu ve bu hataların ortalama 50 cm civarında yoğunlaştığı görülmüştür. Sayısallaştırılmış görüntü referans olarak kabul edildiğinde ise bu hata farkı 10-70 cm arasında değiştiği ve 30 cm civarında yoğunlaştığı tespit edilmiştir. Sayısallaştırılmış görüntüye göre obje tabanlı sınıflandırma sonuçları T-dağılımı tablosunda %95 güven aralığında yer almaktadır. Fakat halihazır harita referans alındığında 8 noktanın %95 güven aralığına girmediği görülmüştür. Sayısallaştırma ve halihazır referans harita olarak seçildiklerinde oluşan bu farklı sonuçların nedeni olarak bina çatı payları gösterilebilir. Sayısallaştırma işleminde binalar kuşbakışı olarak çatı sınırlarından kapatılırken halihazır haritalar yersel jeodezik ölçmeler ile bina köşe duvarlarından kapatılmaktadır. Bu nedenle iki farklı referans haritada iki farklı sonuç ortaya çıkmıştır.

Obje tabanlı sınıflandırmanın en önemli işlem basamağı segmentasyon aşamasıdır. Bu nedenle sınıfların çalışma alanını yansıtacak şekilde belirlenmeli ve segmentasyon işleminin bu sınıflara göre oluşturulması gerekmektedir. Gerekirse birden fazla segmentasyon işlemi kullanılmalıdır. Örneğin yol sınıfı için oluşturulan segmentler bina sınıfını yansıtmaz iken bina sınıfı için oluşturulan segmentlerde yol sınıfını tam olarak yansıtmaz.

Çok yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden obje tabanlı yöntem ile elde edilen vektör veriler, kullanım amacına göre referans veri olarak harita üretim uygulamalarında kullanılabilir. Örneğin kaçak, çarpık ve hızlı yapılaşmanın kontrolü amacıyla bu verilerin referans harita olarak kullanılabilmesi mümkündür. Ancak daha yüksek doğruluğun gerektiği büyük ölçekli diğer harita uygulamalarında İmar Uygulaması, 18. Kadastro Çalışmaları vb.) daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerine ihtiyaç olduğu söylenebilir.

KAYNAKLAR

- Altunkaya, Z., Yastıklı, N., 2011. Orto görüntüler Yardımıyla nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak öznitelik çıkarımı, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, Antalya.
- Antunes, A.F., Lingnau, C., ve Da Silva, J.C., 2003. Object oriented analysis and semantic network for high resolution image classification, Anais XI SBSR, Brezilya, 273-279
- Atasever, Ü.H., 2011. Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında hızlandırma (Boosting), destek vektör makineleri, rastgele orman (Random Forest) ve regresyon ağaçları yöntemlerinin kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Baatz, M., Benz, U., Dehghani, S., Heynen, M., Höltje, A., Hofmann, P., Lingenfelder, I., Mimler, M., Sohlbach, M., Weber, M. ve Willhauck, G., 2004. e-Cognition Professional User Guide, Definiens Imaging GmbH, Münih, Almanya.
- Baatz, M., Hoffmann, C. ve Willhauck, G., 2008. Progressing from object-based to object-oriented image analysis, pp. 29-42, in: Blaschke T., Lang S. Ve Hay G.J. (Editor), Object-Based Image Analysis, Springer, Berlin.
- Bakker, W.H., Giesk, A.S.M., Gorte, B.G.H., Grabmaier, K.A., Hecker, C.A., Horn, J.A., Huurneman, G.C., Janssen, L.L.F., Kerle, N., Van der Meer, F.D., Parodi, G.N., Pohl, C., Prakash, A., Reeves, C.V., Van Ruitenbeek, F.J., Tempfli, K., Weir, M.J.C. ve Woldai T., 2004. Principles of remote sensing, Kerle N., Janssen L.L.F. ve Huurneman G.C. (Editor), International Institute For Geo-Information Science And Earth Observation, Enschede, Netherlands.
- Baz, İ., Geymen, A., Ateş, H. ve Sarı, C., 2003. Otomatik korelasyon tekniği ile üretilen sayısal arazi modellerinin büyük ölçekli ortofoto harita yapımında kullanılması, 9. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 1-15.
- Benediktsson, J.A., Swain, P.H. ve Ersoy, O.K., 1990. Neural network approaches versus statistical methods in classification of multisource remote sensing data, I.E.E.E. Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 28, 540-552.
- Benz U.C., Hofmann P., Willhauck G., Lingenfelder I. ve Heynen M., 2004. Multi-resolution, Object-oriented Fuzzy Analysis of Remote Sensing Data for GIS-ready Information, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 58, Issues 3-4, Pages 239-258.

- Bergsjö, J., 2014. Object based change detection in urban area using KTH-SEG, Bachelor Thesis, Kth Royal Institute Of Technology, Stockholm.
- Bezdek, J.C., 1981. Pattern Recognition with Fuzzy Objective Function Algorithms, Kluwer Academic Publishers, Norwell.
- Blaschke, T. ve Strobl, J., 2001. What's wrong with pixels? Some recent development interfacing remote sensing and GIS. *GeoBIT/GIS*, 6, 1, 12-17.
- Blaschke, T., Geoffrey, J. H., 2011. Qihao Weng ve Bernd Resch, Collective Sensing: Integrating Geospatial Technologies to Understand Urban Systems- An Overview, *Remote Sensing*, 2011, 3, 1743-1776.
- Bo, S. ve Han, X., 2010. Parameter selection for segmentation in object-oriented classification of remotely sensed imagery, *International Conference on Intelligent Computation Technology and Automation*, China, 2, 876-879.
- Boyacı, D., 2012. Cbs-Uzaktan Algılama entegrasyonu ve örnek uygulama: uydu görüntülerinden detay ve otomatik öznitelik tespiti, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Campbell, J.B., 1996. Introduction to remote sensing, Guilford Press, New York, USA.
- Canty, M.J., 2007. Image analysis, classification and change detection in remote sensing, With Algorithms for ENVI/IDL, Taylor & Francis, Florida, USA.
- Carleer, A. P. ve Wolff, E., 2006. Region-Based classification potential for landcover classification with very high spatial resolution satellite data, in *Proceedings of 1st International Conference on Object-based ImageAnalysis*, Austria, Vol. XXXVI, ISSN 1682-1777, 4-5.
- Casals-Carrasco, P., Kubo, S. ve Babu Madhavan, B., 2000. Application of spectral mixture analysis for terrain evaluation studies, *International Journal of Remote Sensing*, 21, 16.
- Chen Q.X., Luo J.C., Zhou C.H. ve Pei T., 2003. A Hybrid Multi-Scale Segmentation Approach for Remotely Sensed Imagery, *IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings*, Volume 6, Pages 3416-3419.
- Çölkesen, İ. ve SESLİ, F.A., 2007. Kıyı Çizgisinde Meydana Gelen Zamansal Değişimlerin Bilgi Teknolojileri İle Belirlenmesi: Trabzon Örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası Ulusal Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, KTÜ, Trabzon.
- Çölkesen, İ., 2009. Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi, Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

- D'Oleire-Oltmanns, S. ve Tiede, D. 2014. Specific target objects - specific scale levels? Application of the estimation of scale parameter 2 (ESP 2) tool for the identification of scale levels for distinct target objects. South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, 3, 2, 579-584.
- De Kok, R., Schneider, T., ve Ammer, U. 1999. Object based classification and applications in the Alpine forest environment, International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing, Spain, 32, 7-4-3.
- De Smet P. ve Rui Luis V. P. M. Pires, 2000. Implementation and analysis of an optimized rainfalling watershed algorithm, Proceedings of SPIE, Volume 3974, Pages 759-766, 2000.
- Dey, V., Zhang Y., ve Zhong M., 2010. A Review on Image Segmentation Techniques with Remote Sensing Perspective, ISPRS TC VII Symposium, Volume 38, Pages 31-42.
- Duric, N., Pehani, P. ve Ostir, Krištof., 2014. Application of in-segment multiple sampling in object-based classification. Remote Sensing, 6, 12, 12-138.
- Ekercin, S., 2007. Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile tuz gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Felzenszwalb, P. ve Huttenlocher, D., 2004. Efficient graph-based image segmentation, International Journal of Computer Vision, 59, 2, 167-181.
- Gonzalez, R.C. ve R.E. Woods, 2002. Digital image processing. 2. baskı, Pearson education, Singapore.
- Haris, K., Efstratiadis, S.N., Maglaveras, N. ve Katsaggelos, A.K., 1998. Hybrid image segmentation using watersheds and fast region merging, IEEE Transactions on Image Processing, 7, 12, 1684-1699.
- Hofmann, P., 2001. Detecting Buildings and Roads from Ikonos Data Using Additional Elevation Information, GIS Geo-Information-System.
- Kalkan, K., ve Maktav, D., 2010. Nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması (IKONOS Örneği), III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu.
- Kavzoglu, T., ve Yıldız M., 2014. Parameter-Based Performance Analysis of Object-Based Image Analysis Using Aerial and Quikbird-2 Images, ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-7, 2014, pp. 31-37.
- Kavzoğlu, T., ve Yıldız M., 2015, Segmentasyonda Optimum Ölçek Parametresi Tespitinde Konumsal Otokorelasyon Ve Varyansın Etkisinin Analizi,TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, Konya.

- Key, J., Maslanik, J. A. ve Schweiger, A. J., 1989. Classification of merged AVHRR and SMMR Arctic data with neural networks, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 55, 1331-1338.
- Kim, M., Madden, M. ve Warner, T., 2008. Estimation of optimal image object size for the segmentation of forest stands with multispectral IKONOS imagery, In: T Blaschke, S. Lang, and G.J. Hay, (Eds.), *Object-based image analysis concepts for knowledge driven remote sensing applications*. Springer, pp. 291-307.
- Lillesand, T.M., Kiefer, R.W. ve Chipman, J.W., 2007. *Remote Sensing and Image Interpretation 6th Edition*, John Wiley & Sons Pres. New York.
- Maktav, D., Siegmund, A., Jurgens, C., Naumann, S., Sunar, F., Eşbah, H., Baycan, T., Akar, İ., Uysal, C., Kalkan, K., Wolf, N. ve Thunig, H., 2010. Kentsel Gelişim için Potansiyel Alanların Uzaktan Algılama ve CBS ile Belirlenmesi ve Değerlemesi, III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, Kocaeli.
- Marangoz, A.M., Karakış, S., Oruç, M. ve Büyüksalih, G., 2005. Nesne-Tabanlı Görüntü Analizi ve IKONOS Pan-Sharpned Görüntüsünü Kullanarak Yol ve Binaların Çıkarımı, 10.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Marangoz, A.M., 2009. Uydu Görüntülerinden Kentsel Ayrıntıların Nesne-Tabanlı Sınıflandırma Yöntemiyle Belirlenmesi Ve CBS Ortamında Bütünleştirilmesi, Doktora tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Marangoz., A.M., 2007. Pan-Sharp Landsat 7 Etm+ Görüntüsü Kullanılarak Piksel-Tabanlı Ve Nesne-Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımlarının Karşılaştırılması, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı , Ankara.
- Marpı, P.R., 2009. Geographic Object-Based Image Analysis, Doktora Tezi, Bergakademie Freiberg Teknik Üniversitesi, Yer Bilimleri, Yer Mühendisliği Maden Fakültesi.
- Musaoğlu, N., 1999. Elektro-Optik Ve Aktif Mikrodalga Algılayıcılarından Elde Edilen Uydu Verilerinden Orman Alanlarına Ait Meşcere Tiplerinin ve Yetiştirme Ortamı Birimlerinin Belirlenme Olanakları, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Navulur, K., 2007. *Multispectral image analysis using the object-oriented paradigm*. CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Özdemir, M., 2013. Uydu görüntülerinden nesne yönelimli yöntemlerle özellik çıkarımı, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Padwick, C., Deskevich, M., Pacifici, F. ve Smallwood, S. 2010. WorldView-2 pan-sharpening. In *Proceedings of the ASPRS 2010 Annual Conference*, San Diego, CA, USA.

- Pankiw, J.R., 2013. The Use of Object-Based Classification of High Resolution Panchromatic Satellite Imagery for the Inventory of Shelterbelts in the Province of Saskatchewan, Doktora Tezi, Faculty of Graduate Studies and Research, University of Regina.
- Reis, S., 2003. "Çevresel Planlamalara Altlık Bir Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı ve Uygulaması: Trabzon İl Bilgi Sistemi(TİBİS) Modeli", Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Schowengerdt, R.A., 2007. Remote Sensing: Models and Methods for Image Processing. 3.baskı., Elsevier Inc.
- Shankar, B.U., 2007. Novel Classification and Segmentation Techniques with Application to Remotely Sensed Images, Lecture Notes on Computer Science Series 4400 Transactions on Rough Sets VII, Pages 295-380.
- Şahin, K., 2013. Automatic Multi-Scale Segmentation of High Spatial Resolution Satellite Images Using Watersheds, Yüksek Lisans Tezi, Doğa Ve Uygulama Bilimleri Fakültesi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi.
- Tekinel, O. ve Güvercin, Ö., 2000. Türkiye’de Konut Sorununun Nedenleri Ekonomik Ve Sosyal Boyutu, Fen ve Mühendislik Dergisi , Cilt 3, Sayı 2.
- Torun, A.T., 2015. Yapay arı koloni algoritmasının tarım alanlarının sınıflandırılmasında kullanılabilirliğinin irdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Ünal, R., 2005. Tescil Davalarında Hava Fotoğrafları Ve Bilirkişilik Olgusu, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara.
- Witharana, C. ve Civco, D. L., 2014. Optimizing multi- resolution segmentation scale using empirical methods: Exploring the sensitivity of the supervised discrepancy measure Euclidean distance 2 (ED2). ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, 87, pp.108-12.
- Wong, T. H., Mansor, S. B., Mispan, M. R., Ahmad, N. ve Sulaiman W. N. A., 2003. Feature ExtractionBased on Object Oriented Analysis, ATC 2003 Conference, Malaysia.
- Yan, G., Mas, J.F., Maathuis, B.H.P., Zhang, X. ve Van Dijk, P. M., 2006. Comparison of Pixel-Based and Object-oriented Image Classification Approaches - a Case Study in a Coal Fire Area, Wuda, Inner Mongolia, China, International Journal of Remote Sensing, 27 (18), 4039-4055.
- URL-1 <http://80.251.40.59/eng.ankara.edu.tr/esat/pubs/Esat-mavi_gezegen-uydu.pdf/>, alındığı tarih 20.08.2015.
- URL-2 <<http://geomatik.beun.edu.tr/marangoz/files/2014/03/JDF904DrsGrs.pdf/>>, alındığı tarih 20.08.2015.

URL-3 <<https://www.digitalglobe.com/sites/default/files/QuickBird-DS-QB-Prod.pdf/>>, alındığı tarih 25.08.2015.

URL-4 <<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/>>, alındığı tarih 12.09.2015.

URL-5 <<https://www.digitalglobe.com/about-us/content-collection/>>, alındığı tarih 12.09.2015.

URL-6 <http://global.digitalglobe.com/sites/files/DG_WorldView3_DS_Web.pdf/>, alındığı tarih 25.09.2015.

URL-7 <<http://www.satimagingcorp.com/satellite-sensors/worldview-3/>>, alındığı tarih 28.09.2015.

URL-8 <<http://ecognition.cc/download/userguide.pdf/>>, alındığı tarih 05.10.2015.

URL-9 <<http://www.madenuzmani.com/pdf/muhendisler-icin-istatistik-2007.pdf/>>, alındığı tarih 10.10.2015.

URL-10 <<http://www.iobildirici.com/papers/papers/10.pdf/>>, alındığı tarih 02.11.2015.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Burhan Baha BİLGİLİOĞLU
Doğum Tarihi ve Yeri : 1989/Tokat
E-posta adresi : bahabilgilioglu@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Aksaray Üniversitesi Harita Mühendisliği/2012
Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/2015

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Gümüşhane Üniversitesi ÖYP Araştırma Görevlisi /2013-

Aksaray Üniversitesi 2547/35. Madde Görevlendirme, ÖYP Arş. Gör. / 2014-halen