

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK MEKÂNSAL ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU/UÇAK PLATFORMLU
GÖRÜNTÜLER VE CBS TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK VAN-ERCİŞ
DEPREMİ SONRASI BİNA HASAR TESPİTİ**

DOKTORA TEZİ

Aslı SABUNCU

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Doktora Programı

ŞUBAT 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKSEK MEKÂNSAL ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU/UÇAK PLATFORMLU
GÖRÜNTÜLER VE CBS TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK VAN-ERCİŞ
DEPREMİ SONRASI BİNA HASAR TESPİTİ**

DOKTORA TEZİ

**Aslı SABUNCU
(501102600)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Doktora Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ayşe Filiz SUNAR

ŞUBAT 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501102600 numaralı Doktora Öğrencisi Aslı SABUNCU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “YÜKSEK MEKÂNSAL ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU/UÇAK PLATFORMLU GÖRÜNTÜLER VE CBS TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK VAN-ERCİŞ DEPREMİ SONRASI BİNA HASAR TESPİTİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Adı SOYADI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Prof.Dr. Adı SOYADI**
(Varsa) Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Adı SOYADI**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Adı SOYADI
..... Üniversitesi

Prof. Dr. Adı SOYADI
..... Üniversitesi

(Varsa) **Prof. Dr. Adı SOYADI**
..... Üniversitesi

(Varsa) **Prof. Dr. Adı SOYADI**
..... Üniversitesi

Teslim Tarihi : 17 Aralık 2014
Savunma Tarihi : 21 Ocak 2015





İskender Demir'e,



ÖNSÖZ

Uzun ve yorucu ama bir o kadar da keyifli bir yolda çalışmalarımın her aşamasında mesleki bilgilerinden ve engin deneyimlerinden yaralandığım, çalışmamı büyük katkı veren, ben her düştüğümde yerine göre hoca yerine göre anne şefkati ile sarıp kucaklayan ve ayağa kaldıran danışman hocam, Sayın Prof. Dr. Ayşe Filiz SUNAR'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam boyunca tez izleme komitesi üyesi hocalarım Sayın Prof. Dr. Derya MAKTAV'a ve Sayın Prof. Dr. Süha BERBEROĞLU'na ile yapıcı eleştirileri ve her zaman destekleyici geri dönüşleri için teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez çalışmalarım sırasında bana iş ortamında her türlü olanağı sağlayan ve her zaman motive edici sözleri ile çalışmamı destekleyen Sayın Prof. Dr. Haluk ÖZENER'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım sırasında gerek bilgi desteği gerekse yol göstericilik ve ablalık yapan ve her zaman motive eden Sayın Doç. Dr. Aslı DOĞRU'ya en içten şükranlarımı sunarım. Çalışmamın son aşamasında ofisimizde bize katılan ve her zaman yapıcı ve yol gösterici düşünceleri ve geri dönüşleri ile bana yol gösteren Sayın Yard. Doç. Dr. Fatih BULUT'a teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tezim süresince kullandığım programlardan biri olan e-Cognition'da veri işleme sırasında bana büyük destek veren, katkı sağlayan ve sonuçlarımın yorumlamasını gözden geçiren Sayın Dr. Zehra Damla UÇA AVCI'ya içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam sırasında benden desteğini, yardımını, zamanını ve sabrını esirgemeyen, beni anlayışla karşılayan sevgili eşim Arif'e ve doktora çalışmamın tam ortasında aramıza katılan biricik oğlumuz İskender Demir'e, bu süreçte her zaman gizli bir koruyucu melek olan babam İsmail TURGUTALP, annem Neşe TURGUTALP, ablam Burcu EKSER eniştem Burç EKSER ve yeğenlerim Duru ve Defne EKSER'e minnettarım.

Çalışma kapsamında kullanılan çeşitli verilerden yüksek çözünürlüklü uydu verilerinin temini için Digital Globe Inc. Firmasına, ortogörüntülerin temini için Sayın Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi Başkanı Sedat BAKICI'ya ve Şube Müdürü Levent ÖZMÜŞ'e, Harita Genel Komutanlığına, Streetview görüntülerinin temini için Sayın Murat YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Gerçekleştirilen bu çalışmanın, mesleğimize ve benzer alanlardaki diğer akademik çalışmalara katkı sağlaması, bu alanda daha sonradan çalışacak araştırmacılara yol göstermesi dileklerle...

Aralık 2017

Aslı Sabuncu
(Y. Jeodezi Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	2
1.2 Literatür Araştırması	3
2. DOĞAL AFETLER VE BİNA HASARLARI	9
2.1 Bina Hasarları.....	17
2.2 Binaların Hasar Tipleri ve Sınıflandırılması	19
3. UZAKTAN ALGILAMA VE TEMEL ESASLAR	27
3.1 Dijital Uydu Görüntüsü	28
3.2 Çözünürlük	30
3.3 Görüntü İşleme	32
3.3.1 Ön işleme.....	32
3.3.1.1 Geometrik düzeltme	32
3.3.1.2 Radyometrik düzeltme.....	33
3.3.1.3 Sınıflandırma	34
3.4 Doğruluk Analizi	40
3.5 Değişim Saptama Analizi	42
4. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BILGI SİSTEMİ'NİN ENTEGRASYONU	43
4.1 Veritabanı Kavramı	43
4.2 Veritabanı Yönetim Sistemleri	44
4.3 Veritabanı Modelleri	46
4.4 CBS Tabanlı Veritabanının Oluşturulması.....	50
5. UYGULAMA	53
5.1 Kullanılan Veri Seti.....	53
5.1.1 Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri	53
5.1.2 Ortogörüntü	56
5.1.3 Streetview Görüntüler	57
5.2 Görüntü İşleme- Ön işleme	59
5.3 Çalışma Alanında Test Bölgeler.....	61
5.4 Sınıflandırma	65
5.4.1 Pksel tabanlı sınıflandırma- En Çok Benzerlik Yöntemi.....	66
5.4.2 Doğruluk Analizi.....	69

5.5 Nesne Tabanlı Sınıflandırma.....	70
5.5.1 Segmentasyon.....	71
5.5.2 Kontrolsüz Sınıflandırma.....	75
5.5.3 Kontrollü Sınıflandırma.....	89
5.6 Doğruluk Analizi	94
5.7 Değişim Saptama Analizi.....	97
5.8 CBS Tabanlı 3-boyutlu (3D) Veritabanı	100
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	107
KAYNAKLAR.....	113
EKLER	121
ÖZGEÇMİŞ.....	129



KISALTMALAR

CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
EMS98	: European Macroseismic Scale 1998
FEMA	: The Federal Emergency Management Agency
CRED	: Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
ANFIS	: Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System
KAF	: Kuzey Anadolu Fayı
DAF	: Doğu Anadolu Fayı
MTA	: Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü
DN	: Digital Number
RGB	: Red Green Blue (Kırmızı Mavi Yeşil)
QB2	: Quickbird 2
WV2	: Worldview 2
K	: Kappa Katsayısı
VTYS	: Veritabanı Yönetim Sistemi
UTC	: Coordinated Universal Time
KRDAE	: Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü
AFAD	: Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı
USGS	: United States Geological Survey
EMSC	: European-Mediterranean Seismological Centre
INGV	: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
HET1	: Heterojen 1
HET2	:Heterojen 2
HET3	:Heterojen 3
HOM1	: Homojen 1
HOM2	: Homojen 2
NIR 1	: Near Infrared 1 (Yakın Kızılötesi-1)
NIR 2	: Near Infrared 2 (Yakın Kızılötesi-2)
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
NDSI	: Normalized Difference Soil Index
GD	: Genel Doğruluk
3D	: 3-Dimension
QGIS	: Quantum GIS
GPS	: Global Positioning System



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : FEMA'ya göre afet grupları	10
Çizelge 2.2 : Farklı enstitülerin 23 Ekim 2011 tarihli Van-Erciş depremi sonrası çözümleri	13
Çizelge 2.3 : TUİK verilerine göre Van ili ve çevre ilçelerin 1990 ve 2000 yıllarındaki nüfus bilgileri	15
Çizelge 2.4 : TUİK verilerine göre Van ili ve çevre ilçelerin 1990 ve 2017 yıllarındaki nüfus sayımı bilgileri.....	16
Çizelge 2.5 : Afet sonrası binaların hasar durumları ve sınıflandırılması	21
Çizelge 4.1 : Hazırlanmış CBS tabanlı veritabanı için ilişkisel tablo örneği	47
Çizelge 5.1 : Uygulamada izlenen işleme aşamaları	54
Çizelge 5.2 : Worldview-2 uydusu ve teknik özellikleri	55
Çizelge 5.3 : Quickbird-2 uydusu ve teknik özellikleri	55
Çizelge 5.4 : Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik düzeltilmesinde kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı ve rms hataları	60
Çizelge 5.5 : Ortogörüntülerin geometrik düzeltilmesinde kullanılan Yer Kontrol Noktalarının sayısı ve rms hataları	60
Çizelge 5.6 : Test bölgelerinin En Çok Benzerlik yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizleri	70
Çizelge 5.7 : Uygulamada kullanılan spektral, şekil ve doku özellikleri için göz önüne alınan değişkenler	75
Çizelge 5.8 : Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri	76
Çizelge 5.9 : Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem öncesi alınan Worldview 2 görüntü verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri	79
Çizelge 5.10 : Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem sonrası alınan Quickbird 2 uydu verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri	82
Çizelge 5.11 : Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem sonrası alınan Ortogörüntü (HGK) verisinde tüm bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri	86
Çizelge 5.12 : Ortogörüntü (TKGM), WV2, QB2 ve Ortogörüntü (HGK) veri setleri için kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma sonrası doğruluk analizi ...	96
Çizelge 5.13 : Yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ile ortogörüntü görüntülerinin değişim saptama analizi ve aralarındaki farklar.....	100



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Küresel sismik risk haritası	11
Şekil 2.2 : Türkiye'nin deprem bölgeleri	12
Şekil 2.3 : Yenilenmiş Türkiye Diri Fay Haritası	13
Şekil 2.4 : Van-Erciş depremi sonrası yıkılmamış ve yıkılmış betonarme tipi yapı örnekleri.	18
Şekil 2.5 : Van-Erciş depremi sonrası köylerdeki yıkılmış bina örnekleri	18
Şekil 2.6 : EMS 98 kataloğunda yer alan kagir ve betonarme binalar için hasar tipleri.....	20
Şekil 2.7 : Hava fotoğrafı (sağlam gözükten bina) ile yersel ölçümler (bir katın tamamıyla yıkık) arasında gözlenen farklılıklar üresel sismik risk haritası	21
Şekil 2.8 : Genel çökme. (a) Van-Erciş depremi sonrası genel çökme örneği. (b) Genel çökme yıkım türleri	22
Şekil 2.9 : Akordeon yıkım. (a) Van-Erciş depremi sonrası akordeon yıkım örneği. (b) Akordeon (Yana yığılma) yıkım türleri	23
Şekil 2.10 : Yumuşak kata bağlı çökme. (a) Van-Erciş depremi sonrası yumuşak kata bağlı çökme örneği. (b) Yumuşak kata bağlı çökme yıkım türleri	24
Şekil 2.11 : Yana yatma hasarları. (a) Van-Erciş depremi sonrası yana yatma hasarları örneği. (b)Yana yatma hasar türleri.	25
Şekil 2.12 : Yapısal eleman hasarları. (a) Van-Erciş depremi sonrası yapısal eleman hasarlı bina örneği. (b) Yapısal eleman hasarına bağlı dolgu duvarlarının patlaması.....	25
Şekil 3.1 : Uzaktan algılama sisteminin temel bileşenleri.....	27
Şekil 3.2 : Elektromanyetik spektrum	28
Şekil 3.3 : Algılama sistemleri. a) Pasif algılama. b) Aktif algılama	28
Şekil 3.4 : Dijital görüntü	29
Şekil 3.5 : Erciş ilçesinde seçilmiş bölgede görüntü piksel değerleri.....	29
Şekil 3.6 : Van ili Erciş ilçesi WorldView 2 uydusuna ait 27 Temmuz 2011 tarihli görüntüler. a) Pankromatik. b) Doğal renkli. c) Yanlış renkli	29
Şekil 3.7 : Farklı mekânsal çözünürlükteki uydu görüntüleri. a) Ortogörüntüsü 0.30 m çözünürlük. b) Quickbird-2 uydusu 2.4 m çözünürlük	31
Şekil 3.8 : QB2 ve WV2 uydularının spektral çözünürlükleri	31
Şekil 3.9 : Farklı radyometrik çözünürlükler için gri renk tonu seviyeleri.	32
Şekil 3.10 : Geometrik düzeltmede kullanılan örnek yer kontrol noktası	33
Şekil 3.11 : Segmentasyon. a) Satranç tahtası segmentasyonu. b) Dörtlü ağaç segmentasyonu Küresel sismik risk haritası	37
Şekil 3.12 : Çoklu çözünürlüklü segmentasyon Türkiye'nin deprem bölgeleri	38
Şekil 3.13 : Sınıf tanımlamada en sık kullanılan değişkenler a)“Veya” operatörü.b “Ve” operatörü.	39
Şekil 3.14 : Hata matrisi	11
Şekil 4.1 : Veritabanının bileşenleri	44

Şekil 4.2 : Veritabanı Yönetim Sistemi .	45
Şekil 4.3 : Hiyerarşik Veritabanı modelinin basit şeması	48
Şekil 4.4 : Ağ Veritabanı modelinin basit şeması	49
Şekil 4.5 : Pilot çalışmada binaların fay hatlarına uzaklığı .	50
Şekil 4.6 : CBS tabanlı SyNaRMa veritabanında Selanik test bölgesi	51
Şekil 5.1 : Deprem sonrası bölgeye ait uçuş planı	57
Şekil 5.2 : HGK tarafından 24 Ekim 2011 tarihinde alınan Erciş ilçesine ait ortogörüntüsü (2011)	57
Şekil 5.3 : Earthmine programında kullanılan kameranın özellikleri	58
Şekil 5.4 : Saha çalışma ekipleri. a) Araçlı ekip. b)Yaya ekip.	58
Şekil 5.5 : Earthmine viewer programından bir görüntü.	59
Şekil 5.6 : Geometrik düzeltme (a) Orijinal WV2 baz görüntüsü, (b) Geometrik kayı yapılmış QB2 görüntüsü	61
Şekil 5.7 : Deprem sonrası Disaster Charter tarafından elde edilen uydu görüntülerinde Erciş ilçesinde seçilmiş 5 farklı çalışma bölgesi.	62
Şekil 5.8 : Heterojen bölgelerinin QB2, WV2 ve Ortogörüntü (TKGM ve HGK) gösterimi	63
Şekil 5.9 : Homojen 1 ve 2 bölgelerinin QB2, WV2 ve Ortogörüntü (TKGM ve HGK) gösterimi	64
Şekil 5.10 :Sınıflandırmada gözönüne alınan sınıflar	65
Şekil 5.11 : Deprem öncesine ait Ortogörüntüsünün (TKGM) homojen ve heterojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları .	67
Şekil 5.12 : Deprem öncesine ait WV 2 verisinin homojen ve heterojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları	67
Şekil 5.13 : Deprem sonrasına ait QB 2 verisinin heterojen ve homojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları.	68
Şekil 5.14 : Deprem sonrasına ait Ortogörüntüsünün (HGK) heterojen ve homojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları. .	68
Şekil 5.15 : Heterojen 1 ve homojen 1 bölgelerinden seçilen kontrol bölgeleri.	70
Şekil 5.16 : Homojen 1 ve Homojen 2 test bölgelerine ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri.	72
Şekil 5.17 : Heterojen 1 ve Heterojen 2 test bölgelerine ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri..	73
Şekil 5.18 : Heterojen 3 alanına ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri ...	74
Şekil 5.19 : Deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.	77
Şekil 5.20 : Deprem öncesi alınan WV 2 görüntü verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.	80
Şekil 5.21 : Deprem sonrası alınan Quickbird 2 uydu verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.	83
Şekil 5.22 : Deprem sonrası alınan Ortogörüntü (HGK) verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları	87
Şekil 5.23 : Tüm test bölgeleri için deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM görüntülerinde) kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçlar.....	90
Şekil 5.24 : Tüm test bölgeleri için deprem öncesi alınan WW2 uydu verisinde kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları.	91

Şekil 5.25 : Tüm test bölgeleri için deprem sonrası alınan QB2 uydu verisinde kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları....	92
Şekil 5.26 : Tüm test bölgeleri için deprem sonrası alınan ortogörüntüsünde (HGK) kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları....	93
Şekil 5.27 : Heterojen 1 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.	97
Şekil 5.28 : Heterojen 2 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu	98
Şekil 5.29 : Heterojen 3 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.	98
Şekil 5.30 : Homojen 1 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu..	99
Şekil 5.31 : Homojen 2 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu .	99
Şekil 5.32 : QGIS de vektör formatına dönüştürülen jeoloji katmanı ile diri fay hatları	101
Şekil 5.33 : QGIS de vektör formatına dönüştürülen nesne tabanlı sınıflandırması sonrasında elde edilen örnek tematik harita (Heterojen 2 bölgesi için)	102
Şekil 5.34 : İnteraktif CBS veritabanında yıkılmış binanın kaç katlı olduğuna dair sorgulama örneği	103
Şekil 5.35 : İnteraktif CBS veritabanında yıkılmış bina tipine dair sorgulama örneği	104



YÜKSEK MEKÂNSAL ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ UYDU/UÇAK PLATFORMLU GÖRÜNTÜLER VE CBS TEKNOLOJİSİ KULLANILARAK VAN-ERCİŞ DEPREMİ SONRASI BİNA HASAR TESPİTİ

ÖZET

Son yıllarda jeoinformasyon ve uydu teknolojisinde gözlenen hızlı gelişmeler, farklı ve yeni araştırma konu ve uygulamaların ortaya çıkmasına neden olmuştur. Bu uygulama alanlarından biriside afet yönetimidir. Toplumların sosyoekonomik faaliyetlerini önemli ölçüde sekteye uğratan, canlılara ve çevreye büyük zararlar veren, yaralanmalara, can ve mal kayıplarına neden olan büyük oranda veya tamamen insanların kontrolü dışında gerçekleşen doğal ve teknolojik olaylar afet olarak tanımlanmaktadır. Türkiye, depremler açısından dünyanın en aktif tektonik yapılarından biri olan Alp-Himalaya fay sistemi üzerinde yer almakta ve bu konumu nedeniyle de depremsellik açısından oldukça aktif bir yapıya sahip bulunmaktadır. Bu bağlamda doğal ve/veya insan kaynaklı afetlere karşı önceden planlamaların yapılması, riskli bölgelerin tespit edilip gerekli önlemlerin alınması, afet sonrası hasar tahmini, tespiti ve bölgede meydana gelen değişimin izlenmesi afet yönetimi açısından son derece büyük önem arz etmektedir.

Bu tez çalışmasında 23 Ekim 2011 tarihinde Van ili sınırları içinde meydana gelen 7.2 şiddetindeki Van-Erciş depremi çalışma bölgesi olarak seçilerek, yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ortogörüntüler ile, deprem sonrası yıkılmış ve/veya ağır hasar görmüş binaların sınıflandırma yöntemleri yardımıyla tespit edilmesi, deprem sonrası bölgeye ait değişimin izlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) tabanlı 3-boyutlu interaktif veritabanı oluşturularak farklı mekansal sorgulamaların yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Bu amaç doğrultusunda doktora tezinde öncelikle bölgeye ait veri setlerinin temini gerçekleştirilmiştir. Elde edilmiş olan veri setleri 3 ana sınıf altında gruplanmıştır. İlk grupta yer alan yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri olarak, deprem öncesi Worldview 2 ve deprem sonrası Quickbird 2 uydu verileri kullanılmıştır. İkinci grup olan ortogörüntüler ise deprem öncesi Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nden, deprem sonrası ise Harita Genel Komutanlığı'ndan temin edilmiştir. Son veri seti olan Streetview görüntüleri, bölgenin afet sonrası alınmış sokak görüntüleridir. Veri setleri ile uygulama öncesinde çalışma bölgesi farklı yapıdaki 5 test bölgesine ayrılmıştır. Bu test bölgelerinin seçiminde yıkılmış ve/veya ağır hasar almış binaların yoğunlukta olduğu bölgeler gözönüne alınmış ve homojen arazi örtüsü/kullanımına sahip 2, heterojen arazi örtüsü/kullanımına sahip 3 bölge belirlenmiştir. Seçilen test bölgelerinde her bir veri seti için sırası ile klasik piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemi ile nesne tabanlı kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır.

Test bölgelerinde sınıflandırma uygulamasına geçilmeden önce göz önüne alınacak temel sınıflar belirlenmiştir. Bu bağlamda piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma için bina, gölge, tarım alanı, yeşil alan ve yol olmak üzere toplamda 5 sınıf ve deprem

sonrası bina, gölge, tarım alanı, yeşil alan, yol, yıkılmış bina ve çadırkent olmak üzere toplamda 7 sınıf seçilmiştir.

Nesne tabanlı kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma için ise deprem öncesi görüntülerde açık alan, bina (kamu ve özel), gölge, karışık alan, tarım alanı, yeşil alan ve yol olmak üzere toplamda 7 sınıf; deprem sonrası görüntülerde ise açık alan, bina (kamu ve özel), gölge, karışık alan, tarım alanı, yeşil alan (orman, çalılık, otlak, bahçe), çadırkent, yıkılmış bina, enkaz, oyun alanı ve yol (asfalt, ana yol, tali yol, toprak yol, kaldırımlar ve dönemeçler) olmak üzere toplamda 11 sınıf seçilmiştir.

Klasik piksel-tabanlı kontrollü sınıflandırma uygulaması sonrasında elde edilen tematik haritalar, piksel tabanlı sınıflandırmanın farklı özellik tipleri arasındaki spektral ayırımın gerçekleştirilmesi açısından yetersiz kaldığını (arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarındaki sınıf içi yansıma çeşitliliğinin artması ve bunun sonucunda arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının karışması nedeniyle) ve bina hasar tespitine yönelik tematik haritalamada yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinin etkin bir yöntem olmadığını ortaya koymuştur. Bu bağlamda günümüzde piksel tabanlı sınıflandırmada mekânsal çözünürlükteki artıştan kaynaklanan spektral karışım gibi olumsuz etkilere alternatif olarak geliştirilen nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma işleminin ilk ve en önemli aşaması segmentasyon olup bu çalışmada tüm veri setine çoklu çözünürlüklü segmentasyon uygulanmıştır. Segmente edilmiş yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ve ortogörüntüler ile kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma işlemi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle homojen ve heterojen dokudaki test bölgelerinde deprem öncesi ve sonrası kullanılan her bir veri seti için göz önüne alınan sınıfları tanımlayacak değişkenler (örneğin, GLCM, parlaklık, NDVI, boy vb.) tespit edilerek nesne tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Nesne tabanlı kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma sonuçlarının doğruluklarını kontrol etmek için 5 test bölgesinde tüm veri seti için doğruluk analizi yapılmıştır. Kontrolsüz sınıflandırmada elde edilen doğruluklar (%47-96), kontrollü sınıflandırmaya (%57-98) göre daha düşük çıkmıştır.

Kontrollü sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizleri incelendiğinde, deprem öncesi temin edilen ortogörüntü ve yüksek mekansal çözünürlüklü (WV2) veri setinin homojen bölgelerde daha yüksek doğruluk (%91) sağladığı görülmektedir. Bunun yanı sıra heterojen bölgelerdeki doğruluklar, her iki veri setinde birbirine yakın (% 70) çıkmıştır. Deprem sonrası temin edilen veri setinin doğruluk analizleri, QB2 uydu görüntüsünün ve ortogörüntünün (HGK) heterojen dokudaki bölgelerde birbirine yakın (%65) çıktığını göstermektedir. Ancak her iki homojen bölgede de QB2 uydu verisinin doğrulukları (%70 ve %77), aynı bölgelerin ortogörüntü doğruluklarına (%92 ve %96) nazaran daha düşük çıkmıştır. Bu farklılık QB2 verisinin mevsimsel farklılığından kaynaklanmaktadır.

Nesne tabanlı sınıflandırma sonrasında test bölgelerindeki deprem öncesi ve deprem sonrasındaki değişimi belirleyebilmek için her bir veri setine değişim saptama analizi uygulanmıştır. Bu bağlamda yapılan değişim saptama analizi sonrasında 5 test bölgesinde deprem öncesi 494 adet bina sağlam, 39 adet bina yıkılmış bina olarak tespit edilmiştir. Alansal olarak toplam değişim, ortogörüntülerde yapılan analiz sonrası heterojen bölgelerde 11140 m², homojen bölgelerde ise 2011 m² olarak belirlenmiştir. Yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ile yapılan değişim saptama analizinde ise heterojen bölgelerdeki toplam değişim, 11039 m², homojen bölgelerde ise 2158 m² olarak bulunmuştur. Her iki farklı yapıdaki bölgelerde değişim alanları arasındaki farklılık, heterojen dokudaki bölgeler için, yüksek mekansal

çözünürlüklü verilerde yıkılmış bina sınıflarında yapılan yanlış sınıflandırma hatasından kaynaklanmaktadır. Homojen bölgelerde ise bazı sınıfların karışması (örneğin homojen 2 bölgesinde yıkılmış bina ile yol sınıflarının karışması) sonucu 147 m²'lik alansal fark ortaya çıkmıştır.

Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarının görselleştirilmesi için öncelikle açık kaynak kodlu CBS yazılımı olan QGIS ile sonuçlar raster formattan vektör formatına dönüştürülmüş ve interaktif veritabanı için CBS tabanlı bir yazılım olan ArcGIS kullanılmıştır. Oluşturulan 3-boyutlu interaktif veritabanında deprem öncesi ve sonrası olmak üzere Van ili- Erciş ilçesinin 3-boyutlu tematik haritaları elde edilmiş ve bölgeye ait diğer haritalar (örneğin güncel diri fay haritası, jeoloji haritası vb.) raster formattan vektör formatına dönüştürülerek katmanlar arası çeşitli sorgulamaların yapılabilmesine imkan sağlanmıştır.

Bu tez çalışmasında görüldüğü gibi, Uzaktan Algılama ve CBS teknolojileri, afet öncesinde, sırasında ve özellikle sonrasında mevcut durumun etkin bir şekilde değerlendirilmesinde ve incelenmesinde, diğer bir ifade ile afet yönetim sisteminin her aşamasında önemli rol oynamaktadır. Özellikle son yıllarda sıklıkla kullanılmakta olan yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ile afet sonrası yıkılmış binaların tespitinin mümkün olması ve arama kurtarma çalışmalarına altlık oluşturması açısından, konvansiyonel yersel ölçmelere oranla daha avantajlı olduğu görülmektedir. Ancak uzaktan algılama teknolojilerinin sunduğu avantajların yanı sıra bazı negatif etkilerin de (bulutluluk oranının yüksek olması, görüntü alım tarihi, mevsimsel etkiler vb.) veri işlemeden önce göz önüne alınması gereklidir.

Özellikle büyük afetlerde aldığı hasarlar göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizde, afetlere hazırlıklı olunması ve olası zararların azaltılması için, gelişmiş uzay ve jeoinformasyon teknolojilerini kullanan kapsamlı bir afet ve acil durum yönetim sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, modern afet yönetimi ve gelişmiş jeoinformasyon teknolojileri alanında eğitim, ulusal kapasite, kaynak ve insan gücünün artmasına öncelik verilmesi gerekmektedir.



DETERMINATION OF BUILDING DAMAGE AFTER VAN-ERCIS EARTHQUAKE BY USING VERY HIGH RESOLUTION SATELLITE / AIRCRAFT PLATFORMS AND GIS TECHNOLOGY

SUMMARY

Disasters, which may be natural or technological phenomena defined as an occurrence of widespread severe damage, injury, or loss of life or property that a society cannot cope and undergoes severe disruption. Among the natural hazards, earthquake is the most destructive disaster and causes huge loss of lives, heavily infrastructure damages and great economical losses. High numbers of deaths accompanying earthquakes almost result from structural collapse of poor, low-cost houses. According to the statistics about natural hazards, more than a million earthquakes occur which is equal to two earthquakes per minute in the world. During the time period of last decade, for instance between 2001–2011, natural disasters have brought about 780.000 deaths and approximately % 60 of this loss is reported due to the earthquakes.

Most of the earthquakes originate along the boundaries between plates in the world. Turkey is one of the most seismically active countries in the world due to the junction of Arabian, African and Eurasian plates. According to the statistical data, every 2-3 years, destructive earthquakes occur in this country. Turkey is located on the Alpine-Himalayan mountain belt, one of the world's most active regions in terms of earthquakes, and has an active structure in terms of seismicity due to its location. The collision of African and Arabian plates with the Eurasian plate has an important role in the formation of tectonics of Turkey and its surroundings. As a result of this collision, the North Anatolian Fault Zone (NAFZ) on the Northern part of the mainland and the Eastern Anatolian Fault Zone on the Southern part of Turkey are formed. The NAFZ is a right lateral strike slip fault system, starting from Karlıova in the East and continuing to the Saroz Gulf in the length of 1200 km. The EAFZ is a left lateral strike-slip fault in NE-SW direction. Starting from Karlıova, this fault system runs for 600 km and passes through Kahramanmaraş province and joins the Dead Sea Fault Zone.

A great earthquake ($M_w=7.1$) struck Van city center and its vicinity towns in the Eastern part of Turkey on October 23th 2011 at 13:41 local time (10:41 GMT). The epicentre coordinates of Van-Ercis earthquake was at $38^{\circ} 37' 40.8''$ N, $43^{\circ} 29' 9.6''$ E near Tabanlı village, 16 km far away from the Northern part of Van city centre. The main shock was occurred at 26 km depth and its duration was 50 seconds. After the main earthquake, 11 aftershocks above $M>5$ were occurred. According to the information provided by Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency, it was recorded that, Van-Ercis earthquake caused 604 loss of life and 2608 wounded. In Van province and its town of Ercis, about 4000 buildings heavily damaged or/and totally collapsed due to the great and destructive earthquakes. Besides, a majority of the casualties and building damages occurred due to the irregular urbanization in Eastern part of Turkey. The main purpose of this doctoral dissertation is to determine and extract the buildings which have been demolished or severely

damaged after earthquake by using different image dataset (very high spatial resolution satellite images and orthophotos) with image classification and change detection methods and also to establish a 3D interactive GIS based disaster database to visualise and to build queries for the application.

To assess how well remote sensing technologies can perform in detecting structural damages suffered after earthquake, conventional pixel based and object based image classification procedures were applied to all dataset for five case study areas selected. Among the five case study areas, two of the them had homogeneous urban patterns and the other three areas had heterogeneous urban patterns. The two homogeneous case study areas include mainly farm lands, vegetation areas and sparse buildings whereas heterogeneous case study areas had more dense urbanization. However the first heterogeneous case study area (named as HET 1) has patterns like a mixture of homogeneous and heterogeneous case study areas. This site was especially selected due to having the city stadium, which is used as a tentcity after the earthquake.

Since rapid post-earthquake damage assessments are being efficiently made in more detail and accurately using very high spatial resolution (VHR) satellites due to ease of the interpretation of damage status of each building block or even each individual building extracted from the images by using advanced image processing techniques; in this thesis, 3 different image datasets were used ranging from VHR satellite image to orthophotos acquired pre- and post- earthquake together with the Street view images. As a orthophoto images, two different orthophoto datasets produced by different directorates were used. First orthophoto dataset was taken before the earthquake and produced by Directorate General of Land Registry and Cadastre. Post-earthquake orthophotos were obtained the next day after the earthquake and produced by General Command of Mapping (GCM) which is the national mapping agency of Turkey. Both orthophoto datasets have same spectral resolution (i.e. 3 spectral bands - RGB), however their spatial resolutions (i.e. pre-earthquake orthophoto dataset has 30 centimeter whereas post-earthquake orthophoto dataset has 45 centimeter spatial resolution) are different. As a VHR satellite image dataset, the Quickbird- 2 (QB2) and Worldview- 2 (WV2) images were used. Quickbird-2 is a very popular high-resolution commercial satellite with 0.6 m panchromatic and 2.4 m multispectral mode spatial resolution and has 4 spectral bands. Worldview- 2 is the first high-resolution commercial satellite with 0.5 m panchromatic and 2.0 m multispectral mode spatial resolution and has 8 spectral bands. The third dataset used was Street view images of the disaster areas at the city centre and obtained by the Earthmine Inc. on November 9th, 2011.

In remote sensing, image classification is the most commonly used image processing method in order to get information about the Earth features and to categorize all pixels into one of several land cover/land use (LULC) classes. In general, most LULC classifications have been done by using a pixel based classification methods which can be either a supervised classification, unsupervised classification or hybrid classification. These pixel based classifiers analyze the spectral properties (i.e. not spatial or contextual information) of every pixel within the area of interest. However, after the launch of VHR satellites, the efficiency of the traditional pixel-based image processing is uncertain due to higher internal variability and noise within each land-cover class in the VHR multispectral imagery. As an alternative to pixel based image analysis, the Object Based Image Analysis (OBIA), which takes not only the spectral information but also the shape, contextual and semantic information, is being used although it has also some limitations. In this thesis, first conventional pixel based

classification approach was performed but due to limitations and mixed pixel problems encountered, the classification results were not found efficient. Hence, the object based image analysis was done in the next phase of the study. In the first phase of OBIA application, multi-resolution segmentation was applied and the most convenient parameters (such as scale, color, shape, smoothness and compactness) were chosen to obtain the objects in each case study areas. Among these parameters, scale parameter was considered the most significant one that determines the size of image objects. After the segmentation, the number of the classes that will be taken into consideration in the classification step were specified. For this purpose, the selected main land cover classes for pre-disaster image classification were determined as 7 classes in total; i.e. agricultural land, vegetation (forest, bushes, lawn, gardens), buildings (residential and public), open land, mixed areas, shadow and road (asphalted, main networks, turnouts, unpaved roads). For the post-disaster image classification, the selected classes were 11 in total and named as agricultural land, vegetation (forest, bushes, lawn, gardens), buildings (residential and public), tent city area, collapsed buildings, debris areas, open land, playground, mixed areas, shadow and road (asphalted, main networks, turnouts, unpaved roads). As a final step, supervised and unsupervised object based image classification methods were applied to five different case study areas using 2 different image datasets (i.e. VHR images and orthophotos). For the accuracy assessment, classification accuracy analyses was performed in all case study areas using with conventional error matrices after the unsupervised and supervised classification phases, it was observed that the supervised classification (%57-98) was more successful than the unsupervised classification (%47-96).

When the accuracy analysis after the supervised classification is examined, it is seen that the orthophoto obtained before the earthquake and the high spatial resolution (WV2) data set provide higher accuracy (91%) in the homogeneous regions. In addition, the accuracy in heterogeneous regions is close to (70%) in both sets of data. Accuracy analyzes of the data set after the earthquake show that the QB2 satellite image and the orthophoto image (HGK) are close to each other (65%) in heterogeneous areas. However, the accuracy of the QB2 satellite data (70% and 77%) in both homogeneous regions was lower than that of orthophoto images (92% and 96%) in the same regions. This difference is due to the seasonal difference of the QB2 data.

In this study, the damage, which is usually quantified in terms of the extent or density of collapsed structures, was assessed using object-based change detection approach. There were 494 buildings in 5 case study areas before the earthquake. After the earthquake, 39 buildings were classified as collapsed. The total areal extent of the changes calculated from the orthophoto dataset was 11140 m² for the heterogenous case study areas while for the homogenous case study areas the change was determined as 2011 m². For the VHR satellite dataset, the total areal extent of the changes for heterogenous case study areas were found as 11039 m² while for homogenous areas was calculated 2158 m². The differences in the areal extents were caused by the misclassification.

After the processing of VHR satellite dataset and orthophotos dataset with OBIA and change detection analysis, the final step was to visualize the results in a 3D GIS based established. For this purpose, in the first step QGIS is used in order to digitize all thematic mapping results. Then geological and up to date fault maps were digitized and added as layers in Arc Catalog for the earthquake database management system. As a final phase, the ArcScene software was used to establish a 3D queryable interactive database of the study area.

As shown in this PhD thesis, remote sensing and GIS play crucial role for evaluating and examining pre- and post- disaster status effectively. This integrated tool is very important for all countries, which are prone to all different types of disaster (natural hazards or through human factors) every year and should be used in the disaster management systems. As demonstrated in this study, the VHR satellite images offer significant advantages over ground-based survey for assessing building damages especially where the affected area is extensive and access limited. However, some limitations and challenges (cloud coverage, image resolutions, data acquisition in a timely manner, indistinguishable moderate/minor damage states from non-damage, seasonal effects, mixed pixels etc.) should also be considered and managed carefully.

The damages, especially in the case of major disasters, a comprehensive disaster and emergency management system is needed in our country that uses advanced space and geoinformation technologies to be prepared for disasters and reduce potential damages. In this context, the priority needs to be given to education, increase of national capacity, resource and human power in the field of modern disaster management and advanced geoinformation technologies.

1. GİRİŞ

Günümüzde, uydu görüntüleri, harita yapımı ve güncellenmesinde, tematik haritaların üretilmesinde, planlama, afet ve risk yönetimi ve birçok farklı alanda altlık oluşturmaktadır. Bu bağlamda, uzaktan algılama teknolojileri ve uydu sistemlerinde gözlenen gelişmeler yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verilerinin farklı çalışma konularına yönelik uygulamalarda etkin kullanımını sağlamaktadır. Özellikle yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin zengin bilgi içermesi ve buna bağlı olarak teknolojiye gelişmeler, uzaktan algılama biliminin önemini daha da arttırmıştır [1]. Algılama sistemlerindeki teknolojik gelişmeler beraberinde uydu görüntülerinin daha doğruluklu sınıflandırılması ve tematik haritaların üretilmesi, son yıllarda yalnızca geomatik mühendisliğinin değil, aynı zamanda farklı disiplinlerden bilim insanlarının araştırma konuları arasında yer almaktadır.

Uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında ve tematik haritaların üretilmesinde birçok farklı algoritma kullanılmaktadır. İstatistiksel tabanlı olan algoritmalar, belirli istatistiksel kabule dayalı işlem yapması nedeni ile spektral ayrımın zor olduğu karışık pikselleri içeren görüntülerin sınıflandırılmasında ve sınırlı sayıda kontrol bölgesinin belirlenebildiği problemlerin çözümünde, düşük doğrulukta sonuçlar üretmektedir [2]. Son yıllarda yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin daha fazla hayata geçirilmesi ile birlikte, yeryüzü nesnelere ilişkin gerek mekânsal, gerekse spektral açıdan daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin sınıflandırılmasında oldukça başarılı olan ileri sınıflandırma tekniklerinden nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı, uzaktan algılamada birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır. Bu uygulama alanlarından birisi de doğal afetler ve risk yönetimidir. Uzaktan algılama verileri doğal afetler öncesi zararı azaltmaya yönelik olarak risk haritalarının hazırlanması, kriz yönetimi ve kurtarma çalışmaları, planlama vb. yanında afet sonrası hasar tespit ve tahmin çalışmalarında hızlı, güvenilir ve düşük maliyetli veriler olması nedeni ile etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Doktora tezi kapsamında, yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ortogörüntüler kullanılarak deprem sonrası yıkılmış ve ağır hasar görmüş binalar ile enkaz alanlarının uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak tespit edilmesi ve interaktif 3-boyutlu haritalarının yapılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda mevcut veri setlerine klasik piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri uygulanmıştır. Bu bağlamda, yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu ve ortogörüntülerindeki benzer spektral, şekil ve doku özellikleri göz önüne alınarak, benzer özelliklere/nesnelere sahip sınıflar tespit edilmiş ve tematik haritalama yapılmıştır.

Tezin ana hedefleri aşağıda sıralanmıştır.

- Deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü (Worldview 2) ile deprem sonrası alınan ortogörüntü (HGK) ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsüne (Quickbird 2), klasik piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma, nesne tabanlı kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma tekniklerinin uygulanması ve doğruluklarının karşılaştırılarak irdelenmesi,
- Değişim saptama analizi ile her bir test bölgesinde hasar tespitinin yapıp analiz edilmesi,
- Uydu görüntüleri ile ortogörüntülerin deprem sonrası hasar tespit çalışmalarında kullanımının irdelenmesi,
- Zamansal faktörlerin (örn. bölgenin karla kaplı olması) veri analizine etkilerinin incelenmesi,
- Çalışma bölgesine ait üretilen iki boyutlu tematik haritalardan CBS tabanlı yazılımlar ve yardımcı veriler ile 3-boyutlu interaktif tematik haritaların üretilmesi.

Bu çalışma 5 bölümden oluşmaktadır.

Birinci bölümde, tezin amacı tanımlanarak bu amaç doğrultusunda önerilen çözüm yöntemleri detaylı olarak anlatılmış ve tezin amacı belirtilerek literatür özetine yer verilmiştir. İkinci bölümde, dünyada ve ülkemizde meydana gelen doğal afetler tanımlanmıştır. Bu afetler içinde en yıkıcı ve en fazla can kaybına neden olan afetin deprem olduğu ve bunun sonucu meydana gelen bina hasarları ve tipleri üzerine

yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde, uzaktan algılamanın temelleri ve görüntü işlemede gerçekleştirilen genel dijital görüntü işleme adımlarına yer verilmiştir. Ayrıca, uzaktan algılamada değişim saptama analizi, sınıflandırma kavramı, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma ile kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yaklaşımları detaylı olarak anlatılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunun tespiti için kullanılan doğruluk analizi de bu bölümde açıklanmıştır. Dördüncü bölüm uzaktan algılama ve CBS'nin entegrasyonuna yönelik olarak veritabanı kavramı ve tanımı verilmiş, veritabanı yönetim sistemleri incelenerek uygulama bölümünde gösterilen CBS tabanlı veritabanı modeline değinilmiştir. Beşinci bölüm uygulama bölümü olup, tez süresince kullanılan veri setleri ve özellikleri bu bölümde anlatılmıştır. Uygulamaya geçilmeden önce çalışma bölgesinde iki farklı dokuda toplamda beş farklı test bölgesi seçilmiştir. Seçilen test bölgelerine öncelikle geometrik düzeltme yapılmıştır. Geometrik düzeltme işlemi sonrası her bir test bölgesine sırası ile klasik piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma ve nesne tabanlı kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yaklaşımı uygulanmıştır. Uygulama sonrası sonuçların değerlendirilmesinde hata matrisi ile doğruluk analizi ile yapılmıştır. Ayrıca test bölgelerinde meydana gelen değişimi belirlemek için nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarına değişim analizi uygulanmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarının görselleştirilmesi için öncelikle açık kaynak kodlu CBS yazılımı olan QGIS ile sonuçlar raster formattan vektör formatına dönüştürülmüş ve interaktif veritabanı için CBS tabanlı bir yazılım olan ArcGIS'ten yararlanmıştır. Bu program sayesinde 3-boyutlu interaktif bir veritabanı tasarlanmış ve deprem öncesi ve sonrası olmak üzere Van ili- Erciş ilçesinin 3-boyutlu tematik haritaları elde edilmiştir. Tezin son bölümü olan altıncı bölümde, sonuçlar değerlendirilmiş ve öneriler ile çalışma tamamlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

Günümüzde yaşanan çevre sorunlarının birçoğunun çözümünde, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojilerine ihtiyaç giderek artmaktadır. Sahip olduğu avantajlar sayesinde uzaktan algılama, yeryüzünün izlenmesinde ve yeryüzüne ait önemli bilgilerin elde edilmesinde birincil kaynak durumundadır. Uzaktan algılama verileri ile birçok farklı uygulama alanları için tematik haritalar üretilebilmektedir. Örneğin, tarım, ormancılık, jeoloji vb. birçok çalışmada arazi yönetim planları için uydu verileri altlık oluşturmaktadır [3-8]. Ayrıca, elde edilen uzaktan algılama verileri

ile bilgi sistemleri ve veri tabanları oluşturulabilmektedir. Bunun için kaçak yapıların tespiti, doğal çevrenin zarar tespiti, kentleşme ve şehirleşme çalışmaları, afet bilgi sistemleri, kent bilgi sistemleri çalışma konuları da uzaktan algılamanın çalışma alanları içinde yer almaktadır [9-13].

Doktora tezi için seçilmiş olan Van ili ve Erciş ilçesinde meydana gelen deprem sonrasında bölgenin depremselliği, binalarda oluşan yapısal hasarlar, bölgenin sismotektoniği ve sismolojisi farklı araştırmacılar tarafından incelenmiştir. Van-Erciş depremi sonrası bölgede meydana gelen yapısal hasarlar üzerine yapılmış bilimsel çalışmalarda Van ili ve çevre ilçelerdeki genel yapı stoğunun betonarme olduğu gözlenmiştir. Ayrıca binaların büyük bir çoğunluğunun imar kanununa göre inşaa edilmemiş olduğu ve en ağır hasarı 4-8 katlı betonarme yapıların aldığı tespit edilmiştir [14-15]. Van-Erciş depremi sismotektonik açıdan incelendiğinde, Doğu Anadolu bölgesinde aletsel dönemde kaydedilmiş olan ters faylanma özelliğindeki ilk büyük depremdir [16]. Deprem sonrası bölgedeki depremselliğin incelendiği çalışmada ise ana şok ve ardından gelen artçı şoklar ile de fay çevresinde meydana gelen stres incelenmiştir [17].

Deprem gibi doğal afetlere karşı önceden planlamaların yapılması, riskli bölgelerin tespit edilip önlemlerin alınması, afet sonrası hasar tahmini, tespiti ve bölgede meydana gelen değişimin izlenmesi ve benzeri birçok çalışma konularında günümüzde uydu görüntülerine ve ortogörüntülere sıklıkla başvurulmaktadır. Doğal afetler ile ilgili olarak uzaktan algılama teknolojileri kullanılarak yapılan ilk çalışmalar 70'li yılların sonlarına rastlamaktadır. Ancak bu çalışmalar, son yıllarda uzaktan algılama teknolojileri ve uydu algılayıcıları tasarımında yaşanan gelişmeler, yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin çeşitlenmesi ve artması ile birlikte çeşitlenmiştir. Özellikle meydana gelen büyük depremlerden (örneğin İzmit-Kocaeli depremi, Gujarat depremi, Haiti depremi, Endonezya depremi ve İran-Bam depremi vb.) sonra genellikle yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verileri (IKONOS, Quickbird, Worldview, SPOT) veya hava fotoğrafları ile bina hasar tahmin/tespit ve kıymetlendirme çalışmaları yapılmıştır.

Uydu/uçak bazlı platformlardan elde edilen görüntüler kullanılarak yeryüzüne ait bilgi çıkartında en sık kullanılan yöntem sınıflandırma olup uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüğü sınıflandırma doğruluğunda önemli rol oynamaktadır. Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin sınıflandırma amaçlı kullanımı ile yeryüzüne ait

detaylı bilgiler artmış ancak detayların birbirinden ayırt edilmesi hususunda yeni problemler ortaya çıkmıştır. Myint (2011) çalışmasında yüksek mekânsal çözünürlük sayesinde yeryüzünde daha detaylı bilgiler sağlanmakta ve detayların artması ile birlikte spektral anlamda yeryüzü nesnelere daha karmaşık bir hal alması ve ayırt edilememesi üzerine çalışmıştır. Kentsel alan içerisindeki birçok arazi kullanım sınıfı (örneğin beton yollar, beton kaldırımlar, beton park alanları, beton çatı kaplamaları ve diğer parlak yeryüzü materyalleri) benzer veya aynı spektral özelliklere sahip olabilmektedir. Bu durum sadece spektral özellikleri dikkate alan geleneksel piksel tabanlı yaklaşımların sınıfların birbirinden ayırt edilmesi noktasında yetersiz kalmasına ve sınıflandırma doğruluğunun azalmasına neden olmaktadır. Salehi ve diğerlerinin gerçekleştirdikleri çalışmada, doğruluğu arttırmada yükseklik verisi ve yardımcı verilerden de yararlanılması gerektiğini belirtmiştir [18]. Bu bağlamda, yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerin piksel tabanlı sınıflandırılmasında karmaşık yapıdaki piksellerin ayırt edilmesi için yeni yaklaşım ve metodlara ihtiyaç duyulmuştur [19]. Kentsel alanların tematik haritalarının üretilmesinde son yıllarda yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerine nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı uygulandığı görülmektedir. Bu bağlamda mekânsal çözünürlüğün sınıflandırma işlemindeki etkilerini araştırmak için nesne tabanlı ve piksel tabanlı sınıflandırma ile farklı mekânsal çözünürlüklerdeki uydu verilerinin (10m, 30m, 100m, 250m.) karşılaştırılması yapılmış ve nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin piksel tabanlı sınıflandırma yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir [20]. 2012'de yapılan çalışmada, Macaristan'a ait Worldview-2 yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak arazi örtüsü haritası elde edilmiş ve Worldview-2'nin ek bantlarını da kullanarak bölgeye ait ağaç-orman, su geçirmez yüzey-çıplak toprak, su-gölge gibi benzer spektral sınıfların daha iyi ayırt edilebileceğini ortaya konmuştur [21]. Khosravi (2014), tarafından yapılan çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerine (QB ve GeoEye) sırası ile piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı uygulanmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Çalışma için 3 farklı test bölgesi seçilmiş ve sınıflandırma yaklaşımları uygulanmıştır. Sonuçlar karşılaştırıldığında nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımının binaların tespiti ve çıkarımında piksel tabanlı sınıflandırma yöntemine göre daha iyi sonuçlar verdiği gözlenmiştir [22]. Marangoz (2009), doktora tezinde kentsel ayrıntıların çıkarımı üzerinde durmuştur. Bu amaç doğrultusunda Zonguldak ili ve çevresini içeren yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinde nesne

tabanlı sınıflandırma yaklaşımı uygulanarak binalar, yollar vb kentsel ayrıntıların çıkarımı üzerine çalışmıştır [1]. Kentsel alanlardaki hızlı şehirleşme sonucu boş alanların tespit edilebilmesi üzerine gerçekleştirilen çalışmada arazi örtüsü ve kullanımı özelliklerinin belirlenmesinde nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile potansiyel açık alanlar tespit edilebilmiştir [23]. Çelik'in (2006) gerçekleştirdiği çalışmada Zonguldak kent merkezine ait Quickbird yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verisi ile bilgi çıkarımı işlemi, nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı ile gerçekleştirilmiştir ve yol gibi çizgisel detayların çıkarımındaki başarı ortaya konmuştur [24]. Shackelford (2003), kentsel alanların sınıflandırması üzerine IKONOS uydu verisi ile farklı sınıflandırma teknikleri kullanmıştır. Sınıflandırma işlemleri referans verisi ile karşılaştırılmış ve sonuçların yüksek doğruluklarda olduğu gözlenmiştir [25]. Yıkılmış bina alanlarının tespitinde Vejetasyon-Geçirimsizlik-Toprak (V-I-S) kompozisyon modelinin kullanımı, İzmit-Kocaeli depreminde SPOT HRVIR (XI ve PAN) görüntüleri kullanılarak incelenmiştir [26].

Doğal afetlerden sonra yapılarda çeşitli derecelerde hasarlar meydana gelebilmektedir. Deprem, yapılara en ağır hasarı veren doğal afettir. Depremlerden sonra binalarda meydana gelen hasarlar için kataloglar oluşturulmuş ve farklı bilimsel çalışmalarda sunulmuştur. 1995 yılında Kore'de meydana gelen deprem sonrası bölgedeki hasarlı binaların sınıflandırılması için yeni bir hasar kataloğu hazırlanmıştır. Bu katalog oluşturulurken hava fotoğrafları ve yersel gözlemler sonucu elde edilen veriler ile birlikte 5 sınıflı yeni bir hasar kataloğu oluşturulmuştur [27]. Benzer olarak Haiti depremi sonrası temin edilen uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları birlikte işlenerek oluşturulan hasar kataloğunda hasar tahmin haritaları ile binalardaki hasar tipleri net olarak belirlenememiştir. Sonuç olarak tamamıyla yıkılmış veya çok ağır hasarlı binaların uydu görüntüleri ve hava fotoğrafları ile tespit etmenin mümkün olduğuna, ancak daha hafif hasarları tahmin etmenin mümkün olmadığı sonucuna varılmıştır [28]. 1998 yılında yayınlanan European Macro Scale 1998 (EMS 98) kataloğu, afetler sonrası kagir ve betonarme yapı türlerindeki kırılgenlikleri incelemiş ve her iki yapı türü için 5 ana hasar tipini tanımlayan hasar kataloğu oluşturulmuştur [29]. Farklı bir bilimsel çalışmada ise, deprem sonrası binalarda meydana gelen hasarlar ve deformasyonlar, 5 ana sınıf altında toplamda 10 farklı türde bina hasarı olarak sınıflandırılmış ve hasar kataloğu oluşturulmuştur [30]. İran-Bam'da meydana gelen deprem sonrasında bina hasarlarını tespit etmek için, yüksek mekânsal çözünürlüklü

uydu verileri ile nesne tabanlı sınıflandırma uygulaması gerçekleştirilmiş ve ayrıca Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) metodu ile binaların hasar dereceleri de sınıflandırılmıştır [31]. 2010 yılında meydana gelen Haiti depremi, yeni bir yöntem olan destek vektör seçimi ve adaptasyonu ile çalışılmış ve elde edilen sonuçlar farklı çalışmalardan elde edilen tematik haritalarla karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçlarından destek vektör seçimi ve adaptasyonu yöntemi ile önceki tematik haritaların birbiri ile uyumlu sonuçlar verdiği gözlenmiştir [32].

2006 yılında Endonezya’da meydana gelen deprem sonrası bina hasar tahmini için kullanılan yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ile yapılan çalışmada sadece bina hasarları değil, aynı zamanda bitki örtüsü ve çıplak topraktaki değişimler de gözlenmiş, binalardaki hasar tahminlerinin görselleştirilmesi için CBS teknolojilerinden yararlanılmıştır [33].



2. DOĞAL AFETLER VE BİNA HASARLARI

Afetler, toplumun sosyoekonomik faaliyetlerini önemli ölçüde aksatan, canlılara ve çevreye büyük zararlar veren, yaralanmalara, can ve mal kayıplarına neden olan büyük oranda veya tamamen insanların kontrolü dışında gerçekleşen doğal ve teknolojik olayların sonuçlarıdır. Afetler, doğal ve teknolojik afetler olmak üzere iki grupta toplanmaktadır. Atmosferik (fırtına, ayaz, kuraklık vb.), hidrolojik (sel, buzulların erimesi vb.), jeolojik (deprem, yanardağ, vb.) ve biyolojik (salgın, türlerin yok olması vb.) afetler “doğal afetler”; kazalar, patlamalar, yangınlar ve savaşlar “teknolojik afetler” sınıfına girmektedir. Federal Emergency Management Agency (FEMA) ise farklı bir sınıflandırma yaparak, sadece doğal afetleri 5 alt grupta toplamaktadır (Çizelge 2.1) [34].

Birçok doğal afetin nerede ve ne zaman olacağı tam olarak kestirilememekle birlikte, gerçekleştirilmekte olan bilimsel çalışmalar ışığında bilim adamları afetler öncesinde ve sırasında gerekli önlemleri alabilmek ve riskleri en aza indirmek için çalışmalarını sürdürmektedir.

Afetler ister teknolojik kaynaklı, ister doğal kaynaklı olsun tarih boyunca insanlığın olduğu her yerde olmuştur ve olmaya devam edecektir. 1961-2010 yılları arasında Center for Research on the Epidemiology of Disasters'in (CRED) yaptığı araştırmanın sonuçlarına göre en fazla ölüme neden olan ilk 100 doğal ve teknolojik afet incelendiğinde, can kaybının 60 milyonun üzerinde ve etkilenen insan sayısının 129 milyonun üzerinde olduğu görülmektedir. Ekonomik kayıplar açısından incelendiğinde ise, aynı dönem, ilk 100 doğal ve teknolojik afet için, yaklaşık 750 milyar dolarlık bir kaybın olduğu görülmektedir [35].

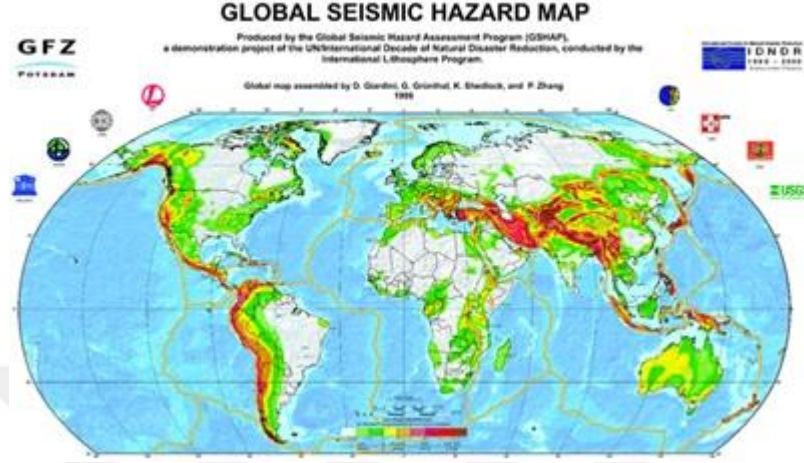
Çizelge 2.1: FEMA'ya göre doğal afet grupları [34].

Doğal afet alt grupları	Tanım	Afet tipleri
		Deprem
Jeofiziksel	Yerkabuğu kaynaklı	Volkanik patlamalar Toprak kayması
Meteorolojik	Kısa süreli atmosferik olaylar	Fırtına
Hidrolojik	Yağışların normal seviyesinin üstüne çıkması sonucu yaşanan	Sel Toprak kayması (ıslak)
İklimsel	İklimlerin değişimi ile ortaya çıkan	Aşırı sıcaklık Kuraklık Yangın
Biyolojik	Bakteri veya virüsle ortaya çıkan ve önlenemeyen salgınlara sebep olan	Salgın Böcek istilası Hayvanların kaçması

Bir afetin büyüklüğü genel olarak, olayın neden olduğu can kayıpları, yaralanmalar, yapısal hasarlar, sosyal ve ekonomik kayıpların büyüklükleri ile değerlendirilmektedir [36]. Afetin büyüklüğüne etki eden başlıca faktörler ise; olayın fiziksel büyüklüğü, olayın yoğun yerleşme alanlarına olan uzaklığı, fakirlik, az gelişmişlik ve işsizlik, hızlı nüfus artışı, tehlikeli bölgelerdeki hızlı ve denetimsiz şehirleşme, sanayileşme ve yapılaşma, ormanların ve çevrenin tahribi veya yanlış kullanımı, bilgisizlik ve eğitim eksikliği, toplumun afet olaylarına karşı önceden alabildiği koruyucu ve önleyici önlemlerin ulaşabildiği düzeydir.

Deprem, yerkabuğu içindeki kırıklarda ve fay zonlarında uzun zamandır birikmiş olan enerjinin kırılmalar nedeniyle ani olarak ortaya çıkmasıdır. Depremler, büyük oranda levhaların sınırlarında oluşan kırılma ve kırılmalarla ilişkili olup, levhaların

birbirinden uzaklaştıkları, birbirinin altına daldıkları ya da birbirine sürtündükleri sınırlarda meydana gelirler. Dünyada 600 milyon insan deprem açısından riskli sayılabilecek bölgelerde yaşamaktadır (Şekil 2.1). Şekil 2.1’de de görüldüğü üzere Türkiye sismik açıdan en aktif ülkeler arasında yer almaktadır [37].

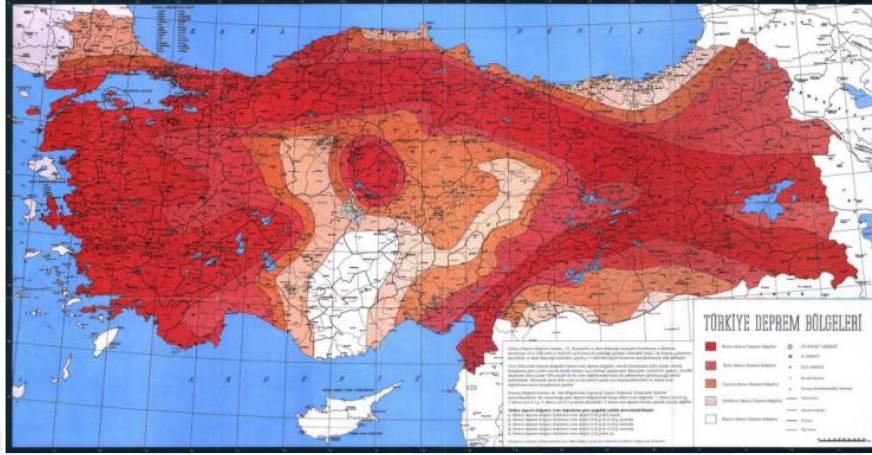


Şekil 2.1: Küresel sismik risk haritası [37].

Türkiye anakarası, depremler açısından dünyanın en aktif bölgelerinden biri olan Alp-Himalaya deprem kuşağı üzerinde yer almaktadır ve konumu nedeniyle de deprensellik açısından aktif bir yapıya sahiptir. Afrika ve Arap levhalarının Avrasya levhası ile çarpışması, Türkiye ve çevresinin tektoniğinin oluşumunda önemli bir role sahiptir. Bu çarpışma sonucunda, Anadolu levhası ve Türkiye ankarasının kuzeyinde Kuzey Anadolu Fayı (KAF), güneyinde ise Doğu Anadolu Fayı (DAF) yer almaktadır ve bu faylar, Karlıova’da kesişmektedir [38-47]. KAF sağ yanal atımlı bir fay sistemi olup, doğuda Karlıova’dan başlayıp, batıda Saroz körfezine kadar 1200 km uzunluğunda devam etmektedir. DAF ise, KD-GB doğrultulu sol yanal atımlı bir faydır. Bu fay sistemi, Karlıova’dan başlar 600 km boyunca ilerleyip Kahramanmaraş ilinden geçerek Ölü Deniz Fay Zonu’na katılır [48], (Şekil 2.2).

Türkiye’de, nüfusun %95’i deprem tehlikesi altında yaşamakta, sanayi kuruluşlarının %98’i deprem bölgelerinde ve %73’ü ise aktif fay zonlarının içinde, barajlarımızın % 93 ise 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır (Şekil 2.1). 1900–2012 yılları arasında Türkiye’de 225 büyük deprem meydana gelmiştir. Bu depremlerde resmi verilere göre 86 bin 644 kişi hayatını kaybetmiş, 566 bin bina yıkılmış veya ağır hasarlı olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, 1996 yılında deprem riski taşıyan enerji santrallerinin

sayısı 122 iken, günümüzde bu rakam 580'e ulaşmıştır. Bu veriler çerçevesinde ülkemizin büyük bir bölümü her an yıkıcı bir deprem tehlikesi ile karşı karşıyadır.



Şekil 2.2: Türkiye'nin deprem bölgeleri [37].

Ulusal jeolojik araştırma kurumu olan Maden Tetkik ve Arama (MTA) Genel Müdürlüğü 1992 yılında, standart bir yaklaşımla ülke genelindeki diri fayların temel özelliklerini ilk kez tanımlayan 1:1.000.000 ölçekli Türkiye Diri Fay Haritasını yayımlamıştır [48]. Son yirmi yılda ülkemizde deprem jeolojisi konusunda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu sebeple, kurum, deprem süreçlerinin daha iyi anlaşılması ve deprem tehlike analizlerinden daha güvenli sonuçlar almak için ayrıntılı diri fay haritalarının hazırlanması çalışmalarına 2004 yılında başlamıştır. Türkiye anakarasının tamamında 1:25.000 ölçek hassasiyetinde diri fay araştırmaları MTA tarafından 2004-2011 yılları arasında yürütülmüştür. Bu araştırmalarda öncelikle 1:25.000 ölçekli temel diri fay haritaları hazırlanmıştır. Yenilenmiş olan diri fay veritabanı ile tekli faylar ve çoklu segmentli fay zonu sayısı 485'e ulaşmıştır. Bu aktif faylar ve fay zonları ülkemizde Mw= 5.5 ve üzeri büyüklüğünde deprem üretebilecek boyuttadır [48], (Şekil 2.3).



Şekil 2.3: Yenilenmiş Türkiye Diry Fay Haritası (MTA 2012 verilerinden Arc GIS ortamında üretilmiştir).

— Van-Erciş Depremi

Van-Erciş depremi Türkiye’de son 115 yıl içinde meydana gelen en büyük ve yıkıcı ilk 10 deprem içinde yer almaktadır. Merkez üssü Van şehir merkezinin 30 km kuzeyindeki Tabanlı köyünde 23 Ekim 2011 tarihinde yerel saat ile 13:41:20’de (UTC 10:41:20) meydana gelen Van-Erciş depreminin moment büyüklüğü 7.2 dir. Yaklaşık 200 km yarıçapında hissedilen ve 26 km derinlikte olan deprem, 50 saniye sürmüştür [49]. Gerçekleştirilmiş birçok bilimsel araştırma ve deprem sonrası arazi çalışmaları, depremde kırılan fayın, kör bindirme fay olduğu yönündedir. Çizelge 2.2’de Van-Erciş depreminin, dünyada yer alan farklı enstitüler tarafından çözümleri gösterilmektedir.

Çizelge 2.2: Farklı enstitülerin 23 Ekim 2011 tarihli Van-Erciş depremi sonrası çözümleri.

Enstitü	BU- KRDAE	AFAD	USGS	EMSC	INGV
Tarih			23 Ekim 2011		
Zaman	13:41:21	13:41:20	10:41:21 (UTC)	10:41:22,7 (UTC)	10:41:00 (UTC)
Enlem	38.7578 N	38.6890 N	38.628 N	38.86 N	38.86 N
Boylam	43.3602 E	43.4657 E	43.486 E	43.48 E	43.48 E
Derinlik	26 km	19,02 km	20 km	10 km	10 km
Büyüklik	M _l =6.6 Mw=7.2	M _l =6.7 Mw=7.0	Mw=7.2	Mw=7.3	Mw=7.3
Konum	Tabanlı Köyü Van	Van Merkez	Doğu Anadolu	Doğu Anadolu	Doğu Anadolu

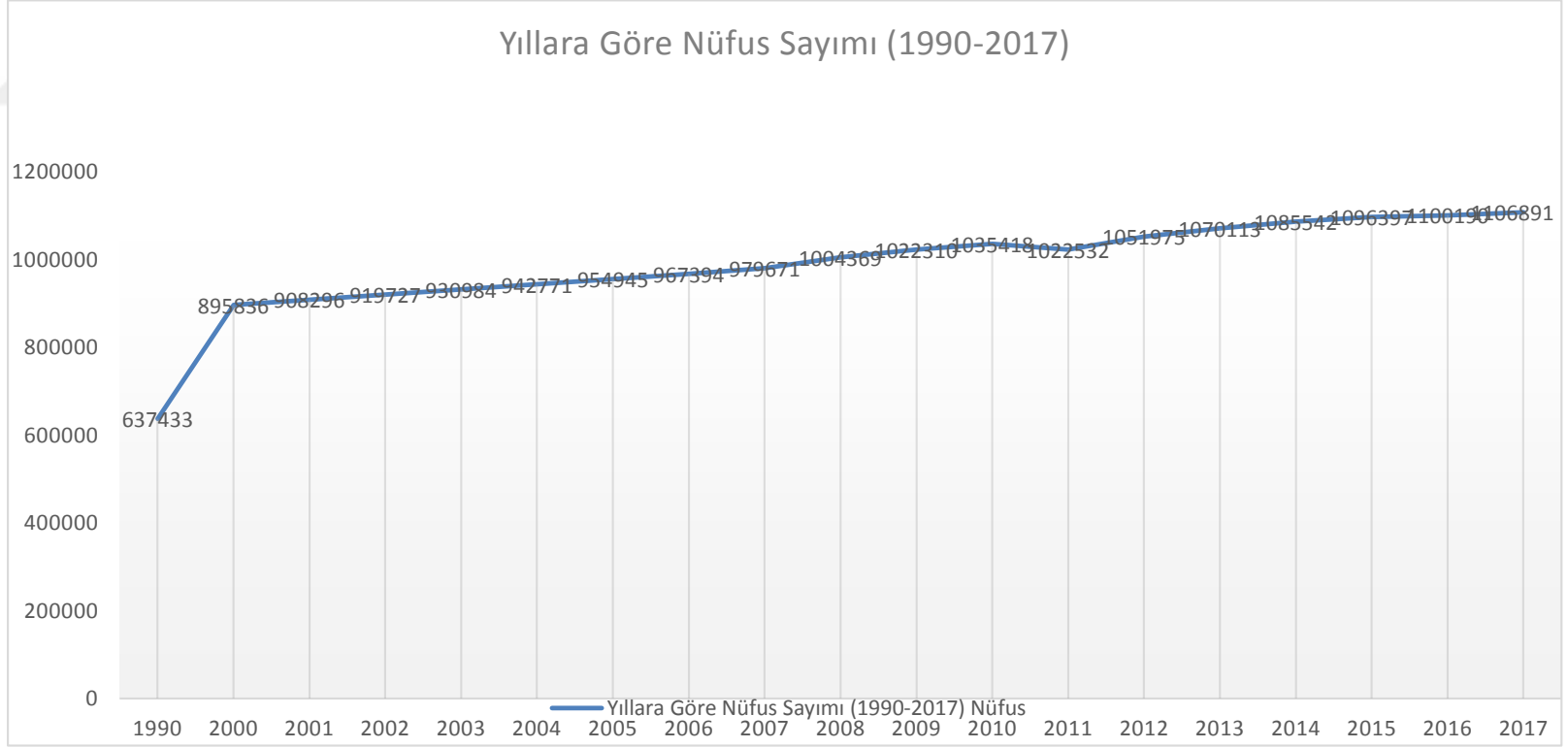
Ana deprem sonrası, bölgede, büyüklüğü 5.0-6.0 arasında 11 artçı şok meydana gelirken. depremi takip eden ilk 14 gün içinde ise bölgede çeşitli büyüklüklerde 2305 artçı şok meydana gelmiştir. 23 Ekim 2011 tarihindeki ana şokun ardından 9 Kasım 2011 tarihinde, Van ili'nin 16 km güneyinde Edremit merkezli ikinci bir deprem meydana gelmiştir. Bazı çalışmalar bu depremin artçı şok olduğunu öne sürerken, diğer bilimsel çalışmalar yeni bir deprem olduğunu görüşündedir [17].

Bölgede meydana gelen afet sonrasında Mimarlar Odası tarafından hazırlanmış olan bina hasar raporunda, İl ve ilçe kapsamında zemine uygun olmayan yapılaşmanın sonucu olarak ağır hasar alındığı belirtilmiştir. Bunun başlıca 2 nedeni (i) yapılaşmanın 1994 yılında hazırlanmış olan Van imar planına uymadığı, (ii) 2000 yılından sonra bölgede meydana gelen aşırı nüfus artışıdır. Türkiye İstatistik kurumundan Van ili ve çevre ilçelerinin 1990 ve 2000 yıllarına ait nüfus verileri incelendiğinde (Çizelge 2.3), Van ili merkezi ile Erciş ve Muradiye ilçelerindeki nüfus artış oranının 10 yıllık dönemde % 30'un üzerinde olduğu görülmektedir. 2000 yılından sonra şehirdeki toplam nüfus artışı devam etmiş sadece depremin olduğu yıl afete bağlı olarak nüfusta ani bir düşüş (diğer bölgelere göç) yaşanmıştır [50]. Artan nüfus artışı, Van ili ve çevre ilçelerde zemine uygun olmayan yapılaşmaya neden olmuştur (Çizelge 2.4). Depremde yapısal hasarın en fazla olduğu Erciş ilçesinde sadece 500 adet bina ruhsatlıdır ve bu da binaların yıkımının ana sebeplerindendir [51].

Çizelge 2.3: TÜİK verilerine göre Van ili ve çevre ilçelerin 1990 ve 2000 yıllarındaki nüfus bilgileri [50].

Yıl	1990			2000			Yıllık nüfus artış hızı (%)			Yüzölçüm	Nüfus Yoğunluğu
	İl ve ilçe	Toplam	Şehir	Köy	Toplam	Şehir	Köy	Toplam	Şehir		
Merkez	207 870	155 623	52 247	356 494	284 464	72 030	53,93	60,30	32,10	1 838	194
Bahçesaray	17 246	3 116	14 130	16 795	3 524	13 271	-2,65	12,30	-6,27	490	34
Başkale	55 597	16 418	39 179	55 563	14 114	41 449	-0,06	-15,12	5,63	2 731	20
Çaldıran	41 879	4 780	37 099	56 485	12 841	43 644	29,91	98,79	16,24	1 587	36
Çatak	21 755	4 416	17 339	23 816	5 892	17 924	9,05	28,83	3,32	1 858	13
Edremit	14 113	4 790	9 323	18 005	6 481	11 524	24,35	30,23	21,19	270	67
Erciş	99 754	40 481	59 273	147 421	70 881	76 540	39,05	56,00	25,56	1 875	79
Gevaş	31 995	9 994	22 001	29 557	10 988	18 569	-7,92	9,48	-16,95	967	31
Gürpınar	42 947	3 994	38 953	37 226	6 211	31 015	-14,29	44,14	-22,78	4 118	9
Muradiye	40 040	11 167	28 873	54 692	19 702	34 990	31,18	56,76	19,21	1 049	52
Özalp	46 453	4 920	41 533	59 892	6 997	52 895	25,40	35,21	24,18	1 558	38
Saray	17 784	2 863	14 921	21 578	4 881	16 697	19,33	53,33	11,24	958	23
Toplam	637 433	262 562	374 871	877 524	446 976	430 548	31,96	53,19	13,84	19 299	45

Çizelge 2.4: TÜİK verilerine göre Van ili ve çevre ilçelerin 1990 ve 2017 yıllarındaki nüfus sayımı bilgileri [50].



2.1 Bina Hasarları

Doğal afetler sonrası yapılarda meydana gelen hasarların ve deformasyonların hızlı ve doğru tespiti, binaların kullanılabilirliğinin araştırılması, yetkili kurum ve kuruluşlar tarafından acilen yapılması gereken önemli araştırma konulardır. Bir yapının veya yapı elemanlarının, kullanımı sırasında standart veya tanımlanmış özelliklerini herhangi bir nedenden dolayı tamamen veya kısmen yitirmesi, yapısal hasar olarak tanımlanmaktadır. Türkiye’de yapı stoğunun büyük bir kısmı betonarme çerçevelerden oluşmaktadır. Ülkemizde betonarme binalarda meydana gelen yapısal hasarların ana nedeni deprem olup, yapı stoğunun büyük bölümü betonarme olan kentsel depremlerde (Erzincan 1939, Erzincan 1992, İzmit 1999, Düzce 1999, Van-Erciş 2011) önemli maddi ve manevi kayıplar meydana gelmiştir. Deprem güvenliği sağlanmış betonarme bir yapı, deprem kuvvetleri ile karşı karşıya kaldığında yeterli dayanım, süneklik ve rijitliğe sahip olmalıdır ve bu kuvvetleri sönmüleyebilmelidir [52].

Van ili merkezinin geçerli imar planı, en son 1994 yılında düzenlenmiştir. Van ili ve çevre ilçelerde inşaatı tamamlanmış binaların büyük bir kısmı imar planına aykırı olarak inşaa edilmiştir. Bölgede meydana gelen ani nüfus artışının öngörülememesi nedeni ile mevzi imar planları ve plan değişikliklerinde sürekli değişikliğe gidilmiş ve bu değişiklik, Van ili ve çevre ilçelerde zemine uygun olmayan yapılaşmanın artmasına neden olmuştur. 2011 yılında meydana gelen deprem sonrası Van ili ve çevre ilçelerde yapılan incelemede yaklaşık 60 bin yapının yalnızca % 15’inin ruhsatlı olması da son depremde yıkımın başlıca nedenleri arasındadır [52]. Van ili ve çevre ilçelerdeki yapılaşma, ülkemizde yaygın olan 4-8 katlı betonarme tipi yapılardan oluşmaktadır (Şekil 2.4). Depremde ağır hasar gören veya yıkılan yapıların büyük bir çoğunluğu betonarme tipi yapılardır. Deprem bölgesindeki betonarme yapılarda kullanılan betonun imalatında kullanılan kum ve çakılın tane boyutları incelendiğinde ise, nitelikli beton yapım koşullarına uygun olmadıkları tespit edilmiştir [53].



Şekil 2.4: Van-Erciş depremi sonrası yıkılmamış ve yıkılmış betonarme tipi yapı örnekleri [85].








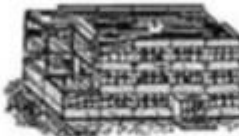


İlçeler ve köylerdeki mevcut yapı stoğunun büyük bir kısmı kerpiç, taş ve briket kullanılarak yapılmıştır (Şekil 2.5). Köylerdeki yapı stokları incelendiğinde, yönetmelik standart veya tasarım kuralları dikkate alınmadan sadece düşey yükler düşünülerek bir-iki katlı olarak inşaa edilmiştir. Bölgenin mevsim şartları göz önüne alınarak yapılmış olan yığma yapıların bazılarının damının topraktan yapıldığı gözlenmiştir [53].



Şekil 2.5: Van-Erciş depremi sonrası köylerdeki yıkılmış bina örnekleri [85].

2.2 Binaların Hasar Tipleri ve Sınıflandırılması

Depremlerden sonra yıkılmış olan binaların hızlı ve güvenilir bir şekilde tespit edilebilmesi önemli bir çalışma konusudur. Depremlerden sonra binaların hasar tespiti için genellikle yersel ölçmelere başvurulmakta ve afet sonrası, binaların hasar tiplerine göre farklı türdeki hasarların derlendiği “hasar kataloğu” hazırlanmaktadır. Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ortogörüntüler ile binaların hasar tipi ve tahminine yönelik literatürde çok fazla çalışma yer almamaktadır. Hasar kataloğu derlemesi yapılırken; hasar raporları ile hasarlı binaların fotoğrafları kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında göz önüne alınan hasar kataloğu, farklı bilimsel çalışmalarda yer almış ve belirlenmiş olan binaların hasar tiplerinin derlenmesinden üretilmiştir. Literatürde, hasar tipleri için üç ayrı çalışma mevcuttur. Bu çalışmalardan ilki, European Macroseismic Scale 98 (EMS 98) olup, bütün Avrupa’da kullanılan Avrupa makrosismik şiddet cetvelidir. Diğer şiddet cetvellerinden farklı olarak, ilk kez yapıların hasar görülebilirliklerini, hasar derecelerini ve oranlarını grafik gösterimler, sayısal oranlar ve resimler ile göstermektedir. EMS 98 cetvelinde binaların hasarları, kagir ve betonarme binalar olmak üzere iki ana sınıfta toplanmıştır ve bu tez çalışmasında da, söz konusu hasar tabloları göz önüne alınmıştır (Şekil 2.6), [30].

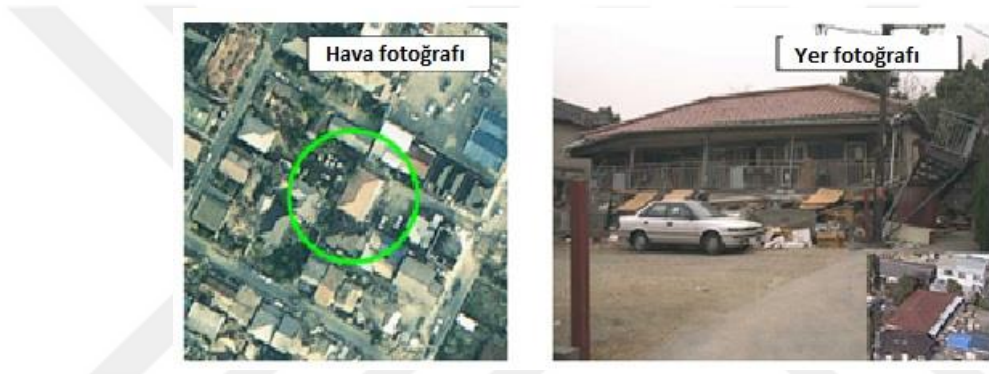
Kagir Bina	Betonarme Bina	Hasar Seviyesi
		Seviye 1: Hasarsız Bina
		Seviye 2: Orta Hasarlı Bina
		Seviye 3: Ağır Hasarlı Bina
		Seviye 4: Çok Ağır Hasarlı Bina
		Seviye 5: Yıkım

Şekil 2.6: EMS 98 kataloğunda yer alan kagir ve betonarme binalar için hasar tipleri [30].

İkinci çalışma, Japonya Mimarlık Enstitüsü ve Japonya Şehir Planlama Enstitüsü'nün 1995 Kobe depreminden sonra yapmış oldukları saha gözlemlerinin ardından bina hasar tiplerine göre yapılan sınıflandırmadır. Ekip, gerçekleştirilen gözlemler sonucunda binaların hasar tiplerini, 4 ana sınıfta toplamıştır (Çizelge 2.5). Bu sınıflar; Ağır hasarlı, Orta Hasarlı, Hafif hasarlı ve Hasarsız binalardır [28]. Çalışma grubu ayrıca afet sonrası yersel bir ekiple afet bölgesinin fotoğraflarını çekmiş ve hava fotoğrafları ile karşılaştırmıştır. Yıkılmış veya ağır hasarlı binalar hava fotoğrafı ile belirlenebilirken, orta hasarlı ve daha az hasarlı binalar hava fotoğrafı ile tespit edilememiştir (Şekil 2.7).

Çizelge 2.5: Afet sonrası binaların hasar durumları ve sınıflandırılması [28].

Hasar tipi	Hasar tanımı	Örnek
Ağır hasarlı veya yıkım	Bina kullanılamaz durumdadır.	Yapı tamamıyla çökmüş.
Orta hasarlı	Güçlendirme ile kullanılabilir.	Duvarlarda patlamalar gözlemlenebilir.
Az hasarlı	Az bir onarımla kullanılabilir.	Duvarlarda gözlenen sıva çatlakları var.
Hasarsız	Hasarsız olduğu için kullanılabilir.	Hasar yok.



Şekil 2.7: Hava fotoğrafı (sağlam gözüken bina) ile yersel ölçümler (bir katın tamamıyla yıkık) arasında gözlenen farklılıklar [28].

Üçüncü ve son çalışma ise, Schweier ve Markus (2006) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaya göre, binalardaki hasar tipleri, 5 ana sınıfta toplanmıştır. Sınıflandırma yapılmadan önce hasar görmüş bölgeler hızlı bir şekilde gezilerek, çalışmaya altlık oluşturacak şekilde istikşafi yapılmış ve yapılan çalışmanın sonucunda; binaların geometrik özellikleri ve hasar tipine göre toplamda 10 farklı türde hasarlı bina tipi olmak üzere 5 ana sınıfta toplanmaktadır [31].

Bu 5 ana sınıf;

- 1- Genel çökme
- 2- Akordeon (yana yığılma) yıkımı
- 3- Yumuşak kata bağlı çökme
- 4- Yana yatma hasarları
- 5- Yapısal eleman hasarlarıdır.

1.Genel Çökme

Genel göçme, binaların içerisinde göçme mekanizmasının ve binanın yıkılmasına yol açan zaafpların en zor belirlenebildiği, kolon, kiriş, perde gibi yapı elemanlarının ayırt edilemediği, katların üst üste yığılması şeklinde yıkımların olduğu ve binanın enkaz haline dönüştüğü en ciddi hasar çeşididir. Bu yıkımlarda binanın bütün yapısal elemanları çöker. Binalar hakkında bilgiye ulaşmak için bina sahiplerine veya binada ikamet edenlere başvuru yapılmaktadır. Van-Erciş depremi sonrası yıkılan binalardan enkaz yığını haline gelen bina örneklerinden biri Şekil 2.8’de görülmektedir [30,54]. Bu tip yıkımın EMS98’de karşılığı seviye 5 yıkımdır.



Şekil 2.8: Genel çökme. (a) Van-Erciş depremi sonrası genel çökme örneği.

(b) Genel çökme yıkım türleri.

2. Akordeon (Yana yığılma) Yıkımı

Akordeon yıkılma türü yana yığılma olarak da adlandırılan ve hasarın temel sebebinin plastik mafsallaşmanın kolonlarda oluşması sonucu yapının yana doğru yığılması ve yıkılmasıdır. Plastik mafsallaşma kuvvetli kiriş zayıf kolon yapılması, beton kalitesizliği, etriye sıklaştırmasına yeterli özenin gösterilmemesi, ekstra kat çıkılması, geniş ve uzun balkon çıkmaları gibi yapılaşmalar yıkımı kolaylaştırmaktadır. Yıkımlar, döşeme plağının farklı seviyede düşmesi sonucu gerçekleşir. Taşıyıcı sistemin yanal rijitliğinin düşük olması sebebiyle bu tip yıkımlara rastlanmaktadır. Kirişler kolonlardan daha güçlü olması sebebiyle, kolonların stabilitesini yitirmesi veya kiriş donatılarının sıyırılması sonucu birleşim bölgelerinden tamamen ayrılarak

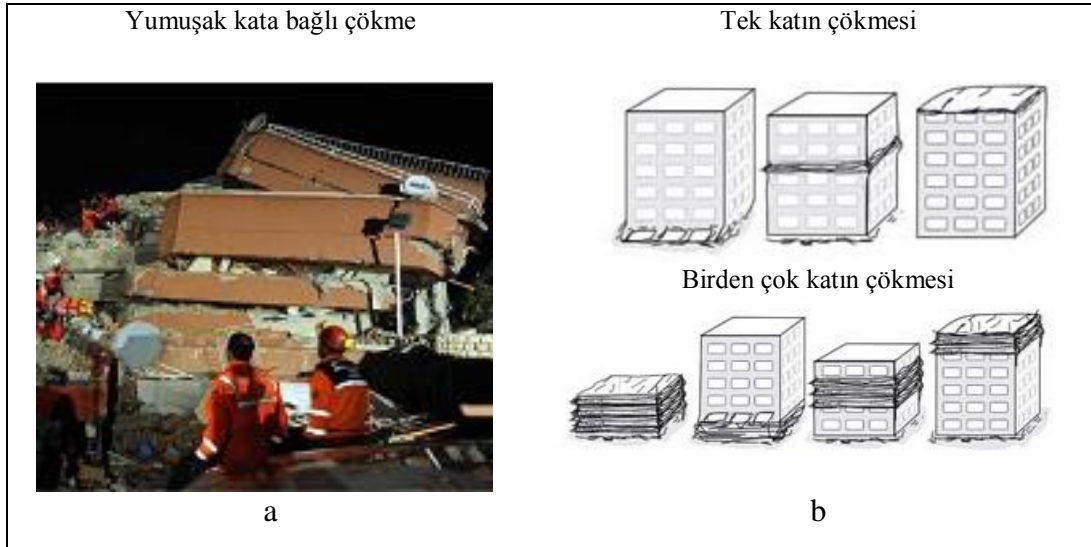
yıkılırlar [28]. Akordeon yıkımının 3 farklı alt kolu vardır. Deprem sonrası yıkılan binalarda en fazla karşılaşılan yıkım tipidir. Van il merkezinde ve Erciş ilçesinde deprem sonrası yaygın olarak gözlenmiştir (Şekil 2.9). EMS98’te karşılığı seviye 5 yıkımdır.



Şekil 2.9: Akordeon yıkım. (a) Van-Erciş depremi sonrası akordeon yıkım örneği.
(b) Akordeon (Yana yığılma) yıkım türleri.

3. Yumuşak Kata Bağlı Çökme

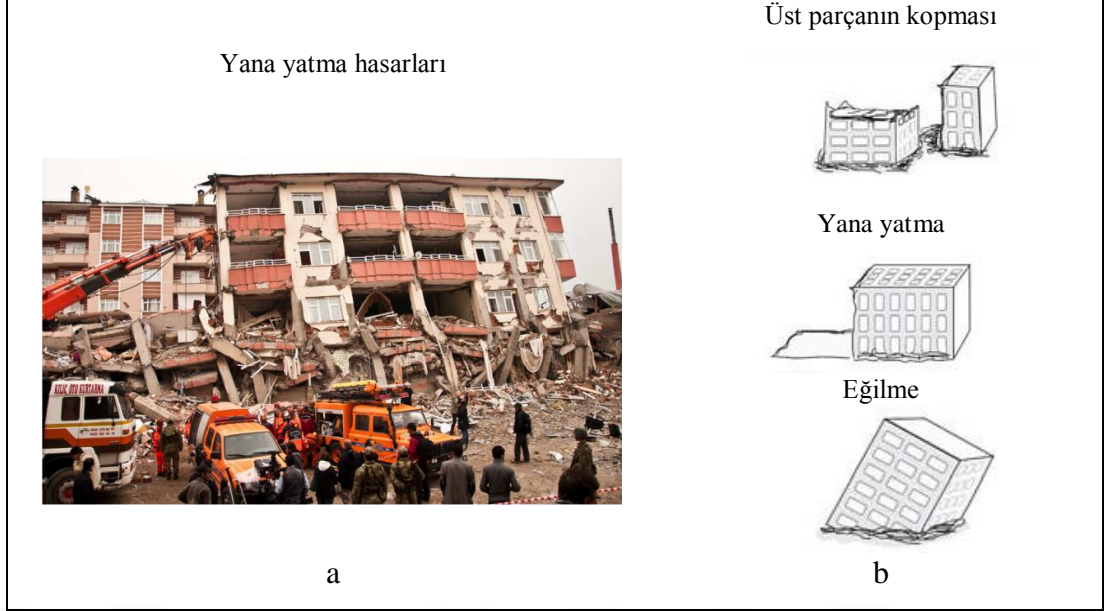
Binalarda kiralanabilir alanların oluşturulması amacı ile tuğla duvarları azaltılmış kat (genellikle zemin kat) “yumuşak kat” olarak isimlendirilir. Binanın kat rijitliğindeki ani değişim (örneğin kolon kesilmesi, dolgu duvarların kaldırılması vs) sonucu yanal rijitliği zayıf olan katın göçmesidir. Daha az rijitliğe sahip bu kat deprem sırasında ağır hasara uğrayabilir, yeterli sünekliğin olmadığı durumda tamamen çökebilir. Genel olarak, yapı ilk formunu korur ancak yüksekliği çökme sonucu azalır [30]. Van-Erciş depreminde bu tip göçme mekanizmasına sahip birkaç bina da gözlenmiştir (Şekil 2.10). EMS98’te karşılığı seviye 5 yıkımdır.



Şekil 2.10: Yumuşak kata bağlı çökme. (a) Van-Erciş depremi sonrası yumuşak kata bağlı çökme örneği. (b) Yumuşak kata bağlı çökme yıkım türleri.

4.Yana yatma hasarları

Bu tipteki yıkımlarda genellikle binanın alt kısmı sabit dururken, zayıf üst kısmı koparak yana devrilir. Malzeme-işçilik kalitesinin düzgün olması, zemine uygun bina yapımı, bitişik yapılarda çekiçlemenin etkisi, proje hatalarının daha az hatalı sonuçlara sebep olması bu tip yıkımların başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Ayrıca zemine uygun olmayan bina yapımı sonucu binalar yan yatarak yıkılabilirler. Diğer yandan, zemin katın destekleyici elemanlarının zayıf olması sonucu da bu tipte yıkılma söz konusudur. Yana devrilerek yıkılma etrafta kentlerde genellikle az rastlanan bir yıkılma türüdür. Bunun sebebi komşu binaların bunu engellemesidir. Van-Erciş depreminde bu tipte bir yıkılma bazı binalarda gözlenmiştir (Şekil 2.11) [55]. Bu tip hasarın EMS98’te karşılığı seviye 4’tür.



Şekil 2.11: Yana yatma hasarları. (a) Van-Erciş depremi sonrası yana yatma hasarları örneği. (b)Yana yatma hasar türleri.

5. Yapısal Eleman Hasarları

Afetler sonrası binalarda gözlemlenen yapısal eleman hasarları birkaç çeşittir. Kolon düzlem dışı sıyrılması, kolon uç sıyrılması ve dolgu duvar hasarları yapısal eleman hasarlarının başında gelmektedir [54,55]. Bu tip hasarlar genellikle destekleyici dış duvarların ağır hasar görmesidir (Şekil 2.12). Binanın tavanı ve tabanı sabit kalır. Tuğla duvarlar kendisi hasar görerek binayı yıkılmaktan kurtarmaktadır. Van ili ve çevre ilçelerde deprem sonrası yaygın bir şekilde gözlenen hasar tipidir. Bu tip hasarın EMS 98’de karşılığı seviye 2’dir.

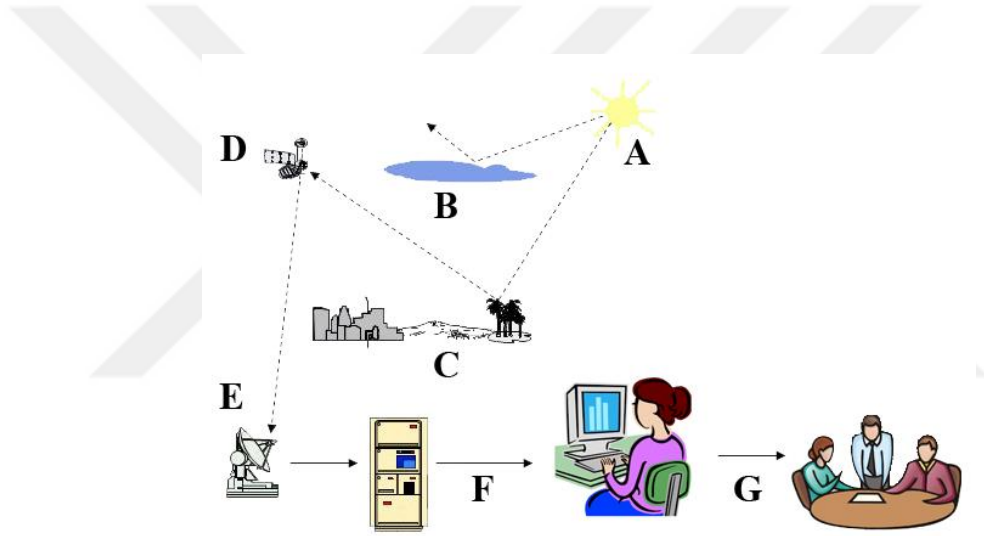


Şekil 2.12: Yapısal eleman hasarları. (a) Van-Erciş depremi sonrası yapısal eleman hasarlı bina örneği. (b) Yapısal eleman hasarına bağlı dolgu duvarlarının patlaması.



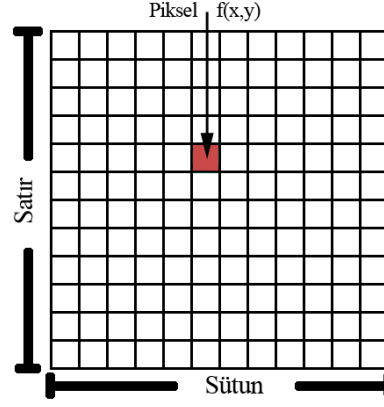
3. UZAKTAN ALGILAMA VE TEMEL ESASLAR

Uzaktan algılama, arada herhangi bir temas olmaksızın cisimlerden yayılan veya yansıtılan elektromanyetik ışınımın değerlendirilmesi ve farklı platformlardaki algılayıcılarla algılanan görüntülerin işlenmesi ile cisimlere ait özelliklerin belirlenmesidir. Uzaktan algılama sistemi içindeki temel bileşenler; hedef, enerji kaynağı, iletim yayılma yolu ve algılayıcıdır (Şekil 3.1).

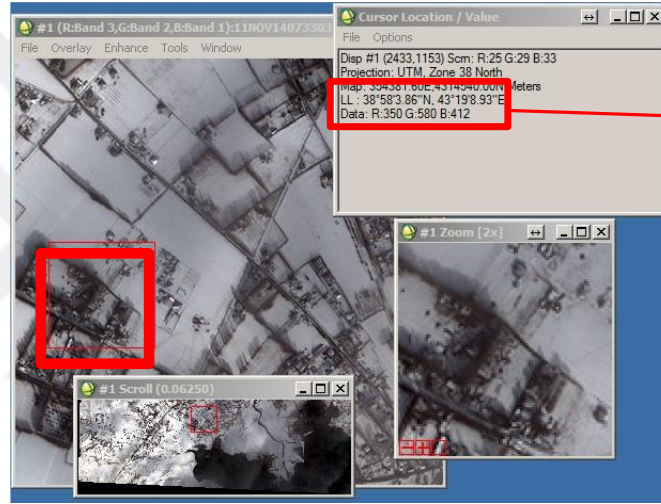


Şekil 3.1: Uzaktan algılama sisteminin temel bileşenleri A: Güneş B: Atmosfer ve Radyasyon C: Hedef D: Algılayıcılar E: İletim F: Analiz ve Yorumlama G: Uygulama ve Sonuç.

Uzaktan algılama sisteminin bileşenleri arasındaki bağlantıyı elektromanyetik enerji oluşturur. Elektromanyetik dalgalar, elektromanyetik alanın uzayda yayılması sonucu oluşur. Elektromanyetik enerji spektrumu 10^{-10} μm dalga boylarından 10^{10} μm dalga boylarına kadar olan sürekli bir enerji ortamıdır. Elektromanyetik spektrum, dalga boylarına göre atomaltı değerlerden başlayıp, binlerce kilometre uzunlukta olabilecek radyo dalgalarına kadar birçok farklı radyasyon tipini içerir (Şekil 3.2). Uzaktan algılama 0,3-15 μm arasındaki optik dalga boyları ile 1-1000 mm arasındaki mikrodalga bölgesinde çalışmaktadır.



Şekil 3.4: Dijital görüntü.



Piksel değerleri

Şekil 3.5: Erciş ilçesinde seçilmiş bölgede görüntü piksel değerleri.

Genel olarak dijital görüntüler, dört farklı grupta toplanmaktadır. Bu gruplar; binari, gri renk seviyeli, renkli ve çok spektrumlu görüntülerdir. Binari görüntü, en basit görüntü çeşidi olup, 0 değeri siyah, 1 değeri ise beyaz renge karşılık gelir. Gri renk seviyeli görüntü, monokrom veya tek renkli görüntülerdir. Bu görüntüler renk bilgisi içermeyip, sadece parlaklık bilgisi içermektedir. Pankromatik görüntü, görünür bölgenin tüm bantlarından yansıtılan enerjiyi kaydeden siyah-beyaz görüntü olup, renkli görüntü ise, farklı elektromanyetik dalgaların farklı şekilde yansıtma özellikleri ile ilişkilidir. Bunlardan en çok kullanılanı doğal renkli görüntüdür. Elektromanyetik spektrumun Kırmızı, Yeşil ve Mavi bölgelerinden alınmış dijital görüntülerin (RGB) katmanında görüntülenmesi ile elde edilir [56]. Çok spektrumlu görüntüler, spektrumun farklı bölgelerinden (Görünür, Kızılötesi, Isıl kızılötesi vb.) alınan görüntülerdir. KYM (RGB) katmanında yukarıda belirtilen 3 bant kombinasyonunun dışında farklı bant

kombinasyonlarının kullanılması durumunda yanlış renkli görüntüler elde edilir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6: Van ili Erciş ilçesi WorldView 2 uydusuna ait 27 Temmuz 2011 tarihli görüntüler. a) Pankromatik. b) Doğal renkli. c) Yanlış renkli.

3.2 Çözünürlük

Birçok uzaktan algılama algılayıcısı, verileri, uzaktan algılamada geçerli olan temel prensiplere bağlı olarak algılanmış olsa da, sonuç görüntüsünün formatı ve kalitesi çok farklılık gösterebilir. Bu farklılıklar uydu çözünürlüğü ile ilişkili olup zamansal, mekânsal, spektral ve radyometrik çözünürlük olmak üzere 4 farklı çözünürlük vardır [56].

Zamansal Çözünürlük: Bir uydu algılayıcısının, aynı bölgeyi hangi sıklıkla görüntü alabildiği zamansal çözünürlük ile tanımlanmaktadır. Uzaktan algılamanın değişim analizi uygulamalarında, algılayıcının zamansal çözünürlüğü önemli bir değişkendir. Örneğin, Quickbird-2 uydusu 1-3,5 günde bir aynı noktadan geçerken, Worldview-2 uydusu gün aşırı aynı noktadan geçmektedir.

Mekânsal Çözünürlük: Mekânsal çözünürlük, uydu görüntüsü üzerindeki nesnelerin ayırt edilebilmesi ile ilgilidir ve görüntüde bir pikselin yeryüzünde kapladığı alana karşılık gelmektedir. Mekânsal çözünürlük azaldıkça, objelerin ayırt edilebilmesi ve görüntü analizi zorlayıcı olmaktadır. Örneğin, çalışmada kullanılan uydulardan QuickBird-2 ve Worldview-2 uydularının mekânsal çözünürlükleri sırası ile, pankromatik modda; 0.6 m, 0.46 m; multispektral modda ise 2.5 m, 1.84 m'dir. Ortogörüntülerin mekânsal çözünürlüğü ise 0.3 m'dir. (Şekil 3.7).

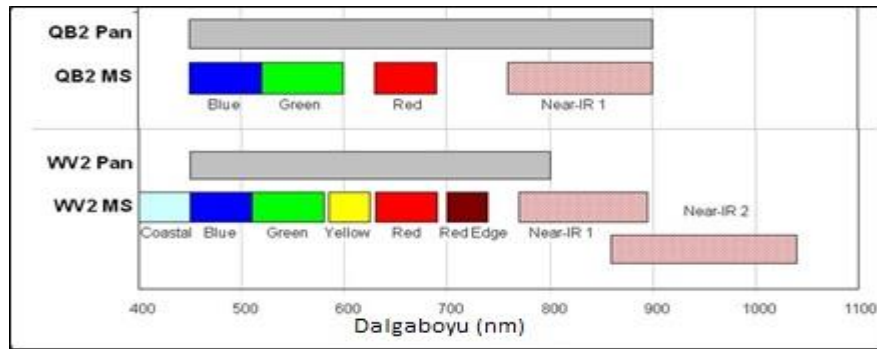


a

b

Şekil 3.7: Farklı mekânsal çözünürlükteki uydu görüntüleri. a) Ortogörüntüsü 0.30 m çözünürlük. b) Quickbird-2 uydusu 2.4 m çözünürlük.

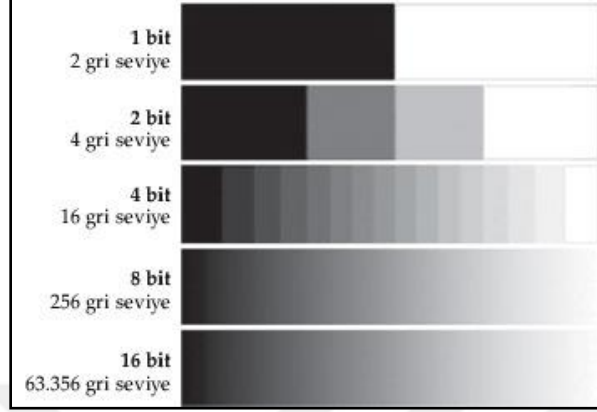
Spektral Çözünürlük: Uzaktan algılama sistemleri elektromanyetik spektrumun birden fazla bölgesinde algılama yapabilmektedir. Spektral çözünürlük, uzaktan algılama sisteminin kaydedebileceği spektrumun dalga boyu aralıklarını ve sayısını ifade etmektedir. Örneğin, çalışmada kullanılan uydulardan Worldview-2 uydusu 8 bant ile daha yüksek spektral çözünürlüğe sahiptir. Quickbird-2 uydusunun spektral çözünürlüğü ise 4 banttır. Her cismin yansıma, yayılma ve yutulma özellikleri farklı olabildiğinden, algılayıcının spektral çözünürlüğünün bilinmesi birçok uygulama için önemlidir (Şekil 3.8) [56].



Şekil 3.8: QB2 ve WV2 uydularının spektral çözünürlükleri.

Radyometrik Çözünürlük: Radyometrik çözünürlük objeleri tanımlamada ve ayırt etmede kullanılan toplam renk tonu sayısıdır [57]. Uzaktan algılama algılayıcıları, yeryüzünde her bir piksele karşılık gelen alanlardan yansıyan ışığın şiddetine göre her cismi farklı enerji seviyelerinde kaydeder. Radyometrik çözünürlükte ölçme birimi bit

olup, 8 bitlik bir sistemde 256 gri renk tonu olarak kaydedilmektedir (Şekil 3.9). Radyometrik çözünürlüğün daha yüksek olması, algılayıcının yansıyan veya yayılan enerjideki daha küçük değişiklikleri algılamasını ifade eder [58, 59].



Şekil 3.9: Farklı radyometrik çözünürlükler için gri renk tonu seviyeleri.

3.3 Görüntü İşleme

Elde edilmiş olan uydu görüntülerinden bilgi çıkartılabilmesi ve yorumlanabilmesi için, görüntüde mevcut radyometrik ve geometrik hataların giderilmesi gerekmektedir. Bu hataların giderilmesi işlemine önileme denilmektedir.

3.3.1 Önileme

Radyometrik düzeltmeler, algılayıcı düzensizlikleri, atmosferik gürültülerin düzeltilmesi ve algılayıcı tarafından ölçülen ışınımın doğru şekilde gösterimi için gerekli dönüşümleri içerir. Atmosferik düzeltme ise, atmosferik etkiler sonucu yeryüzündeki objelerden yansıyan enerji miktarı ile uydudaki algılayıcı tarafından kaydedilen enerji miktarı arasında farklılık olması sonucu oluşur. Atmosferik düzeltme işleminde atmosferik etkiler en aza indirilerek, algılayıcı tarafından kaydedilen radyans değerleri yeryüzündeki yansıtma değerlerine dönüştürülmektedir.

3.3.1.1 Geometrik Düzeltme

Uydu görüntüleri birçok farklı geometrik distorsiyonları içermektedir. Bu distorsiyonlara örnek olarak, algılayıcı platformun hızındaki, konumundaki ve yüksekliğindeki değişimler, yeryüzünün eğriselliği, atmosferik kırılma, görüntü elde edilirken Dünya'nın dönüşü verilebilir. Geometrik düzeltmenin amacı söz konusu distorsiyonların giderilerek, uydu görüntüsünü haritanın geometrik entegrasyonuna

sahip kılmaktır. Geometrik düzeltme işleminde, görüntüde homojen olarak dağılmış, konumu belirgin yer kontrol noktaları (örn. yol kesişimleri, bina köşeleri, tarla köşeleri vb. noktalar) seçilir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10 : Geometrik düzeltmede kullanılan örnek yer kontrol noktası.

Görüntüde gerekli sayıda yer kontrol noktaları seçildikten sonra bu noktaların görüntü koordinatları ile haritadaki karşılıkları arasındaki entegrasyonu sağlamak amacıyla transformasyon eşitlikleri (Lineer veya lineer olmayan afin dönüşümler) kullanılır. Bu eşitlikler için gereken katsayıların saptanması için, yer kontrol noktalarının her iki sistemdeki mevcut koordinat değerlerine En Küçük Kareler yöntemi uygulanır. Son işleme adımı olan yeniden örneklemede, geometrik olarak düzeltilmiş görüntüde yeni piksellerin sayısal değerleri belirlenir.

Yeniden örnekleme işlemi aşağıda belirtilen 3 farklı yöntem ile uygulanır.

- En Yakın Komşuluk (Nearest Neighbour),
- Bilineer Enterpolasyon (Bilinear Interpolation)
- Kübik Enterpolasyondur (Cubic Interpolation)

Geometrik düzeltme işlemi, görüntünün harita ile entegrasyonunu sağlamak için görüntüden haritaya kayıt (image-to-map registration) ve görüntüden görüntüye kayıt (image-to-image registration) şeklinde 2 farklı yöntemle yapılabilmektedir.

3.3.1.2 Radyometrik Düzeltme

Radyometrik düzeltme, görüntüde aydınlanma ve bakış geometrisindeki farklılıklar, atmosferik etkiler ve algılayıcı kaynaklı gürültü hatalarını azaltmakta/gidermekte kullanılan bir prosestir. Genellikle bu etkilerin düzeltilmesi algılayıcı sisteme ve

uygulama türüne bağlı olarak değişebilir. Örneğin bakış geometrisi gibi etkiler uçak bazlı platformlarda uydu platformlarına göre çok daha önemli etkiye sahiptir [56].

3.3.1.3 Sınıflandırma

Ham olarak elde edilen uydu görüntülerinden bilgi çıkartımında farklı yöntemler kullanılmaktadır. Uzaktan algılamada sınıflandırma işlemi, orjinal bir görüntüdeki bütün piksellerin belirli sınıflara yani gruplara ayrılması işlemidir [59,60]. Sınıflandırma işleminin temel amacı, kullanıcı tarafından yeryüzüne ait nesnelere ilişkin spektral özellikleri temsil eden görüntü piksellerinin belirlenmiş sınıflara atanıp sınıflandırılmasıdır. Görüntüdeki her bir pikselin sahip olduğu parlaklık değerine bağlı olarak cisimleri, otomatik olarak farklı gruplara ayırmak sınıflandırmanın temel amacıdır [61]. Uydu görüntülerinin sınıflandırılması uygun sınıflandırma tekniğinin belirlenmesi, kontrol alanları için optimum piksellerin tespiti, özellik çıkarımı, doğruluk analizi işlemleri vb. bazı önemli işlem adımlarını içerir. Sınıflandırma işleminin ve sonuçların kalitesini etkileyen önemli faktörler (örneğin çalışma alanının ölçeği, analistin tecrübesi, kullanılacak uydu görüntüsünün seçimi ve özellikleri, uygun algoritmanın seçimi vb.) bulunmaktadır [62].

Sınıflandırma, tematik bilgi çıkarmada kullanılan en önemli yöntem olup, sınıflandırma sonucu elde edilen görüntü tematik harita olarak adlandırılmaktadır. Temelde sınıflandırma işlemi 2 aşamadan oluşmaktadır. İlk aşama, yeryüzü nesnelere temsil eden sınıfların tespit edilmesidir. İkinci aşama ise, sınıflandırılacak piksellere ait sınıf etiketlerinin belirlenmesidir. Analiz sonuçlarının doğruluğunu arttırmak için, sınıflandırma işlemine ortogörüntü ve hava fotoğrafı gibi güvenilirliği yüksek yardımcı verilere ihtiyaç duyulur. Uydu verilerinin sınıflandırılması ve sınıflandırma doğruluğunun artırılması için birçok algoritma geliştirilmiştir. Sınıflandırma yöntemleri piksel tabanlı, alt piksel tabanlı ve nesne tabanlı olmak üzere 3 ana başlık altında incelenmektedir [63].

Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma, klasik sınıflandırma tekniği olarak bilinmekte ve her bir pikselin tek bir arazi örtüsü sınıfına karşılık gelecek şekilde sınıflandırılması amaçlanmaktadır. Görüntüdeki piksellerin sahip olduğu spektral değerler, piksel tabanlı sınıflandırma işleminin temel veri setini oluşturur. Literatürde piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri için En Çok Benzerlik, En Yakın Komşuluk vb. farklı

algoritmalar kullanılmaktadır. Son yıllarda uzaktan algılamada sıklıkla kullanılan makine öğrenme algoritmalarından Destek Vektör Makineleri, Yapay Sinir Ağları, Karar Ağaçları gibi ileri sınıflandırma algoritmaları piksel tabanlı sınıflandırmada başarılı sonuçlar vermektedir [63,64,65,66]. Piksel tabanlı sınıflandırma; kontrolsüz ve kontrollü olmak üzere iki farklı şekilde uygulanmaktadır.

Piksel Tabanlı - Kontrolsüz Sınıflandırma

Kullanıcı müdahalesi olmadan görüntü üzerindeki piksellerin belirli algoritmalar kullanılarak otomatik olarak sınıflandırılması (kümelemesi), kontrolsüz sınıflandırma olarak adlandırılmaktadır. Kümeleme tam otomatik bir algoritma olup, görüntü verisindeki mevcut olan doğal spektral gruplaşmaları belirler. Genellikle kontrolsüz sınıflandırmada, çalışma bölgesine ait ön bilgi bulunmamaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma yönteminde arazi tipinin önceden bilinmesine gerek yoktur. Kontrolsüz sınıflandırmanın temeli, görüntüdeki piksellere ait farklı bantlardaki dijital değerler kullanılarak, otomatik olarak benzer piksellerin bulunması ve bir sınıfa atanmasına dayanır. Kontrolsüz sınıflandırma sonucu oluşan sınıflar, spektral sınıflardır. Oluşturulmuş sınıfların özellikleri, hava fotoğrafları ve yersel bilgiler ile karşılaştırılarak belirlenir.

Kontrolsüz sınıflandırmada karar kuralı, minimum uzaklık ile belirlenir. İşlem görüntünün sol üst köşesinden başlar ve soldan sağa satır satır analiz yapılır. Aday piksel ile her bir küme ortalaması arasında spektral uzaklık hesaplanır ve en yakın kümeyle atanır. Küme merkezleri geçici olarak hesaplanarak, piksellerin dahil olacağı sınıflar tespit edilir ve bu işlem küme merkezlerinde değişim olmayana kadar iteratif olarak devam eder. Literatürde, kontrolsüz sınıflandırma yöntemi olarak en sık kullanılan yöntemler, ISODATA, SOM, K-Ortalama ve ardışık kümelemedir.

Piksel Tabanlı - Kontrollü Sınıflandırma

Kontrollü sınıflandırma görüntü üzerindeki alanlara ait önsel verilere dayalı olarak gerçekleştirilir. Bu veriler arazi çalışmaları, hava fotoğraflarının analizi veya konu ile ilgili mevcut haritalardan elde edilebilir [63]. Yöntemde görüntünün hangi sınıflara ayrılacağı ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istendiği önceden belirlenir. Bunun için görüntüden belirlenen sınıflara ait kontrol alanlarının seçilmesi gerekmektedir. Bu amaçla gerektiğinde arazide yer gerçekliği yapılması zorunludur.

Kontrollü sınıflandırma yaklaşımı sınıflandırma sonuçlarının doğruluğu ve güvenilirliği açısından uzaktan algılama alanında kullanımı en çok tercih edilen yaklaşımdır.

Alt-Piksel Tabanlı Sınıflandırma

Alt piksel tabanlı sınıflandırma tekniği, piksel tabanlı sınıflandırma tekniğinin aksi bir çalışma prensibine sahiptir. Orta veya düşük mekânsal çözünürlüğe sahip heterojen dokudaki arazi örtülerinde, her pikselin sadece bir sınıfa ait olmadığı ve karışık piksellerin ve sınıfların ortaya çıktığı durumlarda uygulanmaktadır [64,71]. Literatürde alt piksel tabanlı sınıflandırma tekniği kullanılarak yapılan birçok bilimsel çalışma mevcuttur. Bu çalışmalara örnek olarak, Bulanık sınıflandırıcılar, Yapay Sinir Ağları, Regresyon modelleme, Regresyon ağaçları, Spektral karışım analiz gibi farklı algoritmalar verilebilir [67].

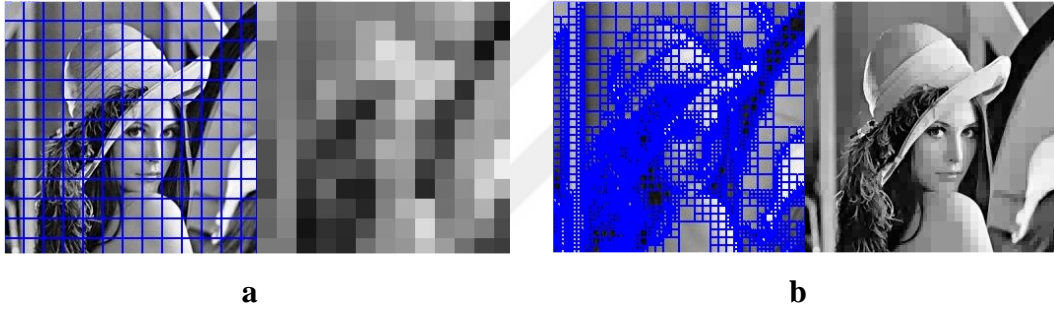
Nesne Tabanlı Sınıflandırma

Nesne tabanlı sınıflandırma, klasik piksel ve alt-piksel tabanlı sınıflandırma işlemlerinden farklı bir yaklaşım olup, tekil pikseller ile değil, görüntü üzerindeki benzer spektral özelliklere sahip piksellerin gruplandırılarak bu pikselleri temsil eden görüntü nesnelерinin oluşturulması ve pikseller yerine söz konusu nesnelерin sınıflandırılması temeline dayanmaktadır [68,69]. Bu işlem sayesinde görüntü üzerindeki milyonlarca piksel yerine, bunları temsil eden nesnelер sınıflandırılmaktadır. Farklı bir ifade ile, nesne tabanlı sınıflandırmada pikseller yerine gruplanmış pikseller yani segmentler kullanılır. Nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımında, yapı, doku, spektral bilgiler ve nesnelерin büyüklükleri sınıflandırma işleminde dikkate alınır ve çok sayıda ek bilgi görüntü nesnelерinden çıkartılabilir. Bunu sağlayan şekil, doku, komşuluk ve diğer obje tabakalarından gelen bilgilerdir.

Nesne tabanlı sınıflandırmmanın en önemli ve ilk aşama segmentasyondur. Segmentasyon aşamasında, benzer spektral özelliklere sahip pikseller gruplandırılarak görüntü nesnelерinin oluşturulması işlemi gerçekleştirilir. Segmentasyonun amacı, görüntünün birbirinden farklı alt bölümlere ayrılması ve görüntüden anlamlı nesnelерin çıkartılmasıdır [70]. Segmentasyon aşamasındaki başarı, sınıflandırma sonucundaki başarı ile doğrudan bağlantılıdır.

Segmentasyon işlemi, yukarıdan-aşağıya (top-down) ve aşağıdan-yukarıya (bottom-up) olmak üzere iki farklı yöntemde yapılmaktadır [71]. Yukarıdan aşağıya yönteminin temelinde, bütünün en küçük parçalara ayrılması amaçlanır. 3 farklı

yukarıdan aşağıya segmentasyon metodu bulunmaktadır. Bunlar Satranç tahtası segmentasyon (Chessboard segmentation), Dörtlü ağaç tabanlı segmentasyon (Quadtree-based segmentation) ve Kontrast bölümlenmesi segmentasyon (Contrast split segmentation) algoritmalarıdır. Satranç tahtası segmentasyonunda, görüntü kullanıcı tarafından belirlenen eşit boyutta karelere ayrılır (Şekil 3.11). Dörtlü ağaç tabanlı segmentasyonu da satranç tahtası segmentasyonu gibi görüntü kullanıcı tarafından belirlenirken farklı boyutlarda parçalar üretilir. Bu yöntemde homojenlik kriteri esastır. Homojenlik kriterini sağlamayan her bir parça 4 ayrı parçaya ayrılır. Homojenlik kriteri sağlandığında segmentasyon işlemi tamamlanmış olur (Şekil 3.11). Yukarıdan aşağıya yöntemi içerisinde yer alan son segmentasyon, kontrast bölümlenmesidir. Bu yöntemde kullanıcı tarafından bir eşik değer belirlenir ve görüntüde aralarındaki kontrast farkı maksimum olacak şekilde görüntünün segmente olması sağlanır.



Şekil 3.11: Segmentasyon. a) Satranç tahtası segmentasyonu. b) Dörtlü ağaç segmentasyonu.

Segmentasyon işlemindeki ikinci yöntem aşağıdan yukarıya bölümlenmedir. Bu yaklaşımda, küçük parçalar belirli bazı kriterler gözönüne alınarak birleştirilerek büyük parçalar elde edilmektedir. Aşağıdan yukarıya bölümlenmede kullanılan en önemli yöntem, çoklu çözünürlüklü (Multiresolution segmentation) segmentasyon yöntemidir [70,72]. Çoklu çözünürlüklü segmentasyonda ilk olarak görüntüdeki her bir piksel, bağımsız bir nesne olarak değerlendirmeye alınır. İkinci adımda, her bir görüntü nesnesi veya pikseli belirli bir homojenlik kriteri esas alınarak komşu pikseller ile birleştirilerek daha büyük nesnelere elde edilir (Şekil 3.12). Burada bahsedilen homojenlik kriteri spektral ve şekil kriterlerinin birleşimi olarak ifade edilen ölçek değişkenidir. Ölçek değişkeni arttıkça, daha büyük görüntü nesnelere üretilir. Homojenlik kriterini belirleyen renk ve şekil özellikleridir. Çoklu çözünürlüklü algoritma benzer değerlere sahip pikselleri bir araya getirerek nesnelere oluşturur.

Görüntüde homojen alanlar daha büyük nesnelere temsil edilirken, karmaşık yapıdaki heterojen alanlar daha küçük nesnelere temsil edilmektedir [73].



Şekil 3.12: Çoklu çözünürlüklü segmentasyon.

Çoklu çözünürlük segmentasyonunda 5 temel değişken kullanıcı tarafından belirlenmelidir. Bu değişkenler; ölçek, şekil, renk, yumuşaklık ve bütünlük olup, en önemlisi ölçek değişkenidir [68]. Ölçek değişkeni belirlenirken görüntüdeki nesnelere uyumlu ve en ideal şekilde belirlenmelidir. Ölçek değişkeninin büyük seçilmesi sonucu görüntüde birçok detay kaybolmaktadır. Buna bağlı olarak sınıflandırma sonucu yanlış olmakta ve sınıflandırma doğruluğu düşmektedir. Ölçek değişkeninin küçük seçilmesi sonucu görüntü üzerinde nesnelere sayısında artış gözlenmekte ve aynı sınıf birden fazla nesne ile temsil edilmektedir. Ayrıca nesnelere sayısındaki artış sınıflandırma işleminin süresinin artmasına neden olmaktadır. Görüntünün tümü için tek bir ölçek değişkeninin tanımlanması bazı durumlarda uygun değildir. Görüntülerde yer alan farklı arazi örtüsü /arazi kullanımı için optimum ölçek değişkeni seçilse bile, bazı arazi örtülerinin yanlış segmente olmasına sebep olabilmektedir [73].

Segmentasyon aşamasında, ölçek değişkeni, renk, biçim değişkenleri ile yumuşaklık ve bütünlük değişkenleri olabildiğince gerçeğe yakın belirlenmelidir. Renk/Biçim ve Yumuşaklık/Bütünlük değişkenleri birbirini 1'e tamamlarlar, örneğin renge ağırlık verildiğinde biçimin ağırlığı azalır, yumuşaklığa ağırlık verildiğinde de ise bütünlüğün ağırlığı azalır.

Ölçek değişkeni: Ortalama nesne boyutunu dolaylı yoldan etkileyen ve nesnelere heterojenliğine izin veren maksimum değeri belirleyen değişkendir. Ölçek değişkeni ne kadar büyürse nesnelere boyutu da o kadar büyür.

Renk/Biçim değişkeni: Bu değişkende renk ve biçim çatışmasının homojenliğinin nesne üretimine etkisi üzerinedir. Biçim değişkeni ne kadar yüksek olursa, spektral homojenliğin nesne üretimine etkisi daha da az olmaktadır.

Yumuşaklık/Bütünlük değişkeni: Biçim değişkeni 0'dan büyük olduğunda kullanıcı, nesnelerin daha bütün (yoğun) veya daha yumuşatılmış olması gerektiğine karar verebilir.

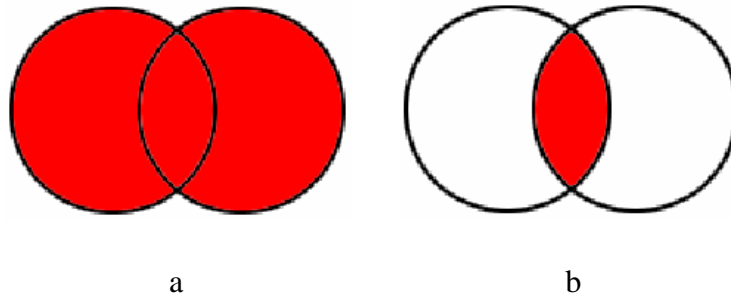
Segmentasyon aşaması sonrasındaki işlem sınıflandırma işlemidir. E-cognition yazılımında 2 farklı sınıflandırma yöntemi ile sınıflandırma yapılmaktadır. Kontrolsüz sınıflandırma (Koşul bazlı-Condition based) ve Kontrollü sınıflandırma (En Yakın Komşuluk-Nearest Neighborhood).

Nesne Tabanlı - Kontrolsüz Sınıflandırma (Condition Based Classification)

Her bir sınıf kendi içinde tek bir değişken ile veya bir kaç değişkenin kombinasyonu ile tanımlanmaktadır. Genellikle, sınıfları tanımlamak için gerekli olan kurallar, yalnızca tek bir koşulla kolayca tanımlanamaz. Bu nedenle sınıf açıklamaları çoğunlukla "Ve", "Veya" ve "Değil" gibi operatörler tarafından bağlı koşullar ile çalıştırılır. Bu işlemlerin yapısı, mantıksal operatörler tarafından birleştirilmiş [If > then] kural cümlelerinin kombinasyonunun sonucudur. Her bir sınıf içindeki ifadeler birbirlerine mantıksal operatörlerle bağlıdır. Kontrolsüz sınıflandırma işlemi sırasında sınıfları tanımlarken en çok kullanılan değişkenler, "Ve" ve "Veya"dır.

Veya (maks.): Operatör tarafından kombine edilmiş koşulların en yüksek üyelik değerini alır (Şekil 3.13 a).

Ve (min): Operatör tarafından birleştirilmiş koşulların en düşük üyelik değerini alır (Şekil 3.13 b).



Şekil 3.13: Sınıf tanımlamada en sık kullanılan değişkenler. a) "Veya" operatörü. b) "Ve" operatörü.

"Veya" ve "Ve" mantık operatörleri dışında, Ortalama (Aritmetik), Ortalama (Geometrik), Ortalama (Geometrik Ağırlık), ve (*) mantık operatörleri de sınıfların düzgün yapılandırılabilmesi için sıklıkla kullanılmaktadır [71].

Nesne Tabanlı- Kontrollü Sınıflandırma (Nearest Neighbor Classification)

Kontrollü sınıflandırma yönteminde görüntüde hangi sınıfların göz önüne alınacağı, ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istenildiği, kullanıcı tarafından önceden belirlenir. Bu sebeple görüntüde göz önüne alınacak sınıflara ait yardımcı veriler için kontrol alanları seçilir. Yardımcı veriler, arazi çalışmalarından, hava fotoğraflarının analizinden ve/veya konu ile ilgili mevcut haritalardan elde edilebilir [64].

3.4 Doğruluk Analizi

Sınıflandırma sonucu ile doğru olduğu kabul edilen referans (yer gerçeği) verisinin karşılaştırma işlemi, doğruluk analizi olarak adlandırılmaktadır. Doğruluk analizinde hata ne kadar küçükse, doğruluk o kadar yüksek olacaktır. Bir sınıflandırma analizi sonrasında yapılan doğruluk analizi ile sınıflandırma sonucu analizlerin doğruluklarının saptanması, sınıflandırma sonrası üretilen tematik haritaların doğruluklarının artırılması ve hangi sınıflandırma yönteminin kullanılacağı belirlenmesi amaçlanır.

Sınıflandırma doğruluklarının belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntem hata matrisidir. Hata matrisi oluşturulurken her sınıfa ait referans (test) verileri kullanılır. İlk adımda görüntüdeki tüm pikseller sınıflandırılır ve referans verilerine karşılık gelen piksellerin kaç tanesinin hangi sınıfa atandığı belirlenir. İkinci aşama ise, referans verilerine ait bu sayıların sütunlar halinde yan yana getirilerek, bir hata matrisinin oluşturulmasıdır. Oluşturulan matriste her bir sütun, farklı bir kategoriye temsil ederken, her bir satır, referans verilerinin atandığı sınıfları gösterir. Uygulamada, dahil etme hatası (error of commision), piksellerin yer alması gerekenden farklı atanması; dışarıda bırakma hatası (error of omission) ise piksellerin uygun bir sınıfa atanamaması hatasıdır. Hata matrisindeki diyagonal elemanlar, referans veri ile uyumlu olan sınıflandırma sonuçlarıdır (Şekil 3.13). Farklı sınıflara atanmış diğer elemanlar da her satırda bulunan elemanlardır. Sınıflandırılmamış pikseller ise, sütunlarda bulunan ve diyagonal matris dışında kalan elemanlardır. Sınıflandırma sonrasında hata matrisi hesaplanırken kullanıcı doğruluğu ve üretici doğruluğu da hesaplanmaktadır. Kullanıcı doğruluğu; her sınıf içinde doğru sınıflandırılmış piksel sayısının, bu kategori içinde sınıflandırılan piksellerin toplam sayısına bölünmesiyle bulunur. Üretici doğruluğu ise; her sınıf içinde doğru olarak sınıflandırılmış piksellerin

sayısını, bu sınıf için kullanılan örnekleme veri seti pikselleri sayısına bölerek bulunur [74].

		Kolon toplamı			
		j= Sütunlar (Referans)			
		↓			
		1	2	k	n ₊
i= Satırlar (Sınıflandırma)	1	n ₁₁	n ₁₂	n _{1k}	n ₁₊
	2	n ₂₁	n ₂₂	n _{2k}	n ₂₊
	k	n _{k1}	n _{k2}	n _{kk}	n _{k+}
	n _j	n ₋₁	n ₋₂	n _{-k}	n
Sütun toplamı →					

Şekil 3.14: Hata matrisi.

Şekil 3.14'te n, toplam referans veri örüntü sayısıdır. n_{ij}, referans veride j kategorisindeyken (j=1,2,...,k) sınıflandırılmış veri içinde i sınıfına (i=1,2,...,k) atanan örüntülerin sayısını gösterir.

Sınıflandırmada en sık kullanılan doğruluk ölçütü genel doğruluktur. Genel doğruluk, her bir sınıf için sınıflandırma doğruluğu hakkında bilgi vermez. Bir sınıf için yüksek olan doğruluk, diğer sınıfların düşük doğruluğunu örtebilir. Bu durumda her bir sınıf için Üretici ve Kullanıcı doğruluğu hesaplanır [56]. Kappa analizi doğruluk analizlerinde kullanılan yöntemlerdendir. Kappa katsayısı (K) ise, matris içerisinde yer alan bütün elemanlar kullanılarak hesaplanır. Kappa değeri (K) 1-0 arasında değişmektedir. 1 değerini alan sınıflandırma sonucu en iyi sonucu, 0 değerini alan sınıflandırma ise en kötü sonucu göstermektedir. Genellikle K değerinin % 80'nin üstünde olduğu sınıflandırma doğrulukları, iyi bir sınıflandırma sonucu, %40'ın altında kalan değerler ise kötü bir sınıflandırma sonucu olarak kabul edilir [74].

Genel sınıflandırma doğruluğu için Kappa formülü aşağıda verilmiştir.

$$K = \frac{N \sum x_{ij} - \sum (x_i + x_j)}{N^2 - \sum (x_i + x_j)} \quad (2.1)$$

Burada,

N= Tüm kategorilerdeki örnek sınıf toplamı.

$\sum x_{ij}$ =Doğru sınıflandırılmış örnek sayısı.

$\sum (x_i + x_j)$ =Her kategorideki hata matrisinin satır ve sütun toplamıdır.

3.5 Değişim Saptama Analizi

Uzaktan algılamanın sağladığı en önemli avantajlardan biri, yeryüzü özelliklerinin/kaynaklarının uydu verileri ile düzenli aralıklarla gözlenebilir olmasıdır. Bu ise belirli bir alanın çok zamanlı uydu görüntüleri ile farklı mevsimlerde karşılaştırılabilmesine veya daha uzun dönemlerdeki gelişmelerinin izlenebilmesine olanak verdiğinden, çok zamanlı görüntü analizi ile değişimin saptanması ve izlenmesi, günümüzde birçok farklı uygulama alanında ve ölçekte yaygın olarak kullanılmaktadır [76].

Uzaktan algılama ile değişim saptama sürecinde temel hedefler, değişimin tipini, hızını ve alanını (mekânsal dağılımını) belirlemek, değişimin izlerini (nedenlerini) saptamak, nesnelerin belirli spesifik özelliklerinde oluşan değişimleri izlemek ve değişim saptama sonuçlarının doğruluğunu değerlendirmektir. Bu bağlamda çeşitli etkenlere ve gereksinimlere bağlı olarak birçok farklı değişim saptama teknikleri geliştirilmiş olmasına rağmen, uygulamada kullanılacak en uygun yöntemin veya algoritmanın seçimi kolay değildir. Uygun değişim saptama yöntemlerinin seçimi, genelde çalışmanın amacına, saptanacak değişim bilgisinin türüne ve göz önüne alınan değişim türüne bağlıdır [76]. Kullanılacak yaklaşımın seçiminden önce öncelikle değişim saptama sürecinde kullanılan veriler, aynı veya çeşitli algılayıcılardan farklı aydınlanma koşullarında alındığından, algılayıcı ve/veya platformdan kaynaklı distorsiyonların giderilmesine yönelik radyometrik ve geometrik düzeltme adımlarının dikkatle uygulanması gerekmektedir [76].

Kullanılan yaklaşımlar, manuel veya otomatik değişim saptama tekniklerinin yanı sıra görüntü analizinde göz önüne alınacak temel birime (yani piksel veya nesne) bağlı olarak da seçilebilmektedir. Bunun temel nedeni, yaygın olarak kullanılan pek çok klasik piksel tabanlı değişim saptama yönteminin, yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verileri için uygun olmaması (yüksek spektral değişimler ve karışık piksellerin ortaya çıkardığı zorluklar nedeniyle) ve bu yüzden nesne tabanlı yaklaşımların tercih edilmesidir. Bu tez çalışmasında da yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ortogörüntülerin kullanılması nedeniyle nesne tabanlı değişim saptama tekniklerinin kullanımı öngörülmüştür [76].

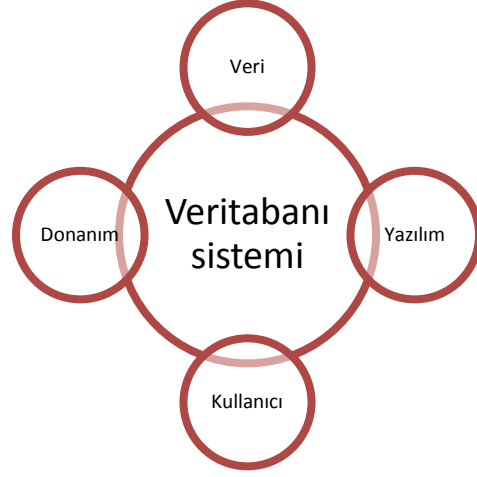
4. UZAKTAN ALGILAMA VE COĞRAFI BILGI SİSTEMİ'NİN ENTEGRASYONU

Bilgisayar teknolojilerine paralel olarak Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojilerinde meydana gelen önemli ve hızlı gelişmeler, görüntü (uydu/uçak bazlı) verilerinin ve coğrafi bilgilerin dijital ortamlarda üretilmesine, kullanılmasına, depolanıp saklanmasına olanak sağlamaktadır. Son yıllarda, dijital coğrafi bilgiye olan ihtiyacın artması, bu bilgilerin sürekli hızlı ve doğru bir şekilde güncellenmesi ve depolanabilmesi için kullanıcıları veritabanı kullanmaya ve tasarlamaya yöneltmektedir. Depolanan büyük miktarda verinin bilgiye dönüştürülmesi ancak esnek ve hızlı veritabanları ile mümkün olup, günümüzde birçok uygulamada altlık olarak kullanılmaktadır.

4.1 Veritabanı Kavramı

Veritabanı, bilgi elde etmek için kullanım amacına uygun olarak düzenlenmiş veri topluluğudur. Diğer bir ifade ile veritabanı sistematik erişim olanağı bulunan, yönetilebilir, güncellenebilir, taşınabilir, birbirleri arasında ilişkiler olan düzenli veriler topluluğudur [77, 78].

Bilgi teknolojilerinde veritabanı kavramı, klasik dosyalama sistemine alternatif olarak geliştirilmiştir. Bu kavram; kapasitesi yüksek, hızlı veri alışverişi yapan ve yüksek kapasitedeki verileri depolayan donanımlar ile bu donanımlara uyumlu, kapsamlı ve isteklere hızlı cevap verebilen yazılımların geliştirilmesi sonucu ortaya çıkmıştır [78]. Veritabanı sisteminin 4 temel bileşeni vardır. Bu bileşenler; veri, donanım, yazılım ve kullanıcıdır. Bir veritabanının en önemli ve değerli bileşeni veridir. Veriler veri tabanlarında saklanıp depolanabilir. Donanım bölümü veritabanı sisteminin depolama birimlerini, kontrol birimlerini oluşturur. Yazılım bölümü; veritabanında kullanıcı ile ara katman görevi gören bölümdür. Kullanıcı ise, veritabanını kullanabilen gerekli veri işlemleri gerçekleştiren kişilerdir (Şekil 4.1).

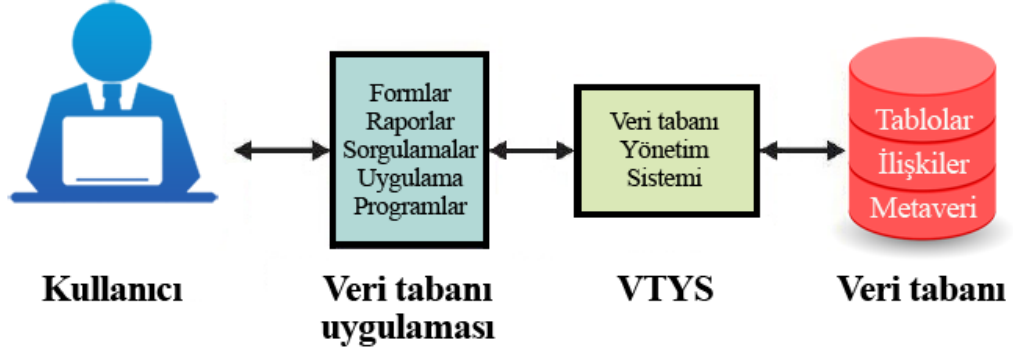


Şekil 4.1: Veritabanının bileşenleri.

Eğer bu veritabanı, mekansal verilerin depolandığı, birbirleri ile ilişkilerin tanımlandığı, sorgulandığı, işlendiği ve güncellendiği, amaca uygun olarak düzenlenmiş mekansal veri ve onunla ilişkili öznelik verisini içeriyor ise bu veritabanı, mekansal Veritabanı olarak adlandırılır. Günümüzde hemen hemen bütün CBS yazılımları mekansal veritabanını kullanmaktadır. Böylelikle kullanıcılara internet ortamında hatta akıllı telefonlarda mekansal veritabanları üzerinden sorgulama yapabilme imkanı sunulmaktadır.

4.2 Veritabanı Yönetim Sistemleri

Veritabanı Yönetim Sistemi (Database Management System) (VTYS), veri tabanlarını oluşturmak, veri dosyalarını girmek, değişiklikler yapıp kaydetmek, verilere erişim izni olan kullanıcıları tanımlamak, veritabanlarını yönetmek için tasarlanmış ve geliştirilmiş sistem ve yazılımların bütünüdür (Şekil 4.2). Günümüzde VTYS ölçeğe bağlı olarak farklı yazılım (örneğin Microsoft Access, Oracle, Microsoft SQL Server, My SQL) ve donanımı içermektedir. Veritabanı yönetim sisteminin yazılım ürünlerinin genel görevleri; veritabanını oluşturmak, veritabanı üzerinde sorgulama ve akabinde raporlama yapmak, veritabanının geliştirilmesi ve değiştirilmesini sağlamak ve veritabanına erişim yapacak kullanıcılara yetkiler vermektir. Veritabanlarının bakımı, onarımı ve güvenliği de veritabanı yönetim sistemi yazılımları üzerinden gerçekleştirilir. [78].



Şekil 4.2: Veritabanı Yönetim Sistemi.

Veritabanı yaklaşımında veri merkezi bir yerde saklanmakta ve birden çok kullanıcıya erişim olanağı sağlamaktadır. Bu sebeple veritabanı yönetim sisteminin merkezi yapısı birçok avantajlar sağlamaktadır. Veritabanı ve Veritabanı Yönetim Sistemlerinin önemli avantajları ve başlıca kullanım nedenleri aşağıda sıralanmaktadır.

- **Veri Tekrarı:** Veritabanı Yönetim Sistemlerinde kullanılan veriler bütünleşik yapıda olmaları nedeni ile veri kaynağı tek olarak tasarlanmalıdır. Bu sebeple gereksiz veri tekrarı önlenmiş olur.
- **Veri Tutarlılığı:** Veritabanı Yönetim Sistemlerinde aynı verinin birkaç kopyasının olması, sistem bakımını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle güncellenen veri başka bir tabloda güncellemeden kalabileceği için veri tutarsızlığına yol açar.
- **Veri Güvenliği:** Veritabanında bulunan tüm verilere her kullanıcının kolayca erişmesi istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Bu sebeple, Veritabanı Yönetim Sistemleri, her bir kullanıcıya çeşitli derecelerde yetkiler atayarak bu kullanıcıların erişebileceği, değiştirebileceği ortamları hazırlar. Böylece verilerin güvenliği sağlanmış olur.
- **Veri Paylaşımı:** Veri paylaşımı, Veritabanı Yönetim Sistemi kullanılmadığı durumlarda verilere sıralı erişimin yapıldığı, veri üzerinde değişiklik yapılmak istenildiğinde veriye kimin önce eriştiğine bakarak önceliği verip diğerini beklettiği durumdur. Böylelikle aynı zamanda yapılan erişimlerde tutarsızlıkların ortaya çıkması önlenmiş olacaktır.

4.3 Veritabanı Modelleri

Veritabanında yer alan bütün veriler ve bunların ilişkileri veri modellerine göre tasarlanmaktadır. Verilerin depolanması, güncellenmesi, işlenmesi ve yeniden kullanılmasını sağlayan birbirinden farklı veri modelleri bulunmaktadır. Günümüzde kullanılan veri modelleri aşağıda verilmektedir [78,79]:

- İlişkisel veritabanı modeli
- Hiyerarşik veritabanı modeli
- Ağ veritabanı modeli
- Nesneye dayalı veritabanı modeli
- Varlık- ilişki modeli

Günümüzde yaygın olarak kullanılan ve birçok VTYS yazılımı tarafından desteklenen veritabanı modeli ilişkisel veritabanı modelidir. Bu yüzden bu tez çalışmasında da uygulamada tasarlanmış ve kurulmuş olan veritabanı modeli ilişkisel veritabanı modelidir.

İlişkisel Veritabanı Modeli

İlişkiler ve onların temsilleri olan tablolardan oluşan veri modelleri ilk olarak 1970 yılında E.F.Codd tarafından ortaya atılmıştır. Bu model nesnelerin tablolar halinde ifade edilebileceği ve nesnelere arasındaki ilişkinin matematiksel temeller (matematiksel mantık ve alt küme olgusu) üzerine oturtulabileceği mantığına dayanmaktadır [79].

İlişkisel veri modelinde veriler tablolar halinde depolanır. Tablolardaki her satır, bir detaya ait olup kayıt (record) olarak ifade edilir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi Van-Erciş depremi sonrası hasar tespit analizi için oluşturulan ilişkisel veritabanı örneği gösterilmektedir.

Tablolardaki kolonlar alan (field) olarak adlandırılır. Bu kolonlarda detaylara ait grafik veriler (koordinat değerleri) ile grafik olmayan veriler (öznitelik değerleri) yer alır. Farklı tablolar arasındaki bağlantı, ortak alanlar kullanılarak gerçekleştirilir. Bir tablodaki bir kayıta erişim için anahtar (key) oluşturulur ve kullanılır. Anahtar, tek bir alan olabileceği gibi, birden çok alan da anahtar olabilir. Bir tabloda anahtar olmayan, fakat bağlantı yapılan başka bir tabloda anahtar olan bir alan yabancı anahtar (foreign

key) olarak adlandırılır. Veritabanı büyüdükçe ve tablo sayısı arttıkça tablolar arasında anahtarlar aracılığıyla kurulan bağlantılar karmaşıklaşabilir [79]. İlişkisel veri modelinde, bir ya da birden çok kayıta erişim için önce tablolar birleştirilir, sonra bir sorgulama dili (Structured Query Language (SQL)) ile sorgulama yapılır. İlişkisel veritabanı esnek bir yapıya sahip olduğundan birçok farklı sorgulama yapılabilir. İlişkisel veri modelinde ilişkileri (tabloları) değiştirmek, yeni tablolar oluşturmak kolay olduğundan, bu model coğrafi verilerin depolamasında sıkça kullanılmaktadır [79].

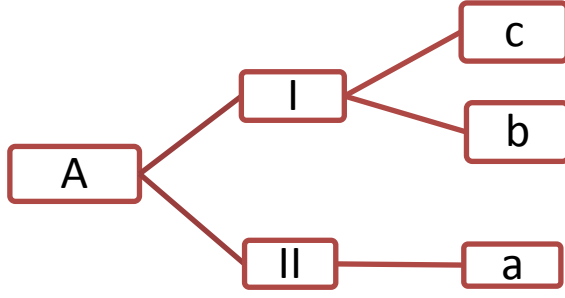
Çizelge 4.1: Hazırlanmış CBS tabanlı veritabanı için ilişkisel tablo örneği.

Heterojen 1						
İIID	İlçeID	BinaID	Yıkım tipi	EMS98	Katsayısı	Binatürü
Van	Erciş	1	Akerdeon Yıkım	G5	8	Betonarme
Van	Erciş	2	Genel Çökme	G4	6	Betonarme
Van	Erciş	3	Yana devrilerek	G5	6	Betonarme

İIID	İlçeID	BinaID	Yıkım tipi	EMS98
Van	Erciş	1	Akerdeon Yıkım	G5
Van	Erciş	2	Genel Çökme	G4
Van	Erciş	3	Yana devrilerek	G5

Hiyerarşik Veritabanı Modeli

En eski veritabanı modeli hiyerarşik veritabanı modeli olup özellikle 1970'lerde kullanılmıştır. Hiyerarşik veritabanı modelinin kullanıldığı en önemli veritabanı yönetim sistemi yazılımı IBM tarafından geliştirilen Information Management System (IMS)'dir. Bu veritabanı modelinde veriler, ters ağaç şeklinde birbiri ile hiyerarşik olarak yani diğer bir ifade ile bir ağaçta olduğu gibi kök ve dallardan oluşacak şekilde düzenlenmektedir (Şekil 4.3). Her dala birçok dal bağlanabilir ki bu, modelde dallanma ve çeşitliliğin artmasına olanak sağlar.



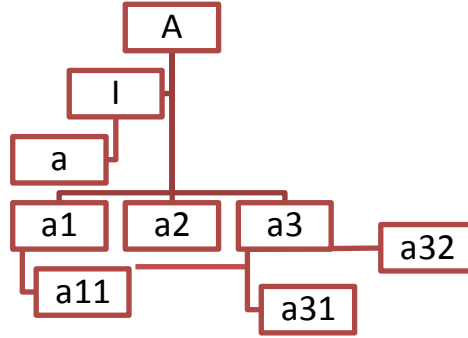
Şekil 4.3: Hiyerarşik Veritabanı modelinin basit şeması.

Hiyerarşik veritabanı modelinin sorgu dili oldukça basit olduğundan üzerinde işlem yapmak kolaydır. Ancak veritabanının yapısında yapılacak herhangi bir değişiklik o yapıya ait tüm alt dalları da etkileyeceği için çok fazla riskler içermektedir. Bu sebeple hiyerarşik veritabanı modelleri tasarlanırken iyi bir şekilde kurgulanmalıdır. Ayrıca bu modelde yapılacak sorgulamalara uygun olarak hiyerarşinin kurulması, dolayısıyla olası tüm sorgulamaların önceden bilinmesi zorunluluğu vardır. CBS de tüm sorgulamaları önceden bilmek ya da tahmin etmek mümkün olsa bile, yeni sorgulamalara göre hiyerarşik yapıyı değiştirme zorunluluğu, bu modelin coğrafi veri depolamak için uygun bir model olmadığını göstermektedir [79].

Ağ Veritabanı Modeli

Ağ veritabanı modeli hiyerarşik veritabanı modelinin yetersiz kalması sonucu ortaya çıkmış olmasına rağmen temelde hiyerarşik veritabanı modeline benzemektedir. Buradaki temel fark, alt düzeydeki bir veri birden fazla üst düzeydeki veri ile bağlantılı olabilir ve segmentler arasında birden çok ilişki tanımlanabilir (Şekil 4.4). Ağ veritabanı modeli hiyerarşik modeldeki tüm işlevleri gerçekleştirmekte ayrıca hiyerarşik modelden kaynaklanan birçok eksikliği de gidermektedir. Ağ veritabanında bire-bir veya bire-çok ilişkiler kurulabilir. Ancak ağ veritabanında değişiklik yapılması oldukça zordur ve bunun için yüksek teknik bilgiye sahip olunması gerekir. Ağ veritabanında veritabanını geliştiren kullanıcıların veriye ulaşabilmeleri için bütün

içyapıyı bilmesi gerekmektedir ki bu da ağ veritabanının dezavantajlarının başında yer almaktadır.



Şekil 4.4: Ağ Veritabanı modelinin basit şeması.

Nesneye Dayalı Veritabanı Modeli

Nesne yönelik veritabanı modeli 1980'li yıllarda ortaya çıkmıştır. Bu modelde nesnelere, kayıtları, sınıflar ise kayıt gruplarını ifade etmektedir. Bu bağlamda, modelde bir sorgunun karşılığında daha önceden tanımlanmış bir nesne kümesi yani sınıf olmalıdır.

Nesneye dayalı veri tabanı yönetim sistemlerinde nesnelere ait fonksiyonlar ve veriler tek bir birimde depolanır. Depolanan verilere ve fonksiyonlara erişim ancak özel arayüzler ile mümkün olabilmektedir. Nesneye dayalı veri tabanı yönetim sistemleri büyük verileri saklayabilmektedir ancak ilişki sayısı arttıkça veriye ulaşım yavaşlamaktadır [79].

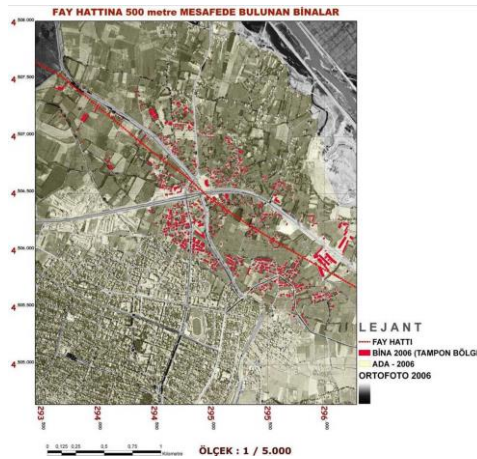
Varlık-ilişki Modeli

Peter Pin-Shan Chen (1976) tarafından geliştirilen Varlık-ilişki Modeli çok yaygın olarak kullanılmamaktadır. Bu modelde var olan ve benzerlerinden ayırt edilebilen her nesneye varlık adı verilir. Varlıkların özelliklerini belirtmek ve birbirinden ayırmak için nitelikler kullanılır. İlişkisel veritabanında olduğu gibi bu modelde de anahtar niteliği vardır. İlişki ise en az iki varlığın birbirleri ile olan bağlantısı olarak tanımlanır [79].

4.4 CBS Tabanlı Veritabanının Oluşturulması

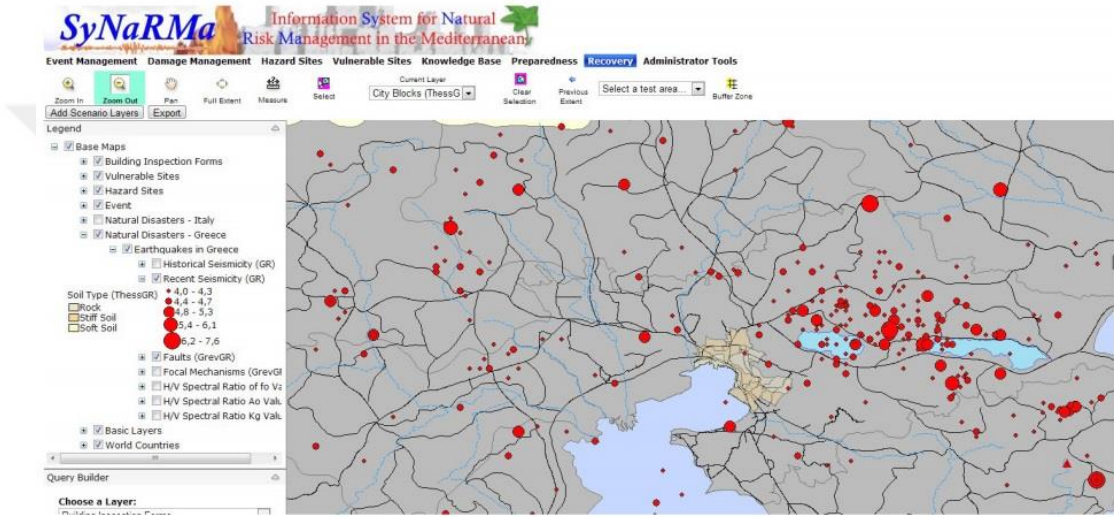
Veritabanları, verilerin mantıksal olarak gruplandırıldığı tablolardan oluşmaktadır. Güçlü bir veritabanı oluşturulması için tasarım aşamasında veritabanının amacı, hangi veritabanı modelinin kullanılacağı, ne tür verileri içereceği gibi temel sorulara yanıtlar aranmalıdır. Ayrıca, oluşturulacak veritabanı, farklı kullanıcıların gereksinimlerini karşılayabilmelidir [78].

Doğal afetler ile ilgili CBS tabanlı veritabanı modellerini içeren ulusal ve uluslararası birçok çalışma literatürde mevcuttur. Ulusal çalışmalara örnek olarak Türk (2009), doğal afet sürecinde, afet öncesi planlama ve hazırlıklı olma, afet anında ve sonrasında durum tespit etme, acil müdahale ve iyileştirme gibi çalışmaların multidisipliner olması gerektiğini gerçekleştirdiği doktora çalışmasında savunmuştur. Bu bağlamda doktora çalışmasında, doğal afet bakımından riskli olan yerleşim yerlerinin analizinde başta afet öncesi yapılması gereken uygulamalarda coğrafi veri (uydu görüntüleri, ortogörüntüler, GPS gibi) kaynaklarının kullanılabilirliği ve bu süreçte CBS'nin rolü vurgulanmıştır. Ayrıca, jeofiziksel ve jeolojik verilerinde CBS tabanlı veritabanları için önemli girdi veriler olduğunu belirtmiştir [80]. Çalışmada oluşturulan CBS tabanlı afet bilgi sisteminde, pilot bölge olarak alınan Tokat ilinin Erbaa ilçesinde fay hattına 500 m. uzaklıktaki binaların sorgulama sonucu Şekil 4.5'de gösterilmiştir



Şekil 4.5: Pilot çalışmada binaların fay hatlarına uzaklığı [80].

Uluslararası çalışmalara örnek olarak Willige vd. (2012), Yunanistan için oluşturulan CBS tabanlı afet bilgi sistemi gösterilmektedir. İnternet üzerinden kullanıcılara açık olan ve SyNaRMA (System for Natural Risk Management in the Mediterranean) olarak adlandırılan bilgi sistemin amacı, deprem sonrası bölgenin durumunu incelemek ve bölge üzerinde afet yönetimini gerçekleştirmektir. SyNaRMA sisteminde birçok veri (tarihsel depremler, güncel depremler, fay hatları, depremlerin odak mekanizma çözümleri vb) depolanmakta ve sorgulama yapılabilmektedir. Şekil 4.6’da sistemin örnek bir test bölgesinden kesiti verilmiştir [81].



Şekil 4.6: CBS tabanlı SyNaRMA veritabanında Selanik test bölgesi.

Doktora tezi çalışması sırasında mekâna dayalı tüm verilerin değerlendirilebilmesi için etkili bir veritabanının oluşturulması, yani mevcut farklı veri setlerinin değerlendirmesi, bilgisayar ortamında düzenli bir şekilde depolanması, sorgulanması ve çeşitli analizlerin yapılabilmesi için mekânsal bir veritabanının gerekliliği görülmüştür. Bu bağlamda, çalışma bölgesini olan Van ili Erçiş ilçesini kapsayan mevcut yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ile ortogörüntülerin saklandığı, bu verilerde türetilen tematik haritaların depolandığı, streetview verileri ile görselleştirilmesinin yapıldığı ve sorgulanabildiği bir veritabanı, ArcGIS 10 yazılımı ile oluşturulmuştur. Oluşturulan veritabanı için özellikle Arc Catalog arayüzü kullanılmış ve ilgili veriler tanımlanmıştır. Veritabanı ile ilgili detaylı bilgilere uygulama bölümünde daha geniş bir şekilde yer verilmiştir.



5. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında, merkez üssü Van şehir merkezinin 30 km kuzeyindeki Tabanlı köyünde 23 Ekim 2011 tarihinde yerel saat ile 13:41:20'de meydana gelen Van-Erciş depremi (moment büyüklüğü 7.2) ele alınmaktadır [50].

Tezde önerilen hedefler doğrultusunda takip edilen işleme adımları, Çizelge 5.1'de verilmiş ve alt bölümlerde detaylı olarak açıklanmıştır.

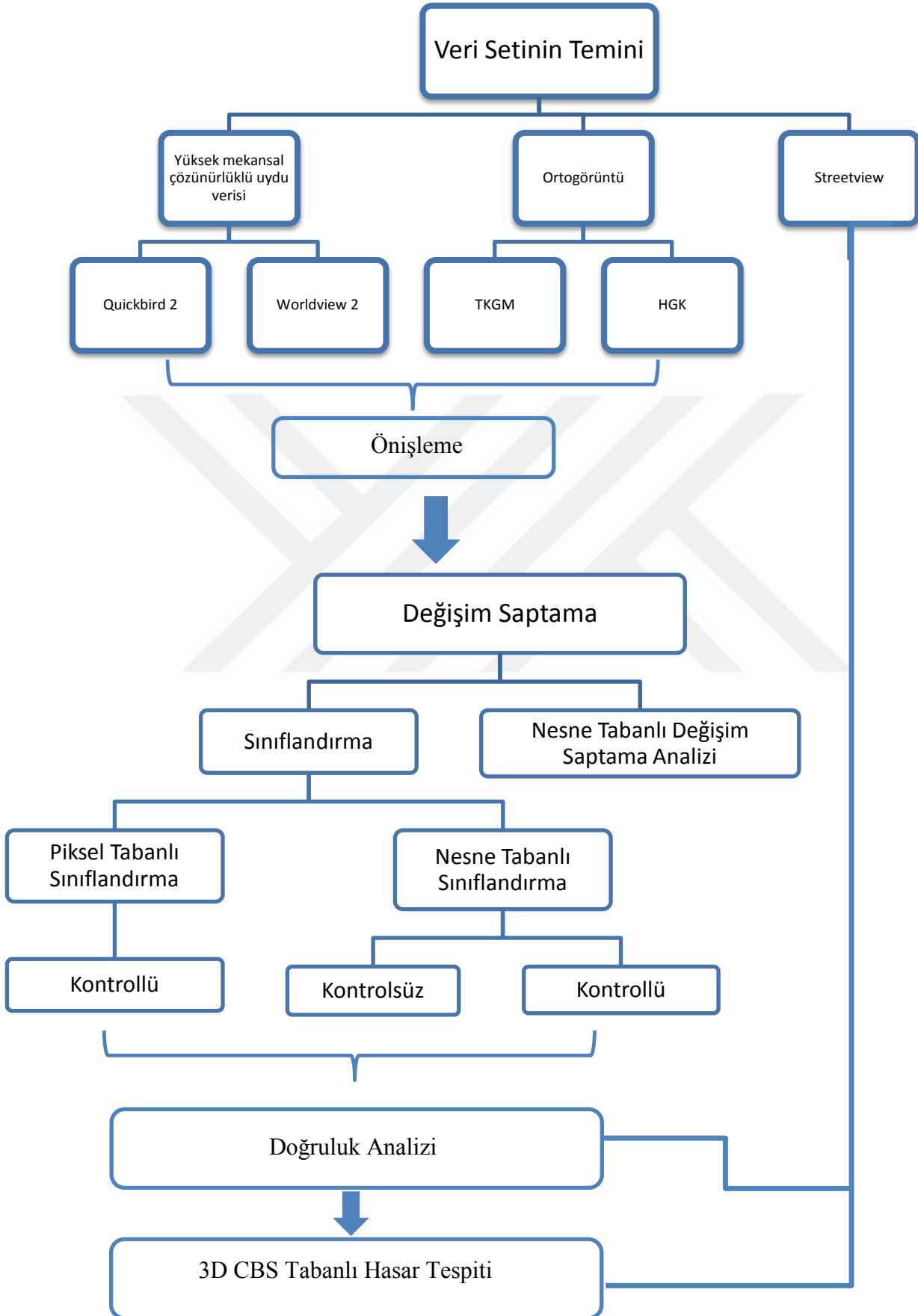
5.1 Kullanılan Veri Seti

Bu tez çalışmasında, çalışma bölgesine ait kullanılacak veri seti, 3 ana kategoride sınıflandırılmıştır. Bu veriler, çalışma bölgesine ait yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri, orto görüntüler ve streetview görüntüleridir. Çalışmanın uzaktan algılama uygulamasında deprem öncesi ve deprem sonrası alınan yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri (Worldview-2 ve Quickbird-2) ile ortogörüntüler (HGK ve TKGM) kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarını doğrulamak ve CBS tabanlı veritabanı bölümünde yersel veri olarak streetview görüntülerinden yararlanılmıştır.

5.1.1 Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri

Çalışma bölgesine ait, deprem öncesi ve deprem sonrası yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntüleri, Digital Globe Foundation Inc. Firmasından araştırma desteği kapsamında temin edilmiştir. Bu veri setinde yer alan görüntüler, deprem öncesi Worldview-2 (27 Temmuz 2011) ve deprem sonrası Quickbird-2 (14 Kasım 2011) uydu görüntüleridir. Güneş senkronizasyonlu yörüngeye sahip olan Worldview-2'nin yörünge yüksekliği 770 km'dir. İlk yüksek mekânsal çözünürlüklü ve 8 bantlı multispektral uydu olan Worldview-2 (WV2)'ün mekânsal çözünürlüğü pankromatik modda 50 cm, multispektral modda 2.0 m'dir. Dünya çevresinde bir turunu 100 dakikada tamamlamaktadır. Yörünge periyodu 1.1 gün olup, günde 1 milyon km² görüntü alabilmektedir (Çizege 5.2), [82].

Çizelge 5.1: Uygulamada izlenen işleme aşamaları.



Güneşle senkronizasyonlu yörüngeye sahip olan Quickbird-2'nin yörünge yüksekliği 450 km'dir. Dünya çevresini 93 dakikada tamamlayan uydunun yörünge periyodu, hedef doğrultusunda 1-3,5 gün arasında değişmektedir. Mekânsal çözünürlüğü pankromatik modda 61 cm, multispektral modda ise 2.40 m'dir. Günde 200.000 km² görüntü alabilen uydu, 4 bantlıdır (Çizelge 5.3), [83].

Çizelge 5.2: Worldview-2 uydusu ve teknik özellikleri.

	Yörünge	Yükseklik: 770km
		Tip: Güneşle senkronizasyon
		Period: 100 dakika
	Radyometrik Çözünürlük	11 Bit
	Mekânsal Çözünürlük	Pankromatik: 0.5 m
		Multispektral: 2 m
	Spektral Çözünürlük	Pankromatik: 450 - 800nm
		Kıyı: 400 - 450nm
		Mavi: 450 - 510nm
		Yeşil: 510 - 580nm
		Sarı: 585 - 625nm
		Kırmızı: 630 - 690nm
Kırmızı kenar: 705 - 745nm		
Yakın kızılötesi-1: 770 - 895nm		
Yakın kızılötesi-2: 860 - 1040nm		

Çizelge 5.3: Quickbird-2 uydusu ve teknik özellikleri.

	Yörünge	Yükseklik: 450km
		Tip: Güneşle senkronizasyon
		Period: 93 dakika
	Radyometrik Çözünürlük	11 Bit
	Mekânsal Çözünürlük	Pankromatik: 0.61 m
		Multispektral: 2.4 m
	Spektral Çözünürlük	Pankromatik: 450 - 900nm
		Mavi: 450 - 520nm
		Yeşil: 520 - 600nm
		Kırmızı: 630-690 nm
		Yakın Kızıl Ötesi: 760 - 900nm

5.1.2 Ortogörüntü

Ortogörüntü (ortofoto), eğiklik, dönüklük ve yükseklik hataları giderilmiş, yeryüzünü bozulma olmaksızın ölçekli bir şekilde gösteren yeniden örneklenmiş hava görüntüsüdür. Bir görüntüde yer alan tüm bilgiler, ortogörüntüde de yer almaktadır [84]. Ortogörüntü harita ise, belirli bir pafta bölünmesine göre üretilmiş, üzerinde kenar bilgisi, grid, eş yükselti eğrileri, yer ve mevki isimleri gibi kartografik bilgilerin bulunduğu ortogörüntülerdir. Mekânsal doğrulukları sayesinde ortogörüntüler, yatay mesafe, açı, konum, alan ölçümleri için harita olarak kullanılabilir [85]. Ortogörüntü haritalar, kentsel dönüşümde, kadastronun yenilenmesi ve güncellenmesinde, tarım, orman ve afet yönetim bilgi sistemleri gibi karar destek projelerine altlık olarak kullanılmaktadır. Son yıllarda, üretim süreci topoğrafik haritalara nispeten daha ucuz ve kolay olması sebebi ile ortogörüntü haritalara talep gün geçtikçe artmaktadır.

Ülkemizde ortogörüntü üretimi belli amaçlar için bazı kurumlar dışında ve büyük bir kısmı hali hazırda Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ve Harita Genel Komutanlığı (HGK) tarafından yapılmaktadır. Doktora tez çalışması için bölgeye ait deprem öncesi ortogörüntüler TKGM'den ve deprem sonrası ise HGK'dan temin edilmiştir. TKGM tarafından alınan ortogörüntü alım tarihi Temmuz-2010 olup görüntülerin mekansal çözünürlüğü 30 cm'dir. 23 Ekim 2011 tarihinde bölgede meydana gelen deprem sonrası HGK tarafından 24 Ekim 2011 tarihinde alınan ortogörüntüler, 45 cm mekansal çözünürlüğünde olup, 150 adet hava fotoğrafı çekimi ile toplamda planlanan 6 uçuş sonrasında elde edilmiştir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1: Deprem sonrası bölgeye ait uçuş planı.

HGK tarafından üretilmiş ortogörüntüler, deprem sonrası afet yönetiminde karar verici mekanizmalara altlık oluşturmuş ve özellikle geçici barınma amaçlı kurulan çadırların dağılımlarının belirlenmesinde etkili olmuştur (Şekil 5.2), [86].



Şekil 5.2: HGK tarafından 24 Ekim 2011 tarihinde alınan Erciş ilçesine ait ortogörüntüsü (2011).

5.1.3 Streetview Görüntüler

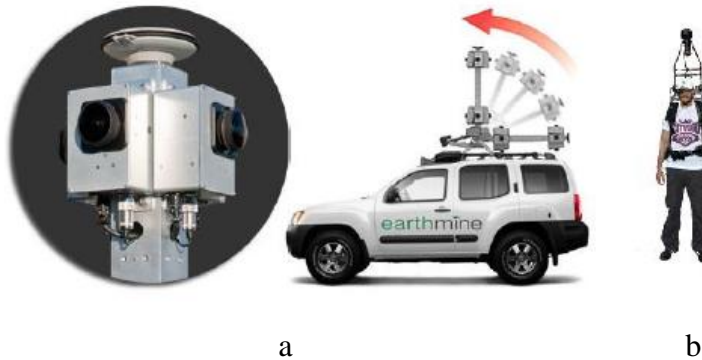
Van ili Erciş ilçesinde, 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen deprem sonrası, Earthmine ekibinin Türkiye temsilcisi, hasar tespit çalışmaları için, bölgede Streetview çalışmasında bulunmuştur. Earthmine firması ile çalışma bölgesinin sokak görüntüleri (Streetview) NASA laboratuvarlarında özel olarak geliştirilmiş bir kamera ile alınmıştır. Çalışmada kullanılan kamera sistemi, 4 adet üstte, 4 adet altta olmak üzere toplamda 8 ayrı kameranın birleşmesi ile oluşmuş 32 megapiksellik panoramik

görüntü alabilen özel bir ekipmandır. Earthmine programının kullandığı kameranın özellikleri Şekil 5.3’de verilmiştir.



Şekil 5.3: Earthmine programında kullanılan kameranın özellikleri.

Araştırması yapılacak olan bölge için görüntüler iki farklı saha ekibi (Araçlı ekip ve saha ekibi) tarafından alınmaktadır. Araçlı ekipler; 360 derecelik kameralar yardımıyla tüm alanın görüntüsünü hiçbir kör nokta bırakmadan tüm koordinatları ile kaydedebilmektedir. Ayrıca; 360 derecelik kamera, 12.4 piksellik görüntü kalitesi ile saniyede 24 kare görüntü alabilmekte ve araç saatte 60 km hızla hareket ederek veri toplayabilmektedir. Kamera, aracın tepesine monte edilerek araç içindeki ana üniteye bağlı olarak çalışmaktadır. Veri toplama esnasında görüntülerin coğrafi koordinatları GPS aracılığı ile kayıt altına alınmaktadır (Şekil 5.4a).



Şekil 5.4: Saha çalışma ekipleri. a) Araçlı ekip. b)Yaya ekip.

Yaya ekipleri ise, taşıt trafiğine kapalı alanlarda, tarihi-turistik mekanlarda ve aracın girmesinin mümkün olmadığı iç mekanlarda tercih edilmektedir. Yaya ekiplerinde bulunan sırt çantası kitinde araçlı ekiplerde bulunan tüm yazılım ve donanım mevcut olup görüntü kalitesinde bir değişiklik bulunmamaktadır (Şekil 5.4 b), [87, 88].

Earthmine ekibi öncelikle depremden en ağır hasarı almış bölgesi olan Van ili Erciş ilçesinde çalışmalarını sürdürmüştür. Earthmine viewer isimli program kullanılarak depremden birkaç gün sonra afet bölgesinin büyük bir kısmının detayları izlenebilmiştir. Program kullanılarak ağır hasarlı, tamamen yıkılmış binalar ile binalarda meydana gelen yapısal olmayan deformasyonlar tespit edilerek yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri ve ortogörüntülerin tespit edemediği detaylara ulaşılabilmektedir. Ayrıca, görüntüler sayesinde hasarlı binaları sınıflandırma işlemi başarı ile yapılmış ve binalardaki çatlaklar gibi detaylar bu program sayesinde gözlemlenebilmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5: Earthmine viewer programından bir görüntü.

5.2 Görüntü İşleme- Ön İşleme

Uydu görüntülerinin algılayıcı ve platformdan kaynaklanan sistematik ve/veya sistematik olmayan geometrik ve radyometrik hatalarının giderilmesi işlemi ön işleme olarak bilinmektedir.

Tez çalışmasında, kullanılan uydu verileri ve ortogörüntülerinin bulutsuz (bulutluluk oranı = sıfır) olması ve hasar tespit analizinin sınıflandırma sonrası değişim analizleri ile yapılması, diğer bir ifade ile her bir verinin kendi içerisinde değerlendirilmesi nedeniyle atmosferik düzeltmeye gerek duyulmamıştır.

Çalışma alanını içeren görüntü veri setinin her birinin farklı geometriye sahip olması nedeni ile seçilen test bölgelerine ait görüntülere geometrik düzeltme işlemi uygulanarak ± 2 piksel rms hatası ile coğrafi projeksiyon koordinatlarına kayıt

edilmiştir. Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.5’de görüntülerin kayıt edilme işlemi sırasında test bölgelerinde kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı ve rms (en küçük kareler) hataları verilmiştir.

Çizelge 5.4: Yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin geometrik düzeltmesinde kullanılan yer kontrol noktalarının sayısı ve rms hataları

Bölge	Baz Görüntü	Rektifiye edilen görüntü	n. derece	YKN Sayısı	±rms hatası
Heterojen 1	WV2	QB2	1	13	1.053097
Heterojen 2	WV2	QB2	1	8	1.326094
Heterojen 3	WV2	QB2	1	12	1.853644
Homojen 1	WV2	QB2	1	7	0.786117
Homojen 2	WV2	QB2	1	8	1.590987

Çizelge 5.5: Ortogörüntülerin geometrik düzeltmesinde kullanılan Yer Kontrol Noktalarının sayısı ve rms hataları.

Bölge	Baz Görüntü	Rektifiye edilen görüntü	n. derece	YKN Sayısı	±rms hatası
Heterojen 1	Ortogörüntü-TKGM	Ortogörüntü-HGK	1	7	1.445288
Heterojen 2	Ortogörüntü-TKGM	Ortogörüntü-HGK	1	7	1.175320
Heterojen 3	Ortogörüntü-TKGM	Ortogörüntü-HGK	1	12	1.326094
Homojen 1	Ortogörüntü-TKGM	Ortogörüntü-HGK	1	7	1.747060
Homojen 2	Ortogörüntü-TKGM	Ortogörüntü-HGK	1	9	1.947080

Sonuç olarak hesaplanan rms hataları incelendiğinde, öngörülen ± 2 piksel rms hatasından düşük elde edilerek geometrik düzeltme işlemi tamamlanmıştır. Şekil 5.6’da, seçilen baz görüntüsü olan WV2 görüntüsüne kayıt edilen QB2 uydu verisi gösterilmiştir. Diğer test bölgelerinin geometrik düzeltme işlemi sonrasında elde edilen görüntüleri Ek1’de verilmiştir.



a

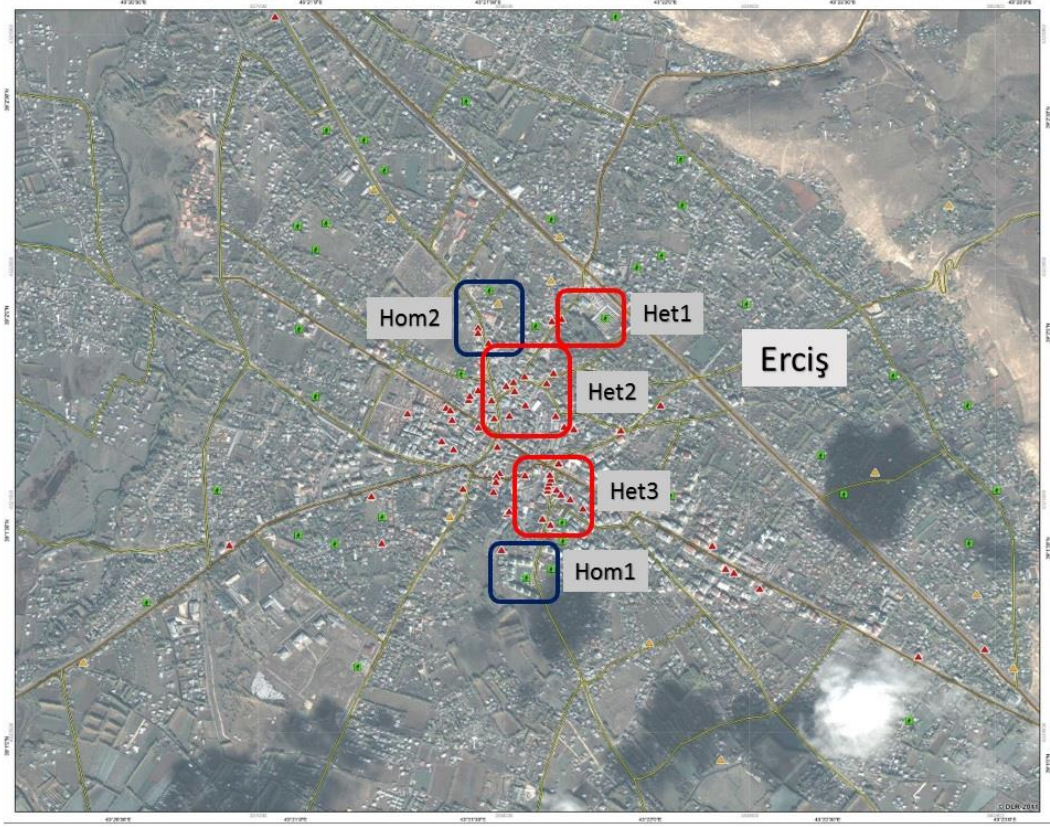
b

Şekil 5.6 : Geometrik düzeltme (a) Orijinal WV2 baz görüntüsü, (b) Geometrik kaydı yapılmış QB2 görüntüsü.

5.3 Çalışma Alanında Test Bölgeler













Çalışma bölgesi olarak seçilen Van ili Erciş ilçesinde 5 farklı test bölgesi belirlenmiştir. Bu test bölgelerinin seçiminde bölgede meydana gelen deprem sonrası yıkılmış ve ağır hasar almış binaların yoğunlukta olduğu bölgeler gözönüne alınarak homojen arazi örtüsü/kullanımı yapısına sahip 2 ve heterojen arazi örtüsü/kullanımı yapısına sahip ise 3 bölge olmak üzere toplamda 5 adet test bölgesi seçilmiştir (Şekil 5.7).

Şekil 5.7’de de görüldüğü üzere çalışma bölgelerinden Homojen dokudakiler daha fazla tarım alanı, yeşil alan ve köy evi gibi sınıflar içerirken, heterojen dokudaki yapılar daha çok şehir içinde kalan ve yapılaşmanın yoğun olduğu bölgelerdir. Heterojen 1 test bölgesi hem homojen hem de heterojen dokunun karışımı gibi olup esas seçilme amacı içinde yer alan şehir stadının depremden sonra çadırkent olarak kullanılmasıdır.

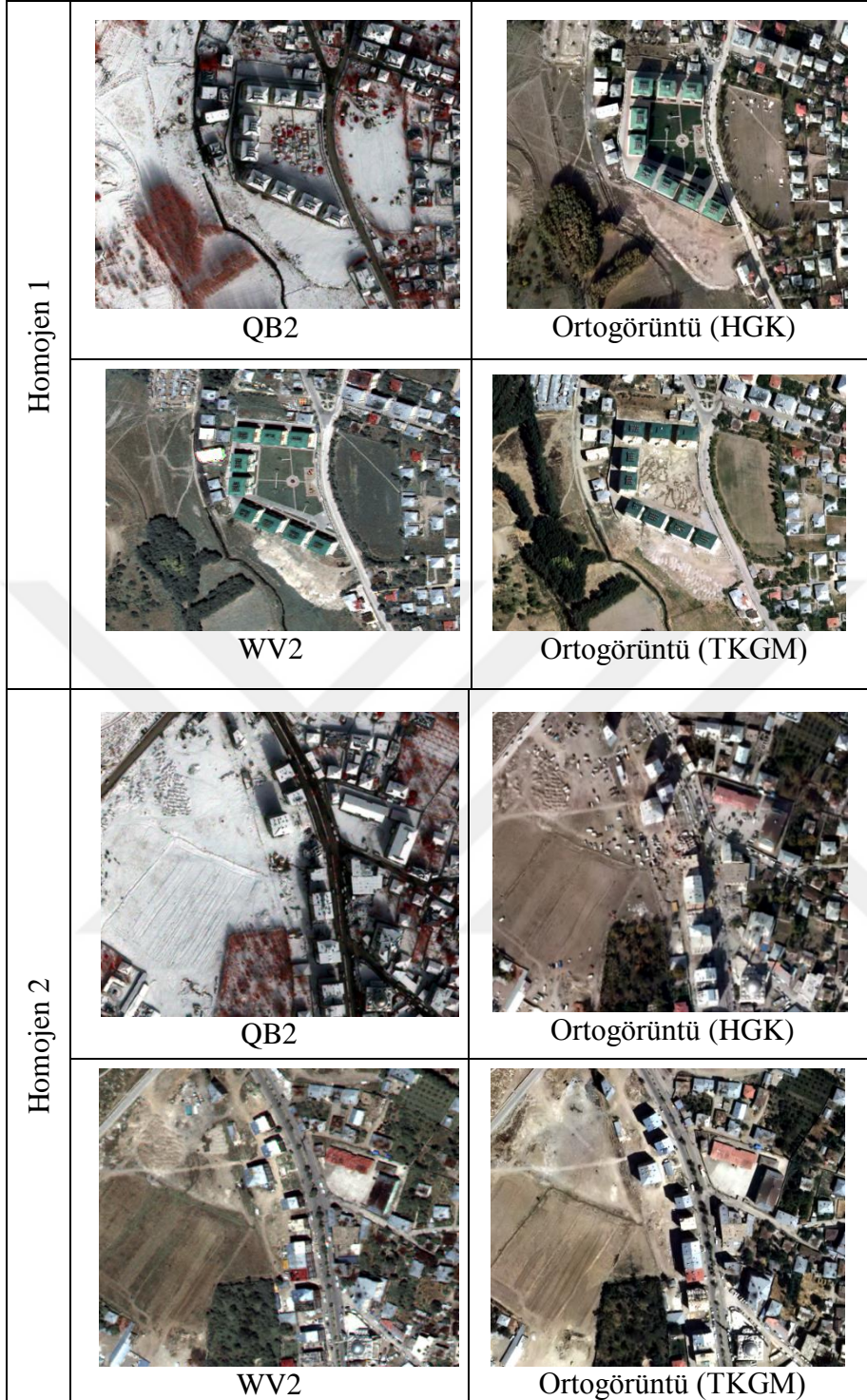


Şekil 5.7: Deprem sonrası Disaster Charter tarafından elde edilen uydu görüntülerinde Erciş ilçesinde seçilmiş 5 farklı çalışma bölgesi.

Uygulama için belirlenmiş olan beş farklı test bölgeleri sırası ile Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da gösterilmiştir.

Heterojen 1	 QB2	 Ortogörüntü (HGK)
	 WV2	 Ortogörüntü (TKGM)
Heterojen 2	 QB2	 Ortogörüntü (HGK)
	 WV2	 Ortogörüntü (TKGM)
Heterojen 3	 QB2	 Ortogörüntü (HGK)
	 WV2	 Ortogörüntü (TKGM)

Şekil 5.8: Heterojen bölgelerinin QB2, WV2 ve Ortogörüntü (TKGM ve HGK) gösterimi.



Şekil 5.9: Homojen 1 ve 2 bölgelerinin QB2, WV2 ve Ortogörüntü (TKGM ve HGK) gösterimi.

5.4 Sınıflandırma

Uydu verileri ve ortogörüntülerden uzaktan algılama teknolojileri ile bilgi elde etmek için en sık başvurulan yöntem sınıflandırmadır. Uygulamada; 5 farklı test bölgesi için 4 ayrı veri setine (yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri ile ortogörüntüler) 2 farklı sınıflandırma yöntemi (klasik kontrollü piksel tabanlı ile kontrolsüz ve kontrollü nesne tabanlı sınıflandırma) uygulanmıştır. Kontrollü sınıflandırma işlemi için kontrol bölgelerinin belirlenmesi en önemli adımdır. Şekil 5.10'da iki farklı veri setinde seçilen örnek kontrol bölgeleri gösterilmektedir. QB2 veri seti göz önüne alındığında kar örtüsünün farklı sınıflar üzerindeki negatif etkisi (mevsimsel farklılık) görülmektedir.

Nesne	Ortofoto	QB2
Yol		
Tarım		
Çadırkent		
1 Bina- Çatı tipleri		
1 Yıkılmış Bina Çeşitleri		

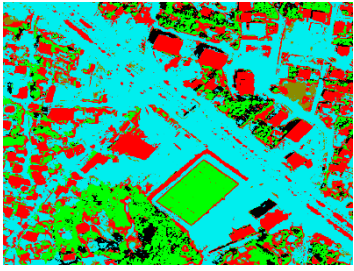
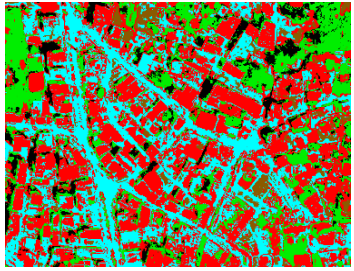
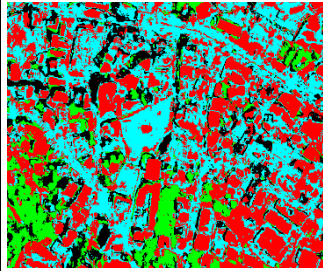
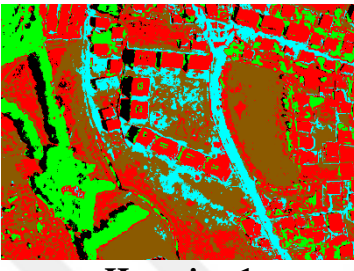

Şekil 5.10: Sınıflandırmada gözönüne alınan sınıflar.

5.4.1 Piksel tabanlı sınıflandırma- En Çok Benzerlik Yöntemi

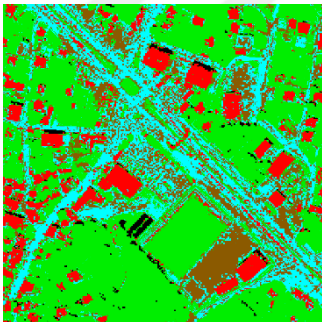
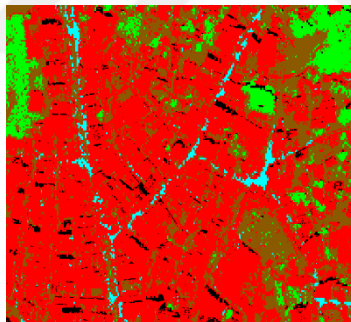
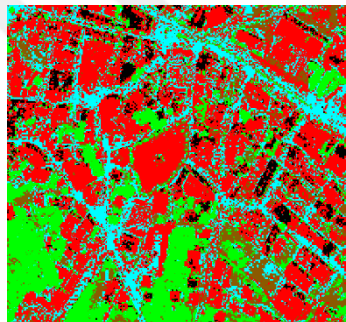
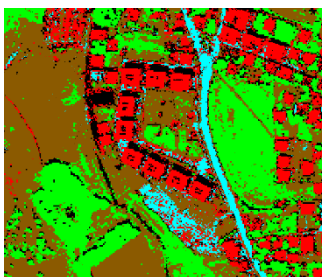
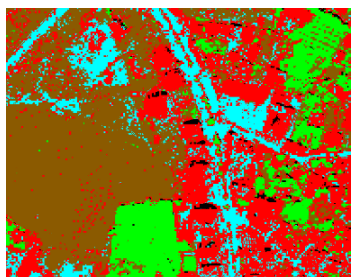
Piksel tabanlı yaklaşım, çalışılan ortalama nesne boyutunun, piksel çözünürlüğünden daha küçük veya piksel çözünürlüğüne yakın olduğu düşük mekansal çözünürlüklü görüntüler için daha kabul edilebilir ve uygun bir yaklaşımdır [77]. Literatürdeki birçok çalışmada yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip görüntülerin işlenmesi ve sınıflandırılmasında geleneksel piksel tabanlı sınıflandırma işleminin yetersiz kaldığı gösterilmektedir [89, 90, 91]. Mekansal çözünürlüğün artması ile karşılaşılan en temel sorun, arazi örtüsü/ arazi kullanımı sınıflarındaki sınıf içi yansıma çeşitliliğinin artması (mekansal çeşitlilik) ve bunun sonucunda arazi örtüsü/arazi kullanımı sınıflarının karışması durumudur.

Bu çalışmada test bölgelerinin piksel tabanlı sınıflandırmasında En Çok Benzerlik yöntemi ile sınıflandırılması, sınıflandırma sonuçlarının yorumlanması ve doğruluk analizi adımları gerçekleştirilmiştir. En Çok Benzerlik yöntemi piksel tabanlı sınıflandırma içinde en sıklıkla kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde istatistiksel değerler olan ortalama değer, varyans ve kovaryans vb. dikkate alınır. En Çok Benzerlik sınıflandırma yönteminde sınıflar için eş olasılık eğrileri tanımlanarak sınıflandırılacak pikseller üyelik olasılığı en yüksek olana atanır. Ayrıca bu yöntemde piksellerin, sadece parlaklık değerleri değil, aynı zamanda her sınıf için ayırım oluşturacak varyans-kovaryans matrisi oluşturulur.

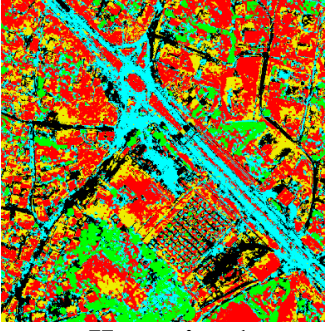
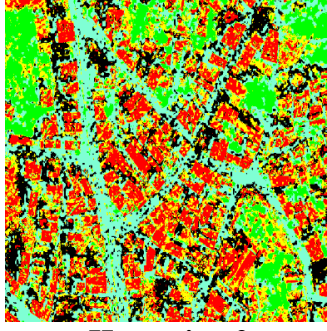
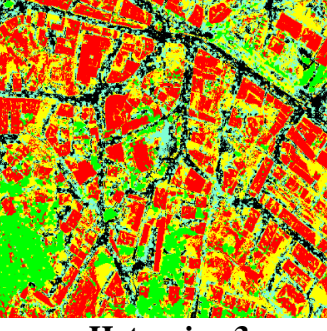

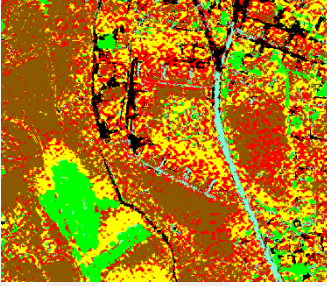
Uygulamada kullanılan dört farklı veri setinde toplamda yedi sınıf gözönüne alınmıştır. Bu sınıflar; Bina, Gölge, Çadırkent, Tarım alanı, Yol, Yeşil alan ve Yıkılmış bina sınıflarıdır. Ancak deprem öncesi görüntülerde Bina, Gölge, Tarım alanı, Yol ve Yeşil alan sınıfları kullanılmış; deprem sonrası görüntülerde ise, Bina, Gölge, Çadırkent, Tarım alanı, Yol, Yeşil alan ve Yıkılmış bina sınıfları kullanılmıştır. En Çok Benzerlik algoritması kullanılarak yapılan sınıflandırma sonuçları sırası ile Şekil 5.11, Şekil 5.12, Şekil 5.13 ve Şekil 5.14'de verilmiştir.

Veri Seti	Ortogörüntü (TKGM)	
		
Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
		Sınıflar
Homojen 1	Homojen 2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bina ■ Golge ■ Tarım alanı ■ Yeşil alan ■ Yol

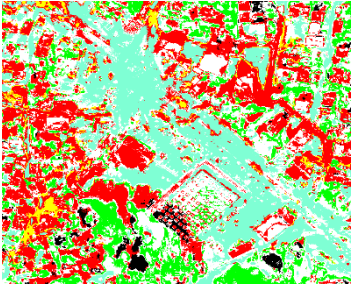
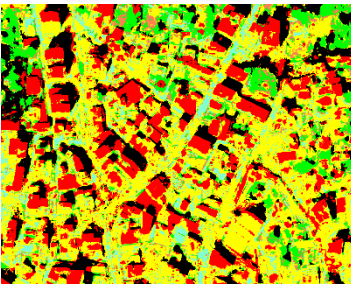
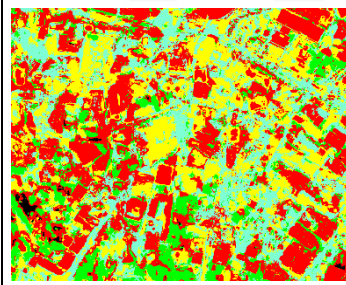
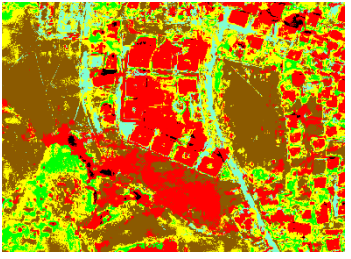
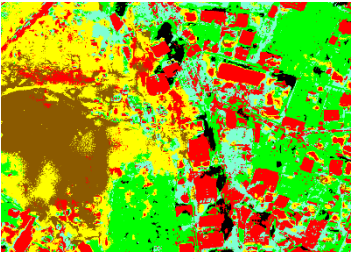
Şekil 5.11: Deprem öncesine ait Ortogörüntüsünün (TKGM) homojen ve heterojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları.

Veri Seti	Worldview 2	
		
Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
		Sınıflar
Homojen 1	Homojen 2	<ul style="list-style-type: none"> ■ Bina ■ Golge ■ Tarım alanı ■ Yeşil alan ■ Yol

Şekil 5.12: Deprem öncesine ait WV 2 verisinin homojen ve heterojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları.

Veri seti	Quickbird 2	
		
Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
		Sınıflar <ul style="list-style-type: none"> ■ Bina ■ Cadirkent ■ Golge ■ Tarimalani ■ Yesilalan ■ Yikilmisbina ■ Yol
Homojen 1	Homojen 2	

Şekil 5.13: Deprem sonrasında ait QB 2 verisinin heterojen ve homojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları.

Veri Seti	Ortogörüntü (HGK)	
		
Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
		<ul style="list-style-type: none"> ■ Bina ■ Cadirkent ■ Golge ■ Tarimalani ■ Yesilalan ■ Yikilmisbina ■ Yol
Homojen 1	Homojen 2	

Şekil 5.14: Deprem sonrasında ait Ortogörüntüsünün (HGK) heterojen ve homojen yapıdaki test bölgelerinin En Çok Benzerlik sınıflandırma sonuçları.

Test bölgelerine ait görüntülerin ENVI yazılımı ile sınıflandırılması için QB2 çok spektrumlu görüntüsünde 4(R)-3(G)-2(B) band kombinasyonu, WV2 çok spektrumlu görüntüsünde 5(R)-3(G)-2(B) band kombinasyonu, Ortogörüntülerde ise 3(R)-2(G)-1(B) band kombinasyonu kullanılmıştır. Bu 3 farklı veri seti için farklı bant kombinasyonlarının seçilmesinin temel nedenleri nesnelerin birbirinden daha iyi ayırtedilebilmesi, kontrol bölgelerinin daha rahat seçilebilmesi ve görsel yorumlamanın daha kolay yapılabilmesidir. Yakın kızıl ötesi bandın kullanımı bitki örtüsü ve suyun ayırt edilmesinde avantajlar sağlamaktadır. Bu bağlamda, WV2 uydu görüntüsünde yakın kızıl ötesi bandı, bitki örtüsü ve yeşil alanların tespitinde etkili olmuş ancak QB2 uydu görüntüsünün karla kaplı olması nedeni ile yakın kızıl ötesi bandı etkin kullanılmamıştır. Özellikle heterojen 1 ve heterojen 2 test bölgelerindeki sınıflarının birbirine çok karıştığı görülmektedir. TKGGM'den temin edilen ortogörüntüsünün yanı sıra WV2 uydu görüntüsünde de bina sınıfı ile tarım alanı ve yol sınıflarının karıştığı gözlenmiştir. Bu karışmanın nedeni bu bölgelerdeki mevcut yapılarda çatı malzemesinin genellikle beton, toprak veya sac olmasından kaynaklanmaktadır. Homojen test bölgelerinde ise, yeşil alan, gölge ve tarım alanı sınıfları doğru sınıflandırılırken, bina, yol ve yıkılmış bina sınıflarının spektral olarak birbirine çok yakın olması sebebi ile her test bölgesinde karıştığı saptanmıştır.

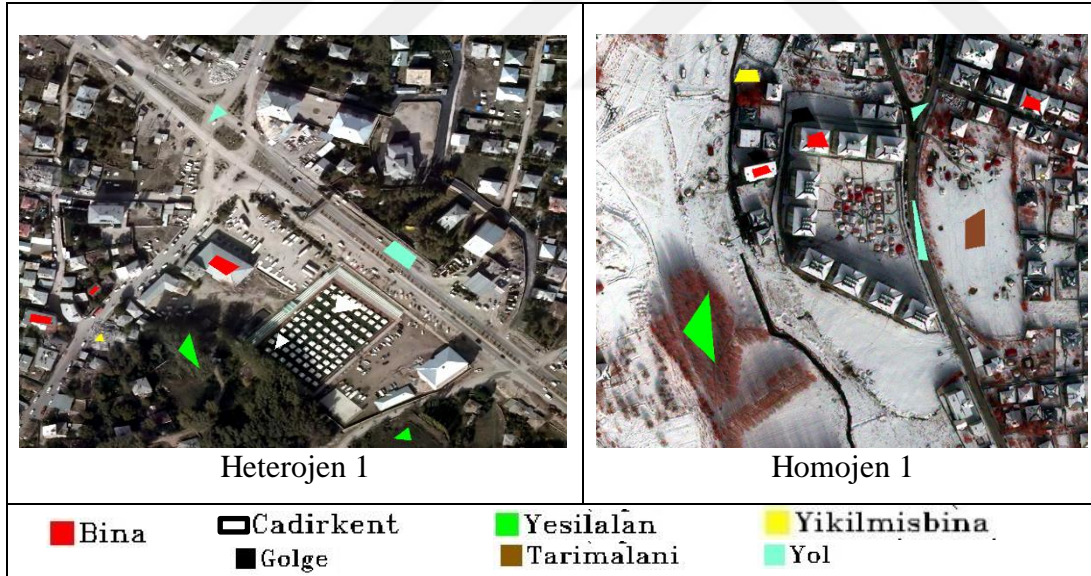
5.4.2 Doğruluk Analizi

Sınıflandırma doğruluk analizi, seçilen referans veriler ile sınıflandırılmış görüntü arasındaki uyuşumun belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu amaca yönelik olarak test bölgelerinde her bir sınıfa ait belirli sayıda referans pikselleri seçilmiştir. En Çok Benzerlik yöntemi sonucunda elde edilen piksel-tabanlı sınıflandırma doğruluk analizi klasik hata matrisi ile irdelenmiş ve elde edilen doğruluklar Çizelge 5.6'da verilmiştir.

Çizelge 5.6: Test bölgelerinin En Çok Benzerlik yöntemi ile elde edilen sınıflandırılmış görüntülerin doğruluk analizleri.

Veri Seti	Doğruluk Değerlendirmesi	Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3	Homojen 1	Homojen 2
Ortogörüntü (TKGM)	Genel Doğruluk	% 99	% 94	% 71	% 96	% 91
	Kappa	0.98	0.92	0.60	0.95	0.88
WV2	Genel Doğruluk	% 97	% 95	% 86	% 98	% 94
	Kappa	0.96	0.93	0.82	0.97	0.93
Ortogörüntü (HGK)	Genel Doğruluk	% 91	% 87	% 69	% 84	% 95
	Kappa	0.89	0.84	0.59	0.77	0.94
QB2	Genel Doğruluk	% 84	% 79	% 76	% 87	% 85
	Kappa	0.78	0.72	0.69	0.82	0.78

Çizelge 5.6’da verilen 4 farklı veri seti ile 5 test bölgesinde yapılan En Çok Benzerlik yönteminin doğruluk analizleri sonuçları incelendiğinde doğrulukların yüksek çıktığı gözlenmektedir. Bunun başlıca sebebi, Şekil 5.15’te gösterildiği gibi veri işleme sırasında seçilen kontrol bölgelerinin sayısının az olması (mevsimsel farklılıkların olması) ve/veya yeterli olmamasıdır (Örneğin tek bir bölgede çadırkent sınıfı).



Şekil 5.15: Heterojen 1 ve homojen 1 bölgelerinden seçilen kontrol bölgeleri.

5.5 Nesne Tabanlı Sınıflandırma

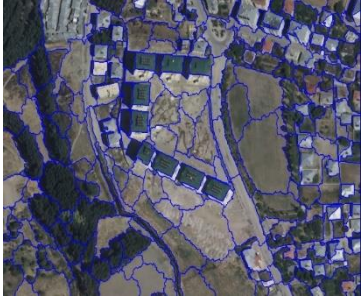


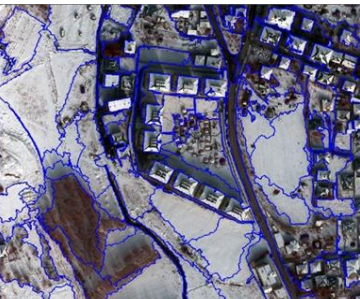
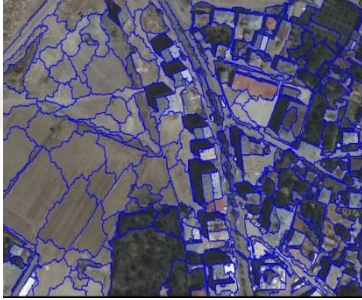


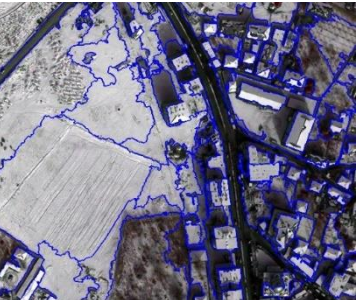
Ortogörüntülerin ve son yıllarda uydu görüntülerinin mekânsal çözünürlüklerinin artması ile yeryüzüne ait çok daha detaylı bilgiler elde edilebilmektedir. Ancak mekânsal çözünürlüklerdeki artış, piksel tabanlı sınıflandırma için sorun teşkil ettiğinden alternatif olarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi geliştirilmiştir. Bu

çalışmada da piksel tabanlı sınıflandırma sonuçlarının performansının spektral karışımlar nedeni ile düşük olduğu görüldüğünden, çalışmada gözönüne alınan test bölgelerine ait deprem öncesi (Ortogörüntü (TKGM) ve Worldview 2) ve deprem sonrası (Quickbird 2 ve Ortogörüntü (HGK)) görüntülere nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi uygulanmıştır.

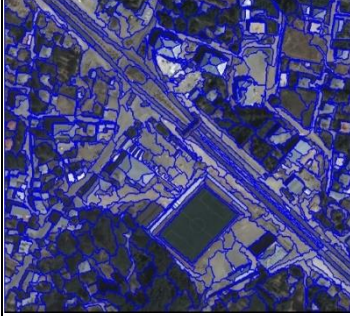

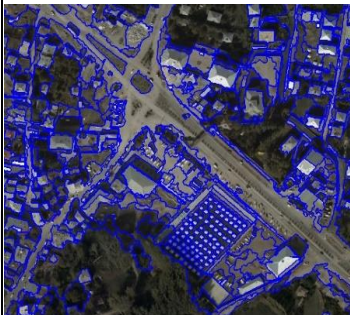

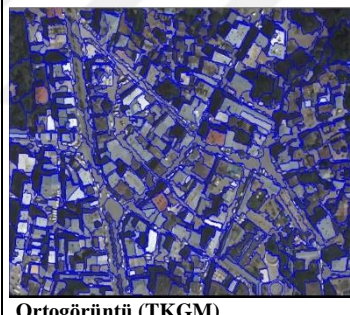
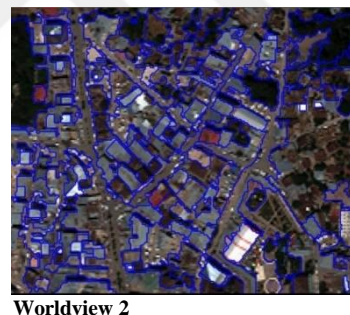


5.5.1 Segmentasyon

Nesne tabanlı sınıflandırmanın ilk ve en önemli aşaması segmentasyon olup segmentasyonun amacı, karmaşık görüntülerden anlamlı nesnelere yaratmaktır. Bu çalışmada literatürde en sık kullanılan ve popüler olan çoklu çözünürlüklü segmentasyon (multiresolution segmentation) kullanılmıştır. Çoklu çözünürlüklü segmentasyonda her bir piksel bir görüntü nesnesi olarak göz önüne alınarak, iteratif bir yaklaşımla görüntü nesnelere homojen olarak elde edilir. Çoklu çözünürlüklü segmentasyon algoritması ile segmentasyonda ölçek, şekil, renk, yumuşaklık ve yoğunluk olarak verilen 5 değişken kullanıcı tarafından belirlenir. Bu 5 değişken içinde en önemlisi ölçek değişkenidir. Segmentasyon aşamasında, ölçek değişkeni, renk, şekil yumuşaklık ve bütünlük değişkenleri olabildiğince gerçeğe yakın belirlenmelidir. Renk ile şekil ve yumuşaklık ile bütünlük değişkenleri birbirini 1'e tamamlar.

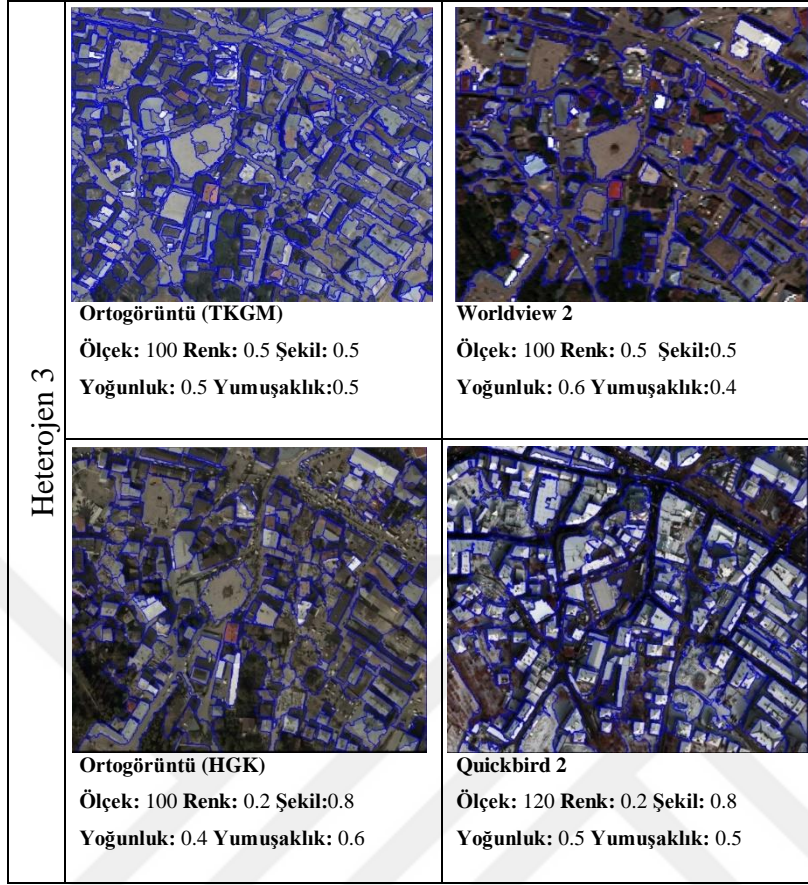
Bu çalışmada seçilen test bölgelerine nesne tabanlı sınıflandırma uygulaması yapılmadan önce her bölge için segmentasyon işlemi uygulanmıştır. Homojen ve heterojen yapıdaki bölgeler için segmentasyon işleminde kullanılan değişkenler ile sonuçları sırası ile Şekil 5.16, Şekil 5.17, Şekil 5.18'de verilmiştir.

Homojen 1		
	Ortogörüntü (TKGM) Ölçek: 120 Renk:0.3 Şekil: 0.7 Yoğunluk:0.3 Yumuşaklık: 0.7	Worldview 2 Ölçek: 120 Renk: 0.3 Şekil: 0.7 Yoğunluk: 0.3 Yumuşaklık: 0.7
		
	Ortogörüntü (HGK) Ölçek: 120 Renk: 0.4 Şekil: 0.6 Yoğunluk: 0.7 Yumuşaklık: 0.3	Quickbird 2 Ölçek: 130 Renk:0.2 Şekil:0.8 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık:0.6
Homojen 2		
	Ortogörüntü (TKGM) Ölçek:120 Renk:0.2 Şekil:0.8 Yoğunluk:0.4 Yumuşaklık: 0.6	Worldview 2 Ölçek: 120 Renk: 0.2 Şekil: 0.8 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık: 0.6
		
	Ortogörüntü (HGK) Ölçek: 120 Renk:0.3 Şekil : 0.7 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık: 0.6	Quickbird 2 Ölçek: 120 Renk: 0.3 Şekil: 0.7 Yoğunluk: 0.6 Yumuşaklık: 0.4

Şekil 5.16: Homojen 1 ve Homojen 2 test bölgelerine ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri.

Heterojen 1	 <p>Ortogörüntü (TKGM) Ölçek: 120 Renk: 0.2 Şekil: 0.8 Yoğunluk: 0.3 Yumuşaklık: 0.7</p>	 <p>Worldview 2 Ölçek: 120 Renk: 0.2 Şekil: 0.8 Yoğunluk: 0.3 Yumuşaklık: 0.7</p>	
	 <p>Ortogörüntü (HGK) Ölçek: 120 Renk: 0.6 Şekil: 0.4 Yoğunluk: 0.7 Yumuşaklık: 0.3</p>	 <p>Quickbird 2 Ölçek: 80 Renk: 0.5 Şekil: 0.5 Yoğunluk: 0.9 Yumuşaklık: 0.1</p>	
	Heterojen 2	 <p>Ortogörüntü (TKGM) Ölçek: 100 Renk: 0.4 Şekil: 0.6 Yoğunluk: 0.6 Yumuşaklık: 0.4</p>	 <p>Worldview 2 Ölçek: 100 Renk: 0.4 Şekil: 0.6 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık: 0.6</p>
		 <p>Ortogörüntü (HGK) Ölçek: 100 Renk: 0.3 Şekil: 0.7 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık: 0.6</p>	 <p>Quickbird 2 Ölçek: 150 Renk: 0.3 Şekil: 0.7 Yoğunluk: 0.4 Yumuşaklık: 0.6</p>

Şekil 5.17: Heterojen 1 ve Heterojen 2 test bölgelerine ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri.



Şekil 5.18: Heterojen 3 alanına ait deprem öncesi ve deprem sonrası tüm görüntülerin segmentasyonu ve seçilen segmentasyon değişkenleri.

Tüm veri setinin ayrı ayrı segmentasyon sonuçları incelendiğinde, çalışma bölgelerinde ölçek değişkenlerinin aynı olmasının nedeni görüntülerin mekânsal çözünürlüklerinin birbirine yakın olmasıdır. Ayrıca her iki ortogörüntü ve WV2'nin ölçek değişkeni dışındaki değişken değerlerinin de birbirine yakın olmasının diğer bir sebebi ise görüntülerin alım tarihlerinin mevsimsel olarak yakın olmasıdır. Diğer yandan, QB2 uydu görüntüsünün segmentasyon sonucu ölçek değişkeni ile renk ve yoğunluk değişkenlerinin diğer görüntü verilerinden farklı olmasının ana sebebi görüntünün karla kaplı olmasıdır (Şekil 5.16, Şekil 5.17 ve Şekil 5.18). Görüntüde karın, bina çatılarında, tarım alanlarında, yol kenarlarında, yıkılmış binaların üstlerinde olması nedeni ile sınıfların birbirinden ayırt edilebilmesi için renk ve yoğunluk değişkenleri iteratif olarak seçilmiştir.

Beş farklı test bölgesine ait tüm veri setleri ayrı ayrı segmente edildikten sonra sırası ile kontrolsüz sınıflandırma (Condition based classification) ve kontrollü sınıflandırma (Nearest neighborhood classification) adımları gerçekleştirilmiştir.

5.5.2 Kontrolsüz Sınıflandırma (Condition Based Classification – Koşul Bazlı Sınıflandırma) Uygulaması

Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada ilk olarak sınıflar belirlenir, ardından her bir sınıfı tanımlayacak tanımlamalar yapılır. Bu çalışmada göz önüne alınan sınıfların tanımlanmasında 3 farklı özellik kullanılmıştır. Bu özellikler spektral, şekil ve doku olup, her bir özellik için kullanılan farklı değişkenler Çizelge 5.7’de verilmiştir.

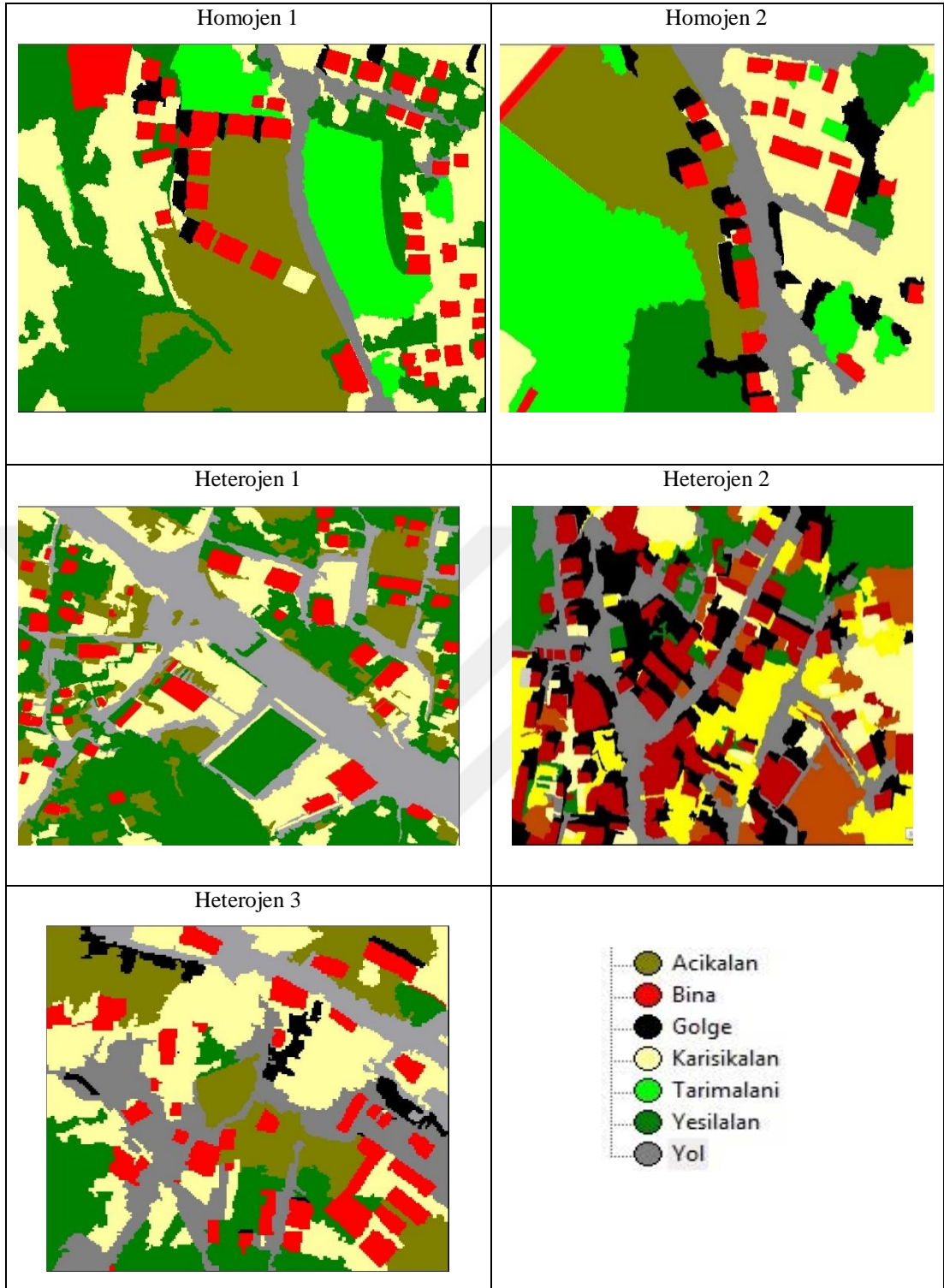
Çizelge 5.7: Uygulamada kullanılan spektral, şekil ve doku özellikleri için göz önüne alınan değişkenler.

	Özellikler		
	Spektral	Şekil	Doku
Değişkenler	Parlaklık	Boy/En	GLCM
	Bant Ortalaması	Alan	GLDV
	NDVI	Elliptik Uyum	
	NDSI	Dikdörtgensel Uyum	
		Asimetri	

Deprem öncesi alınan Ortogörüntü (TKGM) ve WV2 ile deprem sonrası alınan QB2 ve Ortogörüntü (HGK) verilerinde her farklı bölge için Koşul Bazlı kontrolsüz sınıflandırma algoritması uygulanmıştır. Çizelge 5.8 ve Çizelge 5.9’da sırası ile Ortogörüntü (TKGM) ve WV2 görüntülerinin her bir bölgesi için Çizelge 5.10 ve Çizelge 5.11’de de QB2 uydu görüntüsünün ve Ortogörüntüsünün (HGK) her bir bölgesi için tespit edilmiş olan sınıflar ve bu sınıfları tanımlayan değişkenler verilmiştir. Şekil 5.19, Şekil 5.20, Şekil 5.21 ve Şekil 5.22’de de sırası ile Ortogörüntü (TKGM), WV2, QB2 ile Ortogörüntü (HGK) görüntülerine uygulanan kontrolsüz sınıflandırma sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.8: Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri.

Ortogörüntü TKGM	Sınıflar ve sınıfları tanımlayıcı değişkenler						
	Sınıflar	Yeşil alan	Bina	Tarım alanı	Yol	Gölge	Karışık alan
Homojen 1	2 bant. ort.	Dikdörtgensel uyum	Maks. Fark	Boy/En	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan
Homojen 2	2 bant ort.	Dikdörtgensel uyum	3 bant Ort.	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan
Heterojen 1	2 bant ort.	Dikdörtgensel uyum Elleptik Uyum	Bant Ort.	Boy/En Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	---
Heterojen 2	2 bant ort.	Dikdörtgensel uyum Elleptik uyum	---	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	---
Heterojen 3	2 bant ort.	Dikdörtgensel uyum	---	Boy/En	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	---



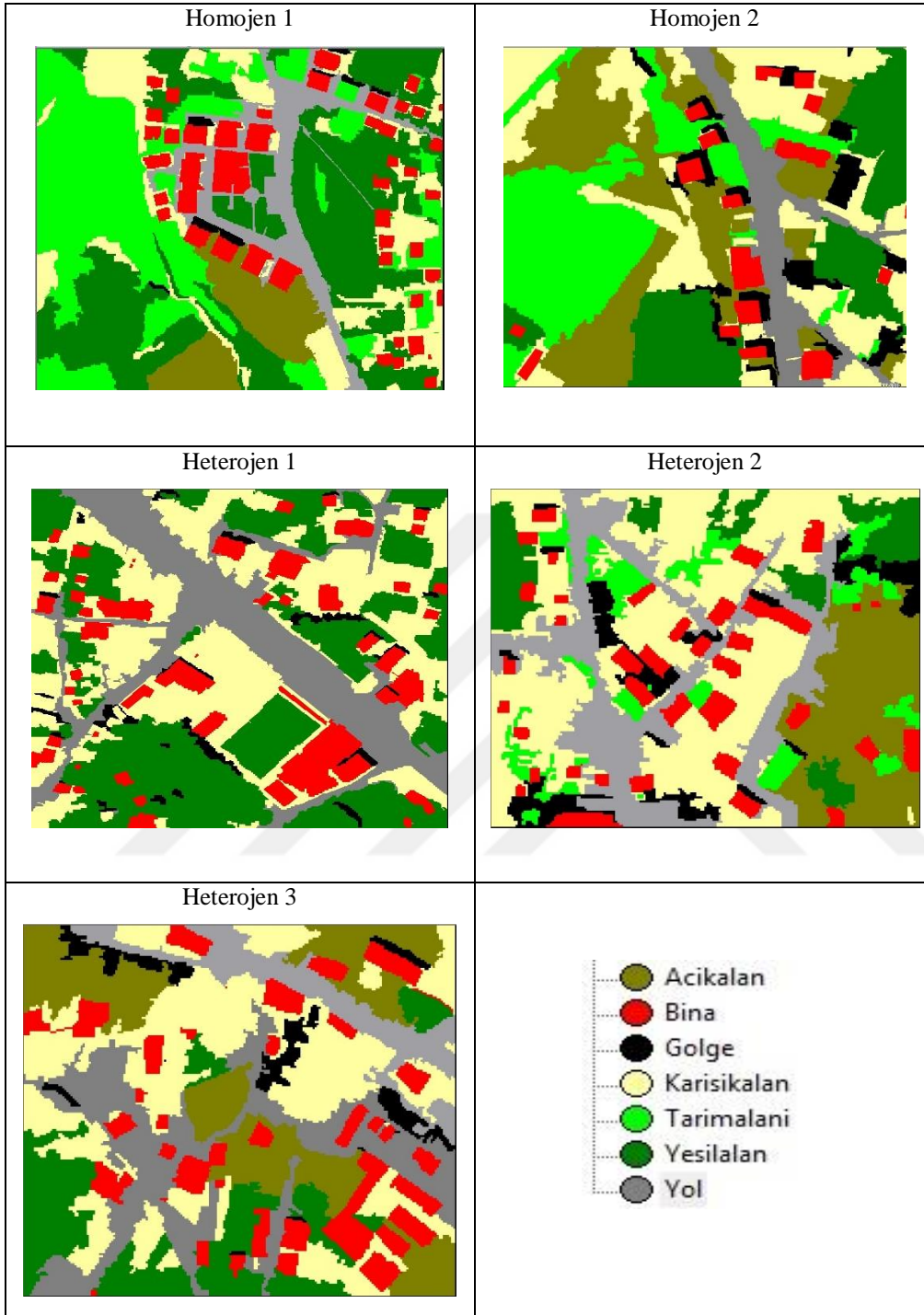
Şekil 5.19: Deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.

Deprem öncesi elde edilen görüntülerden, şekil, spektral ve doku özellikleri kullanılarak test bölgelerinde 7 sınıf (Açık alan, Bina, Karışık alan, Gölge, Tarım alanı, Yeşil alan ve Yol) belirlenmiştir. Bitki örtüsünün tespiti için en sık kullanılan yöntem

Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) olup bu veri setinde Yakın Kızılötesi bant olmadığı için yeşil alanların tespitinde 2. bantın ortalaması alınarak yeşil alanlar tespit edilmiştir. Homojen dokudaki test bölgelerinde heterojen dokudakine oranla daha fazla yeşil alan sınıfı mevcuttur. Tarım alanı ile ilgili sınıf homojen dokudaki test bölgelerinde ve heterojen dokudaki 1. bölgede bulunmaktadır. Tarım alanlarının spektral özellikler kullanılarak tanımlanmasında ise 3 bantın ortalaması (K, Y, M) veya 3 bantın farkı alınmıştır. Gölge sınıfının tespitinde en iyi ayırt edici değişkenin parlaklık değişkeni olduğu görüldüğünden, bütün test bölgelerinde parlaklık değişkeni ile gölge alanlar diğer alanlardan rahatlıkla ayırt edilmiştir. Parlaklık değişkeni, nesnelere parlaklık eşiklerine göre sınıflandırır. Tanımlanmış bir eşikten daha koyu değere sahip olan nesnelere gölge sınıfına atanır. Bina sınıfının tespiti için binaların şekli gözönüne alınarak dikdörtgensel uyum değişkeni seçilmiştir. Dikdörtgensel uyum değişkeni, verideki şeklin ne kadar kare ve dikdörtgen olması ile ilgilidir. Dikdörtgensel uyumun işleyişi, görüntü nesnesiyle aynı alana sahip bir dikdörtgenin boyutlarına dayanır. Bir dikdörtgeni oluşturan kenarların oranı yani uzunluğunun genişliğine oranının orantılı olması gereklidir. Bu değişkende, nesnenin önce uzunluğunun genişliğe oranına bakılır. Verilen eşik değeri, 0'a ne kadar yakınsa uyumsuzluk olduğunu gösterirken, eşik değeri 1 ve 1'e ne kadar yakın ise, tam uyumlu olduğunu göstermektedir. Binaların şekli genellikle kare ve dikdörtgen olduğu için bu değişken kullanılmıştır. Görüntülerden yol sınıfının çıkartılması sırasında da şekil özelliklerinden yararlanılmıştır. Bir yolun uzunluğu bir mesafe ile tanımlanmaktadır. Yol sınıfı diğer sınıflarda olmayan uzunluk ve/veya uzunluk/en oranına olup yol sınıfında süreklilik hakimdir. Bu sebeple yol sınıfının tespitinde, yolların uzunluğu ve/veya uzunluk/en oran değişkeni kullanılmış ve diğer sınıflardan rahatlıkla ayrılmıştır. Aynı zamanda görüntülerde sadece homojen dokudaki bölgelerde yer alan açık alanlar da şekil özelliklerinden alan değişkeni kullanılarak tespit edilmiştir. Açık alanlar diğer nesnelere oranla daha büyük ve geniş yer kapladığı için alan değişkeni ile rahatlıkla tespit edilmiştir.

Çizelge 5.9: Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem öncesi alınan Worldview 2 görüntü verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri.

WV2		Sınıflar ve sınıfları tanımlayıcı değişkenler					
Sınıflar	Yeşil alan	Bina	Tarım alanı	Yol	Gölge	Karışık alan	Açık alan
Homojen 1	NDVI	Dikdörtgensel uyum	4. Bant Ortalaması	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan
Homojen 2	NDVI	Dikdörtgensel uyum	NDSI	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	---
Heterojen 1	NDVI	Dikdörtgensel uyum	---	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan
Heterojen 2	NDVI	Dikdörtgensel uyum	NDSI	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan
Heterojen 3	NDVI	Dikdörtgensel uyum	---	Boy	Parlaklık	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan



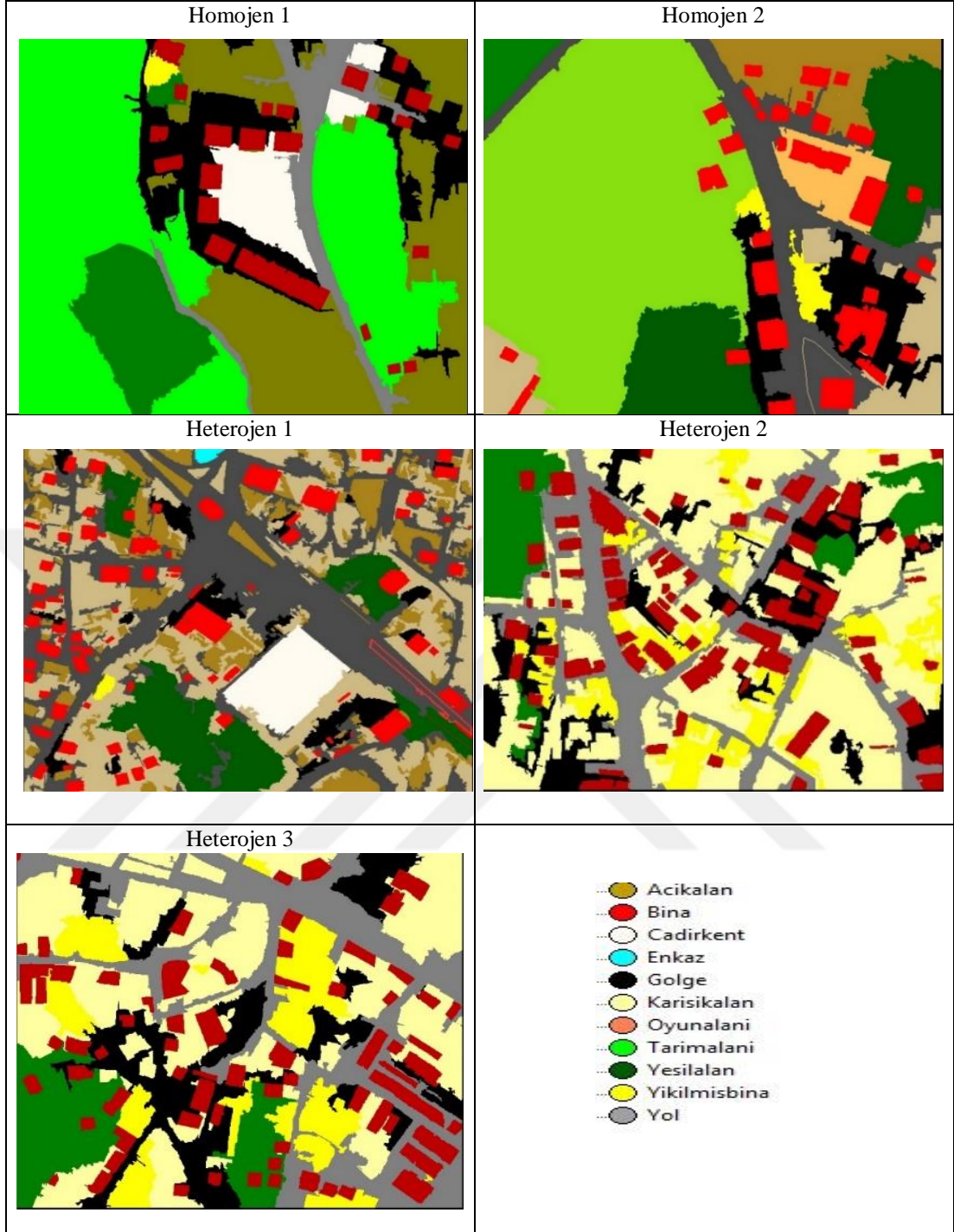
Şekil 5.20: Deprem öncesi alınan WV 2 görüntü verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.

Deprem öncesi alınmış olan WV2 yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verisinin sınıflandırma sonuçlarında da 7 sınıf (Açık alan, Bina, Karışık alan, Gölge, Tarımalanı, Yeşilalan ve Yol) belirlenmiştir. Bu sınıflardan yeşil alan, tarım alanı ve gölge sınıfları belirlenirken görüntünün spektral özelliklerinden faydalanılmıştır. WV2 uydu verisinin tüm test bölgelerinde yeşil alanların tespit edilmesi için NDVI- Normalize edilmiş fark bitki örtüsü indeksi değişkeni uygulanmış ve yeşil alanlar kolaylıkla sınıflandırılmıştır. NDVI, kırmızı ve yakın kızılötesi bant görüntüleri kullanılarak üretilir. Her piksel için o piksele ait yakın kızılötesi bant sayısal değerinden aynı piksele ait kırmızı bant sayısal değeri çıkartılır. Bu fark, bitki örtüsü yoğun alanlar için bitki örtüsü seyrek alanlara göre daha fazla olacaktır. Farkları alınan bu iki sayının toplanması ve farkın toplama bölünmesi ile $[-1,+1]$ aralığında bir değer elde edilir. Veri setinde tarım alanı sınıfı homojen dokudaki bölgelerde gözlenmiş ve bu sınıfın çıkarımı için NDSI - Normalize edilmiş toprak indeksi değişkeni kullanılmıştır. NDSI yakın kızıl ötesi ve kızıl ötesi bantlarının farklarının ve toplamalarının birbirine oranlanması ile elde edilir. Böylelikle normalize edilmiş toprak indeksi ile tarım alanları rahatlıkla tespit edilmiştir. Aynı şekilde gölge sınıfı için de bütün test bölgelerinde parlaklık değişkeni kullanılarak gölge alanların çıkarımı yapılmıştır.

Sınıflandırma işlemi sırasında geriye kalan sınıflardan yol, bina ve alan sınıfı için görüntünün şekil özellikleri kullanılmıştır. Ortogörüntülerinin sınıflandırılmasında da benzer şekilde kullanılan, açık alan için alan, bina sınıfı için dikdörtgensel uyum, yol sınıfı için ise boy değişkeni en uygun değişkenler olarak seçilerek WV2 uydu verisinde de kullanılmıştır. Karışık alan sınıfı için ise, değişken belirtilmemiş ve hiçbir sınıfa ait olmayan nesnelere bu sınıf altında gösterilmiştir.

Çizelge 5.10: Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem sonrası alınan Quickbird 2 uydu verisinde homojen ve heterojen bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri.

QB2											
Sınıflar ve sınıfları tanımlayıcı değişkenler											
Sınıflar	Yeşil alan	Bina	Tarım alanı	Yol	Gölge	Yıkılmış bina	Enkaz	Karışık alan	Çadırkent	Oyun alanı	Açık alan
Homojen 1	NDVI	Dikdörtgensel uyum	Alan Asimetri	Boy	Parlaklık	GLCM homojenliği	---	Sınıflandırılmamış segmentler	Asimetri	---	---
Homojen 2	NDVI Alan	Dikdörtgensel uyum	Alan Yoğunluk	En	Yoğunluk	İskeletteki geometrik özellikler Şekil	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	Binaya mesafe Alan	---
Heterojen 1	Alan	Dikdörtgensel uyum	---	Parlaklık/Boy/En Boy/Yoğunluk Maks. fark /Alan	4 Bant Ortalaması	İskeletteki geometrik özellik	Haralick doku analizi	Sınıflandırılmamış segmentler	Haralick doku analizi	---	Parlaklık
Heterojen 2	Alan/ 4 bant ort.	Dikdörtgensel uyum Eliptik uyum	---	Boy	Parlaklık	İskeletteki geometrik özellik	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	---	---
Heterojen 3	4 bant ort./ Yoğunluk	Dikdörtgenseluyum Eliptik uyum	---	Boy/En Boy	Parlaklık	İskeletteki geometrik özellik GLCM/ GLDV	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	---	---



Şekil 5.21: Deprem sonrası alınan Quickbird 2 uydu verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.

Ekim 2011 tarihinde meydana gelen deprem sonrası alınmış olan QB2 uydu verisinin alım tarihi 14 Kasım 2011'dir. Mevsimsel koşullardan dolayı (Kasım ayı) çalışma bölgesi yoğun kar altında olduğundan veri işlemede bazı sorunlara ve/veya kısıtlamalara neden olmuştur.

Sınıflandırmada deprem öncesi görüntülerin sınıflandırmasında kullanılan 7 sınıfa ek olarak yıkılmış bina, çadırkent, enkaz ve oyun alanı sınıfları da eklenmiş ve bu 11 sınıfın tanımlanmasında görüntünün spektral, şekil ve doku özellikleri göz önüne alınmıştır. Görüntüden bina, yol, oyun alanı sınıflarının tespiti için şekil özelliği kullanılmıştır. Bina sınıfının ayırt edilmesinde dikdörtgensel uyum dışında ayrıca eliptik uyum değişkeni de kullanılmıştır. Bunun nedeni çatılardaki yoğun kar örtüsü ve/veya farklı oranlarda karla kaplı olma durumu veya çatılardaki karın farklı oranda erimesi sonucu meydana gelen şekil bozukluğudur. Gözlenen bu problem, farklı bir değişken olan eliptik uyum değişkeni kullanılarak giderilmeye çalışılmıştır. Yol sınıfı için deprem öncesi görüntü sınıflandırmasında kullanılan boy ve boy/en değişkenleri kullanılmıştır. Ancak heterojen 1 bölgesinde yol sınıfının çıkarımında yol kenarlarında biriken karlar nedeni ile ek olarak spektral özelliklerden parlaklık değişkeni kullanılmıştır. Homojen 2 test bölgesinde yer alan okul binası içindeki oyun alanı için ise farklı bir şekil değişkeni olan binaya uzaklık değişkeni göz önüne alınarak oyun alanı başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Karışık alan sınıfı için ise, değişken belirtilmemiş ve hiçbir sınıfa ait olmayan nesnelere bu sınıf altında gösterilmiştir.

Spektral özellik kullanılarak gölge sınıfının ayırt edilmesinde önceki analizlerde kullanılan parlaklık değişkeni kullanılmış ve başarılı sonuç elde edilmiştir. Diğer yandan test bölgelerinin tamamının kar altında olması nedeni ile yeşil alanların tespitinde zorluklar yaşanmıştır. Deprem öncesi analizde NDVI ile kolaylıkla tespit edilebilen yeşil alanlar, bu veri setinde bölgelerin yoğun kar altında olması nedeni ile NDVI dışında farklı bir değişken kullanılarak tespit edilmiştir. Bu farklı değişken yeşil alanların alansal büyüklüklerinin göz önüne alındığı alan değişkenidir. Diğer yandan heterojen dokudaki çalışma bölgelerinden 2.sinde ise alan değişkeni yerine 4 bantın ortalaması yeşil alanlar tespitinde daha başarılı sonuç vermiştir. Aynı şekilde tarım alanı için de önceki analizlerde sadece spektral özellikler kullanılırken, deprem sonrası veri setinde ek olarak alan değişkeni kullanılarak tarım alanları görüntüden başarılı bir şekilde çıkartılmıştır.

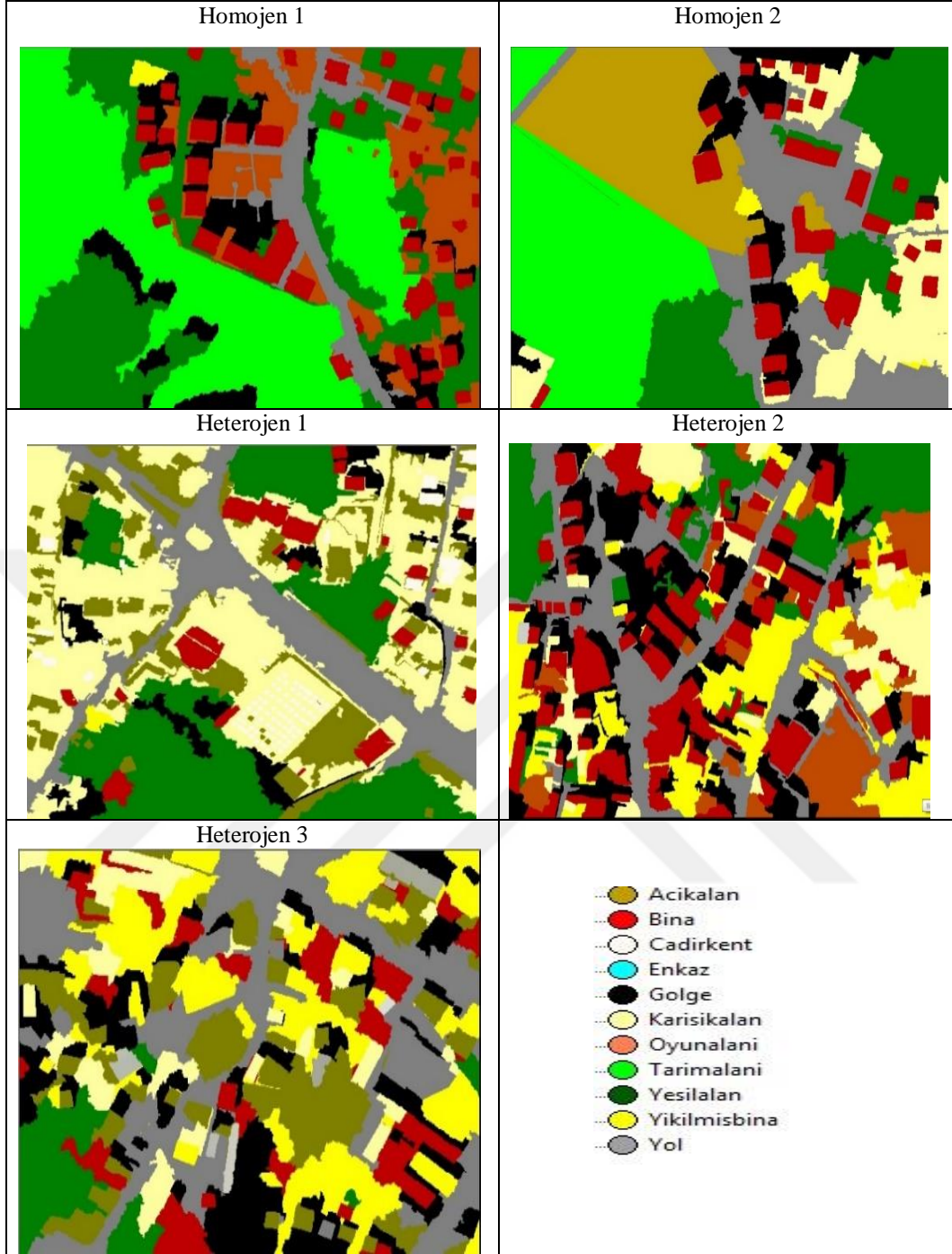
QB2 uydu verisinde yıkılmış bina, çadırkent ve enkaz sınıflarının tespiti için, görüntünün doku özellikleri göz önüne alınmıştır. Deprem öncesi yapılar homojen bir dokuda gözükürken, deprem sonrası yapıların homojenliği bozulmaktadır. Diğer yandan her bir bina aynı şekilde yıkılma özelliğine sahip değildir. Binaların farklı yıkılma türleri Bölüm 2.2' de açıklanmıştır. Binaların farklı yıkılma tipleri nedeniyle

GLCM homojenlik değişkeni kullanılarak, yıkılmış binalar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaca yönelik olarak görüntü nesnelere Haralick doku analizlerinden biri olan GLCM (The gray level co-occurrence matrix- Gri Düzey eş oluşum matrisleri) uygulanmıştır. Gri düzey eş oluşum matrisi (GLCM), bir görüntüdeki piksellerin gri düzeylerinin farklı farklı kombinasyonlarının ne sıklıkla meydana geldiğini gösterir. Dokulardaki gri düzey değişikliği için görüntünün 4 farklı yönden (0 °, 45 °, 90 °, 135 °) doku hesaplaması yapılır. 0 ° 'lik açı dikey yönü, 90 ° yatay açığı temsil etmektedir. Diyagonal elemanlar gri seviye farkı olmayan piksel çiftlerini temsil eder. Diyagonalden uzaktaki hücreler, sadece bir gri seviyesindeki farkla piksel çiftlerini temsil eder. Benzer şekilde, diyagonalden iki piksel uzaktaki hücrelerdeki değerler, kaç pikselin iki gri seviyeye ve benzerine sahip olduğunu gösterir. Köşegene ne kadar uzak olursa, piksellerin gri seviyeleri arasındaki fark o kadar büyük olur. GLCM homojenlik değişkeni kullanılarak tespit edilemeyen yıkılmış binalar için iskeletteki geometrik özellikler değişkeni kullanılmıştır. Diğer bir ifade ile deprem sonrası yıkılıp şekil değiştiren binalar için, yıkılmış binaların tespitinde binanın iskeletindeki geometrik özellikler göz önüne alınmıştır. Bunun nedeni ise, yapıların afet öncesi düzgün bir iskelet yapısına sahip iken afetten sonra bu yapı bozulmaktadır. Bu sebeple iskeletteki geometrik özellikler yıkılmış binaların tespitindeki yaşanan sorunu ortadan kaldırarak başarılı sonuçlar vermiştir.

Deprem sonrası bölgedeki stadyum çadırkent olarak kullanılmaya başlanmıştır. Çadırkentin tespiti için ise yine Haralick doku analizi kullanılmış ve tüm çadırkent başarılı bir şekilde görüntüden çıkartılmıştır.

Çizelge 5.11: Nesne tabanlı kontrolsüz sınıflandırmada deprem sonrası alınan Ortogörüntü (HGK) verisinde tüm bölgeler için belirlenen sınıflar ve tanımlayıcı özellikleri.

Ortogörüntü -HGK	Sınıflar ve sınıfları tanımlayıcı değişkenler										
	Sınıflar	Yeşil alan	Bina	Tarım alanı	Yol	Gölge	Yıkılmış bina	Enkaz	Karışık alan	Çadırkent	Oyun alanı
Homojen 1	Aritmetik1 Alan	Dikdörtgensel uyum Elliptik uyum	Aritmetik 1 Alan	Boy/En	Parlaklık	İskeletteki geometrik özellikler	---	Sınıflandırılmamış segmentler	Asimetri	---	---
Homojen 2	3.bant ortalaması Alan	Elliptik uyum	Alan Şekil indeks	Boy/en Boy	Parlaklık	GLCM ayrılık	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	Binaya mesafe Alan	---
Heterojen 1	Alan	Dikdörtgensel uyum Elliptik uyum	---	Boy	Parlaklık	İskeletteki geometrik özellik	Haralick doku analizi	Sınıflandırılmamış segmentler	Alan Şekilindeks	---	Parlaklık
Heterojen 2	Alan	Dikdörtgensel uyum Elliptik uyum	---	Boy	Parlaklık	İskeletteki geometrik özellik GLCM	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	---	Alan
Heterojen 3	Alan	Dikdörtgensel uyum	---	Boy	Parlaklık Yoğunluk	İskeletteki geometrik özellik GLCM	---	Sınıflandırılmamış segmentler	---	---	Asimetri Alan



Şekil 5.22: Deprem sonrası alınan Ortogörüntü (HGK) verisinin tüm test bölgelerinin kontrolsüz sınıflandırma sonuçları.

Deprem öncesi alınan ortogörüntüde olduğu gibi bitki örtüsünün tespitinde, NDVI hesaplamasında kullanılan yakın kızıl ötesi bantın olmaması nedeni ile deprem sonrası ortogörüntüde de yeşil alanlar alan değişkeni ile saptanmıştır.

Homojen dokudaki test bölgelerinde ise alan değişkenine ek olarak spektral özelliklerden yararlanılarak 3 bantın ortalaması ve 1. bantın ortalaması değişkenleri en iyi sonucu vermiştir. Ortogörüntüsünde gölge sınıfının tespiti için yine spektral özelliklerden parlaklık değişkeni kullanılmıştır. Homojen dokudaki test bölgelerinde yer alan tarım alanlarının tespitinde spektral özellik dışında şekil özelliği de kullanılmıştır. Bunun nedeni ise spektral özellik değişkeninin, tek başına tarım alanlarının tümünü tespit edememesidir.

Yıkılmış binalar ile çadırkentin tespiti için doku özelliklerinden yararlanılmıştır. Deprem sonrası QB2 verisinde kullanılan değişkenler bu veri setinde de denenmiş ve iskeletteki geometrik özellikler ile GLCM homojenlik değişkenlerinin yıkılmış binaların dokusunun değişmesi nedeni ile başarı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Aynı şekilde kurulmuş olan çadırkentin tespiti için de benzer şekilde GLCM'den yararlanılmıştır.




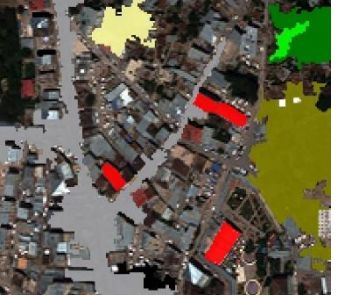




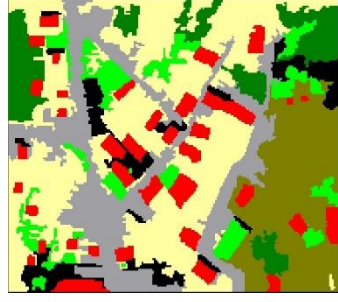

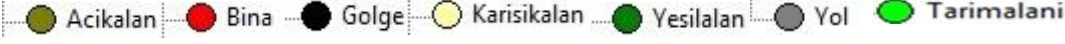
Sınıflandırma işlemi sırasında geriye kalan sınıflardan yol, bina ve açık alan sınıfı için görüntünün şekil özellikleri kullanılmıştır. Diğer bir ifade ile açık alan için alan, bina sınıfı için dikdörtgensel uyum ve eliptik uyum, yol sınıfı için ise boy ve boy/en değişkenleri en uygun değişkenler olarak belirlenmiştir. Karışık alan sınıfı için ise, değişken belirtilmemiş ve hiçbir sınıfa ait olmayan nesnelere bu sınıf altında gösterilmiştir.

5.5.3 Kontrollü Sınıflandırma (Nearest Neighborhood Classification- En Yakın Komşuluk Sınıflandırması)

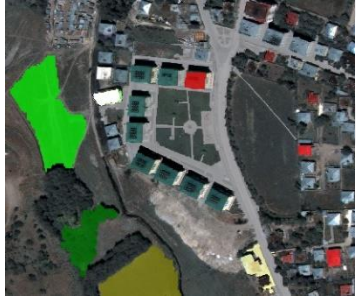







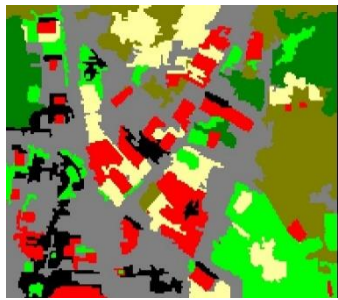

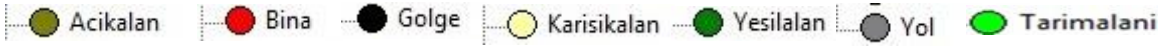
Kontrollü sınıflandırma yönteminde görüntüde hangi sınıfların göz önüne alınacağı ya da görüntüden hangi sınıfların elde edilmek istendiği kullanıcı tarafından önceden belirlenir. Bu bağlamda, görüntüde göz önüne alınacak her bir sınıf için kontrol alanları seçilir. Kontrol alanlarının seçiminde arazi çalışmalarından, hava fotoğraflarından, GoogleEarth ve streetview görüntülerinden ve/veya konu ile ilgili diğer mevcut haritalardan yararlanılır [73]. Kontrol alanlarının doğru bir şekilde seçimi sınıflandırma doğruluğunu lineer olarak arttırmaktadır. Kontrollü sınıflandırma

sonuçları sırası ile deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM) ve WV2 ile deprem sonrası alınan ortogörüntü (HGK) ve QB2 uydu verisi için Şekil 5.23, Şekil 5.24, Şekil 5.25 ve Şekil 5.26'da gösterilmektedir.


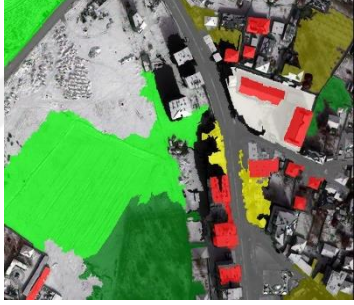










	Homojen 1	Homojen 2	Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
Kontrol Segmentleri					
Kontrollü Sınıflandırma Sonuçları					
Sınıf					


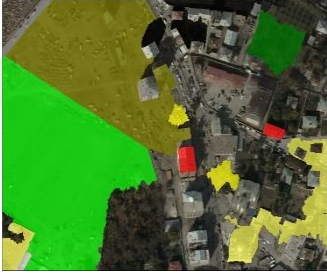








Şekil 5.23: Tüm test bölgeleri için deprem öncesi alınan ortogörüntü (TKGM görüntülerinde) kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları.

	Homojen 1	Homojen 2	Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
Kontrol Segmentleri					
Kontrollü Sınıflandırma Sonuçları					
Sınıf					

Şekil 5.24: Tüm test bölgeleri için deprem öncesi alınan WW2 uydu verisinde kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları.

	Homojen 1	Homojen 2	Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
Kontrol Segmentleri					
Kontrollü Sınıflandırma Sonuçları					
Sınıf	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 10px;">● Acikalan <li style="margin-right: 10px;">● Bina <li style="margin-right: 10px;">● Golge <li style="margin-right: 10px;">● Karisikalan <li style="margin-right: 10px;">● Yesilalan <li style="margin-right: 10px;">● Yikilmisbina <li style="margin-right: 10px;">● Enkaz <li style="margin-right: 10px;">● Cadirkent <li style="margin-right: 10px;">● Tarimalani <li style="margin-right: 10px;">● Oyunalani <li style="margin-right: 10px;">● Yol 				

Şekil 5.25: Tüm test bölgeleri için deprem sonrası alınan QB2 uydu verisinde kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları.

	Homojen 1	Homojen 2	Heterojen 1	Heterojen 2	Heterojen 3
Kontrol Segmentleri					
Kontrollü Sınıflandırma Sonuçları					
Sınıf	<ul style="list-style-type: none"> <li style="margin-right: 10px;">● Acikalan <li style="margin-right: 10px;">● Bina <li style="margin-right: 10px;">● Golge <li style="margin-right: 10px;">● Karisikalan <li style="margin-right: 10px;">● Yesilalan <li style="margin-right: 10px;">● Yikilmisbina <li style="margin-right: 10px;">● Oyunalani <li style="margin-right: 10px;">● Tarimalani <li style="margin-right: 10px;"> Cadirkent <li style="margin-right: 10px;">● Enkaz <li style="margin-right: 10px;"> Yol 				

Şekil 5.26: Tüm test bölgeleri için deprem sonrası alınan ortogörüntüsünde (HGK) kullanılan kontrol segmentleri ve kontrollü sınıflandırma sonuçları.

Genel olarak test bölgeleri incelendiğinde, beklenildiği gibi homojen dokudaki test bölgelerinin sınıflandırmasının heterojen dokudaki test bölgelerine kıyasla daha doğru sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Ayrıca deprem öncesi alınan ortogörüntüler ile WV2 uydu verisinin görüntülerinin sınıflandırma sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu görülmüştür; bunun temel sebebi, her iki veri setinde görüntü alım tarihlerinin birbirine çok yakın olması (mevsimsel koşulların aynı olması) ve mekânsal çözünürlüklerinin benzer olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Deprem öncesi alınan veri setlerinin kontrollü sınıflandırma sonuçları incelendiğinde karışık alan sınıfı ile gölge ve yol sınıflarının bazı bölgelerde karıştığı gözlenmiştir. Heterojen dokudaki test bölgelerinde ise daha çok 3. bölgenin (HET3) hem kontrolsüz hem de kontrollü sınıflandırmasında bazı sorunlar gözlenmiştir. Bunun başlıca nedeni heterojen test bölgelerinde nesnelerin benzer spektral yansıtımlara sahip olması nedeni ile sınıflandırmada yıkılmış bina, karışık alan ve yol sınıfları ayırt edilememesidir. Bu durum doğruluk analizleri sonucunda etkilemiş ve bu bölge bütün test bölgeleri içinde en düşük doğruluğa sahip bölge olmuştur.

5.6 Doğruluk Analizi

Yapılan sınıflandırmaların doğruluklarını test etmek için hata matrisleri hesaplanmıştır. Sınıflandırma doğruluğunu analiz etmek için öncelikle sınıflandırmada kullanılan kontrol bölgelerinden bağımsız olarak her bir sınıf için test alanları seçilmiştir. Ancak çadır kent ve enkaz alanı gibi bazı sınıflar için yeterli test alanları olmadığından, bu sınıflara ait örnekler hem kontrol alanı hem de test alanı olarak kullanılmıştır. Doğruluk analizinde, her bir sınıfın doğruluğunun ortalama değeri olan “Genel Doğruluk (GD; yüzde olarak)” ile sınıflandırma doğruluğunu ağırlıklı olarak hesaplayan bir istatistiksel ölçüt olan “Kappa Katsayısı (KK)” kullanılmıştır. Homojen ve heterojen bölgeler için her bir test bölgesine ait kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma sürecinde hesaplanan hata matrisleri sırası ile Çizelge 5.12’de verilmiştir.

Kontrolsüz sınıflandırmada elde edilen doğruluklar (% 47 - 96), kontrollü sınıflandırmaya (% 57 - 98) göre daha düşük çıkmıştır. Kontrolsüz sınıflandırma da en düşük doğruluk %47 ile heterojen 2 bölgesi çıkmıştır. Dokusu gereği heterojen bölgedeki doğruluklar incelendiğinde doğrulukların genelde düşük çıktığı gözlenmiştir. Kontrolsüz sınıflandırma da en yüksek doğruluk ise, %82 ile deprem öncesi alınan veri setinden olma WV2 nin homojen 2 bölgesi ve deprem sonrası alınan ortogörüntünün homojen 1 bölgeleridir. Bunun asıl sebebi bölgelerin dokularının nesne tabanlı sınıflandırma için uygun olması ve çok fazla karışan sınıf olmamasıdır. Kontrollü sınıflandırmalarda ise en düşük doğruluk, %54 ile deprem sonrası temin edilen QB2 uydu verisinin heterojen 2 bölgesidir. En yüksek doğruluk ise % 96 ile deprem sonrası temin edilen ortogörüntüdeki homojen 2 bölgesidir.



Çizelge 5.12: Ortogörüntü (TKGM), WV2, QB2 ve Ortogörüntü (HGK) veri setleri için kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma sonrası doğruluk analizi

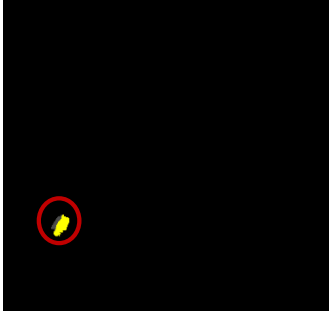
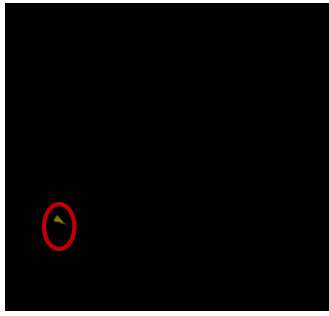
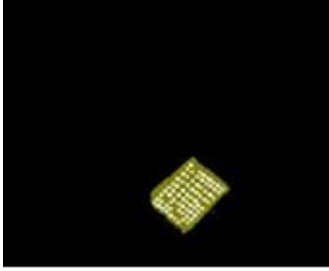
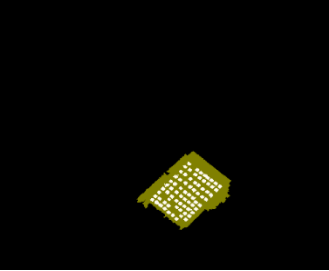
Veri Seti	Sınıflandırma Test Bölgeleri	Kontrolsüz		Kontrollü	
		Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı	Genel Doğruluk (%)	Kappa Katsayısı
Ortogörüntü (TKGM)	Heterojen 1	55	0.49	70	0.69
	Heterojen 2	62	0.58	70	0.65
	Heterojen 3	53	0.48	65	0.62
	Homojen 1	72	0.66	78	0.70
	Homojen 2	78	0.72	82	0.74
Worldview 2	Heterojen 1	77	0.71	83	0.79
	Heterojen 2	67	0.62	70	0.65
	Heterojen 3	76	0.72	81	0.78
	Homojen 1	82	0.78	91	0.90
	Homojen 2	70	0.65	81	0.78
Quickbird 2	Heterojen 1	62	0.58	68	0.61
	Heterojen 2	50	0.44	54	0.49
	Heterojen 3	58	0.56	60	0.58
	Homojen 1	79	0.78	80	0.77
	Homojen 2	76	0.75	77	0.76
Ortogörüntü (HGK)	Heterojen 1	66	0.61	70	0.65
	Heterojen 2	47	0.42	57	0.52
	Heterojen 3	58	0.52	64	0.60
	Homojen 1	81	0.77	92	0.90
	Homojen 2	82	0.79	96	0.94

5.7 Değişim Saptama Analizi

Bu tez çalışmasında kullanılan tüm test bölgelerinde deprem öncesi ve deprem sonrası oluşan değişimleri saptamak için nesne tabanlı değişim saptama analizi uygulanmıştır.

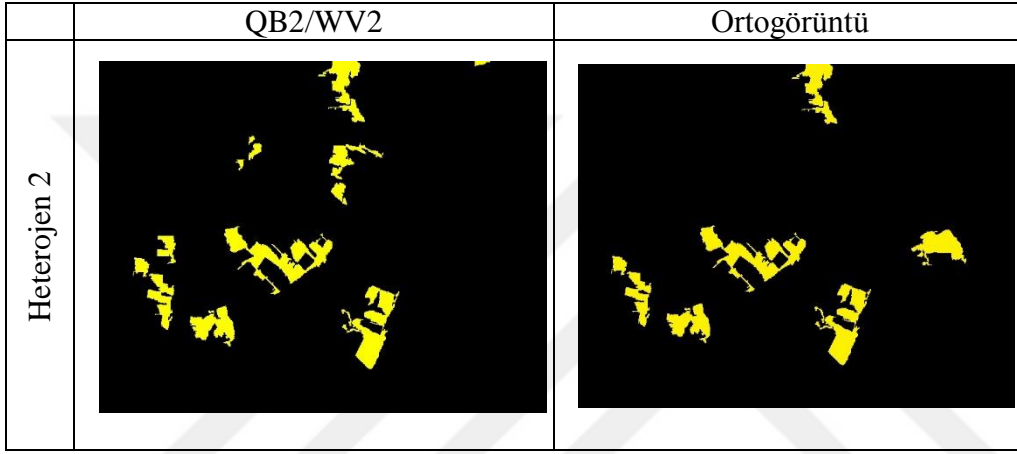
Bu amaca yönelik olarak deprem öncesi ve deprem sonrası sınıflandırılmış her iki farklı görüntü veri seti birbirinden çıkartılarak basit bir şekilde değişim gösteren nesnelere saptanmıştır.

Heterojen 1 test bölgesinde deprem sonrası 1 adet bina yıkılmıştır ve bölgenin içinde bulunan şehir stadyumu deprem sonrası çadırkent olarak kullanılmıştır. Heterojen 1 bölgesinde değişim saptama analizi uygulaması sonrasında, yıkılmış bina ve stadyum sınıfındaki değişim yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinde 270 m^2 ve 7472 m^2 ve ortogörüntülerde ise sırasıyla 281 m^2 ve 7543 m^2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.27). Değişim saptama analizi sınıflandırılmış görüntülere bağlı olduğundan, her iki farklı veri setinden elde edilen alansal değerler arasındaki farkın makul olduğu kabul edilmiştir.

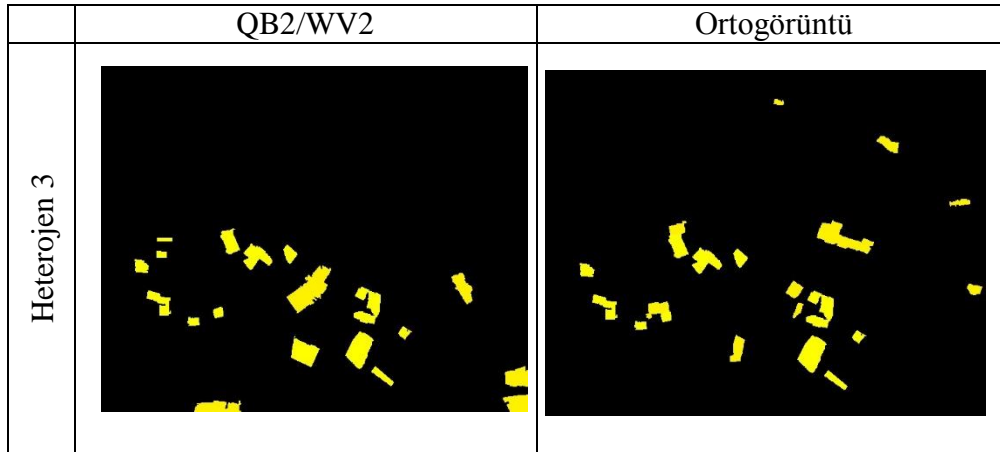
	QB2/WV2	Ortogörüntü
Heterojen 1		
		

Şekil 5.27: Heterojen 1 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.

Heterojen 2 bölgesi için değişim saptama analizi uygulaması sonrasında, yıkılmış bina alanlarındaki değişim yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinde toplamda 5108 m² ve ortogörüntülerde toplamda 5420 m² olarak bulunmuştur (Şekil 5.28). Benzer şekilde Heterojen 3 bölgesi için yıkılmış bina sınıfı için değişim, yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinde toplamda 5661 m² ve ortogörüntülerde ise toplamda 5439 m² olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.29). Her iki heterojen bölge için gözlemlenen farkların uydu görüntülerinin yanlış sınıflandırılmasından kaynaklandığı kabul edilmiştir.

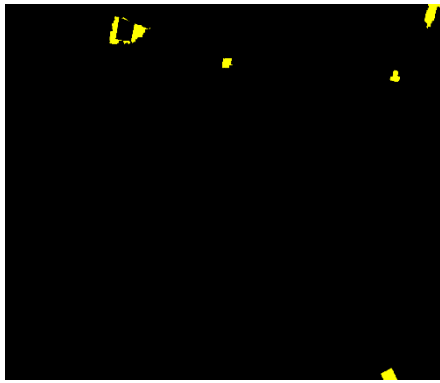



Şekil 5.28: Heterojen 2 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.


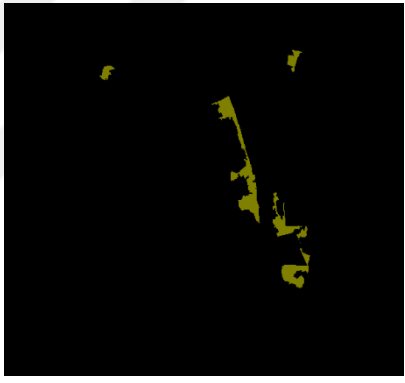


Şekil 5.29: Heterojen 3 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.

Homojen 1 ve 2 bölgelerindeki yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verilerindeki değişimler sırası ile 804 m² ve 1354 m² iken aynı bölgelerin ortogörüntülerdeki değişimi ise 834 m² ve 1177 m² olarak bulunmuştur (Şekil 5.30 ve Şekil 5.31).

	QB2/WV2	Ortogörüntü
Homojen 1		

Şekil 5.30: Homojen 1 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.

	QB2/WV2	Ortogörüntü
Homojen 2		

Şekil 5.31: Homojen 2 test bölgesine uygulanan değişim saptama analizi sonucu.

Her test bölgesi için elde edilen değişimler ve farklar Çizelge 5.13’de verilmiştir.

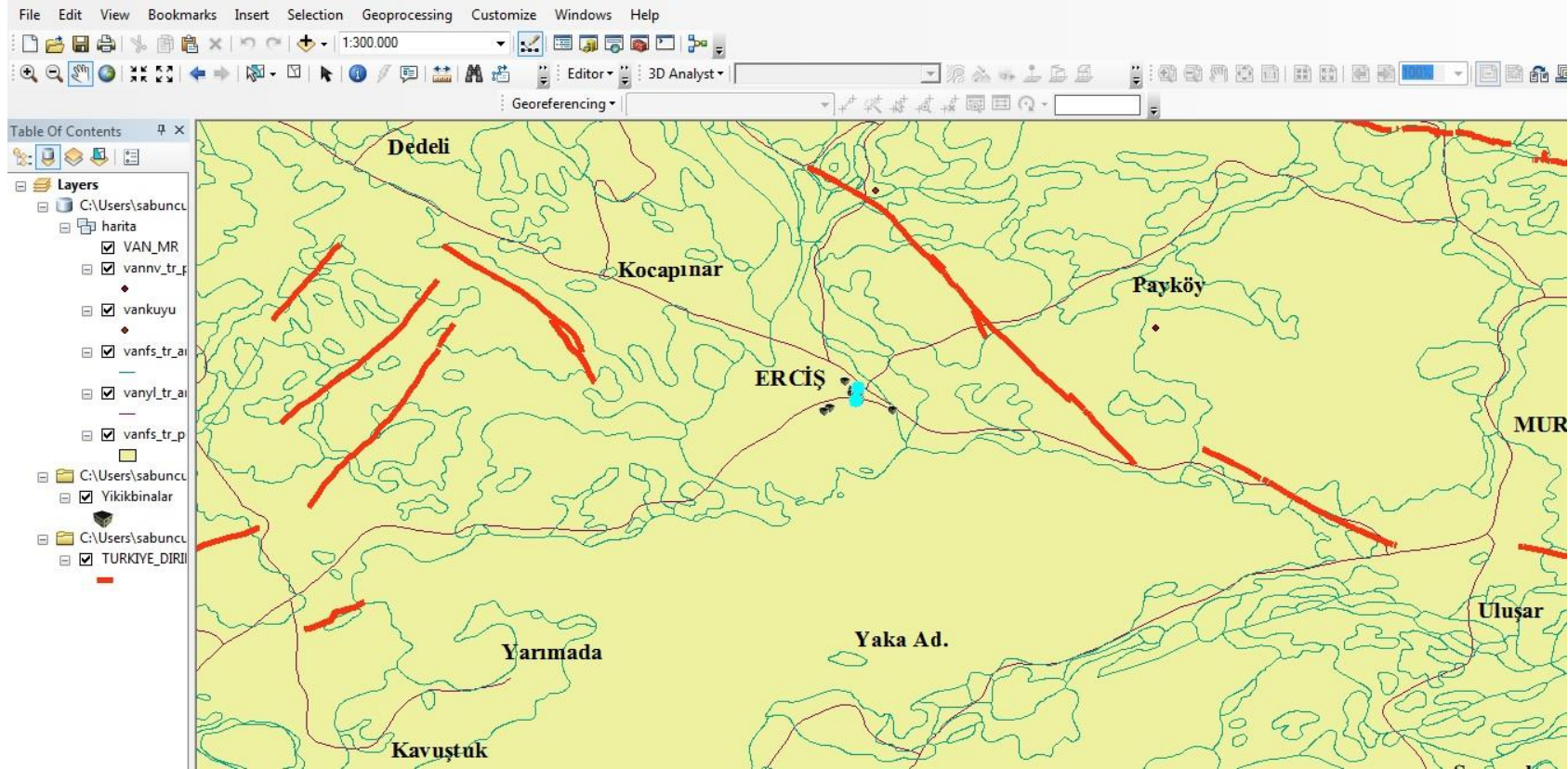
Çizelge 5.13: Yüksek mekansal çözünürlüklü uydu verileri ile ortogörüntü görüntülerinin değişim saptama analizi ve aralarındaki farklar.

Bölge/Veri	Değişim Saptama Analizi (m ²)		Fark (m ²)
	YÇUV	Ortogörüntü	
Heterojen 1	7742	7824	82
Heterojen 2	5108	5420	312
Heterojen 3	5661	5439	222
Homojen 1	804	834	30
Homojen 2	1354	1177	177

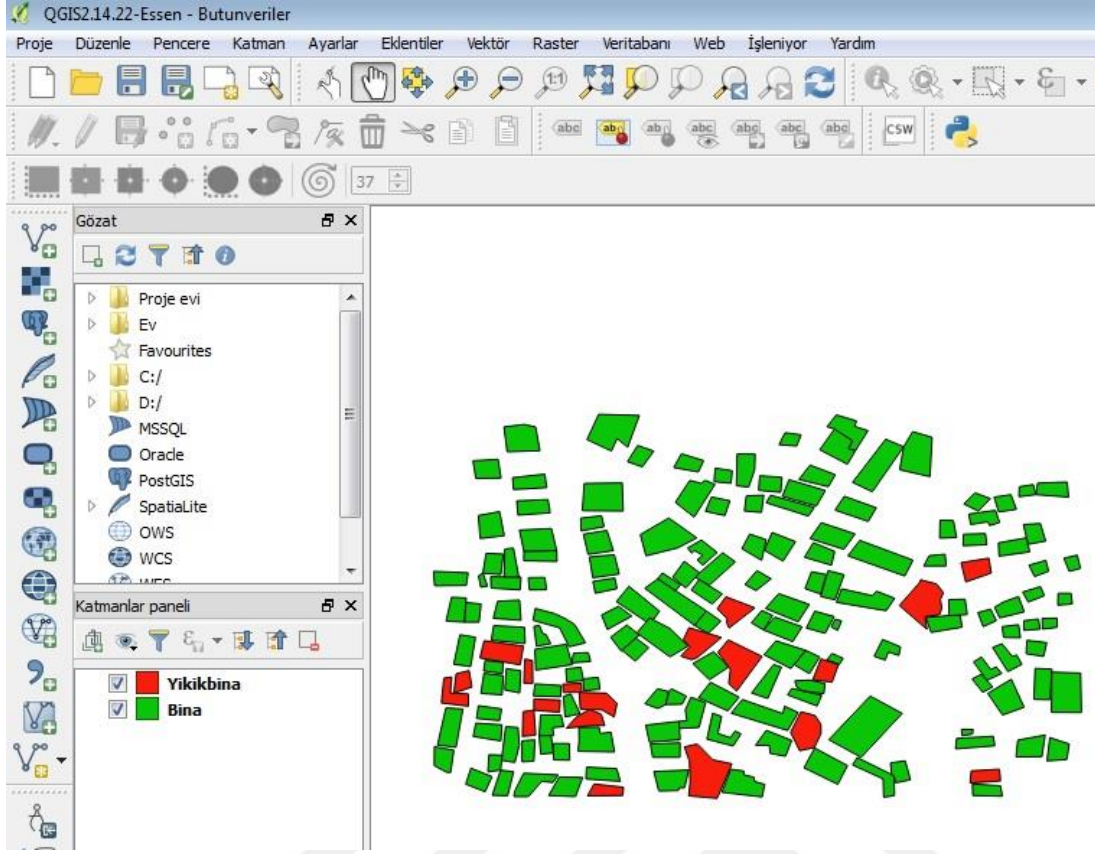
5.8 CBS Tabanlı 3-boyutlu (3D) Veritabanı

Doktora tezinin son aşamasında, elde edilen bütün verilerin tek bir yapı altında toplanması ve gerekli veri analizlerinin yapılarak değerlendirilebilmesi için CBS tabanlı bir veritabanı oluşturulmuştur. Bu amaca uygun olarak tasarlanmış ilişkisel veritabanı içerisinde ilişkilendirilecek katmanlar ve tablolar oluşturularak, veritabanı tasarımının kontrol ve test işlemi yapılmıştır. Veritabanına verilerin eklenmesi için öncelikle sınıflandırma sonrası üretilen raster formatındaki verilerin vektör formatındaki verilere dönüştürülmesi gereklidir. Bu aşamada QuantumGIS yazılımından yararlanılmıştır.

Quantum GIS (QGIS) veri görüntüleme, düzenleme ve çözümlene yetenekleri sağlayan çoklu platform destekli açık kaynaklı ücretsiz bir CBS yazılımıdır. QGIS, farklı CBS yazılımları gibi çok katmanlı haritalar oluşturabilme, haritaları farklı biçimlerde farklı kullanım amaçları için bir araya getirme, raster ve vektör veri analizlerini yapabilme, raster verilerini dijitalleştirme ve jeoreferanslama vb. birçok işleme proseslerine olanak vermektedir [93]. Bu bağlamda ilk olarak QGIS de, bölgenin jeolojisi ve diri fay hatlarının raster formattan vektör formata dönüştürülmesinin yanı sıra (Şekil 5.32) nesne tabanlı sınıflandırma işlemi sonrası elde edilen tüm tematik haritalara da aynı işlem uygulanmıştır (Şekil 5.33).

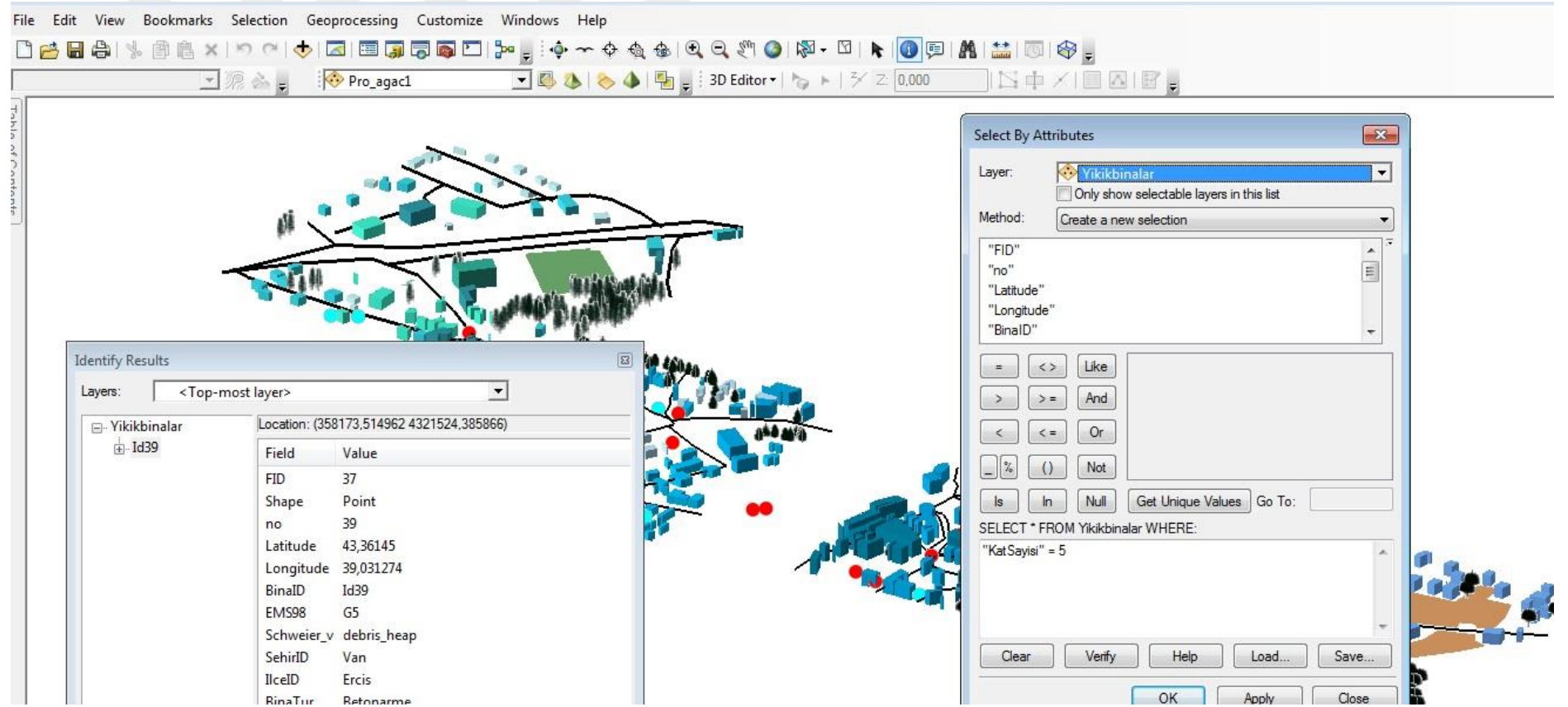


Şekil 5.32: QGIS de vektör formatına dönüştürülen jeoloji katmanı ile diri fay hatları.

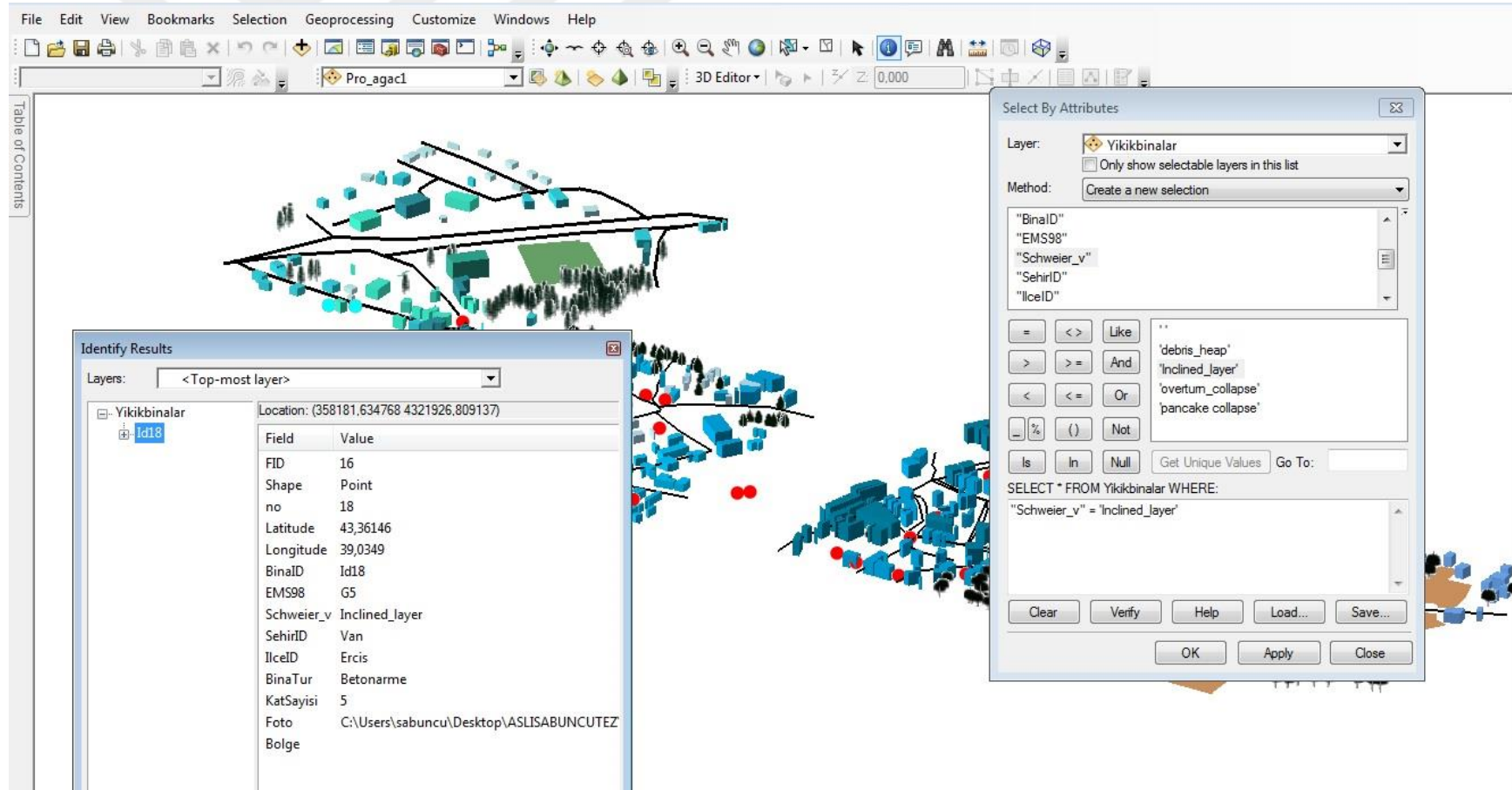


Şekil 5.33: QGIS de vektör formatına dönüştürülen nesne tabanlı sınıflandırması sonrasında elde edilen örnek tematik harita (Heterojen 2 bölgesi için).

QGIS de vektör formata dönüştürülen tüm raster veriler, ArcGIS yazılımı ile sorgulanabilir bir veritabanında kullanılabilir hale getirilmiştir. Veritabanı için kullanılan ArcGIS yazılımı, ESRI tarafından geliştirilmiş çok kapsamlı CBS yazılımıdır. Veritabanı oluşturulurken özellikle Arc Catalog arayüzü kullanılmış ve ilgili veriler tanımlanmıştır. ArcScene; ArcGIS yazılımının bir alt yazılımı olup, verilerin 3-boyutlu ortamda görüntülenebilmesini ve yönetilmesini sağlamaktadır. Oluşturulan ArcCatalog ile ArcScene arasında bağlantı kurularak interaktif 3-boyutlu bir veritabanı oluşturulmuştur. Böylelikle oluşturulan bu veritabanında yıkılmış binaların kaç katlı olduğu veya hangi tipte binanın yıkıldığı vb. sorgulamalar yapılabilmektedir (Şekil 5.34 ve Şekil 5.35).



Şekil 5.34: İnteraktif CBS veritabanında yıkılmış binanın kaç katlı olduğuna dair sorgulama örneği.



Şekil 5.35: İnteraktif CBS veritabanında yıkılmış bina tipine dair sorgulama örneği.

Oluşturulan ArcCatalog ile ArcScene arasında bağlantı kurularak interaktif 3-boyutlu bir veritabanı oluşturulmuştur 3-boyutlu veritabanında test bölgelerinin bina tiplerini, binaların kaç katlı olduğunu, yıkılma türlerini, bölgenin jeolojisini ve diri fay hatlarının entegre olduğu sistemde görselleştirilmesi Ek B’de sırası ile verilmiştir.





6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Her yıl dünyanın çeşitli bölgelerinde, deprem, volkanik patlama, sel, heyelan, fırtına ve yangın gibi birçok doğal afet meydana gelmektedir. Afetler neticesinde dünyada binlerce insan hayatını kaybederken, milyarlarca dolarlık maddi kayıplar olmaktadır. Deprem, doğal afetler içinde en ağır hasarı veren doğal olaydır. Dünyada 600 milyon insan deprem açısından riskli sayılabilecek bölgelerde yaşamaktadır. Ülkemizin %93'ü depremler açısından riskli sayılan bölgelerden oluşmaktadır. Türkiye nüfusunun %98'i deprem tehdidi altında yaşamakta, sanayi kuruluşlarının %98'i deprem bölgelerinde bulunmakta ve bu sayının %73'ü de aktif fay zonlarında yer almaktadır. Bu bağlamda ülkemiz başta olmak üzere doğal afetlere sıklıkla maruz kalan ülkelerin jeoinformasyon ve bilgi teknolojisi teknolojilerini içeren etkin bir afet yönetim sistemini oluşturması kaçınılmazdır. Bu iki teknolojinin entegrasyonu, afet yönetiminin her safhasında etkin olarak kullanılarak, afet zararlarının azaltılmasında önemli rol oynamaktadır.

Günümüzde jeoinformasyon teknolojileri kapsamında olan Uzaktan Algılama ve CBS, doğal afetlerle ilgili çalışmalarda sadece afet konumlarının belirlenmesi, gözlemlenmesi ve etkilerinin analizinde değil, bunun yanı sıra afet öncesi ve sonrası yapılacak birçok çalışma da etkin olarak kullanılmaktadır. Örneğin afet sonrası ağır hasar almış ve/veya tamamıyla yıkılmış binaların tespiti ile bunların sağlam binalardan ayırt edilebilmesi afet yönetimi için çok önemlidir. Bu bağlamda deprem sonrası temin edilen yüksek mekânsal çözünürlüklü ortogörüntüler ve uydu görüntüleri önemli birer veri kaynağıdır. Uydu teknolojisinde gözlemlenen teknolojik gelişmeler ile artan mekânsal ve spektral çözünürlük nedeniyle daha detaylı bilgiler ve tematik haritalar üretilmektedir.

Bu tez çalışmasında, afet sonrası hasar görmüş ve/veya yıkılmış binaların tespitinde yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu görüntülerinin ve ortogörüntülerinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri ile kullanılabilirliği incelenmiştir. Doktora tezinde çalışma bölgesi olarak, Türkiye'nin doğusunda yer alan Van ilinin Erciş ilçesi alınmıştır. Bölgede meydana gelen afet sonrasında Mimarlar Odası tarafından

hazırlanmış olan bina hasar raporunda, yapılaşmanın 1994 yılında hazırlanmış olan Van imar planına uymadığı, artan nüfus artışı ile Van ili ve çevre ilçelerde zemine uygun olmayan yapılaşmada artış olduğu gözlenmiştir. Van'daki mevcut yapı stoğu 60.000 olup bunun %15'ine lisanslı olduğu ortaya çıkmıştır. Bölgede meydana gelen deprem sonrası yapıların büyük bir kısmı ağır hasar almış ve/veya yıkılmıştır. Tezin genel amacı doğrultusunda yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntüleri ile ortogörüntülerinden yararlanarak 2 farklı dokuda 5 ayrı test bölgesi seçilmiş ve sınıflandırma sonrası tematik haritaları oluşturulmuştur. Bu bağlamda, sınıflandırma işleminin gerçekleştirilmesinde öncelikle klasik piksel tabanlı yaklaşım denenmiş ancak yüksek mekânsal çözünürlüklü veri seti kullanılmasının yarattığı olumsuz etkiler nedeni ile istenilen yeterli doğrulukta sonuçlar alınamamıştır. Daha sonra nesne tabanlı kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma uygulamasına geçilerek segmentasyon yapılmıştır. Test bölgelerinde deprem öncesi görüntülerde toplamda 7 sınıf, deprem sonrası görüntülerde ise toplamda 11 sınıf belirlenmiştir. Bu sınıflar deprem öncesi için; tarım alanı, yeşil alan (orman, çalılık, otlak, bahçe), bina (kamu ve özel), karışık alan, açık alan, gölge ve yol (asfalt, ana yol, tali yol, toprak yol, kaldırımlar ve dönemeçler) sınıflarıdır. Deprem sonrası görüntülerde belirlenen sınıflar ise; tarım alanı, yeşil alan (orman, çalılık, otlak, bahçe), bina (kamu ve özel), karışık alan, açık alan, gölge, yol (asfalt, ana yol, tali yol, toprak yol, kaldırımlar ve dönemeçler), çadırkent, yıkılmış bina, enkaz ve oyun alanı sınıflarıdır.

Segmente edilmiş görüntülerde gözönüne alınan sınıfların birbirinden ayırt edilmesi için şekil, doku ve spektral özellikler içeren farklı değişkenler kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Örneğin deprem öncesi görüntülerde tarım alanlarının tespitinde bant ortalaması ve farklı indeks (örneğin NDSI) değişkenleri kullanılmıştır. Yeşil alan sınıfı için ise sıklıkla kullanılan NDVI değişkeni kullanılmış ve orman, çalılık, otlak gibi yeşil alanlar tespit edilmiştir. Bina sınıfı için ise, binaların şekli gözönüne alınarak dikdörtgensel uyum ve/veya eliptik uyum değişkenleri seçilmiştir. Dikdörtgensel uyum ve eliptik uyum değişkenleri, görüntüdeki şeklin kare ve dikdörtgen şekli ile ne kadar benzeştiği ile ilişkilidir. Gölge sınıfı, parlaklık değişkeni kullanılarak tespit edilmiş ve tanımlanmış bir eşikten daha koyu değere sahip olan nesnelere gölge sınıfına atanmıştır. Görüntülerden yol sınıfının çıkartılmasında ise yol sınıfının uzunluğu dikkate alınmış ve diğer sınıflarda olmayan uzunluk ve/veya uzunluk/en oranı değişkeni kullanılarak yol sınıfı tespit edilmiştir. Açık alanlar ise

büyüklikleri gözönüne alınarak alan değişkeni kullanılarak belirlenmiştir. Deprem sonrası görüntülerde ise, deprem öncesi görüntülerde belirlenen sınıflara ek olarak oyun alanı, yıkılmış bina, enkaz ve çadırkent sınıfları gözönüne alınmıştır. Bu sınıflardan oyun alanı sınıfını tespit etmek için farklı bir şekil değişkeni olan binaya uzaklık değişkeni kullanılmış ve oyun alanı başarılı bir şekilde tespit edilmiştir. Yıkılmış binaların tespitinde bu amaca yönelik olarak, Haralick doku analizlerinden biri olan GLCM homojenlik değişkeni uygulanmıştır. Ancak her yıkılmış bina GLCM homojenlik değişkeni ile tespit edilememiştir. Tespit edilemeyen yıkılmış binalar için ek olarak iskeletteki geometrik özellikler değişkeni kullanılmıştır. Enkaz ve çadırkent sınıflarının belirlenmesinde ise, Haralick doku analizinden GLCM değişkeni kullanılarak bu iki sınıf başarılı bir şekilde sınıflandırılmıştır.

Sınıflandırma sonrası yapılan doğruluk analizleri sonuçları incelendiğinde nesne tabanlı kontrollü sınıflandırmanın (%57- %98), kontrolsüz sınıflandırmaya (%47- %96) kıyasla daha iyi sonuç verdiği gözlenmiştir. Özellikle tez konusu olan yıkılmış bina, enkaz, çadırkent gibi afet sonrası ortaya çıkan sınıfların tespitinde kontrollü sınıflandırma sonuçları daha başarılı bulunmuştur.

Nesne tabanlı kontrolsüz ve kontrollü sınıflandırma uygulamasında karşılaşılan temel sorunlar ve sınırlamalar aşağıda verilmiştir.

- Çalışma bölgesinin topografik yapısı ve farklı kentsel dokuya sahip olması veri işleme olumsuz yönde etkilemiştir.
- Gelişmekte olan ülkelerin birçoğunda olduğu gibi, Van ili-Erciş ilçesi de düzenli bir yerleşim planı ve mimarisine sahip değildir; bu durum sınıflandırma sonuçlarını olumsuz etkilemiştir.
- Binalar için seçilen inşaat yöntemleri ve kullanılan farklı türdeki çatı tiplerinin (örneğin kiremit, beton, çelik, toprak, çinko sac vb.) farklı spektral yansıtımlar oluşturması özellikle nesne tabanlı sınıflandırmanın segmentasyon aşamasında bazı sorunların çıkmasına neden olmuştur. Bina çatılarının diğer arazi tipleri ile benzer şekil ve spektral yansımalara sahip olduğu bölgelerde segmentasyon ve sınıflandırma doğrulukları azalmıştır. Uygulama bölgesinde bu soruna en iyi örnek, beton çatılar ile yolların karışması ve/veya içiçe geçmesidir. Ayrıca, bölgede yer alan yapı stoğunun boyutlarının belirli bir düzende olmaması veya farklı boyutlarda düzensiz yapıda olması da sınıflandırma sonuçlarını olumsuz etkilemiştir.

- Deprem sonrası temin edilen yüksek mekânsal çözünürlüklü uydu verisinin (QB2) görüntü alım tarihi 14 Kasım 2011'dir. Bölgenin mevsimsel koşulları gereği çalışma bölgesi bu tarihte yoğun kar altındadır. Ancak bu durum yıkılmış binaların tespitinde, sadece sağlam bina çatılarının karla kaplı olması değil aynı zamanda bu binaların çevrelerinde yer alan diğer sınıfların örneğin tarla, bahçe, boş alan ve yıkılmış binaların da karla kaplı olması ve spektral benzerlik göstermesi, diğer yandan bina çatılarında yer alan kar örtüsünün erime hızının farklı olması sınıflandırma doğruluğunu olumsuz yönde etkileyen faktörlerdir.
- Diğer yandan mevsimsel farklılığın yarattığı bu olumsuz durum, bitki örtüsünün çıkarımında sıklıkla başvurulan bir yöntem olan NDVI yönteminin kullanımında da bir sorun teşkil etmiş ve her yerin karla kaplı olması nedeni yeşil alanların NDVI değerleri olması gerekenden farklı çıktığından etkin olarak sınıflandırmada kullanılamamıştır.
- Çalışmada karşılaşılan diğer bir sorun ise çadırkent ve enkaz alanı gibi bazı sınıflar için tek bir örnek alanın olmasıdır. Bu durumda kontrol segmenti olarak kullanılan alan, doğruluk analizinde de kontrol segmenti olarak kullanılmıştır.
- Ortogörüntülerin afetten hemen sonra alınmış ve bulutsuz olmaları veri işlemeyi pozitif etkilemiş olsa da düşük spektral çözünürlük (3 spektral bant), özellik çıkartımında negatif katkı oluşturmuştur.

Tez çalışmasında sınıflandırmadan sonra değişim saptama analizi yapılmıştır. Deprem sonrası nesne tabanlı sınıflandırma sonuçlarına bağlı olarak yapılan değişim analizinde göz önüne alınan 5 test bölgesinde deprem öncesi mevcut toplam 494 adet sağlam binadan 39 adetinin yıkılmış olduğu saptanmıştır. Heterojen 1 bölgesinde değişim saptama analizi uygulaması sonrasında, yıkılmış bina ve stadyum sınıfındaki değişim yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinde (WV2 ve QB2) sırasıyla 270 m² ve 7472 m² ve ortogörüntülerde (TKGM ve HGK) ise sırasıyla 281 m² ve 7543 m² olarak hesaplanmıştır. Çalışma bölgesinde yıkımın en fazla olduğu test bölgeleri heterojen 2 ve heterojen 3 olup, heterojen 2 bölgesi için değişim saptama analizi uygulaması sonrasında, yıkılmış bina alanlarındaki değişim, yüksek mekansal çözünürlüklü uydu görüntülerinde toplamda 5108 m² ve ortogörüntülerde toplamda 5420 m² olarak bulunmuştur. Aynı şekilde Heterojen 3 bölgesinde değişim saptama analizi uygulaması sonrasında, yıkılmış bina sınıfı için değişim yüksek mekansal

çözünürlüklü uydu görüntülerinde toplamda 5661 m² ve ortogörüntülerde ise toplamda 5439 m² olarak hesaplanmıştır. Homojen 1 ve 2 bölgelerinde ise, değişimler uydu görüntülerinden sırası ile 804 m² ve 1354 m², ortogörüntülerden ise sırasıyla 834 m² ve 1177 m² olarak bulunmuştur.

Çalışmanın son aşamasında, afet yönetim sisteminin oluşturulması için, bütün verilerin tek bir yapı altında toplanması gerekli olduğundan CBS tabanlı bir veritabanı uygulamasına geçilmiştir. Bu amaca uygun olarak ilişkisel veritabanı yani ilişkilendirilecek ilgili tüm katmanlar ve tablolar oluşturularak veritabanı tasarlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak öncelikle uzaktan algılama orjinal ve işlenmiş tüm raster verilerin vektör formata dönüştürülmesi aşamasında açık kaynak kodlu ücretsiz bir yazılım olan QGIS'den yararlanılmıştır. Raster formattan vektör formata dönüşüm işlemi sonrasında tüm veriler, afet yönetimine yönelik bir veritabanı oluşturulması için Arc GIS – Arc Scene yazılımında kullanılabilir hale getirilmiştir. Arc Scene, Arc GIS altında yer alan sorgulama, görselleştirme, 3-boyutlu analiz yapabilen bir yazılımdır. Bu bağlamda işlenmiş bütün görüntü verileri Arc Scene programında işlenerek, interaktif 3-boyutlu bir veritabanı hazırlanmıştır.

Bu tez çalışmasında da görüldüğü afet yönetiminde uzaktan algılama ve CBS teknolojileri, özellikle afet sonrasında hasar tespitine yönelik değerlendirme ve analizde önemli bir rol oynamaktadır. Özellikle büyük afetlerde aldığı hasarlar göz önünde bulundurulduğunda, ülkemizde, afetlere hazırlıklı olunması ve olası zararların azaltılması için, gelişmiş uzay ve jeoinformasyon teknolojilerini kullanan kapsamlı bir afet ve acil durum yönetim sistemine ihtiyaç duyulduğu bu çalışma sonrasında açıkça görülmektedir. Ülkemizde afet yönetim sistemi, 2009 yılında yeniden düzenlenerek merkez teşkilatlardaki yetki dağılımlığı ortadan kaldırılmış ve Başbakanlığa bağlı olan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) merkezdeki tek yetkili birim olmuştur. AFAD tarafından planlanmakta olan Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi Projesinde (AYDES), bu doktora tezinde gerçekleştirilmiş olan tüm uzaktan algılama ve CBS tabanlı çalışmalar esas alınmalı ve tüm ülke genelinde gelişmiş jeoinformasyon teknolojilerinin modern afet yönetiminde kullanımına yönelik eğitim, ulusal kapasite, kaynak ve insan gücünün arttırılmasına öncelik verilmesi gerekmektedir.



KAYNAKLAR

- [1] **Marangoz, A.** (2009). *Uydu Görüntülerinden Kentsel Ayrıntıların Nesne-Tabanlı Sınıflandırma Yöntemiyle Belirlenmesi ve CBS Ortamında Bütünleştirilmesi*. (Doktora tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [2] **Çölkesen, İ.** (2015). *Uzaktan algılamada ileri sınıflandırma tekniklerinin karşılaştırılması ve analizi*. (Doktora tezi). Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli.
- [3] **Liu, X. Zhu, W. Q. Yang, X. Q. & Pan, Y. Z.** (2006). Modeling of Population Density Based on GIS and RS, *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, (pp. 1431-1434). United States: IEEE, July 31- August 4.
- [4] **Kavzoglu, T. & Reis, S.** (2008). Performance analysis of maximum likelihood and artificial neural network classifiers for training sets with mixed pixels. *GIScience & Remote Sensing*, 45(3), 330-342.
- [5] **Rokade, V. M., Kundal, P. Joshi, A. K.** (2007). Groundwater potential modelling through remote sensing and GIS: A case study from Rajura taluka, Chandrapur district, Maharashtra. *Journal of the Geological Society of India*, 69(5), 943-948
- [6] **Hu, G. Y., Dong, Z. B., Wei, Z. H. Lu, J. F.** (2010). Land use and land cover change monitoring in the Zoige Wetland by remote sensing. *Proceedings of Sixth International Symposium on Digital Earth: Data Processing and Applications*, (pp. 52-82), United States: SPIE, September 9-12.
- [7] **Kunwar, P., Kachhwaha, T. S., Kumar, A., Agrawal, A. K., Singh, A. N. & Mendiratta, N.** (2010). Use of high-resolution IKONOS data and GIS technique for transformation of landuse/landcover for sustainable development. *Current Science*, 98(2), 204-212.
- [8] **Royer, P. D., Cobb, N. S., Clifford, M. J., Huang, C. Y., Breshears, D. D., Adams, H. D. & Villegas, J. C.** (2011). Extreme climatic event-triggered overstorey vegetation loss increases understorey solar input regionally: primary and secondary ecological implications, *Journal of Ecology*, 99 (3), 714-723.
- [9] **Silvestri, S. & Omri, M.** (2008). A method for the remote sensing identification of uncontrolled landfills: formulation and validation, *International Journal of Remote Sensing*, 29 (4), 975-989.
- [10] **Tang, A. P., Ran, C., Wang, L. F., Gai, L. H. & Dai, M.** (2009). Intelligent Digital System in Urban Natural Hazard Mitigation. *2009 Wri World Congress on Software Engineering*, 355-359.
- [11] **Jha, R. K., Karnataka, H. C. & Pant, D. N.** (2009). Forest land use planning for Thanu range, Dehradun forest division, Uttaranchal. *Range Management and Agroforestry*, 30 (1), 72-77.

- [12] **Du, P.J., Liu P. & Luo, Y.** (2009). Urban thermal environment simulation and prediction based on remote sensing and GIS. *Proceedings of International Geoscience and Remote Sensing Symposium*, (pp.2357-2360). South Africa: IEEE, July 12-17.
- [13] **Zhang, X. C., Kang, T. J., Wang, H. Y. & Sun, Y.** (2010). Analysis on spatial structure of landuse change based on remote sensing and geographical information system, *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 12, 145-150.
- [14] **Korkmaz, S.** (2014). Observations on the Van Earthquake and Structural Failures. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 29 (1).
- [15] **Baran, E., Mertol, H.C. and Gunes, B.** (2012). Damage in reinforced concrete buildings during October 23 and November 9, 2011 Van, Turkey earthquakes, *Journal of Performance of Constructed Facilities*. 28 (3).
- [16] **Utkucu, M.** (2013). 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (MW = 7.1) and seismotectonics of Lake Van Area, *J. Seismol.*, 17, 783–805.
- [17] **Kalafat, D., Kekovali, K., Akkoyunlu, F., & Ogutcu, Z.** (2014). Source mechanism and stress analysis of 23 October 2011 Van Earthquake (Mw = 7.1) and aftershocks, *Journal Seismol* (18), 371.
- [18] **Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. & Weng, Q. H.** (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145-1161.
- [19] **Gao, Y., Mas, J., A.** (2008). Comparison of the Performance of pixel Based and Object Based Classifications over Images with Various Spatial Resolution, *Online Journal of Earth Sciences*, 2(1), 27-35.
- [20] **Navulur, K.** (2007). *Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm*, CRC Press, Taylor & Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300, Boca Raton, FL 33487-2742.
- [21] **Zhou, X., Jancsó, T., Chen, C., & Veroné, M. W.,** (2012). Urban Land Cover Mapping Based on Object Oriented Classification Using WorldView 2 Satellite Remote Sensing Images, *International Scientific Conference on Sustainable Development & Ecological Footprint*, Sopron, March 26–27.
- [22] **Khosravi, I. Momeni, M. Rahnemoonfor, M.** (2014). Performance evaluation of object based and pixel based building detection algorithms from very high spatial resolution imagery, *Photogrametric Engineering and Remote Sensing*, 80 (5), 519-528.
- [23] **Kalkan, K.** (2011). *Kentsel Gelişim İçin Potansiyel Açık Alanların Belirlenmesinde Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi İle Transfer Edilebilir Kural Dizisi Oluşturulması*. (Yüksek lisans tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [24] **Çelik, R.** (2006). *Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinden Tam Otomatik Yol Bilgisi Çıkartma ve CBS Tabanlı Analizi*. (Yüksek lisans tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak.
- [25] **Shackelford, A.K. & Davis, C.H.,** (2003). A combined fuzzy pixel-based and object-based approach for classification of high-resolution multispectral data over urban areas. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 41(10), 2354–2363.

- [26] **Kaya, S., Saroglu, E., & Musaoglu, N.,** (2005). Analyses of earthquake induced damage in urban areas by means of remotely sensed data. *EARSEL Global Developments in Environmental Earth Observation*
- [27] **Ogawa, N. & Yamazaki, F.** (2000). Photo-Interpretation of building damage due to earthquakes using aerial photographs. *Proceedings of the 12th World Conference on Earthquake Engineering*
- [28] **Corbane, C., Carrion, D., Lemoine, G., Broglia, M.,** (2011). Comparison of Damage Assessment Maps Derived from Very High Spatial Resolution Satellite and Aerial Imagery Produced for the Haiti 2010 Earthquake, *Earthquake Spectra*, 27, 199-218.
- [29] **Grunthal, G.** (1998). European macroseismic scale 1998. *Cahiers du Centre Europeen de Geodynamique et de Seismologie* 15, 1–99.
- [30] **Schweier, C., & Markus, M.,** (2006). Classification of collapsed buildings for fast damage and loss assessment, *Bulletin of Earthquake Engineering*, 4(2), pp:177-192.
- [31] **Janalipour, M., and Mohammadzadeh, A.,** (2015). Building Damage Detection Using Object-Based Image Analysis and ANFIS From High-Resolution Image (Case Study: BAM Earthquake, Iran), *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 9 (5).
- [32] **Kaya Taşkın, G., Musaoğlu, N., Ersoy, K.O.,** (2011). Damage Assessment of 2010 Haiti Earthquake with Post-Earthquake Satellite Image by Support Vector Selection and Adaptation, *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 77,10,1025-1035.
- [33] **Miura, H., Midorikawa, S., Kerle N.,** (2013). Detection of Building Damage Areas of the 2006 Central Java, Indonesia, Earthquake through Digital Analysis of Optical Satellite Images, *Earthquake Spectra*, 29 (2), 453-473.
- [34] **Federal Emergency Management Agency (FEMA)** retrieved May 20, 2016. from <https://www.ready.gov/natural-disasters>
- [35] **CRED.** (2012). Annual Disaster Statistical Review 2012 http://www.bis.gov.uk/assets/foresight/docs/reducing-risk_management/supporting-evidence/12-1295-measuring-human-economic-impact-disasters.pdf
- [36] **Bayındırlık ve İskan Bakanlığı.** (2004). *Deprem Şurası, Kurumsal Yapılanma Komisyonu Raporu*, Ankara, Temmuz 2004.
- [37] **Url-1** < <http://gmo.gfz-potsdam.de/>>, erişim tarihi 29.06.2017.
- [38] **Allen, C.R.** (1969). Active faulting in northern Turkey: Contribution no. 1577. Division of Geological Sciences, California Institute of Technology, U.S.A
- [39] **McKenzie, D.** (1972). Active tectonics of the Mediterranean Region, *Geophys. J. R. astr. SOC.*, 30, 109-185
- [40] **Dewey, J. W.** (1976). Seismicity of northern Anatolia: *Seismological Society of America Bulletin*, 66, p. 843–868.
- [41] **Toksoz, M. N., Shakal, A. F., and Michael, A. J.,** (1979). Space-time migration of earthquakes along the North Anatolian fault zone and seismic gaps, *Pure and Applied Geophysics*, 117,1258–1270.

- [42] **Jackson, J., and McKenzie, D.**, (1988). The relationship between plate motions and seismic tremors, and the rates of active deformation in the Mediterranean and Middle East, *Royal Astronomical Society Geophysical Journal*, 93,45–73.
- [43] **Sengor, A. M. C., Gorur, N. & Saroglu, F.**, (1985). Strike slip faulting and related basin formation in zones of tectonic escape: Turkey as a case study, in Strike Slip Deformation, Basin Formation, and Sedimentation, *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists*, 37, 227-264.
- [44] **Dewey, J. F., Hempton, M. R., Kidd, W. S. F., Saroglu, F., Sengor, A. M. C.**, (1986). Shortening of continental lithosphere: the neotectonics of Eastern Anatolia-a young collision zone, in Collision Tecfonics, *Spec. Publ. geol. SOC.* London, 19,3-36, eds Coward, M. P. & Ries, A. C., Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- [45] **Barka, A.**, (1997). Neotectonics of the Marmara Sea, in Schindler, C., and Pfister, M., eds., Active tectonics of northwest Anatolia: The Marmara Project: Zurich, *Verlag der Fachvereine*, 55–87.
- [46] **Westaway, R.** (2004). Kinematic consistency between the Dead Sea Fault Zone and the Neogene and Quaternary left-lateral faulting in SE Turkey, *Tectonophysics*, 391, 1-4, 203-237.
- [47] **Şaroğlu, F., Emre, Ö., & Kuşçu, I.**, (1992). Active fault map of Turkey. *Publ Miner Res Explor Ins Turk*, Ankara.
- [48] **Duman, T., Y., Emre, O., Gulmez, F. K., Ozalp, S., Elmacı, H., Olgun, S., Corekcioglu, S., Can, T., Saroglu, F.**, (2013). Türkiye Diri Fayları Veritabanı, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi 2013.
- [49] **Erdik, M., Yaver, K., Demircioglu, M., & Sesetyan, K.**, (2012). 23 October 2011 Van (Turkey) earthquake, *Natural Hazards*, 64,(1), 651.
- [50] **Url -2** < <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>>, erişim tarihi 15.01.2018.
- [51] **Mimarlar Odası** (2012). “Van Depremi Hasar Tespit Raporu” Değerlendirme Raporu, 20 Ocak 2012.
- [52] **Büyükkaragöz, A.** (2007), Zayıf kolon ve güçlü kiriş birleşimlerinin deneysel olarak incelenmesi, Fırat üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19(4), 553-560.
- [53] **Karancı A.N., Kalaycıoğlu S., Erkan B.B.B., Özden A.T., Çalışkan İ, Özakşehir G.**, (2011). *Tabanlı-Van (23 Ekim 2011) ve Edremit-Van (9 Kasım 2011) Depremleri İnceleme Raporu*, ODTÜ, Ankara.
- [54] **Güney, D.** (2011), *23 Ekim 2011 Van Depremi Teknik İnceleme Raporu*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [55] **Koç, V.** (2016). Deprem Sonrası Ağır Hasarı Bina Hasarlarının Sınıflandırılması, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama Merkezi Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 2,1, ss: 46-65.
- [56] **Sunar, F.** (2011). Uzaktan Algılama, Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-06-0995-4.
- [57] **Özküralpli, İ.** (2006). *Trakya Meriç havzasındaki çeltik ekili alanlarda ürün gelişiminin çok zamanlı radar uydu görüntü verileri yardımıyla izlenmesi*, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

- [58] **Yener, H., Koç, A. & Çoban, O.** (2005). Uzaktan algılama verileri ve teknik özellikleri, *Harita Dergisi*, 34–38.
- [59] **CCRS (Kanada Uzaktan Algılama Merkezi)**, (2007). Tutorial: Fundamentals of remote sensing, alındığı tarih : 15.09.2014, http://ccrs.nrcan.gc.ca/resource/tutor/fundam/index_e.php
- [60] **Mather, P.M., & Koch, M.** (2011). Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction, *Fourth Edition*, Wiley-Blackwell, 504 pp.
- [61] **Lillesand, T., Kiefer, R.W., Chipman, J.**, (2004). Remote Sensing and Image Interpretation 6th Edition, John Wiley, New York.
- [62] **Campbell, J.B.** (1996). Introduction to Remote Sensing, Second Edition, The Guilford Press, New York, ABD.
- [63] **Lu, D. & Weng, Q.** (2007). A survey of image classification methods and techniques for improving classification performance. *International Journal of Remote Sensing*, 28(5), 823-870.
- [64] **Mather**, (1987). Computer processing of remotely sensed images: an introduction. Chichester. John Wiley, 360.
- [65] **Li, M., Zang, S. Y., Zhang, B., Li, S. S. & Wu, C. S.** (2014). A Review of Remote Sensing Image Classification Techniques: the Role of Spatio-contextual Information. *European Journal of Remote Sensing*, 47, 389-411.
- [66] **Kavzoglu, T. & Mather, P. M.** (2003). The use of backpropagating artificial neural networks in land cover classification. *International Journal of Remote Sensing*, 24(23), 4907-4938.
- [67] **Kavzoglu, T. & Colkesen, I.** (2009). A kernel functions analysis for support vector machines for land cover classification. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 11(5), 352-359.
- [68] **Fisher, P.** (1997). The pixel: A snare and a delusion. *International Journal of Remote Sensing*, 18(3), 679-685.
- [69] **Blaschke, T.** (2010). Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 2-16.
- [70] **Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., Grossman-Clarke, S. & Weng, Q. H.** (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145-1161.
- [71] **Baatz, M. & Schape, A.** (2000). Multi resolution segmentation-an optimization approach for high quality multi scale image segmentation. In Strobl J., T.Blaschke, G.Griesebner (Ed.), Proceedings of Twelfth Angewandte Geographische Informationsverarbeitung, (pp.12–23). Germany: Karlsruhe Institute of Technology, May 25-27.
- [72] **Definiens** (2012). Definiens Developer XD 2.0.4. Reference Book. Munich, Germany: Definiens AG.
- [73] **Benz, U. C., Hofmann, P., Willhauck, G., Lingenfelder, I. & Heynen, M.** (2004). Multi-resolution, object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 58(3-4), 239-258.

- [74] **Johnson, B. A.** (2013). High-resolution urban land-cover classification using a competitive multi-scale object-based approach. *Remote Sensing Letters*, 4(2), 131-140.
- [75] **Çabuk, A., Altan, M., Küpçü, R., Toptaş T.E.,** (2011). Uzaktan Algılama Uygulamaları, Anadolu Üniversitesi Yayınları, Ekim 2011.
- [76] **Sunar, F.** (2017). Dijital Görüntü İşleme. Anadolu Üniversitesi Yayın no: 3658, Editör. ISBN: 978-975-06-2265-6
- [77] **Ergen, S. ve Kelleci, E.** (2011). Veritabanlarına Giriş, Anadolu Üniversitesi Yayınları, ISBN: 978-975-06-1025-7.
- [78] **Özaslan, Ö.** (2011). Web Tabanlı Jeodezik Amaçlı Mekânsal Veritabanı Tasarımı ve Uygulamaları, Doktora tezi, FBE, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [79] **Uyguçgil, H.** (2017). Konumsal Veritabanı. Anadolu Üniversitesi ISBN: 978-975-06-2115-4.
- [80] **Türk T.** (2009). *Sürdürülebilir afet bilgi sistemi altyapısının oluşturulması ve Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ) üzerinde uygulanması*, (Doktora Tezi), Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [81] **Theilen-Willige, B., Paraskevas, S, Ilias N, T., and Ioanna P.,**(2012). Remote Sensing and Geographic Information Systems (GIS) Contribution to the Inventory of Infrastructure Susceptible to Earthquake and Flooding Hazards in North-Eastern Greece. *Geosciences* 2012, 2, 203-220.
- [82] **Url-3**
<http://global.digitalglobe.com/sites/default/files/DG_WorldView2_DS_PROD.pdf> erişim tarihi 24.04.2016.
- [83] **Url-4**<<http://global.digitalglobe.com/sites/default/files/QuickBird-DS-QBProd.pdf>> erişim tarihi 29.06.2015.
- [84] **Rossi, T.A.** (2004). *Application of Digital Photogrammetric Methods in The Interpretation of Land Cover Change on The Coastal Dunes of Warren Dunes State Park, Berrien Country* retrieved from <http://libguides.lib.msu.edu/c.php?g=95417&p=623796>.
- [85] **Smimard, P.G.** (1997). *Accuracy Of Digital Orthophotos*, (Master Thesis), retrieved from <http://www2.unb.ca/gge/Study/Graduate/Pubs/M.Eng.html>
- [86] **Kayı, A., Erdoğan, M., and Yılmaz, A.,** (2014). The role of national and international geospatial data sources in the management of natural disasters, ISPRS 2014, Volume XL-8, 2014, ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 09 – 12 December 2014, Hyderabad, India.
- [87] **Url-5** <<http://www.techbriefs.com/component/content/article/5210>>, erişim tarihi 29.05.2015.
- [88] **Url-6** < <http://www.poi.com.tr/index.html>> erişim tarihi 29.05.2015.
- [89] **Lu, D.S., Hetrick, S., Moran, E.,** (2011), Impervious surface mapping with Quickbird imagery, *International Journal of Remote Sensing*, 32(9), 2519-2533.
- [90] **Myint, S. W., Gober, P., Brazel, A., GrossmanClarke, S., Weng, Q. H.,** (2011). Per-pixel vs. object-based classification of urban land cover extraction using high spatial resolution imagery, *Remote Sensing of Environment*, 115(5), 1145-1161.

[91] **Tehrany, M. S., Pradhan, B., Jebuv, M. N.,** (2014). A comparative assessment between object and pixel-based classification approaches for land-use/land-cover mapping using SPOT 5 imagery. *Geocarto International*, 29(4), 351-369.

[92] **Url -7** <https://www.qgis.org/en/site/> erişim tarihi 07.11.2017





EKLER

EK A: Geometrik Düzeltmeler

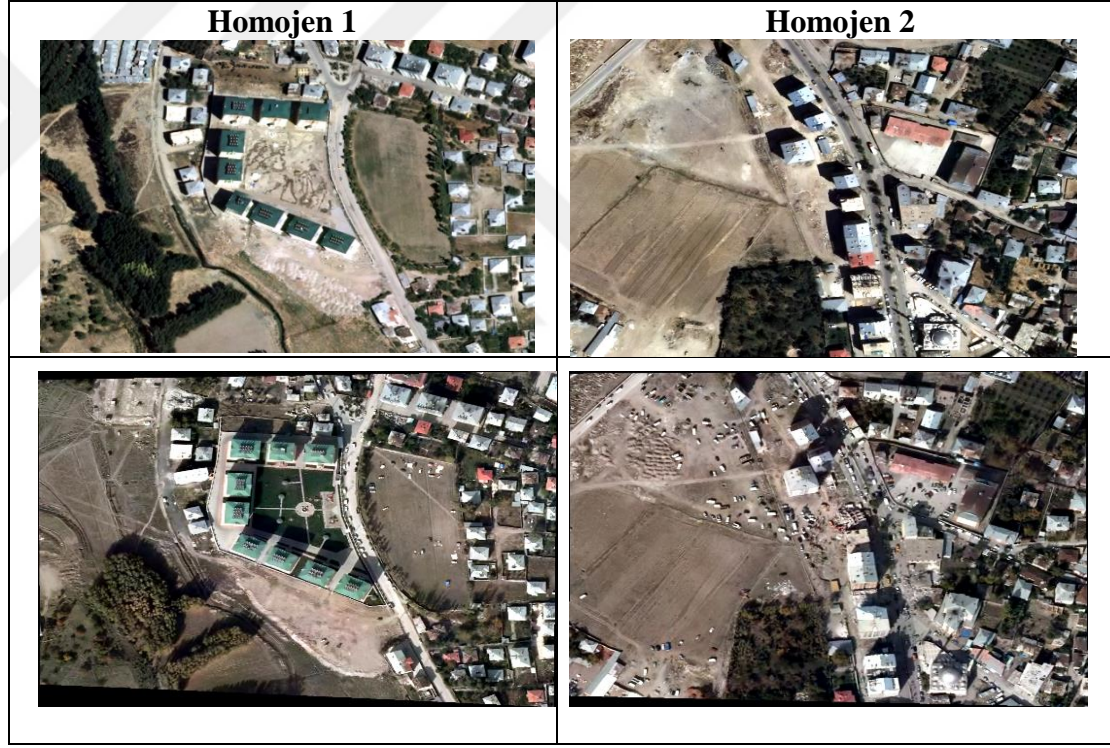
EK B: Test Bölgelerinin 3 boyutlu modellenmesi



EK A : Geometrik Düzeltmeler

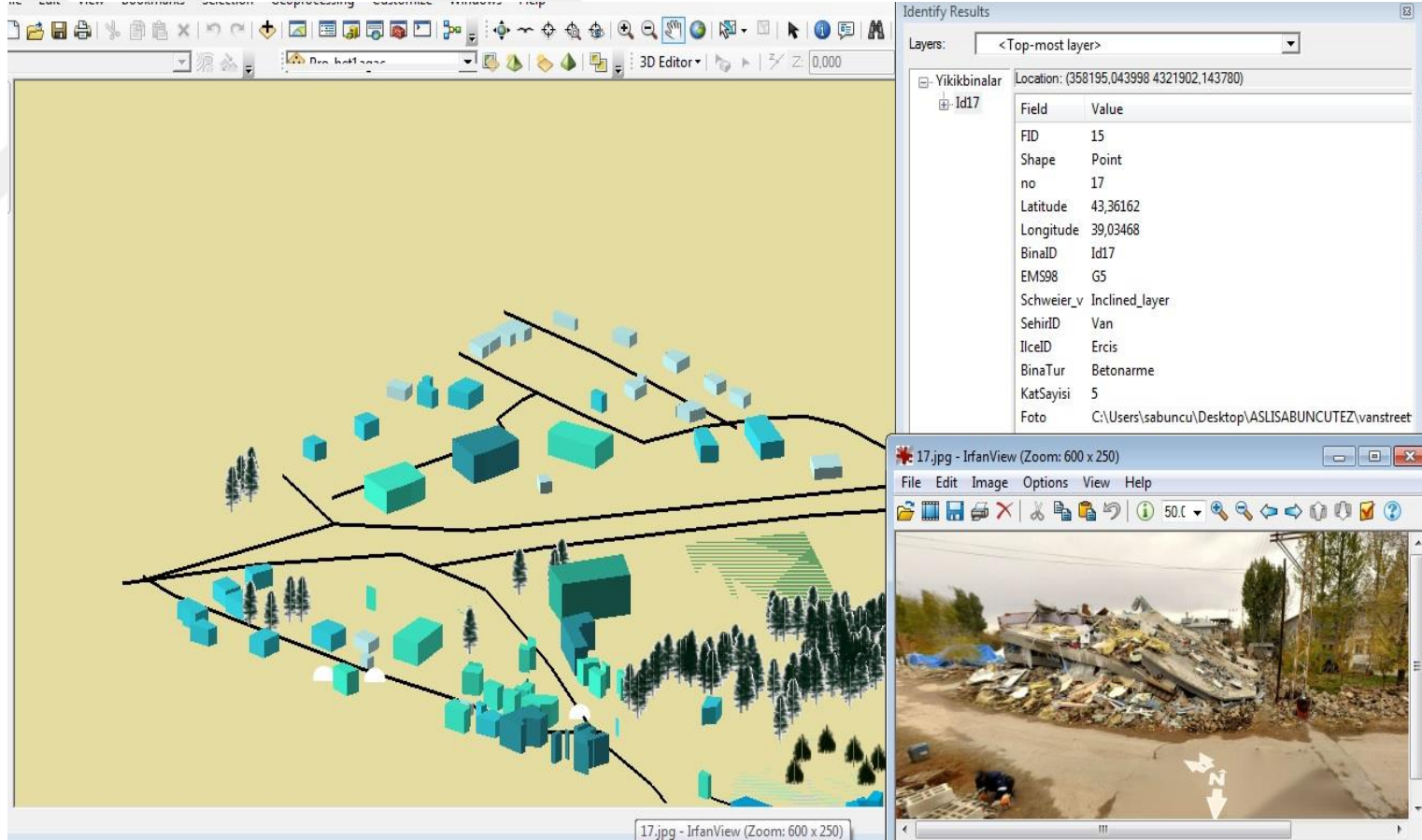


Şekil A.1 : Geometrik düzeltme (a) Orijinal Ortogörüntü (TKGM) baz görüntüsü, (b) Geometrik kaydı yapılmış Ortogörüntü (HGK) görüntüsü.

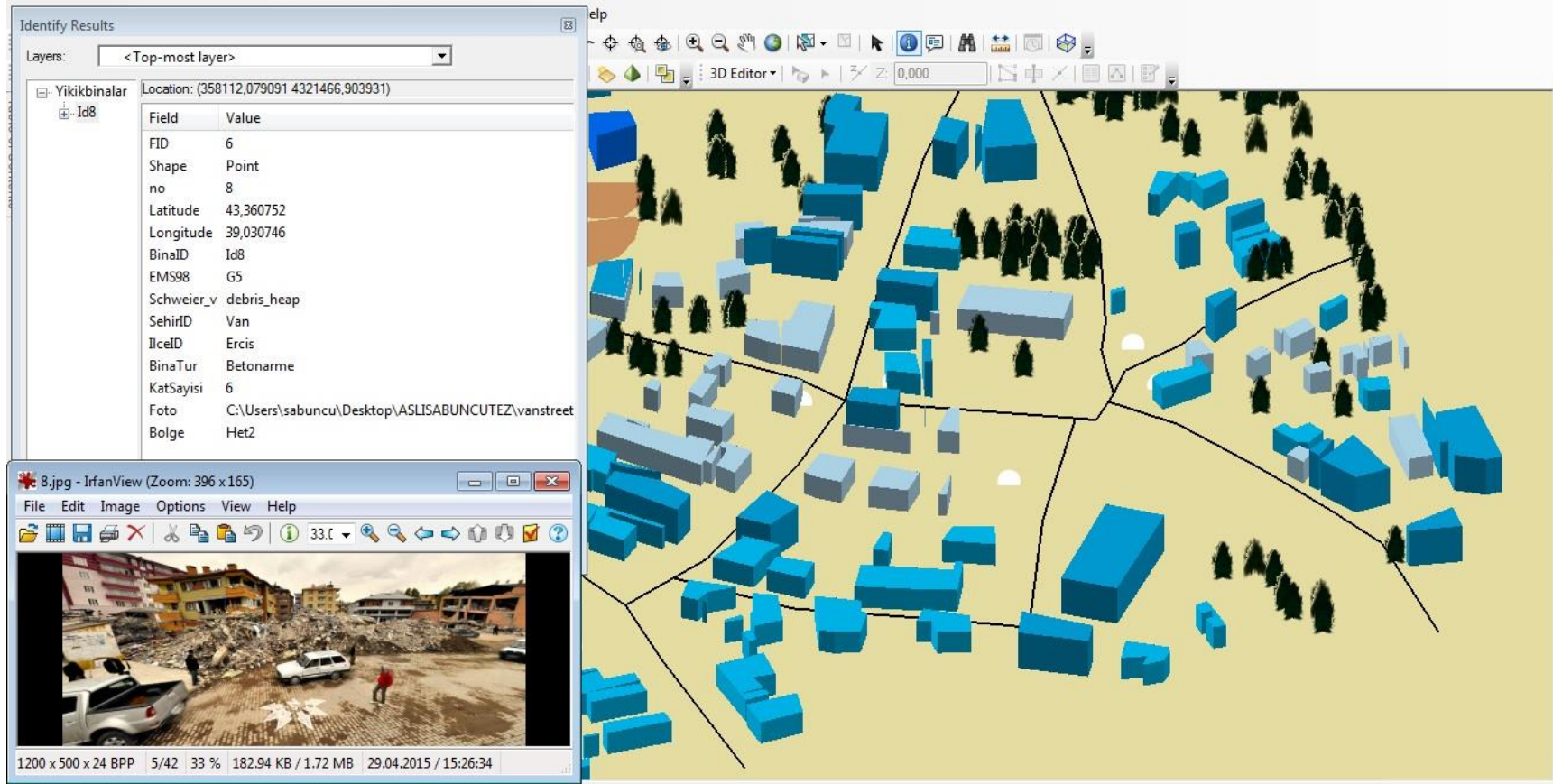


Şekil A2: Geometrik düzeltme (a) Orijinal WV2 baz görüntüsü, (b) Geometrik kaydı yapılmış QB2 görüntüsü.

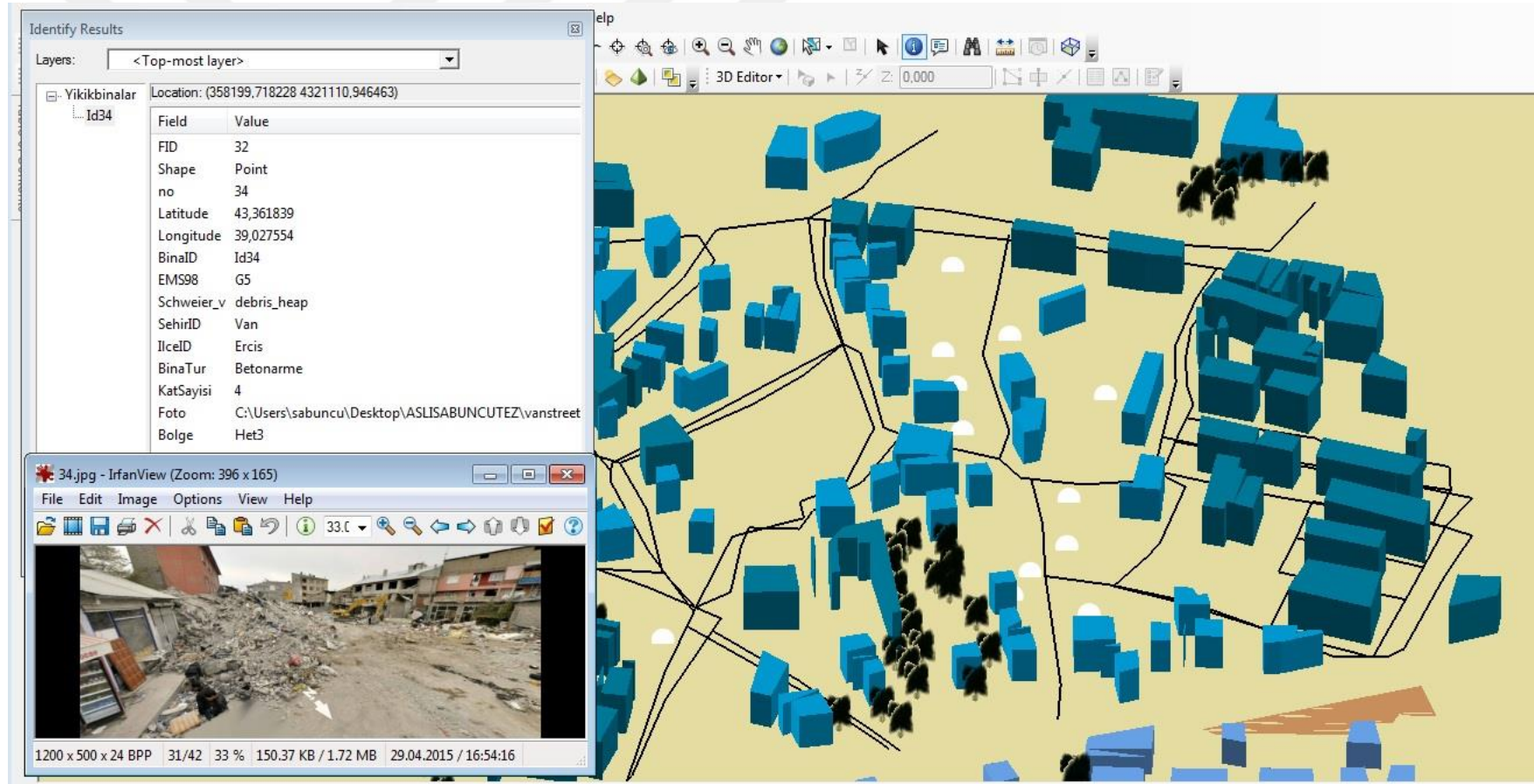
EK B : Test Bölgelerinin 3 boyutlu modellenmesi



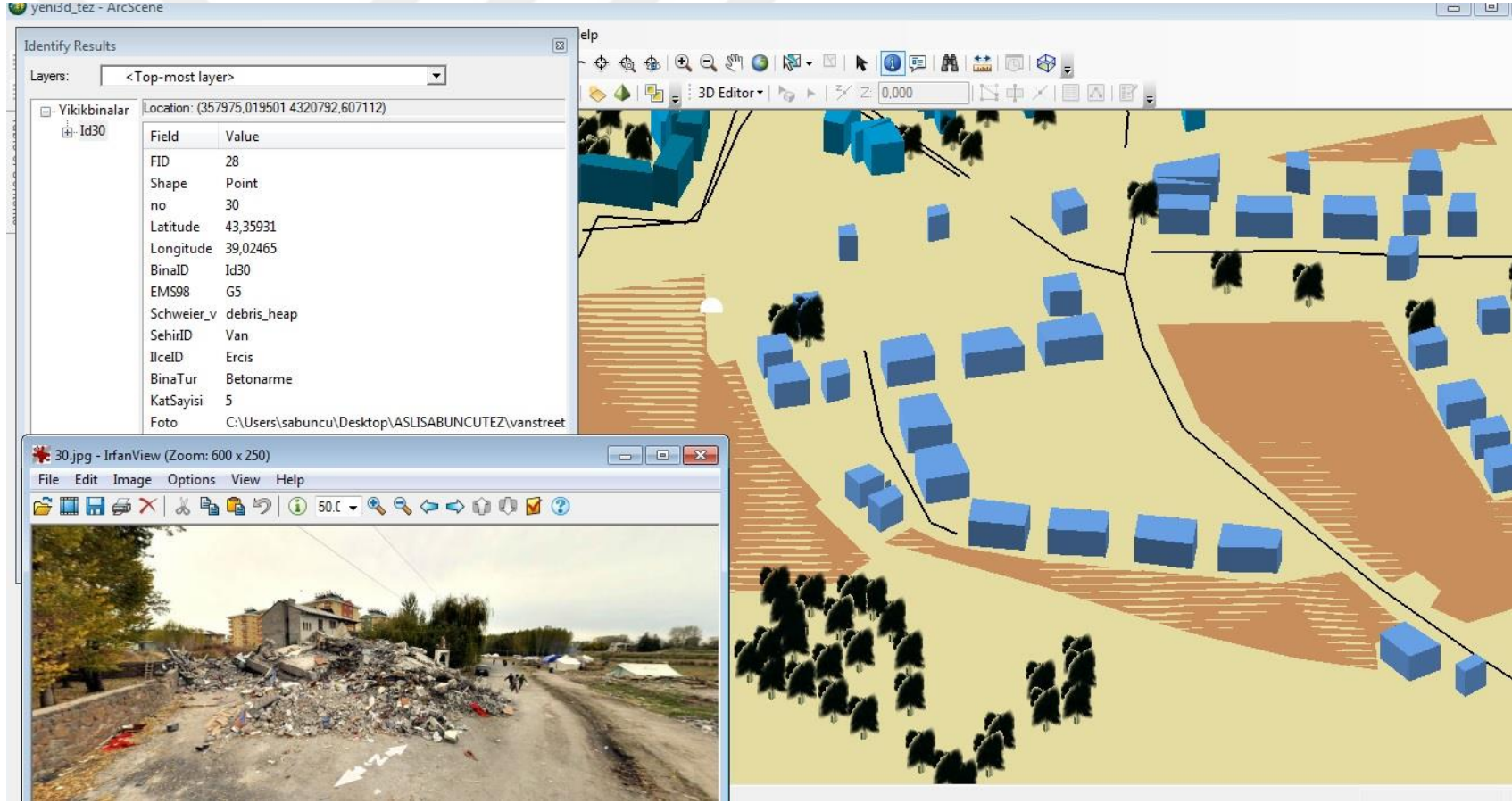
Şekil B1: Heterojen 1 bölgesinin nesne tabanlı analizler sonrası 3-boyutlu görselleştirimi.



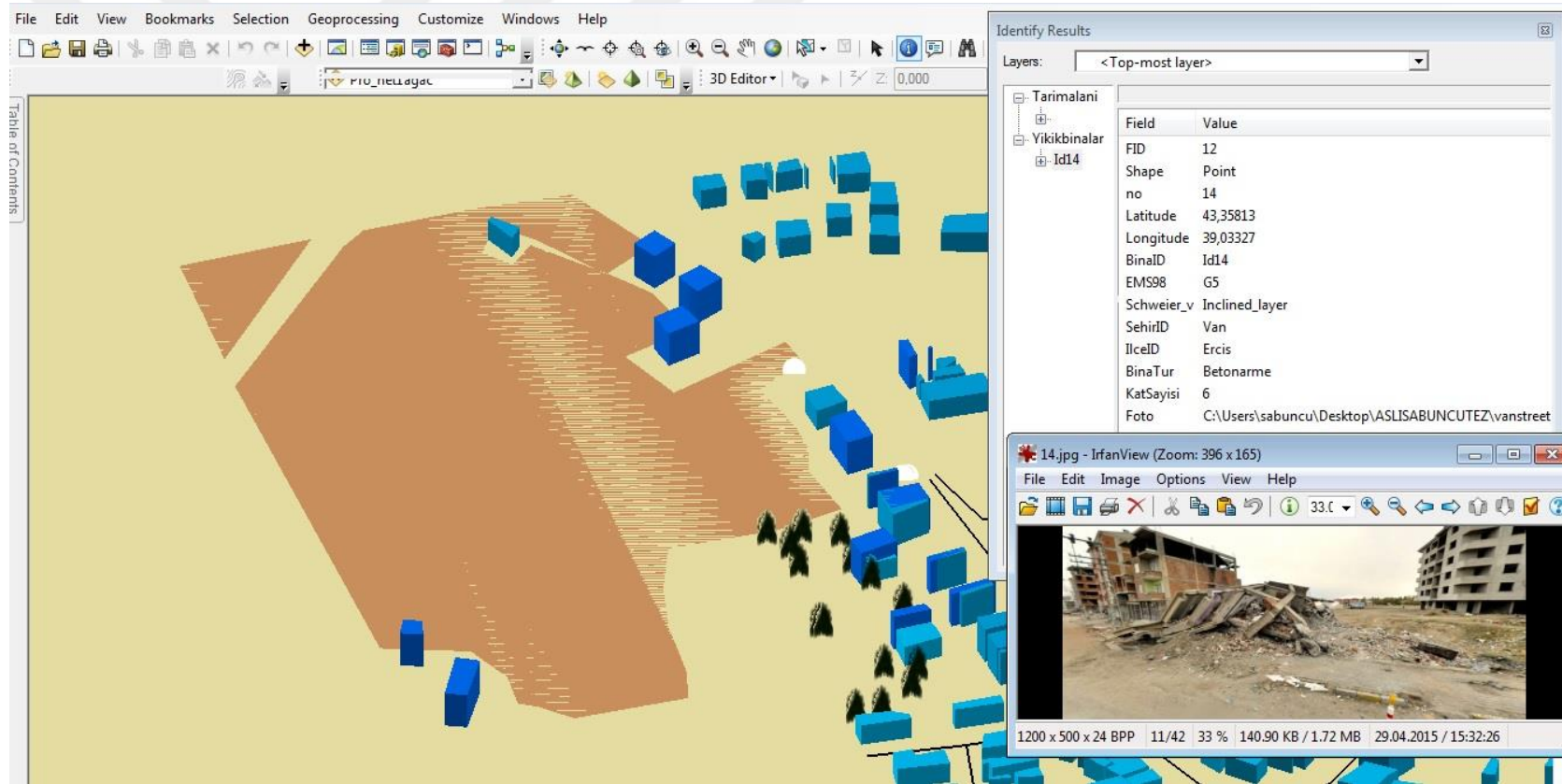
Şekil B2: Heterojen 2 bölgesinin nesne tabanlı analizler sonrası 3-boyutlu görselleştirimi.



Şekil B3: Heterojen 3 bölgesinin nesne tabanlı analizler sonrası 3-boyutlu görselleştirimi.



Şekil B4: Homojen 1 bölgesinin nesne tabanlı analizler sonrası 3-boyutlu görselleştirimi.



Şekil B5: Homojen 2 bölgesinin nesne tabanlı analizler sonrası 3-boyutlu görselleştirmesi.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Aslı Sabuncu
Doğum Tarihi ve Yeri : 1980-Bolu
E-posta : asli.turgutalp@boun.edu.tr

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2005, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2010, Boğaziçi Üniversitesi, Jeodezi Anabilim Dalı, Jeodezi

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2009-2017 yılları arasında Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü Jeodezi Anabilim Dalında Araştırma Görevlisi olarak çalıştı.
- 2010 yılında Boğaziçi Üniversitesi'nde yüksek lisans eğitimini tamamladı.

DOKTORA TEZİNDEN TÜRETİLEN YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Sabuncu, A.,** Uca Avcı Z.D., Sunar F., 2016 International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Preliminary results of earthquake-induced building damage detection with object-based image classification, July 12-19, 2016 Prague, Czech Republic.
- **Sabuncu, A.,** Uca Avcı, Z.D., Sunar, F. 2016. Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verisi ile Nesne Tabanlı Sınıflandırma Uygulamasında Mevsimsel Koşulların Etkisi, 6. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, 05-07 Ekim 2016, Adana.
- **Sabuncu, A.,** Sunar, F. 2017. Ortogörüntüler ile Nesne Tabanlı Sınıflandırma Uygulaması: Van-Erciş Depremi Örneği, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, Cilt 3 s1: ss1-8 Ocak 2017.
- **Sabuncu, A.,** Uca Avcı, Z.D., Sunar, F., 2017. A study of earthquake-induced building detection by object oriented classification approach, EGU 2017, 23-28 Nisan 2017 Vienna, Austria.

DİĞER YAYINLAR, SUNUMLAR VE PATENTLER:
Uluslararası Makaleler (SCI, SCI-Expanded, TÜBİTAK Sınıfı)

A1. A.Sabuncu, H. Ozener, “Monitoring vertical displacements by precise levelling: a case study along the Tuzla Fault, Izmir, Turkey”, Geomatics, Natural Hazards and Risk, Volume 5, Issue 4, December 2014, Doi:10.1080/19475705.2013.810179

A2. B. Aktug, H. Ozener, A. Dogru, **A. Sabuncu**, B. Turgut, K. Halicioglu, O. Yilmaz, E. Havazli; 'Slip rates and seismic potential on the East Anatolian Fault System using an improved GPS velocity field' Journal of Geodynamics; doi:10.1016/j.jog.2016.01.001

A3. A.Sabuncu, A.Dogru, H. Ozener; "Analyzing Changes in Coastal Areas Using Satellite Data" Sea Technology, Volume 59, No 3, March 2018, pp18-21.

