

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ GÖRÜNTÜLERDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HÜSEYİN ÇOBANOĞLU

OCAK 2023

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ GÖRÜNTÜLERDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS-TEZİ

Hüseyin ÇOBANOĞLU

DANIŞMAN: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

ZONGULDAK

Ocak 2023

KABUL:

Hüseyin ÇOBANOĞLU tarafından hazırlanan “Yüksek Çözünürlüklü Görüntülerden Otomatik Bina Çıkarımı” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir. 20/01/2023

Danışman: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Üye: Prof. Dr. Hüseyin TOPAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü

Üye: Doç. Dr. Anime Melis UZAR

Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü

ONAY:

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım./...../2023

Prof. Dr. Fikret GÖLGELEYEN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Hüseyin ÇOBANOĞLU

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ GÖRÜNTÜLERDEN OTOMATİK BİNA ÇIKARIMI

Hüseyin ÇOBANOĞLU

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Saygın ABDİKAN

Ocak 2023, 103 sayfa

Mekânsal verinin 3 boyutlu gösterimi, modellenmesi ve analizi; savunma, şehir planlama, imar, kadastro, artırılmış gerçeklik ve akıllı şehir projeleri vb. alanlarda sıklıkla kullanılmaktadır. Bu kapsamda gerçekleştirilen uygulamalarda veri üretiminin ana basamaklarından biri bina detaylarının otomatik çıkarımı işlemidir. İnsansız Hava Araçları (İHA) tarafından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden üretilen nokta bulutu, ortofoto görüntü ve sayısal yüzey modelleri (SYM), bina detaylarının çıkarılmasında ve modellenmesinde kullanılır. Ortofoto görüntü üzerinden bina detaylarının elle sayısallaştırılması işlemi zamansal maliyet bakımından üretim sürecinin önemli bir kısmını kapsadığı için otomatik olarak çıkartılması üretim sürecini büyük oranda kısaltacaktır. Bu çalışmada bina detayları; Datça, Muğla’da yerden 300 metre yükseklikte mini İHA ile gerçekleştirilen uçuştan elde edilen, yüksek çözünürlüklü görüntülerden üretilen ortofoto ve SYM verilerine, Python programlama dilinde geliştirilen sınıflandırma tekniği, kenar çıkartma algoritmaları ve bunlara bağlı kural setleri uygulanarak geliştirilen piksel puanlama görüntüsü kullanılarak otomatik olarak çıkartılmıştır. Bu kapsamda bina yoğunluğu, şekil ve doku farklılığı, yükseklik, yeşil alanların durumu gibi farklı kriterlere göre 10 adet test alanında doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Bahse konu bu doğruluk

ÖZET (devam ediyor)

analizleri sonucunda test alanlarında yer alan 333 adet binadan 331 tanesi tespit edilmiş ve genelinde %90,61 kesinlik, %94,44 duyarlılık ve %92,63 F1 puan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sınıflandırma, İHA, Fotogrametri, Python, Bina Çıkarımı.

Bilim Kodu: 616.02.00



ABSTRACT

M. Sc. Thesis

AUTOMATIC BUILDING EXTRACTION FROM HIGH RESOLUTION IMAGES

Hüseyin ÇOBANOĞLU

**Zonguldak Bülent Ecevit University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Thesis Advisor: Assoc. Prof. Dr. Saygın ABDİKAN

January 2023, 103 pages

The 3D representation, modeling and analysis of the spatial data; are frequently used in the fields of defense, city planning, zoning, cadastre, augmented reality and smart city projects. One of the main steps of data generation in applications carried out in this context is the extracting of the building details. The point cloud, orthophoto image and digital surface model (DSM) produced by image processing from the high resolution images obtained by Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are used for the extraction and modelling of the building details. Since the manual digitization of the building details over the orthophoto image covers a significant part of the production time in terms of temporal cost, its automatic removal will greatly shorten the production time. In the literature, successful studies have been obtained using object-based classification for automatic detail extraction. In this study, the building details are automatically extracted from the orthophoto and DSM data produced from high resolution images obtained by a flight carried out by a mini-UAV at 300 meters altitude in Datça, Muğla applying the pixel scoring image and edge extraction algorithms developed in the python programming language. In this context, accuracy analyzes were carried out in 10 test areas determined according to

ABSTRACT (continued)

different criteria such as building density, the difference in shape and texture, height, and condition of green areas. As a result of these accuracy analyzes, 331 of 333 buildings in the test areas were identified and overall 90.61% accuracy, 94.44% sensitivity and 92.63% F1 score were obtained.

Keywords: Classification, UAV, Photogrammetry, Python, Building Extracting.

Science Code: 616.02.00



TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazımı aşamasında yapmış olduğu büyük katkılarından dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Saygın ABDİKAN'a teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Tez çalışma süresi boyunca teknik ve motivasyon desteğini benden esirgemeyen meslektaşım Burak TAVUKÇU'ya, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarının bana büyük katkı sağladığı arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmasında kullandığım yüksek çözünürlüklü görüntüler, ortofoto görüntü, sayısal yüzey modeli, sayısal arazi modeli ve jeodezik veriler için Harita Genel Müdürlüğüne teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı anneme, babama ve kardeşime sevgi ve saygılarımı sunar, teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL:	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xiii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ.....	xix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xxi
 BÖLÜM 1 GİRİŞ	 1
1.1 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
1.2 TEZİN AMACI	11
 BÖLÜM 2 İHA TEKNOLOJİLERİ VE GÖRÜNTÜ	 13
2.1 İHA TEKNOLOJİLERİ	13
2.1.1 İHA Sistemi Tanımı.....	13
2.1.2 Sistem Bileşenleri	13
2.1.3 Sınıflandırılması.....	15
2.1.4 Uygulama Alanları.....	16
2.1.5 Harita ve Mekânsal Verinin Üretiminde İHA Kullanımı	17
2.2 GÖRÜNTÜ	18
2.2.1 İkili Görüntü.....	19
2.2.2 Gri Yoğunluk Seviyeli Görüntü.....	20
2.2.3 KYM Renk Uzayı	21

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
2.2.4 YTD Renk Uzayı	24
2.3 PYTHON.....	25
 BÖLÜM 3 MATERYAL	 29
3.1 ÇALIŞMA BÖLGESİ	29
3.2 GÖRÜNTÜ ALIMI.....	30
3.3 SYM, SAM VE ORTOFOTO MOZAİK ÜRETİMİ	32
3.3.1 Sayısal Yüzey Modeli Üretimi.....	34
3.3.2 Sayısal Arazi Modeli Üretimi	35
3.3.3 Ortofoto Mozaik Üretimi	35
 BÖLÜM 4 YÖNTEM	 37
4.1 YÖNTEM.....	37
4.2 YEŞİL ALAN İNDEKSLERİ GÖRÜNTÜSÜ (YAI GÖRÜNTÜSÜ).....	39
4.2.1 Görünür Atmosfer Direnç İndeksi (GADİ).....	39
4.2.2 Yeşil Yaprak İndeksi (YYİ).....	39
4.2.3 Parlaklık	40
4.2.4 YAI Görüntüsü.....	40
4.3 BİNA ALANLARI-NSYM (B-NSYM) GÖRÜNTÜSÜ	41
4.3.1 Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) Oluşturulması.....	41
4.3.2 Eşiklenmiş nSYM Görüntüsü	43
4.3.3 Gruplandırma	45
4.4 BİNA ALANLARI-KYM GÖRÜNTÜSÜ	46
4.5 SOBEL KENARLARI GÖRÜNTÜSÜ	49
4.6 PİKSEL PUANLANDIRMA	52

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5 BULGULAR.....	57
5.1 TEST ALANLARI	57
5.1.1 Test Alanı 1	57
5.1.2 Test Alanı 2	59
5.1.3 Test Alanı 3	60
5.1.4 Test Alanı 4	62
5.1.5 Test Alanı 5	63
5.1.6 Test Alanı 6	65
5.1.7 Test Alanı 7	66
5.1.8 Test Alanı 8	68
5.1.9 Test Alanı 9	69
5.1.10 Test Alanı 10	71
5.2 BULGULAR	72
BÖLÜM 6 TARTIŞMA	75
BÖLÜM 7 SONUÇ	85
KAYNAKLAR.....	87
EK AÇIKLAMALAR	93
ÖZGEÇMİŞ	103



ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 İHA Sistemleri YKİ	14
Şekil 2.2 a) Sabit kanat İHA, b) Döner kanat İHA	15
Şekil 2.3 İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin sınıflandırılması	15
Şekil 2.4 a) Tarım ve ilaçlamada İHA kullanımı, b) Madencilik çalışmalarında İHA kullanımı, c) Afet yönetimi ve kurtarma faaliyetlerinde İHA kullanımı, d) Lojistikte İHA kullanımı.....	17
Şekil 2.5 İHA görüntüleri ile elde edilen ortofoto görüntü ve SYM.....	18
Şekil 2.6 Yuneec E10Tvx kamerası ile kazanılmış KYM ve termal görüntü örneği.....	18
Şekil 2.7 İkili görüntü.....	19
Şekil 2.8 Gri seviyeli yoğunluk görüntüsü	20
Şekil 2.9 Piksel gri seviye değeri	20
Şekil 2.10 KYM Renk Küpü	21
Şekil 2.11 a) KYM Görüntü, b) Kırmızı bandın gri-ton görüntüsü, c) Yeşil bandın gri ton görüntüsü, d) Mavi bandın gri ton görüntüsü	22
Şekil 2.12 Piksele ait KYM renk değerleri	23
Şekil 2.13 Bazı temel renklerin KYM değerleri	23
Şekil 2.14 KYM Görüntü NxM Matrisi	24
Şekil 2.15 a) KYM renk uzayında görüntü (3 bant), b) YIQ renk uzayında, Y bileşeni ile elde edilmiş gri seviyeli yoğunluk görüntüsü (tek bant).	25
Şekil 3.1 Datça şehir merkezi (HGM Küre).....	29
Şekil 3.2 ATLAS Mini İHA.....	30
Şekil 3.3 RTK ve PPK'lı ölçüm yöntemi	31
Şekil 3.4 TG20 Jeoidi, b) Ortometrik, elipsoidel ve jeoit yükseklikleri gösterimi	32
Şekil 3.5 Pix4D görüntü eşleme ve YKN durumları.....	33
Şekil 3.6 Sayısal yüzey modeli.	34

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.7 Sayısal arazi modeli.	35
Şekil 3.8 Ortofoto mozaik.	36
Şekil 4.1 İş akış diyagramı.	38
Şekil 4.2 a) Ortofoto görüntü, b) Ortofoto üzerine YAI görüntüsü.	41
Şekil 4.3 SYM, SAM ve nSYM.....	42
Şekil 4.4 Örnek alan SYM.	42
Şekil 4.5 Örnek alan nSYM.	43
Şekil 4.6 a) SYM 3 boyutlu gösterim, b) SAM 3 boyutlu gösterim.	43
Şekil 4.7 Eşiklenmiş nSYM.....	44
Şekil 4.8 a) Örnek alan eşiklenmiş nSYM, b) Eşik üzeri ve altı ağaç detaylarının gösterimi .	44
Şekil 4.9 a) 10 m ² 'den büyük gruplar, b) 25 m ² 'den büyük gruplar, c) 50 m ² 'den büyük gruplar, d) 100 m ² 'den büyük gruplar.....	45
Şekil 4.10 Bina alanlarında K bant değerlerinin dağılımı.	46
Şekil 4.11 Bina alanlarında Y bant değerlerinin dağılımı.	46
Şekil 4.12 Bina alanlarında M bant değerlerinin dağılımı.	47
Şekil 4.13 Bina alanlarında KYM bant ve parlaklık değerlerinin dağılımı.	47
Şekil 4.14 Bina alanlarında K/Y değerlerinin dağılımı.	48
Şekil 4.15 Bina alanlarında K/M değerlerinin dağılımı.	48
Şekil 4.16 B-KYM Görüntüsü	49
Şekil 4.17 Sobel çekirdek matrisi.....	50
Şekil 4.18 Örnek sobel filtresi kenar çıkarımı.....	51
Şekil 4.19 Sobel çekirdek matrisi.....	51
Şekil 4.20 Sobel görüntüsü.....	52
Şekil 4.21 a) B-KYM, b) B-nSYM, c) Sobel Kenarları, d) YAI.	54
Şekil 4.22 Piksel puanlandırma.....	55
Şekil 4.23 Puanlı sonuç görüntü.....	55
Şekil 5.1 Test alanı 1 ortofoto.	58
Şekil 5.2 Test alanı 1 ortofoto ve sınıflandırma.	58
Şekil 5.3 Test alanı 2 ortofoto.	59
Şekil 5.4 Test alanı ortofoto ve sınıflandırma.	60

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 5.5 Test alanı 3 ortofoto.	61
Şekil 5.6 Test alanı 3 ortofoto ve sınıflandırma.	61
Şekil 5.7 Test alanı 4 ortofoto.	62
Şekil 5.8 Test alanı 4 ortofoto ve sınıflandırma.	63
Şekil 5.9 Test alanı 5 ortofoto.	64
Şekil 5.10 Test alanı 5 ortofoto ve sınıflandırma.	64
Şekil 5.11 Test alanı 6 ortofoto.	65
Şekil 5.12 Test alanı 6 ortofoto ve sınıflandırma.	66
Şekil 5.13 Test alanı 7 ortofoto.	67
Şekil 5.14 Test alanı 7 ortofoto ve sınıflandırma.	67
Şekil 5.15 Test alanı 8 ortofoto.	68
Şekil 5.16 Test alanı 8 ortofoto ve sınıflandırma.	69
Şekil 5.17 Test alanı 9 ortofoto.	70
Şekil 5.18 Test alanı 9 ortofoto ve sınıflandırma.	70
Şekil 5.19 Test alanı 10 ortofoto.	71
Şekil 5.20 Test alanı 10 ortofoto ve sınıflandırma.	72
Şekil 6.1 B-KYM mahya ve çatı üstü detay boşlukları.	77
Şekil 6.2 B-KYM ikili kodlanmış görüntü.	77
Şekil 6.3 Hatalı bina tespiti ve nSYM ilişkisi.	78
Şekil 6.4 Hatalı bina çıkarımı ve YAI etkisi.	79
Şekil 6.5 Sobel filtre hatası.	80
Şekil 6.6 a) 0-500 puan arası pikseller, b) 50-500 puan arası pikseller, c) 99-500 puan arası pikseller, d) 200-500 puan arası pikseller.	81



ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 ATLAS Mini İHA ve Sony A600 kamera özellikleri.	30
Çizelge 3.2 Uçuş genel bilgileri.	31
Çizelge 3.3 Pix4D üretim parametreleri.	33
Çizelge 4.1 İndeks koşulları.	40
Çizelge 4.2 Hesaplanan K/Y ve K/M değerleri.	49
Çizelge 4.3 Görüntü koşulları.	53
Çizelge 5.1 Doğruluk analizleri.	73
Çizelge 6.1 Benzer çalışmalara ait bilgiler.	90



EK AÇIKLAMALAR DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
EK A Uygulama Kodları.....	93
EK B Alan Kapatma Kodları	100





SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

m	: Metre
m ²	: Metrekare
cm	: Santimetre
i,j	: Piksel Pencereleri
p	: Piksel Değeri
G	: Çekirdek Matrisi
θ	: Orjine Olan Açısı

KISALTMALAR

B-nSYM	: Binalar-nSYM
B-KYM	: Binalar-KYM
GADİ	: Görünür Atmosfer Direnç İndeksi (The Visible Atmospherically Resistant Index – VARI)
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
İHA	: İnsansız Hava Aracı
İHS	: İnsansız Hava Sistemi
K	: Kırmızı Bant
KKBS	: Küresel Konum Belirleme Sistemi (Global Navigation Satellite Systems - GNSS)
KYM	: Kırmızı-Yeşil-Mavi
M	: Mavi Bant
NDVI	: Normalized Difference Vegetation Index
nSYM	: Normalize Edilmiş Sayısal Yükseklik Modeli

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

PPK	: Post-Processing Kinematic (Sonradan İşlenmiş Kinematik)
RTK	: Real-Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TG-20	: Türkiye Jeoidi-20
WGS 84	: World Geodetic System 1984 (Dünya Jeodezik Sistemi 1984)
Y	: Yeşil Bant
YAI	: Yeşil Alanlar İndeksi
YTD	: Yoğunluk, Ton ve Doygunluk (Intensity, Hue, Saturation - YIQ)
YKI	: Yer Kontrol İstasyonu
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YKÖ	: Yakın Kızıl Ötesi
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı
YYİ	: Yeşil Yaprak İndeksi (Green Leaf Index – GLI)

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Mekânsal veri, günümüzde gelişen; akıllı şehir, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, savunma alanında taktik seviyede kullanılan simülasyonlar, metaverse gibi teknolojiler ve hızla artan şehirleşmenin beraberinde getirdiği şehir planlama, altyapı, imar, kadastro vb. gibi çalışma alanlarında gerçekleşen gereksinimler sebebiyle büyük önem kazanmıştır. Bahse konu teknolojiler ve çalışma alanlarında, mekânsal verilerin büyük çoğunluğunu insan yerleşimlerine bağlı olarak binalar oluşturmaktadır.

Yapılacak çalışmaların kapsamına ve ölçeğine bağlı olarak bina detaylarının toplanması ve sayısallaştırılması farklılıklar göstermekle birlikte yaygın olarak ortofoto görüntü üzerinden elle sayısallaştırma işlemi uygulanmaktadır. Bu yöntem özellikle nüfusun yüksek olduğu yerleşimlerde proje üretim süresinin büyük çoğunluğunu kapsamaktadır. Bu sebeple bina detaylarının otomatik olarak çıkarımı üretim sürecinde zamansal maliyeti büyük oranda azaltacaktır.

Uzaktan algılama ve fotogrametrik yöntemler ile uydu görüntüsü ve hava fotoğrafları kullanılarak yer yüzeyine ait; yerleşim yeri, orman, tarım alanı, göl, akarsu vb. bölgelerin sınıflandırılması, bina detaylarının çıkarımı ve değişiminin izlenmesi, ağaç türlerinin tespiti ile tarım alanlarındaki verimlilik ve mahsül miktarı gibi büyük ve küçük ölçekli sınıflandırma ve sayısallaştırma işlemleri uygulanabilmektedir. Bu kapsamda kullanılan en yaygın yöntemler piksel tabanlı sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleridir. İki yöntem de belirli avantaj ve dezavantajlara sahip olmakla birlikte nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi farklı veri tiplerini entegre şekilde kullanabilme, homojen segmentler oluşturma yeteneği ve uygulanan işlemlerde çeşitlilik sağlanabilmesi sebebiyle daha başarılı sonuçlar sağlamaktadır.

Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi, binaların tespiti ve bina kenarlarının çıkarılması işlemlerinde her ne kadar başarılı sonuçlar elde etse de bu yöntemin tek başına kullanılması

yetersiz kalabilmektedir. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile birlikte farklı görüntü işleme metodları kullanılarak oluşturulacak kenar çıkarma algoritmaları, sınıflandırma işlemine dâhil edilerek oluşturulacak kural setleri ile birlikte daha başarılı sonuçlar elde edilmesi mümkün olacaktır (Karakaş 2018).

Görüntü analizi ve bina detaylarının çıkarılmasına yönelik piksel-nesne tabanlı sınıflandırma uygulamaları kapsamında son yıllara kadar yapılan çalışmalar çoğunlukla ticari ve paket Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve fotogrametri tabanlı yazılım ve uygulamaları ile gerçekleştirilmiştir. Bahse konu yazılımlar istikrarlı ve başarılı sonuçlar elde edebiliyor olmasına karşın, kullanıcıların algoritmaya müdahalesi kısıtlı olmaktadır. Bu kısıtlama farklı formatlarda daha verimli kullanılabilecek verilerin istenilen şekilde işleme sokulmasında problemler ortaya koyabilmektedir. Bu kapsamda açık kaynak kodlu yazılım ve programlama dilleri alternatif olarak karşımıza çıkmaktadır.

Açık kaynak programlama dili olan Python özellikle son yıllarda görüntü işleme ve derin öğrenme yöntemlerini içeren zengin kütüphaneleri ile görüntü sınıflandırma ve detay çıkarımına yönelik metre hassasiyetli uzaktan algılama uygulamalarından, nanometre hassasiyetli tıp uygulamalarına kadar birçok farklı disiplinde sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Basit ve sade bir dile sahip olması, gerekli birçok matematiksel-geometrik işlem ve algoritmaları kütüphanelerinde barındırması, kullanıcı sayısını günden güne artırmakta ve buna paralel olarak içerik gelişimine pozitif yönde etki sağlamaktadır. Bu kapsamda uydu görüntülerinden İnsansız Hava Araçları (İHA) görüntülerine kadar farklı fotogrametrik araçlar ile elde edilmiş veriler üzerinde bu sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir.

Son yıllarda gelişen İHA teknolojileri çeşitli harita üretim uygulamaları ve mekânsal verilerin toplanması işlemlerinde fotogrametrik çalışmaların yaygınlaşmasına olanak sağlamıştır. Bu kapsamda İHA'lar savunma sanayi ve askerî faaliyetler, tarım, şehircilik ve imar, arkeoloji, afet yönetimi, güvenlik, sanatsal faaliyetler, turizm ve benzeri birçok çalışma alanında sıklıkla ve birincil veri toplama kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır.

İHA, yerden kontrol edilebilme ve otomatik yönlendirilme özellikleri, doğrudan uçuş personeline ihtiyaç duyulmaksızın görev icra edebilmesi, tehlikeli ve pilotlu uçuşlara imkân sağlamamayan alanlarda düşük irtifa ve yüksek çözünürlüklü görüntü üretebilme yetenekleri, üretim ve satın alma maliyetleri ile yakıt masraflarının daha düşük olması sebebiyle insanlı

hava araçlarına ve diğer fotogrametrik veri toplama araçlarına karşı avantajlı bir konum sağlamaktadır.

Bu çalışmada İHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden fotogrametrik yöntemler ile ortofoto ve sayısal yüzey modeli (SYM) üretilmiş ve Python kütüphanelerinde yer alan görüntü işleme ve sınıflandırma metotları kullanılarak oluşturulan kural setleri ile bina detaylarının otomatik olarak çıkartılması amaçlanmıştır.

1.1 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

CBS gereksinimleri ve fotogrametrik görüntü işleme yöntemlerinin gelişmesi ile birlikte raster verilerden vektör veri elde etme çalışmalarında ihtiyaca yönelik artışlar meydana gelmiştir. Bu kapsamda öne çıkan ana yöntemler elle sayısallaştırma ve otomatik sayısallaştırmadır. Elle sayısallaştırma yöntemleri genel olarak geometrik olarak tanımlanmış bir kırmızı, yeşil ve mavi bantlardan oluşan KYM (Kırmızı, Yeşil, Mavi) görüntü üzerinde, operatörler yardımıyla CBS yazılımları aracılığıyla, elde edilmek istenen detayın; nokta, çizgi ya da alan tipinde çizilmesi işlemleridir. Otomatik sayısallaştırma işleminde ise KYM görüntü ile birlikte lidar sistemlerinden elde edilen nokta bulutu, elektromanyetik spektrumun görünür bölgesi dışında kalan ışımlarında (kızılötesi vb.) algılanmış olduğu hiperspektral görüntüler, jeodezik veriler ile hava fotoğrafı, lidar ya da radar sistemlerinden elde edilmiş SYM ve sayısal arazi modeli (SAM) gibi coğrafi bilgiler, sınıflandırma işlemlerine tabii tutularak mekânsal detayların vektörel formatta çıkarımına yönelik olarak kullanılmaktadır. Bu kapsamda literatürde bina detaylarının tespiti, sınıflandırılması, sayısallaştırılması ve vektörel veri tipinde çıkarımına yönelik başarı sağlayan, ticarî ya da açık kaynak kodlu yazılımlar ile gerçekleştirilmiş birçok çalışma bulunmaktadır.

Milosavljević (2020), çalışma ile Python Keras kütüphanesi kullanılarak derin öğrenme yoluyla segmentasyon oluşturma ve uzaktan algılama yöntemi ile elde edilmiş görüntülerden bina detaylarının çıkarılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda 30 cm. yer örnekleme aralığına sahip hava fotoğraflarından elde edilen ortofoto görüntüler kullanılmıştır. Uygulama üç aşamadan meydana gelmektedir; görüntü hazırlama, derin segmentasyon modeli uygulanması ve eğitim ile tahminlerin birleştirilmesi. İlk aşama olan görüntü hazırlamada girdi verilerinin eğitim modelleri tarafından işlenebilmesi için uygun formata dönüşümü uygulanmıştır. Bu aşamada her bir ortofoto görüntü, parçalar birbiri ile minimum %30 oranda bindirme olacak şekilde 361

parçaya bölünmüştür. Çalışma alanına ait 180 girdi görüntü olduğundan toplam 64.980 adet eğitilebilir ortofoto görüntü parçası oluşmuştur. Yine aynı boyut ve sayılarda referans veri oluşturulmuştur. Referans veriler ikili görüntü şeklinde ifade edilmiş olup 1 değerleri bina detayını belirtmektedir. Görüntünün eğitim aşamasında farklı varyasyonlarının da incelenebilir olması ve modele katılması amacıyla ortofoto görüntü parçaları ve referans veri görüntü parçalarının 0° - 90° - 180° - 270° - 360° derece döndürülmüş versiyonları da eğitim kümesine dahil edilmiştir. Segmentasyon aşamasında Python Keras kütüphanesi kullanılmış ve bu kütüphane tarafından desteklenen “U-Net”, “FPN”, “LinkNet” ve “PSPNet” yaklaşımları denenmiştir. Yapılan değerlendirmeler neticesinde segmentasyon aşamasında en başarılı sonucun “FPN” mimarisi vermiş olmakla birlikte hızlı ve basit bir çözümleme sunan “ResNet-34” mimarisi ile birlikte işleme dahil edilmiştir. Eğitim aşaması, Intel i7-8700K işlemcili, 32 GB RAM’li ve 11 GB bellekli tek bir Nvidia GeForce 1080 Ti tek kişisel bilgisayarda 19 gün ilk eğitim ve 4,5 gün ikincil eğitim olmak üzere 23,5 gün sürmüştür. Yapılan çalışma neticesinde örnek alanlarda ortalama %95 üzeri doğruluk ve başarı sağlanmıştır.

Karlı vd. (2010), çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Kampüsü ve çevresinde yer alan binaların, kızılötesi banda sahip hava fotoğrafları kullanılarak otomatik bina çıkarımı yapılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda; “alan büyütme”, “ortalama kayma” ve “havza” segmentasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bölütleme olarak da adlandırılan segmentasyon işlemlerinde kullanılan teknik ve algoritmaya bağlı olarak işlemler farklılık gösteriyor olsa dahi genel amaç birbiri ile benzerlik gösteren piksel ve bilgilerin birleştirilerek, süperpiksel ismi verilen grupsal piksel yapıların oluşturulmasıdır. Bu sayede sınıflandırma aşamasında homojenlik sağlanması amaçlanmaktadır. İşlemler Matlab ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesi kırsal ve kentsel olacak şekilde iki ana başlıkta incelenmiştir. Uygulanan segmentasyon ve sınıflandırma işlemleri sonrasında 3 kırsal bölgede yer alan toplam 170 binanın; 161 tanesi “alan büyütme” yöntemi, 167 tanesi “ortalama kayma” yöntemi ve 143 tanesi “havza” yöntemi ile tespit edilebilmiştir. 3 kentsel bölgede yer alan 1430 binanın; 1320 tanesi “alan büyütme”, 1364 tanesi “ortalama kayma” yöntemi ve 1067 tanesi ise “havza” yöntemi ile tespit edilebilmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda çalışma bölgesinde en başarılı sonuçların mean-shift segmentasyon yöntemi ile sağlandığı görülmüştür.

Karakaş (2018), çalışmada İzmir ilinin Bergama ilçesine ait Harita Genel Müdürlüğü (HGM)’den temin edilen Light Detection and Ranging; veya Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) verisi ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM)’den temin edilen

ortofoto görüntü kullanılmıştır. İlk olarak LIDAR verisi üzerinde gürültü temizleme işlemi ve yer filtresi işlemi yapılmıştır. Ardından LIDAR verisinden SYM, SAM ve bunların farkından meydana gelen normalize edilmiş SYM (nSYM) oluşturulmuştur. nSYM üzerinde bir eşik değeri belirlenerek sadece bina ve yeşil alanların kalması sağlanmış, diğer detaylar elimine edilmiştir. Ortofoto görüntü üzerinde Görünür Atmosfer Direnç İndeksi (GADI) bitki indeksi oluşturularak nSYM'den yeşil alanların elimine edilmesi sağlanmış ve sadece binalara ait detaylar kalmıştır. Hough dönüşümünün daha sağlıklı yapılabilmesi amacıyla bina alanlarına “*Gausslarının Farkı*” filtresi uygulanmış ve binaların kenarları çıkarılmıştır. Sonrasında yapılan Hough dönüşümü ile birlikte binaları oluşturan çizgi segmentleri daha ayrıntılı ve çözünürlüklü olarak çıkarılmıştır. Çıkarılan çizgi segmentleri algısal gruplama ilkeleri ile gruplandırılmış ve bina çizimleri kapatılmıştır. Üretilen bina sınırları bina dışına taşmış ya da içinde kalmış durumda olabilmektedir. Kesin bina sınırlarını elde edebilmek amacıyla tohum bölge büyütme segmentasyon algoritması kullanılmıştır. Bu algoritmada bir tohum bölgesi belirlenir yani bir merkez piksel belirlenir ve bu piksel ile homojen ve benzerlik gösteren pikseller gruplanarak renk, yoğunluk ve doku gibi benzer özellikler segment haline getirilir. Algısal gruplama ile belirlenen bina sınırlarına bir tampon bölge atılır. Tampon bölge içerisinde merkez (tohum) pikseller belirlenerek benzer özelliği taşıyan pikseller arasında ilişki kurularak gruplama yapılarak segmentler oluşturulur. Bu segmentler bina ya da bina dışı bir detay olarak sınıflandırılarak binaya dahil edilir ya da çıkartılır. Farklı test alanlarında gerçekleştirilen çalışmalar sonucunda Doğruluk analizleri sonucunda bina çıkarım başarısı %100, tamlık ve doğruluk başarısı ise %95 ve üzeri olarak tespit edilmiştir.

Grigillo and Kanjir (2012), çalışma ile lidar verisi ve hava fotoğrafları kullanılarak oluşturulan; multispektral görüntü, SYM ve SAM verilerinden bina detaylarının otomatik olarak çıkarım sağlanmıştır. Uygulamada nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılmıştır. Multispektral görüntü üzerinde yeşil alanların tespiti sağlanmıştır. SYM ve SAM'ın farkı olan normalize edilmiş SYM (n-SYM) kullanılmış ve 1,5 metre altındaki nesneler maskelenmiştir. Yeşil alanların temizlenmesi ile birlikte bina detaylarının çıkarımı sağlanmıştır. Sonuçlar üç farklı bölgede ve farklı parametrelerde ayrı ayrı değerlendirilmiş olup genel başarı oranı %90 üzerinde gerçekleşmiştir.

Pepe et al. (2021), yapılan çalışmanın amacı stereo uydu görüntülerinden 3 boyutlu şehir modeli üretimi için otomatik bir yöntem belirlemektir. Uygulama; pan-keskinleştirme tekniği ile geometrik çözünürlüğün artırılması, bina detaylarının çıkarımı için derin öğrenme tekniklerinin

uygulanması ve bina detaylarının yüksekliklerinin tespit edilmesi olmak üzere üç aşamadan meydana gelmiştir. Görüntü verisi olarak WorldView-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Farklı pan-keskinleştirme algoritmaları karşılaştırılmış ve “Gram-Schmidt” algoritmasının diğer tekniklere göre başarılı olduğu belirtilmiştir. Derin öğrenme yöntemi ile bina detaylarının tespit edilmesi ise ArcGIS Pro yazılımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Derin öğrenme yöntemi üç aşamada gerçekleşmiştir; eğitim verilerinin hazırlanması, modelin eğitilmesi ve nesnelerin algılanması. Eğitim verilerinin hazırlanması aşamasında “Nesneleri Etiketle” paneli kullanılmış ve “Derin Öğrenme İçin Eğitim Verilerini Dışa Aktarın” aracı kullanılarak oluşturulan veriler modelin eğitimi aşaması için hazır hale gelmiştir. Bu aşamada “Tek Atış Dedektörü” aracı kullanılmıştır. Bu araç ile nesnelerin algılanması ile birlikte Python raster işlevini kullanarak bina detay katmanlarını ve özelliklerini çıkarmıştır. ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak oluşturulan derin öğrenme metoduyla bina detaylarının çıkarımında başarılı bir şekilde kullanılmış ve %91 F1 puanı elde edilmiştir.

Tombul ve Kavzaoglu (2020), Çalışmada Kocaeli ili Gebze ilçesi sınırları içerisinde bir bölgenin Worldview-2 multispektral görüntüsü üzerinde çoklu çözünürlüklü segmentasyon işlemi tekniği ile nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda Ecognition Developer, Matlab, ArcGIS ve Furthermore yazılımları kullanılmıştır. Segmentasyon kalitesinde spektral bantların etkisi incelenmiştir. Analiz için çoklu çözünürlüklü segmentasyon işleminin parametreleri olan ölçek, şekil ve kompaktlık farklı değerler girilerek KYM ve yakın kızılötesi (YKÖ) bandı üzerinde ayrı ayrı işleme sokulmuştur. Elde edilen sonuçların “F1 Puan” ve “POF” yöntemleri ile kalitesi analiz edilmiştir. Bu kapsamda “F1 puanı” analizine göre en başarılı segmentasyon işlemi YKÖ bandında, “POF” analizine göre ise yeşil (Y) bantta elde edilmiştir. Segmentasyon sonrası sınıflandırma işlemlerinde başarılı sonuçların alınması için tüm bant kombinasyonlarının ortak sağlanması gerektiği vurgulanmıştır.

Fırat (2018), çalışmada LANDSAT-8 uydu görüntüsünün mavi, kırmızı ve kızılötesi bandları kullanılarak, kıyı bölgelerinin çıkarımı sağlanmıştır. Uygulama semantik segmentasyon algoritması olan “SegNET Derin Öğrenme Ağı” yöntemi kullanılmış ve MatLAB platformunda gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda 29 görüntü eğitim, 5 görüntü sonuçların test edilmesi için kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre, SegNET-VGG19 mimarisi için sırasıyla; 13.38 metre (0.45 piksel), 16.16 metre (0.54 piksel), 20.32 metre (0.68 piksel), 9.99 metre (12.63 piksel) ve 12.63 metre (0.42 piksel) ortalama hata hesaplanmıştır. SegNet-VGG16 ağı için

ortalama hatalar sırasıyla 9.78 m (0.33 piksel), 25.67 m (0.86 piksel), 17.07 m (0.57 piksel), 11.11 m (0.37 piksel) ve 10.69 m (0.36 piksel) olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, derin öğrenmenin ve SegNet semantik segmentasyon yönteminin kıyı çizgisi çıkarımında başarılı olduğunu göstermiştir.

Kalkan ve Maktav (2010), Kırklareli ilinin Vize ilçe sınırları içerisinde kapsayan bir alanda, çok bantlı IKONOS görüntüsü kullanılarak arazi yapısı ve arazi kullanımı haritalarının oluşturulmasına yönelik nesne tabanlı sınıflandırma ve piksel tabanlı sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Sınıflandırma işlemleri için Erdas Imagine (piksel tabanlı sınıflandırma) ve Ecognition (nesne tabanlı sınıflandırma) yazılımları kullanılmıştır. Çalışma sonrası gerçekleştirilen doğruluk analizlerine göre piksel tabanlı sınıflandırma ile 92,91% ve nesne tabanlı sınıflandırma ile 98.39% başarı sağlanmıştır.

Acar ve Bayram (2009), çalışma kapsamında IKONOS uydu görüntülerinden morfolojik operatörler kullanılarak bina çıkarımı amaçlanmıştır. Uygulama Microsoft Visual C# programlama dilinde kodlanmıştır. Bina çatıları üzerinde yer alan baca, anten vb detayların, binanın geometrik özelliğini bozmadan elimine edilmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışma neticesinde %85 başarı oranı sağlanmıştır.

Uzar ve Yastıklı (2011), çalışma kapsamında Amerika Birleşik Devletleri Güney Kaliforniya Eyaleti'nde bulunan bir bölgenin LİDAR ve sayısal hava kameraları ile elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Bölgenin zemin, yeşillik alan ve bina detaylarının otomatik olarak çıkarımı hedeflenmiştir. LİDAR verisi SYM üretimi için kullanılmıştır. Sayısal hava kamerasından elde edilen yapay görüntüler ile NDVI vb. görüntü indeksleri oluşturulmuştur. Çalışma sonrasında iki farklı yöntem ile doğruluk analizi gerçekleştirilmiş ve 94% ve 96% başarı sağlanmıştır.

Fırat ve Erdoğan (2015), çalışmada Ecognition yazılımı kullanılarak, nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi ile bina ve zemin (yeşil alan, su yüzeyi, yol vb.) detayların otomatik olarak çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda, İstanbul ilinin Kurtköy ilçesinde sanayi bölgesini kapsayan bir alana ait Harita Genel Müdürlüğü tarafından çekilen multispektral hava fotoğrafları kullanılmıştır. Hava fotoğrafları ile ortofoto görüntü, SYM ve SAM verisi oluşturulmuştur. Bu veriler üzerinde Ecognition yazılımında oluşturulan kural setleri dahilinde segmentasyon ve sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Yapılan doğruluk analizleri sonucunda;

binaların %81'i, ağaçlık alanları %86'sı ve su yüzeylerinin %89'unun başarılı şekilde sınıflandırıldığı değerlendirilmiştir.

Zhang et al. (2019), çalışma kapsamında 30 cm. yer örnekleme aralığına sahip hava fotoğraflarından derin sinir ağları teknolojisi kullanılarak oluşturulan segmentasyon ve sınıflandırma teknikleri ile otomatik bina çıkarımı gerçekleştirilmiştir. Yapılan uygulamada amaç verinin eğitimi sırasında gerçekleşen alt örnekleme işlemleri sırasında bilgilerin aktarılamaması ve kaybolmasının önüne geçmek ve absorbe etmektir. Bu sorunun üstesinden gelmek için Ultra Hiyerarşik Örnekleme (UHS) adını verdikleri bir algoritma geliştirmişlerdir. Bu algorithmada yer alan konuma dayalı alt ve üst örnekleme yöntemleri, parametrenin sayılarını korurken, girdilerin bilgilerini yinelemeli olarak değiştirebilmektedir. Bu alt ve üst örneklemler arasında kesişim noktaları, paralellik ve simetri gibi yapısal bilgileri bozmadan koruyabilmektedir. Çalışmada segmentasyon aşamasında “*WebNET*” mimarisi tercih edilmiştir. Mimarinin uygulanması PyTorch kütüphanesi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde veri setinin tamamı üzerinde %96,7 genel bir doğruluk ve %80,10'luk IoU başarısı elde edilmiştir. Aynı veri seti üzerinde yapılan başka bir çalışmada kullanılan “*SegNET*” segmentasyon mimarisine göre %1,8 doğruluk ve %9,96 IoU değerlerinde başarı sağladığı belirtilmiştir.

Çölkesen vd. (2015), Kocaeli ilinin Gebze ilçe sınırları içerisinde yer alan Gebze Teknik Üniversitesi Kampüsünü’de kapsayan bölgenin Worldview-2 uydu görüntüsü üzerinde “*Destek Vektör Makineleri-DVM*” makine öğrenmesi algoritmasının, sınıflandırmaya olan etkisi incelenmiştir. Yapılan doğruluk analizleri sonucunda yalnızca “*En Yakın Komşuluk-EYK*” kullanılarak gerçekleştirilen sınıflandırma sonucunda başarı oranının %83,74, “*Destek Vektör Makineleri-DVM*” algoritmasının da dahil edilmesiyle gerçekleştirilen sınıflandırmanın başarı oranının %88,23 olduğu görülmüştür.

Tombul ve Kavzaoglu (2018), yapılan bu çalışma ile sınıflandırma işlemlerinde büyük başarı sağlayan nesne tabanlı görüntü analizi (NTGA) uygulamalarının en önemli aşaması olan segmentasyon oluşturma işlemlerinde kalitenin artırılması için yapılabilecek işlemler irdelenmiştir. Sonuç olarak görüntü segmentasyonu üretim sürecinde parametrelerin belirlenmesinde çoğunlukla tercih edilen deneme-yanılma yaklaşımı yerine, yarı otomatik ya da otomatik yöntemlerin geliştirilmesi ve kullanılmasının daha objektif olacağı değerlendirilmiştir.

Cömert vd. (2016), çalışmada, Anadolu Üniversitesi İki Eylül Kampüsü üzerinde çekilen yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri ile üretilen ortofoto görüntü ve SYM verisi kullanılmıştır. Bu verilere Ecognition yazılımında oluşturulan kural setleri dahilinde nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Yapılan çalışma sonrasında bölgede yer alan 37 adet binadan 34 tanesi otomatik olarak çıkartılmıştır. Sınıflandırma işleminin daha başarılı ve keskin sonuçlar vermesi için hem ortofoto görüntü hem de SYM üzerinde gölge bozukluklarının giderilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Yıldırım vd. (2022), çalışmada yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden otomatik araç tespiti gerçekleştirilmiştir. Yöntem olarak You Only Look Once (YOLO) algoritmasının son versiyonu YOLOv7 kullanılarak segmentasyon işlemi uygulanmıştır. İlk işlem olarak yüksek çözünürlüklü görüntülerden ortofoto mozaik görüntü oluşturulmuştur. Görüntü üzerinde yer alan araçlar LabelMe aracı ile elle kayıt edilmiştir. Bu veriler YOLOv7 algoritması kullanılarak Google Colab Sanal Makinası'nda transfer öğrenme yaklaşımı ile eğitilmiştir. Yapılan çalışma neticesinde örnek alanlarda araçlar başarılı şekilde tespit edilmiş ve %99,79 kesinlik değeri elde edilmiştir.

Zheng et al. (2022), çalışmada kırsal alanlarda gerçekleştirilen kaçak yapı binaların henüz inşa aşamasında yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden otomatik olarak tespit edilmesi amaçlanmıştır. Yöntem olarak İHA görüntülerinin çeşitliliği ve yeni yapılacak inşa çalışmalarının çeşitli kademelerde bilgi çeşitliliği oluşturabilecek olması sebebiyle “Çok Ölçekli Füzyon Ağı” kullanılmıştır. Bu yöntemle görüntüler farklı ölçeklerde bölütlenir ve hiyerarşik bir yapı oluşturulur. Farklı bölütlemeler ve hiyerarşik yapılar içerisinde yer alan benzer detaylar yinelemeli hesaplamara maruz bırakılır. Yapılan çalışma sonucunda tamamen inşa edilmiş binaların tespitinde %88,3, yapım aşamasında olan binaların tespitinde ise %72,8 başarı sağlanmıştır.

Nizar (2018), çalışma kapsamında bina detaylarının tespit edilmesi ve izdüşümünün çıkarılması uygulamalarında sorun olarak karşılaşılan bina detaylarına karışmış bitkilerin, bitki indeksi gibi yardımcı verilere ihtiyaç duyulmaksızın “Aşınma” operatörü kullanılarak temizlenmesinde kullanılabilirliği irdelenmiştir. 3 bölgede yapılan çalışmaların sonucuna göre; birinci bölgede %76,6, ikinci bölgede %89,4 ve üçüncü bölgede %90,9 başarı sağlandığı belirtilmiştir. Bu çalışma ile “Benzemezlik Doku Parametresi”nin binaların çıkartılması işlemlerinde kullanılabileceği değerlendirilmiştir.

Üzümlü (2019), çalışmada Ankara ili Altındağ, Keçiören ve Etimesgut ilçelerinde yer alan yoğun kentsel alanlardaki bina detaylarının otomatik olarak çıkartılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda dört bölge test alanı olarak belirlenmiştir. Bu bölgelere ait 10 cm. çözünürlükteki ortofoto görüntü ve SYM verileri Ecognition yazılımında oluşturulan kural setleri kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma işlemi uygulanmıştır. Sınıflandırma öncesi segmentasyon işlemleri için parametre değerleri ESP-2 yazılımı kullanılarak otomatik olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışma bölgelerinde %90'ın üzerinde doğruluk ve bütünlük değerleri elde edilmiştir.

Kabadayı (2020), yapılan çalışmada İHA ile elde edilen yüksek çözünürlüklü hava fotoğraflarından, Agisoft ve Pix4D programları kullanılarak orta ve yüksek yoğunlukta nokta bulutu, SYM ve ortomozaik görüntü verileri üretilmiştir. Üretilen nokta bulutları Pix4D, Quick Terrain ve VRMesh yazılımlarında sınıflandırılmıştır. Ortomozaik görüntüler ise nesne tabanlı sınıflandırma yaklaşımı uygulanarak Ecognition programında binaların çıkarılması sağlanmıştır. SYM verisinden SAM elde edilmiştir. SYM-SAM farkı kullanılarak nSYM elde edilmiştir. nSYM'ye eşik değeri verilerek arazi yüzeyinden belirlenen eşik değeri üzerinde kalan detayların binaları ve ağaçları içermesi amaçlanmaktadır. KYM ve nSYM verisi kullanılarak Ecognition programında “Çoklu Çözünürlük Algoritması” kullanılarak segmentasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Segmentasyon aşaması sonrasında oluşan segmentler (objeler) benzer KYM ve nSYM değerlerinin gruplandığı piksel kümeleridir. Segmentasyon işlemi sonrasında sorgulama yapılarak nSYM eşik değeri altında kalan piksel grupları bina olamayacakları için elimine edilir. Geriye kalan piksel grupları için yeşil bitki örtüsünü ayırt etmeyi sağlayacak formüller segmentler içerisinde hesaplanır. Hesaplama neticesinde bu formüller için ayırım sağlayacak eşik değerleri sorgulama yaptırılarak yeşil alanlar belirlenir ve elimine edilir. Sonuç üründe bina içerikli segmentler sınıflandırılır ve morfolojik düzeltmeler gerçekleştirilir. Yapılan çalışma neticesinde nokta bulutlarını sınıflandırma işleminde VRMesh programının daha başarılı olduğu saptanmış olmakla birlikte, bina çıkarımı için nesne tabanlı sınıflandırmanın, nokta bulutu sınıflandırmasından daha başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Li et al. (2022), çalışmada açık kaynak uydu görüntülerinden, bina ayakizi tespiti ve bina yüksekliklerinin tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Yöntem olarak derin öğrenme teknikli Python SHAFTS algoritması kullanılmıştır. Yapılan uygulama ile derin öğrenme yöntemi ve makine öğrenme yöntemleri karşılaştırılmıştır. Derin öğrenme tabanlı tekniklerin, makine öğrenme

tekniklerine göre bina detaylarını ayırt etme ve tespit etme konusunda daha başarılı olduğu belirtilmiştir.

1.2 TEZİN AMACI

Literatür incelendiğinde bina detaylarına ait çatı yüzeyi izdüşümü alanlarının çıkarımına yönelik farklı teknikler ve yöntemler kullanılarak oluşturulmuş birçok başarılı çalışma mevcuttur. Bina detaylarının çıkarımı işlemlerinde farklı sınıflandırma ve bina tespiti algoritmaları kullanılmakla birlikte güncel çalışmalar derin öğrenme yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Bu yöntem başarılı sonuçlar sağlamakla birlikte, yüksek donanıma sahip bilgisayar, iş istasyonu vb. araçlar gerektirmektedir. Bu tez çalışmasının amacı; yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden üretilen üç bantlı KYM ortofoto görüntü ve SYM kullanarak, bina çatı yüzeyi izdüşümü alanlarının çıkarımını, geliştirilen piksel puanlama görüntüsü ile sağlamaktır. Yöntem elde var olan verilerin tüm özelliklerinin kullanımıyla, zamansal açıdan kısıtlı olan projelerde hızlı ve pratik sonuçlar sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Ortofoto görüntü ve SYM, Python programlama dilinde yer alan coğrafi işlem yapabilme yeteneğine sahip “numpy”, “rasterio” ve “scikit” kütüphaneleri kullanılarak ve geliştirilen kural setleri dâhilinde sınıflandırma işlemine dâhil edilmiştir.



BÖLÜM 2

İHA TEKNOLOJİLERİ VE GÖRÜNTÜ

2.1 İHA TEKNOLOJİLERİ

2.1.1 İHA Sistemi Tanımı

Bugünkü tanımıyla İHA, yerine getireceği göreve bağlı olarak, yarı otomatik, otomatik veya bunların birleşimiyle uzaktan kontrol edilen, çeşitli yüklemelerle, atmosferde veya dışında belirli bir süre aralığında özel görevleri yerine getiren, insansız, tekrar kullanılabilir motorize hava araçlarıdır (Blyenburgh 1999).

İHA'lar, insanlı hava araçlarına göre boyut, maliyet, hayati tehlike, pilotaj kabiliyeti, kullanım kolaylığı bakımından üstün hale gelmiştir. Bu sebeple İHA'lar insanlı hava araçlarının görev yapamayacağı birçok görevde kullanılabilir ve son yıllarda gerek sivil gerekse askeri birçok alanda üzerinde çalışılır hale gelmişlerdir (Eroğlu 2013).

İHA; pilotsuz hava aracı sistemi, uzaktan pilotaj kontrol sistemi ve bu ikisi arasında komuta-kontrol iletişim ortamı olmak üzere oluşan üç bileşenden oluşan entegre sistemler bütünüdür. İHA'nın temel bileşenleri; (1) ana gövdeyi oluşturan iskelet, kanat, pervane, motor ve batarya, (2) kontrol birimini oluşturan elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemi (GNSS) ve (3) kullanım amacına dönük sensör, kamera vd. algılayıcılar ile İHA planlama, uçuş ve yönetimi amaçlı haberleşme, yazılım ve donanımdan oluşmaktadır (Torun 2017).

2.1.2 Sistem Bileşenleri

İHA Sistemleri uygulama alanları, uçuş irtifası, üzerinde taşıdığı faydalı yükler ve havada kalma sürelerine göre farklılık göstermekle birlikte genel çalışma prensipleri ve sistem bileşenleri aynı temeller üzerine kuruludur ve ana iki bileşenden meydana gelir. Bunlar aşağıda

belirtildiği gibidir:

- Yer Kontrol İstasyonu (YKİ)

İHA'ların kalkış, sürüş ve iniş esnasında kontrollerinin sağlandığı araç, gereç, personel ve yazılımlar bütünüdür. YKİ (Şekil 2.1) Otomatik - Yarı Otomatik veya elle kontrol edilen sistemlere göre farklılıklar gösterir. İHA ile arasında bir radyo frekans (RF) bağlantısı kurulur ve uçuş süresi boyunca bu bağlantı devam ettirilir. Otomatik uçuşlarda uçuş öncesi planlama bu sistemlerde gerçekleşir ve İHA içerisine RF bağlantısı ile yüklenir. Uçuş esnasında haberleşme rölesi ve RF bağlantıları ile İHA'nın anlık bilgileri sistem tarafından sürekli olarak kontrol ve takip edilir. Manuel ve yarı-otomatik sistemlerde ise bir kumanda veya joystick de sisteme dahil edilir. Yine RF sistemleri ile İHA ile bağlantı kurularak iniş-kalkış, hareket ve manevralarında kumanda ile kontrol sağlanabilir.



Şekil 2.1 İHA Sistemleri YKİ Örneği (URL-1).

- İnsansız Hava Aracı

Ana gövdeyi oluşturan iskelet, kanat, motor, pervane, batarya ile haberleşme ve otonom uçuşu sağlayan; otopilot, RF ve GNSS algılayıcıları ile faydalı yük olarak isimlendirilen amaca yönelik üzerine yerleştirilen kamera, füze, bomba, termal algılayıcılar, ilaçlama sistemleri ve benzeri araç-gereçlerden meydana gelmektedir. Sistemin en ana bileşenidir. Uygulama alanı, kabiliyet ve gereksinimlere göre sınıflandırmaları farklılıklar göstermekle birlikte sabit kanat (Şekil 2.2 (a)) ve döner kanat (Şekil 2.2 (b)) olmak üzere iki ana tipi bulunmaktadır. İki tipin beraber kullanıldığı sistemler de geliştirilmiştir.



(a)

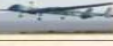


(b)

Şekil 2.2 a) Sabit kanat İHA, b) Döner kanat İHA (URL-2, URL-3).

2.1.3 Sınıflandırılması

İHA'lar günümüzde yalnızca belirlenmiş ve izin alınmış alanlarda, yetkileri bulunan kullanıcılar, kuruluşlar ve kurumlarca faaliyet gösterebilmektedir. Bu kapsamda ülkelerin ilgili kurum ve kuruluşlarınca birbirinden farklı sınıflandırmalar yapılmıştır. İlk dönemlerinde yalnızca askerî kullanımlara yönelik gerçekleştirilen bu sınıflandırmalar, sivil kullanımın artması sivil kategorilerin de eklendiği şekilde hazırlanmaya başlamıştır (Dikmen 2015). Bu kapsamda hazırlanmış olan sınıflandırma Şekil 2.3 'de gösterilmiştir.

Sınıfı	Kategorisi	Görev Yüksekliği (ft)	Görev Yarıçapı (km)	Sivil Kategori	Örnek Platform
Sınıf I (150 kg.dan hafif)	Mikro (<2 kg)	<200 (AGL)	5 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 1 Küçük İHA (<20 kg)	Black Widow 
	Mini (2-20 kg)	<3.000 (AGL)	25 (LOS)		Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle 
	Küçük (>20 kg)	<5.000 (AGL)	50 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 2 Hafif İHA (20-150 kg)	Hermes 90 
Sınıf II (150-600 kg)	Taktik	<10.000 (AGL)	200 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 3 İHA (>150 kg)	Çaldıran, Karayel, Aerostar 
Sınıf III (600 kg.dan ağır)	Orta İrtifa Uzun Havada Kalış (MALE)	<45.000 (MSL)	Limitsiz (BLOS)		ANKA, Heron, Predator, Reaper 
	Yüksek İrtifa Uzun Havada Kalış (HALE)	<65.000	Limitsiz (BLOS)		Global Hawk 
	Saldırı / Muharebe	<65.000	Limitsiz (BLOS)		X-47B, Phantom Ray 

Şekil 2.3 İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin sınıflandırılması (Karaağaç 2014).

İHA sistemleri insanlı hava araçlarına kıyasla birçok avantaja sahiptir. Bu avantajlar şu şekilde sıralanabilir:

- Riskli ortamlarda uçuş kabiliyetinin olması,
- Dizayn esnekliği bulunması,
- Uçuş süresinin uzun olması,

- Görev esnekliği ve çeşitliliğinin mümkün olması,
- İnsanlı uçaklara göre yaklaşık 1/20 oranında daha az maliyetli olması,
- Operasyon sahasında insan hayatını riske sokmadan istihbarat toplayabilmesi ve hedefi ıskalamadan vurabilme kabiliyetinin olması,
- Kuvvet koruma görevini gerçekleştirebilmesi,
- Doğru hedef tespiti (discrimination) özelliğinin olması,
- Orantılı güç kullanımını sağlayabilmesi,
- Düşük irtifada uçuşlar yapabilmesi
- Boyutlarındaki esneklik sebebiyle (metre-santimetre) insanlı hava araçlarına göre çok daha geniş alanlarda kullanımının mümkün olması şeklindedir (Karaağaç 2014).

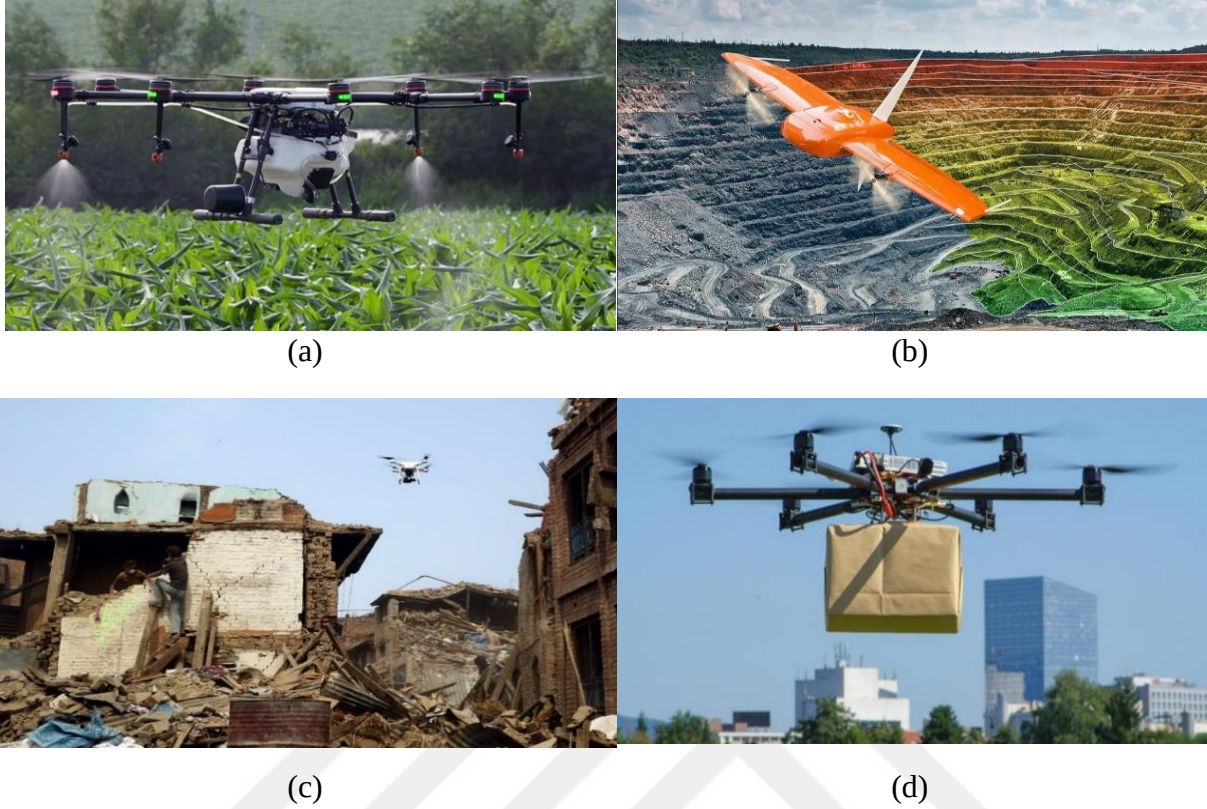
İHA Sistemlerinin dezavantajları ise ani ve olumsuz durumlara karşı müdahalenin kısıtlı olması, veri link ve bağlantılarına sürekli olarak bağımlı olması, uçuş hızının düşük olması ve pilot tecrübesinin doğrudan aktarılamamasıdır (Dikmen 2015).

2.1.4 Uygulama Alanları

Günümüzde İHA'lar, riskli ortamlarda uçuş kabiliyetine sahip olması, boyutundaki esneklik ve birçok faydalı yük ve algılayıcının kolaylıkla entegre edilebilmesi vb. birçok etken sebebiyle başta askerî olmak üzere sivil kullanım amacıyla da birçok farklı alanda (Şekil 2.4) tercih edilmektedir. Bu kapsamda sivil çalışma alanları başlıca;

- Doğal afetler sonrası arama ve kurtarma, yaralı ve hasar tespiti,
- Afet ile mücadele koordinesi,
- Karayolu trafik kontrolü,
- KBRN kirlenme ve sızıntı tespiti,
- Orman yangınları ile mücadele ve sonrası hasar tespiti,
- Tarım ve ormancılıkta haşere, hastalık ve verim tespiti,
- Şehir planlama, altyapı, yol çalışmaları, imar ve kadastro çalışmaları
- Üç boyutlu şehir modelleri üretimi,
- Binaların yalıtımı ve ısı kaybı çalışmaları,
- Lojistik çalışmaları,
- Doğal afetler sonrası GSM ve internet yayını
- Haritalama ve maden ölçmeleri
- Emniyet, asayiş ve sınır güvenliği ve kaçakçılıkla mücadele,

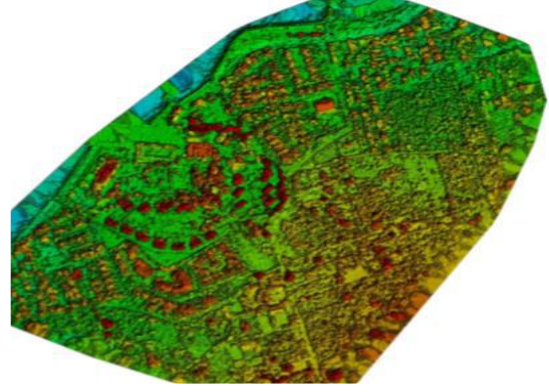
gibi birçok farklı alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.4 a) Tarım ve ilaçlamada İHA kullanımı, b) Madencilik çalışmalarında İHA kullanımı, c) Afet yönetimi ve kurtarma faaliyetlerinde İHA kullanımı, d) Lojistikte İHA kullanımı (URL-4, URL-5, URL-6, URL-7).

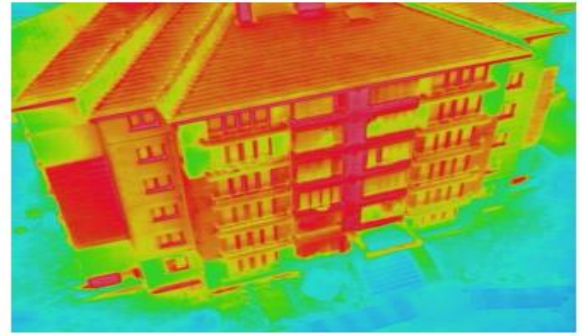
2.1.5 Harita ve Mekânsal Verinin Üretiminde İHA Kullanımı

Harita ve mekânsal veri üretiminde İHA kullanımı 2000’li yıllardan itibaren artış göstermiştir. GNSS konumlama teknolojisinin sivil kullanıma açılması ve İHA’lara entegre edilmesi, elektronik jiroskop ile barometre teknolojilerinin gelişimi ve mekanik olarak zor ve riskli ortam-hava koşullarına uygun olarak geliştirilmesi, optik-mercek ve algılayıcılarda gerçekleşen teknolojik ilerlemeler ile İHA’lar yüksek çözünürlüklü ve hassas – doğru konum bilgisi içeren görüntülerin çekilebilmesine olanak sağlamıştır. Bu kapsamda İHA ile gerçekleştirilen fotogrametrik işlemlerde yüksek çözünürlük görüntüler çekilerek ortofoto görüntü, SYM ve SAM (Şekil 2.5) üretimleri düşük maliyetle ve hızlı bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 2.5 İHA görüntüleri ile elde edilen ortofoto görüntü ve SYM.

İHA'lara entegre edilen termal kameralar ile bina yalıtımı ve ısı kaybına yönelik çalışmalar gerçekleştirilebilmekte (Şekil 2.5), farklı spektrumda bantlar kullanarak tarım ve ormancılık alanlarında verim ve hastalık analizleri yapılabilmektedir. Son yıllarda da İHA'larda kullanılan LİDAR cihazları ile yüksek yoğunluklu nokta bulutları üretimi de gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2.6 Yuneec E10Tvx kamerası ile kazanılmış KYM ve termal görüntü örneği (Sakalp 2022).

Tüm bu gelişmeler ile birlikte madencilik, ormancılık, tarım, alt yapı ve yol, imar, kadaströ, şehir planlama, haritalama, üç boyutlu şehir modellemeleri ve arkeoloji çalışmalarında İHA kullanımı uzaktan algılama ve fotogrametrik veri toplama faaliyetlerinde büyük önem kazanmıştır.

2.2 GÖRÜNTÜ

Optik ve bilişim sistemlerinin gelişmesi ile birlikte, görüntünün; algılanması, bilgi olarak kaydedilmesi ve saklanması olanakları artmıştır. Bu gelişmeler sonrasında ortaya çıkan dijital

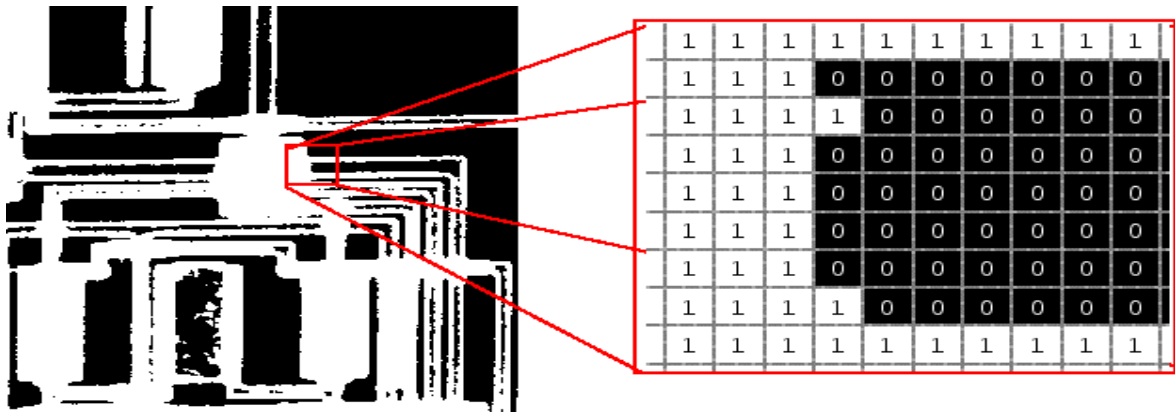
görüntü kavramı ile birlikte gerçek görüntüye ait detaylar bilişim sistemleri üzerinde analiz edilme, sınıflandırma ve saklanma kabiliyetleri kazanmıştır.

Dijital bir görüntü, piksel olarak da bilinen, her biri yoğunluğu veya gri düzeyi için sonlu, ayrı niceliklerde sayısal temsile sahip olan ve iki boyutlu işlevlerinin bir çıktısı olan ve ile gösterilen uzamsal koordinatları tarafından girdi olarak beslenen resim öğelerinden oluşan bir görüntüdür. Sırasıyla x eksen ve y eksen üzerinde görüntü çözünürlüğünün sabit olup olmamasına bağlı olarak vektör veya raster türünde olabilir (Gonzalez 2018).

Raster görüntü, gerçeğe ait görseli; bilgisayar ekranı, kağıt ya da başka bir görüntüleme ortamı aracılığıyla görüntüleyebilen, matris veya ızgara tipi ile ifade edilen iki boyutlu (x ve y) yapıdır (Arslan ve Karadoğan 2004). Yapıyı içeren grafik alan üzerinde bir grid ağı yerleştirildiği varsayılır. Bu ağı oluşturan her bir hücreye piksel ismi verilmektedir. Her pikselin içine sayısal bilgisayar ortamlarında belirli kod ya da sayı bilgileri saklanmıştır. Başka bir deyişle bu grid ağı bir matris olarak düşünülür ve matrisin elemanları pikselleri ifade etmektedir. Her piksele ifade edeceği bilgiler kodlanmıştır (Önder 1999).

2.2.1 İkili Görüntü

Raster görüntüyü meydana getiren pikseller, çalışma alanları ile veriyi algılayan, toplayan ve sunan araçların kabiliyetine göre farklı bilgileri içerisinde kodlayabilmektedir. Örneğin ikili görüntü olarak adlandırılan raster görüntülerde bir pikselin istenilen bilgiyi sağlayıp sağlamadığına bakılarak 1 ya da 0 kodları ile ifade edilmesi sağlanabilir. İkili görüntü örneği Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7 İkili görüntü (URL-8).

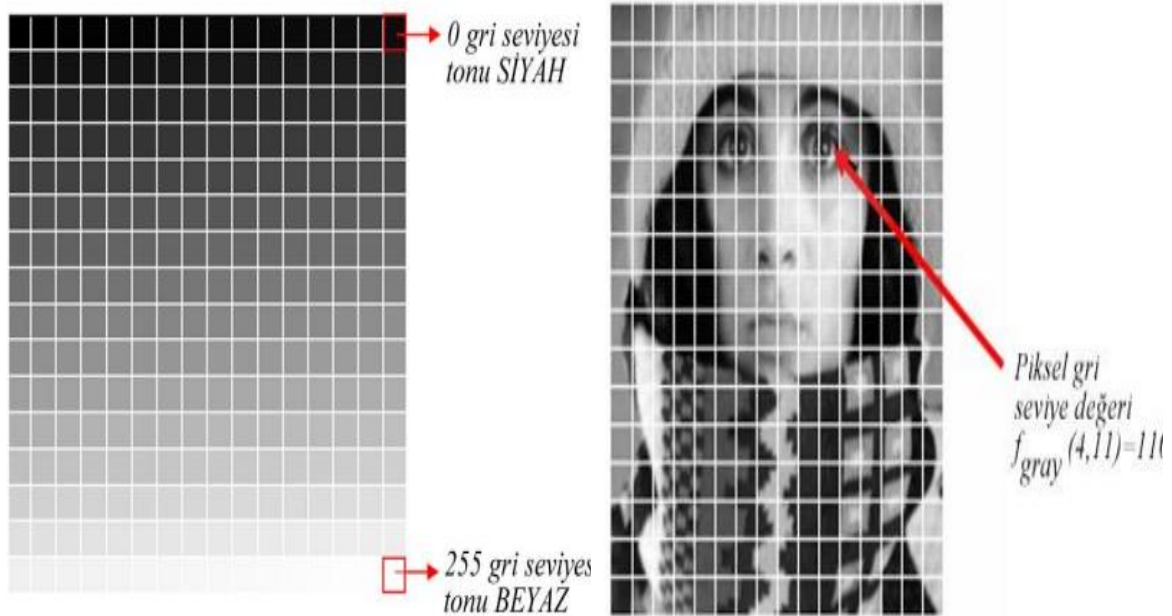
2.2.2 Gri Yoğunluk Seviyeli Görüntü

Diğer bir raster görüntü tipi olan gri yoğunluklu görünümde (Şekil 2.8) ise pikseller gri ton değerlerinden meydana gelmektedir. Gerçek görüntünün renklerine bakılmaksızın parlaklık değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 2.8 Gri seviyeli yoğunluk görüntüsü (URL-9).

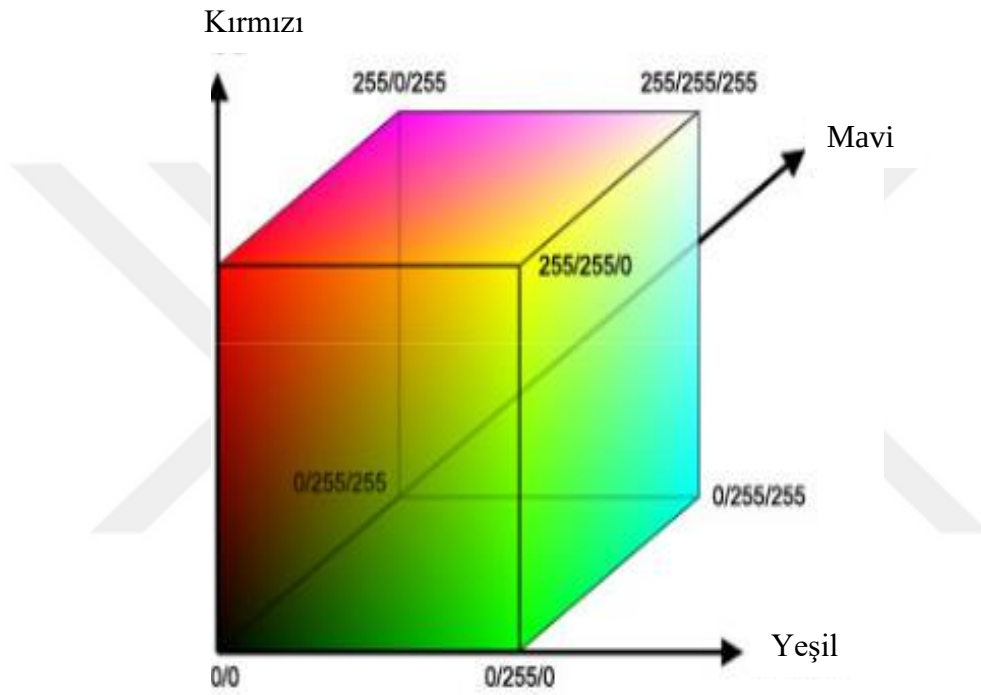
Her bir piksel için 0 değeri siyahı, 255 değeri beyazı ifade edecek şekilde siyahtan beyaza doğru (0-255) 256 farklı gri değer alabilir kabiliyettedir. Bilgisayar matematiğinde $2^8=256$ ile ifade edilir (Şekil 2.9). Görüntü 8 bitliktir ve her bir pikseli 256 değer ile ifade edilebilir niteliktedir.



Şekil 2.9 Piksel gri seviye değeri (URL-10).

2.2.3 KYM Renk Uzayı

KYM; kırmızı, yeşil, mavi renklerinin İngilizce dilinde baş harflerinin (RGB - Red, Green, Blue) birleştirilmesiyle oluşmuştur. Bu renkler KYM renk uzayında üç boyutlu renk uzayı küpünün (Şekil 2.10) ana renklerini meydana getirmektedir. KYM toplamalı bir renk uzayıdır. Bu renkler dışında istenen bir renk; K, Y ve M değerlerinin belli oranda değerlerinin toplamıyla ifade edilir (Şakacı 2018).



Şekil 2.10 KYM Renk Küpü (URL-11).

KYM renk uzayı ile ifade edilen bir raster görüntüde her piksel için kırmızı, yeşil ve maviyi belirten 3 bant değeri bulunmaktadır. Bu bant değerleri 0 ile 255 arasında bir parlaklık değeri alır. Elektromanyetik spektrumda 400-500 nm dalga boyu mavi, 500-600 dalga boyu yeşil, 600-700 dalga boyu yaklaşık olarak kırmızı rengi ifade etmektedir. Görüntü kırmızı, yeşil ve mavi değerlerini belirten 3 bandın ayrı ayrı oluşturduğu gri düzeyli görüntünün üst üste bindirilmesi sonucu oluşur. Burada belirtilen gri düzeyli görüntü, her bandın kendi içerisindeki tonlarını ifade etmektedir (Şekil 2.11).



(a)



(b)



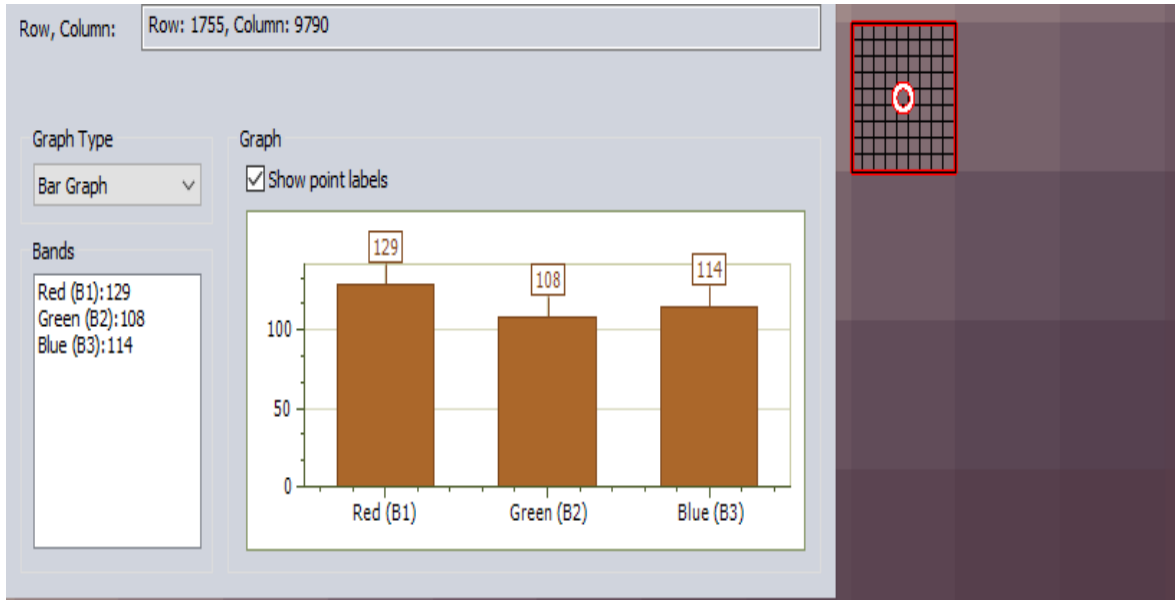
(c)



(d)

Şekil 2.11 a) KYM Görüntü, b) Kırmızı bandın gri-ton görüntüsü, c) Yeşil bandın gri ton görüntüsü, d) Mavi bandın gri ton görüntüsü (URL-10).

Örneğin 1.bant olan kırmızı bant, kırmızının 0-255 arasında ifade edilen 256 farklı tonunu içermektedir. 2. ve 3. bantlar olan yeşil ve mavi bantlar da aynı şekilde 256'şar adet renk tonunu içermektedir. Bu görüntünün 24 bit olarak görüntülenmesini sağlamaktadır. Görüntüde her renk kırmızı, yeşil ve mavi tonlarının bileşiminden meydana gelir. Ortofoto görüntü üzerindeki bir piksele ait KYM değerleri Şekil 2.12'de gösterilmiştir. Şekilde piksellere ait satır ve sütun (row – column) ile KYM (RGB – Red, Green, Blue) değerleri verilmiştir.



Şekil 2.12 Piksele ait KYM renk değerleri

KYM renk uzayında ifade edilen raster bir görüntü de standart bant dizilimi 1-kırmızı, 2-yeşil ve 3-mavi olacak şekilde gerçekleştirilecektir. Bu şekilde olan birleşime doğal renkli görüntü ismi verilmektedir. Bazı renklere ait KYM bant değerleri Şekil 2.13’de gösterilmiştir.

Renk	R	G	B	Görünüm
Kırmızı	255	0	0	
Yeşil	0	255	0	
Mavi	0	0	255	
Beyaz	255	255	255	
Siyah	0	0	0	
Açık Gri	200	200	200	
Koyu Gri	100	100	100	
Sarı	255	255	0	
Turkuaz	0	255	255	
Eflatun	255	0	255	

Şekil 2.13 Bazı temel renklerin KYM değerleri (URL-10).

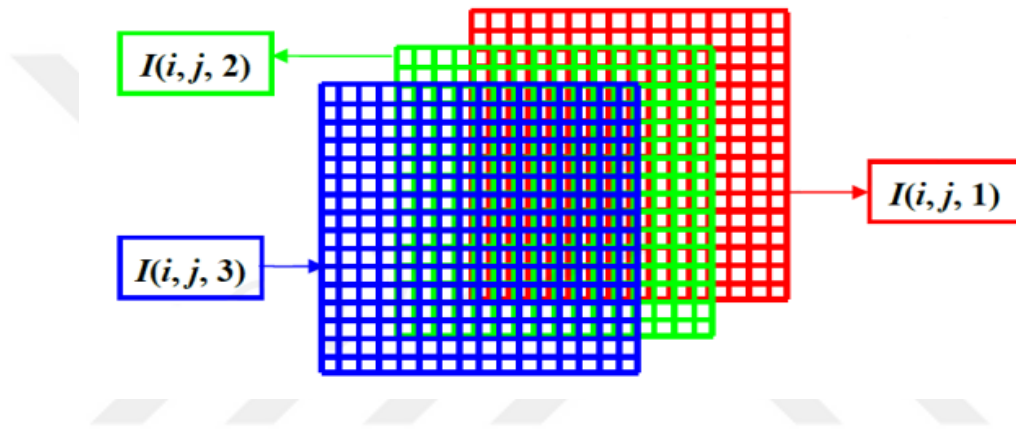
Raster görüntüler, matematiksel olarak matrisler ile ifade edilir. Doğal renkli 2 boyutlu bir KYM görüntü, her biri (N x M) büyüklüğünde üç matrisin (ızgaranın) bileşimiyle oluşur. Bu gösterimde $\{I(i, j, k) \mid i = 1, 2, \dots, N; j = 1, 2, \dots, M; k = 1, 2, 3\}$ şeklinde temsil edilir (Şekil

2.14). Bu matrislerin her biri, piksel değeri 256 seviyeden biri olan görüntüyü ifade eder.

$$I(i, j, 1); i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M \rightarrow \text{Kırmızı bandı ifade eden matris} \quad (2.1a)$$

$$I(i, j, 2); i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M \rightarrow \text{Yeşil bandı ifade eden matris} \quad (2.1b)$$

$$I(i, j, 3); i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M \rightarrow \text{Mavi bandı ifade eden matris} \quad (2.1c)$$



Şekil 2.14 KYM Görüntü NxM Matrisi (URL-10).

2.2.4 YTD Renk Uzayı

Yoğunluk, Ton ve Doygunluk (Intensity, Hue, Saturation - YIQ): KYM uzayı renk özelliklerine ait görüntülerin gerekli durumlarda bant genişliğini azaltmak ya da gri seviyeli yoğunluk görüntüsünde ifade etmek amacıyla kullanılan bir renk uzayıdır. Televizyon yayınlarında görüntülerin boyutlarını indirmek amacıyla kullanılır. Görüntü işleme, sınıflandırma ve kenar çıkartma algoritmalarında da sıklıkla kullanılmaktadır. Dönüşüm için denklem 2.2’de verilen eşitlik kullanılır (Karakaş 2018).

$$\begin{bmatrix} Y \\ T \\ D \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.523 & 0.312 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \quad (2.2)$$

Denklem 1.6’da Y bileşeni parlaklığı ifade etmektedir. KYM renk uzayından gri seviyeli yoğunluk görüntüsüne dönüşüm için bu bileşenden faydalanılır. Dönüşüm işleminde piksellerdeki parlaklık değeri korunurken, renk ve doygunluk değerleri elimine edilmektedir. T ve D değeri ise renk ve doygunluk kavramlarını ifade etmekte olup gri seviyeli görüntüye dönüşüm esnasında işleme dâhil edilmemektedir. Üç bantlı KYM renk uzayından tek bantlı gri seviyeli görüntüye dönüşüm denklem 2.3’e göre gerçekleştirilebilmektedir (URL-12). Örnek alanda gerçekleştirilen KYM – YTD dönüşümü ve görüntüde meydana gelen farklılık Şekil 2.15’te gösterilmiştir.

$$[Y] = [0.299 * K] + [0.587 * Y] + [0.114 * M] \quad (2.3)$$



Şekil 2.15 a) KYM renk uzayında görüntü (3 bant), b) YTD renk uzayında, Y bileşeni ile elde edilmiş gri seviyeli yoğunluk görüntüsü (tek bant).

2.3 Python

Günümüzde yüksek matematiksel işlemler gerektiren; görüntü işleme ve sınıflandırma, veri analizi, makine öğrenmesi ve derin öğrenme gibi alanlarda popüleritesi artan açık kaynak kodlu Python Programlama Dili, Guido Van Rossum tarafından 1989 yılında hobi olarak geliştirilmeye başlanmıştır. Python; C, FORTRAN ve Pascal gibi HLL (High-Level) bir programlama dilidir (URL-13). HLL kapsamlı programlama dilleri; insan diline yakın makine diline uzak olarak tanımlanabilir. Bu yüzden programcı dostu olarak bilinir. Yazılan kodlar bir

derleyici ya da yorumlayıcı aracılığıyla makine diline çevrilir. HLL dillerinin programcı tarafından verimli kod yazılması, öğrenilmesi ve kavranması daha kolaydır (URL-14).

Yaratıcısı Guido Van Rossum tarafından 1991 yılında Python'ın ilk sürümü olan 0.9.0 versiyonunu kodlarını açık olarak paylaşmış ve o dönem popüler olan Java/C/C++ gibi dillere nazaran kod parçacıklarının basit ve kısa olması sebebiyle programcılar tarafından ilgiyle karşılanmıştır. Bu basitliği sağlamasının sebebi “*sözdizimi - syntax*” yapısına sahip olan bir programlama dili olmasıdır. Kod bloklarını “*whitepace indention – boşluk girintisi*” yapısında kullanması sebebiyle Java/C/C++ programlama dilleri gibi kod bloklarını süslü parantezler ({}) içerisine yazması gerekmez. Bu tanımlanan değişkenlerin tipini önceden belirtme zorunluluğunu ortadan kaldırmaktadır (URL-13).

İlerleyen dönemlerde sıklıkla güncellenen Python, basit, anlaşılabilir ve kısa kodlama özelliklerini korumaya devam etmiştir. Programcı dostu ve açık kaynak olması sebebiyle son yıllarda en popüler programlama dili olan Python;

- Öğrenme kolaylığı,
- Syntax sistemi ile çalışıyor olması ve rahat-esnetilebilir olarak kullanılabilirliği,
- Tamamen ücretsiz ve açık kaynak kodlu olması,
- Açık kaynak kodlu olması sebebiyle birçok dokümantasyona ve kütüphaneye sahip olması,
- Farklı yazılım geliştirme ortamlarına sahip olması,
- Hemen hemen tüm işletim sistemleri ile başarılı ve birlikte çalışabiliyor olması,

sebebiyle birçok alan ve disiplinde tercih edilir duruma gelmiştir. Bu alanlar başlıca;

- Web uygulamaları,
- Veri analizi,
- Görselleştirme,
- Görüntü işleme,
- CBS,
- 3 boyutlu sanal platformlar,
- Mekânsal veri,
- Oyun geliştirme,

- Kullanıcı arayüzü geliştirme,
- Güvenlik uygulamaları,
- Ses veya video tabanlı uygulama geliştirme

olarak sıralanabilir (URL-13).

Görüntü işleme ve sınıflandırma çalışmalarında oldukça kullanılabilir olan Python, kütüphanelerinde bu maksatla kullanılacak birçok fonksiyon mevcuttur. Makine öğrenmesi ve derin öğrenme yöntemleri için kullanışlı, popüler ve kaynak zenginliği sebebiyle; segmentasyon, nesne algılama, detay çıkarımı, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik gibi yeni teknolojileri çalışmaları için de avantajlıdır. Sürekli gelişen ve zenginleşen “*numpy*”, “*skimage*”, “*gdal*”, “*rasterio*” vb. kütüphaneleri ile coğrafi vektör-raster veri işlem ve analiz yetenekleri açık kaynak kodlu ve ticari CBS uygulamaları içerisinde de sıklıkla kullanılmaya ve tercih edilmeye başlamıştır.

Çalışma kapsamında görüntülerin okunması ve çıktı görüntülerinin oluşturulması aşamasında “*rasterio*” kütüphanesi kullanılmıştır. Okunan görüntülerin piksel değerleri üzerinde gerçekleştirilen matematiksel işlemlerde “*numpy*” kütüphanesinden faydalanılmıştır. Görüntülerin gruplandırılması işlemlerinde “*skimage*” kütüphanesinde yer “*alan.measure.label*”, kenar çıkartma işlemlerinde kullanılan sobel filtresi ise “*skimage*” kütüphanesi “*.filters.sobel*” fonksiyonu ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi ve F1 puan hesaplanması aşamasında “*Sklearn*” kütüphanesinden yararlanılmıştır.



BÖLÜM 3

MATERYAL

3.1 ÇALIŞMA BÖLGESİ

Çalışma Muğla ili Datça ilçe merkezinde gerçekleştirilmiştir. Datça ilçe merkezinin doğusunda, kuzeydoğu – güneybatı hattı boyunca Ege Denizi uzanmaktadır. Şehrin merkezi genel itibariyle düz ve engebesiz bir topoğrafyaya sahip olmakla birlikte, yerleşim alanı içerisinde tepeler bulunmaktadır ve güneybatısında Yassı Dağı ile çevrilidir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Datça şehir merkezi (HGM Küre – Görüntü Tarihi: 05 Temmuz 2022 – Ölçek: 1/3000
İrtifa: 220 m.)

Yerleşim yaklaşık 6 kilometrelik sahil hattının Yassı Dağı ile komşu güneybatı bölgesinde yoğunlaşmıştır. Şehir mimarisi genel olarak çok katlı olmayan binalardan oluşmaktadır. Şehir yerleşimi ağaç ve botanik çeşitlilik açısından zengin olmakla birlikte yeşil alanlar yer yer binalar ile bütünleşmiş durumdadır.

3.2 GÖRÜNTÜ ALIMI

Çalışma kapsamında Şekil 3.2’de gösterilen ve Çizelge 3.1’de genel özellikleri verilen ATLAS marka sabit kanat Mini İHA ile görüntü alım faaliyetleri gerçekleştirilmiş ve üzerinde yer alan Sony A6000 kamera ile bölgenin yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları elde edilmiştir.



Şekil 3.2 ATLAS Mini İHA (Çobanoğlu vd. 2019).

Çizelge 3.1 ATLAS Mini İHA ve Sony A6000 kamera özellikleri.

İHA	ATLAS
Ağırlık	2.3 Kg
Kanat Açıklığı	120 cm
Boyut	120 cm * 60 cm * 9 cm
Seyir Hızı	72 km/s
KAMERA	SONY A6000
Çözünürlük	24 MP-6000*4000
Piksel Boyutu	3.9 micron
Odak Uzaklığı	20 mm.

Görüntü alım faaliyeti öncesinde, üretimi yapılacak ortofoto görüntü ve SYM’nin konum doğruluğunun artırılması amacıyla bölgeye homojen olarak dağıtılmış 60 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir. Sonrasında başlatılan uçuş faaliyeti Datça ilçe merkezinin üzerinde yerden ortalama 300 metre yükseklikte gerçekleştirilmiştir. Uçuş planlamasında kolonlar arazi yüzeyinin durumuna göre belirlenmiş ve yükseklik değişiminden kaynaklanabilecek YÖA tutarsızlıklarının önüne geçilebilmesi amacıyla her bir kolon yer

yüzeyinin eş yükselti eğrilerini paralel olacak şekilde ve 3 boyutlu bir uçuş planlanmıştır. Uçuş planına ait genel bilgiler çizelge 3.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.2 Uçuş genel bilgileri.

Hava Aracı	Uçuş Yüksekliği	YÖA
ATLAS	300 (m)	5 cm
Alan	Kolon Sayısı	Fotoğraf Sayısı
10 km ²	41	2192

Uçuş faaliyetinde PPK’lı ölçüm yöntemi kullanılmıştır. Küresel Konum Belirleme Sistemi (KKBS) literatüründe “Post-Processing” olarak ifade edilen PPK yönteminde, RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) uygulamalarına benzer şekilde çalışma alanı içerisinde ya da yakınında koordinatı iyi bilinen bir referans noktasına sabit KKBS alıcısı kurulmaktadır. Sabit alıcı statik gözlem yaparken, İHA üzerindeki alıcı kinematik gözlem yapmaktadır. Daha sonra İHA ile elde edilen kinematik KKBS verisi, bağıl (rölatif) konumlama ilkesine ve sabit nokta koordinatına dayalı olarak, epok analiz edilmektedir (Kahveci vd. 2011). PPK’lı ölçüm yöntemi, sabit KKBS alıcısı ile İHA arasında anlık bağlantı gereksinimi duymaması ve büro tarafında müdahaleye açık olması sebebiyle RTK’lı ölçüm sistemine göre avantajlıdır (Şekil 3.3). Özellikle engebeli ve bağlantı kopması yaşanabilecek çalışma alanlarında tercih edilebilecek bir yöntemdir.



Şekil 3.3 RTK ve PPK’lı ölçüm yöntemi (URL-15).

Uçuş faaliyeti öncesinde jeodezik yöntemler kullanılarak tesis edilen YKN’lerin ve uçuş faaliyeti sonrasında elde edilen PPK’lı ölçümün yükseklik değerleri, WGS84 (Dünya Jeodezik Sistemi 1984) elipsoidine göre bağıl olarak elde edilir. Fiziksel yer yüzündeki bir noktanın jeoid ile arasındaki normalin uzunluğu olarak tanımlanan ortometrik yüksekliğin bulunabilmesi için Şekil 3.4’te tematik olarak gösterimi yapılan Türkiye Jeoidi 20 (TG20) referans alınmıştır. Eşitlik 3.1 kullanılarak elipsoidel yükseklik değerlerin, jeoid değerleri de hesaba katılarak

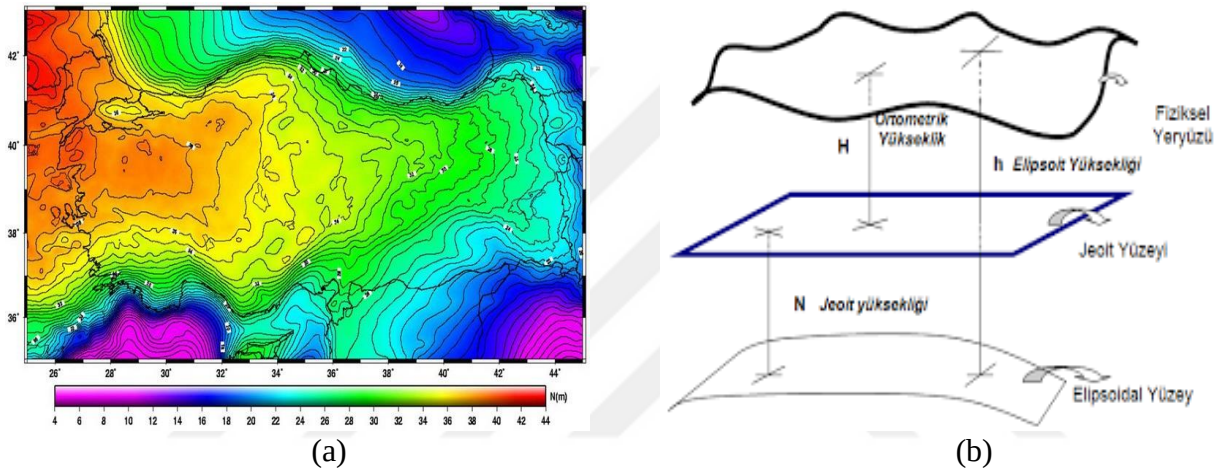
ortometrik yükseklik değerlerine bulunmuştur (Çorumluoğlu vd. 2005). PPK'lı ölçümden gelen değerler ile her fotoğrafa ait X, Y, Z ve dönüklük açıları (phi, omega, kappa) bilgileri oluşturulmuştur.

h: Elipsoidal yükseklik

H: Ortometrik yükseklik

N: Jeoid yüksekliği

$$N = h - H \quad (3.1)$$



Şekil 3.4 TG20 Jeoidi (URL-16), b) Ortometrik, elipsoidal ve jeoid yükseklikleri gösterimi (Akçin vd. 2014).

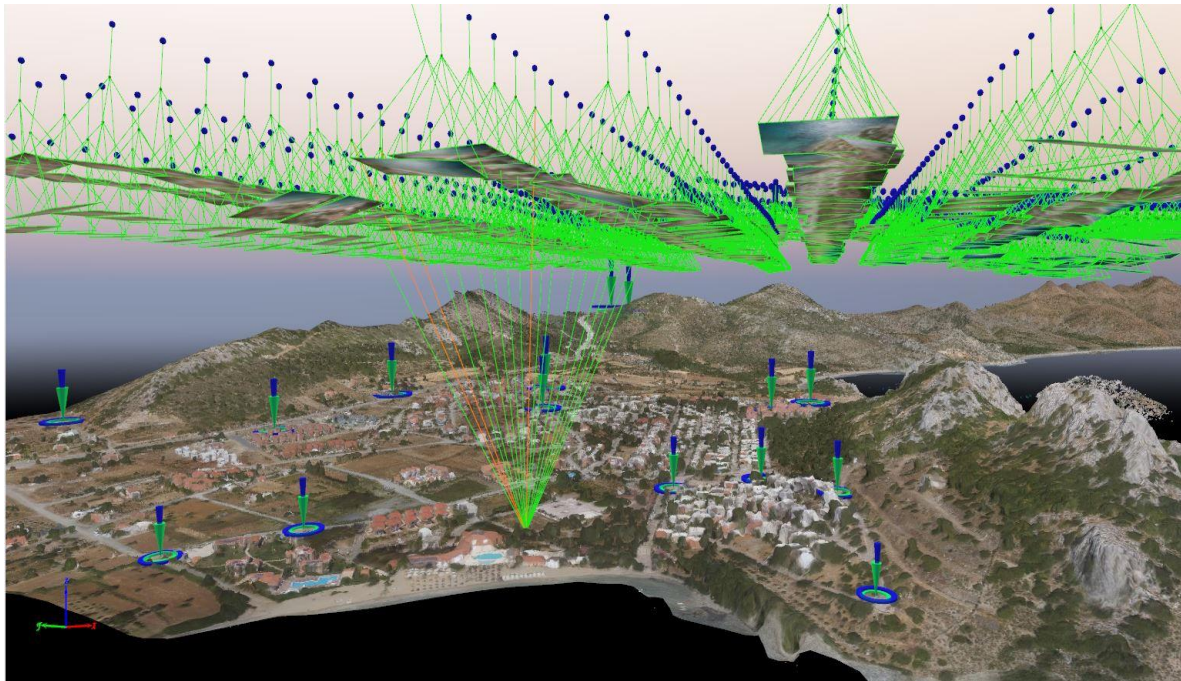
3.3 SYM, SAM VE ORTOFOTO MOZAİK ÜRETİMİ

Çalışma bölgesinin mini İHA ile çekilen yüksek çözünürlüklü fotoğrafları, dış yöneltme elemanlarının yer aldığı tanımlayıcı dosya ve YKN'ler ile birlikte fotogrametrik görüntü eşleme yöntemleri kullanılarak Pix4D Mapper uygulamasında Çizelge 3.3'te gösterilen parametreler dâhilinde işlenmiştir. Bu kapsamda yapılan işlemler sonucunda bölgenin 5 cm. çözünürlüklü SYM ve ortofoto mozaik üretimi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.3 Pix4D üretim parametreleri.

İlk İşleme	Nokta Bulutu ve Ağ	SYM, Ortofoto Mozaik ve İndeks
Anahtar Nokta Görüntü Ölçeği: Tam	Görüntü Ölçeği: 1/2	Çözünürlük: 1*YÖA
Görüntü Ölçeği: 1	Nokta Yoğunluğu: Optimal	(SYM) Gürültü Filtreleme-EVET
	Minimum Eşleme Sayısı: 3	(SYM) Yüzey Yumuşatma-EVET
	Nokta Bulutu Sınıflandırması: Hayır	(SYM) Metot: Ters Mesafe Ağırlıklandırma Algoritması Ortomozaik: GeoTIFF

Çizelge 3.3'te verilen parametreler optimum üretim parametreleri olarak değerlendirilebilir. Görüntü işleme uygulamaları, donanımsal olarak kullanılan istasyon, iş bilgisayarı vb. araçları yoran yoğun matematiksel işlemler gerçekleştirirler. Parametreler değiştirilerek çıktı verilerin kalitesi ve çeşitliliği (SAM üretimi, ağ üretimi ve kalitesi vb.) artırılabilir ya da azaltılabilir. Kalitenin ve çeşitliliğin artırımı ile birlikte zamansal maliyetin artması da aynı ya da daha fazla oranda yükselecektir. Bu sebeple parametre seçiminin amaca yönelik olarak belirlenmesi ve değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada yoğun iş akışı çerçevesinde, sürekli üretimin sağlandığı ve üretim süresinin kısıtlı olduğu koşullar temel alınarak veri üretimi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5).



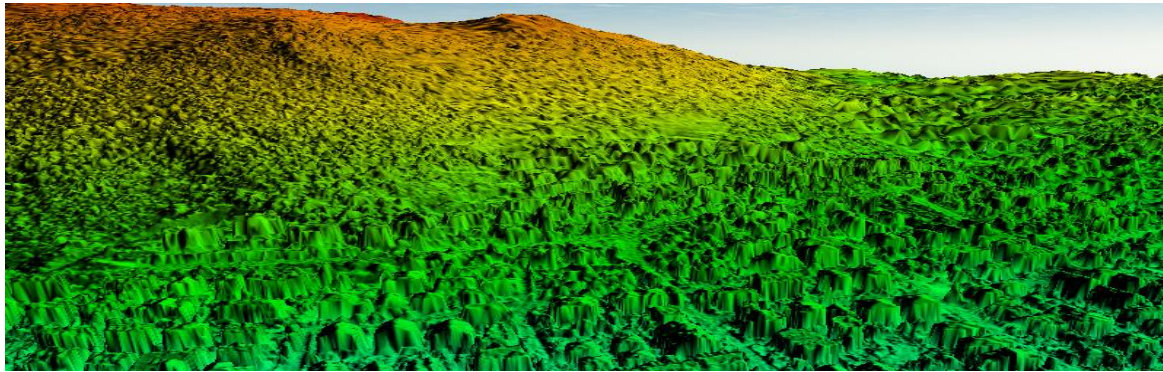
Şekil 3.5 Pix4D görüntü eşleme ve YKN (tüm alanda 60 adet) durumları.

3.3.1 Sayısal Yüzey Modeli Üretimi

SYM; koordinat sisteminde tanımlanmış konum ve yükseklik bilgilerini içeren, yer kürenin ham arazi yüzeyi ile birlikte ağaç, yol, bina, direk, köprü, viyadük vb. tüm coğrafi ve beşerî topoğrafik detayların da yer aldığı, düzenli ızgara hücre yapısından oluşan sayısal olarak ifade edilen bir yükseklik görüntüsüdür (Chaudhry et al. 2021). 3 boyutlu şehir modeli üretimi, rüzgâr ve güneş enerjisi analizleri, kübaj hesapları, mimari, inşaat uygulamaları gibi çalışma alanları ile birlikte topoğrafya ile ilişkili tüm uygulamalarda temel ihtiyaç olarak karşımıza çıkmaktadır (Çobanoğlu vd. 2019).

SYM üretimi için jeodezik ölçme yöntemleri, lidar, İHA optik ya da radar teknolojili uydu görüntüleri gibi birçok tip ya da alt tip veri toplama yöntemi mevcuttur. Son yıllarda İHA görüntüleri ile SYM üretimi maliyet, pratiklik, esneklik, yüksek çözünürlüklü üretim vb. gibi avantajları ile en çok tercih edilen yöntemlerden biri olmuştur.

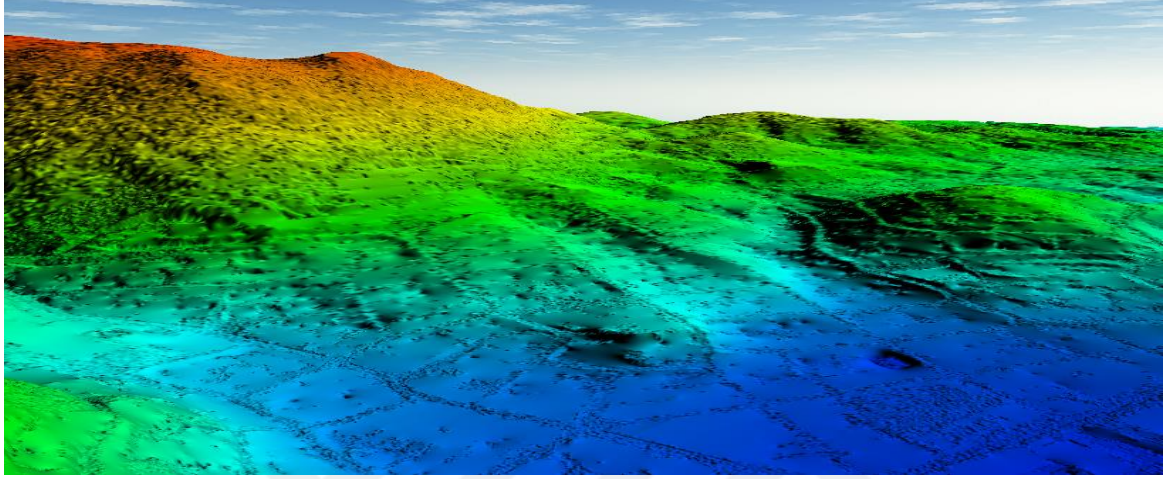
Çalışma kapsamında yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri, Pix4D Mapper programında işlenerek nokta bulutu ve SYM üretimi gerçekleştirilmiştir. SYM üretimi için “*Inverse Distance Weighting-IDW (Ters Mesafe Ağırlıklı)*” metodu uygulanmıştır. Bu metod noktalar arasında enterpolasyon uygulayarak, bilinmeyen noktaların tahminini gerçekleştirir. Çoğunlukla bina yoğunluğunun fazla olduğu alanlarda kullanılır. Üretimde gürültü filtreleme algoritması uygulanarak gürültülü noktaların düzeltilmesi sağlanmıştır. Gürültü filtreleme sonrası oluşabilecek hatalı noktalar yumuşatma algoritması kullanılarak elimine edilmiştir. Bu algorithmada, bina köşe ve kenarlarını korumaya odaklı “*keskin*” seçeneği tercih edilmiştir (URL-17). Üretimi gerçekleştirilen SYM görüntüsünün örnek gösterimi Şekil 3.6’da ifade edilmiştir.



Şekil 3.6 Sayısal yüzey modeli.

3.3.2 Sayısal Arazi Modeli Üretimi

SAM; SYM görüntüsünde yer alan bina, ağaç, direk vb. beşerî ve coğrafi detaylardan arınmış, ham arazi yüzeyini temsil eden yükseklik görüntüsüdür. Üretimi gerçekleştirilen SAM görüntülerinin örnek gösterimi Şekil 3.7’de ifade edilmiştir.



Şekil 3.7 Sayısal arazi modeli.

3.3.3 Ortofoto Mozaik Üretimi

Hava fotoğrafları veya uydu fotoğraflarının, eğiklik ve dönüklüğünden ileri gelen hatalarının giderilmesi ve arazideki yükseklik farkları sebebiyle oluşan nokta kaymalarının minimum düzeye indirgenmesi sonucunda elde edilen; perspektif fotoğraflardaki fotoğraf eğikliği ve arazideki yükseklik farklarından dolayı oluşan görüntü kaymalarının giderilmesi sonucu, harita gibi belirli ve sabit bir ölçeğe sahip olan görüntüler ortofoto olarak adlandırılır (Özbalımcı 2007).

Aynı ölçeğe sahip mozaik oluşturan yataylanmış (orto-rektifiye edilmiş) ortofoto görüntülerinin birbirleri ile birleştirilmesiyle oluşan görüntü ortofoto mozaik olarak adlandırılır (Özbalımcı 2007). Pix4D Mapper yazılımı, ortofoto mozaik üretiminde, fotogrametrik değerlendirme için yüklenen tüm görüntülerde nokta eşleştirmesi yapmak amacıyla “binary kod” sistemini kullanır. Bu sistem, yazılıma her dâhil edilen YKN’nin bir fotoğrafta işaretlenmesinin ardından geriye kalan fotoğraflardan hangilerinde de yer aldığını saptar ve yerleştirir. Yer kontrol noktalarının coğrafi konumlandırılmalarındaki doğrulukları bu sistem ile artmaktadır (Strecha 2016).

Çalışma kapsamında 3 bantlı (KYM) 5 cm. YÖA'na sahip ortofoto mozaik görüntü elde edilmiştir.



Şekil 3.8 Ortofoto mozaik.

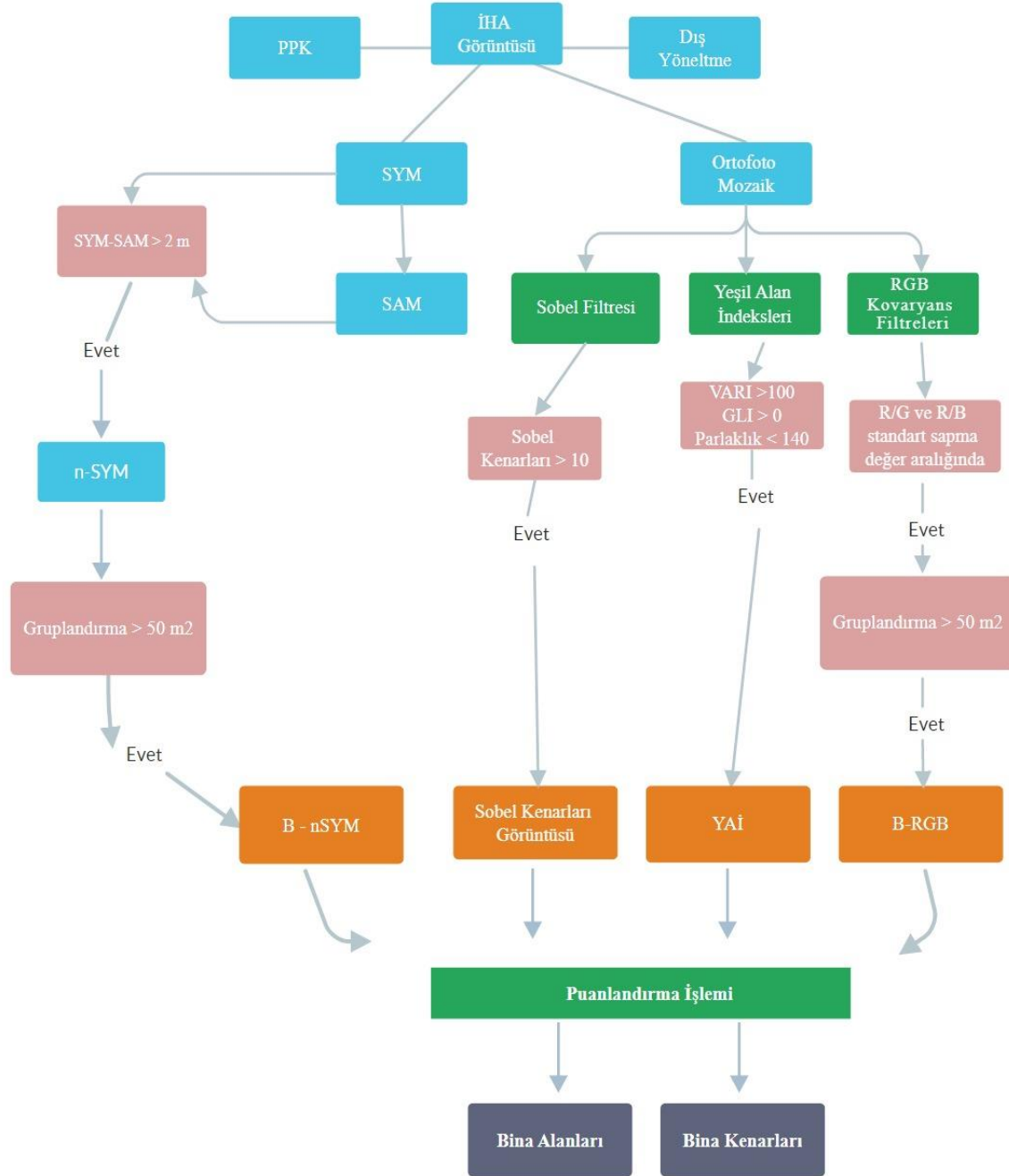
BÖLÜM 4

YÖNTEM

4.1 YÖNTEM

Çalışma ile farklı veri setlerini bir arada kullanarak bina detaylarının otomatik olarak çıkarılması amaçlanmıştır. Uçuş faaliyeti sonrasında elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden Pix4D programı ile ortofoto mozaik, SYM ve SAM üretimi gerçekleştirilmiştir. Bundan sonraki aşamalarda görüntü işleme, sınıflandırma ve gruplama işlemlerinde açık kaynak kütüphanelerince zengin ve sürekli gelişim içerisinde olan Python Programlama Dili kullanılmıştır.

Ortofoto mozaik, SYM ve SAM verileri farklı algoritma ve matematiksel işlemlerden meydana gelen kural setlerinde işleme tutularak “Yeşil Alanlar İndeksi Görüntüsü”, “Binalar-nSYM Görüntüsü”, “Binalar-KYM Görüntüsü” ve “Sobel Kenarları Görüntüsü” olmak üzere 4 ana girdi verisi oluşturulmuştur. Bu görüntüler bina detaylarının çıkarımına yönelik farklı nitelikte özellikleri vurgulayan bilgileri içerir. Her bir görüntüde pikseller bina detayı olma koşuluna göre 1 veya 0 değerini almıştır. Görüntülere ait piksellerin birbirleri ile etkileşimleri ve bina detayı olma koşullarını beraber sağlayabilme durumları, geliştirilen kural setleri kullanılarak puanlandırılmış ve piksel değeri olarak atanmıştır. Oluşturulan 32 bit derinliğe sahip integer sonuç görüntüde pikseller 1 ile 500 arasında değer almıştır. Piksel değeri 100 ve üzerinde olan pikseller bina detaylarını ifade etmektedir. Bina detayı olarak değerlendirilen bu pikseller birbirleri ile etkileşim ve komşuluk özelliklerine göre gruplandırılmış ve basit morfolojik işlemler uygulanarak, bina detaylarının çıkartılması sağlanmıştır. Yapılan işlemlere yönelik iş akış diyagramı Şekil 4.1’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1 İş akış diyagramı.

4.2 YEŞİL ALAN İNDEKSLERİ GÖRÜNTÜSÜ (YAI GÖRÜNTÜSÜ)

Uzaktan algılama ve sınıflandırma çalışmalarında ağaç, bitki, orman, çalı, tarım alanları vb. alanların tespiti genel olarak ve uzun zamandır Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) filtresi uygulanarak tespit edilmektedir. Bu işlemde görüntünün yakın kızılötesi banda sahip olması gerekmektedir. Şu anki optimum İHA teknolojilerinde görüntüler “Kırmızı”, “Yeşil” ve “Mavi” (KYM) bantlarından oluşmaktadır. Bu sebeple 3 bantlı görüntülerden bitki detaylarının tespiti için literatürde farklı filtreler geliştirilmiştir. Çalışmada yeşil alanların tespiti için detayları tabloda belirtilen 3 farklı filtre kullanılmıştır. KYM ortofoto görüntü Python “*Rasterio*” ve “*Numpy*” kütüphaneleri kullanılarak işlenmiştir. Okunan piksel değerlerinde yeşil alanların tespitinde kullanılacak olan indeksler hesaplanmış ve koşulu sağlayan piksellerin kesişimleri alınarak, YAI görüntüsü oluşturulmuştur.

4.2.1 Görünür Atmosfer Direnç İndeksi (GADİ)

Görünür Atmosfer Direnç İndeksi (The Visible Atmospherically Resistant Index – VARI), elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde yer alan KYM gibi renkli görüntüler için tasarlanmıştır. Yakın kızılötesi banda ihtiyaç duymaz. Görüntüde yer alan aydınlatma farklılıklarını ve atmosferik etkileri azaltarak başarılı şekilde sonuçlar elde edilmesini sağlar. Biyokütle birikimine bağlı değişiklikleri tespit eder ve klorofil miktarına duyarlıdır (Gitelson 2002). Literatürde olası yangın alanlarının tespitinde de kullanıldığı görülmüştür (Mckinnon and Hoff 2017). Çalışma kapsamında GADİ için Eşitlik 4.1 kullanılmıştır. Eşitlik 4.1’de verilen “Mavi” değeri, indeksin atmosferik etkenlere karşı etkilenebilirliğini aza indirmektedir (Gitelson 2002).

$$GADİ = (Yeşil - Kırmızı) / (Yeşil + Kırmızı - Mavi) \quad (4.1)$$

4.2.2 Yeşil Yaprak İndeksi (YYİ)

Yeşil Yaprak İndeksi (Green Leaf Index – GLI), yeşil yapraklara karşı duyarlıdır. Buğday, pirinç gibi tarımsal uygulamalarda verimli olduğu belirtilmiştir. Cansız toprak ya da başka maddeler ile canlı bitkinin yaprak-gövde çıkarımları için başarılı sonuçlar elde etmiştir (Louhaichi et al. 2001). Çalışma kapsamında Eşitlik 4.2 YYİ indeksi için Eşitlik 4.2 kullanılmıştır.

$$YYİ = ((2 * Yeşil) - Kırmızı - Mavi) / ((2 * Yeşil) + Kırmızı + Mavi) \quad (4.2)$$

4.2.3 Parlaklık

Sayısal görüntüler piksel ismi verilen iki boyutlu matris yapılarından meydana gelmektedir. Parlaklık piksel içerisinde yer alan bantların gri seviyeli değerleri olarak tanımlanabilir. 8 bit görüntü içerisindeki bantlar 0 ile 255 arasında integer değer alırlar. Banttaki değer 255 seviyesine yaklaştıkça parlaklık değeri de artış göstermektedir. Çalışma kapsamında yapılan yeşil bitki indekslerinin görüntü üzerinde gerçekte yeşil bitki alanı olmayan, parlak alanlarda tanımlama yaptığı görülmüştür. Bu sebeple yeşil alan indeks görüntüsü oluşturma aşamasında KYM görüntüye Eşitlik 4.4 uygulanarak her pikselin parlaklık değeri hesaplanmıştır (Louhaichi et al. 2001).

$$Parlaklık = ((0.2126 * K) + (0.7152 * Y) + (0.0722 * M)) \quad (4.3)$$

4.2.4 YAI Görüntüsü

KYM ortofoto üzerinde GADİ, YYİ ve parlaklık değeri hesaplanan piksellerin, Çizelge 4.1’de belirtilen koşulları sağlayıp sağlamama durumları analiz edilmiş ve üç koşulu da sağlayan pikseller 1, sağlamayan pikseller 0 değerini alarak YAI görüntüsü oluşturulmuştur ve Şekil 4.2’de gösterimi yapılmıştır. Şekil 4.2b’de açık yeşil ile renklendirilen alanlar YAI koşulunu sağlayan pikselleri ifade etmektedir.

Çizelge 4.1 İndeks koşulları.

İndeks	Koşul	Değer
GADİ	>	100
YYİ	>	0
Parlaklık	<	140



Şekil 4.2 a) Ortofoto görüntü, b) Ortofoto üzerine YAI görüntüsü.

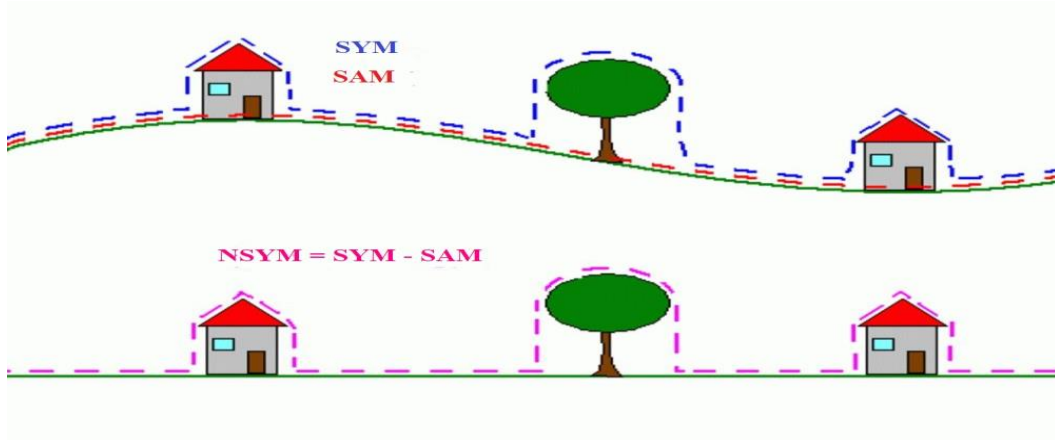
4.3 BİNA ALANLARI-NSYM (B-NSYM) GÖRÜNTÜSÜ

Bina alan ve kenarlarını tespit etmek için kullanılan bir diğer ana girdi veri B-nSYM'dir. Bu veri ile binaların yükseklik değerleri temel alınarak özellikle zeminde yer alan diğer nesne ve detaylardan ayrımı sağlanmıştır.

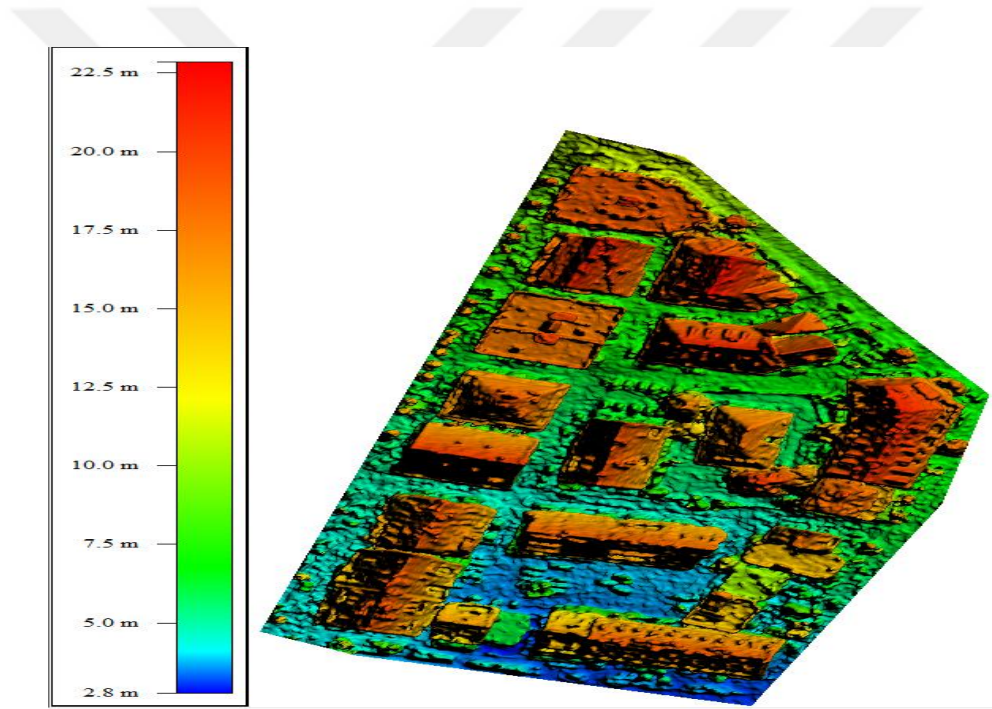
4.3.1 Normalize Edilmiş Sayısal Yüzey Modeli (nSYM) Oluşturulması

Sayısal yüzey modeli grid değerlerinden, sayısal arazi modeli grid değerleri farkının çıkarılması sonucu arazide yer alan beşerî ve coğrafi detayların oluşturduğu yüzey modeli nSYM olarak isimlendirilir (Şekil 4.3).

Çalışma kapsamında İHA görüntülerinden üretilen SYM ile SAM verilerinin, aynı konumdaki grid değerlerinin yükseklik değerleri birbirinden çıkartılmış ve nSYM verisi oluşturulmuştur.

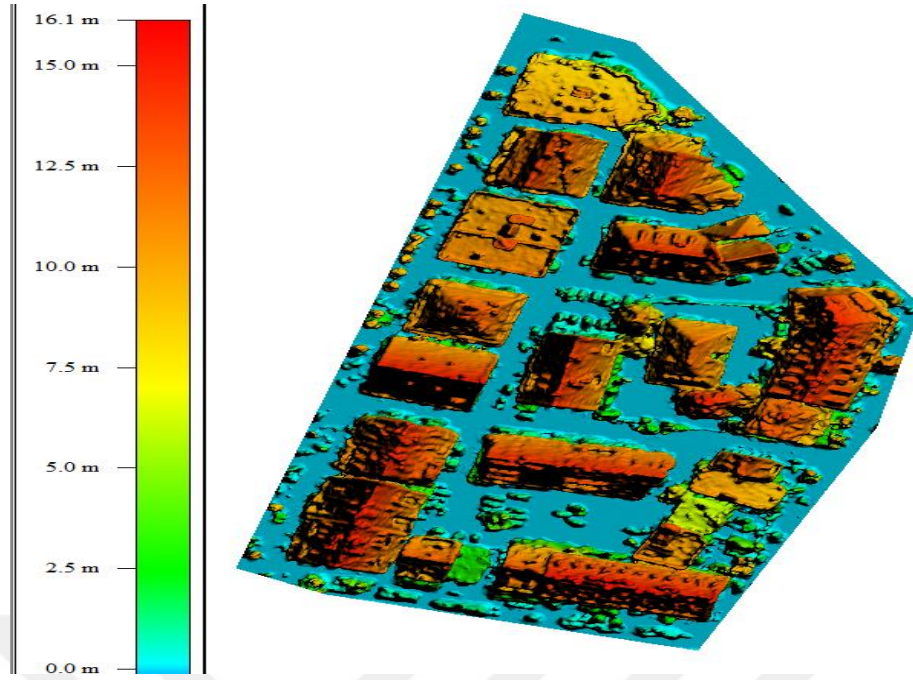


Şekil 4.3 SYM, SAM ve nSYM (Mayer 2004).

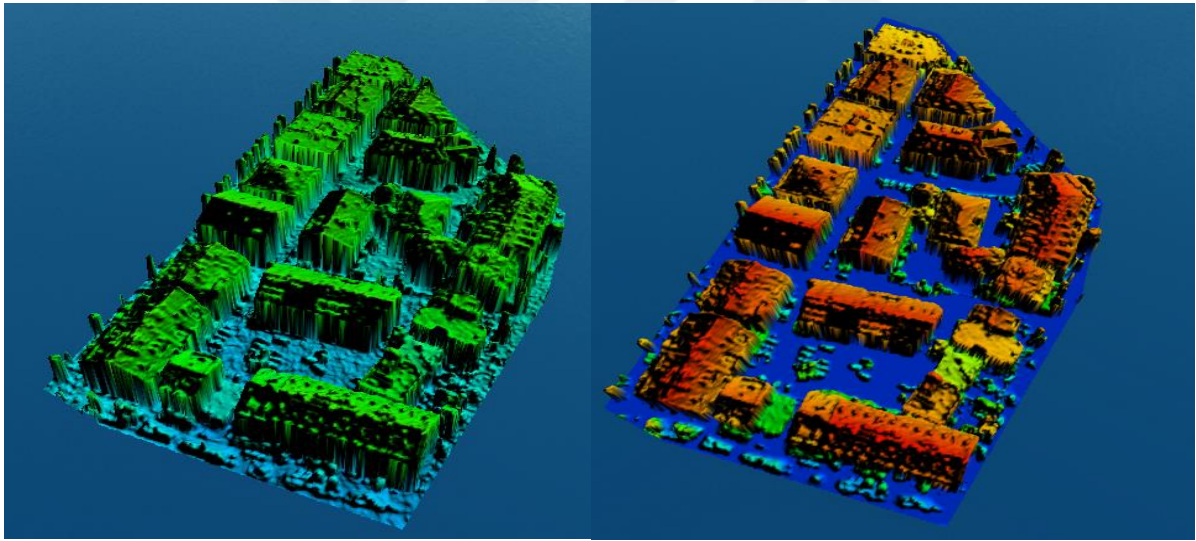


Şekil 4.4 Örnek alan SYM.

Şekil 4.4 ile Şekil 4.5'te örnek alanlara ait gösterim yapılmıştır. Gösterilen örnek alanda SYM için yükseklik skalası 22,5 m. ile 0 m. arasındayken, nSYM verisinde 16,1 ile 0 m. arasında olduğu gözükmemektedir. Bu gösterim örnek alanda arazi yüzeyinin üzerinde bulunan en yüksek obje boyunun 16 metre olduğunu belirtmektedir. Örnek alana ait SYM ve nSYM verisinin 3 boyutlu gösterimi Şekil 4.6'da belirtilmiştir.



Şekil 4.5 Örnek alan nSYM.



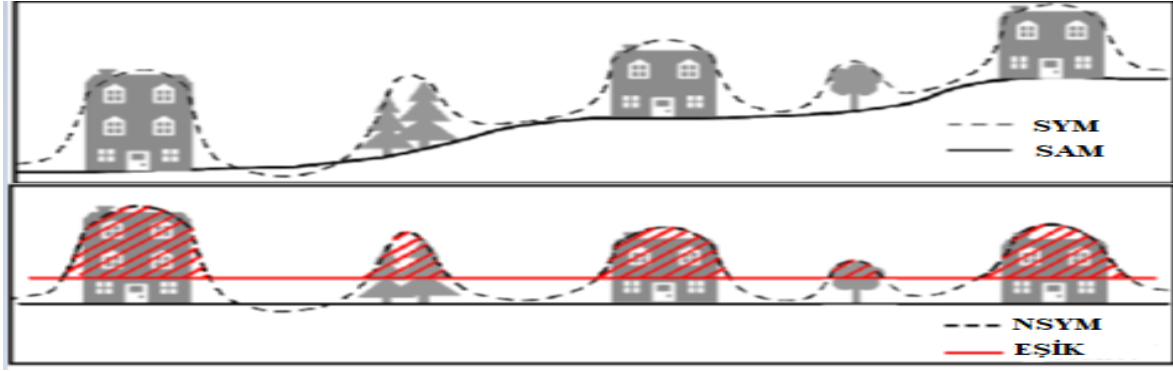
a

b

Şekil 4.6 a) SYM 3 boyutlu gösterim, b) SAM 3 boyutlu gösterim.

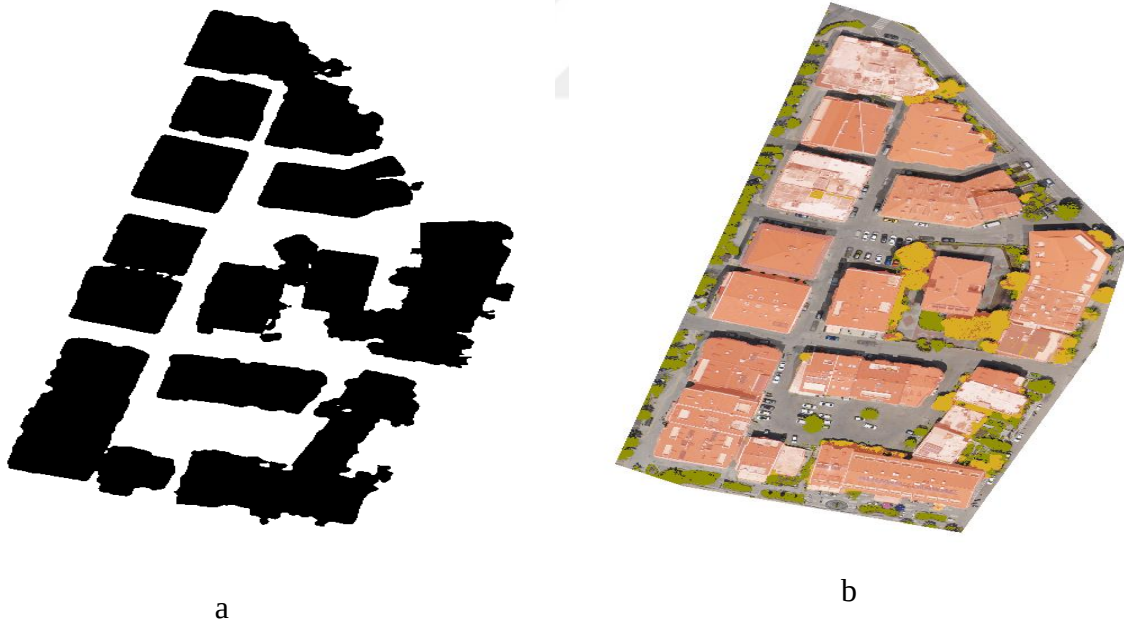
4.3.2 Eşiklenmiş nSYM Görüntüsü

nSYM içerisinde bina detayları dışında bahçe duvarı, bordür, kulübe, park, kamelya vb. gibi farklı yapılar ile ağaç gibi detaylar da yer almaktadır. Bu sebeple bina detaylarının çıkarımını sağlamak için çalışma alanında en düşük bina yüksekliğini içine alacak şekilde bir eşik değeri belirlenir. Eşik değerinin üstünde kalan gridler bina detayını ifade edecektir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7 Eşiklenmiş nSYM (San 2009).

Literatür incelendiğinde, farklı çalışmalarda eşik değerinin 2 m ila 2.5 arasında değerlendirildiği tespit edilmiştir. Çalışma bölgesinde de yapılan genel incelemeler neticesinde 2 m. değerinin uygun olduğu görülmüştür. nSYM verisinde eşik değerinin üstünde kalan gridlere 1, eşik değerinin altında kalan grid değerlerine ise 0 değeri verilerek, ikili kodlanmış raster veri tipinde eşiklenmiş nSYM görüntüsü oluşturulmuştur. Örnek alana ait eşiklenmiş nSYM Şekil 4.8a’da gösterilmiştir.



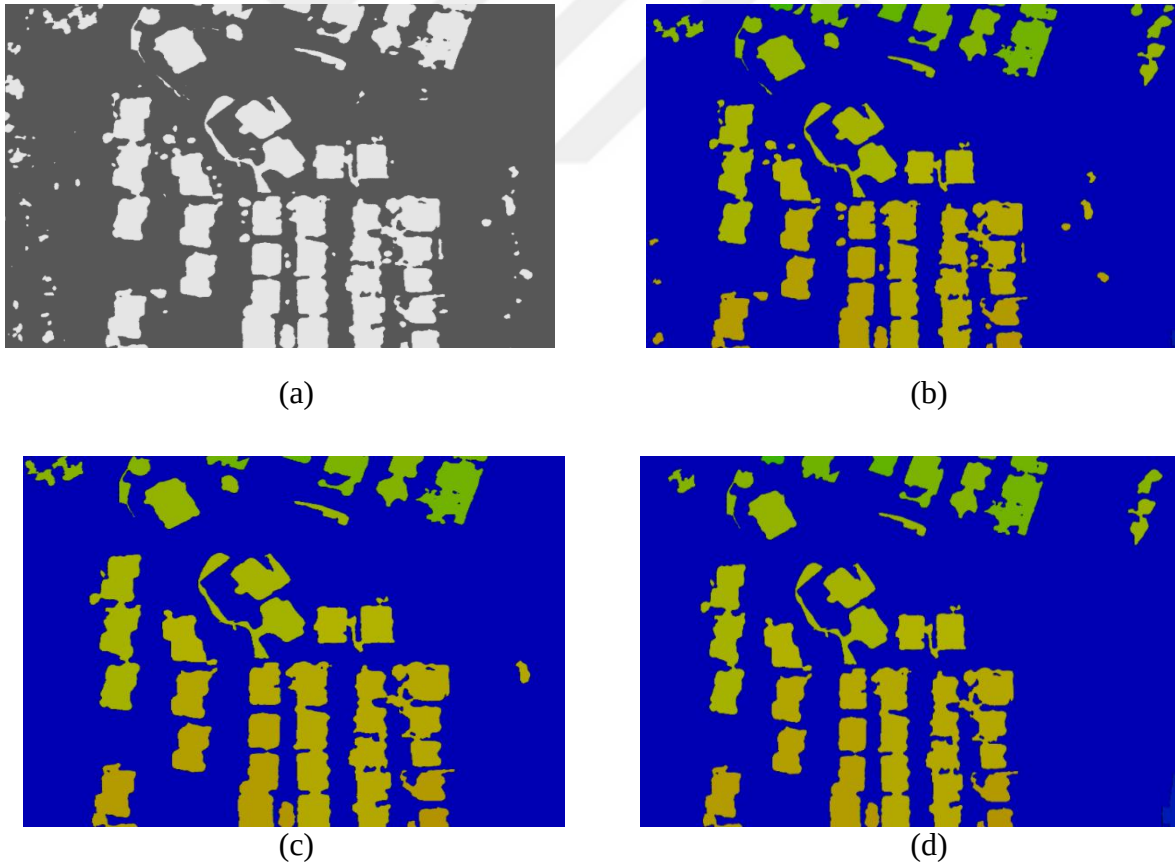
Şekil 4.8 a) Örnek alan eşiklenmiş nSYM, b) Eşik üzeri ve altı ağaç detaylarının gösterimi

Şekil 4.7b’de ortofoto görüntü üzerinde eşiklenmiş nSYM görüntüsü %50 şeffaflık kullanılarak açık turuncu renk ile gösterilmiştir. Yeşil olarak ifade edilen pikseller 2 m. eşik değerinin altında kalan yeşil ağaç ve bitkilerdir. Sarı olarak gösterilen pikseller ise 2 m. üzerinde kalan

yeşil alanları ifade etmektedir. Görüntüden de anlaşılacağı üzere eşiklenmiş nSYM verisi, binalar ile birlikte yüksek ağaçları da içerisinde barındırmaktadır.

4.3.3 Gruplandırma

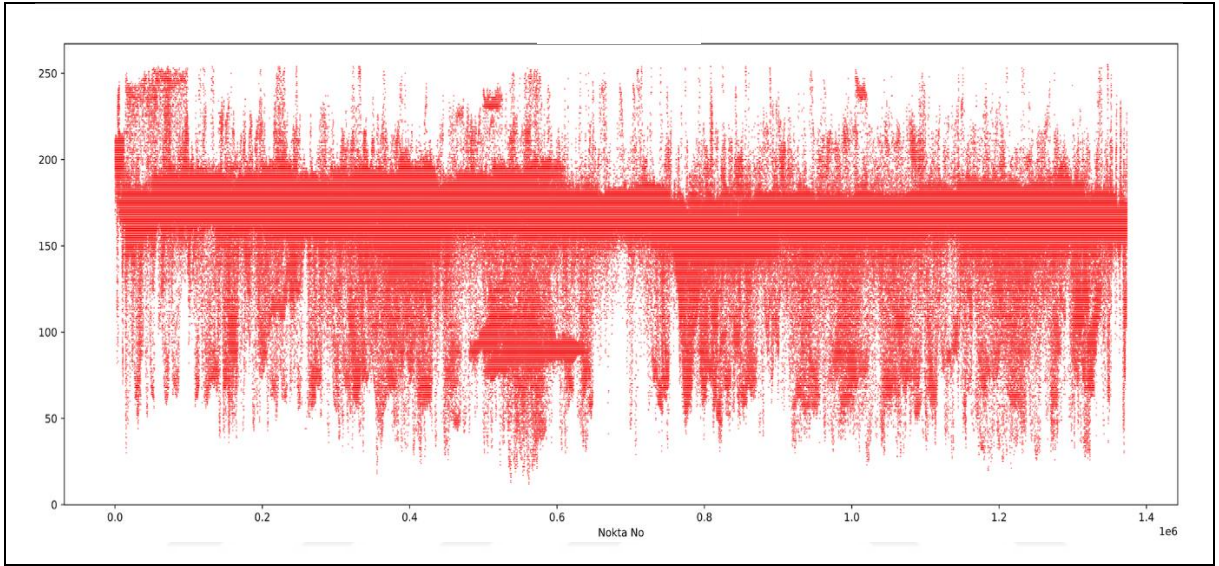
nSYM verisine uygulanan eşiklendirme işleminden sonra bina olarak değerlendirilmeyecek küçük alanların kaldığı gözlemlenmiştir. Eşiklenmiş nSYM verisinde yer alan birbirleri ile ilişkili ve komşuluk özelliği taşıyan piksel toplulukları, Python “*Skimage*” kütüphanesi kullanılarak gruplandırılmış ve nesne olması sağlanmıştır. Gruplanan piksellere filtre uygulanarak 10 m², 25 m², 50 m² ve 100 m²’den küçük nesneler tespit edilmiş ve incelenmiştir. Bölgedeki bina detaylarının 50 m²’den büyük olduğu değerlendirilmiş ve ikili kodlanmış nSYM görüntüsünde 50 m²’den küçük nesneleri oluşturan piksellere 0 değerleri atanmıştır. Bu işlem sonrasında nSYM verisinde 1 değeri ile kalan pikseller B-nSYM görüntüsünü oluşturmaktadır. Gruplandırmaya ait sonuçlar Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



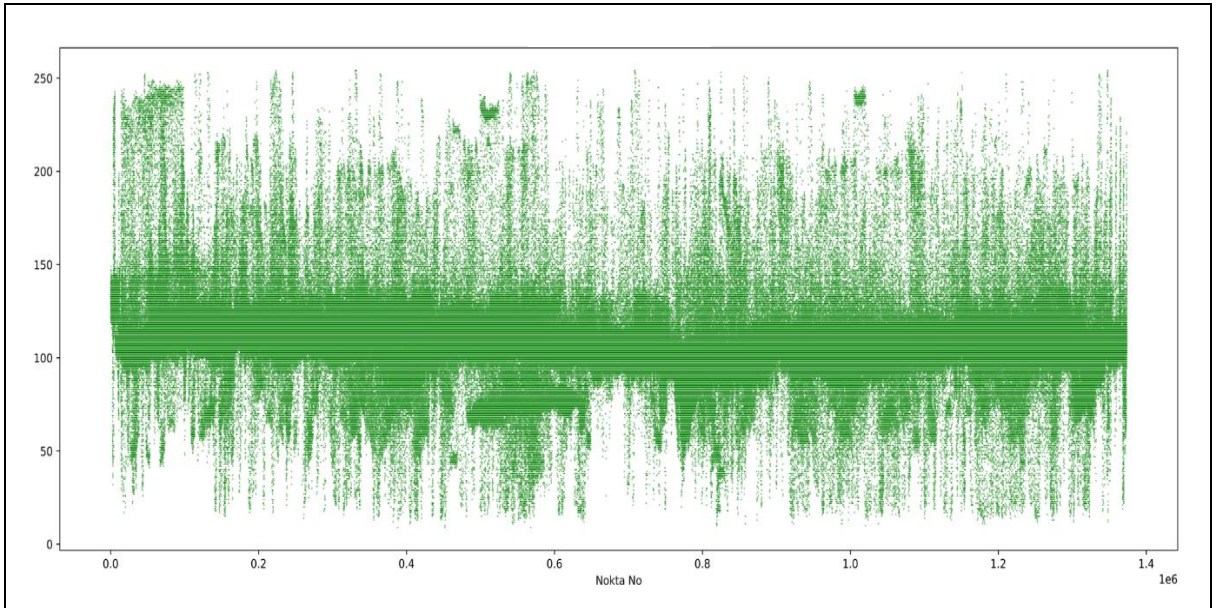
Şekil 4.9 a) 10 m²’den büyük gruplar, b) 25 m²’den büyük gruplar, c) 50 m²’den büyük gruplar, d) 100 m²’den büyük gruplar.

4.4 BİNA ALANLARI-KYM GÖRÜNTÜSÜ

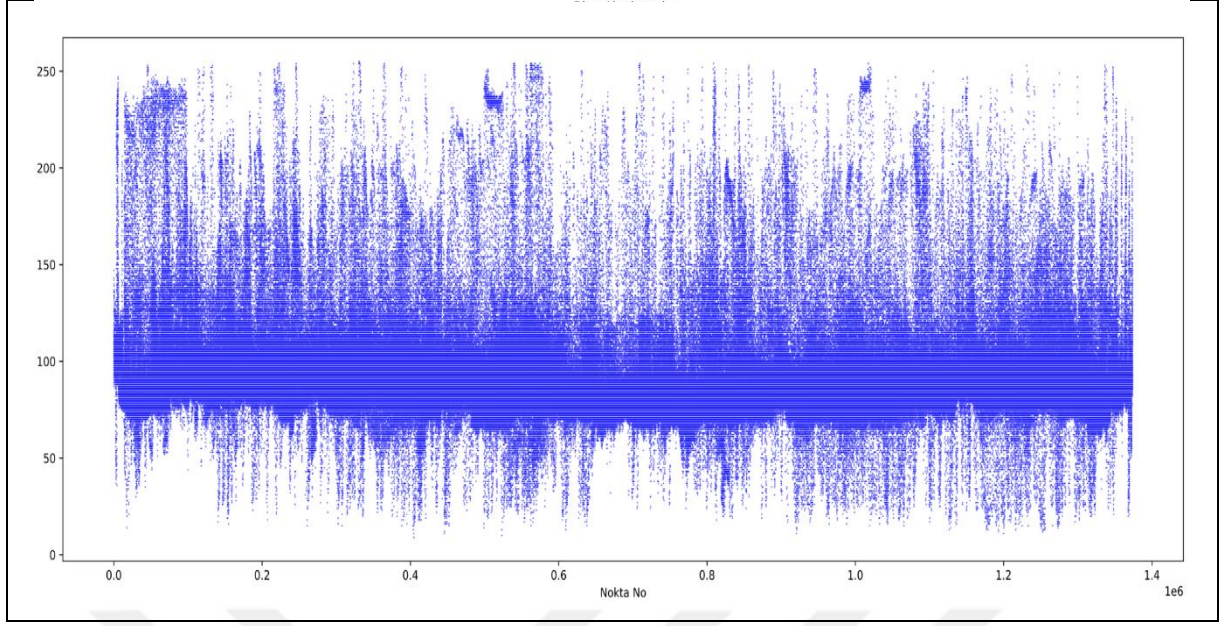
Bina Alanları-KYM Görüntüsü, ortofoto mozaik renk değerleri ile bina detaylarının piksel tabanlı sınıflandırma yöntemiyle elde edilmesi mantığına dayanmaktadır. Farklı çalışma alanlarında İHA görüntüleri kullanılarak elde edilmiş farklı ortofotolar üzerinden daha önceden kıymetlendirilen kırmızı bina alanlarının piksel değerleri; K, Y, M, parlaklık ile bant değerlerinin birbirleri ile oranların üzerinde incelemeler gerçekleştirilmiştir.



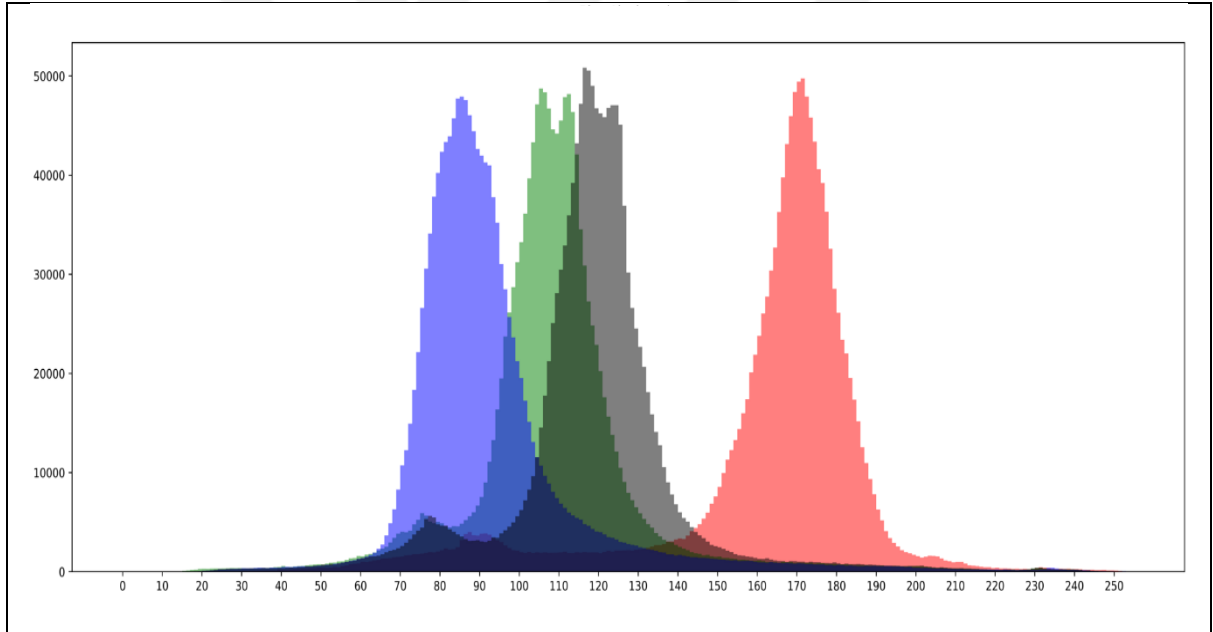
Şekil 4.10 Bina alanlarında K bant değerlerinin dağılımı.



Şekil 4.11 Bina alanlarında Y bant değerlerinin dağılımı.

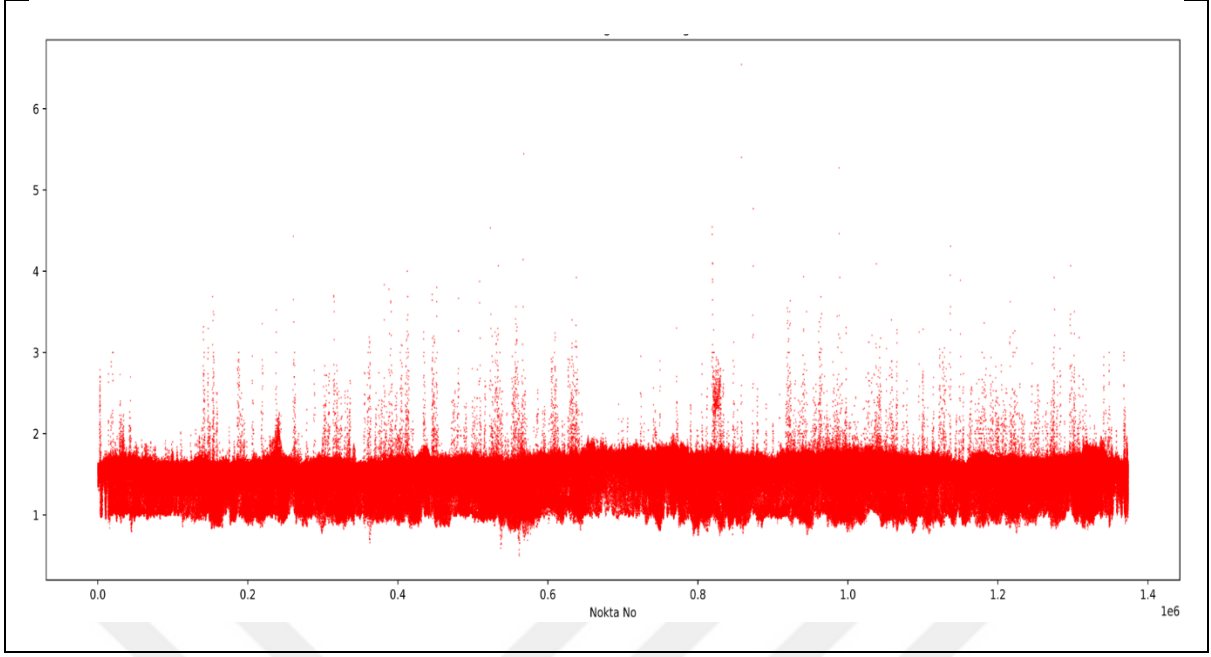


Şekil 4.12 Bina alanlarında M bant değerlerinin dağılımı.

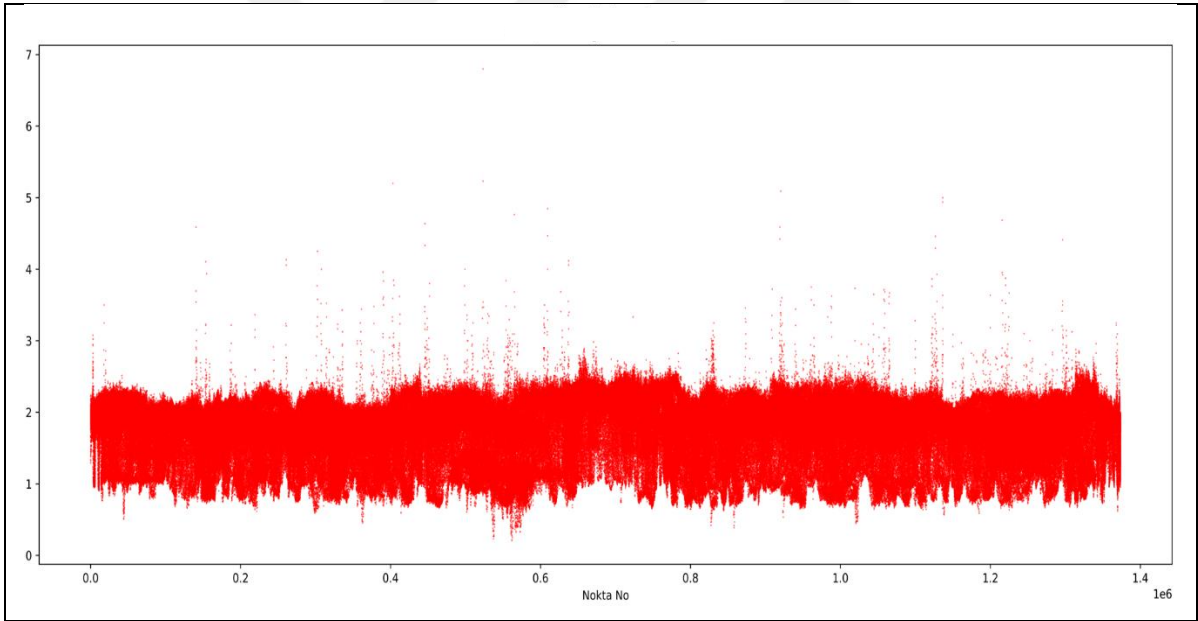


Şekil 4.13 Bina alanlarında KYM bant ve parlaklık değerlerinin dağılımı.

Şekil 4.10, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de görüldüğü üzere, bina veri havuzundan elde edilen piksel değerlerinin dağılımı her bantta belirli bölgelerde yoğunlaşmış olmakla birlikte 0 ve 255 arasında büyük sıçramalar gerçekleştirmiştir. Bu incelemeler sonucunda kırmızı çatılı bina alanlarının bant değerleri arasında oransal ilişkinin değişkenlik göstermediği değerlendirilmiştir.



Şekil 4.14 Bina alanlarında K/Y değerlerinin dağılımı.



Şekil 4.15 Bina alanlarında K/M değerlerinin dağılımı.

Çalışmada kırmızı renk yoğunluğunu öne çıkaran Şekil 4.14'te grafiksel gösterimi yapılan Kırmızı/Yeşil ve Şekil 4.15'te grafiksel gösterimleri yapılan Kırmızı/Mavi oranları kullanılmıştır. Bu oranların kovaryansları hesaplanmıştır. Değerler Çizelge 4.2'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Hesaplanan K/Y ve K/M değerleri.

Kovaryans	Ortalama	Standart Sapma	+/- Değer	Değer Aralığı
K/Y	1.44	0.15	0.31	1.75-1.12
K/M	1.69	0.26	0.52	2.21-1.16

İki değer aralığını da sağlayan piksellere 1, sağlamayan piksellere ise 0 değeri atanarak ikili kodlanmış görüntü oluşturulmuştur. İşlem sonrasında birbirleri ile ilişkili 1 ve 0 pikselleri gruplandırılarak her bir binanın nesne olması sağlanmıştır. 50 m²'den küçük olan nesneler silinmiştir. Bina alanları içerisinde kalan baca ve güneş enerjisi sistemi gibi detayların oluşturmuş olduğu boşluklar, içerisinde kalmış olduğu nesnenin grubuna dâhil edilerek elimine edilmiştir. Örnek gösterim Şekil 4.16'da verilmiştir.



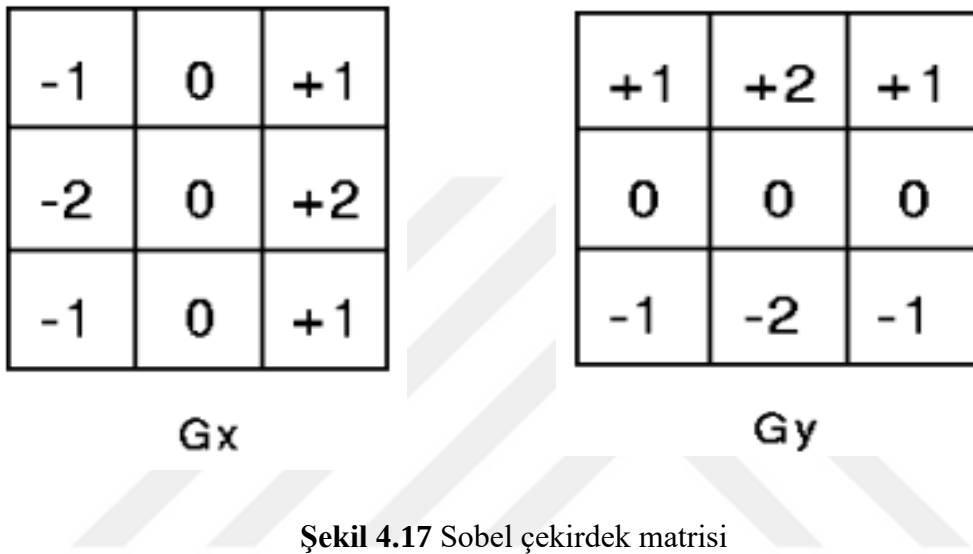
Şekil 4.16 B-KYM Görüntüsü

4.5 SOBEL KENARLARI GÖRÜNTÜSÜ

Bina çatı kenarlarının ve alanlarının çıkartılması işleminde ana girdi verilerinden biri de sobel filtresi ile elde edilen ve görüntüdeki kenarları belirten ikili görüntüdür. Sobel birçok kenar çıkartma algoritmasına göre eski bir yöntemdir, gürültüden fazla etkilenir fakat işlem hızı yüksektir. Çalışma kapsamında Canny, Saviola, Gauss gibi kenar belirleme algoritmaları da

denenmiştir. Bu algoritmalar daha gürültüsüz sonuçlar çıkarmakla birlikte kenarları tespit etme yeteneği olarak sobel filtresinin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Sobel filtresi diğer birçok kenar çıkartma algoritması gibi Şekil 4.17’de gösterilen çekirdek (konvolsüyon) matrisleri kullanarak dikey, yatay ve köşegen şeklindeki kenarları tespit etmeye çalışır. Operatör görüntü içerisindeki yüksek frekans bölgelerini ortaya çıkarır. Operatör teorik olarak Şekil 4.17’de gösterilen 3x3 çekirdek matrisidir (URL-18).



Yatay ve dikey kenarlar için operatörler ayrı ayrı düzenlenmiştir. Operatörler görüntüde birbirinden bağımsız olacak şekilde gezinebilmektedir. Bu sayede her bir yön için piksel değerinin ölçümü ayrı ayrı sağlanmış olur. Ardından birbirine çapraz konumda olan kenarların mutlak değeri ve açısını bulmak için bu değerler eşitlik 4.5 kullanılarak birleştirilir. Piksellerin mutlak değeri eşitlik 4.4’e göre hesaplanır (URL-18).

$$|G| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \quad (4.4)$$

Bu eşitlik ile ortaya çıkan kenarın piksel ızgarasına göre olan yön açısı eşitlik 4.7 ile bulunur.

$$\theta = \arctan\left(\frac{|Gx|}{|Gy|}\right) \quad (4.5)$$

Bu eşitliklere göre yatay duran çizgiler 0, dikey duran çizgiler 90 ve eğik duran çizgiler ise diğer açılar ile ifade edilecektir. Bu kapsamda 0 derece çizgilerde alt kısım siyahtan, üst kısım

beyaza doğru geçişi gösterecektir. 180 derece çizgilerde ise üst kısım siyah bölgeden alt kısım beyaz bölgeye doğru geçişi gösterecektir (URL-19).

Sobel filtresi Gx ve Gy operatörleri birlikte ya da tek başlarına görüntü üzerinde uygulanabilirler. Bu şekilde sadece yatay ya da sadece dikey konumda olan çizgilerin algılanması sağlanabilmektedir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 Örnek sobel filtresi kenar çıkarımı (URL-19).

Şekil 4.19’da örnek gösterilen senaryoda iki operatöründe kullanıldığı durumlarda çekirdek matrislerinin hesabı eşitlik 4.6, 4.7 ve 4.8’de gösterildiği gibi yapılır (URL-18).

P_1	P_2	P_3
P_4	P_5	P_6
P_7	P_8	P_9

-1	0	+1
-2	0	+2
-1	0	+1

Gx

+1	+2	+1
0	0	0
-1	-2	-1

Gy

Şekil 4.19 Sobel çekirdek matrisi.

$$|Gx| = |-P_1 + P_3 - 2P_4 + 2P_6 - P_7 + P_9| \quad (4.6)$$

$$|Gy| = |P_1 + 2P_2 + P_3 - P_7 - 2P_8 - P_9| \quad (4.7)$$

$$|G| = |Gx| + |Gy| = \sqrt{Gx^2 + Gy^2} \quad (4.8)$$

Sobel Filtresi çalışma kapsamında ortofoto mozaik görüntüye uygulanmıştır. Filtre tek bantlı gri seviyeli yoğunluk görüntüsü üzerinde çalışabildiği için 3 bantlı KYM ortofoto mozaik görüntü, YTD renk uzayı görüntüsüne dönüştürülmüş ve görüntüdeki parlaklık değerini koruyan Y değeri eşitlik 2.6 ile her piksel için hesaplanmıştır. Dönüşüm sonrasında tek bantlı gri seviyeli yoğunluk görüntüsü oluşturulmuştur.

$$[Y] = [0.299 * K] + [0.587 * Y] + [0.114 * M] \quad (2.6)$$

Sobel Filtresi, Python Skimage kütüphanesinde yer alan “*Skimage.filters.sobel*” fonksiyonu kullanılarak uygulanmıştır. İşlem sonucunda görüntüyü meydana getiren pikseller 0 ile 150 arasında değer almışlardır. Burada değeri yüksek olan değerler kenarı belirtme gücü ile doğru orantılıdır. Elde edilen görüntüde eşik değeri 10 olarak belirlenerek bu değerin üstünde olan piksellere 1, altında kalan piksellere 0 değeri atanmış ve ikili kodlanmış görüntü oluşturulmuştur (Şekil 4.20).



Şekil 4.20 Sobel görüntüsü.

4.6 PİKSEL PUANLANDIRMA

Çalışma kapsamında şu ana kadar yapılan işlemlerde bina detaylarının çıkarımına yönelik olarak 4 görüntü tipi oluşturulmuştur. Bunlar:

- Yeşil Alanlar İndeksi (YAI) Görüntüsü
- Binalar-nSYM (B-nSYM) Görüntüsü
- Binalar-KYM (B-KYM) Görüntüsü
- Sobel Kenarları Görüntüsü

Bu görüntülerin her biri bina detaylarının farklı özelliklerine odaklanmaktadır. Yapılan çalışmada bina detaylarının ayırt edici özelliklerinin, KYM ortofoto görüntü ile SYM yetenek ve bilgi kapasitesi doğrultusunda tanımlayıcı olarak kullanılabilmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda üretilen 4 görüntüde çizelgede belirtilen koşullar dâhilinde bina olma özelliğini sağlayabilen pikseller tespit edilmiştir.

Çizelge 4.3 Görüntü koşulları.

Görüntü	Eşik Değeri ve Koşulu	Koşulu Sağlama Durumu
YAI	$GAD\bar{I} > 100$ ve $YY\bar{I} > 0$ ve Parlaklık < 140	Yeşil Alan = 1 Yeşil Alan Olmayan = 0
B-nSYM	$nSYM > 2$ m. ve 50 m^2 'den büyük nesneler	Binalar = 1
B-KYM	K/Y ve K/M standart sapma değer aralığında	Binalar = 1
Sobel Kenarları	Sobel filter değerleri > 10	Kenarlar = 1

Çizelge 4.3'te verilen her bir koşul ve bu koşulları bir arada bulundurma durumları, bina detaylarının çıkarımını sağlamaya olan etkisinin ağırlığı baz alınarak puanlandırılmış ve koşul/koşulları sağlayan piksellere atanmıştır. Puanlama sisteminde ana etken B-nSYM koşulunu sağlama durumudur. Bu şartın sağlanması durumunda piksel ya binayı ya da eşik değeri üzerinde yer alan bir bitkiyi temsil ediyor olacaktır. Şartı sağlayan pikselin bitkiyi temsil edebilme durumunu elimine edebilmek için YAI ile B-nSYM koşullarını beraber sağlayan kombinasyon piksellerinin puana etki ağırlığı düşük tutulmuştur. Sobel kenarları, binalar dışında birçok detayı da içerisinde bulundurmaktadır. Bina ayırımını yapmak için, B-KYM ve B-nSYM ile koşulu birlikte sağladığı durumlarda puana etki ağırlığı yüksek tutulmuştur. Kırmızı çatıya sahip olmayan binaların da tespit edilebilmesi için B-KYM koşulunu sağlamayıp, B-nSYM ve Sobel kenarları görüntüsünün birlikte koşulu sağlama ve YAI koşulunu sağlamama durumu yüksek tutulmuştur. Puanlama sistemi sayısal olarak eşitlik 4.9'da belirtilmiştir;

$$((B - KYM = 0) \wedge (B - nSYM = 1) \wedge (YAİ = 0) \wedge (Sobel Kenarları = 1)) = 250 \quad (4.9a)$$

$$((B - KYM = 0) \wedge (B - nSYM = 1) \wedge (YAİ = 1) \wedge (Sobel Kenarları = 1)) = 5 \quad (4.9b)$$

Eşitlikte belirtilen puanlara ek olarak her koşul için ayrı ayrı katsayı belirtilmiştir. Bu koşulları sağladıkça piksel değeri katsayı ile çarpılır. Eşitlikte verilen ortak koşulları da sağlaması durumunda belirtilen puan üzerine eklenir. Katsayılar eşitlik 4.10'da belirtildiği gibidir;

$$(B - KYM = 1) \rightarrow 5k \quad (4.10a)$$

$$(B - nSYM = 1) \rightarrow 10k \quad (4.10b)$$

$$(Sobel Kenarları = 1) \rightarrow 5k \quad (4.10c)$$

$$(YAİ = 1) \rightarrow k \quad (4.10d)$$

$$(YAİ = 0) \rightarrow 2k \quad (4.10e)$$

Örnek bir senaryo ile durumu özetleyecek olursak, Şekil 4.21'de bölgede yer alan 5x5 pencere aralığında bir piksel kümesi gösterilmiştir. Bu bölgenin üretilmiş 4 görüntüsünün piksel değerleri belirtilmiştir.

0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0

(a)
(b)
(c)
(d)

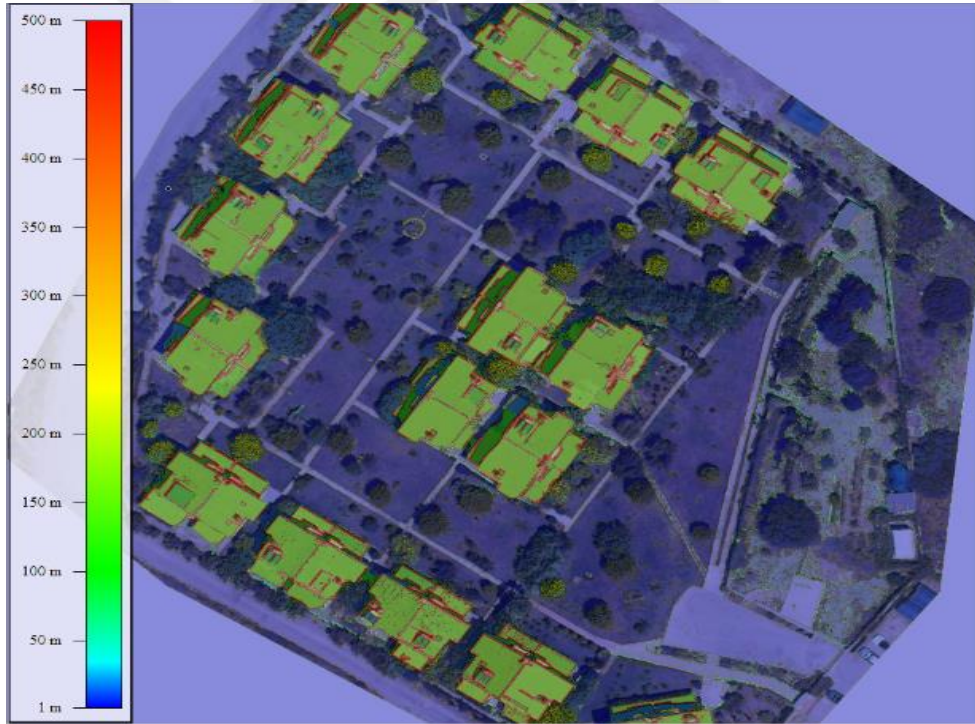
Şekil 4.21 a) B-KYM, b) B-nSYM, c) Sobel Kenarları, d) YAİ.

Şekilde 4.21'de belirtilen 4 görüntüye göre oluşacak olan puanlama ve sonuç görüntü Şekil 4.22'de gösterildiği gibidir.

1	1	1	55	55
1	500	500	250	250
10	250	500	500	500
1	500	500	200	200
10	350	500	200	200
1	50	500	200	200

Şekil 4.22 Piksel puanlandırma.

Puanlamaya göre piksellerin puan aralığı 0-500 arasında oluşmuş olup, belirli aralıklarda binaların farklı detaylarını temsil etmektedir. Piksel değeri 0-99 aralığında olanlar, bina dışında kalan detayları ifade etmektedir. 100 ile 250 arasında olacak olanlar çoğunlukla bina çatı alanlarını, 250-500 arasında olanlar ise bina çatı kenarları olarak değerlendirilmiştir. Çalışma bölgesine ait bir alanın puanlama görüntüsü Şekil 4.23’de gösterilmiştir.



Şekil 4.23 Puanlı sonuç görüntü.



BÖLÜM 5

BULGULAR

5.1 TEST ALANLARI

Çalışma bölgesi içerisinde; arazi durumu, yükseklik farkları, bitki örtüsü gibi coğrafi faktörler ile bina çeşitliliği, çatı karmaşıklığı, bina yoğunluğu ve yol durumu gibi mimari, şekilsel ve dokusal şehrsel farklılıklar temel alınarak 10 test alanı belirlenmiştir. Bu test alanları üzerinde elle sayısallaştırma yöntemi uygulanarak vektör yapıda çizilmiş alanlar, raster veri formatına dönüştürülmüş ve referans veri olarak kullanılmıştır. Python programlama dilinde yer alan “Sklearn” kütüphanesi kullanılarak test alanlarına ait tespit edilen bina çatısı iz düşüm detaylarına ait kesinlik, duyarlılık ve F1 puan sonuçları belirlenmiştir. Test alanlarına ait verilen görsel karşılaştırmalarda; turuncu renk (üretilen bina alanı ile referans verinin kesiştiği alanlar), sarı renk (referans binaların, üretilen bina alanlarından farkını), kırmızı renk (üretilen bina alanlarının, referans veriden farkını) belirtmektedir.

5.1.1 Test Alanı 1

Test Alanı 1, büyüklük ve şekilsel olarak farklı bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından orta seviyede yoğunluğa sahiptir. Birleşik nizam binalar yer almaktadır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından orta yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 25 binanın tamamı tespit edilmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 15 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 9 m.’dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %88.5, duyarlılık değeri; %97.98 ve F1 puan; %92.94 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.1’de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.2’de gösterilmiştir



Şekil 5.1 Test alanı 1 ortofoto.



Şekil 5.2 Test alanı 1 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.2 Test Alanı 2

Test Alanı 2, büyüklük ve şekilsel olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından yüksek yoğunluğa sahiptir. Ayrık nizam ve bahçeli binalar yer almaktadır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından orta yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 17 binanın tamamı tespit edilmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 12 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 9 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %96.94, duyarlılık değeri; %95.22 ve F1 puan; %96.07 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.3'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Test alanı 2 görüntü.



Şekil 5.4 Test alanı 2 ortofoto ve sınıflandırma.

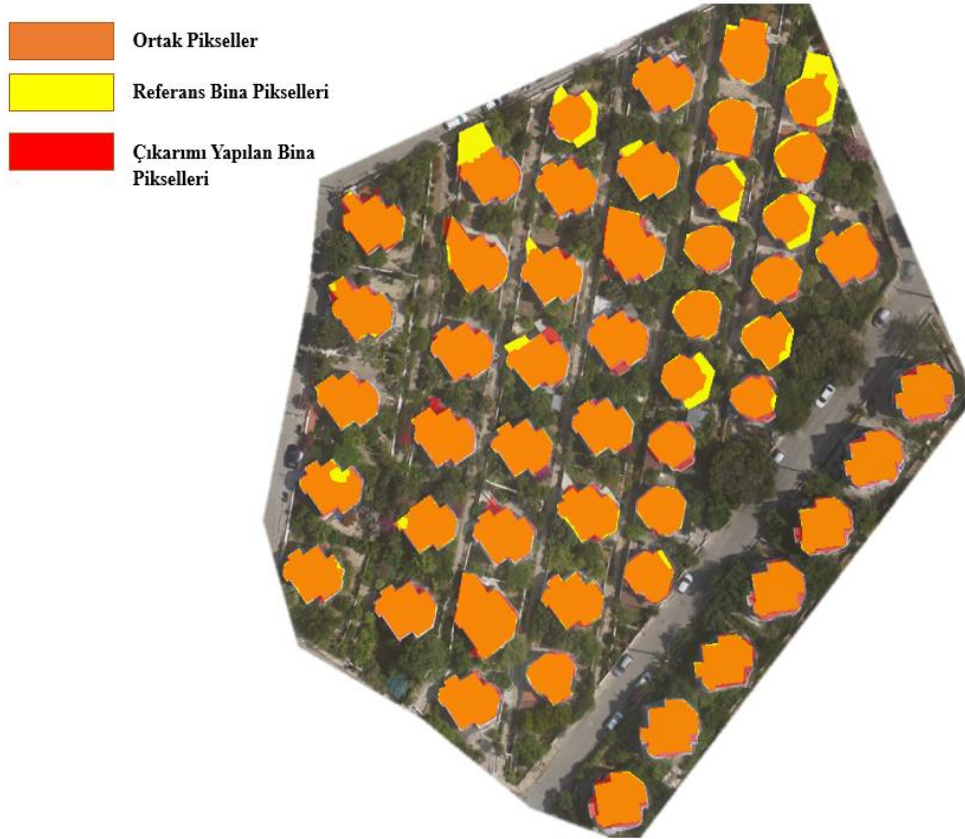
5.1.3 Test Alanı 3

Test Alanı 3, büyüklük ve şekilsel olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından yüksek yoğunluğa sahiptir. Ayırık nizam ve konumsal olarak düzenli yerleşime sahip binalar yer almaktadır. Bina çatılarının tamamı zemin rengine yakın beyaz ve gri tonlardadır. Bu özelliği ile sınıflandırma işlemlerinde zorlayıcı olarak değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 50 binanın tamamı tespit edilmiştir. Bazı binalar, çatılarında yer alan yeşilimsi renkler ve ağaçlık alanların binalar ile birleşik durumda olması sebebiyle eksik olarak belirlenmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 12 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 6 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %91.17, duyarlılık değeri; %93.36 ve F1 puan; %92.25 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.5'te, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.6'da gösterilmiştir.



Şekil 5.5 Test alanı 3 ortofoto.



Şekil 5.6 Test alanı 3 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.4 Test Alanı 4

Test Alanı 4, büyüklük ve şekilsel olarak farklı bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından düşük seviyede yoğunluğa sahiptir. Birleşik nizam binalar yer almaktadır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından orta yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 18 binanın tamamı tespit edilmiştir. 2 adet bina birbirine çok yakın olması sebebiyle birlikte sınıflandırılmıştır. Alan içerisinde en yüksek bina 18 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 13 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %92.42, duyarlılık değeri; %98.91 ve F1 puan; %95.55 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.7'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.8'de gösterilmiştir.



Şekil 5.7 Test alanı 4 ortofoto.



Şekil 5.8 Test alanı 4 ortofoto ve sınıflandırma.

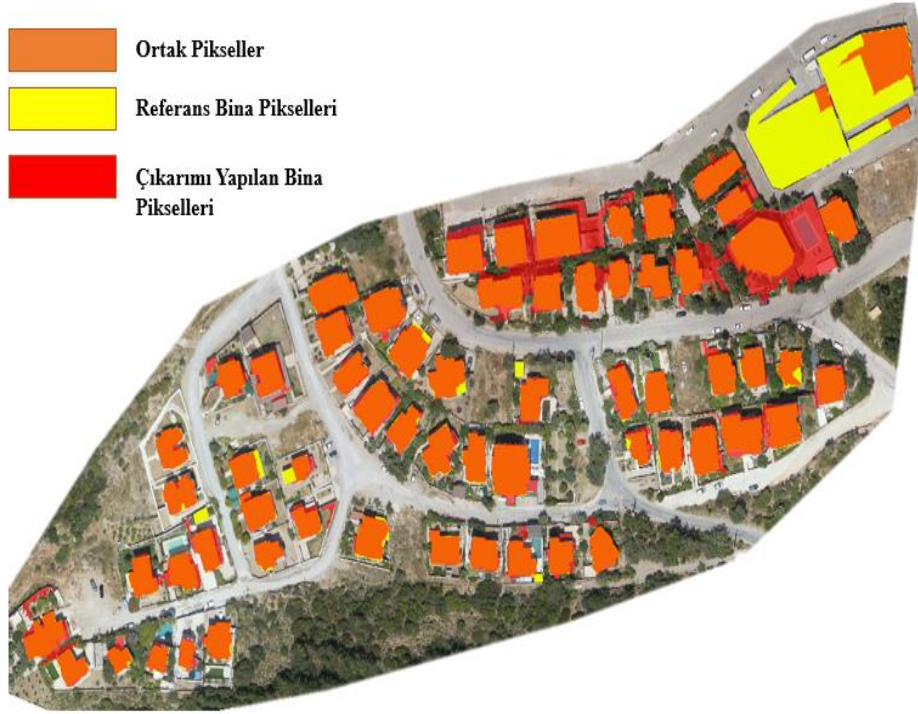
5.1.5 Test Alanı 5

Test Alanı 1, büyüklük ve şekilsel olarak farklı bina tiplerini bir arada bulundurmakla birlikte oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Bazı binaların bahçeleri yüksek kottadır. Şevli alanlar yer almaktadır. Yassıdağı eteklerinde yer alması sebebiyle engebeli ve eğimli bir araziye sahiptir. Bölge yeşil alanlar açısından orta seviyede yoğunluğa sahiptir. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından orta yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 64 binanın 62 tanesi tespit edilmiştir. 2 adet bina ve 1 garaj küçük yüzey alanı ve yükseklik sebebiyle tespit edilememiştir. Kuzeydoğu istikametinde yer alan büyük yapı o bölgedeki SYM bozulmaları sebebiyle tespit edilememiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 16 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 11 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %76.48, duyarlılık değeri; %82.80 ve F1 puan; %79.52 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.9'da, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.9 Test alanı 5 ortofoto.



Şekil 5.10 Test alanı 5 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.6 Test Alanı 6

Test Alanı 6, büyüklük olarak farklı, şekilsel ve dokusal olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından düşük seviyede yoğunluğa sahiptir. Ayrık nizam binalar yer almaktadır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından düşük yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 24 binanın tamamı tespit edilmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 11 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 7 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %94.75, duyarlılık değeri; %97.18 ve F1 puan; %95.95 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.11'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.12'de gösterilmiştir.



Şekil 5.11 Test alanı 6 ortofoto.



Şekil 5.12 Test alanı 6 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.7 Test Alanı 7

Test Alanı 7, büyüklük bakımından farklı, şekilsel ve dokusal olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından yüksek seviyede yoğunluğa sahiptir ve binalar ile bitişik durumdadır. Ayırık nizam binalar yer almakla birlikte bazı binaların birbirine mesafesel yakınlığı fazladır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından yüksek yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 41 binanın tamamı tespit edilmiştir. Yeşil alan içerisinde kalan bir bölge SYM ve sobel tutarlılığı sebebiyle bina olarak çıkartılmıştır. Alan içerisinde en yüksek bina 13 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 8 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %91.39, duyarlılık değeri; %94.29 ve F1 puan; %92.82 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.13'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.14'de gösterilmiştir.



Şekil 5.13 Test alanı 7 ortofoto görüntü.



Şekil 5.14 Test alanı 7 ortofoto görüntü ve sınıflandırma.

5.1.8 Test Alanı 8

Test Alanı 8, büyüklük ve şekilsel olarak farklı, dokusal olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından düşük seviyede yoğunluğa sahiptir. Ayrık nizam binalar yer almaktadır. Bina çatılarında baca, güneş sistemi ve diğer detaylar yoktur. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 22 binanın tamamı tespit edilmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 13 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 9 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %91.20, duyarlılık değeri; %98.39 ve F1 puan; %94.66 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.15'de, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



Şekil 5.15 Test alanı 8 ortofoto.



Şekil 5.16 Test alanı 8 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.9 Test Alanı 9

Test Alanı 9, büyüklük olarak farklı, şekilsel ve dokusal olarak benzer bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölge yeşil alanlar açısından düşük seviyede yoğunluğa sahiptir. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından düşük yoğunlukta değerlendirilebilir. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 26 binanın tamamı tespit edilmiştir. Alan içerisinde en yüksek bina 12 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 9 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %90.79, duyarlılık değeri; %97.75 ve F1 puan; %94.14 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.15'te, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.16'da gösterilmiştir.



Şekil 5.17 Test alanı 9 ortofoto.



Şekil 5.18 Test alanı 9 ortofoto ve sınıflandırma.

5.1.10 Test Alanı 10

Test Alanı 10; büyüklük, şekilsel ve dokusal olarak farklı bina tiplerini bir arada bulundurmaktadır. Bölgenin güneyi yeşil alanlar açısından yüksek seviyede yoğunluğa sahiptir. Birleşik nizam ve ayrık nizam binalar yer almaktadır. Bina çatıları; baca, güneş sistemi ve diğer detaylar açısından yüksek yoğunlukta olmakla birlikte renksel farklılıklar da mevcuttur. Sınıflandırma işlemi sonucunda bölgede yer alan 46 binanın tamamı tespit edilmiştir. Bitki alanlarını ifade eden yeşil çatılı binaların yoğun olduğu bir alandır. Bu sebeple 2 binanın 1/2'si, 8 binanın 1/4'ü sınıflandırılamamıştır. Alan içerisinde en yüksek bina 15 m. uzunluğundadır. Ortalama bina yüksekliği ise 11 m.'dir.

Test alanına ait kesinlik değeri; %92.47, duyarlılık değeri; %88.54 ve F1 puan; %90.46 olarak tespit edilmiştir. Alana ait ortofoto görüntü Şekil 5.19'da, görsel karşılaştırma ise Şekil 5.20'de gösterilmiştir.



Şekil 5.19 Test alanı 10 ortofoto.



Şekil 5.20 Test alanı 10 ortofoto ve sınıflandırma.

5.2 BULGULAR

Çalışmaya ait bölgede 333 adet bina yer almaktadır. Bunların 331 tanesi çalışma sonucunda tespit edilmiştir. Tespit edilen binaların referans veriye göre 2 tanesinin 1/2'si, 8 tanesinin 1/4'ü sınıflandırılamamıştır. Yeşil alan içerisinde kalan 1 bölge hatalı olarak bina olarak atanmıştır.

Referans veri, bölgenin elle vektör olarak sayısallaştırılması ve ardından raster veriye dönüştürülmesi ile elde edilmiştir. Sonuçlar piksel bazlı olarak değerlendirilmiştir. F1 puan, kesinlik ve duyarlılık değerlendirilmeleri Python “*Sklearn*” Kütüphanesinde yer alan “*metrics.f1score*”, “*metrics.precisionscore*” ve “*metrics.recall*” fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Değerlendirmeler Çizelge 5.1’de belirtilmiştir.

Çizelge 5.1 Doğruluk analizleri.

Test Alanı	Kesinlik	Duyarlılık	F1 Puan	Bina Sayısı	Tespit Edilen Bina
1	%88.5	%97.98	%92.94	25	25
2	%96.94	%95.22	%96.07	17	17
3	%91.17	%93.36	%92.25	50	50
4	%92.42	%98.91	%95.55	18	18
5	%76.48	%82.80	%79.52	64	62
6	%94.75	%97.18	%95.95	24	24
7	%91.39	%94.29	%92.82	41	41
8	%91.20	%98.39	%94.66	22	22
9	%90.79	%97.75	%94.14	26	26
10	%92.47	%88.54	%90.46	46	46
Toplam	%90.61	%94.44	%92.63	333	331



BÖLÜM 6

TARTIŞMA

Günümüzde insan popülasyonunun artması ve teknolojinin gelişmesi ile birlikte mekânsal veriye olan ihtiyaç artış göstermiştir. Bu ihtiyacın büyük çoğunluğunu bina detayları oluşturmaktadır. Akıllı şehirler, sanal gerçeklik, askerî simülasyonlar ve 3 boyutlu şehirler gibi teknolojiler ile şehir planlama, alt yapı, imar ve kadastro, inşaat ve barınma gibi insan yerleşimine bağlı olarak gelişen ihtiyaçlar doğrultusunda özellikle büyük kentsel yerleşimlerde sürekli değişim ve yenileme içerisinde olan bina detaylarının veri olarak toplanması ve saklanması gereklilik haline dönüşmüştür. Bina detaylarına ait veri tip ve içerik bilgilerinin çalışma yapılacak disipline göre farklılık gösteriyor olsa da geometrik bilgiye sahip olması zorunluluktur. Son yüzyılda CBS ve fotogrametri bilimlerinin gelişmesi ile birlikte bina detaylarının toplanması ve saklanmasında da farklı teknik ve teknolojiler geliştirilmiştir. Veri toplama faaliyetlerindeki gelişmelerin en göze çarpanlarından biri İHA teknolojilerinin haritacılık uygulamalarında kullanılmaya başlanmasıdır. Diğer uzaktan algılama ve fotogrametrik veri toplama araçlarına göre pratik ve düşük maliyetli olması, riskli ortamlarda görev yapabilmesi, araştırma ve geliştirmelere açık olması, yüksek çözünürlüklü görüntü çekim kabiliyetleri ve birçok optik-sinyal algılayıcı sistem ile entegre edilebiliyor olması sebebiyle tercih edilir duruma gelmiştir.

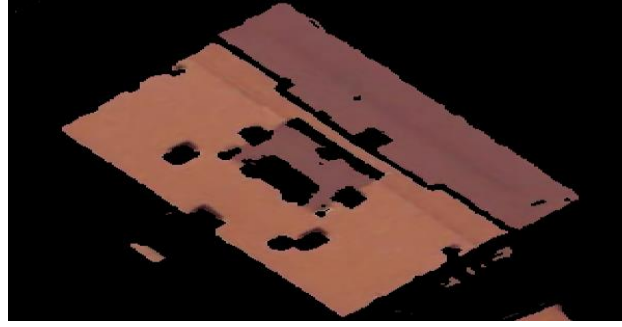
İHA teknolojileri kullanılarak bina detayı toplama işlemi görüntü sınıflandırma yöntemine dayanmaktadır. İHA'lar ile çekilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden, görüntü işleme ve dengeleme araçları kullanılarak ortofoto görüntü ile SYM verisi üretilmektedir. Bu veriler yer yüzeyine ait spektral ve yükseklik bilgilerini içerisinde barındırmaktadır. Yer yüzeyinde yer alan coğrafi ve beşeri detayların çıkarımı bu bilgilerin analiz edilmesi ve işlenmesi ile sağlanmaktadır. Her bir detay çeşidinin ayırt edici spektral özelliği vardır. Sınıflandırma yöntemlerinde bu ayırt edici özellikler kullanılarak detayların tespit edilmesi sağlanır. Bu çalışmada yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinin işlenmesiyle oluşturulan ortofoto görüntü ve SYM verisinden üretilen farklı görüntü indisleri ve kenar çıkartma algoritmaları kullanılarak

Python programlama dilinde geliştirilen kural setleri dahilinde bina detaylarının çıkarımı sağlanmıştır.

Çalışma kapsamında Muğla ili Datça ilçesinde Atlas Marka mini İHA ile uçuş gerçekleştirilmiş ve bölgenin 5 cm YÖA'lığına sahip ortofoto görüntüsü ile SYM verisi üretilmiştir. Ortofoto görüntü; B-KYM görüntüsü, YAİ görüntüsü ve sobel kenarları görüntüsünün oluşturulmasında, SYM verisi ise n-SYM görüntüsünün oluşturulmasında kullanılmıştır. Oluşturulan bu dört görüntü bina detaylarına ait farklı ayırt edici özellik ve bilgileri vurgulamaktadır.

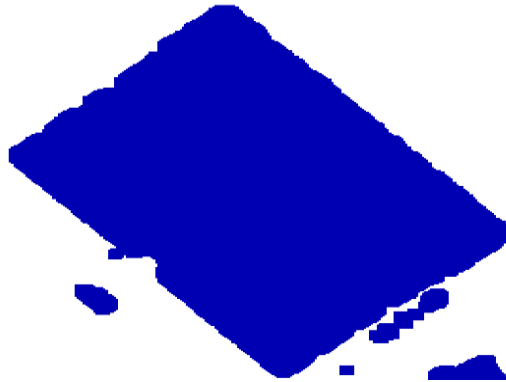
B-KYM görüntü, bina çatı alanlarının renk değerlerini kullanarak çıkarım yapmak için oluşturulmuştur. Çalışma alanı da dâhil olmak üzere yerleşim alanlarında çoğu bina kırmızı ve tonlarındaki çatılardan oluşmaktadır. Binaların bu spektral özelliğinden faydalanılarak sınıflandırılması, piksel tabanlı sınıflandırma yöntemine dayanmaktadır. Bu yöntem yalnızca spektral bilgileri kullanabildiği için diğer sınıflandırma yöntemlerine göre dezavantajlı olarak değerlendirilen klasik ve eski bir yöntemdir. Fakat pratik ve hızlı bir çözümleme sunmaktadır. Bu çalışmada piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi ara görüntü oluşturma işlemi olarak kullanılmış ve sınıflandırmaya belirli bir ağırlık derecesinde katkısı sağlanmıştır. Böylelikle farklı görüntü indislerinden gelecek hatalı piksel sınıfı atamalarının elimine edilmesi amaçlanmıştır.

B-KYM görüntüsünün oluşturulması amacıyla daha önce farklı bölge ve illerde gerçekleştirilmiş, İHA görüntüleri ile oluşturulan ortofoto görüntülerden sayısallaştırılmış kırmızı çatılı bina detaylarının, o görüntüler üzerindeki piksel değerlerinin hesaplanması sağlanmıştır. Bu veri havuzunda yer alan görüntünün K, Y ve M bantlarına ait değerlerinin varyans ve kovaryans hesaplamaları yapılmış ve standart sapmaları ile birlikte incelenmiştir. Yapılan inceleme neticesinde, bant değerlerinin doğrudan varyanslarını kullanarak işlem yapmanın hatalı sonuçlar vereceği görülmüştür. Standart sapmaları olağan değerler üzerindedir. Bunun en büyük sebebi kırmızının renkteki bina çatı değerlerinin parlaklık ve ton farkıdır. Bu sebeple 3 bandın birbirleri ile olan kovaryansları hesaplanmış ve aralarındaki oransal ilişkinin farklı görüntü altlıklarında da korunduğu, değerlerin dar bir alanda sıkıştığı tespit edilmiştir. Bu aralığı sağlayan piksel değerlerine 1, sağlamayan piksel değerlerine 0 atanarak ikili kodlanmış görüntü oluşturulmuştur. Üretilen ilk görüntüde çatı üzerinde yer alan mahya çizgileri ve baca, anten, güneş enerjisi gibi detaylar Şekil 6.1'de gözüktüğü gibi bina detayı içerisinde sınıflandırılamamıştır.



Şekil 6.1 B-KYM mahya ve çatı üstü detay boşlukları.

B-KYM görüntü oluşturma işlemlerinin ilk adımında binalar dışında kalan ve spektral koşulları sağlayan araba, parke vb. detaylarda bina detayı içerisinde yer almaktadır. Bu detayların temizlenmesi için ilk olarak bina içi boşlukların kapanması gerekir. Çünkü bu aşamada pikseller komşuluk ile birlikte olma koşulu dâhilinde gruplandırılacak ve belirlenen yüzey alanı büyüklüğünden küçük olan piksel grupları silinecektir. Bina çatı alanlarında bu aşamada kayıp yaşanmaması amacıyla boşluk alanların kapatılması ve bina bütünlüğünün sağlanması gerekmektedir. Boşlukların kapanması, piksellere tampon uygulanarak gerçekleştirilmiştir.



Şekil 6.2 B-KYM ikili kodlanmış görüntü.

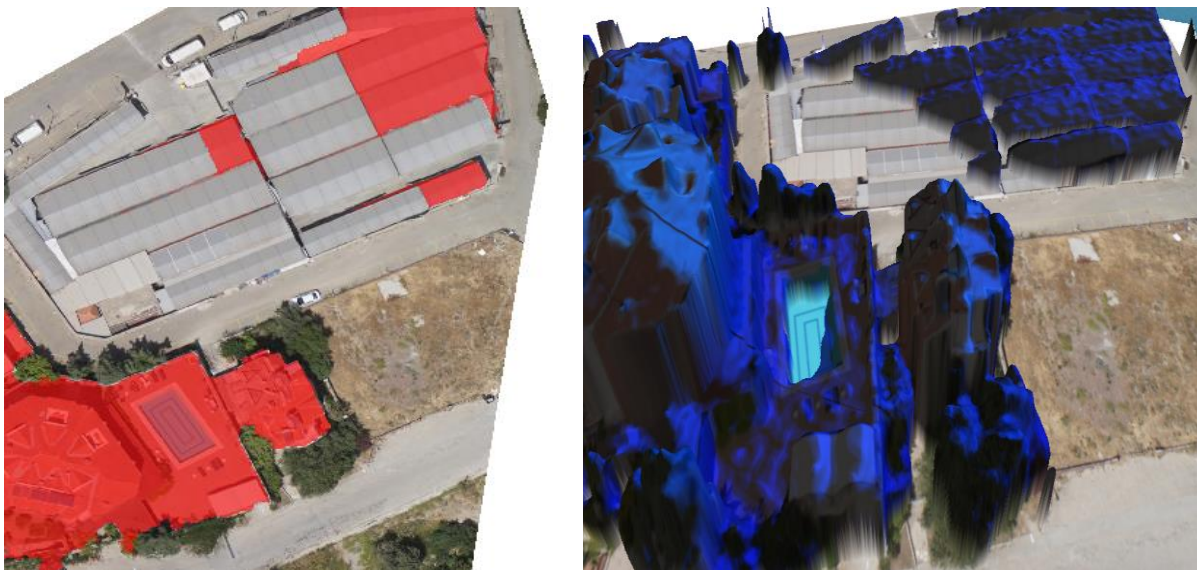
Bina alanlarının bütünleşmesi ile birlikte, belirlenen yüzey alanı eşik değeri altında kalan piksel grupları temizlenmiştir. Bina koşulunu sağlamayan piksel gruplarının silinmesinin ardından kalan binalarda ters tampon işlemi uygulanarak, geometrik ve şekilsel doğruluğun korunması amaçlanmıştır. Bu aşama çoğunluk ile başarı ile sonuçlansa da dezavantajları mevcuttur. Tampon işleminin uygulanmasının ardından birbirine çok yakın ya da iki bina arasında spektral koşulu sağlayan az sayıda piksel, binaların birleşmesine sebep olabilmektedir. Bu yüzden tampon penceresi için uygun değer iyi belirlenmesi gereklidir.

Çalışmada üretilen diğer bir ara veri, B-nSYM görüntüsüdür. Bu görüntü ile arazi yüzeyinin üzerinde kalan ve bina olabilmesi için belirlenen eşik yükseklik değerini geçen objeler vurgulanmaktadır.

Çalışma kapsamında bu eşik görüntüsü 2 m. olarak belirlenmiştir. Eşik değeri üzerinde kalan piksellere 1, bu koşulu sağlamayan piksellere 0 değeri atanmıştır. İkili kodlanmış görüntü üretilmiştir. Oluşan görüntü üzerinde komşuluk ve birlikte olma koşulu dâhilinde piksel gruplama işlemi gerçekleştirilmiştir. Gruplanan piksellerin yüzey alanı büyüklüğü baz alınarak eşik değeri belirlenmiş ve eşik değerinin altında kalan piksel grupları silinmiştir.

Yükseklik bilgisi bina detayları için önemli bir ayırt edici özelliktir. Eşik değerini sağlayan piksel koşulları ya bina ya da yüksek ağaç olacaktır. Bu sebeple puanlama aşamasında en yüksek katsayı B-nSYM görüntüsünü oluşturan piksellere verilmiştir. B-nSYM görüntüsü ve koşulları çalışmada büyük çoğunlukla başarılı sonuçlar sağlamıştır. Fakat bazı bölgelerde yer alan SYM ve SAM arızaları, başarısız sınıflandırmalar ortaya çıkarmıştır. Bu yüksek puanlamada dezavantaj oluşturabilecek bir durumdur.

Hassas uygulamalarda SYM sorunları, üretim aşamasında nokta bulutunun düzenlenmesi işlemleri ile giderilebilmektedir. Çalışma kapsamında tüm işlemler, zaman bakımından kısıtlı ve hızlı üretim senaryosu dâhilinde gerçekleştirilmesi sebebiyle bu işlem uygulanmamıştır. Örnek bir sınıflandırma hatası Şekil 6.3'te gösterilmiştir.



Şekil 6.3 Hatalı bina tespiti ve nSYM ilişkisi.

Şekil 6.3'te sağ tarafta yer alan görsel nSYM verisidir. Yüksek bina bahçesi, bina ile birlikte eşik değerini geçtiği için bina sınıflandırmasına dâhil olmuştur. Aynı görüntüde sağ üst tarafta yer alan bina detayında da SYM'de sünme meydana gelmiştir. nSYM verisine yansıyan bu hata, o bölgenin bina detayı olarak değerlendirilmesine engel olmuştur.

Çalışma kapsamında üretilen ara verilerden biri de yeşil bitki alanlarını vurgulayan YAI görüntüsüdür. B-nSYM görüntüsünden binalar ile yeşil bitki alanlarının ayrımını yapmak ve puanlamada bitkileri elimine etmek amacıyla kullanılmaktadır. Yeşil bitki alanlarını tespit etmek için kullanılan en yaygın kullanılan yöntem hiperspektral ve multispektral görüntülerde yer alan yakın kızılötesi banttan faydalanmaktır. Bitkinin yaprak ve gövdelerinde bulunan klorofil pigmentinin kızılötesi ışınları yansıtması özelliğinden yararlanılır. Bu sebeple canlı bitki alanlarının tespitinde başarılı sonuçlar sağlamaktadır. Alternatif olarak KYM banda sahip görüntülerde de bitki alanlarının tespit edilmesi amacıyla indeksler geliştirilmiştir. Bu kapsamda çalışmada GADİ ve YYİ indeksleri kullanılmıştır. İki indeksin koşullarını beraber sağlayan piksellere 1, sağlamayan piksellere 0 değeri atanmış ve ikili kodlanmış görüntü oluşturulmuştur. Puanlamada en düşük katsayı bu durumu sağlayan piksellere verilmiştir. Bina alanları ile yeşil bitki alanlarının ayrışmasında etkili olmuştur.

GADİ ve YYİ indeksleri YKÖ bandı olmaksızın elektromanyetik spektrumun görünür bölgesinde yer alan 3 bantlı KYM görüntülerde yeşil bitki alanlarının tespiti için üretilmiştir. Çalışmada bitki alanlarının tespit edilmesinde başarılı sonuçlar sağlamıştır. Bitkinin canlılık özelliği ile ilgili tespitlerde yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple bitki olmayan, yeşil ve tonlarına sahip diğer detayları temsil eden pikselleri de bitki alanlarıyla birlikte sınıflandırmaktadır. Şekil 6.4'te yer alan bina çatılarının bir kısmı yeşil renktedir. Bu alanlar bina detayı olarak sınıflandırılmamıştır.



Şekil 6.4 Hatalı bina çıkarımı ve YAI etkisi.

Bina detaylarının tespit edilmesinde etkili diğerk bir yöntem bina kenarlarının çıkartılmasıdır. Kenar çıkartma algoritmaları görüntüdeki ani ve kısa renk ile parlaklık değışmelerini tespit ederek kenarların çıkarımını sağlamaktadır. Kenarları belirlemek için birçok algoritma mevcuttur. Bu çalışmada sobel filtresi kullanılmıştır. Gürültüden etkilenen ve eski bir algoritma olmasına karşın, hızlı ve pratik sonuçlar sağlamaktadır. Yakın zamanlı çalışmalarda “Gaussların Farkı”, “Canny”, “Prewitt” gibi filtreler kullanılmış ve başarılı sonuçlar sağlandığı görülmüştür (Karakaş 2018). Sobel filtresi sonucu oluşan görüntüde piksel değeri yükseldikçe kenar olma gücü de artış göstermektedir. Çalışmada eşik değeri belirlenerek eşik değerin üstünde kalan piksellere 1 verilmiş kalan pikseller 0 değeri atanmıştır. Uygulama alanı içerisinde bir bölgenin sobel kenarları görüntüsü Şekil 6.5’te gösterilmiştir.

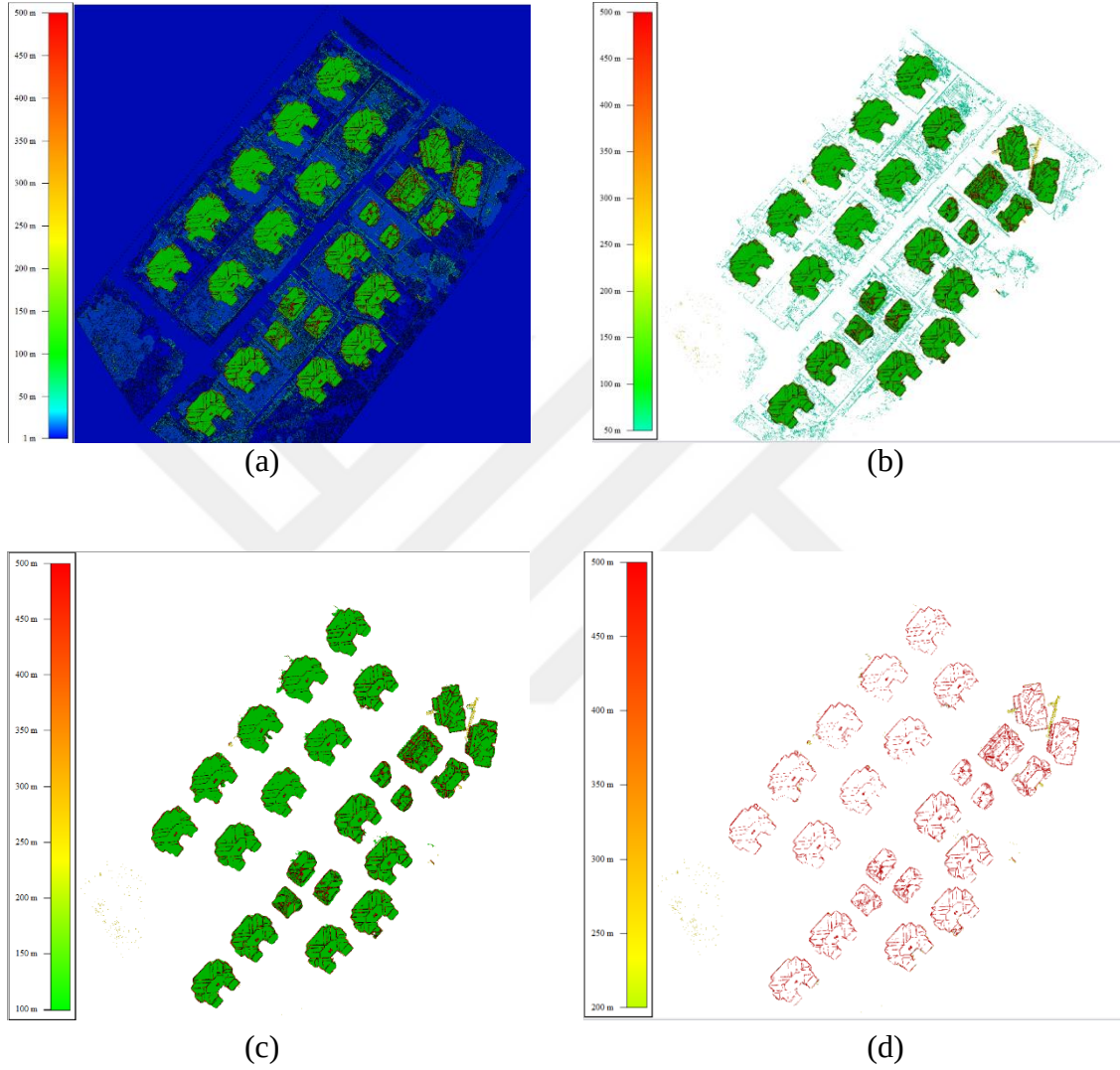


Şekil 6.5 Sobel filtre hatası.

Sobel kenarları çalışma alanının büyük bölümünde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Detay bakımından yoğun olan, ağaçlarla bitişik binalarda ve keskinliğin az olduğu kenarlarda kopma ve gürültüler oluşabilmektedir. Şekil 6.5’te görüldüğü üzere, bölgenin renk geçişinin yumuşak olması sebebiyle kenar tespit edilememiştir.

Çalışmada binaların farklı özelliklerine vurgu yapan dört adet görüntü oluşturulmuştur. Bu görüntülerde belirlenen kural setlerine göre bina olma koşulunu sağlayan piksellere 1, sağlamayan piksellere 0 değeri atanmıştır. Görüntülerdeki piksellerin, binanın ayırt edici özelliklerini tek başına veya birlikte sağlama durumlarına puanlama sistemi geliştirilmiştir. Puanlama sistemi ile birlikte bina detayına vurgu yapan özelliklerin belirleyici olması sağlanmış olmakla birlikte, verilerde sınıflandırmaya etki edecek hataların indirgenmesi amaçlanmıştır. Puanlama sistemi ile birlikte sonuç görüntüde pikseller 0-500 arasında değerler

almıştır. Puanın yükselmesi, binayı belirtme özelliğinin artması anlamına gelmektedir. Şekil 6.6’da farklı puan skalalarında sonuç görüntünün gösterimi görülmektedir.



Şekil 6.6 a) 0-500 puan arası pikseller, b) 50-500 puan arası pikseller, c) 99-500 puan arası pikseller, d) 200-500 puan arası pikseller.

Çalışmanın genel bölümünde 99 puandan sonraki pikseller, yeşil alan ve arazi yüzeyindeki diğer detaylardan sıyrılmış bina çatı yüzeyi ve kenarlarından meydana gelmektedir. Bina detaylarının belirlenmesinde 99-500 puan aralığında çıkan görüntü kullanılmıştır. Bu puan aralığını sağlayan piksel değerlerine 1 atanarak, bina çatı yüzeyi alanlarını oluşturan ikili kodlanmış bina görüntüleri oluşturulmuştur.

Spektral özellikleri bakımından B-KYM görüntüsünde sınıflandırılmayan, gri-beyaz ya da farklı renkteki binalar 99-500 skalasında, iç yüzey olmadan yalnızca kenar çizgileri olarak oluşturulabilmiştir. Kenar çizgisi gelen binalarda optimum seviyede uygulanan tampon ile çizgide oluşabilecek kopmalar elimine edilmiş ve çizgilerin kapanması ile birlikte pikseller gruplandırılmıştır. Gruplanan piksellerin bu durumda değeri 1, iç kısımları 0 değerine sahiptir. Bu aşamada çizgi gruplarının iç kısımlarına 1 değeri atanarak obje olmaları sağlanmış ve bina çatı yüzeyleri de görüntüye 1 olarak dâhil edilmiştir. Binaların obje olarak gruplandırılması sağlanmıştır.

Çalışmayı özetleyecek olursak; İHA yüksek çözünürlüklü görüntü alım faaliyeti, elde edilen görüntülerden görüntü işleme yöntemi kullanılarak ortofoto, SYM ve SAM üretimleri, bu veri altlıkları dâhilinde Python programlama dilinde yer alan kütüphaneler kullanılarak oluşturulan kural setleri ve sınıflandırma yöntemleriyle, binaların ayırt edici özelliklerini vurgulayan indislerin oluşturulması, piksel puanlandırma ve sonuç bina görüntülerinin oluşturulması işlemlerinden meydana gelmektedir. Bu işlem adımlarının her birinde zamansal açıdan kısıtlı ve büyük veri altlığına sahip projelerde hızlı ve pratik bina çıkarımı amaçlanmıştır. Kodlama aşamasında basit, sade ve sonuç odaklı matematiksel denklemler kullanılmış ya da geliştirilmiştir. Raster görüntü sınıflandırma işlemlerinde; piksel tabanlı ya da nesne tabanlı sınıflandırma işlemlerinin yöntemine bakılmaksızın, ilk işlem adımları piksel seviyesinde matematiksel ve geometrik işlemlerle gerçekleşmektedir. Özellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerde yoğun piksel sayısı da düşünüldüğünde; matematiksel işlemlerin optimum basit ve sadelikte olması işlem süresini oldukça kısaltmaktadır.

Ortofoto görüntü üzerinde elle sayısallaştırma yöntemiyle elde edilmiş, sonrasında raster veriye dönüşümü gerçekleşmiş referans veri ile doğruluk karşılaştırması yapılmıştır. Spektral, şekilsel ve dokusal olarak birbirinden farklı 10 test alanında yapılan doğruluk analizleri sonuçları, çalışma içerisinde ayrı ayrı belirtilmiş olmakla birlikte genel değerleri; kesinlik %90,61, duyarlılık %94,44 ve F1 puan %92,63 olarak belirlenmiştir. Test alanlarında yer alan 333 adet farklı spektral ve yükseklik özelliklerine sahip binadan 331 tanesi başarılı şekilde tespit edilmiş ve çıkarımı sağlanmıştır. Literatürde farklı sınıflandırma yöntemi ve kural setleri kullanılarak yapılan bina detaylarını ve çatı izdüşümlerini çıkartmaya yönelik çalışmalara ait detaylar ve doğruluk analizleri çizelge 6.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 Benzer çalışmalara ait bilgiler.

Veri	Çözünürlük	Bantlar	Yöntem	Doğruluk	Kaynak
Hava Fotoğrafı	30 cm.	K,Y,M	Python ((Derin Öğrenme (FPN, ResNET34))	%95	(Milosavljević A 2020)
Hava Fotoğrafı Lidar	30 cm.	K,Y,M SYM	MatLAB (Kenar Çıkartma, Segmentasyon Algısal Gruplama)	%95	(Karakaş 2018)
Hava Fotoğrafı Lidar	8 cm.	K,Y,M, YKÖ	Ecognition (Segmentasyon)	%90+	(Grigillo and Kanjir 2012)
Uydu Görüntüsü	46 cm. 1.8 m.	K,Y,M NIR	ArcGIS Pro (Derin Öğrenme)	%91	(Pepe 2021)
Uydu Görüntüsü	-	Hiper spektral	Erdas (Piksel Tabanlı Sınıflandırma) Ecognition (Nesne Tabanlı Sınıflandırma)	%92.91 %98.39	(Kalkan ve Maktav 2010)
Uydu Görüntüsü	-	Hipersp ektral	Morfolojik Operatörler	%85	(Acar ve Bayram 2009)
Hava Fotoğrafı	30 cm.	K,Y,M	PyTorch ((Segmentasyon (Webnet))	%96,7	(Zhang et al. 2019)
İHA	3-5 cm.	K,Y,M, SYM, Nokta Bulut	Ecognition (Segmentasyon)	%80-%92	(Kabadayı 2020)
İHA	5 cm.	K,Y,M, SYM,	Python (Piksel Tabanlı Sınıflandırma, Kenar Çıkartma, Piksel Puanlama	%92.63	Tez Çalışması

Çizelge 6.1’de bina çatı iz düşüm alanı ve bina detaylarının çıkarımına yönelik literatürde yer alan farklı teknik ve yöntemler kullanılarak yapılmış başarılı çalışmalar belirtilmiştir. Milosavljević (2020), çalışmada Python Keras kütüphanesi kullanılarak 30 cm. yer örnekleme aralığına sahip KYM ortofoto görüntüler üzerinde derin öğrenme yöntemleri kullanılarak bina detaylarına ait çatı izdüşümlerinin çıkarımı sağlanmıştır. Kullanmış olduğu yöntemde sınıflandırma işleminden önce eğitim kümesinin oluşturulması gerekmektedir. Bu aşama için 64.980 adet ortofoto görüntü analiz edilerek algoritma eğitilmiştir. Eğitim işlemi yüksek

donanımlı bir iş bilgisayarında 23,5 gün sürmüştür. Sonuçlar başarılı olmakla birlikte; metot yüksek donanıma sahip makine, zamansal maliyet, fazlaca veri desteği ve yalnızca spektral bilgi kullanması sebebiyle hızlı ve dar zamanlı projeler açısından dezavantaj olarak gözükmektedir. Literatürde birçok çalışmada eCognition yazılımı kullanılarak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemiyle bina detaylarına ait çatı izdüşümlerinin çıkarımı sağlanmıştır. eCognition sınıflandırma işlemlerinde başarılı sonuçlar sağlamakla birlikte, ticari ve paket bir yazılım olması sebebiyle kullanıcının algoritmaya ve yöntemlere müdahalesi kısıtlıdır. Segmentasyon aşamasında programın sağlamış olduğu metotların dışına çıkılamamaktadır. Gerçekleştirilen diğer çalışmalarda da derin öğrenme yöntemleri tercih edilmiştir. Derin öğrenme özellikle son yıllarda sıklıkla tercih edilen bir yöntemdir. Yapılan çoğu çalışmada yalnızca ortofoto görüntü kullanılarak spektral bilgilerden faydalanılmıştır. Spektral bilgiler ile birlikte, yükseklik bilgilerinin de algoritma içerisinde kullanılmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir.

Literatürde gerçekleştirilen çalışmaların doğruluk analizleri değerlendirildiğinde ortalama olarak %80 ile %95 arasında başarı sağlandığı görülmektedir. Tez çalışması kapsamında farklı yerleşimsel ve topoğrafik özelliklere sahip 10 test alanında doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu test alanlarından sınıflandırmanın en başarılı olduğu bölgede F1 puan %96.07, başarının en düşük olduğu alanda ise %79.52 olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen algoritma verinin farklı bilgilerini entegre kullanarak detay çıkarımını sağlamayı amaçlamaktadır. F1 puan %79.52 olarak belirlenen test alanı 5'te geçici yerleşim olduğu düşünülen ve büyük yüzölçümüne sahip pazaryerinin SYM verisinde hatalar bulunmaktadır. Yine aynı bölgede şev ve uçurum bölgelerinde SYM hataları mevcuttur. Veride yer alan bu hatalar sınıflandırmayı doğrudan etkilemiştir.

BÖLÜM 7

SONUÇ

Yapılan tez çalışması; açık kaynak kodlu Python yazılımı kullanılarak, bina detaylarının çatı yüzey alanlarına ait izdüşümlerinin çıkartılması işlemlerinde, tüm aşamaları ile hızlı, pratik ve kısa işlem süreli sonuç vermesi ile öne çıkmaktadır. Literatür incelendiğinde, benzer çalışmalar; ticari ya da açık kaynak kodlu yazılımlar ile gerçekleştirilebilmektedir. Ticari yazılımlarda özellikle nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri kullanarak başarılı sonuçlar elde etmektedir. Genelde eski yazılımlarda kullanıcının algoritmaya müdahalesi kısıtlı kalabilmektedir. Bu farklı çalışma alanlarında dezavantaj oluşturabilmektedir. Son yıllarda gelen güncellemeler ya da yeni geliştirilen ticari yazılımlar ise altyapılarını açık kaynak kodlu yazılım geliştirme araçları ile uygulanabilir kılınmıştır. Açık kaynak kodlu yazılımlarla geliştirilen sınıflandırma yöntemlerinde ise öne çıkan yöntemler; segmentasyon ve derin öğrenme yöntemleridir. Aslında iki yöntem de birbiri ile doğrudan ilişkilidir. Uygulamada eğitim kümeleri derin öğrenme yöntemleri kullanılarak işlenir ve öğrenme süreci gerçekleştirilir. Eğitilen veri kümesinde elde edilen sonuçlar, segmentasyon ya da piksel tabanlı olarak analiz edilerek sınıflandırma işlemi gerçekleştirilir. Elde edilen sonuçlar çoğunluk ile başarılı olmakla birlikte, özellikle eğitim aşaması, yüksek donanım özellikleri gerektiren ve zaman isteyen bir süreçtir. Bu sebeple eğitim sürecinin veri setinin tamamına uygulamak yerine, eldeki verilerle standart üretim sonrası, kesinleşemeyen alanlarda spesifik olarak uygulanmasının daha hızlı ve yönelik kazanımlar verebileceği değerlendirilmektedir.

Çalışma sonrası elde edilen bina detaylarında morfoloji ve kenar yumuşatma işlemlerinin uygulanması fayda sağlayacaktır. Çalışmada elde edilen veri ikili kodlanmış raster görüntüdür. Ticari ya da açık kaynak kodlu yazılımlar kullanılarak alan tipinde vektör veriye dönüşüm için uygundur. Bu kapsamda Python içerisinde de yer alan “Geopandas” ve “Whitettoolbox” kütüphaneleri kullanılabilir. Bu aşamada iki yol izlenebilir, puanlama ile gelen görüntüde bina çatı kenarları da çıkartılabilmektedir. Çatı kenarları görüntü yer örnekleme aralığının küçük ve yüksek çözünürlüklü olmasının da etkisiyle minimum 3-4 komşu pikselden meydana gelmektedir. Var olan algoritmaların çoğunda raster görüntüden vektör veriye dönüşüm

işlemleri, piksel pencerelerinin kenarlarından gerçekleşmektedir. Bu da çizgi vektör tipini dönüşlerde birbirleri ile paralel çizgilerin oluşmasına, alan dönüşümü içinse binanın kenar çizgilerini oluşturan pikselleri alan tanımlamasıyla sonuçlanmaktadır. Bu problem raster bina kenar çizgilerini oluşturan piksellerin orta noktalarından geçirimini sağlayacak algoritmalar ile çözülebilir. Var olan uygulamalarda en uygun yöntemin, sonuç görüntüde oluşan raster bina çatı iz düşüm alanlarının, vektör alan olarak dönüşümü olacaktır.

Tez çalışmasında uygulanan yöntemler, bina detaylarına ait çatı alanları iz düşümünün sınıflandırılması işlemlerinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Karmaşık ve çok çeşitliliğin olduğu yerleşim yerlerinde özellikle nokta bulutunun düzenlenmesi ve gürültünün giderilmesi SYM ve ortofoto görüntü üretimine doğrudan etki edeceği için başarı oranını artıracaktır. Elde edilen bulgulara bakılarak, çalışma kapsamında üretilen yöntemin tamamının ya da ara basamaklarının, otomatik bina çıkarımları için doğrudan uygulanabilir, otomatik sayısallaştırma işlemleri içinse altlık olarak uygulanabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar U ve Bayram B** (2009) Morfolojik Görüntü Filtreleri ile IKONOS Görüntülerinden Otomatik Bina Çıkarımı. *12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, 11-15 Mayıs 2009, Ankara, Türkiye.
- Akçin H ve Şekertekin A** (2014) Açık Maden İşletmeciliği Uygulamalarında Elipsoidal Yükseklik Farklarından Ortometrik Yükseklik Belirleme Üzerine Deneysel Araştırma. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (3): 22-31.
- Arslan H ve Karadoğan S** (2004) Coğrafi Çalışmalarda Bilgisayar Destekli Haritaların Oluşturulmasına Bir Örnek: Raster Tabanlı Grafik Programları Ve Layer Kullanımı. *Fırat Üniversitesi Doğu Araştırmaları Dergisi*, 10: 128-137.
- Blyenburgh P** (1999) “UAVs: An Overview,” Air & Space Europe. *Scientific Research An Academic Publisher*, 43-47.
- Chaudhry M H, Ahmad A, Gulzar Q, Farid M S, Shahabi H and Al-Ansari N** (2021) Assessment of DSM Based on Radiometric Transformation of UAV Data. *Sensors*, 21(5), 1649. doi:10.3390/s21051649.
- Comert R, Avdan U ve Avcı D** (2016) İnsansız Hava Aracı Verilerinden Nesne Tabanlı Bina Çıkarımı. *VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 5-7 Ekim 2016, Adana, Türkiye, 339-347.
- Çobanoğlu H, Can Ö, Güzel B ve Güçlü B** (2019). İnsansız Hava Araçlarından Elde Edilen Görüntülerin Üç Boyutlu Meskûn Mahal Simülasyonu Ve Analizlerinde Kullanılması: Şereflikoçhisar Örneği. *USMOS 2019*, METU, Ankara, Türkiye 58: 399-410.
- Çorumluoğlu Ö M, Özbay Y, Kalaycı İ ve Şanlıoğlu İ** (2005) GPS Yüksekliklerinden Ortometrik Yüksekliklerin Elde Edilmesinde Yapay Sinir Ağları (YSA) Tekniğinin Kullanımı. *2. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 23-25 Kasım 2005, İTÜ, İstanbul, 552-560.
- Çölkesen İ, Kavzoğlu T ve Yomralıoğlu T** (2015) Uzaktan Algılanmış Görüntülerde Optimum Bantların Seçiminde Destek Vektör Makinelerinin Kullanımı. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs 2015, Konya, Türkiye.
- Dikmen M** (2015) “İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi”, *Savunma Bilimleri Dergisi*, 14: 158-159.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Eroğlu O** (2013) İnsansız Hava Araçlarında Arazi Verilerine Dayalı Uçuş Yönü Sınırlamasız Konumlandırma Sistemi Benzetim Çalışması. *Yüksek Lisans Tezi*. Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu Havacılık ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü, İstanbul.
- Fırat E** (2018) Landsat-8 Uydu Görüntülerinden Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanarak Kıyı Çizgisi Çıkarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Uzaktan Algılama ve CBS Programı, İstanbul.
- Fırat O ve Erdoğan M** (2015) Nesne (Obje) Tabanlı Sınıflandırma Tekniği ile Multispektral Hava Fotoğraflarından Otomatik Bina Çıkarımı. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs 2015, Konya, Türkiye, 100-103.
- Gitelson A** (2002) Görünür Spektral Uzayda Bitki Örtüsü ve Toprak Çizgileri: Bitki Örtüsünün Uzaktan Tahmini İçin Bir Kavram ve Teknik. *Uluslararası Uzaktan Algılama Dergisi*, 23 : 2537–2562.
- Grigillo D and Kanjir U** (2012) Urban Object Extraction From Digital Surface Model And Digital Aerial Images. *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, I-3. 215-220. 10.5194/isprsannals-I-3-215-2012.
- Gonzalez R** (2018) *Digital Image Processing*, 4th. Edition, ISBN: 978-013-33-5672-4 Pearson PLC, New York, NY.
- Kabadayı A** (2020) İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Veriler Yardımıyla Bina Tespiti. *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Kahveci M, Karagöz H ve Selbesoğlu O M** (2011). Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması. *Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 3-13.
- Kalkan K ve Maktav D** (2010) Nesne Tabanlı ve Piksel Tabanlı Sınıflandırma Yöntemlerinin Karşılaştırılması (IKONOS Örneği). *III. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 12-15 Mayıs 2010, Kocaeli, Türkiye, 153-160.
- Karaağaç C** (2014) 21.Yüzyılda Sivil ve Ticari İHA Uygulamaları, *Millî Güvenlik ve Askerî Bilimler Akademik Dergisi*,1(3): 181-211.
- Karakaş G** (2018) Lidar Nokta Bulutu Verisi ve Yüksek Çözünürlüklü Ortofotolar Kullanarak Bina Çıkarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Karlı F, Fidan M H ve Dihkan M** (2010) Kızılötesi Hava Fotoğraflarından Bina Detayı Otomatik Olarak Çıkarımı. *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, 11-13 Ekim 2010, Kocaeli, Türkiye, 436-446.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Li R, Sun T, Tian F and Ni G H** (2022) SHAFTS (v2022.3): A Deep-Learning-Based Python Package For Simultaneous Extraction Of Building Height And Footprint From Sentinel Imagery. *Geoscientific Model Development Discussions*, 9 June 2022, 10.5194/gmd-2022-85.
- Louhaichi M, Borman M M and Johnson D E** (2001) Spatially Located Platform and AerialPhotography for Documentation of Grazing Impacts on Wheat. *Geocarto International*, 16(1) : 65–70.
- Mayer S** (2004) Automatisierte Objekterkennung zur Interpretation hochauflösender Bilddaten in der Erdfernerkundung[Automated object recognition for the interpretation of high-resolution image data in terrestrial remote sensing], *Dissertation*, Humboldt University of Berlin.
- Mckinnon T and Hoff P** (2017) Comparing RGB-Based Vegetation Indices with NDVI for DroneBased Agricultural Sensing. *Agribotix.Com*, Volume 21(17) : 1–8
- Milosavljević A** (2020) Automated Processing of Remote Sensing Imagery Using Deep Semantic Segmentation: A Building Footprint Extraction Case. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(8), 486. <https://doi.org/10.3390/ijgi9080486>
- Nizar P** (2018) 3B Nokta Bulutlarından Bina Tespiti. *Doktora Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyonkarahisar.
- Önder M** (1999) *Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Uzaktan Algılama*. Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 163 s.
- Özbalmumcu M** (2007) Fotogrametrik Yöntemle Ortofoto Harita Üretiminin Temel Esasları, Ortofotonun Yararları ve Kullanım Alanları, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) IX. Sempozyumu*, İstanbul, 1-11.
- Pepe M, Costantino D, Alfio V S, Voza G and Cartellino E** (2021) A Novel Method Based on Deep Learning, GIS and Geomatics Software for Building a 3D City Model from VHR Satellite Stereo Imagery. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), 697. doi:10.3390/ijgi10100697.
- Sakalp D** (2022) Fotogrametrik Yöntemler ile Bina Cephelerinin Termal Analizi, *Yüksek Lisans Tezi*, Çanakkale On Sekiz Mart Üniversitesi, Yüksek Lisans Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Çanakkale, 33 s.
- San K D** (2009) Approaches For Automatic Urban Building Extraction And Updating From High Resolution Satellite Imagery. *Doktora Tezi*, Orta Doğu Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Strecha L C** (2016) The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra-Light UAV Imagery. *Photogrammetric Week '11*, Wichmann/VDE Verlag, Berlin, 289-295.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Şakacı S** (2018) Hiperspektral Görüntülerin Farklı Uzaylarda Süperpiksel Tabanlı Spektral Sınıflandırılması. *Yüksek Lisans Tezi Tezi*, Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Anabilim Dalı, Kocaeli, 22 s.
- Tombul H and Kavzaoğlu T** (2018) Nesne Tabanlı Görüntü Analizinde Görüntü Bölütleme Yaklaşımları ve Bölütleme Kalitesinin Analizi. *Harita Dergisi*, 160 :12-23.
- Tombul H and Kavzaoğlu T** (2020) A Spectral Band Based Comparison of Unsupervised Segmentation Evaluation Methods for Image Segmentation Parameter Optimization. *International Journal Of Environment And Geoinformatics (IJEgeo)*, 7(2):132-139, Doi: 10.30897/ijegeo.641216.
- Torun A** (2017) İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması. *16.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. 3-6 Mayıs 2017, Ankara, Türkiye.
- Uzar M ve Yastıklı N** (2011) LiDAR ve Hava Fotoğrafları ile Otomatik Bina Çıkarımı . *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, 104 (2) , 91-95.
- Üzümlü Y** (2019) Yüksek Yoğunluklu Kentsel Alanlarda Çok Yüksek Çözünürlüklü Gerçek Ortofotolardan Kural Tabanlı Sınıflandırma Yöntemi ile Bina Çıkarımı. *Yüksek Lisans Tezi*, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul.
- Yildirim E, Sefercik U and Kavzoglu T** (2022) Automated Vehicle Detection and Instance Segmentation from High-Resolution UAV Imagery Using YOLOv7 Model. *5th Intercontinental Geoinformation Days*, 14-15 December 2022, New Delhi, India, 1-4.
- Zhang Y, Gong W, Sun J and Li W** (2019) Web-Net: A Novel Nest Networks with Ultra-Hierarchical Sampling for Building Extraction from Aerial Imageries. *Remote Sensing*, 11(16), 1897. <https://doi.org/10.3390/rs11161897>
- Zheng C, Peng B, Chen B, Liu M, Yu W, He Y and Ren D** (2022) Multiscale Fusion Network for Rural Newly Constructed Building Detection in Unmanned Aerial Vehicle Imagery. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 1-14. 10.1109/JSTARS.2022.3209682.
- URL-1** <<https://lentatek.com/tr/cozumler>>, Ziyaret Tarihi: 12.11.2022.
- URL-2** <<https://www.tusas.com/urunler/iha>>, Ziyaret Tarihi: 12.11.2022.
- URL-3** <<https://www.webtekno.com/>> Ziyaret Tarihi: 12.11.2022.
- URL-4** <<https://www.balyaplojistik.com>>, Ziyaret Tarihi: 15.11.2022.
- URL-5** <<https://tatd.org.tr>>, Ziyaret Tarihi: 18.11.2022.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

URL-6 <<https://sputniknews.com.tr/20210718> >, Ziyaret Tarihi: 16.11.2022.

URL-7 <<https://www.sistemas.com.tr> > Ziyaret Tarihi: 15.11.2022.

URL-8 <<http://ammaraslan.blogspot.com/>>, Ziyaret Tarihi: 20.11.2022.

URL-9 <<https://docplayer.biz.tr/3869396>>, Ziyaret Tarihi: 20.11.2022.

URL-10 <<http://www.ibrahimcayiroglu.com> >, Ziyaret Tarihi: 20.11.2022.

URL-11 <<https://silo.tips/download/grnt-yiletirme-teknikleri-hafta-8>>, Ziyaret Tarihi: 02.12.2022.

URL-12 <<https://www.mathworks.com/help/matlab/ref/rgb2gray.html>>, Ziyaret Tarihi: 20.11.2022.

URL-13 <<https://teknoloji.org/python-nedir/>>, Ziyaret Tarihi: 21.12.2022.

URL-14 <<https://www.webopedia.com/definitions> >, Ziyaret Tarihi: 21.12.2022.

URL-15 <<https://spheredrones.com.au>>, Ziyaret Tarihi: 20.12.2022.

URL-16 <<https://www.harita.gov.tr>>, Ziyaret Tarihi: 28.12.2022.

URL-17 <<https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles>>, Ziyaret Tarihi: 28.12.2022.

URL-18 <<http://www.ibrahimcayiroglu.com>>, Ziyaret Tarihi: 28.12.2022.

URL-19 < <https://th3glade.medium.com/sobel-prewitt-filter-1dc9b4227aee>>, Ziyaret Tarihi: 28.12.2022.



EK AÇIKLAMALAR

EK A: Uygulama Kodları

```
import rasterio as rio
import numpy as np
import skimage
import copy
import time

##### FONKSİYONLAR #####
def belirli_degerlere_buffer(npdizi,buffer_pix_sayisi,buffer_atilacak_hucre_degeri):
    row,col = npdizi.shape
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    for r in range(row):
        for c in range(col):
            if npdizi[r,c] == buffer_atilacak_hucre_degeri:
                npdizi_ham[r-buffer_pix_sayisi:r+buffer_pix_sayisi+1,c-
buffer_pix_sayisi:c+buffer_pix_sayisi+1] = buffer_atilacak_hucre_degeri
    return npdizi_ham

def np_belirli_deger_sifirla(npdizi,sifirlanacak_deger):
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham == sifirlanacak_deger)] = 0
    return npdizi_ham

def np_aradasindaki_degerler(npdizi,altlimit,ustlimit):
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham < altlimit)] = 0
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham > ustlimit)] = 0
    npdizi_ham = (npdizi_ham != 0) * 1
    return npdizi_ham

#def grup_sil(grup,limit):
#    lst = list(grup.flatten())
#    kume = set(lst)
#    grup_ham = copy.deepcopy(grup)
#    for i in kume:
#        if lst.count(i) < limit:
#            grup_ham = np_belirli_deger_sifirla(grup_ham,i)
#    return grup_ham
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
##def grup_sil(grup,limit):
##  grup_ham = copy.deepcopy(grup)
##  lst = list(grup.flatten())
##  kume = set(lst)
##  for i in kume:
##    if np.sum(grup_ham == i) < limit:
##      grup_ham = np_belirli_deger_sifirla(grup_ham,i)
##  return grup_ham
def grup_sil(grup,limit):
  grup_ham = copy.deepcopy(grup)
  eleman,sayisi = np.unique(grup_ham,return_counts=True)
  silinecekler = eleman[sayisi < limit]
  print(str(len(list(silinecekler.flatten())))+ " tane silinecek")
  for i in silinecekler:
    grup_ham[np.where(grup_ham == i)] = 0
  return grup_ham

def vari(rd,grn,bl):
  return (((grn-rd)/(grn+rd-bl+0.0000000000000000001))+1)*128

def gli(rd,grn,bl):
  return ((2*grn)-bl-rd)/((2*grn)+bl+rd)

def rri(rd,grn,bl):
  return (rd/(rd+grn+bl))

def parlaklik(rd,grn,bl):
  return ((0.2126*rd)+(0.7152*grn)+(0.0722*bl))

def sb(rd,grn,bl):
  return (0.299*rd)+(0.587*grn)+(0.114*bl)

def
kirmizi_alan(rgb_red,rgb_green,rgb_blue,red_green_oran_ort,red_green_oran_std,red_blue_oran_ort,red_blue_oran_std,kac_sigma = 1.96):
  ##### rgb_red / rgb_green #####
  red_green_oran = (rgb_red / rgb_green)

  ##### rgb_red / rgb_blue #####
  red_blue_oran = (rgb_red / rgb_blue)

  ##### Oranların Tespiti #####
  red_blue_oran_cikti = np_aradasindaki_degerler(red_blue_oran,red_blue_oran_ort-red_blue_oran_std*kac_sigma,red_blue_oran_ort+red_blue_oran_std*kac_sigma)
  red_green_oran_cikti = np_aradasindaki_degerler(red_green_oran,red_green_oran_ort-red_green_oran_std*kac_sigma,red_green_oran_ort+red_green_oran_std*kac_sigma)
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
## İki Oranada Uyan Alanların Tespiti #####
red_green_red_blue_ortak = red_blue_oran_cikti * red_green_oran_cikti

return red_green_red_blue_ortak

def agirlik_belirleme(krmz_agirlik,sbl_agirlik,ysl_agirlik,nds_agirlik):
    katsayi = 0
    ktsbl = 1
    ktysl = 1
    ktkrm = 1
    ndsmkts = 1

    if sbl_agirlik == 1:
        ktsbl = 5
    if nds_agirlik == 1:
        ndsmkts = 10
    if krmz_agirlik == 1:
        ktkrm = 5
    if ysl_agirlik == 1:
        ktysl = 1
    else:
        ktysl = 2

    katsayi = ktsbl * ktysl * ktkrm * ndsmkts

    if krmz_agirlik == 0 and nds_agirlik == 1 and ysl_agirlik == 0 and sbl_agirlik == 1:
        katsayi = 250
    if krmz_agirlik == 0 and nds_agirlik == 1 and ysl_agirlik == 1 and sbl_agirlik == 1:
        katsayi = 5
    return katsayi

rgb_yollar =
[r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_1_rgb.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_2_rgb.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_3_rgb.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_4_rgb.tif"]

dsm_yollar=
[r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_1_ndsm.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_2_ndsm.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_3_ndsm.tif",
 r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan4\alan4_4_ndsm.tif"]
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
def bina_tespit(rgb_yol,ndsm_yol):
    ##### Ham Veri Yolları #####
    #rgb_yol = r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan1\alan1_rgb.tif"
    #ndsm_yol=
    r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\alan1\alan1_ndsm.tif"

    ##### Kırmızı Alan Eğitilmiş Veri İstatistikleri #####
    red_green_oran_ort = 1.4400105
    red_green_oran_std = 0.15679047

    red_blue_oran_ort = 1.6893083
    red_blue_oran_std = 0.2644621

    ##### Yeşil Alan İstatistikleri #####
    vari_sinir = 100 #den büyük
    gli_sinir = 0 #dan büyük
    rri_sinir = 0.4 #dan küçük
    parlaklik_sinir = 140 #den küçük

    ##### RGB Veri Okunuyor #####
    print("Veriler Okunuyor...",time.asctime())
    ndsm_veri = rio.open(ndsm_yol)

    rgb_veri = rio.open(rgb_yol)
    col = rgb_veri.width
    row = rgb_veri.height

    rgb_red = np.float16(rgb_veri.read(1))
    rgb_green = np.float16(rgb_veri.read(2))
    rgb_blue = np.float16(rgb_veri.read(3))

    ##### Ana Verilerin Tanımlanması #####
    kirmizi_alanlar = rgb_red*0
    yesil_alanlar = rgb_green*0
    sobel_rgb = rgb_blue*0
    ndsm_ham = np.float16(np_aradasindaki_degerler(ndsm_veri.read(1),2,99999).clip(0,1))
    cikti_alanlar = ndsm_ham*0
    ##### Kırmızı Alanların Belirlenmesi #####
    print("Kırmızı Alanlar Belirleniyor...",time.asctime())
    kirmizi_alan_ham=
    kirmizi_alan(rgb_red,rgb_green,rgb_blue,red_green_oran_ort,red_green_oran_std,red_blue_oran_ort,red_blue_oran_std,1.96)

    ##### Küçük Kırmızı Alanlara Buffer Atılması #####
    print("Kırmızı Alanlara Buffer Atılıyor...",time.asctime())
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

kirmizi_alan_ham_buffer = belirli_degerlere_buffer(kirmizi_alan_ham,2,1) # 2 pixel buffer atıldı

```
##### Küçük Kırmızı Alanların Silinmesi #####
print("Küçük Kırmızı Alanlar Siliniyor...",time.asctime())
gruplanmis = skimage.measure.label(kirmizi_alan_ham_buffer, background=0)
gruplanmis = np.int32(gruplanmis)
```

grup_silinmis = grup_sil(gruplanmis,16000).clip(0,1) # 5cm Çözünürlüğünde 40m2

```
#####Kırmızı Alanların İçindeki Küçük Alanların Silinmesi #####
print("Kırmızı Alanların İçindeki Küçük Alanlar Siliniyor...",time.asctime())
temiz_grup = skimage.measure.label(((grup_silinmis -1)* -1), background=0)
temiz_grup = np.int32(temiz_grup)
```

grup_silinmis2 = grup_sil(temiz_grup,16000).clip(0,1) # 5cm Çözünürlüğünde 40m2
kirmizi_alanlar = (grup_silinmis2 -1)* -1

```
##### Yeşil Alanların Belirlenmesi #####
print("Yeşil Alanlar Belileniyor...",time.asctime())
```

```
deger_vari = vari(rgb_red,rgb_green,rgb_blue)
deger_gli = gli(rgb_red,rgb_green,rgb_blue)
deger_rri = rri(rgb_red,rgb_green,rgb_blue)
deger_parlaklik = parlaklik(rgb_red,rgb_green,rgb_blue)
```

```
deger_vari_tf = np_aradasindaki_degerler(deger_vari,vari_sinir,9999)
deger_gli_tf = np_aradasindaki_degerler(deger_gli,gli_sinir,9999)
deger_rri_tf = np_aradasindaki_degerler(deger_rri,-9999,rri_sinir)
deger_parlaklik_tf = np_aradasindaki_degerler(deger_parlaklik,-9999,parlaklik_sinir)
```

yesil_alanlar = deger_vari_tf*deger_gli_tf*deger_rri_tf*deger_parlaklik_tf

```
##### RGB Sobel Belirleniyor #####
print("Gri Görüntüye Sobel Filtresi Uygulanıyor...",time.asctime())
siyahbeyaz = sb(rgb_red,rgb_green,rgb_blue)
```

sobel = skimage.filters.sobel(siyahbeyaz) # RGB sobel ağırlıkta olduğu gibi bırakıldı

```
sobel_rgb = np_aradasindaki_degerler(sobel,10,9999)
##### NDSM Kucuk Alanları Silme #####
print("NDSM'den Küçük Alanlar Siliniyor...",time.asctime())
nsdm_grup = skimage.measure.label(ndsm_ham, background=0)
nsdm_grup = np.int32(ndsm_grup)
```

ndsm = grup_sil(ndsm_grup,16000).clip(0,1) # 5cm Çözünürlüğünde 40m2

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
##### Ana Döngü #####
print("Ana Döngüye Başlanıyor...",time.asctime())
for r in range(0,row):
    for c in range(0,col):
        try:
            ##### RGB - Sobel ve Ndsm Verilerinin Bağlantısı #####
            #####
            x,y = rgb_veri.xy(r,c,offset="center")
            nr,nc = ndsm_veri.index(x,y)
            ##### Değer Atamaları #####

            cikti_alanlar[r,c] =
agirlik_belirleme(kirmizi_alanlar[r,c],sobel_rgb[r,c],yesil_alanlar[r,c],ndsm[nr,nc])
        except:
            pass

##### Çıktılar Oluşturuluyor #####
print("Çıktı Oluşturuluyor...",time.asctime())
# cikti_alanlar_kopya = np_aradasindaki_degerler(cikti_alanlar,50,9999)
# cikti_alanlar_grup = skimage.measure.label(cikti_alanlar_kopya, background=0)
# cikti_alanlar_grup = np.int32(cikti_alanlar_grup)

# cikti_alanlar1 = grup_sil(cikti_alanlar_grup,16000).clip(0,1)
# cikti_alanlar = cikti_alanlar * cikti_alanlar1
out_meta = rgb_veri.meta.copy()
out_meta.update({'count': 1,
                 'dtype': kirmizi_alanlar.dtype})
cikti=rio.open(rgb_yol.replace(".tif","_Kirmizi_Alanlar_ndsm10.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(kirmizi_alanlar,1)
cikti.close()

cikti=rio.open(rgb_yol.replace(".tif","_Yesil_Alanlar_ndsm10.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(yesil_alanlar,1)
cikti.close()

cikti=rio.open(rgb_yol.replace(".tif","_Sobel_RGB_ndsm10.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(sobel_rgb,1)
cikti.close()

cikti=rio.open(rgb_yol.replace(".tif","_Cikti_Alanlar_ndsm10.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(cikti_alanlar,1)
cikti.close()

out_meta = ndsm_veri.meta.copy()
out_meta.update({'count': 1,
                 'dtype': ndsm.dtype})
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
cikti=rio.open(rgb_yol.replace(".tif","_NDSM_Alanlar_ndsm10.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(ndsm,1)
cikti.close()
```

```
for rgb_yl,dsm_yl in zip(rgb_yollar,dsm_yollar):
    print("Başladı.\t",time.asctime())
    print(rgb_yl)
    print(dsm_yl)
    print("#"*30)
    bina_tespit(rgb_yl,dsm_yl)
    print("Bitti.\t",time.asctime())
```



EK B Alan Kapatma Kodları

```
import rasterio as rio
import numpy as np
import skimage
import copy
```

```
def grup_sil(grup,limit):
    grup_ham = copy.deepcopy(grup)

    eleman,sayisi = np.unique(grup_ham,return_counts=True)
    silinecekler = eleman[sayisi < limit]
    print(str(len(list(silinecekler.flatten())))+" tane silinecek")
    for i in silinecekler:
        grup_ham[np.where(grup_ham == i)] = 0
    return grup_ham
```

```
def np_belirli_deger_sifirla(npdizi,sifirlanacak_deger):
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham == sifirlanacak_deger)] = 0
    return npdizi_ham
```

```
def np_aradasindaki_degerler(npdizi,altlimit,ustlimit):
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham < altlimit)] = 0
    npdizi_ham[np.where(npdizi_ham > ustlimit)] = 0
    npdizi_ham = (npdizi_ham != 0) * 1
    return npdizi_ham
```

```
def belirli_degerlere_buffer(npdizi,buffer_pix_sayisi,buffer_atilacak_hucre_degeri):
    row,col = npdizi.shape
    npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
    for r in range(row):
        for c in range(col):
            if npdizi[r,c] == buffer_atilacak_hucre_degeri:
                npdizi_ham[r-buffer_pix_sayisi:r+buffer_pix_sayisi+1,c-
buffer_pix_sayisi:c+buffer_pix_sayisi+1] = buffer_atilacak_hucre_degeri
```

```
    return npdizi_ham
```

```
def
belirli_degerlerde_buffersil(npdizi,buffer_pix_sayisi,komsu_sayisi_ustlimit,buffer_atilacak_h
ucre_degeri,yeni_deger = 0):
    row,col = npdizi.shape
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
npdizi_ham = copy.deepcopy(npdizi)
for r in range(row):
    for c in range(col):
        if npdizi[r,c] == buffer_atilacak_hucre_degeri and np.sum(npdizi[r-
buffer_pix_sayisi:r+buffer_pix_sayisi+1,c-buffer_pix_sayisi:c+buffer_pix_sayisi+1])<
komsu_sayisi_ustlimit:
            npdizi_ham[r-buffer_pix_sayisi:r+buffer_pix_sayisi+1,c-
buffer_pix_sayisi:c+buffer_pix_sayisi+1] = yeni_deger
    return npdizi_ham
```

```
veri=
r"D:\App_Calismalar\Huso\18122022_Vs1\Tum_Veri\10\Alan_2_Ciktilar\alan2_2_rgb_Cikti
_Alanlar_ndsm10.tif"
sinif_veri = rio.open(veri)
col = sinif_veri.width
row = sinif_veri.height

sinif = sinif_veri.read(1)
```

```
yuz_ustu = np_aradasindaki_degerler(sinif,99,99999)
#yuzun_alti = np_aradasindaki_degerler(sinif,0,99)

yuz_ustu = belirli_degerlere_buffer(yuz_ustu,3,1)
```

```
out_meta = sinif_veri.meta.copy()
out_meta.update({'count': 1,
                 'dtype': yuz_ustu.dtype})
```

```
cikti=rio.open(veri.replace(".tif","_100_ustu_gruplamis_bina_buffer3.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(yuz_ustu,1)
cikti.close()
```

```
yuz_ustu_ters = (yuz_ustu-1)*-1
ters_grup = skimage.measure.label(yuz_ustu_ters, background=0)
ters_grup = np.int32(ters_grup)
```

```
ters_bina = grup_sil(ters_grup,1600000).clip(0,1) #4000 m2
```

```
binaduz = (ters_bina-1)*-1
```

```
binaduz =belirli_degerlerde_buffersil(binaduz,4,72,1,yeni_deger = 0)
```

EK AÇIKLAMALAR (devam ediyor)

```
temiz_grup = skimage.measure.label(binaduz, background=0)
temiz_grup = np.int32(temiz_grup)
cikti_bina = grup_sil(temiz_grup,16000).clip(0,1)
```

```
out_meta = sinif_veri.meta.copy()
out_meta.update({'count': 1,
                 'dtype': cikti_bina.dtype})
```

```
cikti=rio.open(veri.replace(".tif","_100_ustu_gruplamis_bina.tif"),"w",**out_meta)
cikti.write(cikti_bina,1)
cikti.close()
```



ÖZGEÇMİŞ

Hüseyin ÇOBANOĞLU, Lise eğitimimi 2012 yılında Bartın Anadolu Lisesinde tamamladım. Aynı yıl Afyon Kocatepe Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümüne başladım ve 2016 yılında mezun oldum. 2018 yılında Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında başlamış olduğum yüksek lisans eğitimimi 2023 yılı itibariyle tamamlamış bulunmaktayım. Meslekî hayatımı Harita Genel Müdürlüğünde sürdürmekteyim.

