



**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULUDAĞ GÖKNARI MEŞCERELERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN ÖKSE
OTUNUN MULTİSPEKTRAL KAMERALAR ENTEGRE EDİLMİŞ İHA
İLE HARİTALANMASI (KÖKEZ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet TOKLU

Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Orman Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı

OCAK 2025

**T.C.
BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**ULUDAĞ GÖKNARI MEŞCERELERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN ÖKSE
OTUNUN MULTİSPEKTRAL KAMERALAR ENTEGRE EDİLMİŞ İHA
İLE HARİTALANMASI (KÖKEZ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet TOKLU

(22434982602)

ORCID: 0000-0002-8053-7398

**Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Orman Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı**

Danışman: Prof. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI

ORCID: 0000-0002-3102-6321

ŞUBAT 2025

BTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 22434982602 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Ahmet TOKLU, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ULUDAĞ GÖKNARI MEŞCERELERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN ÖKSE OTUNUN MULTİSPEKTRAL KAMERALAR ENTEGRE EDİLMİŞ İHA İLE HARİTALANMASI (KÖKEZ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ)” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI**
Bursa Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Turan SÖNMEZ**
Bursa Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Durmuş Ali ÇELİK
Kastamonu Üniversitesi/
Araç Rafet Vergili Meslek Yüksekokulu

Teslim Tarihi : 2025
Savunma Tarihi :06 Şubat 2025



20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince; Bu Lisansüstü teze, Bursa Teknik Üniversitesi’nin aboneliği olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Lisansüstü Eğitim Enstitüsü’nün belirlemiş olduğu ölçütlere uygun rapor alınmıştır.

İNTİHAL BEYANI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belgelediğimi, aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

Öğrencinin Adı Soyadı: Ahmet TOKLU

İmzası:

X X X X X



Eşime ve çocuklarıma,

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasının ortaya çıkmasında kıymetli katkılarını esirgemeyen, bilimsel rehberliği ve desteğiyle çalışmamın her aşamasında yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ali İhsan KADIOĞULLARI'na en derin şükranlarımı sunarım. Çalışmamın değerlendirme sürecindeki yapıcı geri bildirimleri ve değerli katkılarıyla çalışmama akademik bir derinlik kazandıran saygıdeğer jüri üyelerim Sayın Prof. Dr. Turan SÖNMEZ ve Sayın Dr. Öğr. Üyesi Durmuş Ali ÇELİK'e teşekkürlerimi iletmeyi bir borç bilirim. Ayrıca, tez çalışması sırasında sağladığı bilimsel katkılar ve teknik destek ile çalışmamı zenginleştiren Sayın Arş. Gör. Emre KILINÇARSLAN'a içten teşekkürlerimi sunarım.

Bu süreçte, mesleki faaliyetlerimi yürüttüğüm Orman Genel Müdürlüğü'nün sağladığı destek ve olanakların bu çalışmayı gerçekleştirmemde önemli bir rol oynadığını özellikle vurgulamak isterim. Hayatımın her anında olduğu gibi bu zorlu süreçte de sabırları, sevgileri ve teşvikleriyle yanımda olan değerli aileme, kıymetli eşim Münife'ye ve sevgili çocuklarıma içtenlikle teşekkür ederim. Onların gösterdiği anlayış ve destek, bu çalışmayı başarıyla tamamlamamı mümkün kılmıştır.

Şubat 2025

Ahmet TOKLU
(Orman Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	viii
KISALTMALAR	x
SEMBOLLER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. GİRİŞ	18
1.1 İnsansız Hava Araçları (İHA).....	19
1.2 Multispektral Kamera.....	20
1.3 Uludağ Göknarı (<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>bornmülleriana</i> Mattf).....	20
1.4 Ökse Otu (<i>Viscum album</i>)	22
1.4.1 Ökse otu hakkında genel bilgiler	22
1.4.2 Ökse otunun morfolojik özellikleri	23
1.4.3 Ökse otunun yayılışı.....	23
1.5 Çalışmanın Amacı	25
2. LİTERATÜR ÖZETİ	26
3. MATERYAL VE METOT	35
3.1 Materyal	35
3.1.1 Çalışma alanı tanıtımı	35
3.1.1.1 Çalışma alanında ökse otunun tespit edildiği alanlar.....	36
3.1.1.2 Çalışma alanı hakkında genel bilgiler	36
3.1.1.3 Çalışma alanının iklim özellikleri	36
3.1.1.4 Çalışma alanının toprak yapısı	36
3.1.2 Çalışmada kullanılan cihazlar	37
3.1.2.1 Çalışmada kullanılan bilgisayar özellikleri.....	37
3.1.2.2 Çalışmada kullanılan İHA.....	37
3.1.3 Çalışmada kullanılan yazılımlar.....	40
3.2 Metot	41
3.2.1 İHA ile yapılan uçuşlar	41
3.2.2 Verilerin elde edilmesi ve aktarılması	45
3.2.3 Ortofotoların oluşturulması.....	46
3.2.4 İndekslerin oluşturulması	50
3.2.5 Görüntü sınıflandırma ve analiz.....	50
3.2.5.1 Piksel tabanlı sınıflandırma.....	50
3.2.5.2 Nesne tabanlı sınıflandırma	52
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	54
4.1 Bulgular	54
4.1.1 Ortofotolar.....	54

4.1.2 İndeksler.....	55
4.1.3 Sınıflandırma ve analizi	56
4.1.3.1 Piksel tabanlı sınıflandırma ve analizi	58
4.1.3.2 Nesne tabanlı sınıflandırma ve analizi	61
4.2 Tartışma.....	69
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	73
KAYNAKLAR	76
ÖZGEÇMİŞ.....	82



KISALTMALAR

DEM	: Digital Elevation Model
GIS	: Geographic Information Systems
GNDVI	: Green Normalized Difference Vegetation Index
GPS	: Global Positioning System
İHA	: İnsansız Hava Aracı
M	: Multispektral
NDVI	: Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi
NIR	: Near Infrared
OBM	: Orman Bölge Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
OİM	:Orman İşletme Müdürlüğü
OİŞ	: Orman İşletme Şefliği
RGB	: Red, Green, Blue
SU	: Spektral Ayırıştırma
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle

SEMBOLLER

%	: Yüzde
° C	: Derece
cm	: Santimetre
gr	: Gram
m	: Metre



ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1 : DJI Mavic 3M özellikleri (Url-3).	39
Çizelge 3.2 : DJI Mavic 3M RGB Kamera özellikleri (Url-3).	39
Çizelge 3.3 : Multispektral kamera özellikleri (Url-3).	40
Çizelge 3.4 : Yapılan uçuşlar ve verileri hakkında bilgiler.	45
Çizelge 4.1 : Piksel tabanlı sınıflandırmanın başarısı.	60
Çizelge 4.2 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın başarısı.	68



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Üzerine multispektral kamera entegre edilmiş İHA.	19
Şekil 1.2 : Uludağ Göknaarı (<i>Abies nordmanniana</i> subsp. <i>bornmülleriana</i> Mattf). ...	21
Şekil 1.3 : Ökse otu.	23
Şekil 1.4 : Ökse otu meyvesi.	24
Şekil 1.5 : Ökse otu (<i>Viscum album</i> L.) yayılışı (Url-1).	24
Şekil 3.1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.	35
Şekil 3.2 : DJI Mavic 3M.	37
Şekil 3.3 : İHA sistemi özellikleri.	38
Şekil 3.4 : Farklı bantlardaki görüntüler.	40
Şekil 3.5 : Çalışma kapsamında kullanılan bazı yazılımların logoları.	41
Şekil 3.6 : Göknaar üzerinde ökse otunun görünümü.	42
Şekil 3.7 : İHA'nın arazide kalkış yapma görünümü.	43
Şekil 3.8 : İHA'nın kontrol kumandası ile kontrolü.	43
Şekil 3.9 : İHA kontrol kumandası görünümü.	44
Şekil 3.10 : Art arda çekilen RGB fotoğrafların benzerlik durumu.	45
Şekil 3.11 : Elde edilen görüntülerin yazılıma aktarılması.	46
Şekil 3.12 : Tie points (bağlantı noktaları).	47
Şekil 3.13 : Build point cloud komutu.	48
Şekil 3.14 : DEM görünümü.	49
Şekil 3.15 : Ortofoto görünümü.	49
Şekil 3.16 : Üretilen NDVI.	50
Şekil 3.17 : Kontrollü sınıflandırma için toplanan imzalar.	51
Şekil 3.18 : Multiresolution segmentation işlemi.	53
Şekil 3.19 : İmza görüntüsü.	53
Şekil 4.1 : İHA ile uçulan alanlar.	54
Şekil 4.2 : Üretilen ortofotolar.	55
Şekil 4.3 : Uçuşlardan üretilen NDVI görüntüsü.	56
Şekil 4.4 : Uçuşlardan üretilen indeksler.	56
Şekil 4.5 : Üretilen rastgele noktalar.	57
Şekil 4.6 : Piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma haritaları.	58
Şekil 4.7 : Piksel tabanlı sınıflandırmasının hata matrisleri.	59
Şekil 4.8 : Kontrollü sınıflandırmada oluşan anlamsız pikseller (gürültü).	60
Şekil 4.9 : Her iki sınıflandırmanın karşılaştırılması.	61
Şekil 4.10 : Nesne tabanlı sınıflandırma haritaları.	62
Şekil 4.11 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/500 ölçekli görünümü.	63
Şekil 4.12 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/1500 ölçekli görünümü.	64
Şekil 4.13 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/4000 ölçekli görünümü.	65
Şekil 4.14 : Nesne tabanlı sınıflandırma ve farklı bant görünümü.	66
Şekil 4.15 : Kullanılan bant kombinasyonu.	66
Şekil 4.16 : Üretilen rastgele noktalar.	67

Şekil 4.17 : Nesne tabanlı sınıflandırma hata matrisleri..... **68**



ULUDAĞ GÖKNARI MEŞCERELERİNDE YAYILIŞ GÖSTEREN ÖKSE OTUNUN MULTİSPEKTRAL KAMERALAR ENTEGRE EDİLMİŞ İHA İLE HARİTALANMASI (KÖKEZ ORMAN İŞLETME ŞEFLİĞİ)

ÖZET

Bu yüksek lisans tezi, Bolu Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki Kökez Orman İşletme Şefliği'nde doğal yayılış gösteren Uludağ Göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana*) ormanlarında ökse otunun (*Viscum album*) mekânsal dağılımını belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Ökse otu, konukçusu olduğu ağaçlardan su ve besin alarak gelişimini sürdüren parazitik bir bitki olup, ağaçların fizyolojik süreçlerini olumsuz etkilemekte, büyüme ve gelişimini sınırlandırmaktadır. Orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi açısından, bu tür zararlıların dağılımının hassas bir şekilde belirlenmesi ve haritalanması büyük önem taşımaktadır. Geleneksel yöntemlerle ökse otunun tespiti ve izlenmesi oldukça zahmetli ve zaman alıcı olup, geniş alanlarda uygulanması güçtür. Bu bağlamda, uzaktan algılama teknikleri, orman ekosistemlerinde zararlı bitkilerin izlenmesi ve yönetimi için yenilikçi ve etkili bir çözüm sunmaktadır. Bu çalışmada, ökse otunun yayılımını belirlemek için İnsansız Hava Araçları (İHA) ve multispektral kameralar kullanılmıştır. İHA olarak DJI Mavic 3M modeli tercih edilmiş ve multispektral kameralar aracılığıyla RGB görüntülerin yanında kırmızı (R), yeşil (G), kırmızı kenar (RE) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarında görüntüler elde edilmiştir. 100 metre irtifadan gerçekleştirilen uçuşlardan elde edilen veriler, Agisoft Metashape Professional, ArcGIS ve eCognition yazılımlarında işlenmiş ve analiz edilmiştir. Görüntü işleme süreci ortofoto üretimi, bitki indekslerinin hesaplanması ve mekânsal analizlerin gerçekleştirilmesi aşamalarını içermektedir. Çalışmada Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) gibi bitki sağlığını değerlendiren spektral indeksler kullanılarak ökse otunun dağılımı analiz edilmiştir, ancak anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır. Çalışma kapsamında, piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma, her pikseli bağımsız olarak değerlendirilerek belirli sınıflara atamış, ancak yüksek çözünürlüklü görüntülerde gürültü (anlamsız pikseller) üretmesi nedeniyle sınırlı başarı göstermiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma ise komşu piksellerin segmentasyon algoritmalarıyla gruplandırılarak analiz edilmesine dayanmakta olup, özellikle yüksek çözünürlüklü görüntülerde daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre, piksel tabanlı sınıflandırmanın Kappa değeri 0.28-0.56 arasında değişiklik gösterirken, nesne tabanlı sınıflandırmanın Kappa değeri 0.69-0.89 olarak hesaplanmıştır. Bu veriler, nesne tabanlı sınıflandırmanın ökse otu tespitinde daha güvenilir ve bilimsel açıdan daha anlamlı sonuçlar sunduğunu göstermektedir. Bu çalışma, İHA ve multispektral kameraların, orman ekosistemlerinde parazitik bitkilerin tespiti ve mekânsal analizi sürecinde etkin bir yöntem olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Özellikle nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi, ökse otunun mekânsal dağılımını belirlemede daha yüksek doğruluk sunduğu ve geleneksel yöntemlere kıyasla daha verimli bir süreç sağladığı için öne çıkmaktadır. Çalışmadan elde edilen

bulgular, orman yönetimi ve korunması açısından önemli bilgiler sunmakta olup, gelecekte yapılacak ekolojik izleme ve uzaktan algılama çalışmalarına katkı sağlayacak niteliktedir.

Anahtar kelimeler: İHA, Nesne tabanlı sınıflandırma, Piksel tabanlı sınıflandırma, multispektral kamera, Ökse otu.



MAPPING THE DISTRIBUTION OF MISTLETOE IN ULUDAĞ FIR STANDS USING UAVs INTEGRATED WITH MULTISPECTRAL CAMERAS (KÖKEZ FOREST MANAGEMENT CHIEFDOM)

SUMMARY

This master's thesis aims to determine the spatial distribution of mistletoe (*Viscum album*) in Uludağ Fir (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana*) forests within the Kökez Forest Management Chiefdom, located in the Bolu Aladağ Forest Enterprise Directorate. Mistletoe is a parasitic plant that extracts water and nutrients from its host trees, adversely affecting their physiological processes and limiting their growth and development. The precise mapping of such parasitic species is crucial for the sustainable management of forest ecosystems. However, traditional field-based methods for detecting and monitoring mistletoe are labor-intensive, time-consuming, and challenging to implement over large areas. In this context, remote sensing technologies offer an innovative and effective approach for monitoring and managing invasive plant species in forest ecosystems. This study employs Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) equipped with multispectral cameras to detect and map the distribution of mistletoe. A DJI Mavic 3M UAV was selected, capturing RGB imagery alongside multispectral data in red (R), green (G), red edge (RE), and near-infrared (NIR) bands. The UAV flights were conducted at an altitude of 100 meters, and the acquired data were processed and analyzed using Agisoft Metashape Professional, ArcGIS, and eCognition software. The image processing workflow included orthophoto generation, vegetation index computation, and spatial analysis. Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and other spectral indices were utilized to assess the presence of mistletoe; however, no statistically significant results were obtained. The study compares pixel-based and object-based classification methods. Pixel-based classification assigns each pixel to specific classes based on spectral properties, but it was found to be less effective due to noise and misclassification, particularly in high-resolution imagery. Conversely, object-based classification, which groups neighboring pixels using segmentation algorithms, yielded more accurate results, particularly for high-resolution datasets. The findings indicate that the Kappa coefficient for pixel-based classification ranged between 0.28 and 0.56, while object-based classification achieved a Kappa coefficient between 0.69 and 0.89, demonstrating its superior reliability and accuracy in mistletoe detection. This research underscores the effectiveness of UAVs and multispectral imaging as a valuable tool for detecting and mapping parasitic plants in forest ecosystems. The results highlight the advantages of object-based classification in providing higher accuracy and greater efficiency compared to traditional methods. The findings contribute valuable insights for forest management and conservation, offering a framework for future ecological monitoring and remote sensing applications in the detection and assessment of parasitic species.

Keywords: UAV, Object-based classification, Pixel-based classification, Multispectral camera, Mistletoe.

1. GİRİŞ

Bitkilerin bir arada bulunduğu orman ekosistemleri, canlıların temel ihtiyaçlarını karşılayan kaynaklardan biridir. Bitkilerin yaşamlarına olumsuz etki eden belirli etkenler vardır. Bunlar biyotik (böcekler, parazit bitkiler, mantarlar vb.) ve abiyotik (toprak tuzluluğu, sıcaklık, kuraklık vb.) faktörlerdir (Teshome ve diğ, 2020). Bu etkenlerden bazıları bitkilerin büyüme ve gelişimleri üzerinde dönemsel olarak etkili olurken parazit bitkiler ise konukçu olduğu bitki veya bitkiler üzerinde uzun süreli etkiler oluşturmaktadır (Press ve Phoenix, 2005; Mudgal ve diğ, 2022).

Parazitik bitkiler, angiosperm türlerinin yaklaşık %1'ini oluşturmaktadır. Bu grup içerisinde yer alan ökse otu (*Viscum album L.*), ekolojik ve ekonomik etkileri açısından en önemli parazit bitkilerden biri olarak değerlendirilmektedir (Öztürk, 2023). Türkiye’de üç alt türü tespit edilen ökse otu, çam, göknar, ladin ve çeşitli yapraklı ağaç türlerinde zarar oluşturarak konukçu bitkilerin fizyolojik süreçlerini olumsuz etkilemektedir (Yüksel ve diğ, 2005).

Ökse otu (*Viscum album L.*), konukçusu olduğu ağaçtan başka bir ağaca yayılabilmek için dış etkenlere, özellikle hayvanlar aracılığıyla tohumlarının taşınmasına ihtiyaç duyan bir yarı-parazit bitkidir. Orman ekosistemlerinde oluşturduğu zarar türü bakımından ikincil zararlı olarak sınıflandırılan bu tür, konukçusu olduğu ağaçların büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkileyerek biyokütle kaybına, ekonomik değer düşüşüne ve uzun vadede ağaçların kurumasına neden olabilmektedir. Ancak, salgın yayılım potansiyeline sahip olmaması nedeniyle, Türkiye’de oluşturduğu zarar genellikle ikincil bir tehdit olarak değerlendirilmiş ve mücadele çalışmaları sınırlı kalmıştır. Lokal düzeyde yürütülen mücadele girişimlerine rağmen, kalıcı ve etkili bir çözüm sağlanamamış ve ökse otuna karşı kesin bir kontrol yöntemi geliştirilememiştir (Ertem, 2019).

Bu yüksek lisans tezi ile Bolu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) Kökez Orman İşletme Şefliği (OİŞ) sınırları içerisinde bulunan göknar ormanlık alanlarında ökse otu yayılış alanları multispektral kameraya sahip

İnsansız Hava Aracı (İHA) ile tespit edilerek, haritalandırılmıştır. Bu haritalamada bitki vejetasyon indeklerinin ökse otunun tespitine etkisi incelenmiştir.

1.1 İnsansız Hava Araçları (İHA)

İHA sistemleri (Şekil 1.1), literatürde genellikle pilot içermeyen, otonom, yarı otonom veya bir operatör tarafından yönlendirilebilen hava araçları olarak tanımlanır. Bu sistemler, bazı literatürlerde "drone" olarak da adlandırılmaktadır. Kanat yapısı, motor türü, kullanılan yakıt çeşidi veya uçuş menziline göre farklı sınıflandırma teknikleri ile kategorize edilirler. Örneğin, dört motorlu ve dikey iniş kalkış yapabilme kapasitesine sahip sistemlere "quadcopter" adı verilirken, sabit kanat yapısına sahip ve hareketini yatay düzlemde gerçekleştiren sistemlere "fixed wing" (sabit kanat) adı verilmektedir (Elmas, 2019; Villi ve Yakar, 2022).



Şekil 1.1 : Üzerine multispektral kamera entegre edilmiş İHA.

İnsansız hava araçları (İHA), son dönemlerde artan bir ilgi görmektedir. Taşınabilir sensörler ve otonom uçuş yetenekleri ile bu araçlar, detaylı ve hassas veri koleksiyonu sağlamaktadır. Bu özellikleri sayesinde, çeşitli sektörler İHA teknolojisinden yararlanmaktadır. Tarımsal alanlarda su stresi tespiti, yabancı ot analizi, toprak nem değerlendirilmesi, otomatik ilaçlama ve ekim işlemleri bu teknolojinin kullanıldığı tarımsal uygulamalara örnek teşkil etmektedir. Doğal afetler için uyarı sistemleri, afet sonrası zarar tespiti, heyelan ve tektonik hareketlerin analizi afet izleme uygulamaları kapsamındadır. Maden sektöründe ise kübaj hesaplamaları, tematik haritaların oluşturulması, alan ölçümleri, gaz konsantrasyonlarının belirlenmesi ve meteorolojik ölçümler İHA'lar ile gerçekleştirilen faaliyetler arasındadır (Muchiri ve Kimathi, 2022; Delavarpour ve diğ., 2021; Villi ve Yakar, 2022).

İHA sistemleri genellikle gelişmiş elektro-optik algılama sensörleri ile donatılmıştır. Bu kamera sistemlerinden elde edilen görüntüler, yüksek çözünürlüklü olmaktadır. Ayrıca, bu görüntüler yer yüzüne yakın bir irtifadan toplandığı için, alanın büyüklüğüne bağlı olarak, geniş bir detay zenginliği göstermektedir. Bu nedenle, bu görüntülerden anlamlı veriler çıkarabilmek için genellikle uzun süreçler gerekmektedir (Yiğit ve Uysal, 2019).

1.2 Multispektral Kamera

İHA sistemleri (Şekil 1.1), özellikle son dönemlerde birçok sektörde uygulama bulmaktadır. Entegre edilebilen yüksek çözünürlüklü kameralar sayesinde, en zorlayıcı koşullar altında dahi veri toplama imkanı sunmaktadırlar. Kullanılan kamera çeşitleri arasında; görünür ışık, multispektral, termal, oblik ve optik yakınlaştırma özelliğine sahip kameralar yer almaktadır (Cilek ve diğ., 2020).

Multispektral kameraların sahip olduğu çok bantlı yapısı, bitki vejetasyon indekslerinin üretilmesini sağlamaktadır. Üretilen farklı indeksler ile bitki hastalıkları ve bitki türü teşhisi yapılabilmektedir. Bitki türü hastalıkları ve orman zararlılarının haritalanmasında sıklıkla yararlanılan bitki indeksi Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) olarak bilinmektedir (Dalaman, 2022; Kılınçarslan, 2022; Şeker, 2023).

1.3 Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf)

Uludağ Göknaarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf), Türkiye’de doğal olarak bulunan göknar çeşitleri arasında, coğrafi dağılım açısından en geniş varyasyonu sergileyen türdür (Saatçioğlu, 1969). Türkiye’de yoğun olarak Marmara Bölgesi’nde bulunan Uludağ Göknaarı (Şekil 1.2), Orta ve Batı Karadeniz Bölgeleri’nde de yayılış göstermektedir. Yükselti olarak ise 1500-1950m kuşağında yayılış göstermektedir (Ata, 1995; Genç, 2004).



Şekil 1.2 : Uludağ Gökarnı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf).

Türkiye ormanlarında Kazdağı göknarı hariç diğer göknar türleri, %2-5 gibi düşük ışık şartlarında yaşayabilmektedir. Bu koşullarda uzun süre hayatta kalan Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf), yeterli ışık sağlandığında normal büyüme gösterebilir. Özellikle karışık meşcerelerde, bu özellikleriyle Uludağ göknarı, hakim tür haline gelerek meşcereleri zamanla saf göknar meşceresine dönüştürebilir (Saatçioğlu, 1979). Gökknar gençliği, %20-30 ışık entansitesinde en verimli büyümeyi sergilemekte olup, saf göknar meşcerelerinde uygulanan seçme kesimi sırasında çapına ulaşmış ağaçların kesilmesi, genç göknarların doğal yenilenme sürecine uyum sağlayarak meşceredeki birey sayısı dağılımına etkin bir şekilde katılmasını sağlamaktadır (Saatçioğlu, 1979; Genç, 2004).

Çoğunlukla amenajman planlarına uygun olarak çap sınıfları metodunu benimseyen seçme işletmesi uygulanan saf Uludağ göknarı ormanlarında, hem yönetim pratiği hem

de biyotik ve abiyotik faktörlerin etkisiyle, ormanların tek katmanlı yapıya geçiş eğilimi gözlemlenmektedir (Varol, 2023).

Türün doğal yayılış alanlarında karşılaştığı zararlı etmenler fırtına, kar devriği, kabuk böcekleri ve ökse otlarıdır (Ayan ve Sıvacıoğlu, 2002; Şimşek ve Öner, 2002) Bu zararlı etmenler göknar bireylerinin zayıf düşmesine, kurummasına ve hatta ölmesine neden olmaktadır.

1.4 Ökse Otu (*Viscum album*)

1.4.1 Ökse otu hakkında genel bilgiler

Yunan botanikçi Theophrastus, M.Ö. 305 yılında ökse otunu ilk defa parazitik bir bitki olarak tanımlamıştır. Ökse otunun (Şekil 1.3) meyvelerinin özellikleri nedeniyle “*Viscum album* L.” adını almıştır (Gill, 1953). Santalales takımının *Viscaceae* (*Loranthaceae*) familyasında yer alan Ökse otunun tüm dünyada genel olarak “mistletoe” ile isimlendirilmiştir. Aynı bitki İngilizce’de “common mistletoe”, Almanca’da “mitsel” ile adlandırılmıştır (Becker, 1986). Ökse otunun ülkemizde 3 alt varyetesi bulunmaktadır (Zuber, 2004). Ökse otu, Türkiye’de çeşitli bölgesel isimlerle bilinmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi’nde çekem, Doğu Karadeniz Bölgesi’nde çampir, Orta Anadolu ve Orta Karadeniz Bölgelerinde burç, Akdeniz ve Ege Bölgelerinde ise biriç, fitri, pura, gökçe, bacaksız otu, yapışkan otu, gevele, güvelek ve gövelek gibi adlarla anılmaktadır (Baytop, 1999). Türkiye’de yaygın olarak üç alt varyetesi bulunmaktadır: tüm yapraklı ağaçlarda görülen *Viscum album ssp. album* (Yapraklı ağaç ökse otu), göknar türleri üzerinde bulunan *Viscum album ssp. abietis* (Göknar ökse otu), ve çam, göknar ve ladin ağaç türlerinde görülen *Viscum album ssp. austriacum* (Çam ökse otu) şeklindedir (Zeybek ve Zeybek, 2002).



Şekil 1.3 : Ökse otu.

1.4.2 Ökse otunun morfolojik özellikleri

Ökse otu (*Viscum album* L.), Şekil 1.3'te görülen ökse otu her dem yeşil ve çok yıllık bir yarı parazit bitkidir. İlk gelişim yıllarında, karşılıklı dalları ile yelpaze benzeri bir görünüm sergilerken, ilerleyen yıllarda çapı 150 cm'ye kadar ulaşan küresel bir yapı alabilir. Yaprakları karşılıklı dizilmiştir, tam kenarlı, sapsız, 3-5 damarlı, sarımsı-yeşil renkte olup, ters yumurta şeklinden dikdörtgenimsi-sivri ve yuvarlak arasında değişen formlardadır (Ball, 1993; Ergun ve diğ, 1994).

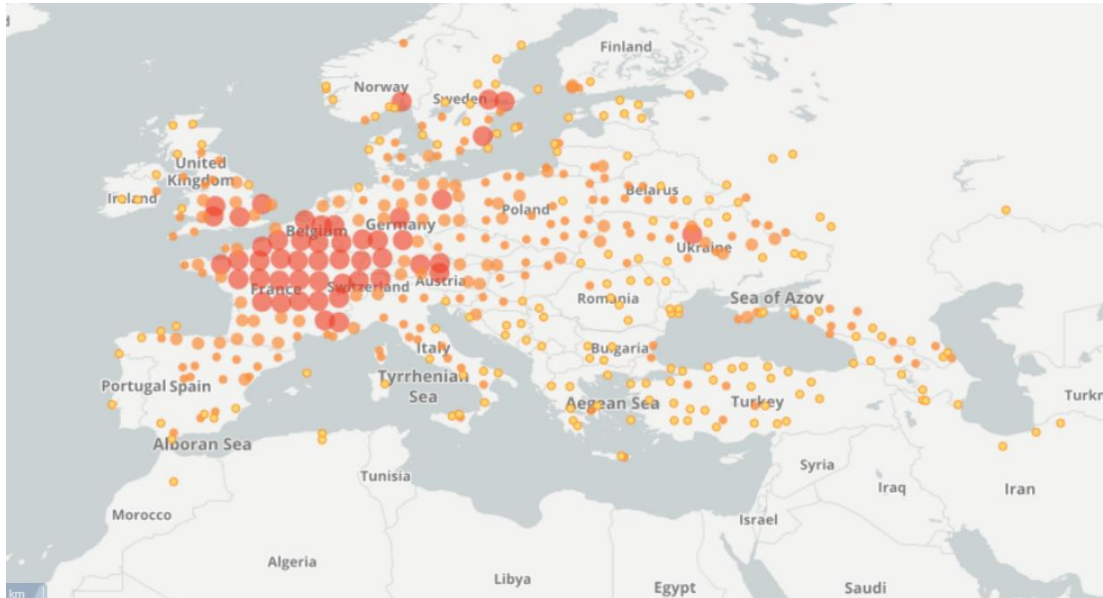
1.4.3 Ökse otunun yayılışı

Ökse otunun bir konukçusu olduğu ağaçtan başka bir ağaca yayılmasını sağlayan en büyük etken kuşlardır. Ökse otlarının Şekil 1.4'te görülen meyveleri ile beslenen kuşlar, dışkıları ve gagalarına/yakalarına yapışan viscin sayesinde tohumları farklı ağaçlara taşımaktadır. Tohumların çimlenmesinde abiyotik faktörler etkilidir. (Reid, 1991; DelRio ve diğ, 1996; Aukema, 2003).



Şekil 1.4 : Ökse otu meyvesi.

Ökse otu, Türkiye'de ve özellikle Avrupa'da yayılış göstermektedir. Dünyadaki ökse otu yayılış haritası Şekil 1.5'te gösterilmektedir (Url-1). Avrupa'da özellikle Fransa'da yoğunlukla bulunduğu bilinmektedir.



Şekil 1.5 : Ökse otu (*Viscum album* L.) yayılışı (Url-1).

1.5 Çalışmanın Amacı

Bu yüksek lisans tezi kapsamında yapılan çalışmada Bolu Orman Bölge Müdürlüğü (OBM) Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü (OİM) Kökez Orman İşletme Şefliği (OİŞ) sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren Uludağ Gökarnarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf) üzerinde konukçu olan parazit bitki Ökse otunun (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) üzerine entegre edilen multispektral kameraya sahip İHA'lar ile haritalanması amaçlanmaktadır. Bu çalışma, Uludağ Gökarnarı üzerinde çap ve boy gelişimini olumsuz etkileyen ökse otunun, multispektral kameraya sahip İHA'lar ile haritalanmasında bu teknolojinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Dalaman (2022), yaptığı bu çalışma, Bursa Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarında yer alan kestane ormanlarında Kestane Gal Arısı (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu) tarafından verilen zararları haritalamak için yürütülmüştür. 2014'te Yalova'da ilk kez gözlemlenen bu zararlı, İnegöl bölgesinde de ciddi hasara yol açmıştır. Araştırma, zararlı yoğunluğunu ve ekolojik dağılımını çok bantlı kamera ile donatılmış bir İnsansız Hava Aracı (İHA) kullanarak saptamayı amaçlamaktadır. Kullanılan İHA DJI Matrice 210 V2 modelidir ve üzerine Micasense RedEdge MX multispektral kamera monte edilmiştir. Bu teknoloji ile kestane çiçeklerine verilen zararların, dolayısıyla kestane balı üretimindeki potansiyel kayıpların belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada elde edilen veriler Agisoft Metashape Pro yazılımı kullanılarak işlenmiş, ve NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) gibi çeşitli indekslerle zararlı etkinin haritalandırılması gerçekleştirilmiştir.

Şeker (2023), yılında yaptığı çalışma ile Bursa Orman Bölge Müdürlüğü, Yalova Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içinde kestane ağaçlarına zarar veren Kestane Gal Arısı (*Dryocosmus kuriphilus* Yasumatsu)'nın yoğunluğunu ve ekolojik dağılımını belirlemeye çalışmıştır. 2014 yılında Yalova'da ilk defa tespit edilen bu zararlıya karşı mücadelede, saf ve karışık kestane ormanlarını kapsamaktadır. İnsansız Hava Aracı (İHA) ve üzerine monte edilmiş Micasense RedEdge MX multispektral kamerası kullanılarak, zararlı popülasyonunun etkileri detaylı bir şekilde incelenmiştir. DJI Matrice 210 V2 model İHA ile yapılan uçuşlar sonucunda, elde edilen görüntüler Agisoft Metashape Pro yazılımı ile işlenmiş, sayısal yüzey modeli ve çok bantlı ortofoto haritalar üretilmiştir. Bu haritalar, özellikle NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) kullanılarak zarar görmüş kestane ağaçlarının tespiti ve haritalanması gerçekleştirilmiştir.

Berzéki ve diğ. (2023) Macaristan-Lengyel'te yaptıkları çalışmada kışlık buğdayın farklı vegetasyon dönemlerinde çok zamanlı hava fotoğraflarını çekerek farklı indeksler ve bindirme oranlarında başarılarını irdelemişlerdir. Çalışmada 2 farklı İHA

kullanılmış olup bunlardan biri DJI Mavic 3M (Multispektral), diğeri ise DJI Mavic 2 Pro üzerine entegre edilen MAPIR Survey 3 RGN kamera kullanılmıştır. Çalışmada iki farklı bindirme oranı olan %80 ve %40 aralığı da incelenmiş olup %80 bindirmenin kullanılabilir olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca farklı indekslerin karşılaştırıldığı bu çalışmada DJI Mavic 3M için NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) ve GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) indeksleri karşılaştırıldıkları indekslere göre daha başarılı olarak tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, İHA görüntü veri seti, Sri Lanka'nın kuzey-batı bölgesindeki 0.06 hektarlık bir pirinç tarlasından üç farklı fenolojik döngüde (vejetatif, üretken ve olgunlaşma) 336 çok bantlı görüntü içermektedir. Çalışma kapsamında İHA olarak DJI Mavic 3M kullanılmıştır. Görüntüler, 14 Ağustos'tan 5 Ekim 2023'e kadar beş farklı gün süresince alınmıştır. İHA uçuşu, çok bantlı kamera ile 30 metre yükseklikten ve 90 derece açıyla enine ve boyuna sırasıyla %80-%70 bindirme yapılmıştır. Elde edilen görüntülerin işlenmesinde Pix4D yazılımı kullanılmıştır. Yaprakların azot seviyesi ile orantılı olan yer verileri toplamak için SPAD Klorofil Ölçer kullanılmıştır. Beş gün için ilgili iklim verileri, pirinç tarlasına ait olan Bathalagoda'daki Pirinç Araştırma ve Geliştirme Enstitüsü tarafından sağlanmıştır. Bu verilerin oluşturulmasının amacı, genellikle hastalık teşhisiyle ilgilenen araştırmacılara yardımcı olmaktır. Ayrıca, bu veri seti, pirinç tarlalarının 3D rekonstrüksiyonunda farklı eğim açılarının kullanılmasının etkisini ve ortomozaiklerin oluşturulmasını incelemek için olanak sağlamıştır (Fonseka ve diğ., 2024).

Geleneksel Çin için tıbbi malzemelerinin yetiştirilme sürecinde zararlı ve hastalık izleminin doğru ve zamanında yapılması, optimal büyüme, artan verim ve etkili bileşenlerin içeriğinin artırılması açısından kritik öneme sahiptir. Bu çalışma, Kafur ağacı (*Cinnamomum Camphora* var. *Borneol*) (CCB) yetiştirme alanındaki zararlı ve hastalık izlemi için temel gerekliliklere odaklanmakta ve gerçek zamanlı ve yerinde denetimlerin sınırlılıklarını ele almak için İnsansız Hava Aracı (İHA) görüntülerini kullanarak bir çözüm sunmaktadır. İHA'lara monte edilmiş çok bantlı veya hiper bantlı sensörler gibi ileri sensörlere dayanan mevcut çözümlerin aksine, bu çalışma doğrudan görünür ışık sensörlerini kullanmaktadır. CCB ağaçlarının zararlı ve hastalık izlemi için RGB türevli vejetasyon indekslerine ve çeşitli makine öğrenimi algoritmalarının kombinasyonuna dayanan bir topluluk öğrenme yaklaşımı tanıtılmaktadır. RF, SVM, KNN, GBDT, XGBoost, GNB ve ELM gibi çoklu algoritmaların özellik çıkarma

yeteneklerinden yararlanarak, her sınıflandırıcıya optimal ağırlık kombinasyonu için ağırlıklar atamak amacıyla morfolojik filtreleme son işlemi ve genetik algoritmaları dahil eden yenilikçi bir topluluk öğrenme stratejisi önerilmektedir. Deneysel sonuçlar, önerilen yöntemin azaltılmış eğitim örnekleriyle kesin zararlı ve hastalık izlemi gerçekleştirebildiğini ve yüksek genelleştirme yeteneği sergilediğini doğrulamaktadır. Bu yöntem, düşük maliyetle ve yüksek doğrulukla geniş çaplı zararlı ve hastalık izlemine olanak tanıyarak, geleneksel Çin tıbbi malzemelerinin yetiştirilme yönetimindeki hassasiyeti artırmaya katkıda bulunmaktadır (Guo ve diğ., 2024).

Bir başka çalışmada, uydu zaman serisi izleme modeli tarafından yönlendirilen insansız hava aracı çok açılı uzaktan algılama temelli pamuk *Verticillium* solgunluğu için hassas bir tespit yöntemi önermektedir. Özellikle, ilk olarak, Sentinel-1 mikrodalga ve Sentinel-2 optik zaman serisi görüntülerini birleştirerek, hastalık istilasından etkilenen alanları belirlemek için aşırı gradyan yükseltme algoritması temelli bir pamuk *Verticillium* solgunluğu izleme modeli oluşturulmuştur. Hastalıktan etkilenen bloklar belirlendikten sonra, insansız hava araçları tarafından çok açılı olarak toplanan çok spektral uzaktan algılama verileri toplanmış ve farklı vejetasyon indeksleri ve bant kombinasyonları karşılaştırılmıştır. Son olarak, destek vektör makinesi radyal temel fonksiyon sınıflandırma yöntemine dayalı pamuk *Verticillium* solgunluğu için hassas bir sınıflandırma modeli oluşturulmuştur. Deneysel sonuçlar, birleşik mikrodalga ve optik zaman serisi izleme modelinin ilk aşama izleme gereksinimlerini karşılayan %81.73 OA ve 0.63 Kappa katsayısı elde ettiğini göstermektedir. RBF ile SVM ve optimal bant kombinasyonuna dayanarak, -58° açıda çekilen kapsamlı görüntünün OA değeri %96.74, Kappa katsayısı 0.93 ile ikinci aşama hassas sınıflandırma tespit gereksinimlerini karşılamaktadır (Nie ve diğ., 2024).

Zhang ve diğ. (2024) yaptıkları çalışmada, yüksek çözünürlüklü RGB ve çok bantlı kameralarla donatılmış bir DJI Mavic 3M kullanılarak Çin, Yunnan Eyaleti, Luoping İlçesi, Agang Kasabası'nda tütün tarlası verileri toplanmıştır. Bu veriler RGB, Kırmızı (RED), Kırmızı Kenar (REDEGE), Yakın Kızılötesi (NIR) ve Yeşil (GREEN) olmak üzere beş bantı kapsamaktadır. Çalışmanın doğruluğunu sağlamak için, model eğitiminde kullanmak amacıyla 337, 242 ve 215 bölümlenmiş tütün tarlası görüntüsü kullanılmıştır. Hedef hem RGB kanalları hem de çok bantlı verileri içermektedir. Çok bantlı görüntülerin özelliklerine uyum sağlamak için modeli derinlemesine özelleştirilen PP-LiteSeg tabanlı bir tütün tarlası semantik segmentasyon yöntemi

geliştirilmiştir. Giriş katmanının kanal sayısı, çok bantlı görüntülerden gelen bilgileri tam olarak kullanabilmek için çoklu kanallara ayarlanmıştır. Model yapısı, çok katmanlı konvolüsyon yapısını kullanarak çok bantlı görüntülerin özellik çıkarma ve segmentasyonunu gerçekleştiren bir kodlayıcı, kod çözücü ve SPPM modülünü içermektedir. Sonuçlar, geleneksel RGB görüntülerine kıyasla, çok bantlı görüntülerin kenarlar ve karmaşık arazi yapılarına yönelik semantik segmentasyonda önemli avantajlar sunduğunu göstermiştir. Özellikle, çok bantlı verilerle tahmin edilen alan, RGB kanallarıyla elde edilenden 11.43 m² daha büyüktür. Ayrıca, çok bantlı model %98.84 tahmin doğruluğuna ulaşmıştır. Bu çalışma, çok bantlı görüntülere dayanarak bütün tarlası alanlarının tahmin edilmesi için etkili ve uygulanabilir bir çözüm sunmakta, modern tarım yönetimine güçlü bir destek sağlamaktadır.

Konu ile alakalı bir başka çalışmada, Akdeniz orman ekosistemlerinde ağaç ölümlerinin tespiti için uydu verilerinden elde edilen spektral indeksler ve Spektral Ayırıştırma (SU) yöntemlerinin etkinliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Çalışmada, zorlu arazi koşullarında ve çeşitli bitki örtüsü bileşimlerinde verimli kullanılabilen İnsansız Hava Araçları (İHA) ile toplanan görüntüler kullanılmıştır. Bu görüntüler, DJI Mavic 3M modeli İHA ile yüksek çözünürlüklü RGB ve çok bantlı kameralar kullanılarak toplanmıştır. Toplanan veriler, çeşitli makine öğrenimi algoritmaları ve özellikle SU ile işlenerek ağaç ölümü tespiti için bir model geliştirilmiştir. Modelin doğruluğu, alan çalışmalarıyla karşılaştırmalı olarak test edilmiş ve SU yönteminin ağaç ölümünü %97.96 doğruluk oranıyla tespit edebildiği, fakat ağaç ölümünün olmadığı durumları tespit etmede %50 gibi düşük bir başarı gösterdiği bulunmuştur. Araştırma ayrıca NDVI'nin, orman alanlarının dinamiklerindeki değişimleri belirlemede ve kuraklığa dayanıklı ağaç türlerinin tespitinde etkili olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma, spektral ayırıştırma yönteminin, özellikle karmaşık vejetasyon yapısına sahip alanlarda, geleneksel vejetasyon indekslerine göre daha üstün sonuçlar verebileceğini göstermiştir. Ayrıca, araştırma sonuçları, orman yönetimi ve koruma çabalarına önemli katkılarda bulunabilecek veriler sunmaktadır (Raunak, 2024).

Liao ve diğ. (2022) yaptıkları bu çalışma, Fujian, Çin'deki Yuanling Orman Çiftliği'nde gerçekleştirilmiş ve eğilimli okaliptüs yaprak hastalıklarının tespitine odaklanmıştır. Çalışmada DJI Phantom 4 Multispektral İHA kullanılmış ve uçuşlar %85 yan örtüşme oranı ile 180 metre yükseklikten gerçekleştirilmiştir. Çalışma, multispektral görüntüler kullanılarak elde edilen NDVI dahil çeşitli bitki indekslerinin

analizini içermekte olup, yeşil, kırmızı kenar ve yakın kızılötesi dalgaboylarına dayalı spektral bantlar ve azot yansıma indeksi (NRI) hastalık seviyelerini ayırt etmede özellikle duyarlı bulunmuştur. Random Forest sınıflama yöntemi, sağlıklı ve üç farklı hastalık şiddeti seviyesini %90.1 genel doğruluk oranı ve 0.87 kappa katsayısı ile başarıyla ayırt etmiştir.

Daha önce yapılan çalışmalarda ökseotu (*Viscum album* L) ağaçların fizyolojik özelliklerini olumsuz etkilediği güçsüz ve savunmasız bıraktığı özellikle korunan alanlarda bunun daha fazla görüldüğü ökseotunun ağacın en fazla tepe kısmında yer aldığı daha sonra orta kısmında en az ise en alt kısmında yer aldığını ortaya koymuşlardır (Öztürk ve diğ, 2021).

Bilgili ve diğ. (2015) çalışması ile çam ökse otunun yayılım eğiliminin ağaçların üst taç kısmında yoğunlaştığı ve alt bölümlere doğru azaldığı belirlenmiştir. Ökseotunun ağaç üzerindeki yayılımı, özellikle üst tepe bölgesinde yoğunlaşırken, orta ve alt bölgelere doğru daha düşük seviyelerde görülmüştür.

Usta ve diğ. (2016) yetiştirme ortamının ökseotu bulaşıklık derecesi üzerinde doğrudan veya dolaylı bir etkisinin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle düşük rakımlı meşcerelerde, sosyal baskının da etkisiyle sarıçamın yetiştirme koşullarında bozulmalar meydana gelmekte ve bu durum ökseotu bulaşıklık oranının artmasına neden olmaktadır.

Akkaya ve Çakır (2022) yaptıkları çalışmada *Pinus nigra* L meşcerelerinde *Viscum album* L parazitinin bulaşma durumu incelendiğinde çok büyük bir yüzde ile ana meşcerede zarar yaptığı gençliklerde yaptığı zararın daha düşük oranlarda kaldığını bu meşcerelerin zararlıdan kurtulması içinde silvikültürel müdahale olarak doğal gençleştirme yapılarak meşceredeki ağaçların alandan bulaşma risklerini ortadan kaldırarak sahadan uzaklaştırılması gerektiğini ve gençliklerdeki bulaşıda mekanik mücadele ile uzaklaştırılması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Ekebaş (2021), Çankırı ili ve Ilgaz ilçesi sınırları içerisinde ahlat, armut, yabani alıç, badem, söğüt, kavak, akasya, karaçam ve yabani erik ağaçlarında ökse otu bulunduğunu saptamış; kiraz, ayva, vişne, elma ve fındıkta ökse otuna rastlanmadığını ortaya koymuştur.

Karayel (2020), yaptığı çalışmada İç Anadolu Bölgesi Orta Kızılırmak Bölümündeki ağaçlara zarar veren ökseotlarının (*Viscum album* L.) mikrofungusları ve bu

mikrofungusların biyolojik kontrolde kullanılabilirliğinin araştırmasını yapmış ve *Viscum album* L. üzerinde gelişen *Ascomycota* (3 sınıf, 7 takım, 12 aile, 12 cins ve 12 tür) bölümünden toplam 12 mantar türünü tespit etmiştir.

Karaaslan (2020), yaptığı çalışmada, Afyonkarahisar ili sınırlarında çeşitli konakçıl bitkiler üzerinde yetişen *Viscum album* örneklerinin içerdikleri etken maddelerdeki farklılıklar karşılaştırmıştır.

Göl (2018), yaptığı çalışmada *Viscum album* L. subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollman (Çam Ökse Otu)'un *Pinus sylvestris* L. (Sarıçam)'in odun elemanları üzerine olan etkisini ortaya koymuş, Sarıçam'ın doğal yayılış gösterdiği ormanlık alanlardan çam ökse otu bulaşmış ve bulaşmamış toplam 20 adet ağaç (5 kontrol, 15 bulaşık) belirlemiştir. Ölçülen özellikler arasında kontrol örneklerine kıyasla bulaşık olan örneklerde, anatomik parametrelerden ilkbahar ve yaz odunu boyuna traheit çift çeper kalınlıklarında, ilkbahar ve yaz odunu boyuna traheit lümen alanları, teğet ve radyal çapları ile 1 mm'deki özışını sayılarında %18 ile %81 arasında değişen bir azalmanın olduğunu tespit etmiştir.

Öztürk (2023), yaptığı çalışmada Ökse otu olan ve olmayan ağaçlar üzerinde yaptığı değerlendirmelerde, ökse otu bulaşıklığının olduğu ağaçlarda ökse otu bulaşıklığının durumuna bağlı olarak artım kayıplarının olduğunu belirlemiştir. Ökse otunun en az olduğu durumda hiç artım kaybı yok iken ökse otunun çok olduğu durumlarda %90'lara varan artım kayıplarının olduğunu tespit etmiştir.

Ahmed (2022), multispektral kamera kullanarak Brokoli bitkisinde tuzluluk stresinin belirlenebilmesini ortaya koymuştur. Alasad (2022), multispektral kamera kullanarak karnababar bitkisinde tuzluluk stresinin belirlenebilmesini ortaya koymuştur.

Yıldırım (2024), tarım sektöründe İHA görüntülerini analiz ederek meyve tespiti konusunda güvenilir bir performans sergilediğini ve tarımsal uygulamalarda etkili bir araç olarak kullanılabileceğini tespit etmiştir.

Baysal (2023), Kökez Orman İşletme Şefliği sınırları içerisinde yayılış gösteren ökse otu (*Viscum album* L.), konukçu ağaçlardan su ve besin alarak büyüme ve gelişimlerini olumsuz etkileyen önemli bir parazit bitkidir. Kazdağı göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *equi-trojani*) ormanlarında gerçekleştirilen çalışmalar, ökse otunun 1100 m altındaki rakımlarda daha yoğun olduğunu ve göğüs çapı arttıkça bulaşma oranının yükseldiğini ortaya koymuştur. Örneklenen ağaçların %22,64'ünde ökse otu tespit

edilmiş olup, bulaşmanın en fazla üst tepe bölümünde gerçekleştiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgular, ökse otunun yayılımının topografik faktörlerden etkilendiğini ve yüksek rakımlarda bulaşma oranının belirgin şekilde azaldığını ortaya koymuştur. Özellikle güney bakılı alanlarda bulaşmanın daha yoğun olduğu belirlenmiştir. Çalışmada geleneksel gözlem yöntemleri kullanılmış olmakla birlikte, yoğun orman alanlarında İHA ve uzaktan algılama tekniklerinin ökse otunun yayılımının haritalanmasında etkili bir yöntem olduğu ortaya konulmuştur.

Bununla birlikte, hiperspektral ve multispektral görüntüleme teknikleri, ökse otunun konukçu ağaçlardan farklı spektral imzalar sergilemesi nedeniyle erken teşhis ve yayılım haritalamasında etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Ancic ve diğ, 2014). LiDAR tabanlı üç boyutlu modelleme yöntemleri, orman yapısının ve konukçu ağaçların üzerindeki parazitik bitki yükünün değerlendirilmesine olanak tanımakta ve mekânsal analizler için kapsamlı veri setleri sağlamaktadır (Barbosa ve diğ, 2016).

León-Bañuelos ve diğ. (2020), Meksika'daki yüksek rakımlı ormanlarda *Arceuthobium globosum* (Cüce Ökseotu) türünün insansız hava aracı (İHA) görüntüleri kullanılarak tespit edilmesini amaçlamaktadır. Araştırmada, RGB renk analizi ve otomatik tanıma algoritmaları kullanılarak ökseotunun farklı fenolojik aşamalarına göre tespiti gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Spearman korelasyon testi, fenolojik evre ile renk değerleri arasında anlamlı negatif bir korelasyon ($p < 0.001$) olduğunu göstermiştir. Bu durum, daha düşük RGB değerlerinin daha ileri yaş evreleri ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Gruplar arasındaki farklılıklar ise Kruskal-Wallis testi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Miraki ve diğ. (2021), İran'daki Hirkani Ormanları'nda ökseotu (*Viscum album*) ile enfekte olmuş ağaçları tespit etmek için İHA (insansız hava aracı) görüntülerinin etkinliğini değerlendirmektedir. RGB kameralar ve Rastgele Orman (Random Forest) sınıflandırma algoritması kullanılarak manuel ve otomatik taç sınır belirleme yöntemleri uygulanmıştır. Sonuçlar, yapraksız dönemde yapılan analizlerin ökseotu tespitinde daha yüksek doğruluk sağladığını (%87'ye kadar) ve İHA tabanlı görüntüleme yöntemlerinin parazitik bitki izleme için etkili bir araç olduğunu göstermektedir.

Ndalia (2014), Fransa'daki Bois Noir Ormanı'nda Sarıçam (*Pinus sylvestris*) üzerinde görülen Çam Ökseotu (*Viscum album* subsp. *austriacum*) istilasını yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri kullanarak haritalandırmayı amaçlamaktadır. Çalışmada, WorldView-2 ve GeoEye-1 uydu görüntüleri kullanılmış ve sub-piksel sınıflandırma yöntemleri (Fuzzy Maximum Likelihood, Linear Spectral Unmixing, Super Resolution Mapping, Expectation Maximization) uygulanmıştır. Transformed Divergence (TD) analizi ile ökseotunun diğer sınıflardan ayrılabilirliği incelenmiş, sınıflandırma doğruluğu RMSE, korelasyon katsayısı (r) ve belirleme katsayısı (R²) ile değerlendirilmiştir. mevcut uydu görüntülerinin ve kullanılan sub-piksel sınıflandırma yöntemlerinin Çam Ökseotu (*Viscum album* subsp. *austriacum*) tespiti için yeterli hassasiyeti sağlayamadığını göstermektedir. Elde edilen R² değerlerinin 0'a yakın olması, yöntemlerin ökseotunu güvenilir bir şekilde ayırt edemediğini ortaya koymuştur. Çam ağaçlarının spektral değişkenliği, gölgelenme etkileri ve uzaktan algılama ölçeğinin yetersizliği, sınıflandırma doğruluğunu önemli ölçüde düşürmüştür. Bu bulgular, yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin ökseotu haritalandırması için tek başına yeterli olmadığını ve daha detaylı verilerin, özellikle İHA (insansız hava araçları) tabanlı görüntüleme yöntemlerinin kullanılmasının gerekliliğini vurgulamaktadır.

Maes ve diğ. (2018), Avustralya'nın Cumberland Plain Ormanı'nda ökseotu (*Amyema miquelii*) ile enfekte olmuş okaliptüs ağaçlarını tespit etmek ve bitki-su ilişkilerini incelemek için İHA tabanlı kızılötesi termografi yönteminin etkinliğini değerlendirmektedir. Ökseotu bulunan bölgelerde, taç sıcaklığı enfekte olmayan ağaçlara göre daha yüksek çıkmıştır, bu da ökseotunun konakçı ağacın su kaybını artırdığını ve transpirasyonu düşürdüğünü göstermektedir.

Mejia-Zuluaga ve diğ. (2022), Meksika'daki bir koruma alanında *Phoradendron velutinum* tespitini insansız hava aracı (İHA) ile alınan multispektral görüntüler kullanarak gerçekleştirmeyi amaçlamaktadır. Genetik Programlama (Genetic Programming - GP) yöntemi ile otomatik ökseotu tespit algoritması geliştirilmiştir. RGB, kırmızı kenar (Red Edge) ve yakın kızılötesi (NIR) bantlarına duyarlı sensörlerle donatılmış bir İHA kullanılmıştır. Sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek için Cohen's Kappa ve diğer istatistiksel yöntemler uygulanmıştır. Ökseotu tespit algoritması, %96 doğruluk oranı ile başarılı bulunmuştur.

Pernar ve diğ, 2007, Hırvatistan'daki Gökmar (*Abies alba*) ağaçlarında ökseotu (*Viscum album* subsp. *abietis*) tespitini, dijital renkli kızılötesi uydu görüntüleri kullanarak değerlendirmektedir. Gökmar ağaçlarındaki ökseotunun belirlenmesi için kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri ile manuel sınıflandırma birleştirilmiştir. Ökseotu tespiti için kullanılan yöntemin genel doğruluk oranı %62.50 - %70.56 arasında değişmiştir.

Yapılan literatür incelemesi, uluslararası düzeyde uzaktan algılma yöntemleri, uydu görüntüleri ve İHA kullanılarak ökse otunun tespitine yönelik çeşitli çalışmaların yürütüldüğünü göstermektedir. Ancak, ulusal ölçekte bu konuya odaklanan herhangi bir akademik çalışmaya rastlanmamıştır.



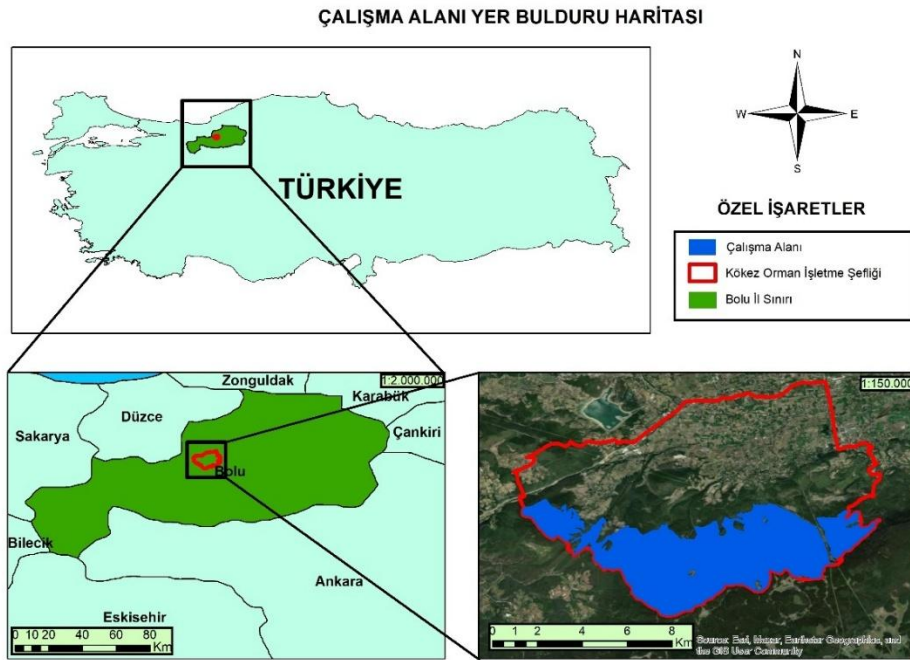
3. MATERYAL VE METOT

3.1 Materyal

3.1.1 Çalışma alanı tanıtımı

Çalışma alanı olarak tercih edilen Kökeç Orman İşletme Şefliği (OİŞ), Şekil 3.1'de görüldüğü üzere Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer almakta olup, Bolu il merkezine bağlıdır. $40^{\circ} 37' 05''$ - $40^{\circ} 42' 42''$ kuzey enlemleri ile $31^{\circ} 29' 26''$ - $31^{\circ} 38' 16''$ doğu boylamları arasında konumlanmıştır. Bölgenin en düşük rakımı Büyüksu Çayı boyunca 700-710 metre arasında değişirken, en yüksek noktası 1620 metre civarındaki Ayıkaya Tepesi'dir (OGM, 2018).

Çalışma alanı olarak tercih edilen Kökeç OİŞ sınırları içerisinde yayılış gösteren Uludağ göknarı (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf) orman kuruluşunda Şekil 3.1'de görülen çalışma alanında Bolu OBM teknik elemanları tarafından daha önce yapılan incelemelerde konukçu olan ökse otunun (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) görüldüğü tespit edilmiştir.



Şekil 3.1 : Çalışma alanı yer bulduru haritası.

3.1.1.1 Çalışma alanında ökse otunun tespit edildiği alanlar

2019 yılı amenajman planlarına göre, Bolu Orman Bölge Müdürlüğü Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü'ne bağlı Kökez Orman İşletme Şefliği, toplam 7996,8 hektar büyüklüğündedir. Bu alan içerisinde, 3387,3 hektarlık bölüm saf ve karışık göknar ormanı olarak sınıflandırılmıştır.

Bolu Orman Bölge Müdürlüğü teknik personeli tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda, ökse otunun yoğun bulunduğu bölmeler belirlenmiş ve bu bölmeler 37, 39, 60, 61, 62, 63, 69, 70, 71, 85, 86, 88, 97 ve 98 numaralı bölmeler olarak tespit edilmiştir. Söz konusu 14 bölmenin toplam alanı 577,8 hektar olarak hesaplanmıştır.

3.1.1.2 Çalışma alanı hakkında genel bilgiler

Çalışma alanı, 1/25.000 ölçekli Bolu G27-d1, Bolu G27-d2, Bolu G27-d4 ve Bolu G26-c2 paftalarında yer almaktadır. Jeolojik olarak, bölge ağırlıklı olarak andezit bazalt ve kretase filişlerinden oluşmaktadır. Andezit taşları, zengin kalsiyum, sodyum ve magnezyum içerikleriyle dikkat çekmekte olup, bu mineraller toprak oluşumunu önemli ölçüde etkilemektedir (OGM, 2018).

3.1.1.3 Çalışma alanının iklim özellikleri

Batı Karadeniz Bölgesi'nin güneybatısında yer alan çalışma alanı, yarı nemli ve soğuk bir iklim yapısına sahiptir. Karadeniz kıyı dağlarına göre daha karasal bir iklime sahip olan bölgede, kışlar daha soğuk, yazlar ise daha sıcak geçmektedir. Bolu Meteoroloji İstasyonu'ndan elde edilen verilere göre, yıllık ortalama sıcaklık 11.3°C civarında olup, yıllık toplam yağış miktarı ise 276,1 mm'dir (OGM, 2018).

3.1.1.4 Çalışma alanının toprak yapısı

Kökez Orman İşletme Şefliği'nin toprak yapısı, Aladağ kütesine özgü andezit masifinin etkisi altında şekillenmiştir. Topraklar genel olarak boz esmer orman toprağı olarak sınıflandırılmakta ve bölgedeki bitki örtüsünün gelişimini desteklemektedir. Bölgedeki ormanlık alanlar, biyolojik çeşitlilik açısından zengin olup, çeşitli bitki ve hayvan türlerine ev sahipliği yapmaktadır. Bu özellikler, Kökez Orman İşletme Şefliği'nin hem ekolojik hem de ekonomik fonksiyonlarını anlamak ve yönetmek açısından kritik öneme sahiptir. Alanın biyolojik çeşitliliği, iklimi ve toprak özellikleri, orman yönetimi stratejilerinin belirlenmesinde önemli faktörlerdir (OGM, 2018).

3.1.2 Çalışmada kullanılan cihazlar

3.1.2.1 Çalışmada kullanılan bilgisayar özellikleri

Çalışma kapsamında elde edilen görüntülerin işlenmesi için yüksek performanslı bilgisayarların kullanılması önerilmektedir. Bilgisayarın özelliklerinde işlemci olarak 11th Gen Intel(R) Core (TM) i5-11400H @ 2.70GHz, NVIDIA GEFORCE RTX 3050 TI 4 GB ekran kartı, 32 GB DDR4 RAM, 2 TB SSD hafıza özelliklerine sahiptir. Hafıza alanı İHA ile çekilen görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılması ve depolanması için kullanılmıştır. Ayrıca görüntülerin işlenmesinde kullanılan yazılımın görüntü işleme süresi, bilgisayar performansına göre farklılık gösterebilmektedir.

3.1.2.2 Çalışmada kullanılan İHA

Bu çalışmada, Şekil 3.2’de gösterilen DJI Mavic 3M (Multispektral) modeli İHA kullanılmıştır. DJI Mavic 3M, DJI tarafından geliştirilmiş çok işlevli bir insansız hava aracıdır ve özellikle tarımsal uygulamalar ile çevresel izleme projeleri için tasarlanmıştır. Bu İHA, gelişmiş görüntüleme yetenekleri ve kullanıcı dostu operasyonel özellikler ile donatılmıştır. Bu sayede ziraatçiler ve araştırmacılar, veri toplama süreçlerini daha verimli bir şekilde yönetebilirler (Url-2).



Şekil 3.2 : DJI Mavic 3M.

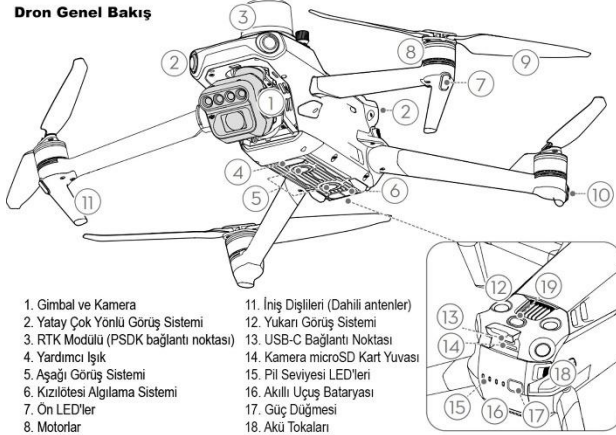
İHA sistemi özellikleri Şekil 3.3’te verilmiştir. İHA sahip olduğu yüksek rüzgar direnci (12 m/s), uzun süre uçuş yapabilme (yaklaşık 43 dakika) ve tek bir uçuşta büyük alanları (200 ha) tarayabilmesi gibi özellikleri ile çalışmada tercih edilmiştir (Url-2).



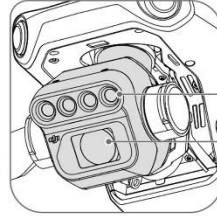
Ner Ağırlık : 951 g
 Max Kalkış Ağırlığı : 1.050 g
 Boyut : 223x96,3x122,2 mm katlanmış (pervaneler)
 347x202x139,6 mm katlanmamış (pervaneler)
 Çapraz Uzunluk : 380,1 mm
 Max Çıkış Hızı : 6 m/s (normal mod) ve 8 m/s (spor modu)
 Max İniş Hızı : 6 m/s (normal mod) ve 8 m/s (spor modu)
 Max Uçuş Hızı : 15 m/s (normal mod) ve 21 m/s (eri, 20 m/s yan, 19 m/s geri (spor modu) (deniz seviyesinde, rüzgarsız)

Max Rüzgar Hızı Direnci : 12 m/s
 Max Uçuş Süresi : 45 dakika (rüzgarsız)
 Max Uçuş Mesafesi : 32 km
 Max Eğim Açısı : 30° (normal mod) ve 35° (spor modu)
 Max İniş Sürni : 900 m
 Max Kalkış İrtifaa : 6000 m (deniz seviyesinden, yük olmaksızın)
 Çalışma Sıcaklığı : -10° ile 40° C
 GNSS : GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS

Dron Genel Bakış



1. Gimbal ve Kamera
2. Yatay Çok Yönlü Görüş Sistemi
3. RTK Modülü (PSDK bağlantı noktası)
4. Yardımcı Işık
5. Aşağı Görüş Sistemi
6. Kızılötesi Algılama Sistemi
7. Ön LED'ler
8. Motorlar
9. Pervaneler
10. Hava Aracı Durum Göstergesi
11. İniş Dışlılleri (Dahili antenler)
12. Yukarı Görüş Sistemi
13. USB-C Bağlantı Noktası
14. Kamera microSD Kart Yuvası
15. Pil Seviyesi LED'leri
16. Akıllı Uçuş Bataryası
17. Güç Düğmesi
18. Akü Tokalan
19. Spektral Güneş Işığı Sensörü

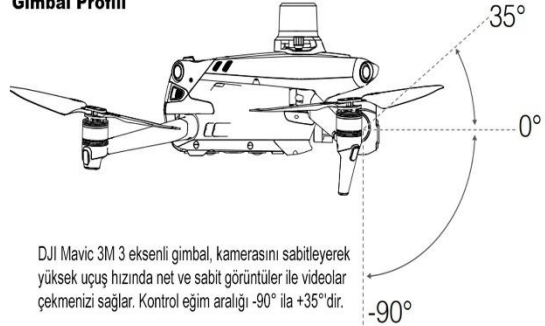


Kamera Profili

Multispektral Kamera
 4 x 5MP, G/R/RE/NIR
 RGB kamera
 20 MP, 4/3 CMOS, mekanik deklanşör

DJI Mavic 3M, aynı anda fotoğraf çekmek ve video kaydetmek için kullanılabilen bir adet RGB kamera ve dört adet multispektral kameraya sahiptir.

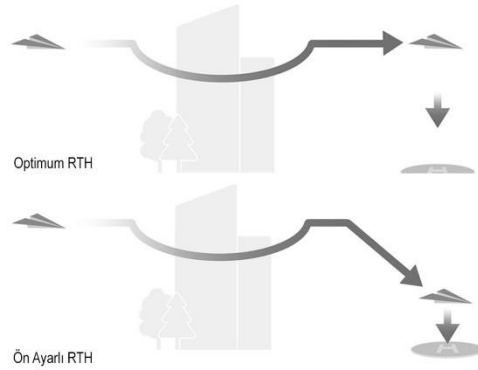
Gimbal Profili



DJI Mavic 3M 3 eksenli gimbal, kamerasını sabitleyerek yüksek uçuş hızında net ve sabit görüntüler ile videolar çekmenizi sağlar. Kontrol eğim aralığı -90° ile +35°'dir.

RTH (Return to Home, Kalkış Noktasına Dönüş) Düğmesi

RTH konumlandırma sistemi, hava aracını kaydedilen son kalkış noktasına geri getirir. Üç tür RTH vardır: Akıllı RTH, Düşük Batarya RTH ve Arıza Emniyeti RTH. Akıllı RTH başlatıldığında, hava aracı Düşük Batarya RTH'ye girdiğinde veya uçuş sırasında uzaktan kumanda ile hava aracı arasındaki sinyal kaybolduğunda Arıza Emniyeti RTH ile dron otomatik olarak son kalkış noktasına geri uçar ve iner.



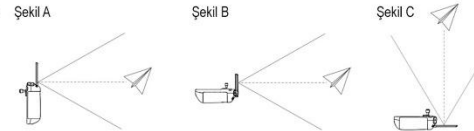
Dron, otomatik olarak engeller ve iletim sinyalleri gibi çevresel faktörlere göre optimum RTH yolunu planlayarak ya da önceden ayarlanmış bir ön ayar ile mevcut irtifa RTH irtifasından yüksekse ileri doğru alçalarak engellerden kaçınıp açık bir alana uçar ve iner.

Uzaktan Kumanda Genel Bakış



1. Kontrol Çubukları
2. Geri/Fonksiyon Düğmesi
3. RTH Düğmesi
4. Uçuş Duraklatma Düğmesi
5. Uçuş Modu Anahtarları
6. SD Düğmesi
7. Güç Düğmesi
8. Onay Düğmesi
9. Dokunmatik Ekran
10. IM Vida Deliği
11. microSD Kart Yuvası
12. USB-C Bağlantı Noktası
13. Mini HDMI Bağlantı Noktası
14. Mikrofon
15. Gimbal Kadransı
16. Kayıt Düğmesi
17. Antenler
18. Durum LED'i
19. Pil Seviyesi LED'leri
20. Odak/Deklanşör Düğmesi
21. Kamera Ayarları Kadransı
22. Hava Menfezi
23. Kontrol Çubukları Saklama Yuvası
24. Özelleştirilebilir C1 Düğmesi
25. Hoparlör
26. Özelleştirilebilir C2 Düğmesi
27. Hava Girişi

Antenler Optimum İletim Bölgesi



Dron ile uzaktan kumanda arasındaki sinyal, antenler Şekil A, Şekil B ve Şekil C'de gösterildiği gibi hava taşına göre konumlandırıldığında en güvenilir şekilde iletilir. Optimum iletim aralığı, antenlerin hava aracına dönük olduğu ve antenler ile uzaktan kumandanın arkası arasındaki açının 180° veya 270° olduğu durumdur.

Şekil 3.3 : İHA sistemi özellikleri.

Çizelge 3.1'de özellikleri verilen DJI Mavic 3M, bir 20 MP RGB kamera ve dört adet (R, G, RE, NIR) 5 MP'lik multispektral kamera içerir. İHA tek bir uçuşta ortalama olarak 40 dakika havada kalabilmektedir.

Çizelge 3.1 : DJI Mavic 3M özellikleri (Url-3).

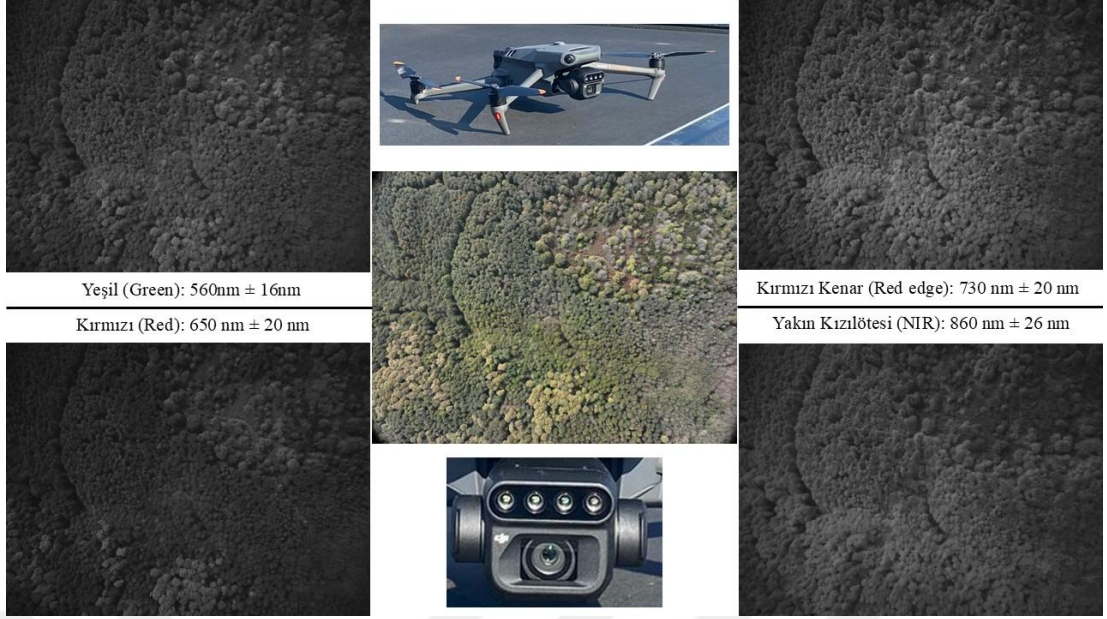
Ögeler	Özellikler
Ebat	347.5×283×139.6 mm
Ağırlık	951 gr
Maksimum Kalkış Ağırlığı	1,050 gr
Maksimum Yükselme Hızı	8 m/s (Sport Mod)
Maksimum Alçalma Hızı	6 m/s (Normal Mod)
Maksimum Rüzgar Direnci	12 m/s
Maksimum Deniz Seviyesinden Yükseklik	6000 m
GNSS	GPS + Galileo + BeiDou + GLONASS
Çalışma Isısı	-10° ila 40° C (14° ila 104° F)
Maksimum Uçuş Süresi (Rüzgarsız)	43 dakika
Maksimum Havada Kalma Süresi (Rüzgarsız)	37 dakika

İHA'nın bu çalışmada tercih edilmesinde temel olarak sağladığı güvenliği uçuş deneyimi yer almaktadır. Sahip olduğu engel algılama sensörleri ile İHA çevresindeki engelleri algılayarak bu engellere çarpmamak için manevra yapma yeteneğine sahiptir. Sahip olduğu 5000 mAh kapasiteli bir adet akıllı Lityum polimer batarya ile uzun süreli uçuş deneyimi sağlamaktadır. Bunlara ek olarak İHA, sahip olduğu tasarım ile kolay katlanabilir ve taşınabilir. Bu da zorlu arazi şartlarında hızlı hareket etme imkanı tanımaktadır. Ayrıca bu tarz çalışmalarda kullanılan İHA kadar kullanılan sensörler (kamera) de önemlidir. Çizelge 3.2'de RGB kameranın özellikleri verilmiştir.

Çizelge 3.2 : DJI Mavic 3M RGB Kamera özellikleri (Url-3).

Ögeler	Özellikler
Görüntü Sensörü	4/3 CMOS
Megapiksel	20 MP
Görüş Alanı (FOV)	84°
Eşdeğer Odak Uzaklığı	24 mm
ISO Aralığı	100-6400
Maksimum Görüntü Boyutu	5280x3956
Görüntü Formatı	JPEG/DNG (RAW)
Elektronik Deklanşör Hızı	8-1/8000 s
Mekanik deklanşör Hızı	8-1/2000 s

DJI Mavic 3M, uygun uçuş planlamasıyla hem RGB hem de multispektral (çok bantlı) görüntü elde edebilme kapasitesine sahiptir. Yani Şekil 3.4'te de görüldüğü üzere her bir pozdan beş adet farklı bantlara sahip görüntü elde edilmektedir.



Şekil 3.4 : Farklı bantlardaki görüntüler.

İHA'nın sahip olduğu kameranın çektiği bu görüntüler, insan gözünün algılayamadığı dalga boylarını algılayarak bitki sağlığı hakkında bilgi sahibi olmamızı sağlayan vejetasyon indekslerinin üretiminde kullanılmaktadır. Çizelge 3.3'te multispektral kameranın özellikleri verilmiştir. İHA ile geleneksel yöntemlere göre daha detaylı, hızlı ve kolay bilgiler üretilebilmektedir.

Çizelge 3.3 : Multispektral kamera özellikleri (Url-3).

Ögeler	Özellikler
Görüntü Sensörü	1/2.8-inch CMOS
Megapiksel	5 MP
Görüş Alanı (FOV)	73,91°
Eşdeğer Odak Uzaklığı	25 mm
Green Bant (G)	560 ± 16 nm
Red Bant (R)	650 ± 16 nm
Red Edge Bant (RE)	730 ± 16 nm
Near infrared Bant (NIR)	860 ± 26 nm
Maksimum Görüntü Boyutu	2592x1944
Görüntü Formatı	TIFF
Elektronik Deklanşör Hızı	1/30 ~ 1/12800 s

3.1.3 Çalışmada kullanılan yazılımlar

Bu çalışmada kapsamında İnsansız Hava Aracı (İHA) uçuşları yapılması gereklidir. Söz konusu İHA, ağırlığı göz önüne alındığında İHA-0 sınıfı İHA pilotluk ehliyeti ile kullanılabilir. İHA ile yapılan uçuşlar, DJI Pilot yazılımı kullanılarak uçuş yüksekliği (100 metre), bindirme oranı (%80), uçuş hızı gibi uçuş görevini planlamada

ve uçuş görevlerini yürütme imkanı tanımaktadır. İHA ile elde edilen görüntülerin işlenmesinde Agisoft Metashape Professional 2.0.2 yazılımı kullanılmıştır. Agisoft Metashape, gelişmiş bir fotogrametrik yazılım olup, özellikle yüksek çözünürlüklü 3D modeller ve ortofotolar üretmek için tasarlanmıştır. Bu yazılım, çok bantlı görüntülerin işlenmesinde etkin bir şekilde kullanılmakta olup, bu çalışma kapsamında kırmızı, yeşil, kırmızı kenar ve yakın kızılötesi bantlar üzerinden çok bantlı ortofotolar ve çeşitli bitki indeksleri oluşturulmuştur. Oluşturulan indeksler ve ortofotolar “TIFF” formatında kaydedilerek başka yazılımlarda kullanılabilir. .tif formatında kaydedilen ortofotolar ArcGIS ve eCognition yazılımlarına aktararak kontrollü sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma için kullanılmıştır.

TIFF formatında kayı edilen indeksler ve ortofotolardan yararlanılarak oluşturulan sınıflandırma haritaları ArcMap 10.5 yazılımına aktararak ökse otunun konukçu olduğu bitkilerin haritası oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında kullanılan bazı yazılımların logoları Şekil 3.5’te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Çalışma kapsamında kullanılan bazı yazılımların logoları.

3.2 Metot

3.2.1 İHA ile yapılan uçuşlar

İHA ile uçuşlar yapılmadan önce Bolu OBM Aladağ OİM Kökez OİŞ teknik elemanları ile görüşülerek ökse otunun yayılış gösterdiği alanlar hakkında bilgiler alınmıştır. Çalışma sahasında yayılış gösteren göknar üzerinde konukçu olan ökse otu Şekil 3.6’da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 : Gökmar üzerinde ökse otunun görünümü.

Kökez OİŞ içerisinde haritalanmada kullanmak üzere örnekleme yapabilmek için İHA ile uçuşa uygun kalkış noktaları, Google Earth üzerinden yükseklik değerleri ve kalkış için gerekli açıklık ve kontrol kumandası ile İHA arasındaki sinyal mesafesi göz önüne alınarak belirlenmiştir. Çalışma alanında, 24 Temmuz 2023 tarihinde farklı yükseklik ve bindirme oranları kullanılarak test uçuşları gerçekleştirilmiş ve optimum uçuş parametreleri belirlenmiştir. 80 m, 100 m ve 120 m yüksekliklerden alınan görüntüler kullanılarak oluşturulan ortofotolar karşılaştırılmış ve elde edilen verilerin doğruluk,

kapsama alanı ve çözünürlük açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda, geniş alan kapsama kapasitesi ve veri doğruluğu açısından en uygun sonuçları sağladığı belirlenen 100 m yüksekliğin çalışma için en uygun uçuş irtifası olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan uçuşlardan fotoğraflar Şekil 3.7,Şekil 3.8 ve Şekil 3.9’da gösterilmiştir.



Şekil 3.7 : İHA'nın arazide kalkış yapma görünümü.



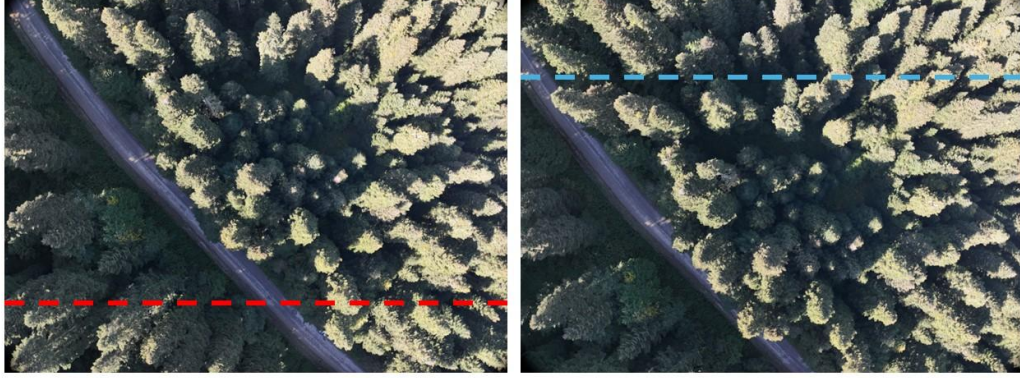
Şekil 3.8 : İHA'nın kontrol kumandası ile kontrolü.



Şekil 3.9 : İHA kontrol kumandası görünümü.

10 Ekim 2023 tarihinde, çalışma alanında beş farklı insansız hava aracı (İHA) uçuşu gerçekleştirilmiştir. Uçuş planlaması, DJI Pilot yazılımı kullanılarak oluşturulmuş ve veri toplama sürecinde optimum parametreler belirlenmiştir. Tüm uçuşlar sırasında, gerçek zamanlı takip (Real-Time Follow) modu etkinleştirilmiş ve yükseklik modu (Altitude Mode) olarak yer seviyesine göre yükseklik (Above Ground Level - AGL) seçilmiştir. Ayrıca, arazi takip sistemi (Terrain Following System) kullanılarak, İHA'nın arazi yüzeyine göre sabit 100 metre yükseklikte uçması sağlanmış ve veri

bütünlüğünü korumak amacıyla görüntü alımında %80 bindirme oranı uygulanmıştır. Bindirme oranı çekilen fotoğraf ile bir sonraki çekilen fotoğraf arasındaki benzerliği göstermektedir. Şekil 3.10'da art arda çekilen iki fotoğrafta bir önceki ve bir sonraki fotoğraflarla arasındaki farklılık kırmızı ve mavi kesikli çizgiler ile gösterilmiştir.



Şekil 3.10 : Art arda çekilen RGB fotoğrafların benzerlik durumu.

Çizelge 3.4 Çizelge 3.4'te yapılan uçuşlar hakkında bilgiler verilmiştir. Çizelgede yapılan uçuşlarda elde edilen fotoğraflar hakkında bilgi verilerken uçuşların yapılış sırasına göre yapıldığı tarihin sonuna numara eklenerek (10/10/23-1, 10/10/23-2, 10/10/23-3, 10/10/23-4, 10/10/23-5) adlandırılmıştır.

Çizelge 3.4 : Yapılan uçuşlar ve verileri hakkında bilgiler.

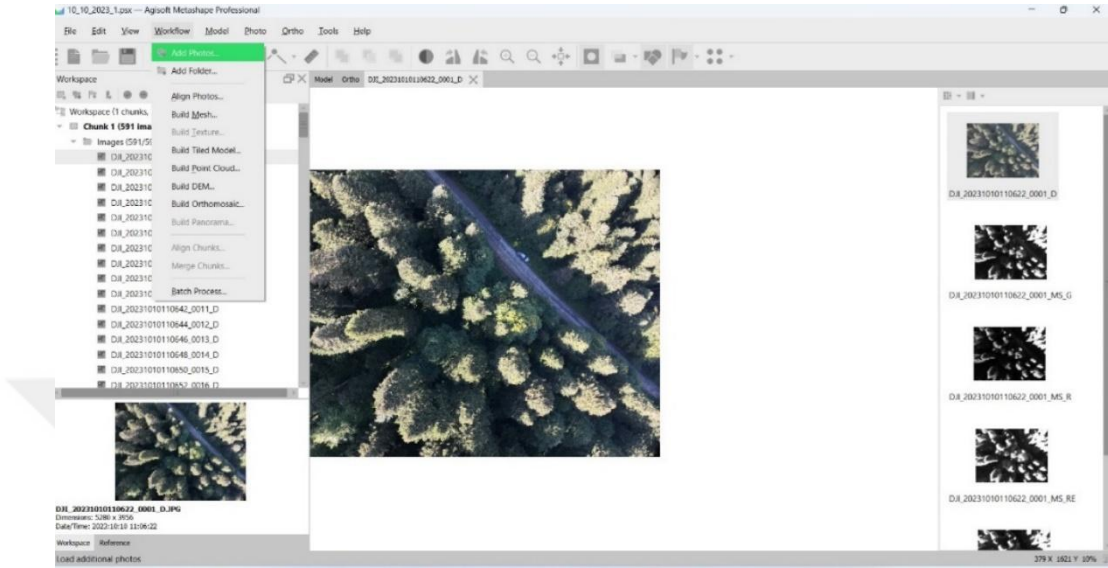
Ölçüt ve Özellikler	10/10/23-1	10/10/23-2	10/10/23-3	10/10/23-4	10/10/23-5
Çekilen Fotoğraf Sayısı	2955	2910	3305	3205	2935
Çekilen Fotoğrafların Boyutu (GB)	26,7	26,8	30,7	29,5	26,7

Yapılan uçuşlarda çekilen fotoğraf sayısı ve boyutu uçuş süresi ve uçuşta taranan alanın büyüklüğünden kaynaklı değişiklik göstermektedir. Ayrıca uçuş süresine pil gücü ve rüzgar şiddeti etki etmektedir.

3.2.2 Verilerin elde edilmesi ve aktarılması

Uçuşlarda çekilen fotoğraflar İHA üzerinde entegre edilen 256 GB mikro SD kart üzerine kayıt edilmektedir. Elde edilen fotoğraflar her bir uçuş için ayrı ayrı olmak üzere otomatik olarak klasörlere ayrılmıştır. Uçuşlar tamamlandıktan sonra İHA üzerine entegre edilen mikro SD kart çıkartılarak çekilen fotoğraflar bilgisayar

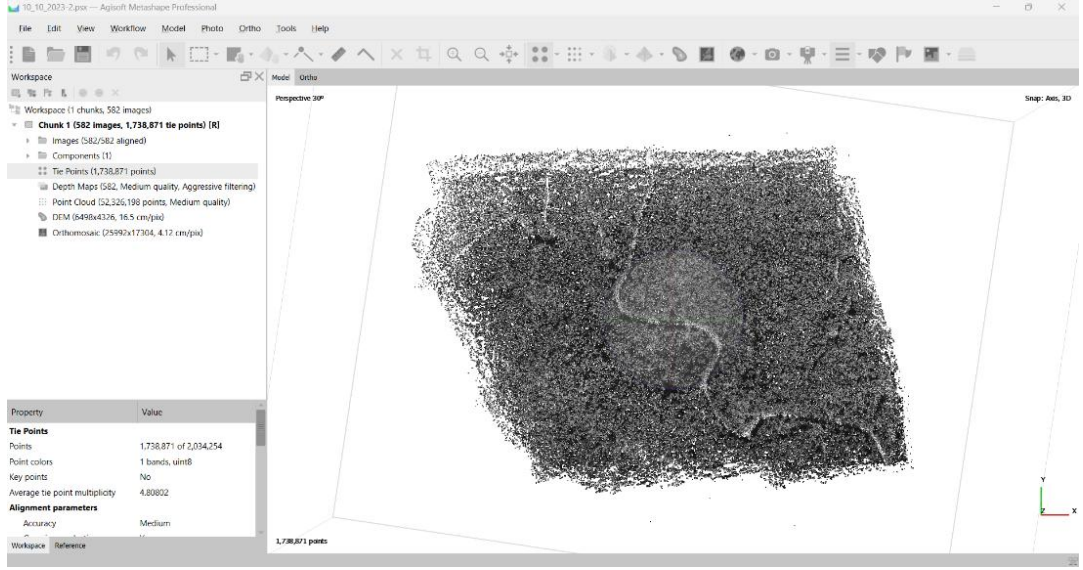
ortamına aktarılmıştır. Uçuşlar sonucunda her bir bant için ayrı ayrı olmak üzere 15310 adet fotoğraf çekilmiş olup toplamda 140,4 GB veri elde edilmiştir. İHA ile çekilen fotoğraflar Şekil 3.11’de görüldüğü üzere bilgisayar ortamında Agisoft Metashape yazılımına aktarılmış tır.



Şekil 3.11 : Elde edilen görüntülerin yazılıma aktarılması.

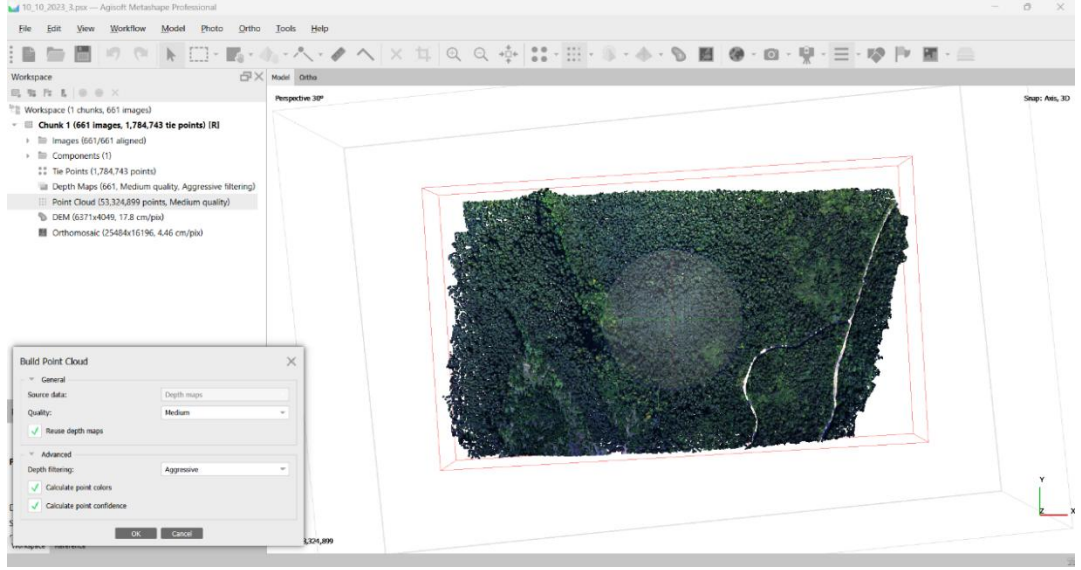
3.2.3 Ortofotoların oluşturulması

Çalışma kapsamında İHA ile elde edilen görüntüler Agisoft Metashape yazılımına aktarılmıştır. Aktarılan fotoğrafların hizalanabilmesi için “Align Photos” komutu kullanılmıştır. Bu işlemde bilgisayar performansı ve zaman yönetimi göz önüne alınarak orta kalite tercih edilmiştir. Bu işlem sonucunda Şekil 3.12’de görülen “Tie Points” ismi verilen bağlantı noktaları elde edilmiştir. Bağlantı noktaları farklı açılardan çekilmiş fotoğraflar üzerinde aynı fiziksel noktalara karşılık gelen noktaları temsil etmektedir. Yazılım bu işlemi otomatik olarak yapmaktadır. Bu noktalar yazılımın çeşitli geometrik ilişkileri anlamasına ve birleştirmesine olanak tanımaktadır. Kalite artırılarak oluşturulan modelin kalitesi ve çözünürlüğü de artırılabilir. Çalışma kapsamında 5 farklı bağlantı noktaları katmanı oluşturulmuş olup bu bağlantı noktaları ortalama 1709067,2 noktadan oluşmaktadır. Ortalama hizalama süresi 1 saatin üzerinde iken eşleştirme süresi 2 saatten daha uzun zaman almaktadır. Bu işlem her bir uçuş için ayrı ayrı olmak üzere ortalama 3 saatin üzerinde zaman almaktadır.



Şekil 3.12 : Tie points (bağlantı noktaları).

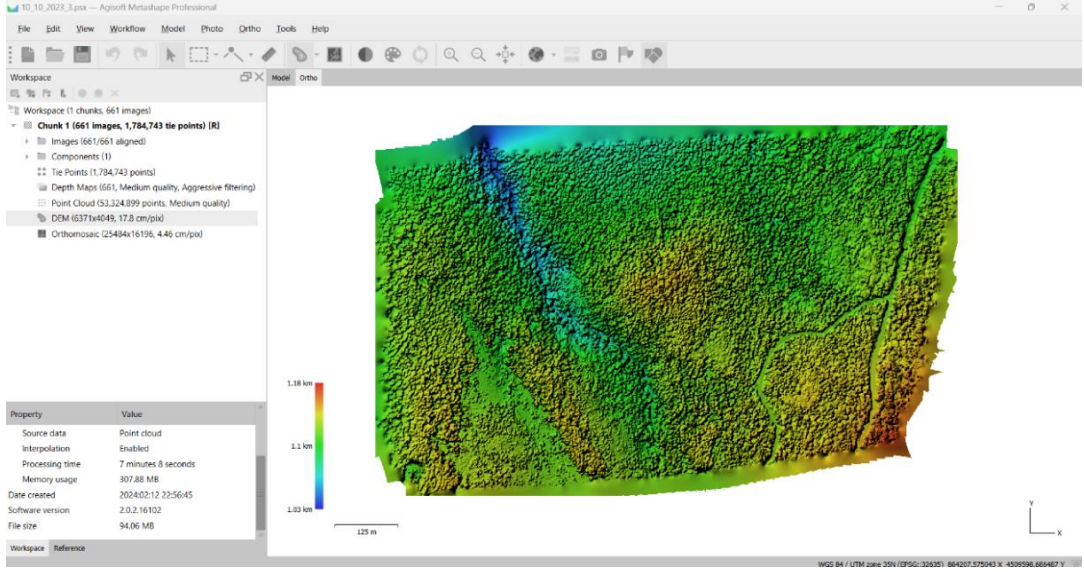
Daha önce belirtildiği gibi “Tie Points” ile hizalanarak her bir fotoğrafın birbirine göre konumu ve oryantasyonu belirlenmiştir. Yazılım daha önceden oluşturulan bağlantı noktalarını, yoğun nokta bulutu için altlık olarak kullanılmaktadır. Nokta bulutu “Build Point Cloud” komutu ile oluşturulmaktadır. Kalite olarak düşük, orta, yüksek ve ultra olmak üzere seçeneklerinden bilgisayar performansı ve zaman yönetimi gözetilerek Şekil 3.13’te de görüldüğü üzere “Medium” (orta) kalite tercih edilmiştir. Yüksek kalite ayarları daha fazla detay sunarken işlem süresini ve bilgisayar gerekliliklerini artırmaktadır. Derinlik filtrasyonunda seçenek olarak devre dışı bırak, hafif, ılımlı ve sert bulunmaktadır. Çalışma kapsamında ormanlık alanlarda çalışıldığı için Şekil 3.13’te de görüldüğü üzere “aggressive” (aşırı) tercih edilmiştir. Derinlik filtrasyonu ile nokta bulutu üzerinde istenmeyen noktalar ve gürültüyü otomatik olarak temizleyerek daha net sonuçlar elde edilmektedir.



Şekil 3.13 : Build point cloud komutu.

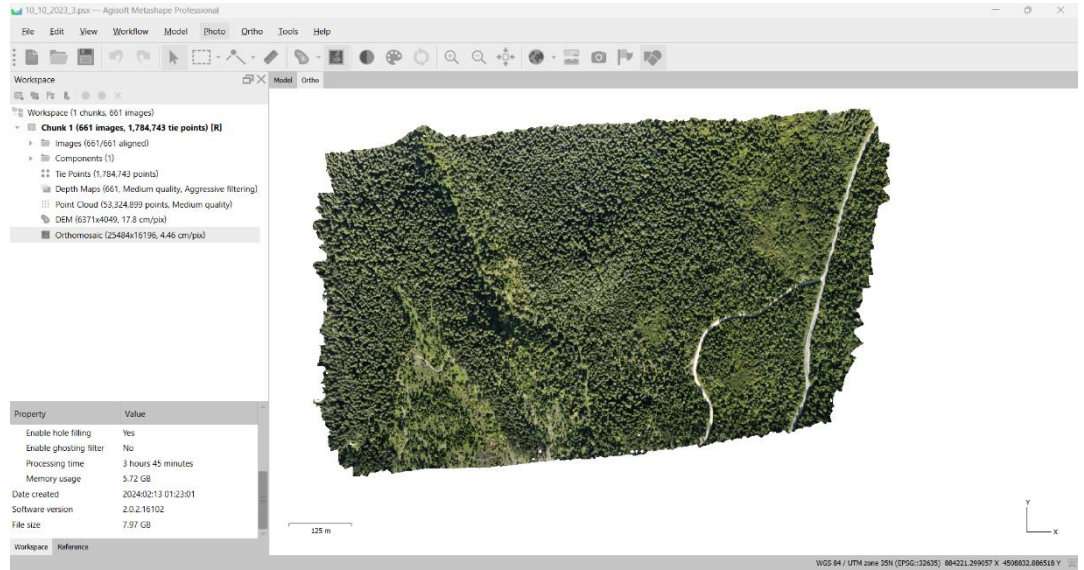
Yoğun nokta bulutu 3D rekonstrüksiyon sürecinde önemli bir adımdır. Bu komut, hizalanmış fotoğraflardan 3D nokta bulutları oluşturarak fotoğrafların temsil ettiği sahneyi üç boyutlu olarak modellemektedir. Bu nokta bulutu, sahnenin detaylı bir 3D rekonstrüksiyonunu içerdiği gibi her bir nokta, sahnenin bir parçasının 3D koordinatlarını temsil eder. Çalışma kapsamında her uçuş için ayrı ayrı yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Oluşturulan yoğun nokta bulutları ortalama olarak 53448.2364 noktadan oluşmaktadır. Ortalama üretim süresi ise 3 saatin üzerindedir. Bu süre bilgisayar performansına göre farklılık göstermektedir.

Yazılım yoğun nokta bulutunu altlık olarak kullanarak Digital Elevation Model (DEM - Dijital Yükselti Modeli) oluşturmaktadır. Bu komut ile çekilen fotoğraflar içerisinde gömülü olarak bulunan yükseklik bilgisinden bir model oluşturulmaktadır. Şekil 3.14'te gösterilen DEM, arazinin yüzey şeklini, yükseltisini, topoğrafyasını sunan bir veri setidir. Üretim süresi bilgisayar performansına göre değişmekle beraber birkaç dakika sürmektedir. Her bir uçuş için ayrı ayrı DEM oluşturulmuş olup ortalama çözünürlük 18.88 cm/pikseldir. Çalışma alanı projeksiyon sistemi WGS UTM Zone 35N olarak seçilmiştir.



Şekil 3.14 : DEM görünümü.

Son adım olarak ise ortofoto üretimi yapılmaktadır. “Build Orthomosaic” komutu ile ortofoto oluşturulmaktadır. Ortofoto havadan çekilen fotoğraflar, bu fotoğrafların hizalanması ve DEM’i altlık olarak kullanılarak yüksek çözünürlüklü, ölçekli, koordinatlı ve düzeltilmiş bir görüntü sunmaktadır. Yazılım ile gerekli görülürse oluşturulan ortofoto üzerinde renk düzeltmesi yapılabilmektedir. Her bir uçuş için ayrı ayrı ortofoto oluşturulmuş olup ortalama çözünürlükleri ise 4.72 cm/pikseldir. Ortalama üretim süresi ise 3 saatin üzerindedir. Şekil 3.15’te oluşturulan ortofotolardan biri gösterilmektedir.

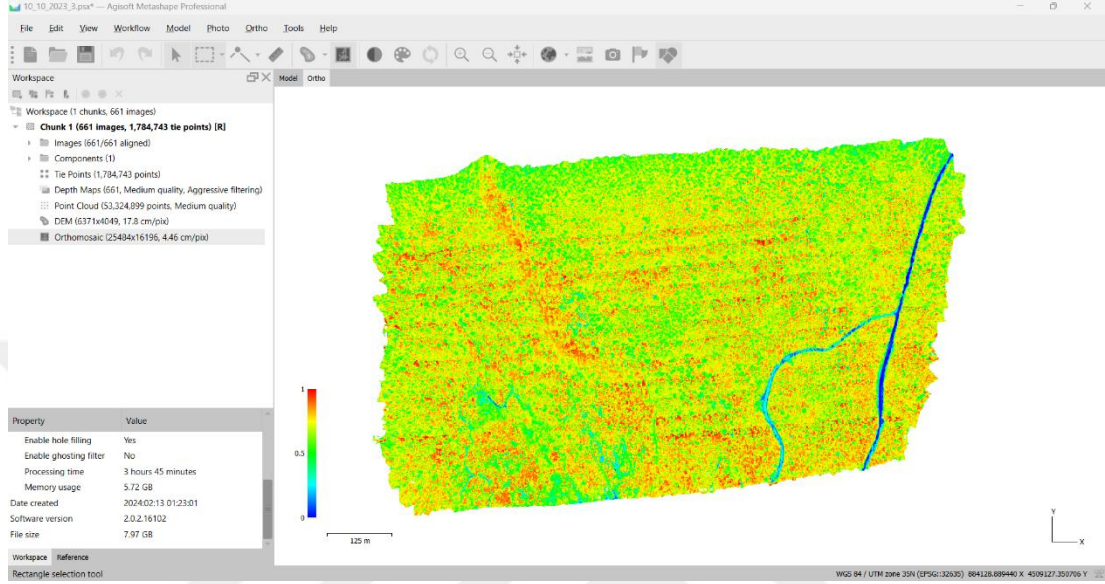


Şekil 3.15 : Ortofoto görünümü.

Ortofotolar “*.tif” formatında kaydedilerek farklı yazılımlarda kullanılabilir.

3.2.4 İndekslerin oluşturulması

Agisoft Metashape yazılımında “Set Raster Transform” komutu ile kullanmak istenilen formül kullanılarak bitki indeksleri üretilmektedir. Burada önemli olan kullanılacak formülün belirlenmesidir. Şekil 3.16’da üretilen NDVI gösterilmektedir.



Şekil 3.16 : Üretilen NDVI.

3.2.5 Görüntü sınıflandırma ve analiz

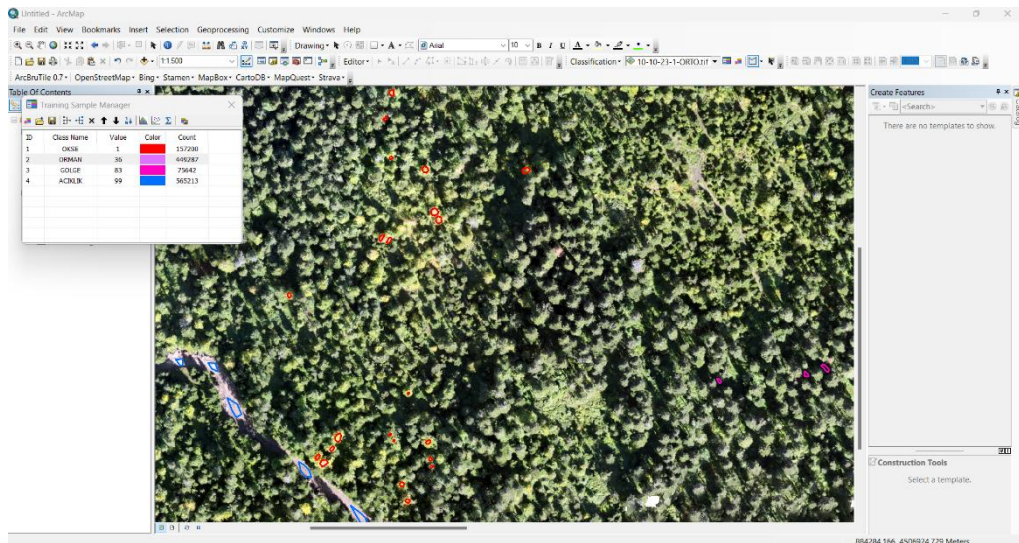
Görüntü sınıflandırma işlemi için ArcGIS ve eCognition yazılımları kullanılmıştır. Bu iki yazılım ile farklı sınıflandırma yöntemleri çalışma kapsamında kullanılmış olup karşılaştırılmıştır. ArcGIS ile piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma (Maximum Likelihood Classification) eCognition ile de nesne tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. eCognition yazılımında nesne tabanlı sınıflandırma yapmak için segmentasyon (Multiresolution segmentation) işlemi kullanılmıştır.

3.2.5.1 Piksel tabanlı sınıflandırma

Piksel tabanlı sınıflandırma, uzaktan algılama verilerinin analizinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem, uydu veya İnsansız Hava Araçları (İHA) gibi platformlardan elde edilen görüntülerin her bir pikselini, belirli bir sınıfa atamak amacıyla analiz etmeye dayanmaktadır. Piksel tabanlı sınıflandırma, genellikle kontrollü ve kontrolsüz olmak üzere iki ana yaklaşım içermektedir (Demir, 2017; Göze, 2024).

Kontrollü sınıflandırma, kullanıcının belirli sınıfları temsil eden örnek pikselleri seçtiği bir sürece dayanmaktadır. Bu işlem sırasında kullanıcı, belirli alanlardan referans veri (eğitim alanları) seçerek, bu alanların spektral özelliklerine göre diğer tüm piksellerin sınıflandırılmasını sağlamaktadır. Eğitim alanları kullanılarak, benzer spektral özelliklere sahip pikseller gruplandırılır ve belirli sınıflara atanır. Bu süreçte, kullanıcının bilgi ve deneyimi, sınıflandırmanın doğruluğunu doğrudan etkilemektedir. Kontrolsüz sınıflandırma ise kullanıcı müdahalesi olmadan otomatik olarak gerçekleştirilir. Bu yöntemde, yazılım, görüntüdeki pikselleri spektral benzerliklerine göre gruplar ve sınıflandırır. Kontrollü sınıflandırma yönteminde olduğu gibi eğitim alanlarına ihtiyaç duyulmaz, ancak elde edilen sonuçlar genellikle daha az güvenilir olabilir ve anlamlı sonuçlar elde etmek için ek doğrulama gerekebilir. Piksel tabanlı sınıflandırma, özellikle düşük mekânsal çözünürlüklü görüntülerde tercih edilirken, yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerde nesne tabanlı sınıflandırmanın daha etkili olduğu görülmüştür. Piksel tabanlı yöntem, her bir pikselin bağımsız olarak ele alındığı bir yaklaşıma dayanır; bu durum, yüksek çözünürlüklü görüntülerde, spektral karışıklıklara yol açabileceği gibi, komşu pikseller arasındaki ilişkileri göz ardı etmektedir (Altunkaya ve Yastıklı, 2011; Gürbüz ve Türker, 2017).

Çalışma kapsamında ArcGIS üzerinde yapılan kontrollü sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan sınıflandırma ökse otu bulunan alanlar, diğer ormanlık alanlar, gölge kısımlar ve açıklık alanlar olmak üzere 4 sınıf üzerinde sınıflandırma yapılmıştır. Her sınıf için ayrı ayrı imza toplanmış Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



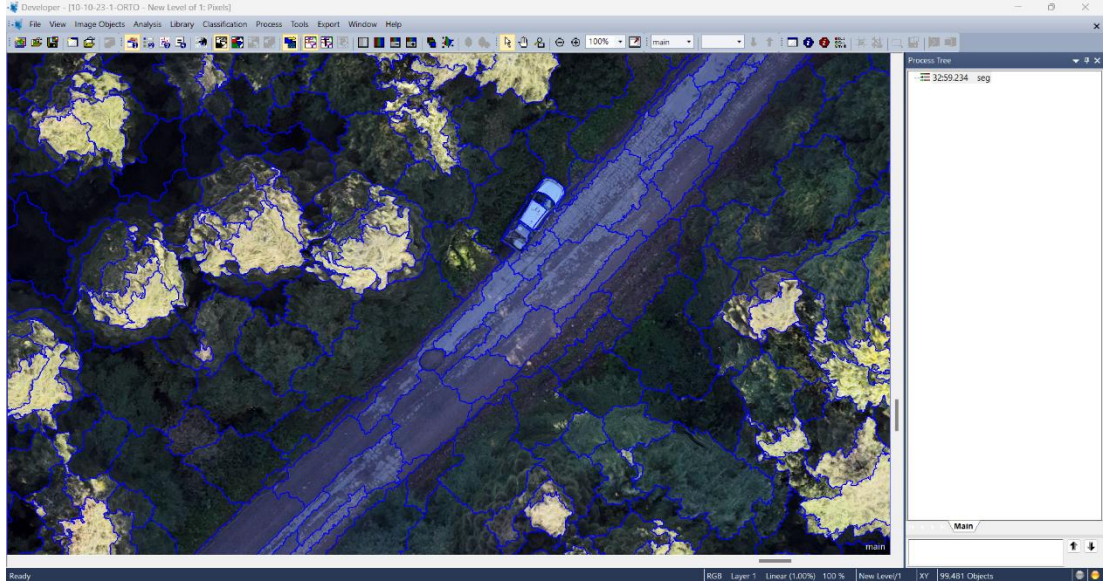
Şekil 3.17 : Kontrollü sınıflandırma için toplanan imzalar.

Sonuç olarak, piksel tabanlı sınıflandırma, uzaktan algılama çalışmalarında sıkça kullanılan bir yöntem olmasına rağmen, yüksek çözünürlüklü verilerle çalışırken nesne tabanlı yaklaşımlar daha avantajlı olabilir. Ancak, piksel tabanlı yöntem, basitliği ve düşük çözünürlüklü verilerde sağladığı etkinlik nedeniyle, hala birçok uygulamada tercih edilen bir sınıflandırma tekniğidir.

3.2.5.2 Nesne tabanlı sınıflandırma

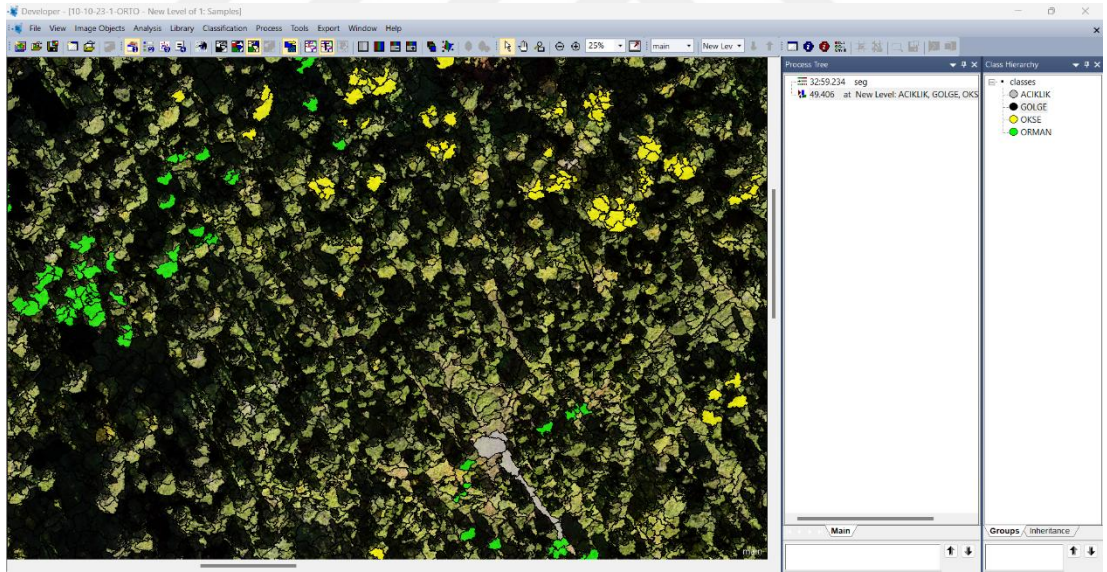
Nesne tabanlı sınıflandırma, uzaktan algılama ve görüntü analizinde kullanılan, piksellerin tek başına değerlendirilmesi yerine, piksel gruplarının veya segmentlerin dikkate alındığı bir yaklaşımdır. Bu yöntem, özellikle yüksek mekânsal çözünürlüklü görüntülerde daha etkili sonuçlar vermekte olup, pikseller arası ilişkileri ve komşuluk özelliklerini göz önünde bulundurur. Bu sınıflandırma yönteminde, görüntüler önce segmentlere ayrılmaktadır. Kısaca açıklamak gerekirse segmentasyon işlemi, benzer özelliklere sahip piksel grupları bir araya getirerek bir nesne olarak ele alınmasını sağlayan bölütlemedir. Nesnelerin bu şekilde oluşturulması, sadece piksellerin spektral özelliklerine değil, aynı zamanda şekil, doku ve bağlam bilgilerine de dayalı olarak yapılmaktadır. Bu, nesne tabanlı sınıflandırmayı daha esnek ve güçlü bir yöntem haline getirmektedir. Çünkü bu yaklaşım, bir bölgenin homojenliği ve piksellerin birbirleriyle olan ilişkileri hakkında daha fazla bilgi sağlamaktadır. Nesne tabanlı sınıflandırmanın avantajlarından biri de piksellerin oluşturduğu grupların, bireysel piksellerin tek başına sağlayamayacağı anlamlı bilgiler sunabilmesidir. Bu yaklaşım ile özellikle yapısal benzerliklerin bulunduğu görüntülerde, yollar, binalar, tarım alanları gibi belirgin nesnelerin daha doğru ve tutarlı bir şekilde tanımlanmasını sağlanmaktadır. Bu da, piksel tabanlı sınıflandırmanın karşılaşılabileceği spektral karışıklıkların ve anlamsız sonuçların önüne geçmektedir. Ayrıca, nesne tabanlı sınıflandırma, bulanık mantık gibi daha karmaşık analiz yöntemlerini de destekleyebilir. Bu sayede, belirsiz özellikler sınıflandırma sürecine dâhil edilebilir, bu da doğruluğu artırır. Bu yöntem, piksellerin tek tek sınıflandırıldığı piksel tabanlı yaklaşımlarla karşılaştırıldığında, daha anlamlı ve detaylı sonuçlar üretebilir (Altunkaya ve Yastıklı, 2011; Gürbüz ve Türker, 2017).

Çalışma kapsamında yapılan segmentasyon görüntüsü Şekil 3.18’de gösterilmiştir. Segmentasyon işlemi ile benzer nitelikteki pikseller komşuluk durumları da esas alınarak parçalara ayrılmıştır.



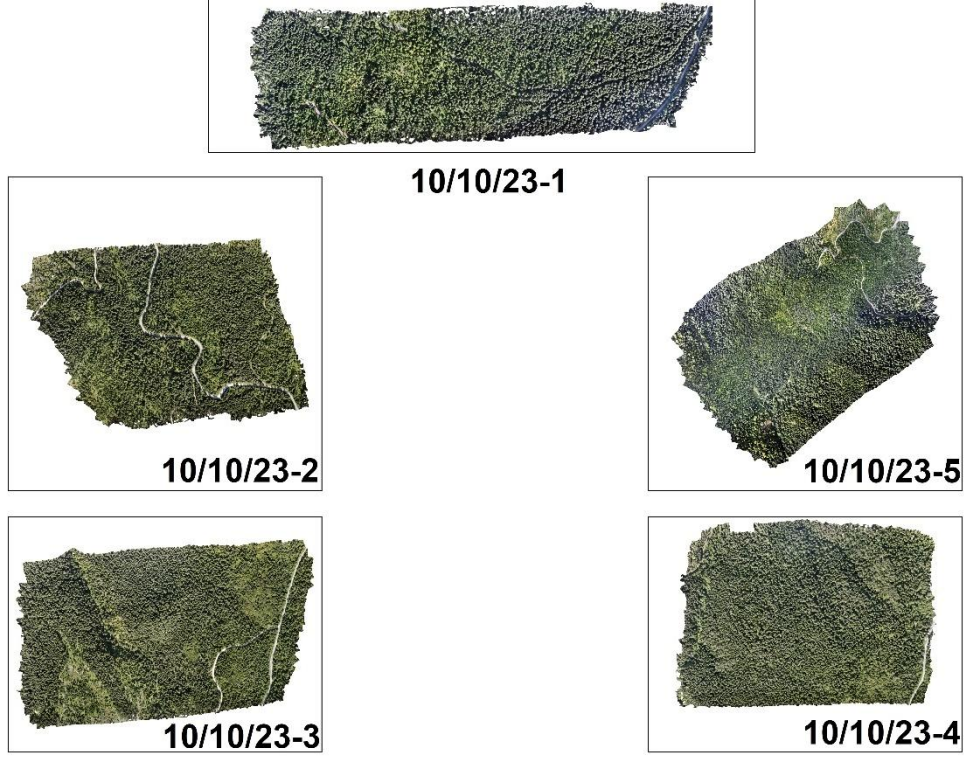
Şekil 3.18 : Multiresolution segmentation işlemi.

Çalışma kapsamında 4 sınıf belirlenmiş olup her bir sınıf için eğitim amaçlı imza alanları seçilmiştir. Sınıflar ökse otu, orman, gölge ve açıklık alanlardan oluşmaktadır. Toplanan imzaların görüntüsü Şekil 3.19’da gösterilmektedir.



Şekil 3.19 : İmza görüntüsü.

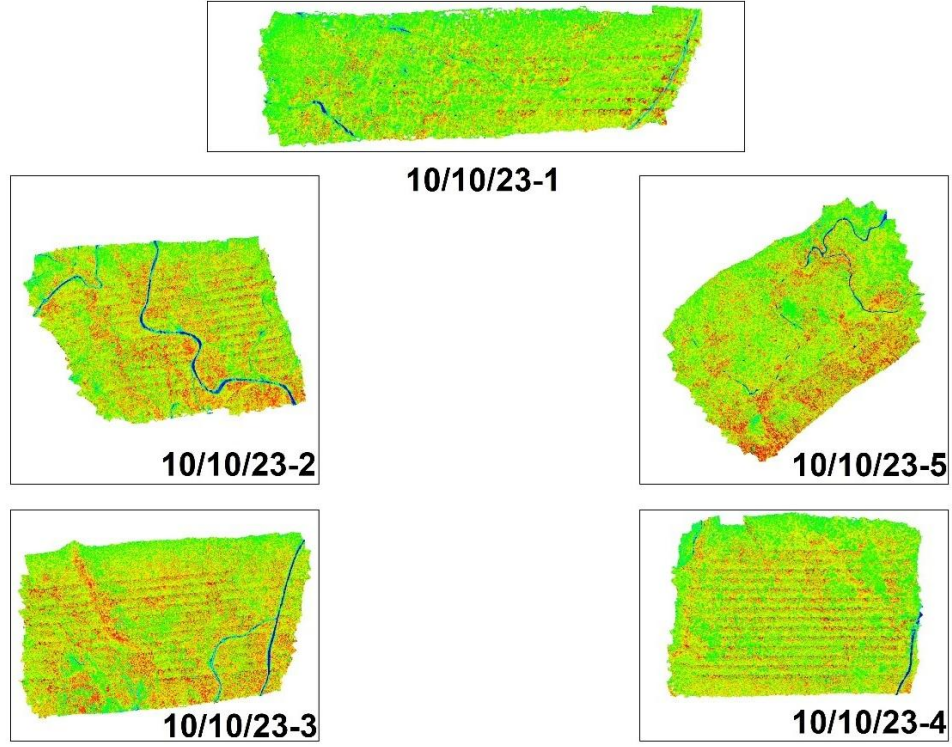
Sonuç olarak, nesne tabanlı sınıflandırma, yüksek çözünürlüklü verilerin analizinde ve belirgin yapısal özelliklere sahip alanlarda daha başarılı sonuçlar vermektedir. Bu yöntem, görüntülerin daha geniş bir bağlamda değerlendirilmesine olanak tanıyarak, daha doğru ve anlamlı sınıflandırmalar yapılmasını sağlamaktadır. Nesne tabanlı yaklaşımlar, uzaktan algılama çalışmalarında giderek daha fazla tercih edilmektedir ve birçok bilimsel araştırmada kritik bir rol oynamaktadır.



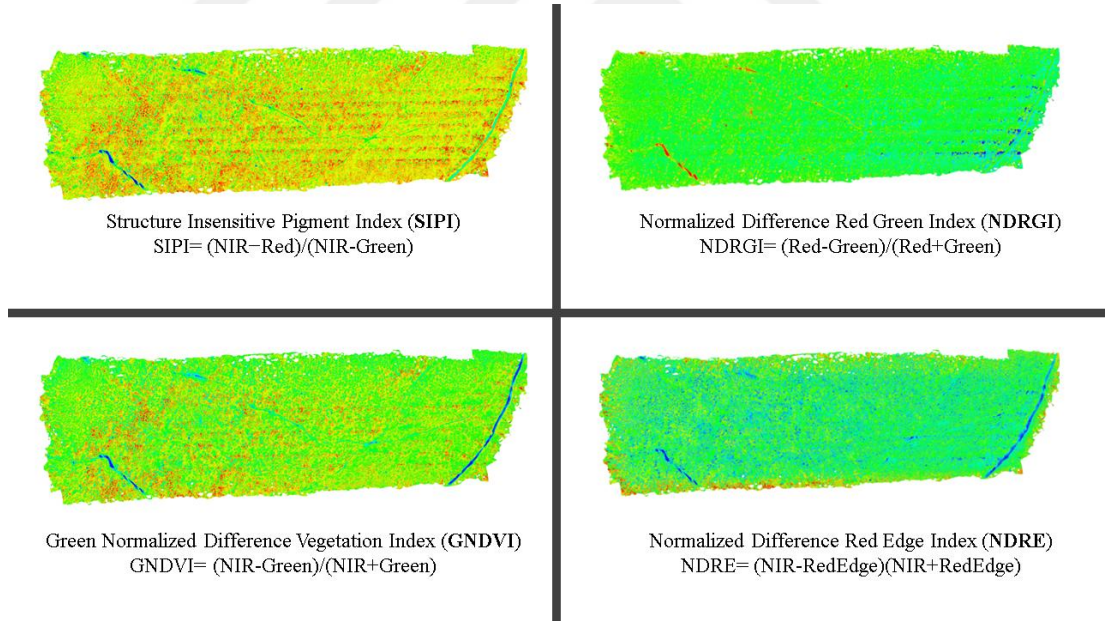
Şekil 4.2 : Üretilen ortofotolar.

4.1.2 İndeksler

Üretilen her bir çok bantlı ortofoto için bitki indeksi olan NDVI üretilmiştir. Üretilen NDVI görüntüsü Şekil 4.3’de gösterilmektedir. Yapılan çalışma kapsamında NDVI indeksinin direkt olarak ökse otunun tespitinde etkisi olmadığı görülmüştür. NDVI’nin ökse otunun belirlenmesi için yeterli spektral fark yaratmadığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak ökse otunun yeşil renkte yansıma yapması ile sağlıklı ormandan ayrımının söz konusu olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca çalışma kapsamında GNDVI, NDRE, NDRGI ve SIPI indeksleri incelenmiş olup Şekil 4.4’te gösterilen bu indekslerden de anlamlı bir sonuca ulaşılammıştır. Bu indekslerin çalışma kapsamında tercih edilme nedeni, kullanılan multispektral kameranın Kırmızı (Red), Yeşil (Green), Kırmızı Kenar (Red Edge) ve Yakın Kızılötesi (Near Infrared - NIR) bantlarına sahip olması ve bu bantlar kullanılarak ilgili indekslerin hesaplanabilmesidir. Bu sayede, bitki sağlığı, klorofil içeriği ve stres faktörlerinin değerlendirilmesi için uygun spektral analizlerin gerçekleştirilmesi mümkün hale gelmiştir.



Şekil 4.3 : Uçuşlardan üretilen NDVI görüntüsü.

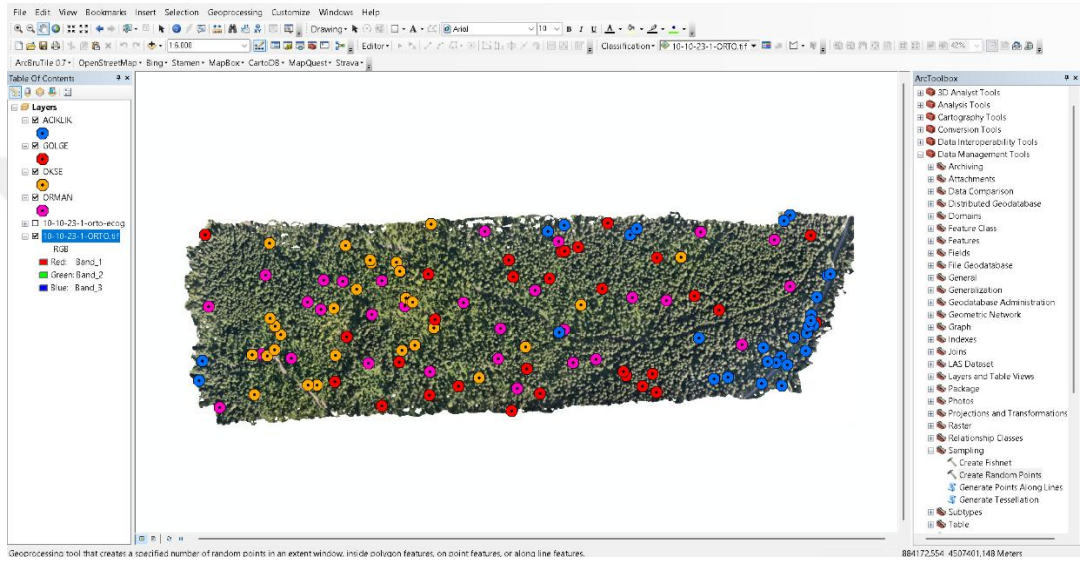


Şekil 4.4 : Uçuşlardan üretilen indeksler.

4.1.3 Sınıflandırma ve analizi

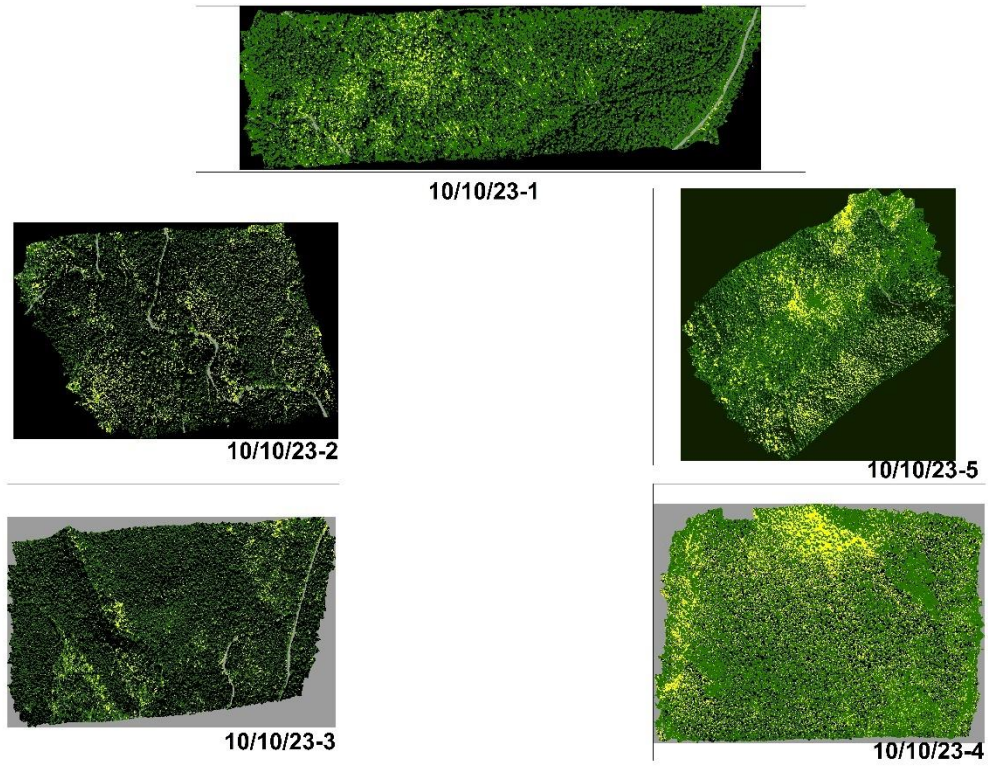
Çalışma kapsamında ArcGIS üzerinde piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma ve eCognition yazılımında nesne tabanlı sınıflandırma yapılmıştır. Sarı renk ökse otu bulunan alanları, siyah renk gölgeli alanları, yeşil renk diğer orman alanlarını ve gri renk ise açıklık ve diğer alanları temsil etmektedir. Sınıflandırmanın başarısını

ölçebilmek için Şekil 4.5'te görüldüğü üzere her sınıf başına 30 tane olacak şekilde rastgele nokta ArcGIS üzerinde “Create Random Points” komutu ile oluşturulmuştur. Oluşturulan noktalar üzerinde üretici doğruluğu ve kullanıcı doğruluğu analiz edilmiştir. Sınıflandırmanın başarısını ölçmek için bu noktalardan yararlanılarak Cohen’s Kappa istatistiği hesaplanmıştır. Kappa değeri 0 ise uyuşma olmadığını, 0,61-0,8 arası uyumlu olduğunu ve 0,81-1 arası ise mükemmel bir uyumun olduğunu göstermektedir (Landis ve Koch, 1977). 0,6 ve üzeri çalışmamızda başarılı görülmüştür.



Şekil 4.5 : Üretilen rastgele noktalar.

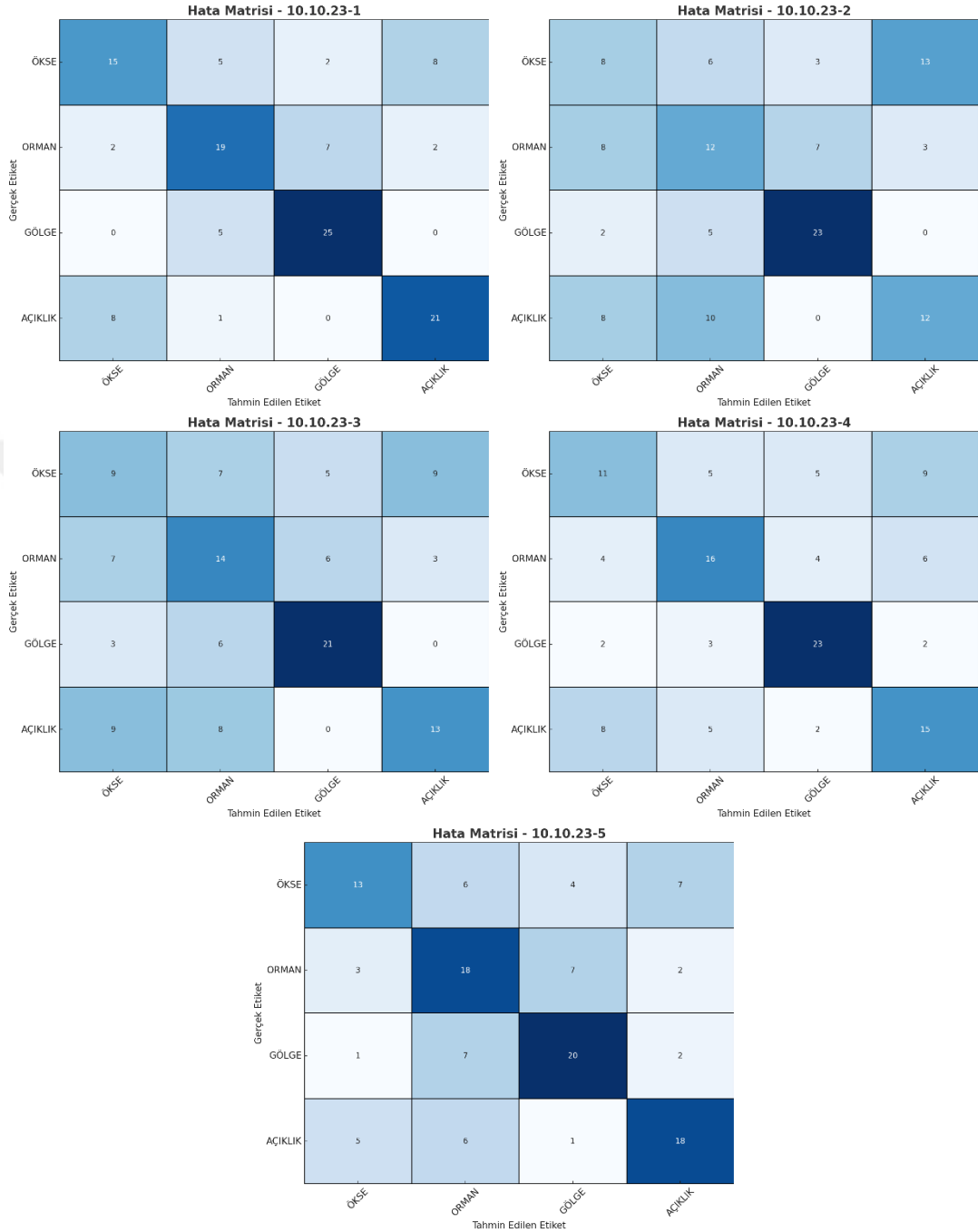
4.1.3.1 Pikel tabanlı sınıflandırma ve analizi



Şekil 4.6 : Pikel tabanlı kontrollü sınıflandırma haritaları.

Şekil 4.6’da görülen piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmanın başarısını ölçmek için kappa hesaplanmıştır. Yapılan sınıflandırmaların hata matrisleri oluşturulmuştur. Şekil 4.7’de gösterilmektedir. Oluşturulan hata matrisleri arasında en iyi sonuç 10/10/23-1 uçuşa ait sınıflandırmadadır. Ancak genel olarak piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmada doğru tahminler sayıca ortalama performans göstermesine rağmen ökse ile açıklık arasında oluşan yanlış tahminler sınıflandırmanın başarısını düşürmüştür. Özellikle gölge sınıfında yapılan tahminlerde yanlışlık azdır. Genel olarak sınıflandırmanın performansı kötü olup bazı sınıflar arasında karmaşıklık yaşandığı tespit edilmiştir. Bu durumda sınıflandırma başarısına etki etmiştir. Genel olarak bu çalışmada yapılan piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmaların başarısı düşük olup başarılı bulunmamıştır. Pikel tabanlı kontrollü sınıflandırma yönteminin başarısız sonuçlar üretmesinin temel nedeninin, çok yüksek çözünürlüklü ortofoto verisi üzerinde çalışılması sonucunda anlamlı bilgi içermeyen piksellerin (gürültünün) fazlalığı olduğu düşünülmektedir. Sınıflandırma doğruluğunu artırmak amacıyla her sınıf için daha fazla eğitim (imza) verisi toplanmasının gerekli olduğu öngörülmektedir. Ancak bu durum, işlem süresinin uzamasına ve veri kümesinin büyük bir bölümünün eğitim amacıyla ayrılmasına yol açarak, sınıflandırma sürecine

dahil edilen verinin sınırlı kalmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, sınıflandırma işlemi bilimsel geçerliliğini yitirme riski taşımaktadır.



Şekil 4.7 : Pksel tabanlı sınıflandırmasının hata matrisleri.

Yapılan piksel tabanlı kontrollü sınıflandırmalara ait kappa değerleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. En yüksek başarı 10/10/23-1 uçuşa ait sınıflandırmada olduğu tespit edilmiştir. Sınıflandırmaların başarısına etki eden en büyük etkenlerden birinin komşuluk ilişkilerini baz almamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü oluşturulan ortofotolar oldukça hassas (ortalama çözünürlük 18,88 cm/piksel)

olmasından kaynaklı 1 piksel alanı 0,03 m²'ye karşılık gelmektedir. Bu durum da Şekil 4.8'de de görüldüğü üzere sınıflandırmaların genelinde anlamsız(gürültü) sonuçlara neden olabilmektedir. Sınıflandırmada gürültü olarak adlandırılan bu durumda alan gerçekte ormandan oluşmasına rağmen gölge ve ökse otuna ait pikseller oluştuğu görülmüştür.

Çizelge 4.1 : Piksel tabanlı sınıflandırmanın başarısı.

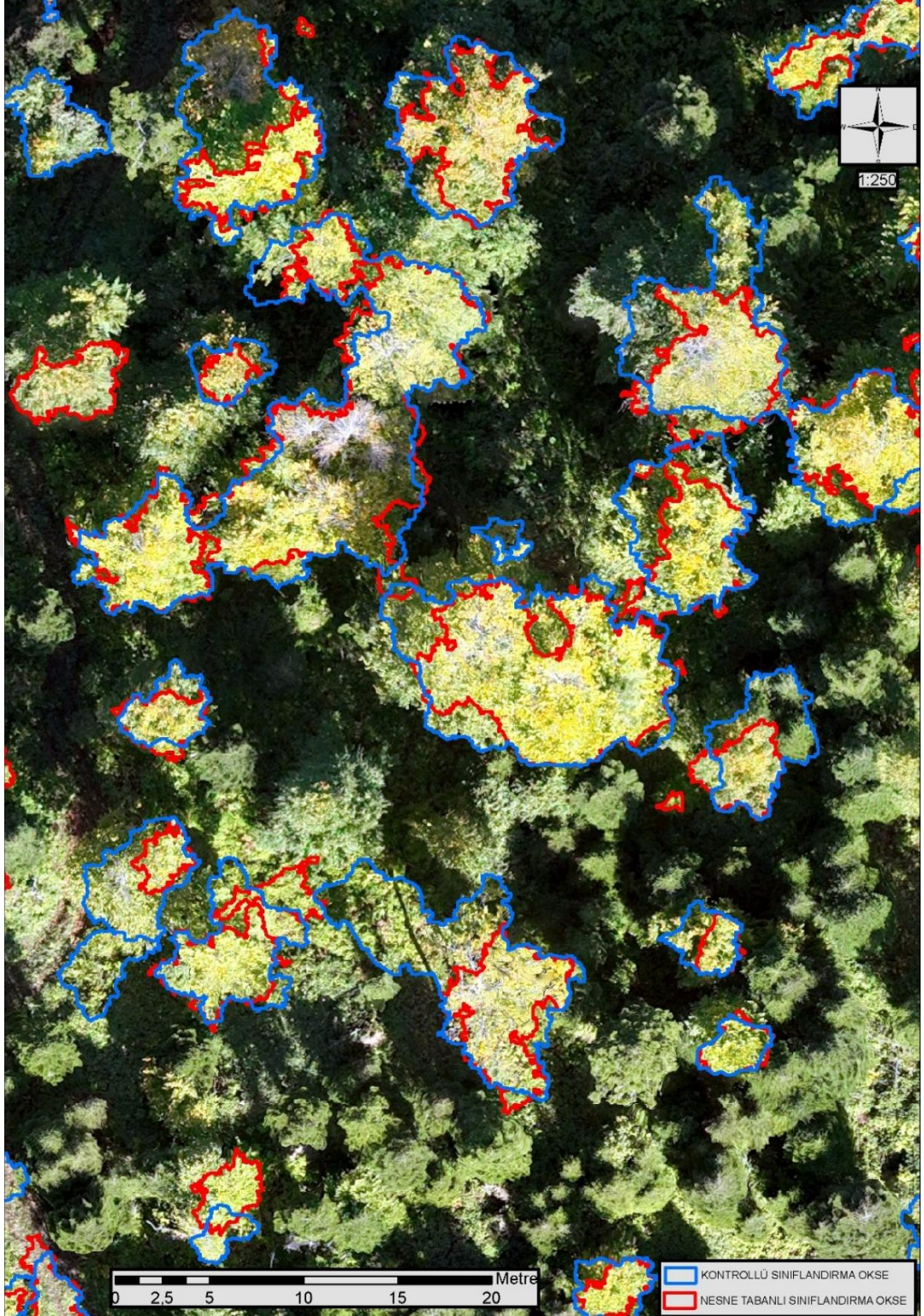
Adı	Kappa
10/10/23-1	0,56
10/10/23-2	0,28
10/10/23-3	0,30
10/10/23-4	0,39
10/10/23-5	0,43

Piksel çözünürlüğü yüksek olmasından kaynaklı olarak pikseller yansıma değerleri piksellerin komşu olmasına rağmen farklı sınıflara ayrıldığı görülmüştür. Bu durum sınıflandırmanın başarısını olumsuz etkilemiştir. Sınıflandırmanın başarısını yükseltmek için piksel tabanlı sınıflandırma yöntemi, çözünürlüğü daha düşük verilerde kullanılabilir. Ayrıca piksel tabanlı sınıflandırmada kullanılan eğitim alanlarının (imza) sayısı artırılarak yeniden sınıflandırmalar yapılabilir.

Her iki sınıflandırma yöntemi 1/250 ölçekte aynı çalışma alanı üzerinde kesiştirilerek aralarındaki farklılıklar analiz edilmiştir (Şekil 4.9). Karşılaştırma, her iki yöntemin de en başarılı sonuçları elde ettiği 10/10/23-1 verisi üzerinden gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, piksel tabanlı sınıflandırma yönteminin, nesne tabanlı sınıflandırmaya kıyasla daha düşük doğruluk oranına sahip olduğunu göstermektedir. Bu doğruluk farkının, piksel tabanlı sınıflandırmada oluşan gürültü etkisi ve komşuluk ilişkilerinin sınırlı olması gibi faktörlerden kaynaklandığı değerlendirilmektedir.



Şekil 4.8 : Kontrollü sınıflandırmada oluşan anlamsız pikseller (gürültü).

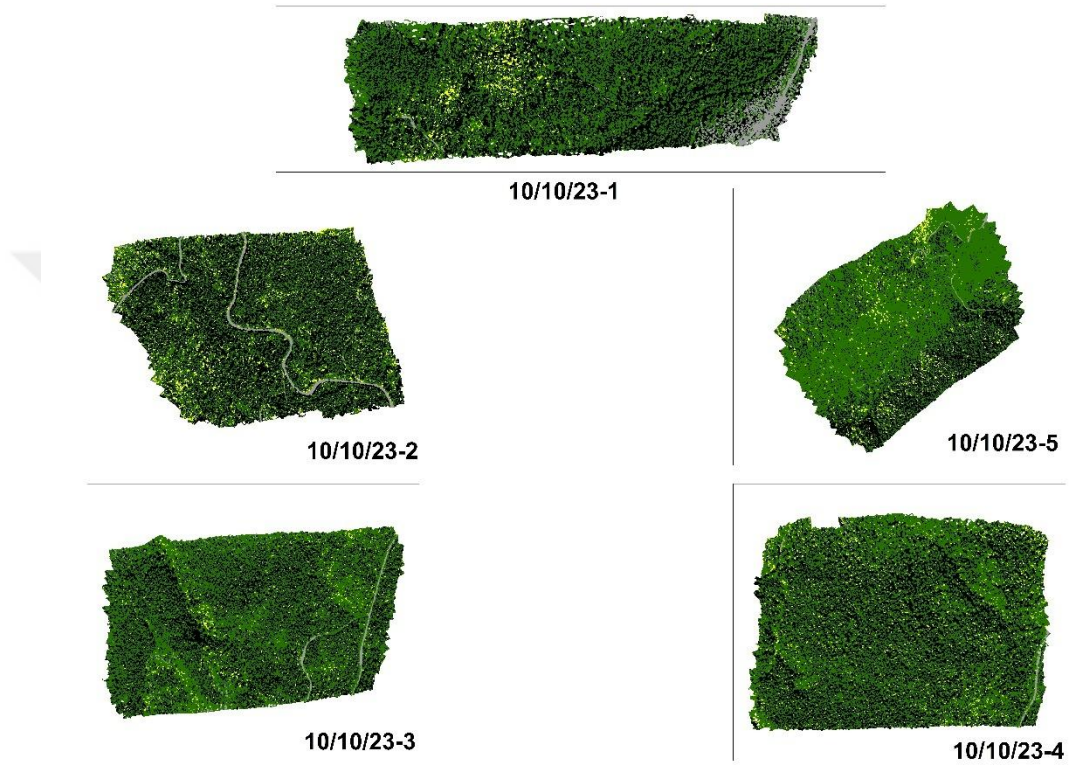


Şekil 4.9 : Her iki sınıflandırmanın karşılaştırılması.

4.1.3.2 Nesne tabanlı sınıflandırma ve analizi

Nesne tabanlı sınıflandırma yapmak için eCognition Developer yazılımı kullanılmıştır. Yazılım üzerinden “Multiresolution segmentation” komutu ile piksellerin komşuluk özellikleri de göz önüne alınarak yazılım tarafından otomatik olarak parçalara

(bölütleme) ayrılmıştır. Segmentasyon işleminde kullanılan parametreler sırasıyla ölçek parametresi 100, şekil parametresi 0,5 ve yoğunluk parametresi 0,5 olarak tüm ortofotolarada aynı olarak kullanılmıştır. Ayrıca ayrılan 4 sınıf ile ökse otu bulunan, diğer orman, gölgelik ve açıklık alanları kapsamaktadır. Yazılıma her sınıf için ayrı ayrı olarak eğitim için örnek parçalar (imza) seçilerek eğitim tamamlanmıştır. Yapılan sınıflandırmalar Şekil 4.10’da gösterilmiştir.

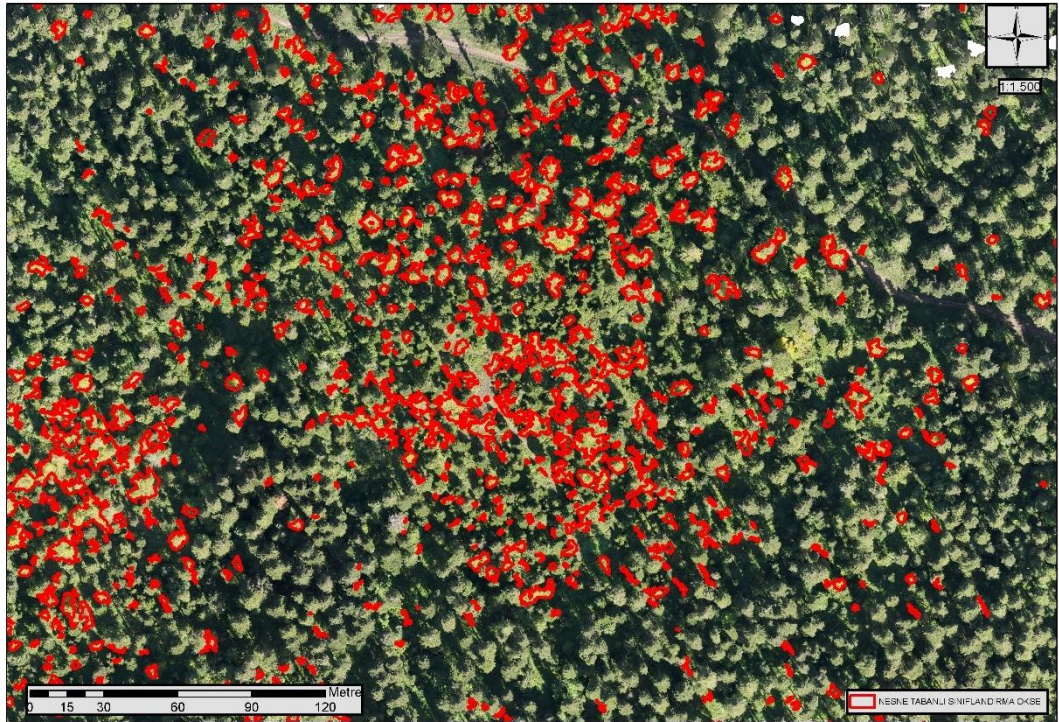


Şekil 4.10 : Nesne tabanlı sınıflandırma haritaları.

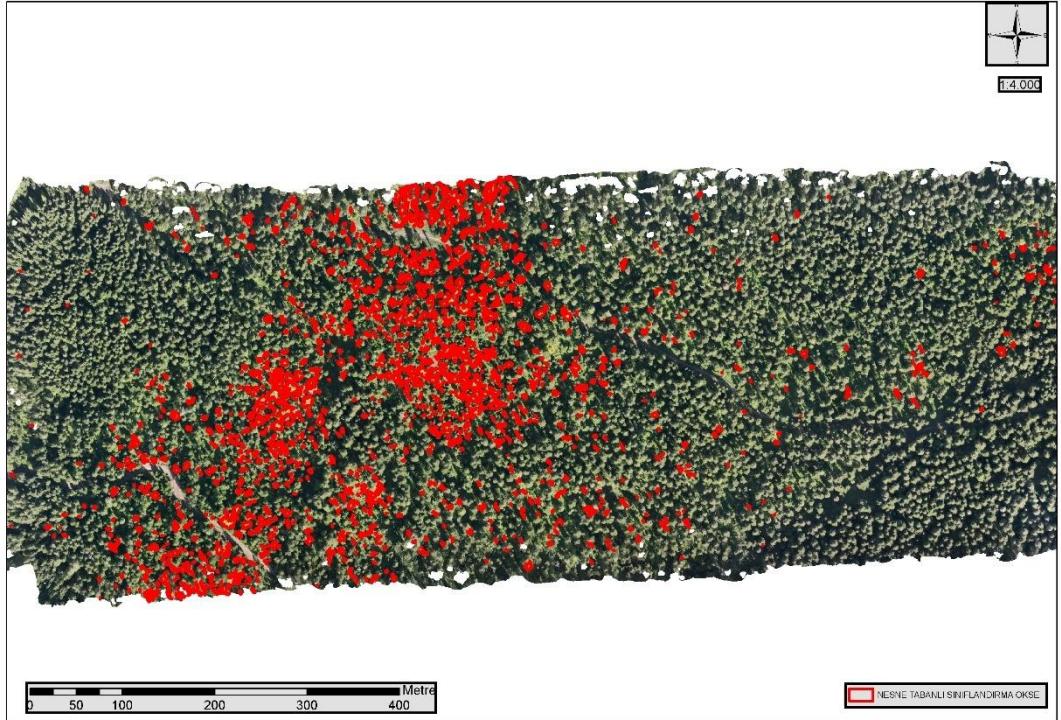
Farklı ölçeklerde gerçekleştirilen nesne tabanlı sınıflandırma sonuçları, Şekil 4.11, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’te sunulmuştur. Sınıflandırma çıktılarında kırmızı renkle belirtilen alanlar, ökse otunun tespit edildiği bölgeleri temsil etmektedir.



Şekil 4.11 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/500 ölçekli görünümü.

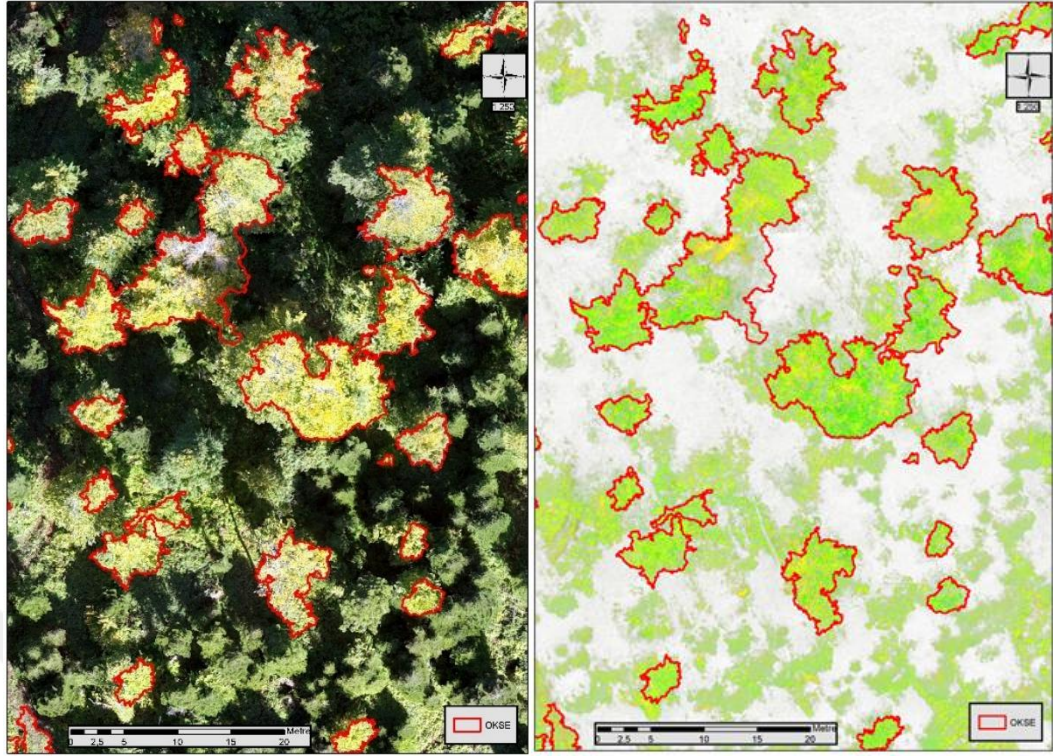


Şekil 4.12 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/1500 ölçekli görünümü.

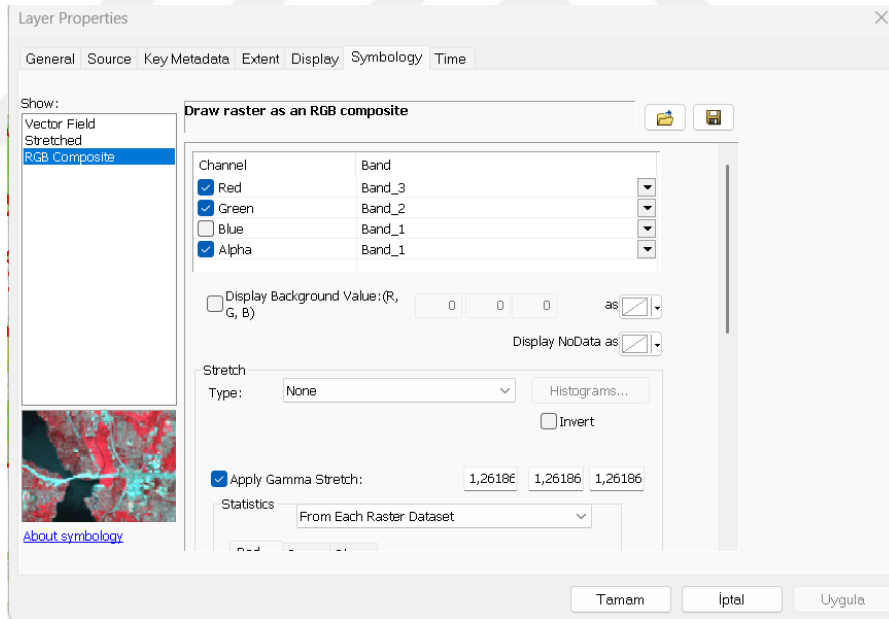


Şekil 4.13 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın 1/4000 ölçekli görünümü.

Üretilen çok bantlı ortofotolar üzerinde çeşitli bant kombinasyonları uygulanarak görsellik kazanılmıştır. Şekil 4.14'te yapılan nesne tabanlı sınıflandırma ve Şekil 4.15'te ise kullanılan bant kombinasyonu görünümü gösterilmiştir.



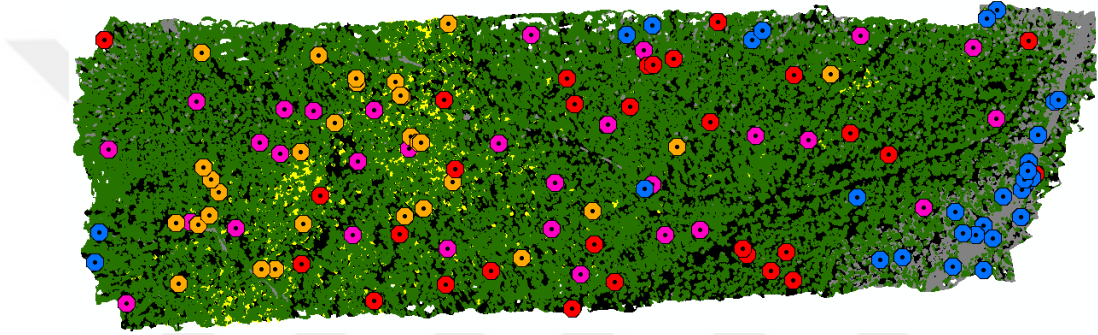
Şekil 4.14 : Nesne tabanlı sınıflandırma ve farklı bant görünümü.



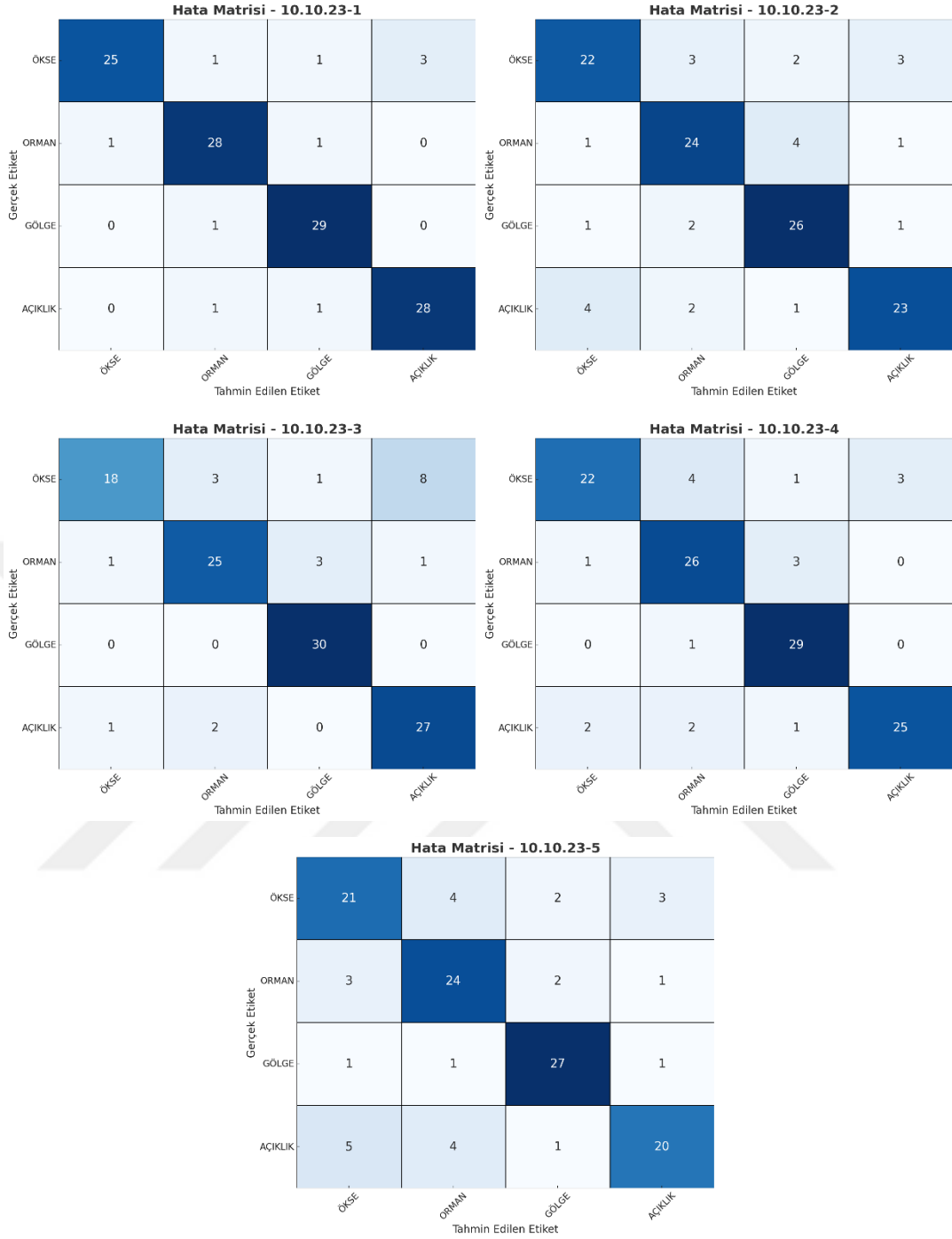
Şekil 4.15 : Kullanılan bant kombinasyonu.

Nesne tabanlı sınıflandırmanın başarısını değerlendirmek amacıyla, ArcGIS yazılımında "Create Random Points" komutu kullanılarak Şekil 4.16'da görüldüğü üzere rastgele noktalar oluşturulmuştur. Her sınıf için üretilen 30 rastgele nokta temel alınarak hata matrisleri hesaplanmış ve bu doğrultuda doğruluğu analiz etmek için kappa istatistiği belirlenmiştir. Elde edilen hata matrisleri Şekil 4.17'de sunulmuştur.

Gerçekleştirilen analizler sonucunda, kappa değerlerinin 0,69 ile 0,89 arasında değiştiği tespit edilmiştir. En yüksek doğruluk oranına sahip sınıflandırma 10/10/23-1, en düşük doğruluk oranına sahip sınıflandırma ise 10/10/23-5 olarak belirlenmiştir. Genel doğruluk oranları %77 ile %92 arasında değişmektedir ve en iyi performans 10/10/23-1 sınıflandırmasına aittir. Hata matrisleri incelendiğinde, açıklık alanları ile ökse otu bulunan alanlar arasında sınıflandırma hataları gözlemlenmiştir. Bu karışıklığın, sınıflandırma performansı üzerinde olumsuz bir etkisi olduğu belirlenmiştir. Ancak, bu olumsuzluğa rağmen yapılan sınıflandırmaların genel olarak orta ve yüksek düzeyde bir uyum gösterdiği (Kappa = 0,69-0,89) tespit edilmiştir. Sınıflandırmaların başarı düzeyi Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.16 : Üretilen rastgele noktalar.



Şekil 4.17 : Nesne tabanlı sınıflandırma hata matrisleri.

Çizelge 4.2 : Nesne tabanlı sınıflandırmanın başarısı.

Adı	Genel Doğruluk	Kappa Değeri
10/10/23-1	0,92	0,89
10/10/23-2	0,79	0,73
10/10/23-3	0,83	0,78
10/10/23-4	0,85	0,80
10/10/23-5	0,77	0,69

4.2 Tartışma

Bu çalışma Bolu Aladağ Orman İşletme Müdürlüğü sınırlarındaki Kökez Orman İşletme Şefliği'nde, göknarı ormanlarında ökse otunun (*Viscum album*) dağılımını haritalamak amacıyla İnsansız Hava Araçları (İHA) ve multispektral kameralar kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ökse otu, konukçu olduğu ağaçların büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen parazitik bir bitkidir. Çalışmada, bu bitkinin mekânsal dağılımını belirlemek ve orman ekosistemleri üzerindeki etkilerini incelemek için modern uzaktan algılama teknikleri kullanılmıştır. DJI Mavic 3M model İHA, multispektral kameralar ile donatılmış ve belirlenen bölgelerde uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Çekilen görüntüler, Agisoft Metashape Professional yazılımı kullanılarak işlenmiş, ardından ArcGIS ve eCognition yazılımlarında analiz edilmiştir.

Çalışma kapsamında piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri karşılaştırılmış ve doğruluk analizleri yapılmıştır. Piksel tabanlı sınıflandırma, yüksek çözünürlüklü görüntülerde anlamlı olmayan pikseller (gürültü) ürettiğinden dolayı nispeten daha düşük doğruluk oranına sahip olmuştur. Piksel tabanlı sınıflandırma için hesaplanan en yüksek Kappa değeri 0.56, en düşük 0,28 olarak belirlenmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırma ise segmentasyon işlemi ile piksel gruplarını analiz ederek daha yüksek doğruluk sağlamış ve bu yöntemde en yüksek Kappa değeri 0.89, en düşük ise 0,69 olarak hesaplanmıştır.

Bulgular, İHA'lar ve multispektral kameraların, orman zararlılarının tespitinde ve yayılım haritalarının oluşturulmasında etkin bir yöntem sunduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle nesne tabanlı sınıflandırma yönteminin yüksek doğruluk oranları ile daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. Ancak piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yöntemlerinde başarılı sonuçlar elde edilememiştir.

Sonuç olarak, bu çalışma, İHA ve multispektral görüntüleme tekniklerinin, orman ekosistemlerinde parazitik bitkilerin tespit edilmesi ve mekânsal dağılımlarının belirlenmesi açısından etkili bir yöntem sunduğunu göstermektedir. Yüksek Kappa değeri ve doğruluk oranları, önerilen yöntemin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini desteklemektedir.

Yapılan tez çalışmasına benzer olarak İHA'lardan elde edilen veriler üzerinde piksel tabanlı ve nesne tabanlı sınıflandırmaların uygulandığı çalışmalar bulunmaktadır.

İğne yapraklı ormanları sınıflandırmak için İHA'dan elde edilen çok bantlı spektral verileri kullanmıştır. Çalışmada makine öğrenimi sınıflandırma teknikleri ve nesne tabanlı görüntü analizi uygulanmıştır. Rastgele Orman (Random Forest) sınıflandırıcı kullanılarak değişken önem dereceleri ve sınıflandırma doğruluğu değerlendirilmiştir. Sonuç olarak çalışmada %87'ye varan başarı ile sınıflandırma yapılmıştır. Bu çalışma ile bitkilerin çok bantlı spektral veriler ile ayırt edilebileceği ortaya konmuştur (Franklin ve diğ, 2017). İHA üzerine yerleştirilmiş multispektral kameralar kullanarak nesne tabanlı görüntü sınıflandırma ve makine öğrenimi teknikleri kullanılarak arazi örtüsü ve bitki türleri sınıflandırılabilir. Detaylı bitki türleri ve tarım ürünleri için sınıflandırma doğruluğu %82 ile %89 arasında değişmektedir (Ahmed ve diğ, 2017). Karışık yapraklı ormanlarda dokuz farklı ağaç türünün sınıflandırılması için İHA'ları kullanılarak elde edilen multispektral veriler üzerinden piksel bazlı ve nesne bazlı görüntü analizi yöntemlerini karşılaştırılmıştır. Nesne tabanlı sınıflandırma yöntemleri, piksel tabanlı sınıflandırma yöntemlerine göre daha yüksek sınıflandırma doğruluğu sağlamıştır. Özellikle, makine öğrenimi kullanılarak elde edilen nesne bazlı sınıflandırma yöntemi %80'e varan sınıflandırma başarısı göstermiştir (Franklin, 2018). İHA'lar ile ağaçların sağlık durumları hakkında bilgi edinmek için RGB ve multispektral kameralar kullanılmıştır. Yapılan bu çalışma ile ağaç türlerinin hayati durumu hakkında yapılan piksel bazlı sınıflandırmalarında yüksek doğruluk oranları elde edilmiştir (Safonova ve diğ, 2021). Karışık yapraklı ormanlarında ağaç türlerinin sınıflandırılması ve böcek zararı nedeniyle sağlıklı, sağlıksız ve ölü ağaçların tespit edilmesi için multispektral kameraya sahip İHA'lar kullanılmıştır. Çalışma, ağaç türlerinin sınıflandırılması ve sağlık durumlarının değerlendirilmesi konusunda %81.18 genel doğruluk oranı ve Kappa değeri 0.70 ile başarılı sonuçlar elde etmiştir (Abdollahnejad ve Panagiotidis, 2020). İncelenen bu çalışmalarda sınıflandırma başarısı 0.70 ve üzerinde bulunmuş olup tez çalışması kapsamında yapılan sınıflandırmalarda ise 0.69 ve üzerinde bulunarak benzer sonuçlar taşımaktadır. Sınıflandırma sonuçlarının benzerlik taşıması tez çalışmasında kullanılan yöntemi desteklemektedir.

Ökse otunun tespit edilmesi için uydu görüntülerinin de kullanıldığı benzer çalışmalar bulunmaktadır. Göknar (*Abies alba*) ağaçlarında ökseotu (*Viscum album* subsp. *abietis*) tespiti, dijital renkli kızılötesi uydu görüntüleri kullanarak kontrollü ve kontrolsüz sınıflandırma yöntemleri ile tespit edilmiştir. Ökseotu tespiti için kullanılan

yöntemin genel doğruluk oranı %62.50 - %70.56 arasında değişmiştir (Pernar ve diğ., 2007). Yapılan tez çalışmasında piksel tabanlı sınıflandırmaların başarısı 0,28-0,56 arasında değişmektedir. Buradaki farkın kullanılan görüntülerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Uydu görüntüleri ve İHA ile elde edilen ortofotolar arasında çözünürlük farklılıkları bulunmaktadır. Yüksek çözünürlükte meydana gelen anlamsız pikseller (gürültü) sınıflandırmanın başarısını düşürmüştür. İHA ile elde edilen ortofotolardan yararlanılarak yapılan sınıflandırmalarda piksel tabanlı kontrollü sınıflandırma yerine nesne tabanlı sınıflandırma kullanıldığında kappa değerinin 0,89'lara kadar yükseldiği tez çalışması ile ortaya koyulmuştur.

Başka bir çalışmada ise WorldView-2 ve GeoEye-1 uydu görüntülerinin kullanılmış ve Sarıçam (*Pinus sylvestris*) üzerinde görülen Çam Ökseotu (*Viscum album subsp. austriacum*) istilasını sub-piksel sınıflandırma yöntemleri ile tespiti için yeterli hassasiyeti sağlayamadığını göstermektedir. Elde edilen R^2 değerlerinin 0'a yakın olması, yöntemlerin ökseotunu güvenilir bir şekilde ayırt edemediğini ortaya koymuştur. Çam ağaçlarının spektral değişkenliği, gölgelenme etkileri ve uzaktan algılama ölçeğinin yetersizliği, sınıflandırma doğruluğunu önemli ölçüde düşürmüştür. Yapılan bu çalışma ile daha detaylı verilerin, özellikle İHA (insansız hava araçları) tabanlı görüntüleme yöntemlerinin kullanılmasının ökseotu tespiti için gerekli olduğu vurgulamaktadır (Ndalia, 2014). Bu yönüyle çalışmamızı destekler niteliktedir.

Ökse otunun tespit edilmesi için İHA ve kamera sistemleri kullanılan çalışmalarda ise Genetik Programlama (Genetic Programming - GP) yöntemi ile yapılan sınıflandırma ile %96 doğruluk oranı elde edilmiştir (Mejia-Zuluaga ve diğ., 2022). RGB kameralar ve Rastgele Orman (Random Forest) sınıflandırma algoritması kullanılarak manuel ve otomatik taç sınır belirleme yöntemleri ile %87'ye kadar yüksek doğrulukla ökseotu tespit edilebilmiştir (Miraki ve diğ., 2021). RGB renk analizi ve otomatik tanıma algoritmaları kullanılarak ökseotunun farklı fenolojik aşamalarına göre tespiti gerçekleştirilmiştir. İstatistiksel analizlerde parametrik olmayan testler kullanılmıştır. Spearman korelasyon testi, fenolojik evre ile renk değerleri arasında anlamlı negatif bir korelasyon ($p < 0.001$) olduğunu göstermiştir (León-Bañuelos ve diğ., (2020). RGB görüntüler kullanılarak yapılan farklı sınıflandırma yöntemleri çalışmalarında başarı oranı %87 ve üzerinde bulunmuştur. Yapılan tez çalışmasında yapılan nesne tabanlı sınıflandırmanın doğruluğu %77-92 arasında değişmektedir. Doğruluk oranlarına

bakıldığında kullanılan yöntemler benzer başarı olanlarına sahip olarak birbirlerini desteklemektedir.

Bu çalışmalar ile birlikte farklı İHA'lar üzerine entegre edilen farklı kamera sistemleri ile de çalışmalar yürütülmüştür. Hiperspektral ve multispektral görüntüleme teknikleri, ökse otunun konukçu ağaçlardan farklı spektral imzalar sergilemesi nedeniyle erken teşhis ve yayılım haritalamasında etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır (Ancic ve diğ, 2014). LiDAR tabanlı üç boyutlu modelleme yöntemleri, orman yapısının ve konukçu ağaçların üzerindeki parazitik bitki yükünün değerlendirilmesine olanak tanımakta ve mekânsal analizler için kapsamlı veri setleri sağlamaktadır (Barbosa ve diğ, 2016). Ökseotu (*Amyema miquelii*) ile enfekte olmuş okalıptüs ağaçlarını tespit etmek ve bitki-su ilişkilerini incelemek için İHA üzerine entegre edilen termal kamera ederek analizler yapılmıştır. Ökseotu bulunan bölgelerde, taç sıcaklığı enfekte olmayan ağaçlara göre daha yüksek çıkmıştır, bu da ökseotunun konakçı ağacın su kaybını artırdığını ve transpirasyonu düşürdüğünü göstermektedir (Maes ve diğ, 2018). İncelenen bu çalışmalar ortaya koymuştur ki İHA'lar farklı kamera sistemleri ile ökse otunun tespit edilmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum da tez çalışmasına destek sağlamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Batı Karadeniz Bölgesi'nde yer alan Uludağ Gökmar (*Abies nordmanniana* subsp. *bornmülleriana* Mattf) meşcerelerinde yayılış gösteren ökse otunun (*Viscum album* ssp. *abietis* (Wiesb.) Abromeit.) multispektral kameralar entegre edilmiş insansız hava araçları (İHA) ile haritalanması ve bu haritalamanın sağladığı olanaklar ele alınmıştır. Arazi çalışmalarında yaygın olarak kullanılan geleneksel yöntemlerin, zaman ve iş gücü açısından önemli sınırlılıklar taşıdığı dikkate alındığında, İHA teknolojisi, geniş alanları kısa sürede ve hassas bir şekilde haritalama yeteneği ile büyük bir avantaj sağlamıştır. Özellikle multispektral kameralar, görünür ışık spektrumunun ötesine geçerek, insan gözüyle algılanamayan spektral bantlardaki farklılıkları ortaya çıkarmış ve bitki sağlığıyla ilgili önemli veriler sunmuştur.

Bu çalışmanın önemli bulgularından biri, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) gibi vejetasyon indekslerinin, ökse otu gibi parazit bitkilerin tespitinde ve dağılım haritalarının oluşturulmasında etkin bir şekilde kullanılmadığını ortaya koymasındır. Bu durum, parazit bitkilerin belirlenmesi için farklı uzaktan algılama teknikleri ve analiz yöntemlerinin geliştirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır.

Ancak nesne tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak ökse otunun tespit edilebilir olduğu tespit edilmiştir. Nesne tabanlı sınıflandırmanın başarı kapa değeri ile ortaya koyulmuş olup çalışma kapsamında üretilen ortofotolarda kapa değeri 0,69-0,89 arasında değişmektedir. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar, Uludağ Gökmar meşcereleri üzerindeki ökse otunun yayılımını ve yoğunluğunu ayrıntılı bir şekilde ortaya koymuştur. Ayrıca, İHA sistemlerinin sahip olduğu çok bantlı kameralar ile üretilen ortofotolar üzerinde farklı bant kombinasyonlarından yararlanılmaktadır. İHA'lar geniş alanlarda detaylı veriler toplama ve bu verileri yüksek doğrulukla analiz etme yeteneği, orman zararlılarının ve bitki hastalıklarının izlenmesi için güçlü bir araç olduğunu doğrulamaktadır.

Çalışmada kullanılan piksel tabanlı sınıflandırma ve nesne tabanlı sınıflandırma yöntemlerinin karşılaştırılması sonucunda, nesne tabanlı sınıflandırmanın özellikle yüksek mekânsal çözünürlüğe sahip görüntülerde daha doğru (kapa değeri 0,69-0,89)

sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Piksel tabanlı sınıflandırmanın kappası değeri 0,28-0,56 arasında değişmektedir. Piksel tabanlı sınıflandırmanın sınırlı çözünürlükteki görüntüler için uygun olmasına karşın, nesne tabanlı sınıflandırma, daha karmaşık ve ayrıntılı yapısal özelliklerin belirlenmesi için önemli avantajlar sağlamıştır. Bu durum, orman ekosistemlerinin ve parazit bitki popölasyonlarının daha hassas bir şekilde izlenmesi gerektiğinde nesne tabanlı yöntemlerin tercih edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Araştırma, ökse otunun Uludağ Göknarı ormanlarındaki varlığının, ağaçların büyüme ve gelişimi üzerinde ciddi olumsuz etkilere yol açtığını ve bu zararlı bitkinin, konukçu ağaçların doğal yaşam döngüsünü tehlikeye sokabileceğini göstermiştir. Ökse otunun yayılımı, özellikle ağaçların çap ve boy gelişiminde önemli kayıplara neden olmuş, bazı durumlarda ise ağaç ölümleriyle sonuçlanan hasarlara yol açmıştır. Bu bağlamda, ökse otuna karşı etkin mücadele stratejilerinin geliştirilmesi orman ekosistemlerinin sürdürülebilir yönetimi açısından kritik bir önem taşımaktadır.

Bu çalışmanın sonuçları, orman yönetimi ve doğa koruma çalışmaları için önemli öneriler sunmaktadır. İHA teknolojisinin sağladığı yüksek çözünürlüklü verilerin ve multispektral kameraların yaygın kullanımının, orman zararlılarının erken tespit edilmesi ve etkili mücadele stratejilerinin geliştirilmesinde büyük katkı sağlayacağı görölmektedir. Bu bağlamda, gelecekte yapılacak çalışmaların özellikle yapraklı ve yaprağını döken türlerde farklı mevsimsel koşullar ve iklim değişiklikleri altında ökse otunun yayılım dinamiklerini incelemesi, ekosistem üzerindeki uzun vadeli etkilerin daha iyi anlaşılmasına olanak tanıyabilir. Ayrıca, uzaktan algılama teknolojilerinin yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmalarıyla entegrasyonu, parazit bitki türlerinin otomatik olarak tespit edilmesi ve sınıflandırılmasında önemli ilerlemeler sağlayacaktır.

Çalışma kapsamında yapılan 5 farklı uçuşa ait 5 farklı nesne tabanlı sınıflandırma sonucunda 11 ha ökse otunun yayılış yaptığı alan tespit edilmiştir. Her bir sınıflandırmada toplam alanın % kaçının ökse otuna maruz kaldığı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalara göre 10/10/23-1 adlı sınıflandırmada %2,3, 10/10/23-2 adlı sınıflandırmada %5,8, 10/10/23-3 adlı sınıflandırmada %2,2, 10/10/23-4 adlı sınıflandırmada %3,4 ve son olarak 10/10/23-5 adlı sınıflandırmada %3,3 oranında ökse otu yayılışı tespit edilmiştir.

Çalışma, bundan sonra yapılacak çalışmalara altlık oluşturacağı gibi ayrıca sonraki yapılacak çalışmalarda özellikle grift kapalı ormanlarda İHA ile veri temini sağlanılacağı zaman mevsim olarak yaz (haziran, temmuz, ağustos) ve günün öğlen saatlerinin kullanılmasını önermektedir. Bu önerilen zaman aralıklarında güneş ışınları mümkün olan en dik şekilde yeryüzüne ulaştığından elde edilen ortofotolarda gölge oluşumu en aza inecektir.

Sonuç olarak, bu çalışma, Uludağ Göknarı meşcerelerinde ökse otunun yayılımını belirlemek için yeni bir yaklaşım sunmuştur. Çalışmanın bulguları, sadece Türkiye’de değil, benzer orman ekosistemlerine sahip diğer bölgelerde de uygulanabilir ve orman ekosistemlerinin sağlığını korumak için inovatif teknolojilerin nasıl kullanılabileceğini göstermektedir. Bu tür teknolojik yaklaşımların, orman zararlıları ve bitki hastalıklarıyla mücadelede, hem ulusal hem de uluslararası ölçekte önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abdollahnejad, A., & Panagiotidis, D.** (2020). Tree species classification and health status assessment for a mixed broadleaf-conifer forest with UAS multispectral imaging. *Remote Sensing*, 12 (22), 3722.
- Ahmed, A. M.** (2022). *Multispektral kameralar kullanarak brokoli (Brassica oleracea L. var. italica) bitkisinde tuzluluk stresinin belirlenme olanaklarının araştırılması*, (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Ahmed, O. S., Shemrock, A., Chabot, D., Dillon, C., Williams, G., Wasson, R., & Franklin, S. E.** (2017). Hierarchical land cover and vegetation classification using multispectral data acquired from an unmanned aerial vehicle. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (8-10), 2037-2052.
- Akkaya, D., & Çakır, F.** (2022). Çankırı Eldivan yöresinde Anadolu Karaçamı (*Pinus nigra* subsp. *pallasiana* (Lamb.) Holmboe) doğal gençliklerine Çam Ökseotu (*Viscum album* subsp. *austriacum* (Wiesb.) Vollm.) bulaşma derecesinin belirlenmesi ve silvikültürel yaklaşımlar. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 8(2), 73-79.
- Alasad, O. F. A. O.** (2022). *Multispektral kameralar kullanarak karnabahar (Brassica oleracea L. var. botrytis) bitkisinde tuzluluk stresinin belirlenme olanaklarının araştırılması*, (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Altunkaya, Z., & Yastıklı, N.** (2011). Ortogörüntüler yardımıyla nene tabanlı sınıflandırma yöntemi kullanılarak öznetelik çıkarımı. *TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi*, Antalya.
- Ancic, M., Pernar, R., Bajic, M., Seletkovic, A., & Kolic, J.** (2014). Detecting mistletoe infestation on Silver fir using hyperspectral images. *Technical Advances*, 7, 85-98.
- Ata, C.** (1995). *Silvikültür tekniği*. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Yayınları, 4 (3), Bartın.
- Aukema, J. E.** (2003). Vectors, viscin, and Viscaceae: Mistletoes as parasites, mutualists, and resources. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 1 (4), 212-219.
- Ayan, S., & Sivacioğlu, A.** (2002). Silvicultural evaluations of storm damage of fir (*Abies bormülleriana* Mattf.) stands in Ilgaz Mountains, Turkey (Abstract). *Symposium Ecological and Economic Benefits of Mountain Forests, Proceedings*, 15-18 September 2002, Innsbruck, Avusturya, 38-39.

- Ball, P. W.** (1993). *Viscum album L.* In Flora Europaea. Cambridge: Cambridge University Press, 86.
- Barbosa, J. M., Asner, G. P., Knapp, D. E., & Martin, R. E.** (2016). Hemiparasite-host plant interactions in a fragmented landscape assessed via imaging spectroscopy and LiDAR. *Ecological Applications*, 26(1), 55-66.
- Baysal, İ.** (2016). Batı Karadeniz Bölgesi Kazdağı göknarı ormanlarında göknar ökseotu bulunma ve bulaşma durumu: Kökez Orman İşletme Şefliği örneği. *Turkish Journal of Forestry*, 24(3), 241-250.
- Baytop, T.** (1999). *Therapy with medicinal plants in Turkey (Past and Present)*. İstanbul: Nobel Tıp Basımevi, 243.
- Becker, H.** (1986). Botany of European mistletoe (*Viscum album L.*). *Oncology*, 43 (Suppl. 1), 2-7.
- Berzéki, M., Kozma-Bognár, V., & Berke, J.** (2023). Examination of vegetation indices based on multitemporal drone images. *Gradus*, 10 (2), 1-6.
- Bilgili, E., Baysal, İ., Eroğlu, M., & Coşkun, K. A.** (2015). Çam Ökseotu (*Viscum album ssp. austriacum*)'nun sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaçlarındaki bulaşıklık durumu. *Ekoloji*, 6-9.
- Cilek, A., Berberoğlu, S., Dönmez, C., Ünal, M.** (2020). Generation of high-resolution 3-D maps for landscape planning and design using UAV technologies. *Journal of Digital LandscapeArchitecture*, 5(1).
- Dalaman, G.** (2022). *İnegöl Orman İşletme Müdürlüğü'nde kestane gal arısı (Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu)'nın yayılışının yoğunluk oranına ve ekolojik özelliklere göre haritalanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Delavarpour, N., Koparan, C., Nowatzki, J., Bajwa, S., & Sun, X.** (2021). A technical study on UAV characteristics for precision agriculture applications and associated practical challenges. *Remote Sensing*, 13 (6), 1-21.
- DelRio C. M., Silva A., Medel R. ve Hourdequin M.,** (1996). Seed Dispersers as Disease Vectors: Bird Transmission of Mistletoe Seeds to Plant Hosts, *Ecology*, 77, 3, 912-921.
- Demir, S.** (2017). *Haşhaş (Papaver Somniferum) Tarım Alanlarının Yüksek Çözünürlüklü Uydu Verileri ile Belirlenebilirliği* (Yüksek Lisans Tezi) Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Ekebaş, G.** (2021). *Çankırı ili ve Çankırı ili Ilgaz ilçesinde ökse otu (Viscum album L.) yaygınlıkları ve yoğunluğunun belirlenmesi* (Yüksek lisans tezi), Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Çankırı.
- Elmas, E. E.** (2019). *Bir insansız hava aracı gerçekleştirme ve hareketli nesnelerin tespit ve takibinde kullanımı*. (Yüksek lisans tezi). Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 122.
- Ergun F., Deliorman D., Şener B.,** (1994). *Viscum album L.* (Ökse otu) (Loranthaceae) Bitkisinin Morfolojik Özellikleri ve Türkiye'deki Yayılışı Hakkında Bazı Araştırmalar, *Ot Sistematik Dergisi*, 1 (2), 47-62.

- Ertem F. O.**, (2019). *Erzurum Orman Bölge Müdürlüğü Çamlıkaya Orman İşletme Şefliği ökseotu zararlarının ortaya konulması*. (Yüksek Lisans Tezi). Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Fonseka, C., Halloluwa, T., Hewagamage, K. P., Rathnayake, U., & Bandara, R. S.** (2024). A dataset of unmanned aerial vehicle multispectral images acquired over a field to identify nitrogen requirements. *Data in Brief*, 54, 110479.
- Franklin, S. E.** (2018). Pixel-and object-based multispectral classification of forest tree species from small unmanned aerial vehicles. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 6 (4), 195-211.
- Franklin, S. E., Ahmed, O. S., & Williams, G.** (2017). Northern conifer forest species classification using multispectral data acquired from an unmanned aerial vehicle. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 83 (7), 501-507.
- Genç M** (2004) *Silvikültürün Temel Esasları*. Süleyman Demirel Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları No:44, Isparta.
- Gill, L. S.** (1953). Plant diseases. *The Yearbook of Agriculture*, U.S. Department of Agriculture, 77-73, Washington, D.C.
- Göl, Ç.** (2018). *Viscum album L. subsp. austriacum (Wiesb.) Vollman (Çam Ökse Otu)'un Pinus sylvestris L. (Sarıçam)'in odun elemanlarına etkileri*, (Yüksek lisans tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Göze, G.** (2024). *Soğanlı Botanik Parkı (Bursa) ağaç türlerinin bitki indekslerinin ve tür çeşitliliğinin çok bantlı (multispektral) kameraların kullanımıyla tespiti*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Guo, H., Cheng, Y., Liu, J., & Wang, Z.** (2024). Low-cost and precise traditional Chinese medicinal tree pest and disease monitoring using UAV RGB image only. *Forests*, 13 (8), 1322.
- Gürbüz, M. F., & Türker, M.** (2017). Çok yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinden otomatik ağaç tespiti. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IX. Teknik Sempozyumu (TUFUAB2017)*, 27-29.
- Karaaslan, E. C.** (2020). *Afyonkarahisar'daki farklı ağaç türleri üzerinde yetişen Viscum album L.'un biyolojik özelliklerinin belirlenmesi*, (Yüksek lisans tezi). Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Karayel, A. İ.** (2020). *İç Anadolu Bölgesi Orta Kızılırmak Bölümünde ağaçlara zarar veren ökseotunun (Viscum album L.) mikrofungusları ve bu mikrofungusların biyolojik kontrolde kullanılabilirliğinin araştırılması*. (Yüksek lisans tezi). Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kırşehir.
- Kılınçarslan, E.** (2022). *Karacabey Orman İşletme Müdürlüğü'nde bulunan defne (Laurus nobilis L.) yayılış alanlarının multispektral kamera ile haritalanması*. (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.

- Landis, J. R., & Koch, G. G.** (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33, 159-174.
- León-Bañuelos, L. A., Endara-Agramont, A. R., Gómez-Demetrio, W., Martínez-García, C. G., & Gabino Nava-Bernal, E.** (2020). Identification of *Arceuthobium globosum* using unmanned aerial vehicle images in a high mountain forest of central Mexico. *Journal of Forestry Research*, 31(5), 1759-1771.
- Liao, K., Yang, F., Dang, H., Wu, Y., Luo, K., & Li, G.** (2022). Detection of Eucalyptus leaf disease with UAV multispectral imagery. *Forests*, 13 (8), 1322.
- Maes, W. H., Huete, A. R., Avino, M., Boer, M. M., Dehaan, R., Pendall, E., ... & Steppe, K.** (2018). Can UAV-based infrared thermography be used to study plant-parasite interactions between mistletoe and eucalypt trees?. *Remote Sensing*, 10(12), 2062.
- Mejia-Zuluaga, P. A., Dozal, L., & Valdiviezo-N, J. C.** (2022). Genetic programming approach for the detection of mistletoe based on UAV multispectral imagery in the conservation area of Mexico City. *Remote Sensing*, 14(3), 801.
- Miraki, M., Sohrabi, H., Fatehi, P., & Kneubuehler, M.** (2021). Detection of mistletoe infected trees using UAV high spatial resolution images. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(6), 1679-1689.
- Muchiri, G. N., Kimathi, S.** (2022). A review of applications and potential applications of UAV. In *Proceedings of the Sustainable Research and Innovation Conference*, 280-283.
- Mudgal G., Kaur J., Chand K., Parashar M., Dhar S. K., Singh G. B. ve Gururani M. A.,** (2022). Mitigating the Mistletoe Menace: Biotechnological and Smart Management Approaches, *Biology-Basel*, 11 (11), 1645.
- Ndalia, M. N.** (2014). *Mapping pine mistletoe infestation with very high resolution imagery: a sub-pixel approach* (Master's thesis, University of Twente).
- Nie, J., Jiang, J., Li, Y., Li, J., Chao, X., & Ercisli, S.** (2024). Efficient detection of cotton verticillium wilt by combining satellite time series data and multi-view UAV images. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*.
- OGM,** (2018). *Kökez Orman İşletme Şefliği Ekosistem Tabanlı Orman Amenajman Planı* (2019-2038). OGM, Bolu.
- Öztürk M.,** (2023). *Ökseotu'nun Toros Göknari büyüme ve gelişme parametreleri üzerine etkileri.* (Doktora Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Öztürk, M., Coşkun, K. A., Serdar, B., & Bilgili, E.,** (2021). Korunan Alanlarda Ökseotu Problemi: Niğde Aladağlar Milli Parkı – Emlî Vadisi Örneği. *IV. Ulusal Karadeniz Ormanlık Kongresi*, Trabzon, Turkey
- Pernar, R., Bajic, M., Ancic, M., Seletkovic, A., and Idzajtovic, M.** (2007). Detection of mistletoe in digital color infrared images of infested fir trees. *Period Biol.* 109: 67–75.

- Press M. C., Phoenix G. K.,** (2005). Impacts of Parasitic Plants on Natural Communities, *New Phytologist*, 166 (3), 737-751.
- Raunak, A.** (2024). *Drought-Induced Tree Mortality Assessment in Mediterranean Ecosystems Using Time Series Analysis* (Master's thesis, University of Twente).
- Reid N.,** (1991). Coevolution of Mistletoes and Frugivorous Birds, *Australian Journal of Ecology*, 16 (4), 457-469.
- Saatçioğlu, F.** (1969) *Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri*, İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1429, O.F Yayın No: 138, İstanbul, 323.
- Saatçioğlu, F.** (1979) *Silvikültür II (Silvikültürün Tekniği)*, İ.Ü Orman Fakültesi, İ.Ü Yayın No: 1648, O.F Yayın No: 172, İstanbul, 562.
- Safonova, A., Hamad, Y., Dmitriev, E., Georgiev, G., Trenkin, V., Georgieva, M., ... & Iliev, M.** (2021). Individual tree crown delineation for the species classification and assessment of vital status of forest stands from UAV images. *Drones*, 5 (3), 77.
- Şeker, Y. A.** (2023). *Yalova yöresi kestane ormanlarında kestane gal arısı (Dryocosmus kuriphilus Yasumatsu)'nın yayılış alanları ve yoğunluk oranının insansız hava araçları (İHA) ile tespiti.* (Yüksek Lisans Tezi). Bursa Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bursa.
- Şimşek, Z., Öner, N.** (2002). Ilgaz-Yenice orman ekosisteminde bulunan kabuk böceklerinin salgın yapmasında meşcere yapısı ve iklim koşullarının etkisi. *II. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi*, 12.
- Teshome D. T., Zharare G. E. ve Naidoo S.,** (2020). The Threat of the Combined Effect of Biotic and Abiotic Stress Factors in Forestry Under a Changing Climate, *Frontiers in Plant Science*, 11.
- Usta, A., Kocamanoğlu, Y. O., Yılmaz, M., & Bilgili, E.,** (2016). Gümüşhane-Zigana Mevkii'nde Ökseotu Bulaşmış Sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) Orman Ekosistemlerinin Yerel Ekolojik Özelliklerinin Belirlenmesi. *Bilinçli Sağlıklı Yaşam*, 12, 377-391.
- Varol, H. N.** (2023). *İklim değişikliğinin Ilgaz Dağı Gökmar (Abies nordmanniana subsp. bornmülleriana Mattf.) ormanlarının büyümesi ve meşcere dinamikleri üzerine etkileri.* (Doktora Tezi). Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bartın.
- Villi O., Yakar M.** (2022). İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4 (2), 73-100.
- Yiğit, A. Y., Uysal, M.** (2019). Nesne Tabanlı Sınıflandırma Yaklaşımı Kullanılarak Yolların Tespiti. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 1 (1), 17-24.
- Yıldırım, A.** (2024). *İHA ile meyvelerin olgunlaşmasının takibi ve çürük teşhisi,* (Yüksek lisans tezi). Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Yüksel, B., Akbulut, S., & Keten, A.** (2005). Çam ökseotu (*Viscum album spp. austriacum*) zararı biyolojisi ve mücadelesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A*, 2, 111-124.

Zeybek, U., & Zeybek, N. (2002). *Farmasötik Botanik [Kapalı Tohumlu Bitkiler (Angiospermae) Sistematığı ve Önemli Maddeleri]*. EÜ Eczacılık Fakültesi Yayınları No. 3, 380.

Zhang, J., Qiang, Z., Lin, H., Chen, Z., Li, K., & Zhang, S. (2024). Research on Tobacco Field Semantic Segmentation Method Based on Multispectral Unmanned Aerial Vehicle Data and Improved PP-LiteSeg Model. *Agronomy*, 14 (7), 1502.

Zuber, D. (2004). Biological flora of central Europe: *Viscum album* L. Flora-Morphology, *Distribution, Functional Ecology of Plants*, 199 (3), 181-203.

Url-1 <<https://www.gbif.org>> erişim tarihi 31.07.2024

Url-2 <<https://www.djistoreturkiye.com>> erişim tarihi 09.08.2024

Url-3 <<https://www.dji.com>> erişim tarihi: 09.08.2024



ÖZGEÇMİŞ

TARANMIŞ
VESİKALIK
FOTOĞRAF

Ad-Soyad : Ahmet TOKLU

Doğum Tarihi ve Yeri :

E-posta :

ÖĞRENİM DURUMU:

• **Lisans** :

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

-
-

TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

-
-
-

DİĞER ESERLER, SUNUMLAR VE PATENTLER:

- **Şahin, K., Toklu, A., Kırılı, İ., Kılınçarslan, E., Gencal, B., Kadioğulları, A. İ., & Sarıkaya, O.** (2024). Çok bantlı kamera entegre edilmiş İHA ile soluk tüylü tırtıl (*Calliteara pudibunda* L.) zararının tespiti ve haritalanması: Karacabey Orman İşletme Müdürlüğü örneği. *5. Uluslararası Bursa Bilimsel Araştırmalar Kongresi*, 01-03Mart, Bursa, Türkiye.