ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMANLIK ALANDA FARKLI SENSÖR BOYUTLARINA SAHİP İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINA AİT ARAZİ ÖLÇÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (ILGAZ ÖRNEĞİ)

Evren KABACA

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2023

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Evren KABACA tarafından hazırlanan **"Ormanlık Alanda Farklı Sensör Boyutlarına Sahip İnsansız Hava Araçlarına ait Arazi Ölçümlerinin Karşılaştırılması (Ilgaz Örneği)"** adlı tez çalışması 19/07/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Danışman **:** Doç. Dr. Ender BUĞDAY

Jüri Üyeleri **:**

Başkan **:** Doç. Dr. Korhan ENEZ
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Kastamonu Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Ender BUĞDAY
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Çankırı Karatekin Üniversitesi

Üye **:** Dr. Öğr. Üyesi Tuna EMİR
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Bartın Üniversitesi

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Hamit ALYAR

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Ormanlık Alanda Farklı Sensör Boyutlarına Sahip İnsansız Hava Araçlarına ait Arazi Ölçümlerinin Karşılaştırılması (Ilgaz Örneği)**" konulu tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın hazırlık, veri toplama, analiz ve bilgilerin sunumu olmak üzere tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallara uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, tezin Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve bu çalışmanın Çankırı Karatekin Üniversitesi tarafından kullanılan "Bilimsel İntihal Tespit Programı"yla tarandığını, "intihal içermediğini" beyan ederim. Çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması halinde ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara razı olduğumu bildiririm. Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim (19/07/2023).

Evren KABACA

Bu çalışma Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından OF240223L01 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORMANLIK ALANDA FARKLI SENSÖR BOYUTLARINA SAHİP İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINA AİT ARAZİ ÖLÇÜMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (ILGAZ ÖRNEĞİ)

Evren KABACA

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ender BUĞDAY

Bu çalışma, ormancılık alanında farklı sensör boyutlarına sahip insansız hava araçları (İHA) kullanarak arazi ölçümlerinin karşılaştırılmasını incelemektedir. Ormancılık, ağaçların büyümesi, orman yangınları ve ormancılık faaliyetlerinin takibi gibi çeşitli konuları içeren önemli bir sektördür. İHA cihazları ormancılık alanında kullanılan geleneksel ölçüm yöntemlerine alternatif olarak giderek daha fazla benimsenmektedir. Bu çalışmada, farklı sensör boyutlarına sahip İHA cihazları kullanılarak elde edilen aynı alana ait arazi ölçümleri karşılaştırılmıştır. Çalışmanın amacı, farklı sensör boyutlarına sahip İHA cihazlarının ormancılık sektöründe ihtiyaç duyulabilecek ölçümleri yapma yeteneklerini ve ölçüm hassasiyetlerini karşılaştırmaktır. Sensör boyutlarındaki farklılıklar, elde edilen verilerin doğruluğu, çözünürlüğü ve kullanılabilirliği üzerinde etkili olmaktadır. Bu nedenle farklı sensör boyutlarının arazi ölçümleri üzerindeki etkilerini belirlemek için deneysel üç farklı yaklaşım kullanılmıştır. Bu çalışmada İHA cihazlarından elde edilen Sayısal Arazi Modeli (SAM) veri setlerinin kıyaslamasında paired t-testi kullanılarak yapılan değerlendirmede istatistiki açıdan farklı olarak nitelendirilen ölçüm sapmaları tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında düşük maliyetli ve daha hassas ölçüm yapabilen RTK özellikli İHA cihazlarının kullanımının daha uygun olduğu kanaatine varılmıştır. Bu bilgiler ile ormancılık faaliyetlerinin etkinliğini artırmak ve ormancılıkta daha etkin yönetim için teknolojik ortamın avantajlarından faydalanmanın yararlı olacağı düşünülmektedir.

2023, 42 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Arazi ölçümü, İnsansız hava aracı, Multikopter, Orman, Sensör boyutu,

ABSTRACT

Master of Science Thesis

COMPARISON OF TERRAIN MEASUREMENTS OF UNMANNED AERIAL VEHICLES WITH DIFFERENT SENSOR SIZES IN A FOREST AREA (ILGAZ SAMPLE)

Evren KABACA

Çankırı Karatekin University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Forest Engineering

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ender BUĞDAY

This study examines the comparison of field measurements using unmanned aerial vehicles (UAVs) with different sensor sizes in forestry. Forestry is an important industry that includes a variety of topics such as tree growth, forest fires, and monitoring of forestry activities. UAV devices are increasingly being adopted as an alternative to traditional measurement methods used in forestry. In this study, field measurements of the same area obtained using UAV devices with different sensor sizes were compared. The aim of the study is to compare the capabilities and measurement sensitivities of UAV devices with different sensor sizes to make measurements that may be needed in the forestry sector. Differences in sensor sizes have an impact on the accuracy, resolution, and usability of the obtained data. Therefore, three different experimental approaches were used to determine the effects of different sensor sizes on field measurements. In this study, in the comparison of Digital Terrain Model (DTM) data sets obtained from UAV devices, measurement deviations, which are described as statistically different, were determined in the evaluation made by using the paired t-test. In the light of the results obtained in this study, it was concluded that the use of low-cost and more sensitive RTK-capable UAV devices is more appropriate. It is thought that this information will be useful to increase the efficiency of forestry activities and to take advantage of the technological environment for more effective management in forestry.

2023, 42 pages

Keywords: Forest, Multicopter, Sensor size, Terrain measurement, Unmanned aerial vehicle

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın her aşamasında desteğini esirgemeyen, bilgi ve birikimlerinden her zaman faydalandığım çok değerli hocam Sayın Doç. Dr. Ender BUĞDAY' a derin minnet ve şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmasının yürütülmesi için destek gördüğüm Çankırı Karatekin Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine ve değerli çalışanlarına teşekkür ederim.

Tez çalışmam sırasında teknik desteğini esirgemeyen Sayın Törehan ALTIPARMAK' a teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmalarım esnasında ve tez yazımı süresince gösterdikleri sonsuz destek ve fedakârlıktan dolayı biricik eşim Ayşenur YILMAZ KABACA' ya ve tüm aileme candan teşekkür ederim.

Evren KABACA
Çankırı, Temmuz 2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**
ABSTRACT ..... **ii**
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR ..... **iii**
İÇİNDEKİLER ..... **iv**
SİMGELER DİZİNİ ..... **v**
KISALTMALAR DİZİNİ ..... **vi**
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... **vii**
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... **viii**
1. GİRİŞ **1**
2. LİTERATÜR ÖZETİ **4**
3. MATERYAL VE METOT **16**
3.1 Çalışma Alanı **16**
3.2 Yöntem **16**
3.2.1 SAM Veri Seti Üretimi **18**
3.2.2 Üretilen verilerin karşılaştırılması **19**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **21**
4.1 SAM Veri Seti Üretimi **21**
4.2 Üretilen Veri Setlerinin Karşılaştırılması **24**
4.3 Random Point Modülü Yardımıyla Veri Seti Karşılaştırılması **26**
4.4 ArcGIS Minus Modülü Yardımıyla Veri Seti Karşılaştırılması **32**
5. SONUÇ VE ÖNERİLER **35**
KAYNAKLAR **37**
ÖZGEÇMİŞ **42**

SİMGELER DİZİNİ

$\sum$	Epsilon
gr	Gram
ha	Hektar
$\sqrt{}$	Karekök
km	Kilometre
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
cm	Santimetre
%	Yüzde

KISALTMALAR DİZİNİ

CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
CORS	Continuously Operating Reference Station
DEM	Digital Elevation Model
DSM	Digital Surface Model
DTM	Digital Terrain Model
GCP	Ground Control Point
GIS	Geographic Information Systems
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GSD	Ground Sample Distance
İHA	İnsansız Hava Aracı
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
PPK	Post-Processed Kinematic
RS	Remote Sensing
RTK	Real-Time Kinematik
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SfM	Structure From Motion
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UA	Uzaktan Algılama
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
YKN	Yer Kontrol Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu 16
Şekil 3.2 Uçuş güzergahında alınan yer kontrol noktası ve GNSS-CORS cihazı 17
Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan otomatik uçuş yazılımı 18
Şekil 3.4 Çalışma alanına ait üretilen üç boyutlu arazi verisi 19
Şekil 3.5 ArcGIS Random Point aracı işlem sonucu örnek gösterimi (URL-3) 20
Şekil 3.6 ArcGIS Minus aracı işlem sonucu örnek gösterimi 21
Şekil 4.1 Çalışma alanına ait DJI Air2S cihazından üretilen arazi veri seti (SAM) 22
Şekil 4.2 Çalışma alanına ait DJI Phantom4 cihazından üretilen üç boyutlu arazi verisi 23
Şekil 4.3 Üretilen modellerden alınan konumsal değerler ve kontrol değerleri 24
Şekil 4.4 SAM verilerinin karşılaştırmasında kullanılan Random Points lokasyonları 27
Şekil 4.5 SAM veri setlerinden enlem ve boylam değerlerine göre çakıştırılan karşılaştırmalı yükseklik verileri 28
Şekil 4.6 Minus işlemi sonrası elde edilen farkların mekânsal dağılımı 32

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışmada İHA cihazlarına ait bazı teknik özellikler 17
Çizelge 4.1 Üretilen SAM veri setleri ve GNSS-CORS kontrol değerleri 25
Çizelge 4.2 Random points modülü ile elde edilen lokasyonlar ve yükseklik değerlerinin DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setlerine göre kıyaslama tablosu .. 29
Çizelge 4.3 Random points lokasyonları kullanılarak DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setleri yükseklik değerlerinin karşılaştırmalı Paired t-test özet sonuçları 31

1. GİRİŞ

İnsanoğlu kadimden bu yana yakınında bulunan objeleri ölçmek, varlıklarını değerlendirmek ve envanterini bilmek istemiştir (Cabrera *et al.* 2021). Son yıllarda teknolojinin yaygınlaşmasıyla birlikte madencilik (Minh *et al.* 2023), inşaat (Alaloul *et al.* 2020), tarım (Obi Reddy *et al.* 2023), ormancılık (McEwan *et al.* 2020) vb. çeşitli alanlarda ölçme ve sayısal yüzey değerlendirme seviyelerinde önemli yenilikler gerçekleşmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin her geçen gün gelişerek kullanıcılara sunulması neticesinde arazi ölçmesi ve araziden elde edilen verilerin kaliteli bilgiye dönüştürülmesi ile rasyonel bir karar destek sistemi ortaya çıkmıştır (Avtar *et al.* 2019).

Günümüzde CBS ve Uzaktan Algılama, jeo-bilimsel çalışmalar ve coğrafi verilerin analizi için önemli araçlar haline gelmiştir. CBS kısaca; mekânsal verilerin toplanması, depolanması, yönetilmesi, analiz edilmesi ve görselleştirilmesi için kullanılan bir bilgi sistemidir (Kirilenko 2022). Uzaktan Algılama ise yeryüzündeki nesnelerin özelliklerini uzaktan toplama ve analiz etme yöntemidir (Qin and Liu 2022). CBS'nin kökenleri, 1960'lı yıllara kadar uzanmaktadır (Fischer vd. 2019). O dönemde, bilgisayar teknolojileri gelişmeye başlamış, coğrafi verilerin dijital olarak saklanması ve analizi için yeni yöntemler ortaya konulmaya çalışılmıştır. CBS ortamında coğrafi verilerin nokta, çizgi ve alan temelli olarak tanımlanabildiği vektör veri modelleri kullanılmıştır. İlk CBS sistemleri, genellikle tekel şirketler ve devlet kurumları tarafından kullanılmış ve ticari olarak erişilebilir olmamıştır. Ancak, 1980'lerde bilgisayar teknolojilerindeki hızlı ilerlemelerle birlikte CBS sistemleri daha erişilebilir hale gelmeye başlamıştır. Uzaktan Algılama, CBS' nin gelişimiyle birlikte daha önemli hale gelmiştir (Li *et al.* 2021).

Uzaktan Algılama, uydular, hava araçları ve diğer sensörler aracılığıyla yeryüzündeki nesnelerin görüntülerinin toplanması olarak tanımlanmaktadır (Dhingra and Kumar 2019). Bu görüntüler, farklı elektromanyetik spektrum bölgelerindeki yansımaları analiz ederek bilgi elde etmeyi sağlamaktadır. Uzaktan Algılama, coğrafi verilerin elde edilmesinde büyük bir öneme sahip olup CBS' nin veri tabanlarına entegre edilmesinde öncü olmuştur. Teknolojik gelişmeler, CBS ve Uzaktan Algılama alanındaki büyük

ilerlemeleri beraberinde getirmiştir. Özellikle son yıllarda, daha yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri, daha hassas sensörler ve gelişmiş veri analiz yöntemleri kullanılarak daha kapsamlı ve ayrıntılı coğrafi bilgiler elde edilmektedir (Awais *et al.* 2022). CBS ve Uzaktan Algılama, çevre yönetimi, tarım, şehir planlaması, doğal afet yönetimi gibi birçok alanda kullanılmaktadır. CBS ve Uzaktan Algılama, coğrafi verilerin toplanması, analizi ve yönetimi için günümüzde önemli araçlardır. Teknolojik gelişmelerle birlikte, bu alanlardaki uygulamalar ve kullanım alanları da sürekli olarak genişlemektedir. CBS ve Uzaktan Algılama, bilimsel araştırmaların ve coğrafi bilgi tabanlı karar verme aksiyonlarının temelini oluşturmaktadır (Mitra and Roy 2022).

Hızlı gelişen ve yaygınlaşan bu ortama son yıllarda İnsansız Hava Araçları (İHA) eklenmiştir. İHA cihazları, insan müdahalesi olmadan otomatik olarak uçabilen, genellikle uzaktan kumanda veya önceden programlanmış rotalar üzerinde hareket edebilen araçlardır (Gülci *et al.* 2021, Castrillo *et al.* 2022). İHA cihazları, son yıllarda hızlı bir şekilde gelişmiş ve çeşitli alanlarda kullanılan önemli bir teknoloji haline gelmiştir. İHA cihazlarının gelişimi, havacılık teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte başlamıştır. İlk İHA cihazları, askeri amaçlar için kullanılmak üzere tasarlanmıştır. 20. yüzyılın ortalarında, uzaktan kumandalı İHA cihazları keşif, gözetleme ve hedef belirleme gibi askeri görevlerde kullanılmaya başlanmıştır (Olanipekun *et al.* 2023). İHA cihazları, coğrafi keşifler, jeolojik araştırmalar, çevre izleme, tarım, kargo taşımacılığı, hava fotoğrafçılığı, acil durum yönetimi ve diğer birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. İHA cihazları gelişimi, teknolojik ilerlemelerle birlikte hız kazanmıştır. Daha küçük, daha hafif ve daha dayanıklı malzemelerin kullanılmasıyla İHA cihazları daha uzun süre havada kalabilir hale gelmiş, daha hassas sensörlerle donatılmış ve daha karmaşık görevleri yerine getirebilecek kabiliyete ulaşmıştır (Yurtseven vd. 2019). Ayrıca, otonom uçuş yetenekleri de geliştirilmiş ve İHA cihazları kendi kendine uçabilme ve sensör donanımlarına bağlı olarak çevrelerindeki nesneleri algılayabilme yeteneklerine sahip hale gelmiştir. İHA cihazları havacılık teknolojilerindeki ilerlemelerle birlikte hızla gelişmiş ve farklı sektörlerde yaygın bir şekilde kullanılan önemli bir araç haline gelmiştir. İHA cihazları ve üzerinde bulunan kameralar yardımıyla pratik ve hızlı bir şekilde arazi üzerinde bulunan doğal ve yapay yapıları hakkında yükseklik, derinlik, genişlik, uzunluk vb. bilgiler yüksek çözünürlük ve yüksek doğrulukla elde

edilebilmektedir (Akgül *et al.* 2018, Mohsan *et al.* 2023). Ayrıca uydu görüntülerine nazaran daha operasyonel ve anlık bilgi elde edilebildiğinden özel alanlar için (heyelan, yangın, baraj göleti vb.) hızlı bir sonra-önce değerlendirmesi yapılabilmektedir.

Bu çalışmada örnek bir ormanlık alanda bulunan çeşitli boyutlarda bina, müştemilat, hat, dikdörtgen ve yuvarlak şekilli objelerin yer aldığı orta eğimli bir arazide iki farklı sensör özelliklerine sahip İHA cihazları kullanılarak aynı objeler üzerinden ölçüm hassasiyetlerinin kıyaslaması yapılmıştır. Bu çalışma ile farklı tip ve özellikte İHA cihazlarının ölçüm ve doğruluk performans değerlendirmesi yapılmıştır.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Son yıllarda İHA cihazları avantajları nedeniyle ormancılık ölçümlerinde büyük ilgi görmektedir. İHA' lar veri toplama kolaylığı, mekânsal ve zamansal çözünürlüğün esnek kontrolü, düşük işletme maliyetleri ve daha güvenli bir çalışma ortamı sunmaktadır . Çok ölçekli görsel haritalama, 3B dijital modelleme ve Structure from Motion (SfM) algoritmalarını kullanan teknolojik gelişmeler, inşaat yönetimi, su kirliliği, arkeoloji, enerji sistemleri, hesaplamalı biyoloji gibi ormancılığın ötesindeki sektörlerde de araştırmaları güçlendirmiştir (Mohan *et al.* 2017).

Tercan (2017) İnsansız Hava Aracı kullanarak Sarıhacılar Köyünde bulunan çalışma bölgesinde bulunan tarihi yapıların ve yolların üzerine yapmış olduğu ölçümlerde İnsansız Hava Araçları (İHA) sisteminin doğruluğunu GNSS-RTK yersel ölçme tekniği ile karşılaştırmıştır. İHA cihazı ile elde ettiği görüntüden 2.1 cm konumsal çözünürlüklü ortofoto ve 8.4 cm çözünürlüklü Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretmiştir. Üretilen ortofoto kullanarak 35 adet noktanın arazide aplikasyonu yapmıştır. Yükseklik değerinde (z) oluşan karesel ortalama hata; Aynı noktadaki İHA ile elde edilen değerden GNSS-RTK ölçü yöntemiyle ulaşılan değer arasındaki fark hesaplanmış ve düşey doğruluk 2.4cm olarak belirlenmiştir. Böylelikle İHA ve yersel yöntem kullanarak elde ettiği verileri kot bazında karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak İHA ile üretilen verilerin yüksek doğruluk ve hassasiyette olduğunu ayrıca yersel yönteme göre daha kolay olduğunu ve ölçümün daha kısa sürede tamamlandığını ortaya koymuştur. (Tercan 2017)

İHA fotogrametrisi, ormancılık ölçümlerinde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Jayathunga ve çalışma arkadaşları (2018), karışık kozalaklı-geniş yapraklı ormanların üç boyutlu gölgelik yüzeyini yeniden oluşturmak için sabit kanatlı İHA fotogrametrik ürünlerinin performansını değerlendirmişlerdir. Çalışma, İHA fotogrametrik ürünlerinin, doğru dijital arazi modelleri ile birleştirildiğinde, orman örtüsünün güvenilir yapısal ölçümlerini sağlayabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, İHA fotogrametrik ürünlerinin performansı, orman örtüsünün yapısal karmaşıklığından etkilenebileceğini vurgulamışlardır (Jayathunga *et al.* 2018).

Marangoz ve çalışma arkadaşları (2019), yaptıkları çalışmalarında geleneksel fotogrametrik haritalama yöntemleri ile İHA' lardan üretilen veriler yardımı ile harita yapımının maliyet, zaman ve doğruluk açısından karşılaştırılmasını amaçlamıştır. Mardin İlinin Derik ilçesinde yürütülen çalışmada taşıyıcı platform olarak uçak ve İHA ile ayrı ayrı uçuşlar yapılarak birbirine yakın olacak şekilde yer örnekleme aralığı (YÖA) ve bindirme oranları seçmişlerdir. Her iki uçuş ile elde edilen veriler kullanılarak SAM üretilmiş ve karşılaştırma yapılmıştır. İlk olarak SAM modelden rastgele alınan bir kesitte aynı mesafedeki yükseklik değerleri birbirlerine yakın değerler olarak tespit edilmiştir. Sonraki aşamada SAM üzerine çakıştırılan görüntüler sonucu oluşturulan ortofotolar karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada vektör harita temel alınarak ortofotolar kıyaslanmış; Yüksek çözünürlüklü İHA görüntüleri ile elde edilen ortofotonun, uçak görüntüleri kullanılarak stereo çizim ile gerçekleştirilen ortofotolardan daha hassas ve daha net sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Üçüncü aşama olarak çalışma alanında bulunan yer kontrol noktaları (YKN)'nın doğruluğu dengelemeye tabi tutularak yatayda ve düşeyde ortalama hata miktarları tespit edilmiştir. İHA ile elde edilen ortofoto görüntülerde yüksek çözünürlük nedeni ile YKN' lerin yatayda ve düşeyde ortalama hata oranları uçak ile elde edilen ortofoto görüntülere göre daha düşük çıkmıştır. Bu çalışmanın sonucunda İHA'lardan üretilen sonuç ürünlerinin maliyet, zaman ve doğruluk açısından geleneksel fotogrametriye göre üstün olduğu aktarılmıştır (Marangoz vd. 2019).

Doğruluk ve Yanalak (2021) yaptıkları çalışmalarında, yeryüzünün fiziksel yapısını ortaya koyabilmek ve değişiklikleri izlemek için yüksek çözünürlüklü uydu ve İHA cihazlarından elde edilen görüntülerin detaylı spektral ve konumsal bilgiler içermesi nedeniyle avantajlara sahip olduğunu ifade etmiştir. Günümüzde optik ve İHA cihazlarındaki teknolojik gelişmeler, yüksek çözünürlüklü görüntülerinin ve İHA görüntülerinin üretiminin kolaylaşması ve bu verilere erişilebilirliğinin artmasından dolayı İHA cihazları yeryüzünün topoğrafik yapısının daha detaylı ve daha yüksek çözünürlüklü olarak ölçülmesinde ve arazi yüzeyinde bulunan nesneleri tespit edebilmek için kullanıma elverişli olduğunu ayrıca vurgulamıştır. Bu çalışmada, Gordion arkeolojik alanında 0.07 m yer örnekleme aralığı değerinden 2566 İHA görüntüleri, 0.30 m yer örnekleme aralığı değerine sahip WorldView-3 uydu görüntüleri ve 0.70 m yer örnekleme aralığı değerine sahip KOMPSAT-3 stereo uydu görüntülerinden nokta bulutu veri setleri

üretilerek farklı sensörlerden üretilen nokta bulutları ile çalışma alanının topoğrafyasını ve tümülüsleri gösteren sayısal yükseklik modeli (SYM) üretilmiştir. Böylelikle SYM modelde bulunan tümülüslerin yükseklik, alan, eğim ve hacim gibi parametrelerini belirleyebilme potansiyeli test edilmiştir. Çalışmanın sonucunda elde edilen bulgular İHA görüntüleri ve çok yüksek çözünürlüklü stereo uydu görüntülerinin Gordion bölgesinin topoğrafik yapısını ve bölgede bulunan tümülüsleri oldukça detaylı olarak temsil edebileceğini ortaya koymuştur (Doğruluk ve Yanalak 2021).

Kılınçoğlu (2016) yaptığı tez çalışmasında 1990'lı yıllardan itibaren hızlı bir gelişim gösteren İHA teknolojilerinin avantajlarından bahisle farklı İHA cihazları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle doğruluk analizlerini yapmıştır. İHA cihazları ile üretilen verilerin ve arazi yüzeyi modellerinin yüksek doğruluğa sahip olduğunu ve mühendislik ölçmelerinde kullanımının avantajlara sahip olduğunu ifade etmiştir (Kılınçoğlu 2016).

Türk ve Öcalan (2020) İHA cihazları ile yapılan çalışmalarda herhangi bir YKN kullanılmaksızın yüksek hassasiyette (<=10cm) fotogrametrik ürünlerin elde edilip edilemeyeceğini araştırmışlardır. Bunun için GNSS alıcı/antenine sahip İHA araçları ile YKN' li ve YKN' siz olmak üzere farklı yöntemleri kullanılmışlardır. Çalışma alanı olarak Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesi seçilmiştir. Çalışma alanı içerisinde 9 adet YKN tesis edilip işaretlendikten sonra İHA cihazı ile uçuşlar yapılmıştır. YKN kullanılarak yapılan çalışmada ortofoto görüntünün doğruluğu yatayda 3.6 cm, düşeyde ise 5 cm olarak elde edilmiştir. Çalışma alanına yakın sabit GNSS istasyonu referans alınarak YKN' siz yapılan çalışma sonucunda ortofoto görüntünün doğruluğu yatayda 4.5 cm düşeyde ise 9 cm olarak belirlenmiştir. Çalışma alanına uzak SIVS isimli TUSAGA-Aktif GNSS istasyonu referans alınarak YKN' siz yapılan çalışma sonucunda ortofoto görüntünün doğruluğu yatayda 9.1 cm, düşeyde ise 8.9 cm olarak elde edilmiştir. Böylelikle İHA cihazları ile YKN kullanmadan tarım, ormancılık vb. çalışmalarda gerek duyulan hassasiyette fotogrametrik ürünler bu yöntem ile temin edilebildiği ortaya konulmuştur. Fakat jeodezik nitelikte doğruluk gerektiren yüksek hassasiyet gerektiren ürünler için YKN kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır (Türk ve Öcalan 2020).

Villi ve Yakar (2022) İHA cihazlarının ilk kullanım alanlarının askeri ve gözetleme amacıyla kullanıldığını gelişen teknoloji ile maliyetlerin düşmesi ve erişilebilirliğin çoğalmasıyla mühendislik hizmetlerinde, bilimsel çalışmalarda ve sivil kullanımlarda yaygınlaştığını tespit etmişlerdir. İHA cihazlarının günümüzde haritacılık, askeri, ziraat, madencilik, inşaat, doğal afet izleme, arkeoloji, meteoroloji gibi çeşitli alanlardaki kullanımını ve İHA cihazlarının veri toplayabilmek için taşıdıkları sensörleri incelemiştir. Böylelikle İHA uygulamalarının gelecekteki durumu hakkında fikir sahibi olmayı hedeflemişlerdir. Yapmış oldukları araştırmalar sonucunda İHA cihazı ile yapılan başlıca uygulamaları; Harita Mühendisliğinde yapılan jeodezik ölçümler, sel felaketi analiz uygulamaları, heyelan analiz uygulamaları, yangın tahmin, izleme ve hasar tespit uygulamaları, erozyon tespit uygulamaları, arama ve kurtarma uygulamaları, hassas tarım uygulamalarında, zirai ilaçlamada, toprak analizinde, bitki/ağaç tespiti ve sayısı hesaplamasında, rekolte tahmininde, arkeolojik alanların haritalanmasında, arkeolojik alanların 3B modellenmesinde, arkeolojik ve mimari eserlerin rölöve çalışmalarında, yaban hayatı ve endemik türlerin izlenmesinde, yapı hasar tespit ve restorasyon çalışmalarında, yol yapımı çalışmalarında, madencilik uygulamalarında, lojistik uygulamalarda, kargo taşımacılığı ve sipariş teslimat uygulamalarında, film endüstrisi uygulamalarında, emlak değerlemede, yüksek gerilim hattı izleme ve denetlemede, askeri uygulamalarda, hobi ve spor uygulamalarında, kaza analizlerinde, denizcilik ve kıyı güvenliği uygulamaları olarak tespit etmiştir. Sensör teknolojilerinin gelişmesi, işlemci kapasitesinin ve yeteneklerinin artması ve güç parçalarındaki gelişmeler günden güne artmaktadır. Tüm bu gelişmeler doğrultusunda İHA cihazları kullanılarak; Ürüne özel hastalık tespiti ve anlık olarak uygun ilacın seçilip verilmesi, denizlerde otomatik akıntı tespiti, kentsel alanlarda yatay ve dikey kaçak yapıların otomatik tespiti, kapalı alanların haritalanması, doğal gaz ve petrol tespit çalışmaları, sürü İHA' ların dikey yapılarda yangınla mücadele uygulamaları, sinyal istihbaratı uygulamaları, baz istasyonu olarak kullanımı, ekim ve hasat İHA' ları, balık yemleme, takip, oltalama, ağ serme, mayın temizleme çalışmaları, doğal afetlerde otomatik hasar belirleme, vb. alanlarda çalışmalar yapılacağı veya daha da geliştirileceği öngörülmüştür (Villi ve Yakar 2022).

Park ve çalışma arkadaşları (2022), çok katlı bir bina projesinin hafriyat durumunu izleme ve projesine uygunluğunu denetlemek için İHA cihazının kullanılabilirliğini test

etmişlerdir. Bu çalışma ile hafriyat çalışmaları için çok fazla emek ve zaman isteyen yersel ölçüm teknikleri yerine İHA cihazı kullanımı ile kısa zamanda ve fazla emek gerektirmeden hafriyat çalışmaları hakkında bilgi toplayabilmeyi hedeflemişlerdir. Bunun için hafriyat çalışmalarının her aşamasında önce RTK özelliğine sahip GPS ile yersel ölçümler yapılmış arkasından İHA ile uçuş yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Kore Cumhuriyeti' nin Seoul kentinde yüksek katlı bir bina olarak projelendirilen inşaat sahası seçilmiştir. Proje on adet binadan oluşmakta olup, her bina yer altı beş ve yer üstü on sekiz kattan oluşmaktadır. İnşaat alanının çevresinde yüksek yoğunluklu binalar ve engebeli araziler bulunmaktadır. Uygulamada İHA görüntülerinin coğrafi referanslanması amacıyla on adet YKN tesis etmiştir. YKN' ler hafriyat sahasının dışına tesis etmiştir. YKN' leri RTK-GPS kullanılarak tesis etmiş ve böylelikle YKN' lerin hassasiyetinin yatayda 3 cm' den düşeyde ise 5 cm' den az olduğunu belgelemişlerdir. İHA cihazı ile elde edilen görüntüler coğrafi olarak referanslandırıldıktan sonra ortomozaik görüntüler elde edilmiştir. Bu görüntüler yardımı ile SAM model üretilmiştir. Çalışmanın devamında yersel yöntemler ve İHA teknolojisi kullanılarak elde edilen verilerden hafriyat miktarı alınarak karşılaştırılmıştır. İHA verilerine göre hafriyat alanının hesaplanan hacmi 351.883 m^3 tür. Yersel yöntemler kullanılarak hesaplanan hacim ise 354.399m^3 olarak belirlenmiştir. İki ölçme tekniği arasında 2516 m^3(%0.71) bir fark bulunmuştur. Bunun sebebi ise hafriyat alanında bulunan yumuşak toprak tabakasının ve sert kayaların GPS teknolojisi kullanılarak tam olarak ölçülememesinden kaynaklanmaktadır. Ancak İHA teknolojisi ile bu sorunun ortadan kalktığını ve kısa sürede ve düşük iş gücü ile güvenilir verilere ulaşılmasının mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Böylelikle İHA teknolojisinin inşaat hafriyatının izlenmesi ve hesaplanması işlerinde kullanılabilir olduğunu ileri sürmüşlerdir (Park *et al.* 2022).

Fidancı ve Karabörk (2019) ormanlık alanlarda İHA görüntüleri yardımı ile üretilen verilerin karayolu projelerinde kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Bunun için yersel yöntem ve İHA ile üretilen veriler kullanılarak hacim hesaplamaları yapmıştır. Daha sonra yersel yöntem ve İHA cihazı kullanılarak elde edilen yükseklik bilgisi ve hesaplanan hacim değerleri kıyaslanmıştır. Çalışma alanı olarak ağaçların sık olduğu bir alanda yaklaşık 800 metre uzunluğunda ve 300 metre genişliğinde bir karayolu güzergahı seçilmiştir. İHA aracı ile farklı yükseklikte ve bindirme oranlarına sahip dört adet uçuş

yapılarak görüntüler oluşturulmuştur. YKN ve arazi detay noktalarının koordinatları GNSS cihazı kullanılarak klasik RTK prensibi ile tespit edilmiştir. Görüntüler Pix4D ve Agisoft PhotoScan Professional yazılımları ile farklı sayıda YKN ile işlenmiş ve SAM ortaya çıkarılmıştır. Karşılaştırma sonucunda İHA cihazı ve yersel yöntemle hesaplanan hacim miktarları arasındaki fark en fazla %3.5 ve en az %0.6, üretilen noktaların yükseklikleri arasındaki farklar ise 12.9 cm ile 15.9 cm arasında tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar ile İHA cihazı kullanılarak elde edilen verilerin karayolu projelerinde yersel yöntemlere gör alternatif, ekonomik, hızlı ve güvenilir bir seçenek olarak değerlendirilebileceğini ifade etmişlerdir (Fidancı ve Karabörk 2019).

Tükenmez (2022) modern ölçme sistemleri arasında İHA cihazlarının karayolu projelerinde kullanıldığını ifade ederek karayolu projelerinde proje güzergahı yatay ve düşey hatlarının geometrik elemanlarının hesaplanması ile kazı ve dolgu miktarının(Kübaj) belirlenmesi uygulamalarında kullanılan halihazır haritaların hassasiyetinin ve doğruluğunun önemini vurgulamışlardır. Bu sebepten dolayı İHA cihazı ile elde edilen verilerin karayolu projelerinde güzergah haritalarının (Şeritvari harita) yapımında kullanılabilip kullanılamayacağını araştırmışlardır. Çalışma alanı olarak Karayolları 5. Bölge Müdürlüğü sorumluluk sahasında bulunan Mersin-Fındıkpınarı İl Yolu proje güzergahında bulunan yaklaşık 2 km bir kısım seçilmiştir. Çalışma kapsamında, belirlenen güzergahın her iki tarafında 200 metre genişliğinde bir koridor oluşturulmuş ve İHA kullanılarak 195 metre yükseklikte bindirmeli görüntüler alınmıştır. Bu görüntüler fotogrametri teknikleriyle analiz edilerek sayısal arazi modeli ve güzergah haritası oluşturulmuştur. Araştırmada İHA cihazı ile elde edilen haritalar ile önceden yersel yöntemle elde edilen yüksek doğruluklu halihazır harita karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sahada detay noktaları RTK GPS tekniği kullanılarak ölçülmüş ve üretilen ortofoto haritanın konum doğruluğu incelenmiştir. Ayrıca, iki yöntem arasında yaklaşık maliyet karşılaştırması yapmıştır. Çalışmanın sonuçları, İHA kullanımının karayolu projelerinde altlık haritalarının oluşturulmasında etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. İHA cihazı ile elde edilen haritaların yükseklik doğruluğu ve konum hassasiyeti, yersel yöntemle elde edilen haritalarla karşılaştırılabilir düzeydedir. Ayrıca İHA cihazının kullanımının maliyet açısından da avantajlı olduğunu görmüşlerdir. Bu araştırmaları İHA cihazlarının karayolu projelerinde kullanımının yaygınlaşması ve geleneksel yöntemlere alternatif bir

seçenek olabileceği konusunda önemli bir katkı sağladığını aktarmışlardır (Tükenmez 2022).

Türk ve çalışma arkadaşları (2022), ormancılık sektöründe üretim aktivitelerinin planlanması ve orman yollarının tasarlanmasında, konumsal verilere dayalı karar destek sistemlerinin kullanımını incelemişlerdir. Özellikle son yıllarda, yüksek çözünürlükte ve doğrulukta sayısal yükseklik modellerinin üretilmesinde İHA cihazları kullanılmaktadır. İHA cihazları kullanımı sayesinde iş yükü azalmakta, zaman kazanımı sağlanmakta ve daha hassas veriler elde edilmektedir. Yapmış oldukları çalışmanın amacı, İHA teknolojisiyle orman yollarında kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi ve zemin klaslarının incelenmesidir. Seben Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde bulunan Taşlıyayla Orman İşletme Şefliği 'ne ait bir orman yolunun 100 metrelik bir kısmı çalışma alanı olarak seçilmiştir. İHA cihazı ile uçuşlar, yol yapımından önce ve sonra gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda, hakediş (ödeme cetvelinde yer alan maliyet) hesaplamaları için 384,23 m^3 kazı hacmi, 188,30 m^3 dolgu hacmi, 893,84 m^2 kazı alanı ve 447,85 m^2 dolgu alanı belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma alanında toprak ve küskülük zemin klasları da tespit edilmiştir. Yapmış oldukları çalışma ile İHA teknolojisinin kullanımının orman yolu inşaatında ve maliyet hesaplamalarında etkili olduğunu göstermişlerdir. İHA cihazının sağladığı hızlı veri toplama ve analiz imkanları sayesinde, daha doğru ve verimli kararlar alınabildiğini ayrıca İHA cihazının kullanımının iş yükünü azalttığı ve maliyet hesaplamalarında daha kesin sonuçlar sağladığını ifade etmişlerdir (Türk vd 2022).

Menteşoğlu ve İnan (2016), düşük maliyetli İHA cihazının ormancılık uygulamalarında kullanımını araştırmışlardır. Araştırmanın ilk aşamasında, düşük maliyetli ve otonom uçuş özelliklerine sahip 6 kollu bir multikopter sistemi oluşturmuş ve stabilizasyonunu sağlamışlardır. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi kampüsü çalışma alanı olarak belirlenmiş ve ikinci aşamada uçuş planlaması yapılarak uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Uçuşlar sırasında, analizler için kullanılacak fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Üçüncü aşamada, GPS koordinatlarıyla birlikte çekilen dijital fotoğrafların işlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bu işleme süreci sonucunda, çalışma alanına ait nokta bulutu,

ortofoto ve vejetasyona ait taslak meşcere haritasını elde etmişlerdir. Elde edilen veriler yüksek doğruluk sağlamakla birlikte birçok analize olanak tanımıştır. İHA cihazı ile elde edilen veriler, klasik yersel ölçüm, hava fotoğrafı ve uydu görüntüsüne göre hızlı, ucuz, ulaşılabilir ve yenilikçi bir yöntem olarak önem taşımaktadır. Özellikle hızlı bir şekilde yüksek hassasiyete sahip üç boyutlu haritalar elde etmek birçok avantajı beraberinde getirmektedir. Yapmış oldukları çalışma, İHA sistemlerinin ormancılık çalışmalarında sorunlara çözüm sunabilecek temel çözümlerden biri olabileceğini göstermektedir. Ayrıca, elde ettikleri veriler ile ormancılık yönetimi ve planlaması süreçlerinde bilimsel dayanak olarak kullanılabileceği ve coğrafi bilgi sistemlerine dayanan ormancılık durumlarında altlık olabileceğini ortaya koymuşlardır (Menteşoğlu ve İnan 2016).

Strecha ve çalışma arkadaşları (2011), İHA cihazlarının uygun maliyetli, tam otomatik ve doğru bir haritalama çözümünü sunduğunu bildirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada İHA cihazı ile elde edilen verilerin doğruluğuna etki eden en önemli faktörü bulmayı amaçlamışlardır. Bunun için İHA cihazı ile YKN' li ve YKN' siz uçuşlar yaparak veri setleri üretmişlerdir. Yapmış oldukları çalışma ile 0.05 – 0.2 m ve 2 - 8 m konum doğrulukları elde etmişlerdir. Bu çalışmada tamamen otomatik yöntemler ile hassas sonuçlar elde edildiğini belirtmişler ve çalışmada farklı YÖA olan görüntüleri kullanmışlardır. Çalışmalarında bulunan verilerdeki analizlerle görüntülerin çözünürlüğünün, ölçüm doğruluğunu en çok etkileyen faktör olduğunu aktarmışlardır (Strecha *et al.* 2011).

Çallı (2021) İHA cihazları, üç boyutlu konumsal bilgi üretme yetenekleriyle birlikte klasik ölçüm yöntemlerine göre daha az iş gücü, zaman ve maliyet avantajı sağlayarak yaygınlaşmalarında önemli bir rol oynadığını ve GNSS teknolojisinin İHA cihazı için sağladığı faydaların incelenmesi, mühendislik projelerinde tercih edilecek ölçüm cihazlarının belirlenmesinde önemli olduğunu aktarmıştır. Bundan dolayı GNSS-RTK özellikli İHA cihazı ve GNSS-RTK özelliğine sahip olmayan İHA cihazı kullanılarak aynı koşullarda çekilen fotoğrafların doğruluğunu karşılaştırmıştır. Pix4D Mapper ve Agisoft Foto Scan fotogrametri yazılımları kullanılarak elde etmiş olduğu ortofotoları incelemiştir. Karşılaştırmalar sonucunda, GNSS-RTK özellikli İHA cihazı verilerinin yatay ve düşey doğruluk değerlerinin diğer İHA verilerinden daha iyi olduğunu

görmüştür. Yazılımlar arasında yapılan karşılaştırmada ise Pix4D Mapper yazılımının yatay ve düşey doğruluk açısından daha iyi sonuçlar verdiğini tespit etmiştir. Agisoft FotoScan yazılımının ise GNSS-RTK özelliği olmayan İHA cihazı verilerinin yatay konum doğruluğunda daha iyi sonuçlar verdiğini, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha başarılı olduğu ileri sürmüştür (Çallı 2021).

Şahin (2021) hacim hesaplarının, birçok mühendislik çalışmasında önemli bir rol oynadığını ve özellikle inşaat ve madencilik sektöründe, harita mühendisliği alanında hacim hesaplarının büyük bir öneme sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca gelişen teknolojiyle birlikte, uzaktan algılama ve fotogrametri ile elde edilen verilerde İHA kullanımının yaygınlaştığını ifade etmiştir. Yapmış olduğu çalışma ile, İHA cihazı ile elde ettiği verileri kullanarak yapılan hacim hesaplamalarının farklı açılardan analizini yapmıştır. Bir tarımsal ürün depolama tesisi (SİLO) ve bir dolgu alanının hacmini İHA verileri kullanarak hesaplamıştır. Hesaplamalar sonucunda, düzgün geometrik yapıya sahip SİLO' nun hacmi %98 doğrulukla, düzgün geometrik yapıya sahip olmayan dolgu alanının hacmini ise %94.38 doğrulukla hesapladığını aktarmıştır (Şahin 2021).

Kınalı (2021) yol güzergahlarının insan hayatına önemli katkılar sağladığı ve yol medeniyetinin dünyada kabul edilen bir fikir olduğu ve bu yol güzergahlarının bazen sık ormanlık alanlarda, bazen de açık alanlarda olabileceğini belirtmiştir. Sık ormanlık alanlarda yol güzergahlarının belirlenmesi için arazi yüzeyini temsil eden noktaların toplanması yersel ölçüm yöntemleriyle gerçekleştirilebildiğini ve sık ormanlık alanlarda yersel ölçüm yöntemleriyle nokta toplama işleminin zorluklarla ve uzun zaman alabilen bir süreç olduğunu ifade etmiştir. Bundan dolayı yersel ölçüm yöntemlerinde yaşanan sorunlar göz önüne alınarak, yersel ölçüm yöntemiyle elde edilen verilerle İHA yardımıyla farklı yüksekliklerde çekilen fotoğrafların fotogrametrik işleme tabi tutularak elde edilen nokta bulutu verilerinin karşılaştırılmasını yapmıştır. Her iki yöntemle yapılan ölçümlerde aynı yol güzergahı ve yöntemler kullanılmış, arazinin yapısı, kazı ve dolgu değerlerini karşılaştırmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, İHA ile yapılan ölçümlerde toprak işi miktarında %0,27 ve dolgu değerinde %1,08 gibi bir fark tespit edilmiştir. İHA ile çekilen 50 m yükseklikteki fotoğrafların fotogrametrik işlemle elde edilen nokta bulutu verilerinin yersel ölçüm yöntemiyle elde edilen verilere yüksek derecede benzerlik

gösterdiği belirlenmiştir. Bu nedenle, sık ormanlık alanlarda yapılması düşünülen orman yol projelerinde yersel ölçüm yönteminden önce İHA kullanılması gereken bir araç olduğuna ve İHA sisteminin, kısa sürede çok veri elde edilmesine olanak sağladığından tercih edilmesi gereken bir yöntem olduğunu aktarmıştır (Kınalı 2021).

Divit (2021) yapmış olduğu çalışma ile farklı topoğrafik yapıları sınıflandırarak üretmiş olduğu ortofoto haritaların doğruluğunu test etmiştir. Çalışma sahası olarak Trabzon ili Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni yerleşkesi içinde bir bölge seçmiştir. Çalışma sahasının yüksek çözünürlüklü ortofoto haritasını üretmek amacı ile İHA cihazı kullanmıştır. GNSS ölçümleriyle test ve kontrol noktaları cm düzeyinde incelenmiş ve yönetmelikte belirtilen standartlara uygunluğunu değerlendirmiştir. Elde etmiş olduğu sonuçlar, x, y ve h ekseni için karesel ortalama hata değerlerinin Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine uygun olduğunu göstermiştir. Daha sonra üretmiş olduğu ortofoto haritanın doğruluğunun incelemesine geçmiştir. Tüm test noktaları değerlendirildiğinde, en büyük hata değerlerinin sırasıyla x, y ve h bileşenlerinde 5.9 cm, 4.5 cm ve 4.9 cm olduğunu belirlemiştir. Çalışma sahası düz alan, eğimli alan, yerleşim alanı ve ormanlık alan olmak üzere dört gruba ayrılmış ve her bir gruptaki test noktalarının doğruluğu ayrı ayrı incelenerek ortofoto haritanın doğruluğunu değerlendirmiştir. Ormanlık alandaki test noktalarının her üç bileşen için karesel ortalama hata değerlerinin en yüksek olduğu tespit edilmiştir. En düşük hata değerlerine sahip test noktalarının ise düz alan bölgesinde olduğunu ortaya koymuştur (Divit 2021).

Avcı (2020) yol, köprü, tünel gibi yapıların inşa edileceği bir bölgede, önceden o bölgenin topografik haritasının oluşturulmasının gerekli olduğunu ve bu haritanın yersel ölçme yöntemleriyle üretmenin zorlu, maliyetli ve zaman alıcı olabileceğini ayrıca eğimli ve engebeli arazilerde ölçüm yapmanın da bazen mümkün olamayacağını söylemiştir. İşte bu noktada İHA ve fotogrametrik yöntemlerin kullanılarak arazi modellemesinin daha ekonomik ve hızlı bir şekilde yapılmasının mümkün olduğunu vurgulamıştır. Yapmış olduğu çalışma ile dağlık ve engebeli arazilerde fotogrametrik modellemenin doğruluğunu incelemiş ve YKN' lerin yatay ve düşey konum doğruluğuna etkisini araştırmıştır. Çalışma alanı olarak düz, dağlık ve kayalık olmak üzere üç farklı bölgede çalışmıştır. YKN' ler bu bölgelere yerleştirilmiş ve yersel ölçme yöntemleriyle noktaların

konumları belirlenerek uçuş planlaması yapmıştır. Uçuş yüksekliği, bindirme oranları ve arazinin yükseklik değişimleri göz önünde bulundurularak uçuş planlamaları yapmıştır. İHA ile elde edilen bindirmeli görüntüler kullanılarak Pix4D yazılımında YKN' lerin konumlarına dayanarak koordinatlı üç boyutlu modeller oluşturmuştur. İlk aşamada YKN' ler homojen bir şekilde dağıtmış ve daha sonra farklı yüksekliklerde farklı dağılım biçimleri uygulayarak YKN' lerin konum doğruluğunun etkisi incelenmiştir. Sonuç olarak, homojen YKN dağılımıyla elde edilen verilerde maksimum hata miktarının 5 cm' nin altında olduğunu tespit etmiştir. Çalışma bölgesinin sınırlarını çevreleyen ve arazinin topoğrafik yapısını yansıtan bir YKN dağılımının gerekliliğini ortaya koymuştur. İHA ve fotogrametrik yöntemler kullanılarak dağlık ve engebeli arazilerde de hassas sonuçlar elde edilebileceğini savunmuştur (Avcı 2020).

Altun (2019) İHA’ nın günümüzde hemen hemen her alanda kullanılan gelişen bir teknoloji olduğunu ve bu teknolojinin, harita mühendisliğini ve özellikle fotogrametri alanını büyük ölçüde etkilediğini böylelikle sayısal arazi verilerinin elde edilmesi için farklı seçeneklerin ortaya çıktığını ifade etmiştir. Bu seçeneklerden birisi de İHA' lar ile metrik olmayan kameraların kullanılarak araziden sayısal verilerin toplanmasıdır. Yapmış olduğu çalışmada, İHA' ların tarihsel gelişimi, özellikleri ve kullanım alanlarını detaylı bir şekilde ele almıştır. Ayrıca İHA' lar aracılığıyla harita üretimi için hangi tekniklerin kullanıldığını incelemiştir. Yapmış olduğu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İlk bölümde, çalışmanın amacı ve kapsamı ile ilgili bilgiler vermiştir. İkinci bölümde, İHA' lar hakkında bilgiler sunmuştur. Üçüncü bölümde, uzaktan algılama konusunu ele almış ve SYM ile ilgili standartlar ve üretim yöntemlerini detaylı bir şekilde incelemiştir. Son bölümde ise, İHA' dan elde edilen verilerin hâlihazır harita üretimindeki doğruluğu araştırılmıştır. Sonuç olarak yapmış olduğu çalışma ile İHA' lar aracılığıyla harita üretimi ve sayısal veri elde etme konularını ele almıştır. İHA' ların özelliklerini, kullanım alanları ve harita üretiminde kullanılan teknikleri ayrıntılı bir şekilde incelemiş ayrıca, İHA' dan elde edilen verilerin doğruluğunu da ortaya koymuştur (Altun 2019).

Ciritcioğlu ve Buğday (2022), orman yollarının, ormancılık faaliyetlerinin sürdürülmesi için önemli alt yapı tesisleri olduğunu, bundan dolayı CBS yazılımları ve İHA cihazları ile elde edilen yüksek çözünürlüklü verilerin kullanımının, ormancılık faaliyetlerinde

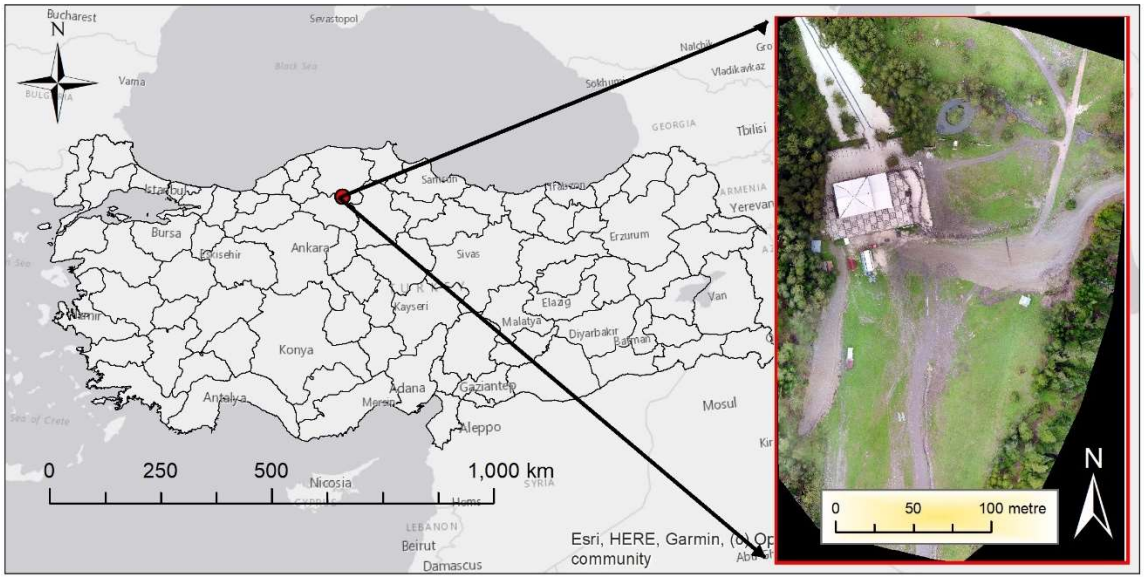
daha net ve güvenilir bilgilerin entegre edilmesinin sağlandığını bildirmişlerdir. Yapmış oldukları çalışmada orman yolu projelendirme ve kazı-doldurma(Harfiyat) hesaplamalarının daha hassas yapılabilmesi için İHA ve CBS teknolojilerinin kullanılabilirliğini ortaya çıkarmayı amaçlamışlardır. Çalışma alanı olarak Düzce Orman İşletme Müdürlüğüne bağlı Cumaova Orman İşletme Şefliği seçilmiştir. Çalışma kapsamında multikopter drone kullanılarak veriler elde edilmiş ve bu veriler kullanılarak yüksek hassasiyetli SAM(0.05m) verisi oluşturulmuştur. SAM verisi, yolun yapım öncesi arazi yapısıyla ilgili 12,5 m hassasiyete sahip SYM verileriyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca yersel ölçümlerle alınan yükseklik ve konum verileriyle kazı ve doldurma miktarları kesin kabul edilerek belirlenmiş sonrasında RoadEng yazılımı kullanılarak çeşitli hesaplamalar yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, orman yolu projelendirme çalışmalarında daha güvenli ve hassas verilerin kullanılmasıyla harfiyat, planlama, karar verme ve uygulama süreçlerine pratik bir yaklaşım sağlanabileceği ortaya konulmuştur (Ciritcioğlu ve Buğday 2022)

Karaca (2023) yapmış olduğu çalışmada, farklı hassasiyetlere sahip ölçüm cihazları olan GPS, GNSS-CORS, mobil telefon ve İHA cihazları aynı büyüklükte bir alanda ölçüm yaparak ölçüm süresi, hassasiyet ve haritalama açısından karşılaştırmıştır. Ayrıca, yaygın olarak kullanılan uydu verileri üzerinden elde edilen sayısal yükseklik değerlerini de Google Earth yazılımıyla haritalandırmıştır. Elde etmiş olduğu verileri aynı düzlemde karşılaştırmış ve sonuç olarak, RTK özellikli GNSS-CORS ve RTK-İHA cihazlarının yüksek hassasiyetli veri sağladığını, bunu takip eden sırasıyla RTK donanımı olmayan İHA, Google Earth verisi, mobil telefon ve GPS cihazıyla yapılan ölçümlerin geldiğini tespit etmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, yüksek hassasiyet ve hızlı ölçüm gerektiren çalışmalarda İHA cihazının etkin bir şekilde kullanılabileceğini, hassasiyetin ikinci planda olduğu çalışmalarda ise GPS, Google Earth ve mobil telefonla yapılan ölçümlerin kullanılabileceği sonucuna varmıştır (Karaca 2023).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışmada Ilgaz Orman İşletme Müdürlüğü sorumluluk sahası içerisinde bulunan ormanlık bir alanda bina, müştemilat, hat, dikdörtgen ve yuvarlak objeler barındıran Yıldıztepe mevkiinde yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu

3.2 Yöntem

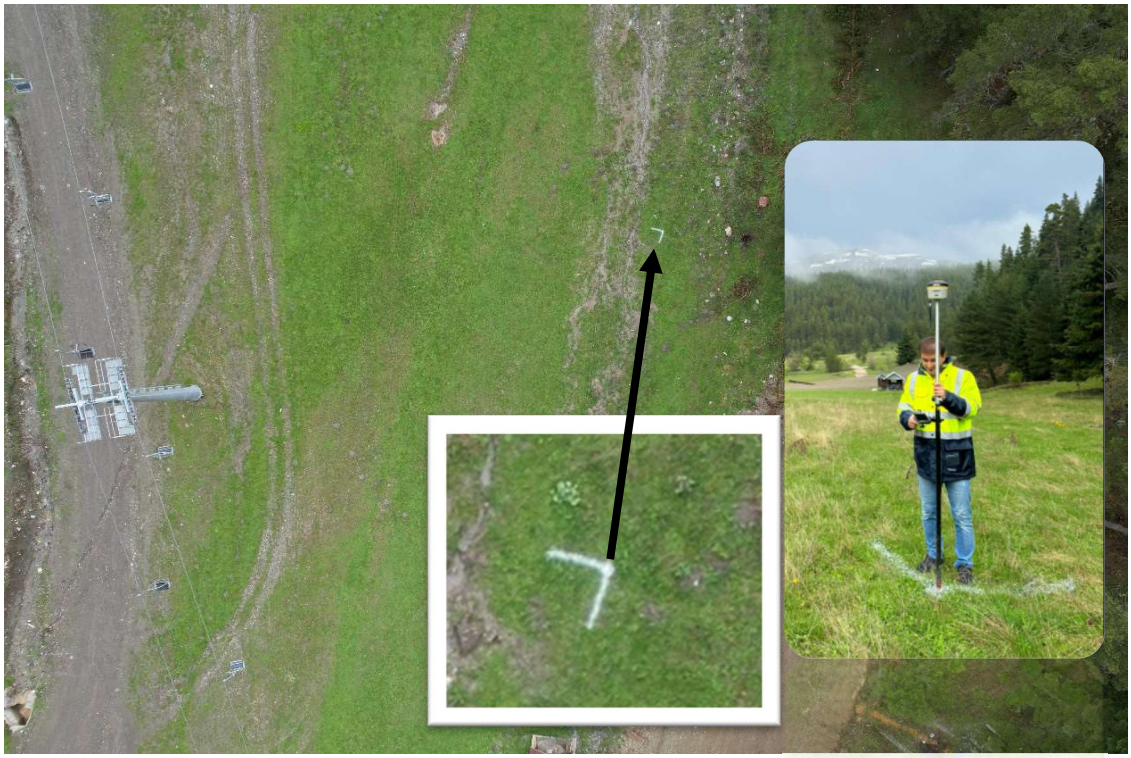
Bu çalışmada, farklı sensör boyutlarına sahip DJI marka Phantom 4 model ve DJI marka Air2S model olmak üzere iki farklı İHA (drone) kullanılmıştır. Cihazlara ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 incelendiğinde İHA cihazlarına ait dahili kamera, görüş açısı, diyafram aralığı, sensör türü, sensör boyutu ve etkin piksel değerlerinin karşılıklı olarak sunulduğu görülmektedir. Burada görüş açısı, sensör boyutu ve etkin piksel bağlamında değerlerin farklı olduğu görülebilmektedir.

Çizelge 3.1 Çalışmada İHA cihazlarına ait bazı teknik özellikler

DJI Phantom 4		DJI Air 2S	
Dahili Kamera	Var	Dahili Kamera	Var
Görüş Açısı	94 °	Görüş Açısı	88 °
Diyafram Açıklığı	2.8 /f	Diyafram Açıklığı	2.8 /f
Sensör Türü	CMOS	Sensör Türü	CMOS
Sensör Boyutu	1/2.3 inç	Sensör Boyutu	1 inç
Etkin Piksel	4000X3000	Etkin Piksel	5472X3648

Bu cihazlar yardımıyla aynı büyüklüğe sahip ormanlık alanda aynı zaman aralığında ve aynı uçuş yüksekliğinde arazide uçuşlar gerçekleştirilmiştir. İHA cihazları uçuşları öncesi yer kontrol noktaları (YKN) arazi üzerinde beyaz renkli sprey boya ile işaretlenmiş ve GNSS-CORS cihazı yardımıyla koordinatları alınmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Uçuş güzergahında alınan yer kontrol noktası ve GNSS-CORS cihazı

Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı-Aktif (TUSAGA-Aktif), Türkiye'nin yerel ölçüm ağıdır. GNSS, Küresel Navigasyon Uydu Sistemi' nin (Global Navigation Satellite System) bir parçasıdır ve GPS (Global Positioning System) gibi uydu tabanlı konum belirleme sistemlerini kullanmaktadır. TUSAGA-Aktif, Türkiye' nin tamamında sabit GNSS

istasyonlarından oluşan bir ağ olup bu istasyonlar ile yüksek hassasiyetli konum belirleme verileri sağlamak için sürekli olarak uydu sinyallerini almakta ve bu sinyaller analiz edilmektedir. TUSAGA-Aktif sayesinde, kullanıcılar yüksek doğrulukta coğrafi konum bilgilerine erişebilmektedirler. Bu sistem, özellikle CBS, jeodezi, harita yapımı, mühendislik ölçümleri ve jeoloji gibi çeşitli alanlarda kullanılır. TUSAGA-Aktif, ölçüm ve konum belirleme çalışmalarında daha kesin sonuçlar elde etmek, yapısal deformasyon analizi yapmak, arazi izleme ve deprem araştırmaları gibi birçok uygulama için önemli ve pratik bir araçtır. TUSAGA-Aktif ağı, Türkiye'nin yerel koordinat sistemlerine dayalı olarak çalıştığından coğrafi verilerin yerel referans sistemine dönüştürülmesine imkan vermektedir. Kısaca, Türkiye'nin coğrafi veri altyapısını geliştirmek ve daha hassas konum belirleme imkanı sağlamak için önemli bir platformdur (Anonim 2009).

Bu çalışmada hem ulusal hem de uluslararası alanda yaygın olarak tercih edilen Pix4D otomatik uçuş yazılımı kullanılmıştır. Bu çalışmada "Double Grid" yöntemi benimsenmiş ve önden %80 ve yandan %70 bindirme oranı kullanılarak çalışma alanı üzerinde uçuş sırasında görüntü alımı yapılmıştır (Şekil 3.3).

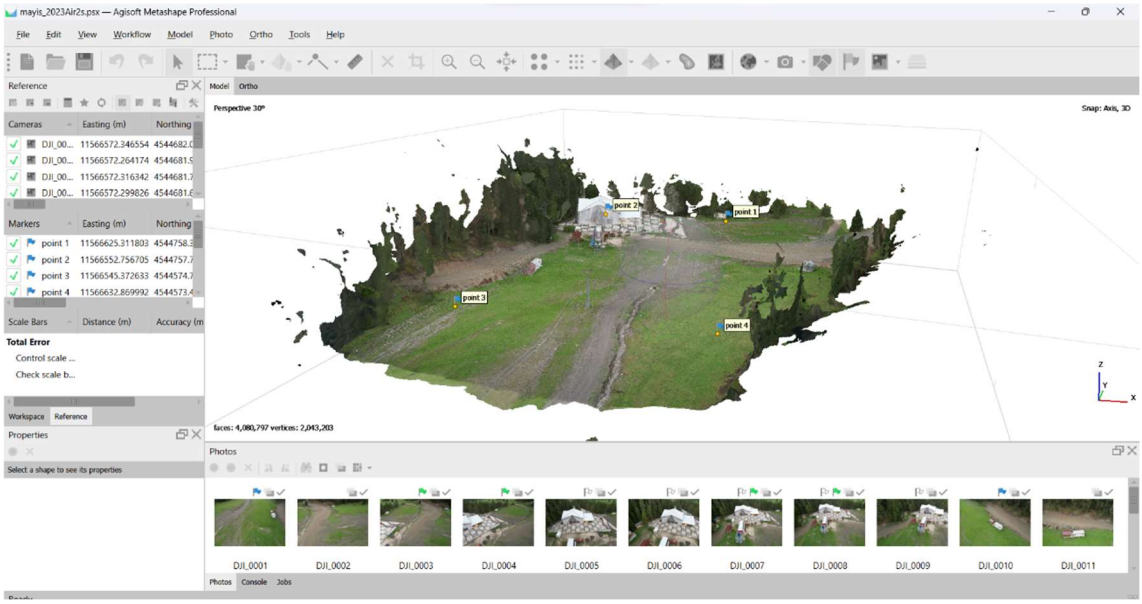


Şekil 3.3 Çalışmada kullanılan otomatik uçuş yazılımı

3.2.1 SAM Veri Seti Üretimi

Arazide gerçekleştirilen uçuşlardan elde edilen görüntüler ve YKN verileri Agisoft Metashape yazılımı kullanılarak nokta bulutu ve üç boyutlu arazi modeline

dönüştürülmüştür (Şekil 3.4). Bu aşamada hem DJI Phantom 4 cihazından alınan veriler hem de DJI Air2S cihazından alınan veriler ayrı ayrı olacak şekilde Agisoft Metashape yazılımında işlenmiştir. Agisoft Metashape yazılımı ile uçuşlardan elde edilen fotoğrafların her birini kendi koordinatlarına göre hizalamaktadır. Bu yazılımda, YKN ile yüksek hassasiyette alınan enlem, boylam ve yükseklik bilgilerini, tüm uçuştan elde edilen görüntülere aktararak çalışma alanının gerçek ölçüm bilgilerini üç boyutlu olarak üretebilmektedir. Şekil 3.4'te Agisoft Metashape yazılım ortamında üretilmiş olan çalışma alanı sunulmuştur.



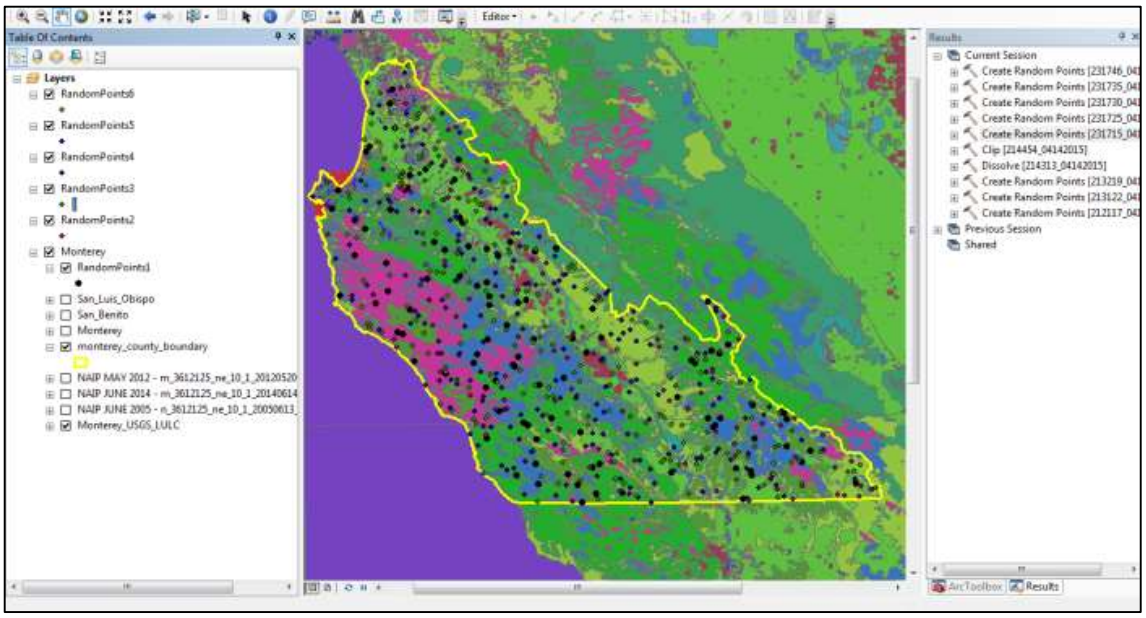
Şekil 3.4 Çalışma alanına ait üretilen üç boyutlu arazi verisi

3.2.2 Üretilen verilerin karşılaştırılması

Bu çalışmada öncelikli olarak YKN değerleri, oluşturulan yüzey değerleri ile çakıştırılarak enlem (x), boylam (y) ve yükseklik (z) değerlerindeki farklılıklar ve bu farkların miktarı hesaplanmış ve buna göre oluşturulan veriler çizelge şeklinde "Bulgular ve Tartışma" bölümünde verilmiştir.

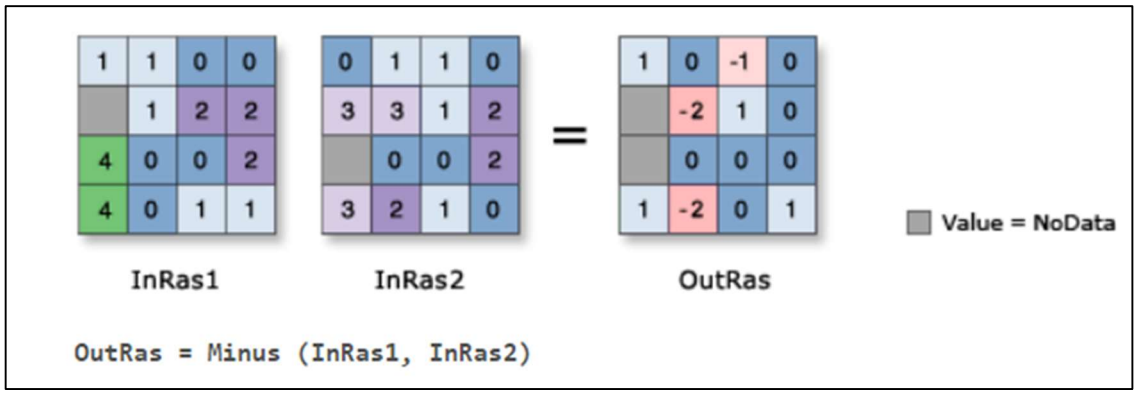
ArcGIS yazılımında yer alan "Random Points" modülü (Şekil 3.5) kullanılarak üretilen iki farklı SAM verisi aynı lokasyona isabet eden noktalar yan yana gelecek şekilde

tablolaştırılarak “Bulgular ve Tartışma” bölümünde verilmiştir. Burada ulaşılmak istenen hedef aynı lokasyondaki yükseklik değerleri arasındaki farkın net olarak ortaya konulmak istenmesidir (Anonymous 2023).



Şekil 3.5 ArcGIS Random Point aracı işlem sonucu örnek gösterimi (Anonymous 2023)

Ayrıca, CBS yazılımı olan ArcGIS 10.3 programı kullanılarak “Raster Calculator” modülünde iki farklı İHA cihazından elde edilen DSM verileri birbirinden çıkarılarak (Minus Aracı) veri seti farklılıkları konumsal olarak ifade edilmiştir. ArcGIS yazılımında yer alan minus aracı, ikinci giriş raster verisinin değerini hücre bazında birinci girdi raster değerinden çıkaran bir Spatial Analyst aracıdır (Şekil 3.5). Çıktı raster, girdi rasterlarıyla aynı boyutlara sahip olacağından kıyaslama için uygun bir ortam olarak kullanılabilmektedir (ESRI 2023).

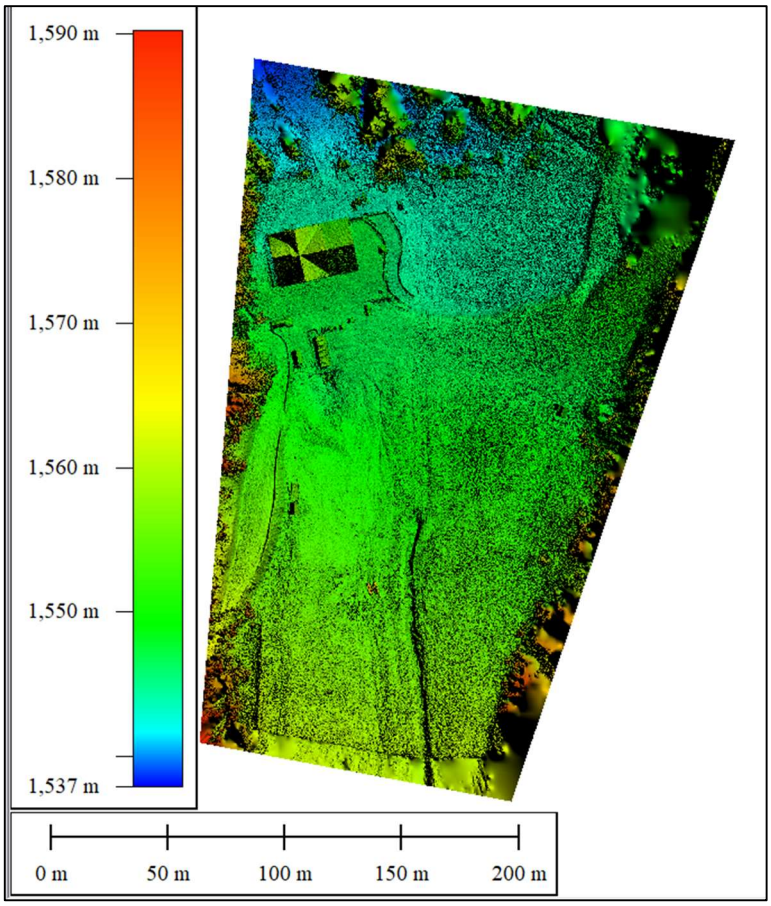


Şekil 3.6 ArcGIS Minus aracı işlem sonucu örnek gösterimi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

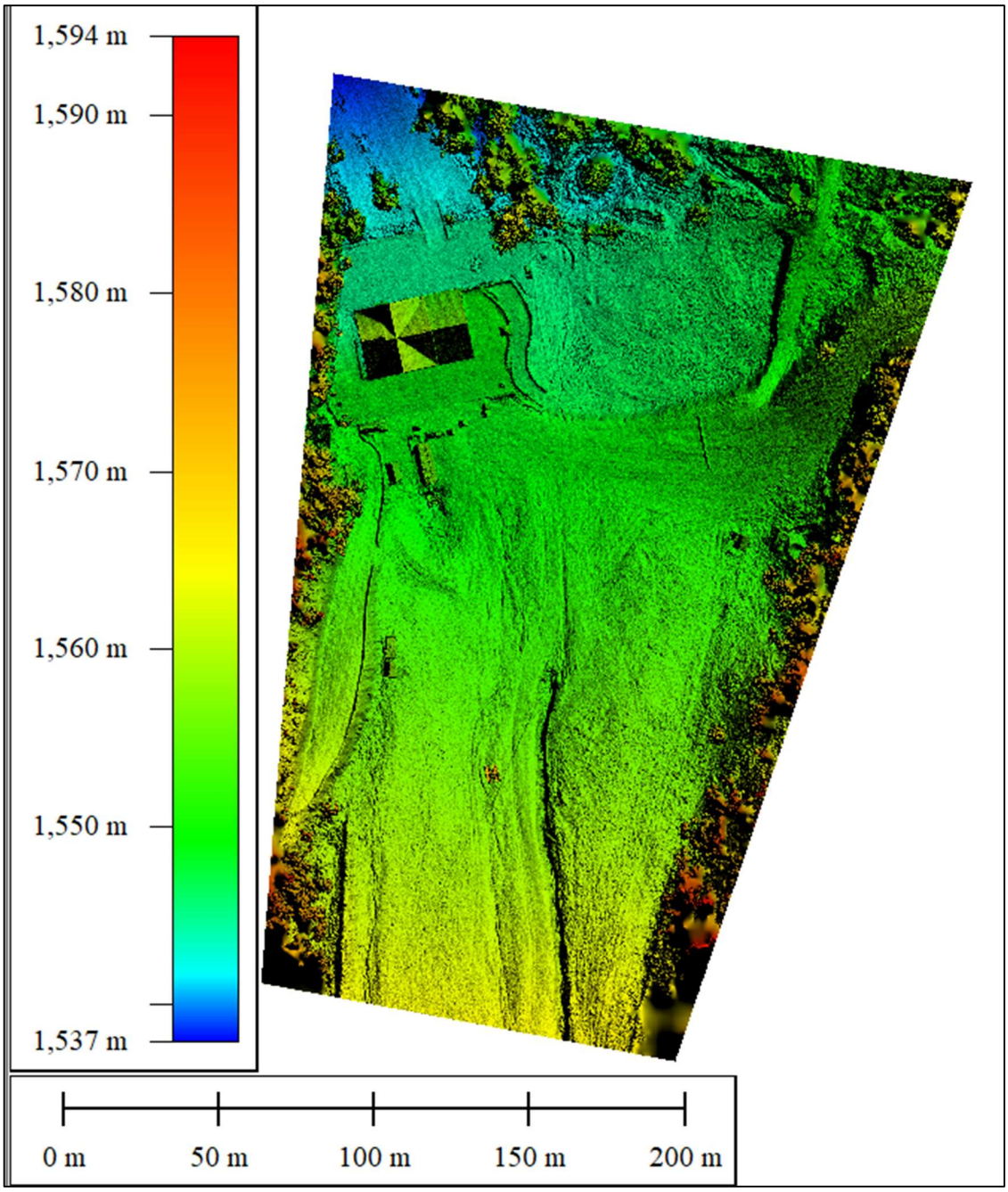
4.1 SAM Veri Seti Üretimi

Bu çalışma kapsamında toplam 245'er adet İHA görüntüsü kullanılmıştır. DJI Air2S için Ground Sample Distance (GSD) değeri 1.93 cm/piksel ve DJI Phantom 4 için 1.21 cm/piksel olarak tespit edilmiştir. Piksel çözünürlüğü Air2S için 2.51 cm ve Phantom 4 için ise 2.41 cm olarak ölçülmüştür. Çalışma alanına ait bindirmeli uçuşlar sonrası her iki İHA cihazından elde edilen görüntüler Agisoft Metashape programına aktarılmıştır. Agisoft programında sırasıyla görüntülerin hizalanması, nokta bulutu verilerinin üretilmesi ve arazinin SAM modellerinin üretimi adımları gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda DJI Air2S cihazından alınan görüntülerden üretilen SAM model (Şekil 4.1) ile



Şekil 4.1 Çalışma alanına ait DJI Air2S cihazından üretilen arazi veri seti (SAM)

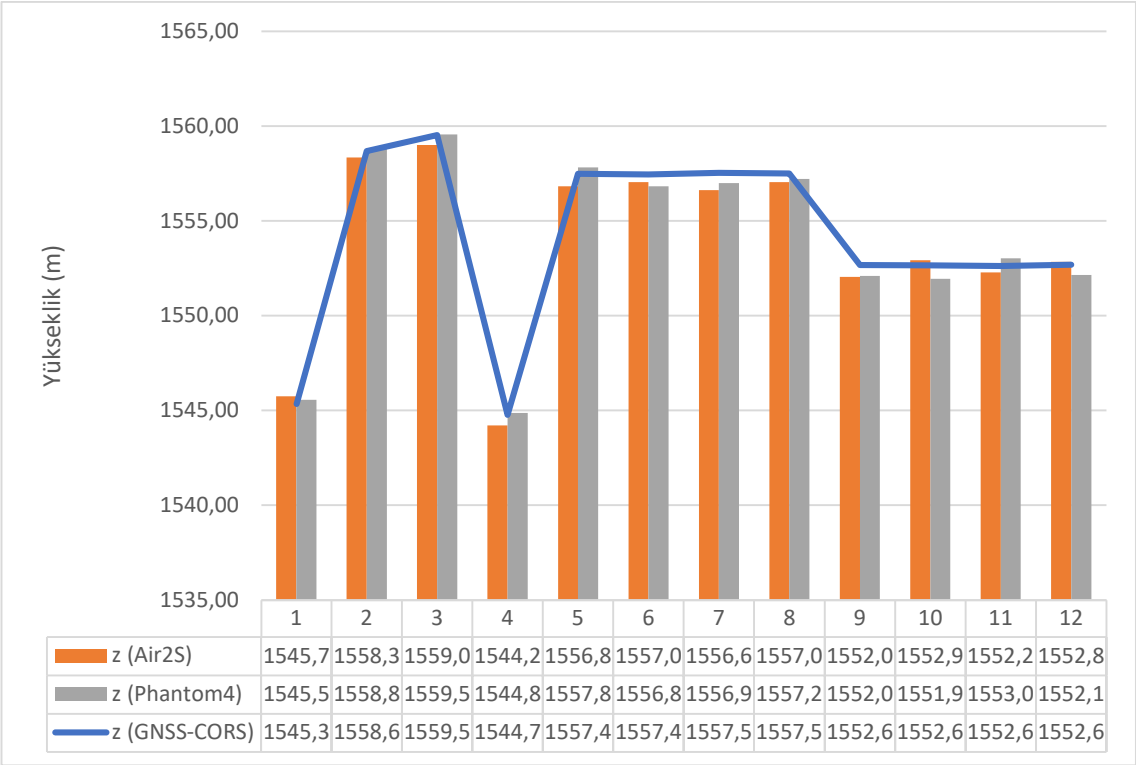
DJI Phantom 4 cihazından alınan görüntülerden üretilen SAM model (Şekil 4.2) sunulmuştur.



Şekil 4.2 Çalışma alanına ait DJI Phantom4 cihazından üretilen üç boyutlu arazi verisi

4.2 Üretilen Veri Setlerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre ilk olarak enlem (x), boylam (y) ve yükseklik (z) değerlerinin 2 cm hassasiyetle GNSS-CORS cihazı ile alınan kontrol noktalarının lokasyon ve yükseklik değerleri ile karşılaştırılmalı olarak ifade edilmiştir (Şekil 4.3).



	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
z (Air2S)	1545,7	1558,3	1559,0	1544,2	1556,8	1557,0	1556,6	1557,0	1552,0	1552,9	1552,2	1552,8
z (Phantom4)	1545,5	1558,8	1559,5	1544,8	1557,8	1556,8	1556,9	1557,2	1552,0	1551,9	1553,0	1552,1
z (GNSS-CORS)	1545,3	1558,6	1559,5	1544,7	1557,4	1557,4	1557,5	1557,5	1552,6	1552,6	1552,6	1552,6

Şekil 4.3 Üretilen modellerden alınan konumsal değerler ve kontrol değerleri

Her iki İHA cihazına göre üretilen yükseklik değerleri ve GNSS-CORS cihazı kullanılarak alınan kontrol değerleri Çizelge 4.1' de sunulmuştur. Çizelge 4.1 incelendiğinde çalışmada kullanılan her iki İHA cihazının GNSS-CORS cihazı ile aynı enlem (x) ve boylam (y) değerlerini elde ettiği ancak yükseklik değerlerinde yaklaşık 1 metreye varan sapmalar olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca İHA cihazlarından DJI Phantom 4'ün DJI Air2S' e oranla daha tutarlı SAM veri seti ürettiği anlaşılmıştır.

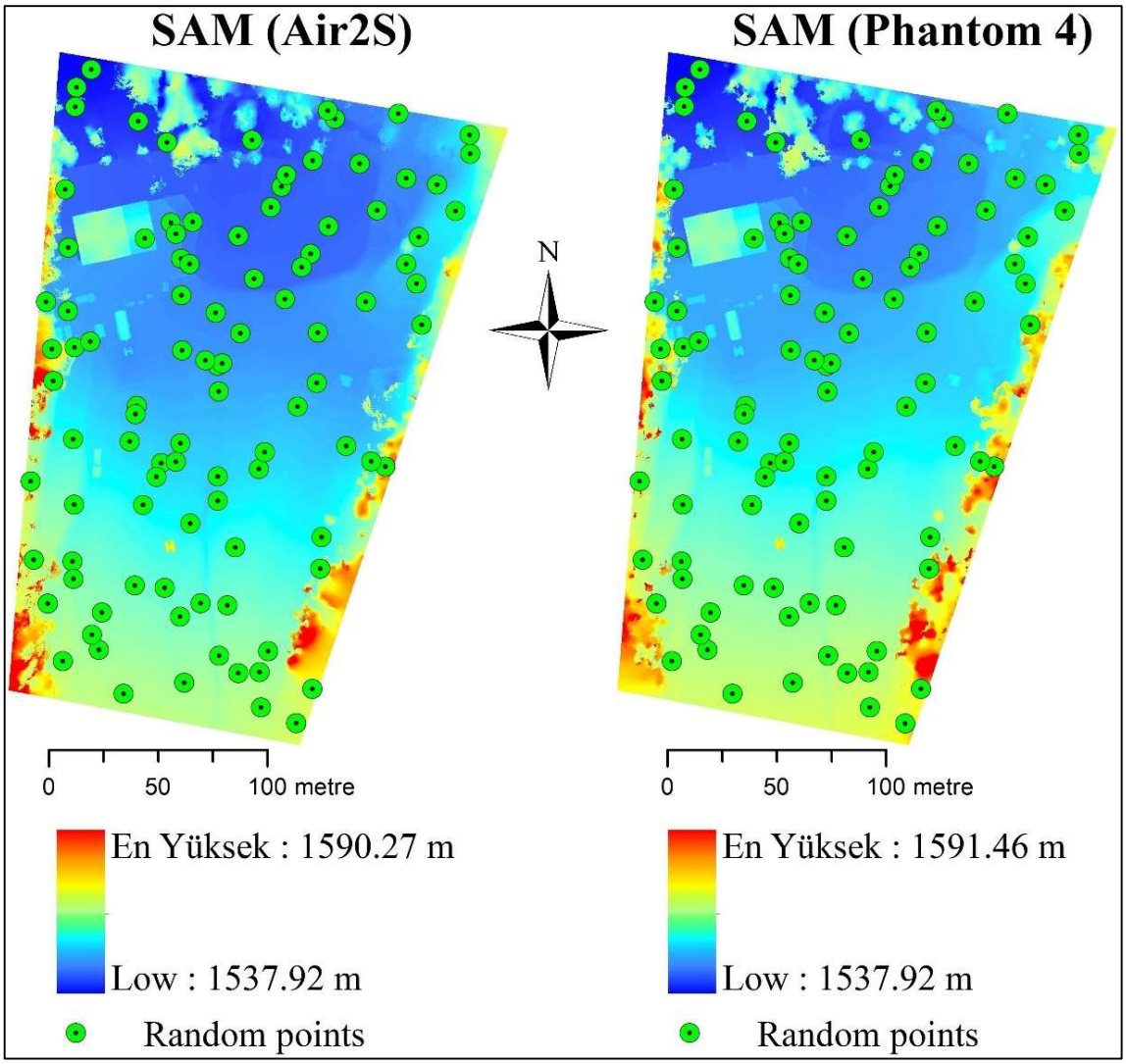
Çizelge 4.1 Üretilen SAM veri setleri ve GNSS-CORS kontrol değerleri

Sıra no	**Kontrol noktası**			**DJI Air2S**			**DJI Phantom 4**			**Fark**	
	x	y	z	x	y	z	x	y	z	z (Air2S)	z (Phantom4)
1	4544754.37	566625.48	1545.34	4544754.37	566625.48	1545.75	4544754.37	566625.48	1545.57	-0.41	-0.22
2	4544571.11	566632.53	1558.68	4544571.11	566632.53	1558.34	4544571.11	566632.53	1558.83	0.33	-0.15
3	4544572.59	566545.52	1559.53	4544572.59	566545.52	1559.00	4544572.59	566545.52	1559.55	0.52	-0.03
4	4544754.08	566553.71	1544.78	4544754.08	566553.71	1544.22	4544754.08	566553.71	1544.86	0.56	-0.09
5	4544625.05	566555.42	1557.49	4544625.05	566555.42	1556.89	4544625.05	566555.42	1557.82	0.93	-0.33
6	4544625.17	566552.44	1557.44	4544625.17	566552.44	1557.05	4544625.17	566552.44	1556.82	0.40	0.62
7	4544632.16	566552.73	1557.52	4544632.16	566552.73	1556.62	4544632.16	566552.73	1556.98	0.90	0.54
8	4544632.05	566555.70	1557.50	4544632.05	566555.70	1557.03	4544632.05	566555.70	1557.21	0.47	0.29
9	4544682.11	566553.94	1552.66	4544682.11	566553.94	1552.05	4544682.11	566553.94	1552.09	0.62	0.58
10	4544687.89	566552.62	1552.66	4544687.89	566552.62	1552.91	4544687.89	566552.62	1551.94	-0.26	0.71
11	4544688.82	566556.76	1552.61	4544688.82	566556.76	1552.29	4544688.82	566556.76	1553.03	0.33	-0.42
12	4544683.15	566558.14	1552.68	4544683.15	566558.14	1552.83	4544683.15	566558.14	1552.15	-0.15	0.53

4.3 Random Point Modülü Yardımıyla Veri Seti Karşılaştırılması

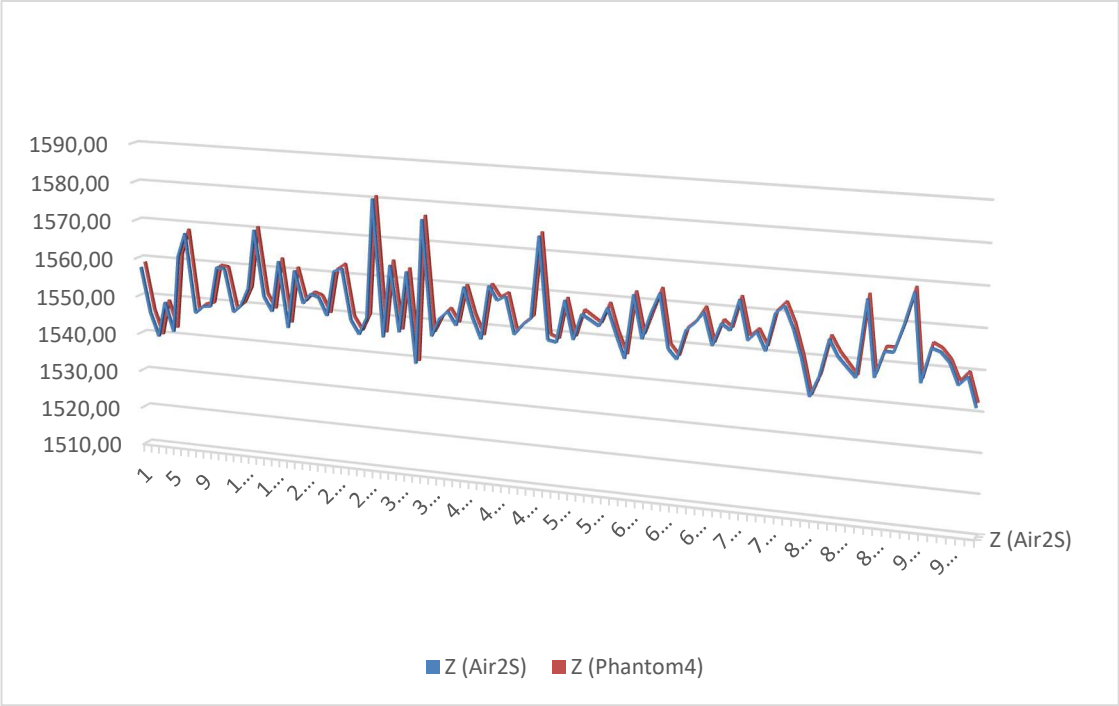
CBS yazılımlarının hemen hemen tümünde yer alan bu modül yardımıyla rastgele örnekleme için lokasyonlar operatör müdahalesi olmadan gerçekleştirilmektedir. "Random Points" aracı, ArcGIS yazılımında yer alan bir modül olup kullanıcı tarafından sınırlandırılan belirli bir alan içinde rastgele noktalar oluşturma imkanı sağlamaktadır (Buja and Menza 2013). Bu modül, coğrafi analizlerde ve veri tabanı oluşturma süreçlerinde sıklıkla kullanılır.

"Random Points" aracını kullanılarak, belirli bir alan veya özelliklerine göre noktalar oluşturulabilmektedir. Bu noktalar, yazılım tarafından kullanıcının belirlediği sınır içerisine rastgele dağıtılır. Bu modül, birçok uygulama alanında kullanılmaktadır. Örneğin, projeksiyonlar oluştururken veya arazi özelliklerinin (Eğim bilgisi, yükseklik değeri vb.) incelenmesi için noktalar oluşturmada kullanılabilmektedir. Ayrıca, coğrafi veri tabanları için rastgele nokta örneklemeleri oluşturmaya da yardımcı olabilmektedir. "Random Points" aracı, ArcGIS yazılımının Spatial Analyst veya Data Management araç takımlarında yer almaktadır. Bu modül, coğrafi analizler, veri tabanı oluşturma ve örnekleme gibi birçok uygulama alanında kullanılabilmektedir (Doumit 2017). Bu çalışmada “Random Points” modülü kullanılarak iki farklı özellikteki İHA cihazından elde edilen görüntülerle oluşturulan SAM veri setleri arasındaki değişimler 100 adet farklı lokasyon üzerinden değerlendirilerek Şekil 4.4’ te verilmiştir.



Şekil 4.4 SAM verilerinin karşılaştırmasında kullanılan Random Points lokasyonları

Bu çalışma alanına ait "Random Points" lokasyonlarının DJI Air2S ve DJI Phantom 4 cihazları kullanılarak elde edilen SAM veri setlerinden enlem ve boylam değerlerine göre çakıştırılan yükseklik bilgileri özet görünüm vermek amacıyla Şekil 4.5' te sunulmuştur.



Şekil 4.5 SAM veri setlerinden enlem ve boylam değerlerine göre çakıştırılan karşılaştırmalı yükseklik verileri

"Random Points" modülü kullanılarak elde edilen 100 adet lokasyona ait enlem (x)-boylam (y) ve yükseklik değerleri Çizelge 3.3' te verilmiştir. Çizelge 3.3 incelendiğinde DJI Air2S SAM veri setinden alınan en düşük yükseklik değeri 1539.07 m, en yüksek değer 1580.24 m ve ortalama yükseklik değeri 1553.77 m olduğu hesaplanmıştır. DJI Phantom 4 SAM veri setinden alınan en düşük yükseklik değeri 1539.22 m, en yüksek değer 1580.66 m ve ortalama yükseklik değeri 1554.24 m olduğu tespit edilmiştir. Buna göre her iki cihazdan elde edilen SAM verisi üzerinden 100 "Random Points" lokasyonuna göre en düşük yükseklik değerleri arasındaki fark 0.15 m, en yüksek değerler arasındaki fark 0.42 m ve ortalama yükseklik değerleri arasındaki fark 0.47 m olarak hesap edilmiştir.

Çizelge 4.2 Random Points modülü ile elde edilen lokasyonlar ve yükseklik değerlerinin DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setlerine göre kıyaslama tablosu

Sıra No	X	Y	Z (Air2S)	Z (Phantom4)	Fark
1	566542.38	4544583.00	1557.68	1558.62	0.93
2	566633.00	4544745.14	1545.76	1546.16	0.40
3	566544.18	4544799.90	1539.60	1539.69	0.09
4	566607.86	4544696.82	1548.86	1548.95	0.09
5	566572.34	4544784.39	1541.25	1541.84	0.59
6	566554.35	4544542.70	1561.34	1561.66	0.31
7	566532.86	4544680.25	1567.52	1568.22	0.70
8	566597.36	4544738.37	1546.78	1547.32	0.54
9	566587.22	4544738.08	1548.63	1548.98	0.35
10	566639.51	4544703.04	1548.92	1549.44	0.51
11	566542.82	4544575.10	1559.34	1559.47	0.13
12	566600.95	4544564.00	1559.10	1559.22	0.12
13	566592.15	4544704.84	1547.98	1548.61	0.63
14	566608.79	4544672.48	1549.89	1550.20	0.31
15	566724.31	4544769.53	1554.58	1554.64	0.06
16	566651.97	4544524.77	1569.89	1570.35	0.46
17	566568.48	4544637.93	1552.78	1553.15	0.36
18	566619.05	4544687.41	1549.07	1549.41	0.34
19	566618.17	4544531.95	1562.28	1562.74	0.46
20	566618.15	4544731.92	1545.20	1546.09	0.89
21	566609.40	4544539.95	1560.22	1560.71	0.49
22	566645.23	4544653.96	1551.96	1552.30	0.34
23	566627.63	4544625.39	1554.54	1554.59	0.05
24	566630.23	4544632.99	1553.79	1553.94	0.15
25	566591.95	4544721.66	1549.29	1549.57	0.28
26	566551.19	4544549.48	1560.94	1561.11	0.17
27	566524.61	4544583.82	1561.85	1562.61	0.76
28	566681.63	4544743.64	1548.71	1549.24	0.52
29	566662.31	4544785.48	1545.25	1545.84	0.59
30	566654.51	4544687.81	1549.78	1550.34	0.56
31	566685.40	4544626.55	1580.24	1580.66	0.41
32	566659.08	4544789.25	1545.08	1545.86	0.77
33	566628.50	4544516.36	1563.76	1564.62	0.86
34	566625.32	4544712.27	1546.80	1547.01	0.22
35	566627.88	4544532.47	1562.45	1562.94	0.49
36	566550.90	4544808.01	1539.07	1539.22	0.15
37	566533.54	4544665.72	1576.00	1576.62	0.63
38	566595.84	4544719.03	1546.56	1547.27	0.71
39	566676.43	4544701.86	1551.23	1551.40	0.17
40	566694.88	4544719.09	1553.24	1553.64	0.40
41	566610.81	4544673.67	1549.85	1550.17	0.32
42	566613.09	4544563.06	1559.83	1559.97	0.14
43	566591.73	4544637.07	1552.32	1552.64	0.32

44	566673.62	4544764.92	1546.95	1547.51	0.56
45	566530.95	4544563.83	1560.66	1560.73	0.06
46	566701.94	4544691.37	1557.15	1557.59	0.44
47	566570.84	4544572.10	1558.35	1558.87	0.52
48	566691.32	4544787.87	1548.93	1549.52	0.60
49	566530.18	4544701.84	1551.55	1551.82	0.28
50	566582.96	4544627.98	1553.32	1553.60	0.28
51	566523.25	4544619.67	1574.15	1574.74	0.59
52	566540.32	4544697.67	1548.35	1549.25	0.90
53	566538.95	4544753.27	1547.94	1548.42	0.48
54	566543.07	4544609.13	1558.67	1558.92	0.25
55	566592.44	4544679.58	1549.02	1549.39	0.37
56	566717.55	4544743.39	1555.58	1556.24	0.66
57	566700.73	4544731.51	1554.30	1554.76	0.47
58	566589.57	4544628.71	1552.99	1553.32	0.32
59	566584.52	4544571.02	1557.76	1558.59	0.83
60	566653.97	4544664.69	1551.33	1551.40	0.07
61	566637.82	4544754.57	1545.46	1546.09	0.62
62	566631.75	4544542.01	1561.59	1562.01	0.42
63	566571.80	4544654.21	1550.78	1551.59	0.81
64	566616.80	4544589.50	1557.34	1557.47	0.13
65	566565.67	4544522.58	1562.49	1563.40	0.90
66	566695.00	4544758.21	1548.93	1549.66	0.73
67	566540.48	4544726.62	1546.52	1546.94	0.42
68	566580.67	4544621.69	1553.91	1554.21	0.30
69	566679.02	4544628.86	1555.87	1556.17	0.30
70	566591.53	4544557.91	1558.76	1559.68	0.92
71	566609.19	4544660.71	1550.72	1551.08	0.36
72	566656.19	4544594.16	1556.38	1556.84	0.45
73	566608.72	4544610.78	1554.85	1555.12	0.27
74	566537.96	4544537.48	1562.62	1563.04	0.42
75	566699.68	4544710.19	1552.80	1553.48	0.67
76	566574.60	4544608.95	1555.10	1555.43	0.33
77	566709.00	4544755.37	1550.59	1551.38	0.80
78	566555.75	4544559.75	1560.05	1560.32	0.27
79	566593.31	4544527.59	1561.98	1562.60	0.62
80	566585.55	4544774.66	1556.82	1557.56	0.74
81	566603.17	4544675.01	1549.77	1549.97	0.20
82	566543.58	4544791.08	1540.47	1540.54	0.07
83	566640.04	4544759.78	1545.71	1546.05	0.34
84	566542.64	4544639.08	1554.92	1555.39	0.47
85	566571.12	4544650.38	1550.84	1551.65	0.81
86	566589.61	4544732.94	1548.51	1548.95	0.44
87	566652.16	4544766.35	1546.17	1546.29	0.12
88	566655.63	4544579.72	1565.36	1566.21	0.85
89	566651.14	4544723.83	1546.65	1547.20	0.55

90	566667.51	4544635.91	1553.16	1553.81	0.65
91	566608.74	4544621.86	1553.13	1553.87	0.74
92	566543.31	4544681.00	1559.87	1560.33	0.46
93	566644.65	4544509.05	1567.92	1568.76	0.84
94	566659.41	4544736.34	1546.41	1546.99	0.58
95	566596.25	4544600.46	1554.96	1555.78	0.82
96	566575.42	4544730.82	1554.23	1554.67	0.44
97	566723.96	4544778.12	1551.91	1552.15	0.24
98	566647.09	4544717.65	1546.70	1547.20	0.51
99	566550.38	4544683.62	1548.94	1549.63	0.69
100	566624.38	4544775.76	1541.74	1542.36	0.62

Çizelge 4.2' de verilen yükseklik (z) değerleri bakımından önemli bir fark bulunup bulmadığını istatiksel olarak ortaya koyabilmek için "Paired t-test" uygulanmıştır. Bu test, iki ilişkili grubun aritmetik ortalamaları arasındaki farkın anlamlılığını deneylemek amacıyla kullanılan bir istatiksel yaklaşımdır (Liu *et al.* 2016). Bu teste göre elde edilen özet sonuçlar Çizelge 4.3' de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Random Points lokasyonları kullanılarak DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setleri yükseklik değerlerinin karşılaştırmalı Paired t-test özet sonuçları

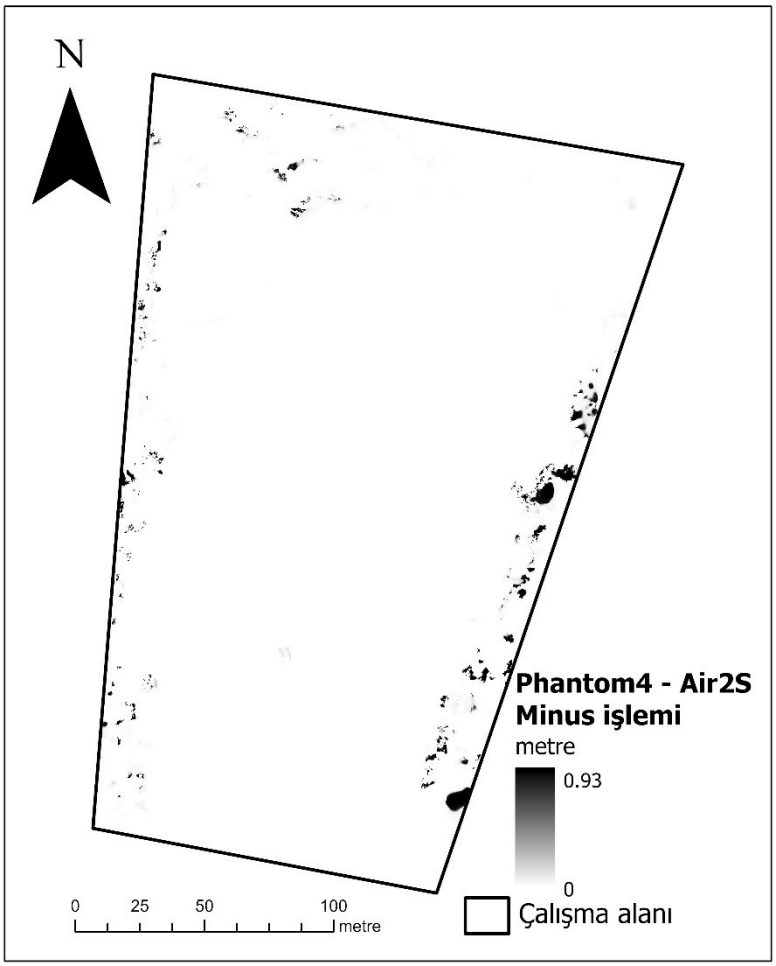
	Air2S	*Phantom 4*
Ortalama Yükseklik (m)	1553.7714	1554,2357
Standart Sapma	1.6416	1.6764
Ortalamanın Standart Hatası	0.1642	0.1676**
Örnek Sayısı (adet)	100	100

***%95 güven düzeyi ve p değeri< 0,001.*

Çizelge 4.3 incelendiğinde her iki İHA cihazı kullanılarak üretilen SAM veri setleri arasında istatistiksel olarak fark olduğu ve bu farkın istatistiksel olarak son derece önemli olduğu "Paired t-test" sonucuna göre tespit edilmiştir.

4.4 ArcGIS Minus Modülü Yardımıyla Veri Seti Karşılaştırılması

ArcGIS yazılımında yer alan minus modülü iki farklı rasterdaki piksel değerlerini birbirinden çıkarmak suretiyle ölçüm yapılan çalışma alanındaki sapma yapan değerleri konumsal olarak ifade etmede kullanılmaktadır. Burada amaç aynı alana ait iki farklı raster piksel hücre değerlerindeki farklılıkları ortaya koymaktır. Bu çalışma kapsamında DJI Air2S ve DJI Phantom 4 İHA cihazları kullanılarak elde edilen SAM veri setleri üzerinden kıyaslama yapılarak farklar Şekil 4.6' da sunulmuştur.



Şekil 4.6 Minus işlemi sonrası elde edilen farkların mekânsal dağılımı

Bu çalışma kapsamında İHA cihazlarından alınan görüntüler ve bu görüntülerin işlenmesi sonucunda elde edilen SAM veri setlerinin karşılaştırması yapılmıştır. Yürütülen karşılaştırma çalışmalarında üç farklı yaklaşım benimsenmiştir. İlk olarak GNSS-CORS cihazı ile alınan kontrol noktaları ile üretilen SAM veri setlerinde bulundukları enlem (x), boylam (y) ve yükseklik (z) değerleri karşılaştırılmış ve sonuç olarak x ile y koordinatlarında herhangi bir farklılaşma olmadığı ve olduğu gibi temsil edildiği tespit edilmiştir. Ancak "z" değerleri incelendiğinde; alınan kontrol noktaları kapsamında DJI Air2S SAM veri setinde en az 0.15 m ve en çok 0.93 m sapma olduğu tespit edilmiştir. DJI Phantom 4 SAM veri seti üzerinde yapılan hesaplamalarda ise en az 0.03 m ve en fazla 0.71 m farklılık olduğu tespit edilmiştir.

İkinci karşılaştırma yaklaşımı olarak yaygın kullanıma sahip "Random Points" modülü kullanılarak 100 adet rastgele lokasyon ArcGIS yazılımda üretilmiştir. Bu lokasyonlar ile DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setlerine ait arazi yüzeyleri çakıştırılarak x,y ve z değerleri tek veri tabanında toplanmıştır. Bu işlem sonucunda her iki İHA cihazında oluşan bu değerler incelenmiştir. Sonuç olarak, x ve y değerlerinde herhangi bir sapma gözlenmemiştir. "z" değerlerine bakıldığında her iki SAM veri setinde hesaplanan değerlerin en düşük yükseklik, ortalama yükseklik ve en yüksek değer hesaplamalarına bakıldığında nispeten en düşük değeri her iki SAM verisinde aynı (0.15m) bulmakla beraber ortalama ve en yüksek yükselti değerleri arasındaki farkın yaklaşık yarım metre olduğu ve bu sapmaların sabit olduğu tespit edilmiştir.

Üçüncü ve son yaklaşım olarak ArcGIS yazılımında yer alan minus modülü kullanılarak DJI Air2S ve DJI Phantom 4 SAM veri setlerine ait arazi yüzeylerinin tamamında fark olup olmadığının hem sayısal hem de mekânsal olarak ortaya konması için x,y ve z değerleri incelenmiştir. Enlem (x) ve Boylam (y) değerleri açısından herhangi bir farklılık veya sapma tespit edilememiştir. Ancak, "Minus İşlemi" sonucunda "z" değerleri incelendiğinde; her iki SAM veri setinin özellikle ağaçlık alanda yapılan ölçümlerde istatistiki açıdan anlamlı bir fark çıktığı ve değerlerin burada değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada ölçüm farklılıklarını tespit için kullanılan yaklaşımlar hem ulusal hem de uluslararası literatürde farklı İHA ölçümleri için kullanılmıştır. Bu çalışmadaki ilk ve ikinci yaklaşıma benzer şekilde sonuçlara ulaşan Lo Brutto ve çalışma arkadaşları (2014) yaptıkları çalışmada iki farklı İHA cihazı verilerini kıyasladıklarında en düşük "z" değeri farkını (0.12m) ve en yüksek yükseltiler arası farkı ise 1.080 m olarak hesaplamışlardır. Aktürk ve Altunel (2019) yaptıkları çalışmalarında düşük maliyetli İHA cihazı kullanımında oluşabilecek hata değerlerini GNSS-CORS cihazı kullanarak hesaplamış ve yaklaşık yarım metrelik bir "z" değeri farkı olduğunu hesaplamışlardır. Bu çalışmada ulaşılan değerlerden yüksek olarak tespit edilen bu farkın İHA cihazı teknolojisi ve kullanılan kamera teknik özelliklerinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yapılan diğer bir çalışma olan Eker ve çalışma arkadaşları (2021) "Haritalama çalışmalarında RTK ve PPK karşılaştırması" yapmışlar ve çalışmalarında sonuç olarak "z" değerleri bağlamında en düşük 0.463 m ile en yüksek 0.5384 m arasında farklar olduğunu ifade etmişlerdir. Obanawa ve çalışma arkadaşları (2019) yılında yürüttükleri çalışmada aynı alana ait İHA verisini karşılaştırdıkları çalışmalarında SAM modeli üzerinden yaptıkları hesaplamada "z" değerinin en düşük 0.062 m ve en yüksek yükselti farkının 0.105 m olarak tespit edildiğini aktarmışlardır. Yaptıkları çalışma ile tez kapsamında yürütülen bu çalışmada elde edilen değerler arasındaki farklılığın, daha yüksek hassasiyette ölçüm yapabilen İHA cihazları kullanmalarından kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ormancılık faaliyetleri çok geniş bir alanda ve çok sayıda iş ve işlemleri gerektiren bir iş anlayışı kapsamında yürütülmektedir. Teknolojinin her geçen gün hızla geliştiği ve yaygınlaştığı göz önüne alındığında uygulayıcı ve karar vericiler için ihtiyaç duyulan bilgilerin kaliteli bilgiye dönüştürülerek belirli bir güven aralığında hesaplamalar yapılarak sunulması, gelecek planlamaları ve gelecekte yapılacak mühendislik faaliyetlerinin amacına uygun olarak yerine getirilmesinde azami ölçüde önemli olduğu bilinmektedir. Teknoloji kullanımının ormancılık pratiklerine aktarılması noktasında CBS ve İHA teknolojilerinin kombine kullanımı uygulayıcı ve karar vericiler için avantajlı bir ortam sunmaktadır.

Bu çalışma ile düşük maliyetli ve diğer İHA cihazlarına göre nispeten temini daha kolay olan DJI marka Air2S ve DJI marka Phantom 4 İHA cihazları ve bu cihazlar kullanılarak elde edilen SAM veri setlerinin enlem, boylam ve yükseklik değerlerine ilişkin karşılaştırmalar yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında üç farklı karşılaştırma yaklaşımı benimsenerek İHA cihazlarından elde edilen SAM verileri üzerinde CBS yazılımı ortamında sınama ve kontroller yapılmıştır. Tüm karşılaştırma yaklaşımlarına göre enlem ve boylam değerlerinde herhangi bir sapma tespit edilememiştir. Ancak "z" değeri hesaplamalarına gelindiğinde her iki SAM veri arasında istatistiki olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu durum cihazın teknolojisi ve daha hassas ölçüm imkanı sağlayabilen PPK ve RTK özelliklerinin bu çalışma kapsamında kullanılan İHA cihazlarında olmaması ile açıklanabilir.

Bu çalışma kapsamında kullanılan her iki İHA cihazı ile yapılan uçuşlar sonrası aynı alana ait veriler aynı yazılım kullanılarak işlenmiş ve çalışma alanına ait üç boyutlu SAM veri setleri ayrı ayrı oluşturulmuştur. Kontrol noktaları GNSS-CORS cihazı kullanılarak alınmış ve yapılan karşılaştırmada enlem (x) ve boylam (y) değerlerinde herhangi bir sapma tespit edilmemiştir. Ancak yükseklik (z) değerlerinde yaklaşık ±1 metre farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışma sonucunda, İHA cihazlarından elde edilen veriler kapsamında; uzunluk ve alan hesaplamalarının daha hızlı ve daha güvenilir bir şekilde yapılabileceği ancak kazı ve dolgu gibi hacim değerlerinin hesaplamasında daha

tutarlı ve daha net değerlere ulaşmak için düşük maliyetli İHA cihazlarının PPK ve RTK donanımı ile güçlendirilerek kullanılmasının daha isabetli sonuçlar ortaya koyacağı düşünülmektedir.

Bundan sonraki yapılacak çalışmalarda özellikle RTK özelliğine sahip ve daha hassas ölçümler yapabilen İHA cihazlarının kullanımıyla elde edilen SAM verilerinin karşılaştırılması ve kullanım amacına uygun olarak asgari teknik özellik sınırlarının belirlenmesi hem literatür hem de uygulayıcılar açısından önemlidir.

KAYNAKLAR

Akgul, M., Yurtseven, H., Gulci, S., and Akay, A. E. 2018. Evaluation of UAV-and GNSS-based DEMs for earthwork volume. Arabian Journal for Science and Engineering, 43: 1893-1909.

Akturk, E. and Altunel, A. O. 2019. Accuracy assessment of a low-cost UAV derived digital elevation model (DEM) in a highly broken and vegetated terrain. Measurement, 136: 382-386.

Alaloul, W. S., Liew, M. S., Zawawi, N. A. W. A., and Kennedy, I. B. 2020. Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders. Ain shams engineering journal, 11(1): 225-230.

Altun, A. T. 2019. İnsansız Hava Araçları Verilerinden Üretilen Orto-Görüntülerin Geometrik Doğruluğunun İncelenmesi. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 53 sayfa, Sivas.

Anonim. 2009. Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Web sitesi. https://www.tusaga-aktif.gov.tr Erişim tarihi: 03.05.2023

Anonymous. 2012. Versus. Web sitesi. https://versus.com/en/dji-air-2s-vs-dji-phantom-4-advanced. Erişim tarihi: 03.05.2023

Anonymous. 2015. MayBe İts A Map. Web sitesi. https://maybeitsamap.wordpress. com/2015/04/20/overview- 002. Erişim tarihi: 03.05.2023

Anonymous. 2023. Esri. Web sitesi. https://desktop.arcgis.com/ en/arcmap/ latest/ tools/ spatial-analyst toolbox/minus.htm. Erişim tarihi: 03.05.2023

Avcı, H. 2020. Engebeli Arazilerde İnsansız Hava Araçları ile Üç Boyutlu Veri Üretiminde Doğruluk Araştırması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87 sayfa, Samsun.

Avtar, R., Sahu, N., Aggarwal, A. K., Chakraborty, S., Kharrazi, A., Yunus, A. P., Dou, J. and Kurniawan, T. A. (2019). Exploring renewable energy resources using remote sensing and GIS—A review. Resources, 8(3): 149.

Awais, M., Li, W., Cheema, M. J. M., Zaman, Q. U., Shaheen, A., Aslam, B., Zhu, W., Ajmal, M., Faheem, M., Hussain, S., Nadeem, A. A., Afzal, M. M. and Liu, C. 2022. UAV-based remote sensing in plant stress imagine using high-resolution thermal sensor for digital agriculture practices: A meta-review. International Journal of Environmental Science and Technology, 20: 1-18.

Buja, K. and Menza, C. 2013. Sampling design tool for ArcGIS: Instruction manual.[For ESRI ArcGIS 10.0 Service Pack 3 or higher]. OAA/National Centers for Coastal Ocean Science, 1: 1-16.

Cabrera, L., Sokolow, J. and Cabrera, D. 2021. Developing and validating a measurement of systems thinking: The systems thinking and metacognitive inventory (STMI). Routledge handbook of systems thinking, 1: 1-42.

Castrillo, V. U., Manco, A., Pascarella, D. and Gigante, G. 2022. A review of counter-UAS technologies for cooperative defensive teams of drones. Drones, 6(3): 65.

Ciritcioğlu, M. G. and Buğday, E. 2022. Assessment of Unmanned Aerial Vehicle Use Opportunities in Forest Road Project (Düzce Sample). Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24(2): 247-257.

Çallı, R. 2021. İHA Sistemleri İle Elde Edilen Ortofoto Haritaların Doğruluk Değerlendirmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 145 sayfa, Tokat.

Dhingra, S. and Kumar, D. 2019. A review of remotely sensed satellite image classification. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 9(3): 1720.

Divit, A. 2021. İHA ile Ortofoto Harita Üretimi ve Duyarlılığın İrdelenmesi: KTÜ Kampüs Alanı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 77 sayfa, Trabzon.

Doğruluk, M., and Yanalak, M. 2021. Object-based modelling and accuracy assessment of Gordion tumuli using very high-resolution stereo satellite images. International Journal of Remote Sensing, 42(19): 7239-7269.

Doumit, J. A. 2017. Digital Terrain Analysis of Lebanon: A Study of Geomorphometry. Kuban State University Publishing, pp 160, Stavropolsky.

Eker, R. , Alkan, E. and Aydın, A. 2021. A Comparative Analysis of UAV-RTK and UAV-PPK Methods in Mapping Different Surface Types . European Journal of Forest Engineering, 7(1): 12-25.

Fidancı, Y. and Karabörk, H. 2019. İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi , 9(3): 473-485.

Fischer, M. M., Scholten, H. J. and Unwin, D. 2019. Geographic information systems, spatial data analysis and spatial modelling: an introduction. In Spatial analytical perspectives on GIS, Routledge, pp. 3-20, Oxford

Gülci, S., Akay, A. E., Gülci, N. and Taş, İ. 2021. An assessment of conventional and drone-based measurements for tree attributes in timber volume estimation: A case study on stone pine plantation. Ecological Informatics, 63: 101303.

Jayathunga, S., Owari, T. and Tsuyuki, S. 2018. Evaluating the performance of photogrammetric products using fixed-wing UAV imagery over a mixed conifer–broadleaf forest: Comparison with airborne laser scanning. Remote Sensing, 10(2): 187.

Karaca, A. 2023. Ormancılıkta Farklı Ölçüm Cihazları Kullanarak Sayısal Arazi Yüzeyinin Hesaplanması ve Cihaz Performanslarının Karşılaştırılması (Çerkeş Örneği). Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 35 sayfa, Çankırı.

Kılınçoğlu, D. B. 2016. Farklı insansız hava araçları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmesi ve doğruluk analizi Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 131 sayfa, İstanbul.

Kınalı, M. 2021. İnsansız Hava Araçlarının Orman Yolu Projelerinde Kullanımı. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 108 sayfa, Trabzon.

Kirilenko, A. P. 2022. Geographic Information System (GIS) Making Sense of Geospatial Data. In Applied Data Science in Tourism: Interdisciplinary Approaches, Methodologies, and Applications, Cham: Springer International Publishing, pp. 513-526, Berlin

Küng, O., Strecha, C., Beyeler, A., Zufferey, J. C., Floreano, D., Fua, P. and Gervaix, F. 2011. The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery, Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, pp. 1-6, Zürich

Li, T., Cui, L., Xu, Z., Hu, R., Joshi, P. K., Song, X., Tang, L., Xia, A., Wang, Y., Guo, D., Zhu, J., Hao, Y., Song, L., and Cui, X. 2021. Quantitative analysis of the research trends and areas in grassland remote sensing: a scientometrics analysis of web of science from 1980 to 2020. Remote Sensing, 13(7): 1279.

Liu, Y., Zhang, X., Guan, X. and Delahaye, D. 2016. Adaptive sensitivity decision based path planning algorithm for unmanned aerial vehicle with improved particle swarm optimization. Aerospace Science and Technology, 58: 92-102.

Lo Brutto, M., Garraffa, A. and Meli, P. 2014. UAV platforms for cultural heritage survey: first results. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2: 227-234.

Marangoz, A. M., Karakış, S. ve Numan, A. B. 2019. Geleneksel Fotogrametri ile İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılan Kamera ve Sonuç Ürünleri Bakımından Karşılaştırılması. 17. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25: 27. Ankara

McEwan, A., Marchi, E., Spinelli, R. and Brink, M. 2020. Past, present and future of industrial plantation forestry and implication on future timber harvesting technology. Journal of Forestry Research, 31: 339-351.

Menteşoğlu, B. E. ve İnan, M. 2016. İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Ormancılık Uygulamalarında Kullanımı. 6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu(Uzal-Cbs 2016), 5-7 Ekim 2016, syf: 296-304, Adana

Minh, D. T. and Dung, N. B. 2023. Applications of UAVs in mine industry: A scoping review. Journal of Sustainable Mining, 22(2): 128-145.

Mitra, R. and Roy, D. 2022. Delineation of groundwater potential zones through the integration of remote sensing, geographic information system, and multi-criteria decision-making technique in the sub-Himalayan foothills region, India. International Journal of Energy and Water Resources, pp. 1-21, Tehran

Mohan, M., Silva, C. A., Klauberg, C., Jat, P., Catts, G., Cardil, A., Hudak, A. T. and Dia, M. 2017. Individual tree detection from unmanned aerial vehicle (UAV) derived canopy height model in an open canopy mixed conifer forest. Forests, 8(9): 340.

Mohsan, S. A. H., Othman, N. Q. H., Li, Y., Alsharif, M. H. and Khan, M. A. 2023. Unmanned aerial vehicles (UAVs): Practical aspects, applications, open challenges, security issues, and future trends. Intelligent Service Robotics, 16(1): 109-137.

Obanawa, H., Sakanoue, S. and Yagi, T. 2019. Evaluating the applicability of RTK-UAV for field management. In IGARSS 2019-2019 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 9090-9092, Yokohama

Obi Reddy, G. P., Dwivedi, B. S. and Ravindra Chary, G. 2023. Applications of geospatial and big data technologies in smart farming, Smart Agriculture for Developing Nations, pp. 15-31, Singapore.

Olanipekun, O. A., Montalvo, C. J., Salau, T. A. and Simolowo, E. O. 2023. Unmanned Aerial Vehicles, A 21st Century Review of Advanced Air Mobility Platforms. In AIAA AVIATION 2023 Forum, pp. 4044, San Diego

Park, H. C., Rachmawati, T. S. N. and Kim, S. 2022. UAV-Based High-Rise Buildings Earthwork Monitoring—A Case Study. Sustainability, 14(16): 10179.

Qin, R. and Liu, T. 2022. A review of landcover classification with very-high resolution remotely sensed optical images—Analysis unit, model scalability and transferability. Remote Sensing, 14(3): 646.

Şahin, V. 2021. Hacim Hesaplarında İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 121 sayfa, Aksaray.

Tercan, E. 2017. İnsansız hava aracı kullanılarak antik kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3): 633-642.

Tükenmez, F. 2019 Karayolu Projelerinde Güzergah Haritalarının İnsansız Hava Aracı (İHA) ile Üretilmesi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 4(2), 58-72.

Türk Y., Canyurt, H., Eker R. ve Aydın A. 2022. İnsansız hava aracı ile orman yolu kazı ve dolgu hacimlerinin belirlenmesi: Bolu-Taşlıyayla örneği. Ormancılık Araştırma Dergisi, 9(Özel Sayı): 76-83.

Türk, T. ve Öcalan, T. 2020. PPK GNSS Sistemine Sahip İnsansız Hava Araçları ile Elde Edilen Fotogrametrik Ürünlerin Doğruluğunun Farklı Yaklaşımlarla İrdelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(1): 22-28.

Villi, O. ve Yakar, M. 2022. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları ve Sensör Tipleri. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 4(2): 73-100.

Yurtseven, H., Akgul, M., Coban, S. and Gulci, S. 2019. Determination and accuracy analysis of individual tree crown parameters using UAV based imagery and OBIA techniques. Measurement, 145, pp. 651-664, Perugia

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Evren KABACA

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2022-Halen
Lisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü	2006-2011

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2011-Halen	Çankırı Belediye Başkanlığı	Harita Mühendisi