ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ORMANCILIKTA FARKLI ÖLÇÜM CİHAZLARI KULLANARAK SAYISAL ARAZİ YÜZEYİNİN HESAPLANMASI VE CİHAZ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI (ÇERKEŞ ÖRNEĞİ)

Ali KARACA

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ÇANKIRI
2023

Her hakkı saklıdır

TEZ ONAYI

Ali KARACA tarafından hazırlanan **"Ormancılıkta Farklı Ölçüm Cihazları Kullanarak Sayısal Arazi Yüzeyinin Hesaplanması ve Cihaz Performanslarının Karşılaştırılması (Çerkeş Örneği)"** adlı tez çalışması 10/02/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu 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 **:** Prof. Dr. Halil Barış ÖZEL
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Bartın Üniversitesi

Üye **:** Doç. Dr. Tuğrul VAROL
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Bartın Üniversitesi

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

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. İbrahim ÇİFTÇİ

Enstitü Müdürü

ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ

Çankırı Karatekin Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum "**Ormancılıkta Farklı Ölçüm Cihazları Kullanarak Sayısal Arazi Yüzeyinin Hesaplanması ve Cihaz Performanslarının Karşılaştırılması (Çerkeş 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 (27/01/2023).

Ali KARACA

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ORMANCILIKTA FARKLI ÖLÇÜM CİHAZLARI KULLANARAK SAYISAL ARAZİ YÜZEYİNİN HESAPLANMASI VE CİHAZ PERFORMANSLARININ KARŞILAŞTIRILMASI (ÇERKEŞ ÖRNEĞİ)

Ali KARACA

Çankırı Karatekin Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ender BUĞDAY

İnsanoğlu kadimden bu yana sürekli olarak bilgiye ihtiyaç duymuştur. Her alanda öne çıkan bu istek ölçme ve fotogrametri alanında da kendini göstermiştir. Bir alanın büyüklüğü, bir objenin eni, boyu ve yüksekliğinin ölçülmesi teknik olarak sürekli değişim göstermiştir. Günümüz teknolojilerinin hızla gelişmesi ve yaygınlaşmasıyla ölçme ve fotogrametri alanında önemli gelişmeler olmuştur. Bu gelişmeler içerisinde küresel konumlandırma cihazları yersel, havasal ve uydu üzerinden kullanılmak üzere sürekli bir değişim göstermişlerdir. Özellikle yirmibirinci yüzyıl başlarından itibaren Global Positioning System (GPS), mobil telefon, Global Navigation Satellite System (GNSS)- Continuously Operating Reference Station (CORS) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) günlük pratik ölçmelerde inşaat, madencilik, havacılık, tarım, orman vb. alanlarda hızla kendine yer bulmuştur. Bu çalışmada farklı ölçüm hassasiyetlerine sahip topoğrafik ölçme cihazlarından GPS, GNSS-CORS, mobil telefon ve İHA cihazları aynı büyüklükteki alan üzerinde ölçüm yapılarak ölçüm süresi, hassasiyet ve haritalandırma açısından kıyaslanmıştır. Ayrıca yaygın olarak başvurulan uzaktan algılama veri seti olan uydu verisi üzerinden aynı alan için sayısal yükseklik değerleri Google Earth yazılımı ortamında hesaplatılarak haritalandırılmıştır. Elde edilen bu farklı ölçüm verileri aynı düzlemde kıyaslamaya tabi tutulmuş ve sonuç olarak Real-time kinematic (RTK) özellikli GNSS-CORS ve RTK-İHA cihazlarının yüksek hassasiyette veri sağladığı ve bunu sırasıyla RTK donanımı olmayan İHA, Google Earth veri seti, mobil telefon ve GPS cihazıyla yapılan ölçüm değerlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Çalışmada ulaşılan sonuçlara bakılarak yüksek hassasiyet ve kısa zamanda ölçüm yapılmasını gerektiren çalışmalarda İHA kullanımının daha etkin olduğu hassasiyetin ikinci planda tutulduğu çalışmalarda ise GPS, Google earth ve mobil telefonla yapılan ölçümlerin kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

2023, 35 sayfa

ANAHTAR KELİMELER: Arazi ölçümü, GNSS-CORS, GPS, İnsansız hava aracı

ABSTRACT

Master of Science Thesis

CALCULATION OF DIGITAL LAND SURFACE USING DIFFERENT MEASURING DEVICES IN FORESTRY AND COMPARISON OF DEVICE PERFORMANCES (ÇERKEŞ SAMPLE)

Ali KARACA

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

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ender BUĞDAY

Since earlier civilizations, man has needed more information. This desire, which is evident in every discipline, has been observed in the surveying and photogrammetry disciplines as well. The size of an area, the measurement of the width, height and height of an object has been technically constantly changing. With the rapid development and spread of today's technologies, there have been important developments in the field of measurement and photogrammetry. Within these developments, global positioning devices have shown a continuous change to be used via terrestrial, aerial and satellite. Especially since the beginning of the twenty-first century, Global Positioning System (GPS), mobile phone, Global Navigation Satellite System (GNSS)- Continuously Operating Reference Station (CORS) and Unmanned Aerial Vehicle (UAV) have been used in daily practical measurements in construction, mining, aviation, agriculture, forestry etc. quickly found its place in the fields. In this study, GPS, GNSS-CORS, mobile phone and UAV devices, which are topographic measurement devices with different measurement sensitivities, were measured on the same size area and compared in terms of measurement time, sensitivity and mapping. In addition, numerical elevation values for the same area were calculated and mapped in the Google Earth software environment over the satellite data, which is a widely referenced remote sensing data set. These different measurement data obtained were compared on the same plane and as a result, GNSS-CORS and RTK-UAV devices with Real-time kinematics (RTK) provided high-precision data, followed by UAV without RTK equipment, Google Earth data set, mobile phone and it has been determined that the measurement values made with the GPS device follow. Looking at the results obtained in the study, it was concluded that the use of UAV is more effective in studies that require high sensitivity and measurements in a short time, and measurements made with GPS, Google earth and mobile phone can be used in studies where sensitivity is kept in the background.

2023, 35 pages
Keywords: Unmanned aerial vehicle, GNSS-CORS, GPS, terrain measurement

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tez danışmanım Doç. Dr. Ender BUĞDAY'a sabrı, rehberliği ve anlayışı için teşekkür ederim.

Ali KARACA
Çankırı, Şubat 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 **3**
3. MATERYAL VE METOT **11**
3.1 Çalışma Alanı **11**
3.2 Yöntem **12**
3.2.1 SYM ve SAM Veri Seti Üretim Süreci **14**
3.2.2 İHA Cihazları İle Ölçüm ve Veri Üretim Süreci **18**
4. BULGULAR VE TARTIŞMA **21**
4. SONUÇ VE ÖNERİLER **29**
KAYNAKLAR **31**
ÖZGEÇMİŞ **35**

SİMGELER DİZİNİ

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

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
İHA	İnsansız Hava Aracı
OGM	Orman Genel Müdürlüğü
RS	Remote Sensing
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UA	Uzaktan Algılama
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
YKN	Yer Kontrol Noktası

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu 11
Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan cihazlara ait görseller (URL3, URL4, URL5)..... 13
Şekil 3.3 GNSS-CORS cihazı verileri: a) Üçgen arazi yüzeyi, b) Eşyükselti eğrileri 15
Şekil 3.4 ArcGIS IDW komutu ile GPS cihazından elde edilen örnek arazi yüzeyi 16
Şekil 3.5 a) GPS, Mobil telefon ve Google Earth ölçüm deseni ve elde edilen eşyükselti eğrileri: b) GPS cihazından c) Mobil telefondan ve d) Google Earth üzerinden 17
Şekil 3.6 Bu çalışmada kullanılan Pix4D yazılımı arayüzü 18
Şekil 3.7 Çalışma kapsamında yapılan arazi üzerinde YKN işaretlemesi ve GNSS-CORS cihazı ölçüm görüntüsü 19
Şekil 3.8 Çalışma alanına ait YKN ve Pix4D yazılımı ve elde edilen arazi modeli 20
Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan cihazlardan üretilmiş yükseklik haritaları 21
Şekil 4.2 Çalışmadaki ölçümlere ait verilerin karşılaştırılması 23
Şekil 4.3 RMSE hesaplaması için kullanılan rastgele noktaların lokasyonları..... 24
Şekil 4.4 Çalışmada üretilen SYM ve Sam verilerinin toplam RMSE değerleri 26
Şekil 4.5 Çalışmada kullanılan veri setleri ve RMSE değerleri 27

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan İHA cihazlarına ait bazı teknik özellikler 12
Çizelge 4.1 Yükseklik veri setlerine ilişkin hesaplanan bazı istatistiki değerler 22
Çizelge 4.2 Çalışmada üretilen SYM ve Sam veri setlerine ilişkin RMSE değerleri 25
Çizelge 4.3 Çalışmada kullanılan cihazlarla yapılan ölçüm çalışma süreleri ve maliyetleri..... 28

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızla artmasına bağlı olarak hemen hemen her alanda talepler hızlı bir artış göstermektedir. Hızla gelişen ve değişen dünyada birçok planlama faaliyeti daha detaylı yapılmak istenmektedir. Bu bağlamda mühendislik alanında ölçme ile ilgili konularda teknolojiler ve cihazlar gün geçtikçe gelişmekte ve daha verimli hale gelmektedir (Eryılmaz 2019). Mühendislik ölçüm çalışmalarında yaygın olarak kullanılan ölçüm teknikleri ve cihazları sürekli olarak yenilenmekte ve ortaya çıkan ürünler zaman içerisinde piyasaya sunulmaktadır. Mühendislik sektöründe kullanılan bazı ölçüm cihazları Global Positioning System (GPS) cihazı (Karaali ve Yıldırım, 1996), Global Navigation Satellite Systems- Continuously Operating Reference Stations (GNSS-CORS) cihazı (Kahveci 2009), total station (Karagöz vd. 2020) ve İnsansız Hava Aracı (İHA) (Buğday 2019)'dır.

Teknolojik gelişmeler ışığında el tipi GPS, GNSS-CORS cihazı ve total station cihazları arazi ölçüm çalışmalarında yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte günümüzde bu cihazlara İnsansız Hava Aracı (İHA) cihazları eklenmiştir (Akbostancı 2019). Bu cihazların çalışma alanı büyüklükleri ölçüm amacına ve istenilen veri hassasiyetine göre değişmekle birlikte talep edilen ölçüm hassasiyetine bağlı olarak teknik özelliklerinden kaynaklı sınırlamalar dahilinde etkin olarak kullanılabilmektedir (Bülbül vd. 2014). Her ölçüm cihazının çalışabileceği limitler üreticiler tarafından belirlenmiştir.

Orman alanları ve yakın civarı göz önüne alındığında yapılan ölçümlerin zorluğu ve zaman açısından düz olan alanlara oranla daha fazla emek ve süreye ihtiyaç duyduğu bilinmektedir. Ülkemiz ormanlık alanlarının da genel olarak dağlık ve eğimli arazilerde yayılış gösterdiği hesaba katıldığında ölçüm çalışmaları genellikle zorluklar içeren ve uzun süren çalışmalar olarak görülmektedir. Mühendislik ölçüm çalışmalarında kullanılan cihazların ölçüm hassasiyetleri ve hata oranları kullanılan teknolojiye göre farklılık göstermektedir. Zorlu arazi ve hava şartları haricinde cihazların çalışma hassasiyetleri de hesaba katıldığında bu ölçüm cihazlarının performanslarının ortaya konulması, çalışma sürelerinin hesaplanması, verimlilik ve maliyetlerinin tespit

edilmesi daha etkin ve daha rasyonel ölçüm çalışmaları için önemlidir. Bu bağlamda hangi cihazın ne tür amaçlarla ve nerelerde kullanılabileceği ve verimlilik ve maliyet bilgilerinin ortaya konması son derece önemlidir.

Bu çalışmada, aynı büyüklükte (1 ha) arazi yüzeyinin GPS, mobil telefon, GNSS-CORS ve İHA cihazı ile ölçülerek farklı çözünürlük seviyelerine göre fayda/maliyet sınıflandırması yapılmıştır. Günümüzde bu cihazlar arazi ölçümlerinde, kazı ve dolduru hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Ormancılık sektörü de bu tip ölçüm ve değerlendirmelerin yapıldığı bir mühendislik alanı olduğundan bu cihazlar zaman zaman kullanmaktadır.

Ormancılık arazi ölçmelerinde; ölçülmek istenen alan büyüklüğü, ihtiyaç duyulan ölçüm hassasiyeti, cihazı kullanabilecek operatör ya da teknik personel varlığı, ölçüm işi için ayrılan süre ve ölçüm işi için ayrılan bütçeye göre çeşitli tür ve özellikte ölçüm aracı bulunmaktadır. Burada ölçüm işine bağlı olarak fayda/maliyet çerçevesinde sayısal verilerin ortaya konmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda aynı mekan ve zamanda farklı teknik özelliklere sahip ölçüm cihazları kullanılarak karşılaştırmaya tabi tutulmuş, ölçülmek istenen alan büyüklüğü, ölçüm süresi ve maliyet bilgilerine (kiralama-satın alma) ilişkin olarak uygun öneriler sunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Mühendislik ölçüm çalışmaları uzun yıllardan bu yana yersel ve havasal platformlar olmak üzere çeşitli yaklaşım, yöntem ve tekniklerle yürütülmekle beraber teknoloji ve teknolojik cihazların gelişimiyle birlikte her geçen gün güncellenmektedir. Son yıllarda bu ölçüm cihazlarına İnsansız Hava Aracı (İHA) cihazları da eklenmiştir. Bu çalışma, günümüzde yaygın kullanılan ölçüm cihazlarından GPS, GNSS-CORS ve İHA cihazlarının ormancılık faaliyetlerinde hangi alanlar için kullanılabileceğini ve fayda/maliyet ilişkileri ölçeğinde değerlendirilmesini içermektedir. Bahsi geçen ölçüm cihazları hem ulusal hem de uluslararası literatürde çeşitli çalışmalarda yaygın olarak kullanılmıştır. Literatüre bakıldığında genel olarak bu cihazların kullanım alanlarına göre mesafe, alan, hacim (kazı-dolduru) ölçme çalışmalarında kullanıldıkları ifade edilebilir. Çalışmanın bu kısmında bu çalışmayla ilgili olarak ulusal ve uluslararası literatürde öne çıkan çalışmalar özetlenerek sunulmuştur.

Türk ve Öcalan (2020) PPK GNSS sistemine sahip insansız hava araçları ile elde edilen fotogrametrik ürünlerin doğruluğu konusunda yaptıkları çalışmalarında günümüzde İHA cihazları kullanımının giderek arttığını, bu cihazların yüksek hassasiyetle konum belirleme ve görüntü elde etmede çeşitli avantajlara sahip olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmada *"İşlem Sonrası Kinematik (Post Processing Kinematik - PPK)"* ve *"Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic-RTK)"* donanımlı İHA cihazı kullandıklarını, Yer Kontrol Noktası (YKN) olan ve YKN alınmayan alanda yapılan uçuş sonrası ölçüm hassasiyet değerlerini karşılaştırdıklarını aktarmışlardır. Yapılan karşılaştırma sonucunda YKN kullanarak ürettikleri ortomozaik görüntü de doğruluğun yatayda 3,5 cm düşeyde 5 cm, GNSS-CORS cihazı kullanarak ürettikleri ortomozaik görüntü doğruluğunun yatayda 4,5 cm düşeyde 9 cm ve TUSAGA-Aktif GNSS istasyonu referans alınarak YKN kullanmadan yapılan değerlendirme sonucunda ise ortomozaik görüntü doğruluğunun yatayda 9,1 cm, düşeyde 8,9 cm olduğunu; İHA cihazları kullanılarak çalışma alanlarında yüksek doğruluklu (10 cm'den küçük değerler) görüntüler elde edilebileceğini ifade etmişlerdir (Türk ve Öcalan 2020).

Marangoz vd. (2019) klasik fotogrametri cihazları ile İHA cihazından elde edilen verilerin karşılaştırılması amacıyla yürüttükleri çalışmalarında aynı alana ait uçuşlardan üretilen ortofoto ve ortomozaik verilerini kullanmışlar, maliyet ve zaman açısından karşılaştırma yapmak için klasik fotogrametri cihazından elde edilen görüntüleri referans kabul edilerek, İHA cihazından üretilen ortomozaik görüntülerin doğruluğunu hesaplamışlardır. Çalışma sonucunda klasik fotogrametri ile İHA cihazlarının küçük alanlar ölçeğinde düşünüldüğünde İHA cihazı ölçüm güvenliğinin yüksek olduğunu, maliyet ve zaman açısından İHA cihazı kullanımın daha az maliyetli ve daha kısa sürede veri alımı ve işlemesinin yapılabildiğini aktarmışlardır (Marangoz vd. 2019).

Seyrek vd. (2021) yüzey araştırmaları için İHA cihazı kullanımının ortaya konması için yaptıkları çalışmada İHA cihazı ile 268 görüntü aldıklarını, alınan bu görüntüleri kullanarak üç boyutlu Sayısal Arazi Modeli (SAM), nokta bulutu ve ortomozaik görüntü ürettiklerini, bu üretilen nokta bulutu üzerinden en kesitler alarak modelin doğruluğu koordinat değerleri üzerinden sınadıklarını ve yatayda ±1,87 cm ve düşeyde ±2,48 cm ile yüksek hassasiyette veri ürettikleri aktarmışlardır. Çalışmada ürettikleri altlıkların yapılması planlanan restorasyon çalışmalarında altlık olarak kullanılabileceğini ve kültür varlıklarını koruma planlamasına katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir(Seyrek vd. 2021).

Güngör vd. (2022) İHA cihazı kullanarak ortomozaik görüntü üretimi ve doğruluk analizi konusunda yaptıkları çalışmalarında, İHA cihazlarının işlevsel araçlar olduğunu ve konumsal veri elde üretmede yaygın olarak kullanıldıklarını ifade etmişlerdir. Düşük maliyetli ve yüksek doğrulukta veri üretme kabiliyetinde olan İHA cihazlarının özellikle küçük ölçekli alanlardaki yapılan ölçümlerde avantajlara sahip olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında İHA cihazı ile planlı uçuşlar yaptıklarını ve elde ettikleri görüntüler ile ortomozaik, SAM ve SYM ürettiklerini, geometrik doğrulama için kontrol noktalarını CORS cihazı ile ölçtüklerini ve doğruluk analizi sonucunda doğu yöndeki konumsal doğruluğun ±6,9 cm, kuzey yöndeki konumsal doğruluğun ±7,8 cm ve düşey konumsal doğruluğun ise ±10,3 cm olduğunu, sonuçların güvenilir olduğunu ve İHA kullanımının fayda sağlayacağını aktarmışlardır (Güngör vd. 2022).

Akar vd. (2021) İHA konum doğruluğunun ortaya konması amacıyla yürüttükleri çalışmalarında İHA cihazlarının yüksek çözünürlük ve çok bantlı görüntü sağlaması sayesinde klasik fotogrametrik haritalama araçlarına göre harita üretim maliyetlerinin daha düşük olması, operasyonel uygulamasının pratik olduğunu. Bunun yanı sıra İHA cihazlarının Gerçek Zamanlı Kinematik (GZK) konumlandırma sistemleri ile kombine kullanıldığında konum bilgisinin daha hassas elde edilebildiğini aktarmışlardır. Çalışmalarında yaptıkları uçuşlardan ürettikleri ortomozaik görüntünün konum doğruluğunu hesaplamak için rasgele noktalar aldıklarını ve sonuç olarak ürettikleri ortomozaik görüntünün konum doğruluğunun kuzey yönünde ± 1,0 cm, doğu yönünde ± 0,8 cm, yatayda ±1,3 cm olduğunu, bu sonuçların güvenilir olduğunu ve çeşitli mühendislik çalışmalarında kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (Akar vd. 2021).

Yakar ve Doğan (2017) İHA cihazı kullanarak üç boyutlu obruk modellemesi konusunda yaptıkları çalışmalarında İHA sistemlerinin, ulaşılması zor ve veri toplama süreci dezavantajlı alanlarda büyük kolaylıklar sağladığını ve fotogrametri alanında avantajlı bir ölçüm ortamı sunduğunu aktarmışlardır. Çalışmalarında Mersin ilinde bulunan Akhayat Obruğu çevresinde GNSS-CORS cihazıyla YKN almışlar, uçuş yaparak görüntüleri elde etmişler ve yazılım ile obruğa ait üç boyutlu SYM ve ortomozaik görüntüsünü üretmişlerdir. Çalışma sonucunda İHA sistemlerinin yüksek doğruluğa sahip veri üretiminde ve ulaşılması zor alanların ölçülmesinde avantajlar sağladığını, ölçüm çalışmalarının kısa sürede ve yüksek çözünürlükle yürütülebildiğini, İha cihazlarının jeolojik yapı modellemesi çalışmalarına, kültür varlıklarını belgeleme çalışmalarına, harita mühendisliği, tarım vb. sektörlere katkı sağlayacağını ifade etmişlerdir. (Yakar ve Doğan 2017).

Tercan (2017a) karayolu projelerinde insansız hava aracı ile üretilen sayısal arazi modelinin değerlendirilmesi konusunda yaptığı çalışmada, karayollarında yol projesi çalışmalarında yüksek doğruluk ve yüksek hassasiyete sahip SAM veri setlerine planlama ve projelendirme süreçleri için ihtiyaç duyulduğunu, planlanan güzergâhların tutarlı bir şekilde tespiti, kazı-dolgu miktarının hesaplanması ve güzergahlar için doğru aplikasyon lokasyonlarının uygulanmasının kritik derecede önemli olduğunu vurgulamıştır. İHA cihazlarının zor olarak tabir edilen topografyalarda SAM veri seti

üretiminde etkin olarak kullanılabildiğini, bu çalışmasında hem klasik yersel ölçüm yöntemi hem de GNSS-IMU destekli bir İHA cihazı kullanarak 1,5 km uzunluğunda bir karayolu güzergahında SAM veri seti ürettiğini, bu karayolu güzergahında yatay ve düşeyde en kesit ve profiller alarak kazı-dolgu miktarlarını hesapladığını aktarmıştır. Bu çalışmada kullandığı her iki yöntemle ürettiği SAM veri setlerini karşılaştırmış ve sonuç olarak iki yöntemle yapılan ölçüm verilerine göre hacimlerin hesabında toplam kazı miktarında %11, dolgu miktarında %1'lik bir fark olduğunu tespit etmiştir. Sonuç olarak, İHA sistemleri ile yapılan ölçümlerin etkili bir ölçüm yaklaşımı olduğunu, özellikle dağlık arazi topografyalarında SAM üretimi ve hacim hesaplamalarında oldukça pratik bir araç olduğunu ifade etmiştir (Tercan 2017a).

Tercan,(2017b) İHA cihazı kullanarak antik kent ve tarihi kervan yolunun mühendislik ölçümünün yapılması konusunda yaptığı çalışmada kültürel yapıların incelenmesi, yöneticiler için altıklar üretilmesinin gerekliliğini vurgulamış ve bunu için düşük maliyet ve yüksek ölçüm doğruluğu ile çalışan İHA cihazlarının kullanımının önemini aktarmıştır. Yaptığı çalışmada, GNSS-IMU donanımlı bir İHA cihazı kullanarak Osmanlı İmparatorluğu dönemine ait bir antik kent ve kervan yolunun yüksek çözünürlüklü görüntüsü verişini oluşturmuştur. Çalışma alanının 2,1 cm mekânsal çözünürlüklü ortofoto görüntüsü ve 8,4 cm çözünürlüklü SYM veri setini ürettiği çalışmada düşeyde 0,4-4,3 cm aralığında bir kot farkı olduğunu tespit ettiğini, sonuç olarak İHA cihazı kullanımının daha detaylı ve daha hassas veri üretmede uygun bir platform olduğunu aktarmıştır (Tercan 2017b).

Erdoğdu (2021) yaptığı tez çalışmasında Akıllı Telefonlarda Bulunan Konum Belirleme Yöntemleri, Üretilen Konum Verisinin Kullanılabilirliği ve Teknolojik Gelişimi konusunu araştırmıştır. Bu çalışmada akıllı telefon teknolojilerinin giderek geliştiğini ve haritacılık sektöründe kullanılabilirliğinin ortaya konması için GNSS-CORS cihazı verileri ile karşılaştırma yaptığını, konum verisi alımında etkili olan faktörlerin neler olduğunu ve sonuç olarak elde edilen veriler ışığında akıllı telefonların GPS teknolojisi ve GPS programlarının önümüzdeki yakın süreçte daha etkin ve kullanılabilir olacağı kanaatine ulaştığını ifade etmiştir (Erdoğdu 2021).

Demirok vd. (2020) İHA cihazlarıyla haritalama konusunda yaptıkları derleme çalışmalarında teknolojinin hızla gelişi sonucu İHA sistemlerinin haritacılık sektöründe kullanılmaya başlandığını, çalışma alanlarında nokta, yön, nesnelerin yükseklik bilgisi gibi bilgileri yüksek hassasiyet ve kısa zaman içerisinde ölçebildiklerini, İHA cihazlarının ormancılık, ulaştırma, tarım, doğal afetler, askeri uygulamalar vb. alanlarda kullanışlı olduklarını belirtmişlerdir. Yaptıkları derleme çalışması sonucunda İHA sistemlerinin gelecekte daha da gelişeceğini, mühendislik ölçüm çalışmalarında verimli bir şekilde kullanılabileceğini ifade etmişlerdir (Demirok vd. 2020).

Yücel ve Yücel (2017) terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve İHA ile üç boyutlu modellenmesi konusunda yaptıkları çalışmalarında Çan kömür havzasında 2014 yılında yapılan uçuştan elde edilen İHA verileri ile 2013 yılına ait uydu görüntü verileri arasında karşılaştırma yaparak arazi değişimini ortaya koymayı amaçlamışlardır. Bu çalışma sonucunda İHA verilerine ait çözünürlüklerin uydu görüntülerine kıyasla oldukça yüksek olduğunu ve bu nedenle periyodik veri elde etmede avantajları bulunduğunu aktarmışlardır (Yücel ve Yücel 2017).

Aykut (2019) İHA cihazlarının kıyı çizgisinin belirlenmesinde kullanılabilirliği üzerine yaptığı proje çalışmasında gelişen teknoloji ile İHA cihazlarının küçük ölçekli alanlarda hızlı ve güvenilir veri elde etme araçları kullanıldığını, yaptığı bu çalışmada *"Terkos bölgesinde kıyı bölgesi izleme modeli oluşturmak için üç boyutlu kıyı analizi"* konusunda ortomozaik görüntü ürettiğini, sonuç olarak GNSS ölçümleri ve manuel sayısallaştırma sonuçlarını karşılaştırarak İHA sistemlerinden elde edilen veri setlerinin uluslararası standartlar çerçevesinde kıyı çizgilerini belirlenme için uygun olduğunu, buna ek olarak denizlerde gemilerin navigasyonu sürecinde kullanılan seyir yardımcı unsurların konumlarının da İHA cihazları ile belirlenmesinin mümkün olabileceğini ifade etmiştir (Aykut 2019).

Gülci ve Akay (2016) ekolojik sanat yapılarının lokasyonlarının değerlendirilmesinde İHA cihazları ile üretilen termal kızılötesi görüntülerin kullanılması üzerine yaptıkları çalışmada, yaban hayvanı geçit koridorlarının, yol ağı planlaması ve ekolojik geçitlere

ait konumların belirlenmesi yanı sıra biyolojik çeşitlilik açısından değeri yüksek özel alanların da değerlendirilmesinde önemli olduğunu, İHA cihazları ile uygun hava şartlarında uçuşlar yapılarak hareket halinde bulunan yaban hayvanları için güzergahların etkin ve yüksek doğrulukla belirlenebileceğini, ekolojik sanat yapıları için konumsal uygunluk çalışmalarının etkin bir şekilde yapılabileceğini aktarmışlardır

Akgül vd. (2016) İHA cihazları ile yüksek hassasiyette SYM üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları konusunda yaptıkları çalışmada *"İstanbul Üniversitesi Eğitim Araştırma ve Uygulama Ormanı"*nda SYM veri seti üretmek ve yüksek doğrulukta görüntü alımı için İHA cihazı kullanmışlar ve İHA cihazı ile farklı uçuş yükseklik irtifalarından 2,4 cm ile 24 cm arasında değişen görüntü çözünürlükleri elde etmişlerdir. Çalışma sonucunda ülkemiz ormancılık çalışmaları açısından yüksek doğruluk ihtiyacı duyulan çalışmalarda İHA sistemlerinin katkı sağlayabileceğini ifade etmişlerdir

Zhang vd. (2020) CORS ve İHA cihazlarının doğruluk hassasiyetlerini karşılaştırmak için yaptıkları çalışmada zemin yüksekliği, buzul kalınlığındaki değişikliklerin izlenmesi vb. alanlarda çeşitli uygulamaların olduğunu, yükseklik doğruluğunu hesaplamak için CORS ve İHA cihazı kullanarak Qilian Dağları'nda farklı arazi ve yeryüzü şekillerine sahip dört örnek alanda CORS ölçümü ve İHA görüntüsü elde ettiklerini, bu verilerden SYM ürettiklerini belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında CORS tarafından sağlanan verilerin ortalama karekök hatasının (RMSE) 0,0846 m., İHA cihazı tarafından sağlanan verilerin RMSE değerinin ise, 0,1517 m olduğunu, haritacılıkla ilgili alanlarda İHA sistemlerinin kullanılabilirliğinin uygun olduğunu vurgulamışlardır (Zhang vd. 2020).

Erenoglu vd. (2018) şehir planlama çalışmalarında düşük maliyetli İHA cihazı kullanım olanakları üzerine yaptıkları çalışmada kentsel yönetim ve planlanma çalışmalarında İHA tabanlı üç boyutlu bir şehir modelleme yaklaşımı sunduklarını, bu İHA cihazlarından elde edilen veriler ile etkili planlamalar için ihtiyaç duyulan yüksek çözünürlüklü üç boyutlu şehir modellerinin üretiminin yapılabildiğini belirtmişlerdir. Çalışmaları sonucunda, kent arazisinde İHA cihazı ile elde edilen görüntülerden yüksek doğrulukta üretilen 3 boyutlu şehir modellerine ait konumsal verilerin, mevcut imar

planlarında ve şehir haritalarını oluşturmada kullanılan karasal ölçüm çalışmalarıyla yapılan veri sonuçlarına yakın sonuçlar olduğunu tespit ettiklerini bu nedenle İHA sistemleri ve cihazlarının ana ölçüm aracı olarak güvenle kullanılabileceğini ifade etmişledir (Erenoglu vd. 2018).

Eltner vd. (2015) toprakta dere ve dereler arası erozyonun otomatik ölçümü için çok zamanlı İHA verileri *konusunda yaptıkları çalışmada, erozyona eğilimli bir arazide yüksek zamansal ve mekansal çözünürlükle yüzey değişikliklerinin ölçümü ile dere ve dereler arası erozyon miktarlarının ölçülmesinin gerekli olduğunu*, İHA cihazları ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerden SYM üretilebildiğini aktarmışlardır. Çalışma kapsamında on aylık bir izleme süresince 600 m^2 büyüklüğünde bir araziyi gözlemlediklerini ve çok zamanlı karşılaştırma için yüksek hassasiyetli bir referans sistemi kurduklarını aktarmışlardır. Çalışma sonucunda çok zamanlı değişim tespiti için toprak yüzeyi pürüzlülüğü ve dere gelişimi ile hacimsel ölçümleri analiz etmişler ve dere başına ortalama erozyon değerlerinin 0,03 m^3 ve 0,07 m^3 olduğunu, yüksek erozyon hacimlerinin, doğrudan dere erozyonundan kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Eltner vd. 2015).

Akgul vd. (2018) orman yollarında hafriyat hacmi için İHA ve GNSS tabanlı SYM'lerin değerlendirilmesi konusunda yaptıkları çalışmada yol planlaması ve inşaatının karmaşık ve zaman alıcı bir süreç olması yanı sıra hafriyat tahminin tutarlı olmasının önemli olduğunu, planlamada kullanılan SYM veri setinin çözünürlüğünün yüksek olması gerektiğini belirtmişlerdir. Çalışma kapsamında İHA cihazı ve GNSS cihazı kullanarak aynı alana ait iki farklı SYM veri seti ürettiklerini, üç farklı yol güzergahı için bahsi geçen SYM veri setlerini kullanarak kazı ve dolgu hacimlerini hesaplayarak karşılaştırdıklarını, sonuç olarak İHA tabanlı SYM veri seti kullanılarak 1 m yol uzunluğu başına ortalama kazı hesaplandığında, kazı ve dolgu hacimlerinin birbirine çok yakın olduğu sonucuna vardıklarını ifade etmişlerdir (Akgul vd. 2018).

Buğday (2018) İHA cihazlarının orman yolu yapım faaliyetlerinde kullanılabilmesi konusunda yaptığı çalışmada orman yollarının birçok ormancılık amacına hizmet eden tesisler olduğunu, hassas ormancılık anlayışı çerçevesinde planların uygulamaya daha

net bir şekilde aktarılabilmesi için teknoloji ve teknolojik cihazların kullanılmasının gerektiğini vurgulamıştır. Çalışma kapsamında orman yolu inşaat planlamasında İHA cihazları ve CBS yazılımlarının yardımıyla, yol yapımı öncesi tarihe ait uydu verilerinden temin edilmiş SYM veri seti ile yol yapım sonrası İHA cihazı uçuşu sonrası elde edilen yüksek çözünürlüklü SAM veri seti kullanarak 300 m uzunluğunda örnek bir yolun kazı ve dolgu hacmini hesaplamış ve çalışma sonucunda kazı hacminin ve dolgu hacminin sırasıyla 81804,4 m^3 ve 74,2 m^3 olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışma ile orman yolu planlaması ve alternatif güzergâhların değerlendirilmesinde yüksek doğrulukta veri sağlayabilen İHA cihazlarının kullanımının oldukça avantajlı olduğunu ifade etmiştir (Buğday 2018).

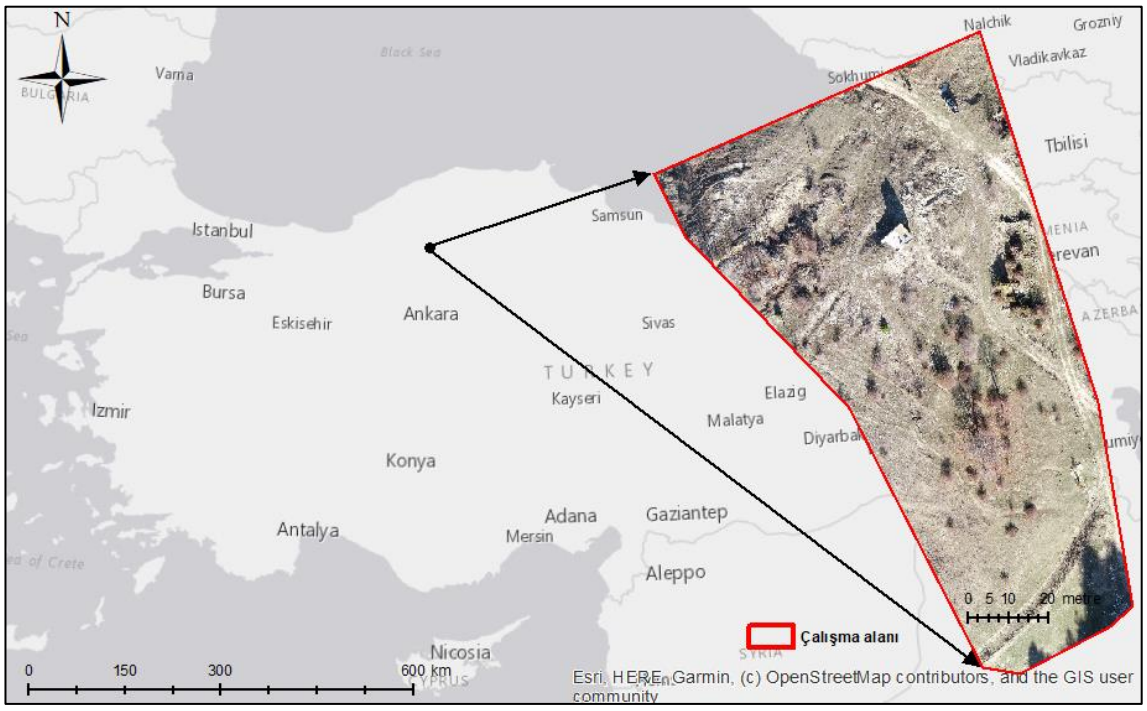
Julge vd. (2019) yol inşaatı hafriyat işlerinin izlenmesi için İHA cihazı ile ölçümü konusunda yaptıkları çalışmada İHA cihazı ile elde ettikleri SYM veri seti düşey doğruluklarının değerlendirilmesi amacıyla, kum ve çakıl dolgu olan arazi üzerinde farklı yükseklik ve açılardan İHA cihazı uçuşları ile görüntü almışlardır. Ayrıca doğrulama yapmak için CORS-RTK cihazı kullanmışlardır. Çalışma alanında yer alan bölümdeki hacimleri hesaplamak ve yüksek çözünürlüklü SAM veri seti üretmişler ve yükseklikler için 5,7 cm'lik bir doğruluk değeri elde ettiklerini, İHA cihazlarının mühendislik ölçüm çalışmaları açısından verimli, güvenilir ve pratik olarak uygulanabilir sistemler olduğunu ifade etmişlerdir. (Julge vd. 2019).

Park vd. (2022) çok katlı binaların hafriyatı için İHA tabanlı izleme konusunda yaptıkları çalışmada çok katlı bir bina projesinin İHA tabanlı olarak hafriyat izlemesine ilişkin bir uygulama sunmak istediklerini, İHA cihazlarının kazılan hacmi hesaplayabildiğini, ilerlemeyi ve değişimi periyodik olarak aktarabildiğini belirtmişledir. Çalışma kapsamında CORS cihazı ölçümleri ile elde edilen tahmini hacim ile İHA cihazından elde edilen kazı hacmi verilerini karşılaştırmışlar ve sonuç olarak iki ölçüm arasında %0,71 fark olduğunu tespit etmişler ve sonuçta İHA cihazı ile güvenilir verilere ulaşılabildiğini ve kullanılabilir olduğunu ifade etmişlerdir (Park vd. 2022).

3. MATERYAL VE METOT

3.1 Çalışma Alanı

Bu çalışma, Çankırı ili Çerkeş ilçesinde yer alan orman köyü olan Akbaş Köyü sınırı içerisinde yürütülmüştür. Çalışma alanı Şekil 3.1'de görülmektedir. Çalışma alanının büyüklüğü birim hesaplamalarında kullanılmak amacıyla 1 ha olarak sınırlandırılmıştır. Bu çalışma kapsamında, Garmin Oregon 550 marka el tipi GPS cihazı, CHC-X91 marka GNSS-CORS cihazı ve DJI Phantom 4 ve DJI Phantom 4 RTK İHA-drone cihazları ve Iphone 13 Pro mobil telefon kullanılarak ölçüm süreleri hesaplanmıştır.



Şekil 3.1 Çalışma alanının konumu

Bu çalışmada kullanılan tüm ölçüm cihazlarının teknik özellikleri ve teknolojik kabiliyetleri göz önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) ait veriler karşılaştırılmalı olarak bulgular bölümünde tablolaştırılarak ve grafiklerle ifade edilerek verilmiştir.

Bu çalışma kapsamında fotogrametrik ölçüm çalışmalarında kullanımı giderek yaygınlaşan Phantom 4 ve Phantom 4 RTK cihazları tercih edilmiştir. Bu cihazlara ilişkin teknik bilgiler Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Çalışmada kullanılan İHA cihazlarına ait bazı teknik özellikler (URL1, URL2)

	a) Phantom 4	b) Phantom 4 RTK
Ağırlık	1350gr-1400gr	1350gr-1400gr
Batarya	5870 mAH LiPo	6000 mAH LiPo
GPS Modu	GPS Var	GPS Var
Kamera	4K	4K
Maksimum Hız	40kmp-50kmp	50kmp-70kmp
Uçuş Mesafesi	5000m-6000m	6500m-7000m
Uçuş Süresi	26-30dakika	30 dakika

3.2 Yöntem

Bu çalışmada farklı teknolojik özelliklere ve dolayısıyla farklı ölçüm hassasiyet kabiliyetleri olan küresel konumlandırma bazlı çalışan cihazlar kullanılmıştır. Bu cihazlar el tipi GPS cihazı, GNSS-CORS cihazı ve DJI Phantom 4 ve DJI Phantom 4 RTK cihazları ve mobil telefondur (Şekil 3.2). Çalışmada aynı alan üzerinde bahsi geçen tüm cihazlar ile ölçümler yapılmıştır. Ayrıca alternatif yükseklik verisi sağlanabilen ve uydu üzerinden temin edilebilen Google Earth verisi kıyaslama için kullanılmıştır. Burada öncelikle CORS, GPS ve mobil telefon (arazi ölçümü için "GPS Tracks" yazılımı kullanılmıştır) cihazları aynı anda arazide paralel olarak yürünerek her beş metrede bir noktasal konum alınacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Ardından Phantom 4 ve Phantom 4 RTK cihazları sırasıyla otomatik uçuş yaptırılarak araziye ait havasal görüntüler alınmıştır. Elde edilen tüm veriler bulgular bölümünde tablo ve grafik olarak sunulmuştur.



Şekil 3.2 Çalışmada kullanılan cihazlara ait görseller (URL3, URL4, URL5)

Bu çalışmada kullanılan tüm ölçüm cihazlarının performansı uluslararası literatürde yaygın olarak kullanılan ortalama hata kareleri kökü (Root Mean Square Error – RMSE) Denklem (3.1) yaklaşımı kullanılarak ifade edilmiştir.

$$RMSE = \sqrt{[\Sigma(Pi - Oi)2 / n]} \quad (3.1)$$

Bu denklemde yer alan ∑: toplam sembolünü, P*i*: veri kümesindeki i'inci gözlem için tahmin edilen değeri, O*i*: veri kümesindeki i. gözlem için gözlenen değeri ve n: örnek sayısını ifade etmektedir.

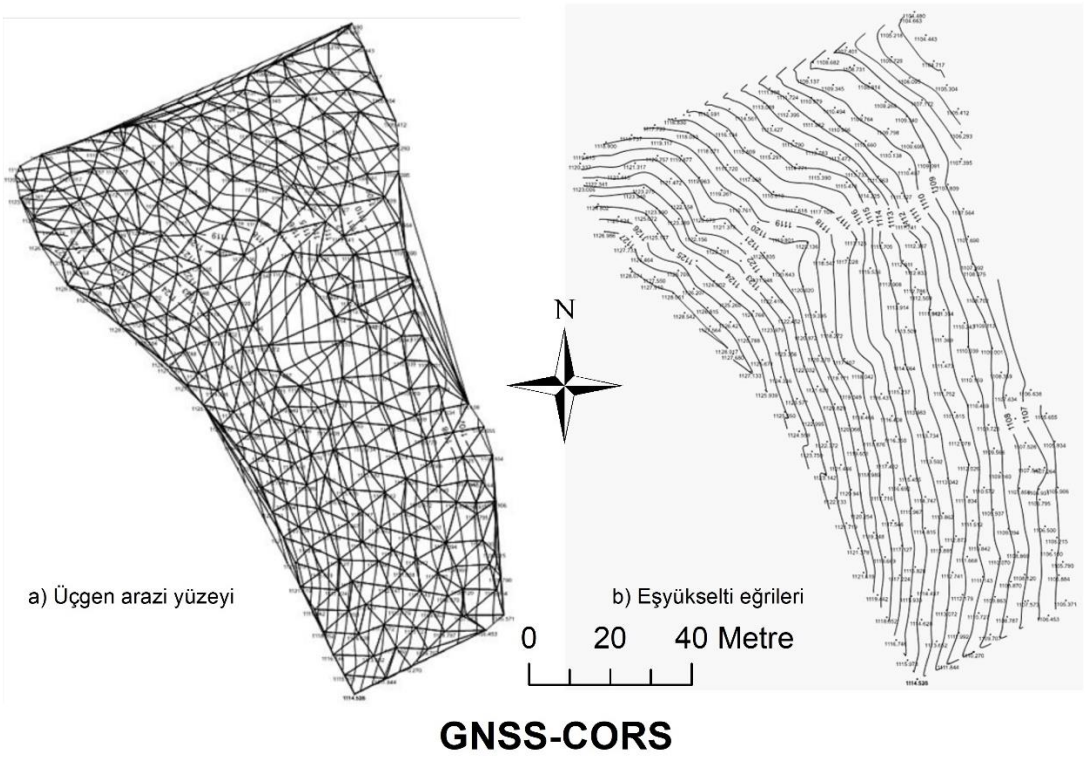
RMSE 0 (sıfır) ile sonsuz arasında bir değer alabilir. Burada üretilen modelde RMSE değeri 0 (sıfır) değerine yakın bir değer alırsa ürerilen modelin en az hata ile oluşturulduğu ortaya konmuş olur. Bir başka söylemle, RMSE değerinin 0 (sıfır) olması hiç hata yapılmadığı anlamına gelmektedir. Bu çalışma CBS bazlı veriler içerdiğinden dolayı aynı zamanda mekânsal çözünürlük – hassasiyet kriteri bağlamında

değerlendirme önemli bir kriter olarak önümüze çıkmaktadır. Burada hata oranı en düşük olan değerler ile en hassas ölçüm yapılan veriler bir arada değerlendirilmiştir. Buna göre hata oranı düşük olan ve hassasiyet değeri küçük olan veriler en iyileme için kullanılmış olup bunu hata oranı daha yüksek ve hassasiyet değeri daha büyük olan değerler sıralanarak tablolaştırılmıştır. Ayrıca bu çalışma kapsamında elde edilen verilerin uzaktan algılama çalışmalarında sıklıkla kullanılan uydu üzerinden elde edilen sayısal yükseklik verisi internet ortamından ücretsiz indirilerek çalışma alanı ile sınırlandırılmış ve hassasiyet değerleri ilgili tabloya aktarılmıştır. Çalışmanın diğer kısmında ise çeşitli araçlarla elde edilen arazi verisinin ne kadar süre içerisinde ölçüldüğü ve hassasiyet oranının ne olduğu sorusuna cevap verilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada kullanılan cihazların temin bedelleri ve ölçüm çalışmasının bedeli dolar para birimi üzerinden verilerek maliyet bilgileri paylaşılmıştır.

3.2.1 SYM ve SAM Veri Seti Üretim Süreci

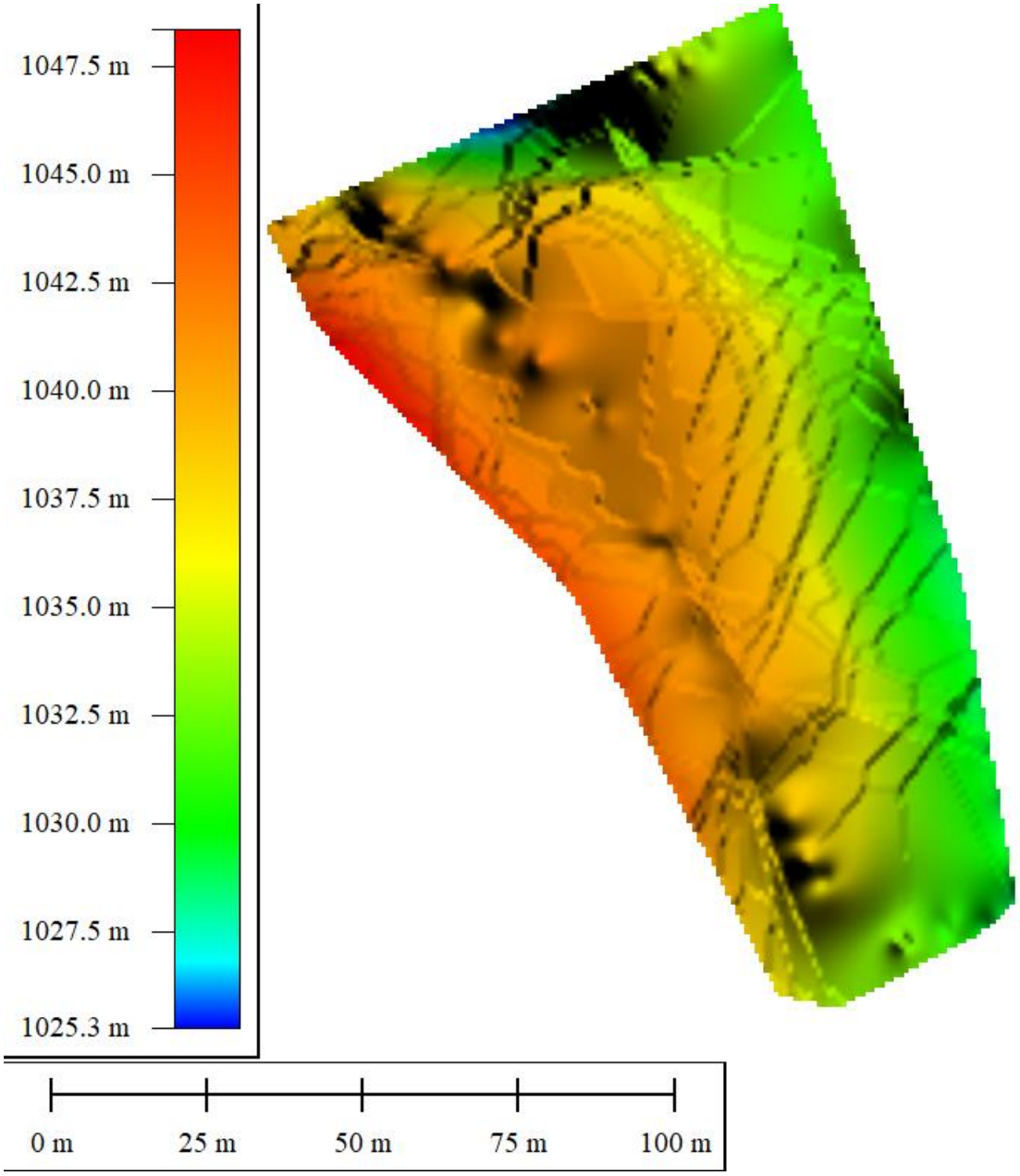
Bu çalışmada, CHC-X91 marka GNSS-CORS, Garmin Oregon 550 marka el tipi GPS ve Iphone 13 Pro isimli cihazlar kullanılmıştır. GPS, GNSS-CORS ve mobil telefon cihazlarından çalışma alanı sınırları içerisinde alınan noktasal veriler öncelikle bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bu çalışmada GNSS-CORS cihazından elde edilen veriler NetCAD GIS 8 yazılımı kullanılarak, GPS, mobil telefon ve Google Earth verileri ArcGIS 10.3 yazılımı kullanılarak işlenmiş ve her bir veri seti kaynağına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ayrı ayrı üretilmiştir.

GNSS-CORS cihazıyla elde edilen veriler NetCAD GIS 8 yazılımına aktarılmış ve noktasal verilere bağlı yükseklik verileri kullanılarak üçgenleme yapılmıştır. Burada araziye ait yükseklik verileri referans alınarak ölçüm yapılmayan diğer kısımlar enterpolasyon yapılarak koordinatlandırılarak yükseklik verileri yazılımda hesaplatılmıştır. Bir sonraki adımda ise oluşturulan üçgen ara yüz kullanılarak 1 (bir) metre aralıklı eşyükselti eğrileri oluşturulmuştur (Şekil 3.3).



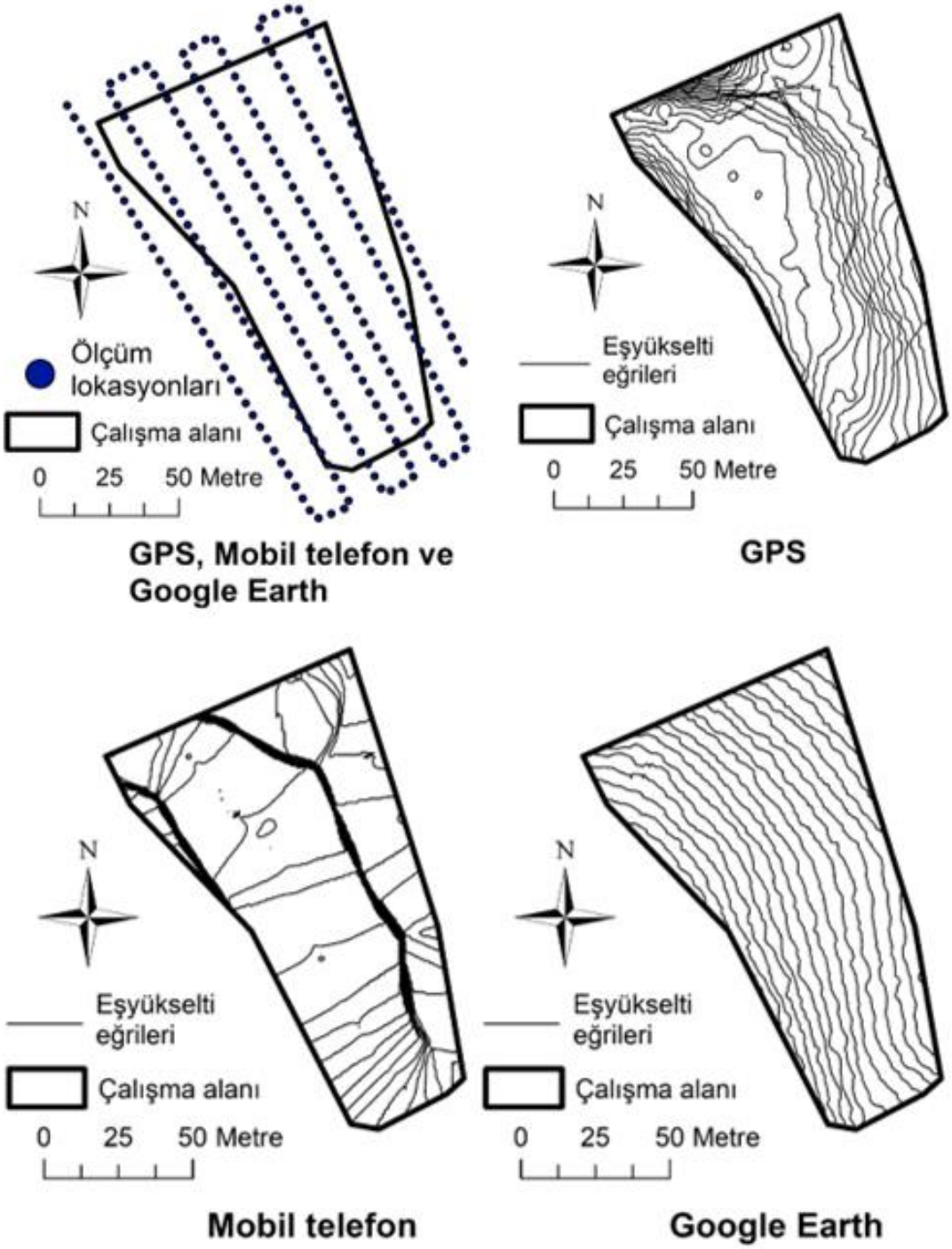
Şekil 3.3 GNSS-CORS cihazı verileri: a) Üçgen arazi yüzeyi, b) Eşyükselti eğrileri

Bu çalışmada ölçüm amaçlı kullanılan diğer cihazlar olan GPS ve mobil telefon ile uydu veri seti olarak seçilen Google Earth ortamından elde edilen veriler ArcGIS 10.3 yazılımına aktarılmış ve noktasal verilere bağlı yükseklik verileri kullanılarak arazi yüzeyi oluşturma işlemi yapılmıştır. Burada araziye ait yükseklik verileri referans alınarak ölçüm değeri bulunmayan diğer arazi bölümleri koordinatlandırılarak yükseklik bilgileri arazi yüzeyini temsil edecek şekilde yazılımda birleştirilmiştir. Bir sonraki adımda ise oluşturulan yükseklik bilgileri ArcGIS yazılımında bulunan "Spatial Analysis – Interpolation" modülünde yer alan "IDW" komutu kullanılarak ölçülen bu arazi yüzeylerine ait raster veriler üretilmiştir.



Şekil 3.4 ArcGIS IDW komutu ile GPS cihazından elde edilen örnek arazi yüzeyi

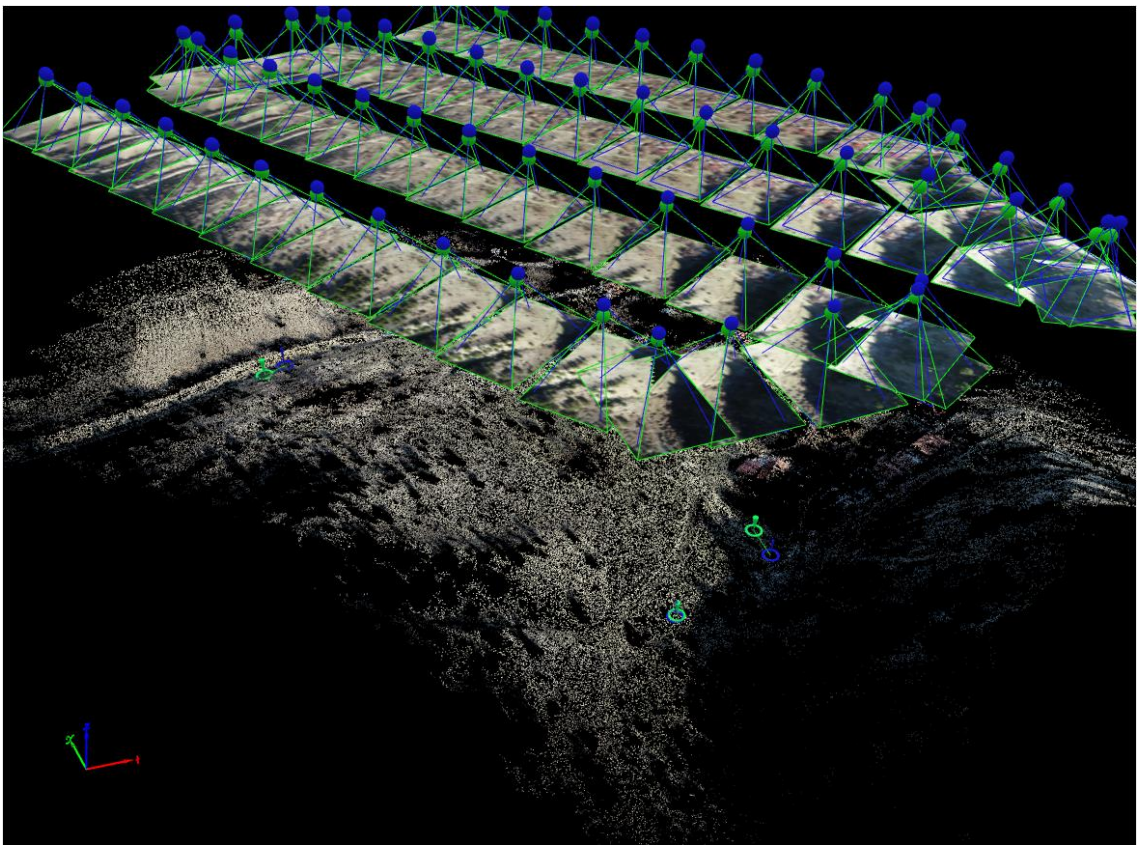
Bu çalışma kapsamında üretilen raster veri setleri üzerinden 1 (bir) metre aralıklı eşyükselti eğrileri oluşturularak Şekil 3.3'de verilmiştir. Farklı aletlerle yapılan ölçümler sonucunda elde edilen arazi yüzeyi Şekil 3.4'de, aynı eş yükselti eğrileri Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.5 a) GPS, Mobil telefon ve Google Earth ölçüm deseni ve elde edilen eşyükselti eğrileri: b) GPS cihazından c) Mobil telefondan ve d) Google Earth üzerinden

3.2.2 İHA Cihazları İle Ölçüm ve Veri Üretim Süreci

İHA verileri, İHA cihazındaki görüntülerin bilgisayar ortamına aktarılması suretiyle çeşitli fotogrametrik yazılımlar (Pix4D, Agisoft vb.) kullanılarak işlenmesi suretiyle üretilmektedir. Bu aşamada fotogrametri alanında yaygın olarak kullanılan programlardan biri olan Pix4D yazılımı tercih edilmiştir (Şekil 3.6). Çalışma alanından elde edilen görüntüler koordinat sistemi tanımlanarak eklenmektedir. Pix4d yazılımı ara yüzünde üç boyutlu arazi verisi üretmek için yazılımda yer alan "3D maps" seçeneği kullanılarak nokta bulutu verisi ve arazi yüzeyini elde etmede kullanılan Raster DTM kısmındaki aktif yapılmıştır. Tüm bu işlemlerin ardından Yer Kontrol Noktası (YKN-GCP) koordinatları sisteme girilerek yüzey oluşturma sürecine geçilmiştir.



Şekil 3.6 Bu çalışmada kullanılan Pix4D yazılımı ara yüzü

Bu çalışmada, Phantom 4 ve Phantom 4 RTK drone isimli cihazlar kullanılmıştır. Bu cihazlar yardımıyla aynı büyüklüğe sahip Akbaş köyünde uçuş yapılmıştır. İHA cihazlarının uçuşu öncesi yer kontrol noktaları (YKN)'na ait lokasyonlar arazi üzerinde sprey boya ile işaretlenerek GNSS-CORS cihazı yardımıyla koordinatları alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Çalışma kapsamında yapılan arazi üzerinde YKN işaretlemesi ve GNSS-CORS cihazı ölçüm görüntüsü

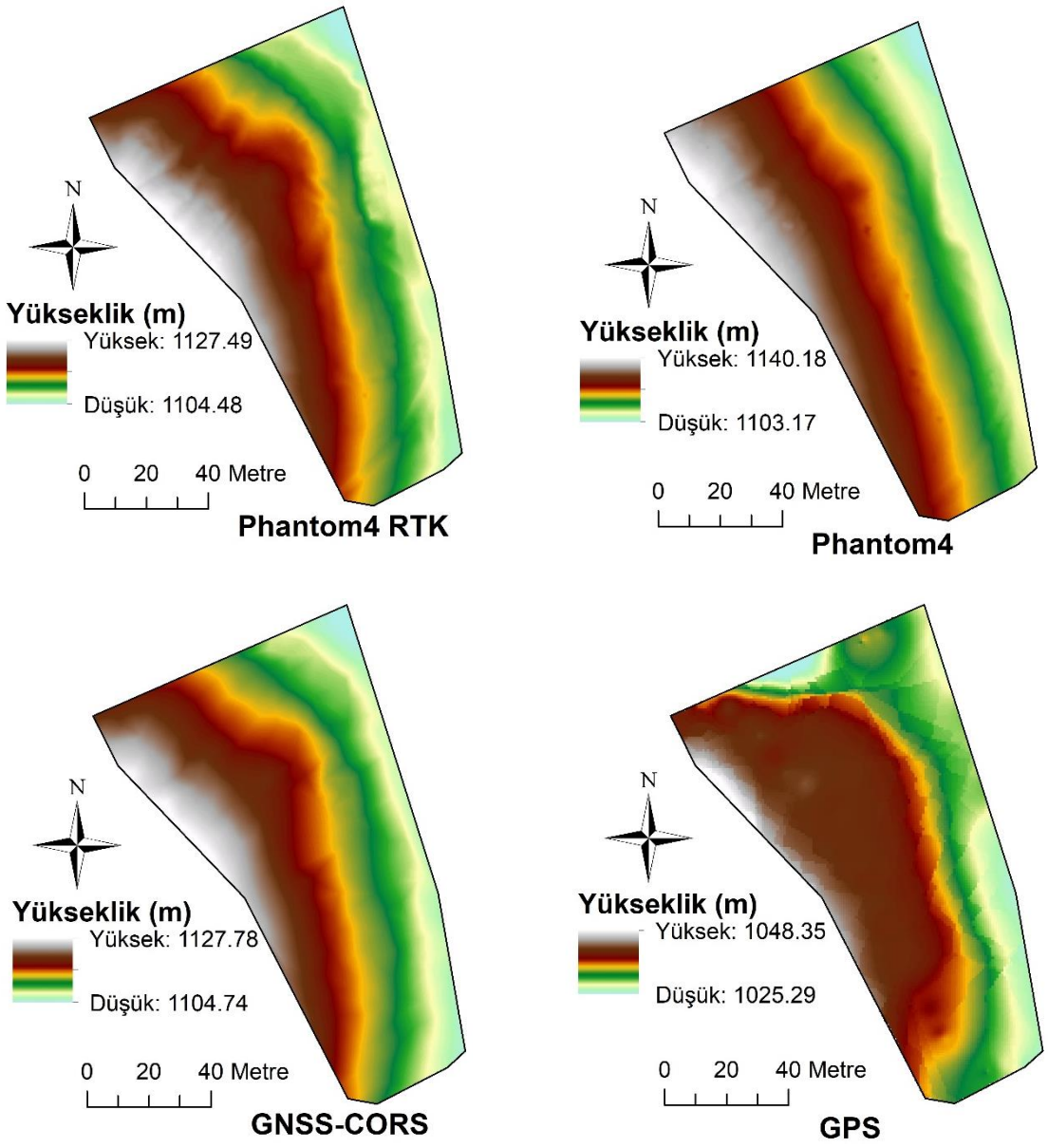
Arazide yapılan uçuşlardan elde edilen görüntüler ve YKN verileri ile kalibre edilerek Pix4D yazılımında nokta bulutu ve üç boyutlu arazi modeline ortomozaik bindirilerek dönüştürülmüştür (Şekil 3.8).



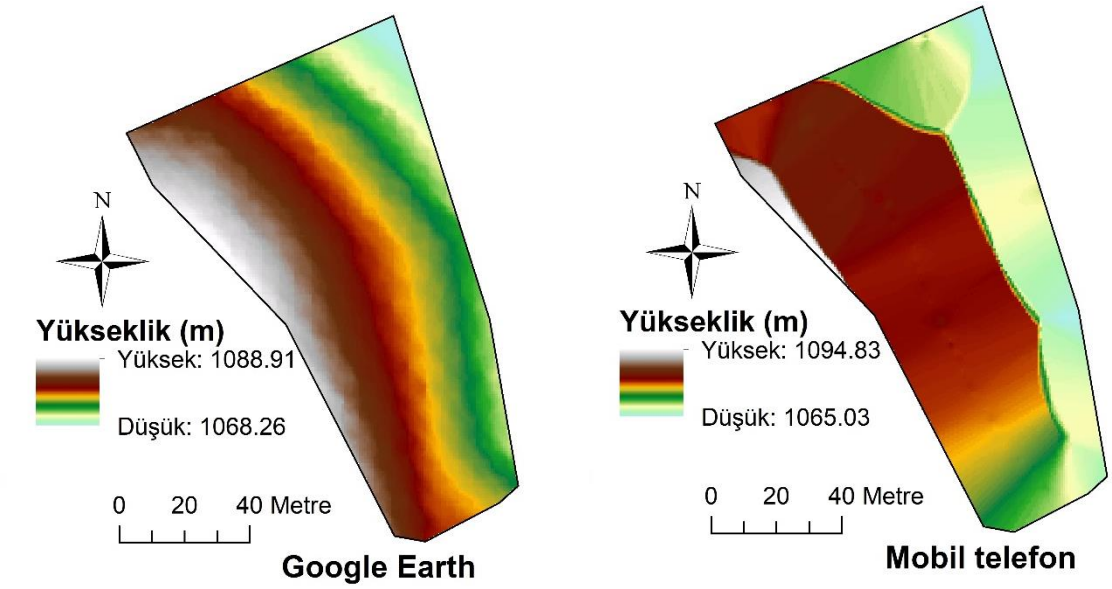
Şekil 3.8 Çalışma alanına ait YKN ve Pix4D yazılımı ve elde edilen arazi modeli

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanına ait Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Sayısal Arazi Modeli (SAM) veri setleri kullanılarak üretilen yükseklik raster verileri Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan cihazlardan üretilmiş yükseklik haritaları



Şekil 4.1 Çalışmada kullanılan cihazlardan üretilmiş yükseklik haritaları (Devamı)

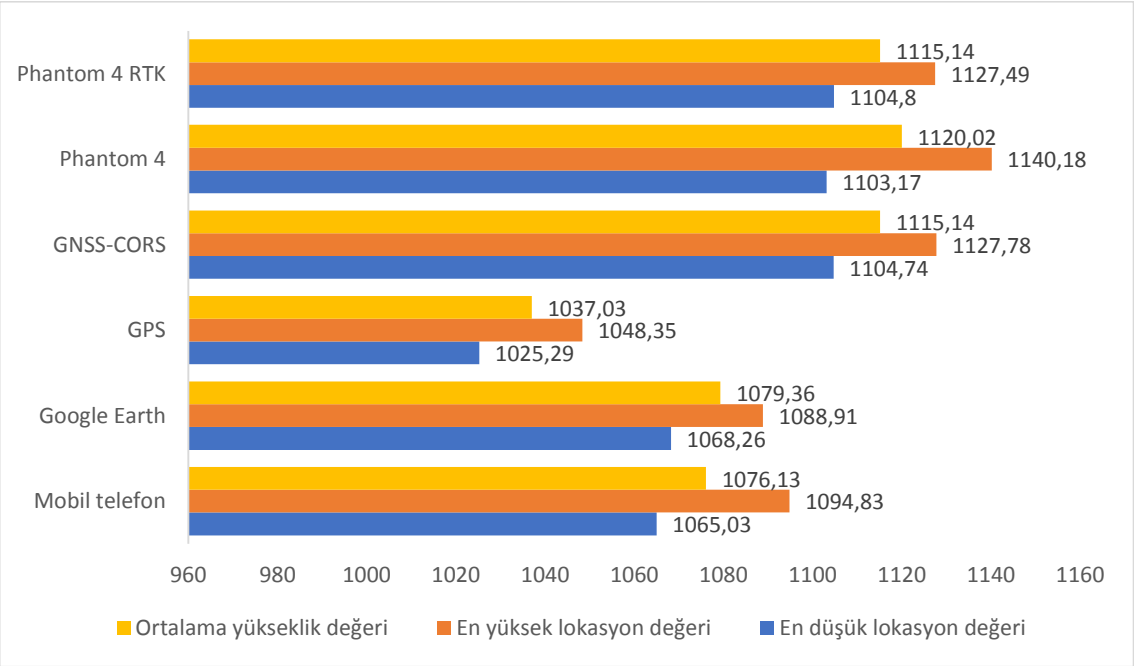
Çalışma alanı sınırları içerisinde yapılan analiz sonucunda tüm veri setlerinden elde edilen bilgiler deniz seviyesinden yükseklik bazında Çizelge 4.1'de "en düşük lokasyon değeri", "en yüksek lokasyon değeri" ve "ortalama yükseklik değeri" sütunlarında ifade edilmiştir.

Çizelge 4.1 Yükseklik veri setlerine ilişkin hesaplanan bazı istatistiki değerler

	En düşük lokasyon değeri	En yüksek lokasyon değeri	Fark (en yüksek-en düşük)	Ortalama yükseklik değeri
	m	m	m	M
Phantom 4 RTK	1104,80	1127,49	22,69	1115,14
Phantom 4	1103,17	1140,18	37,01	1120,02
GNSS-CORS	1104,74	1127,78	23,04	1115,14
GPS	1025,29	1048,35	23,06	1037,03
Google Earth	1068,26	1088,91	20,65	1079,36
Mobil telefon	1065,03	1094,83	29,80	1076,13

Bu çalışmada kullanılan Phantom 4 RTK ve Phantom 4 drone, GNSS-CORS, GPS ve mobil telefon cihazlarından elde edilen ölçüm verileri ile Google Earth SYM verileri aynı düzlemde kıyaslandığında Çizelge 4.1'de verilen en düşük-en yüksek lokasyon değeri, bu iki değer arasındaki fark ve araziye aitortalama yükseklik değerleri aynı anda

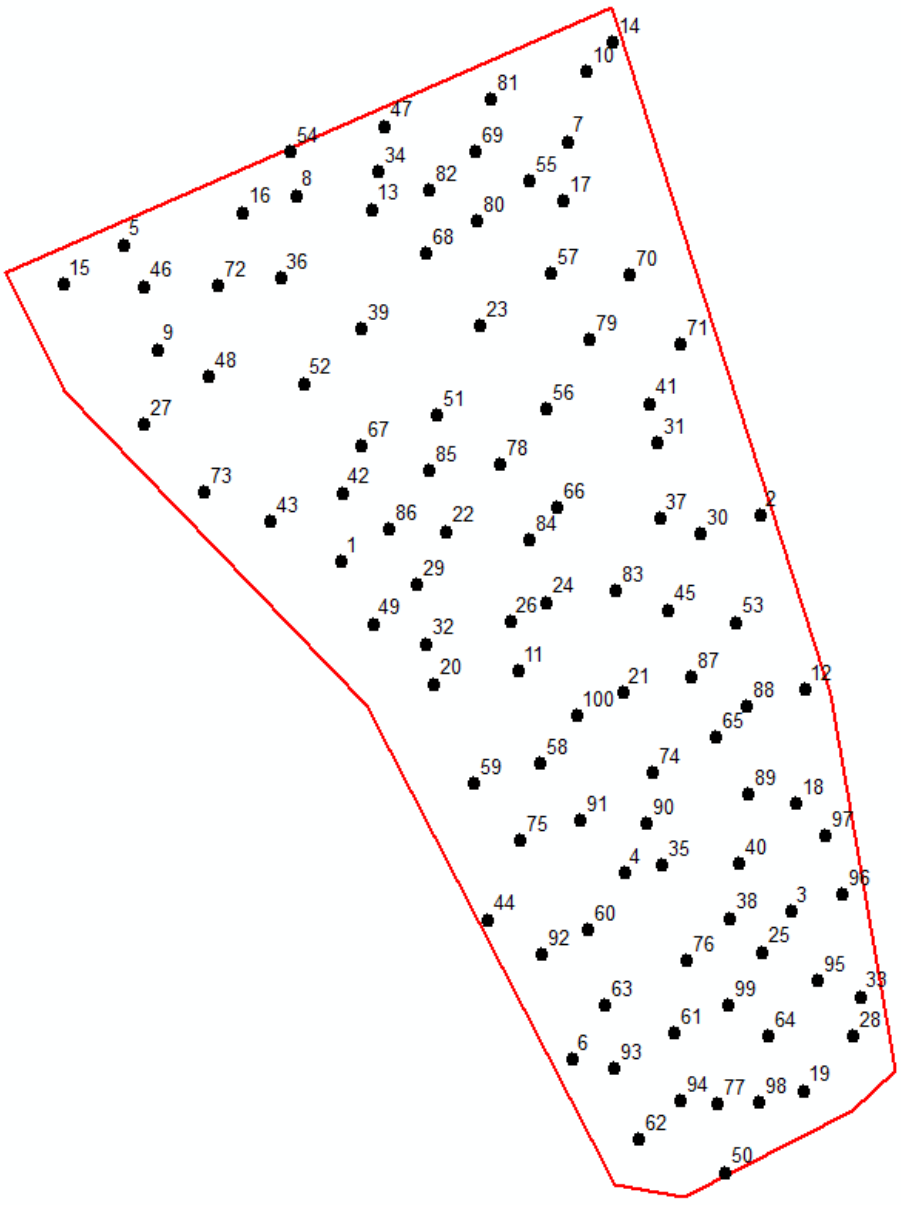
ölçüm yapılmış olmasına karşın teknolojilerindeki donanım sebebiyle ölçümlerde farklı değerler üretmişlerdir. Burada değerler arası farklılığın vurgulanması için görsel grafik Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 Çalışmadaki ölçümlere ait verilerin karşılaştırılması

Bu çalışma kapsamında en net ve güvenilir ölçüm cihazı literatür ve uygulamada da kabul gören GNSS-CORS cihazı'dır. Tüm ölçümler bu cihaza göre sıralanmıştır. Şekil 4.3 incelendiğinde yükseklik değerlerinin tespitinde sırasıyla Phantom 4 RTK ve GNSS-CORS cihazının gerçek değerlere ulaşabildiği ancak diğer ölçüm cihazlarının (Phantom 4 drone, GPS ve mobil cihaz) çalışma alanına ait ölçüm verilerinde yeterli ve güvenilir tutarlılıkta ölçüm sonuçlarına ulaşamadığı tespit edilmiştir. Ayrıca uydu verilerinden alınan yükseklik değerlerinin birleştirilmesi ile oluşturulan Google Earth veri setinin de gerçek araziyi yeterince temsil edemediği sonucuna varılmıştır. Bu çalışmada üretilem tüm arazi yüzeyleri için aynı lokasyonlar olacak şekilde ArcGIS ortamında "Random points" komutu kullanılarak rasgele noktalar oluşturulmuştur (Şekil 4.3). Bu çalışma kapsamında üretilen arazi yüzey modelleri (SYM ve SAM) altlık olarak kullanılarak bu noktaların yükseklik değerleri ArcGIS 10.3 yazılımında hesaplanmıştır. Bu işlemin ardından tüm SYM ve SAM veri setlerinde hesaplanan

yükseklik değerleri tek tabloda birleştirilerek GNSS-CORS ölçüm verileri bu değerlerden çıkarılarak yükseklik farkları hesaplanmıştır.



Şekil 4.3 RMSE hesaplaması için kullanılan rastgele noktaların lokasyonları

Bu çalışmada üretilen SYM ve SAM veri setlerinde hesaplanan değerlerden kaynaklı farkların ortaya konmasından sonra bu farkların karesi alınarak her bir rasgele noktanın hatalar karesi hesaplanmıştır (Çizelge 4.2)

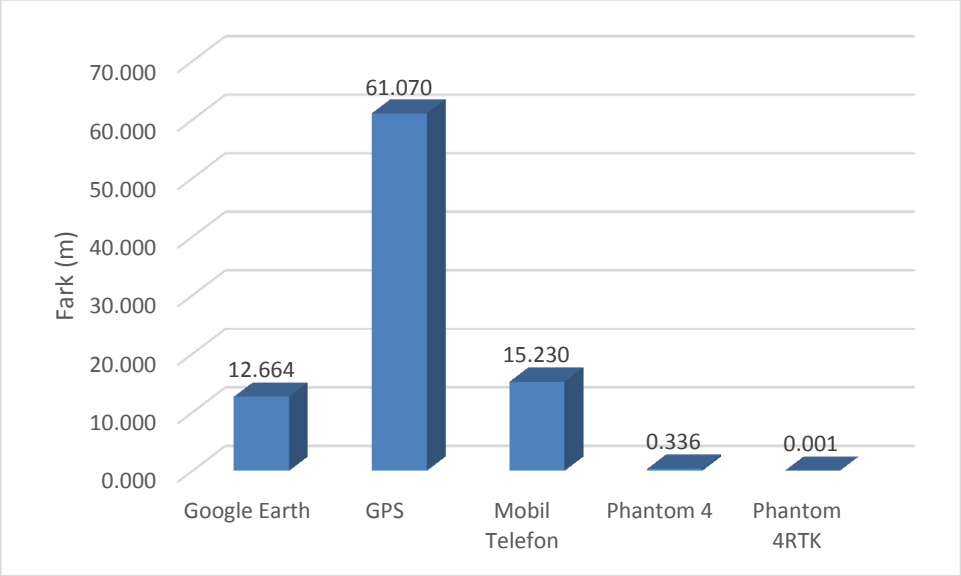
Çizelge 4.2 Çalışmada üretilen SYM ve Sam veri setlerine ilişkin RMSE değerleri

S.No	Google Earth	GPS	Mobil	P4	P4RTK	S.No	Google Earth	GPS	Mobil	P4	P4RTK
1	0,14678	0,68550	0,19146	0,00535	0,00001	51	0,15121	0,61192	0,14810	0,00162	0,00000
2	0,10854	0,58976	0,15101	0,00000	0,00012	52	0,13602	0,62247	0,14980	0,00573	0,00003
3	0,11414	0,59521	0,15697	0,00105	0,00001	53	0,11721	0,61969	0,17610	0,00007	0,00000
4	0,12218	0,57401	0,13283	0,00278	0,00000	54	0,13281	0,77355	0,17886	0,00582	0,00000
5	0.13769	0,65252	0,16376	0,01340	0,00001	55	0,12844	0,59094	0,15466	0,00015	0,00000
6	0,11702	0,63945	0,17823	0,00788	0,00001	56	0,13845	0,57260	0,11553	0,00049	0,00000
7	0,13381	0,57893	0,15202	0,00001	0,00001	57	0,13183	0,60301	0,18479	0,00017	0,00001
8	0,13351	0,70595	0,11920	0,00507	0,00000	58	0,13091	0,59688	0,14740	0,00322	0,00000
9	0,14244	0,66758	0,16899	0,01199	0.00002	59	0,13690	0,63775	0,17209	0,00487	0,00000
10	0,12552	0,53758	0,14843	0,00000	0,00000	60	0,12306	0,61449	0,15155	0,00460	0,00001
11	0,13457	0,60249	0,14440	0,00217	0,00000	61	0,11583	0,59037	0,14761	0,00497	0,00002
12	0,11303	0,61445	0,16918	0,00007	0,00001	62	0,10489	0,62637	0,16941	0,00822	0,00001
13	0,12880	0,64611	0,17701	0,00284	0,00000	63	0,11764	0,62060	0,15981	0,00562	0,00001
14	0,12717	0,54142	0,15445	0,00013	0,00000	64	0,11095	0,60114	0,14285	0,00283	0,00002
15	0,13563	0,66021	0,17277	0,01937	0,00001	65	0,11901	0,60360	0,09988	0,00052	0,00001
16	0,13478	0,69814	0,12048	0,00736	0,00000	66	0,12978	0,57022	0,12224	0,00080	0,00000
17	0,13249	0,59587	0,15677	0,00002	0,00000	67	0,13828	0,62603	0,15817	0,00361	0,00000
18	0,11623	0,60779	0,16226	0,00024	0,00001	68	0,13451	0,58112	0,17882	0,00143	0,00000
19	0,09902	0,59816	0,15104	0,00294	0,00004	69	0,12978	0,58167	0,15560	0,00068	0,00000
20	0,13943	0,64536	0,17338	0,00440	0,00000	70	0,13240	0,60264	0,17454	0,00001	0,00000
21	0,12354	0,57699	0,11493	0,00086	0.00002	71	0,12218	0,57947	0,16030	0,00012	0,00001
22	0,13353	0,60716	0,15029	0,00263	0,00000	72	0,13798	0,62487	0,13922	0,00839	0,00002
23	0,14779	0,58933	0,12351	0,00080	0,00000	73	0,14537	0,65983	0,16415	0,01129	0,00000
24	0,12534	0,56750	0,12696	0,00213	0,00013	74	0,12294	0,56291	0,11557	0,00130	0,00000
25	0,11669	0,59411	0,12466	0,00160	0,00000	75	0,12961	0,62088	0,16257	0,00460	0,00000
26	0,12734	0,58091	0,13647	0,00259	0,00001	76	0,12174	0,58135	0,13416	0,00322	0,00002
27	0,14461	0,63896	0,12266	0,01302	0,00004	77	0,10727	0,60994	0,15471	0,00576	0,00004
28	0,10434	0,58986	0,15151	0,00115	0,00000	78	0,13805	0,58293	0,13223	0,00105	0,00001
29	0,13722	0,63991	0,16954	0,00396	0,00000	79	0,13331	0,60095	0,19014	0,00009	0,00001
30	0,11688	0,61257	0,17146	0,00000	0,00001	80	0,13220	0,59685	0,16999	0,00098	0,00000
31	0,12623	0,60327	0,17214	0,00001	0,00013	81	0,13307	0,55264	0,14860	0,00041	0,00000
32	0,13661	0,64364	0,17086	0,00431	0,00000	82	0,13204	0,61980	0,16741	0,00146	0,00000
33	0,10803	0,59287	0,14120	0,00099	0,00001	83	0,12209	0,57343	0,11011	0,00068	0,00000
34	0,13141	0,64934	0,16921	0,00242	0,00001	84	0,12880	0,57269	0,13034	0,00128	0,00000
35	0,12190	0,57360	0,12396	0,00193	0,00000	85	0,14127	0,61194	0,14839	0,00257	0,00000
36	0,13150	0,60704	0,12821	0,00649	0,00001	86	0,13949	0,64702	0,16775	0,00377	0,00002
37	0,12248	0,60254	0,17802	0,00007	0,00000	87	0,11764	0,60079	0,09739	0,00046	0,00001
38	0,11884	0,58321	0,11811	0,00164	0,00002	88	0,12043	0,62141	0,18598	0,00011	0,00000
39	0,13076	0,57608	0,12479	0,00346	0,00001	89	0,11871	0,60593	0,15758	0,00058	0,00002
40	0,12024	0,57870	0,11327	0,00123	0,00001	90	0,12115	0,56143	0,12047	0,00200	0,00000
41	0,12734	0,59946	0,17365	0,00001	0,00017	91	0,12715	0,58033	0,14074	0,00287	0,00000
42	0,13829	0,65286	0,16962	0,00583	0,00001	92	0,12420	0,62579	0,16907	0,00612	0,00000
43	0,14602	0,68556	0,19085	0,00755	0,00002	93	0,11261	0,62538	0,16395	0,00704	0,00001
44	0,12716	0,62753	0,18225	0,00688	0,00000	94	0,11162	0,61040	0,15779	0,00589	0,00001
45	0,11889	0,59987	0,16665	0,00034	0,00000	95	0,11521	0,59831	0,15352	0,00122	0,00003
46	0,14405	0,66690	0,16692	0,01265	0,00000	96	0,11264	0,59970	0,14320	0,00060	0,00002
47	0,12624	0,62906	0,15442	0,00264	0,00000	97	0,11621	0,60447	0,15320	0,00022	0,00000

Çizelge 4.2 Çalışmada üretilen SYM ve Sam veri setlerine ilişkin RMSE değerleri (devam)

S.No	Google Earth	GPS	Mobil	P4	P4RTK	S.No	Google Earth	GPS	Mobil	P4	P4RTK
48	0,13448	0,65716	0,16343	0,00994	0,00000	98	0,10226	0,59641	0,14731	0,00447	0,00002
49	0,14475	0,66988	0,19271	0,00520	0,00001	99	0,11493	0,58426	0,13612	0,00306	0,00001
50	0,09722	0,60094	0,15451	0,00742	0,00003	100	0,12888	0,57706	0,12900	0,00196	0,00000

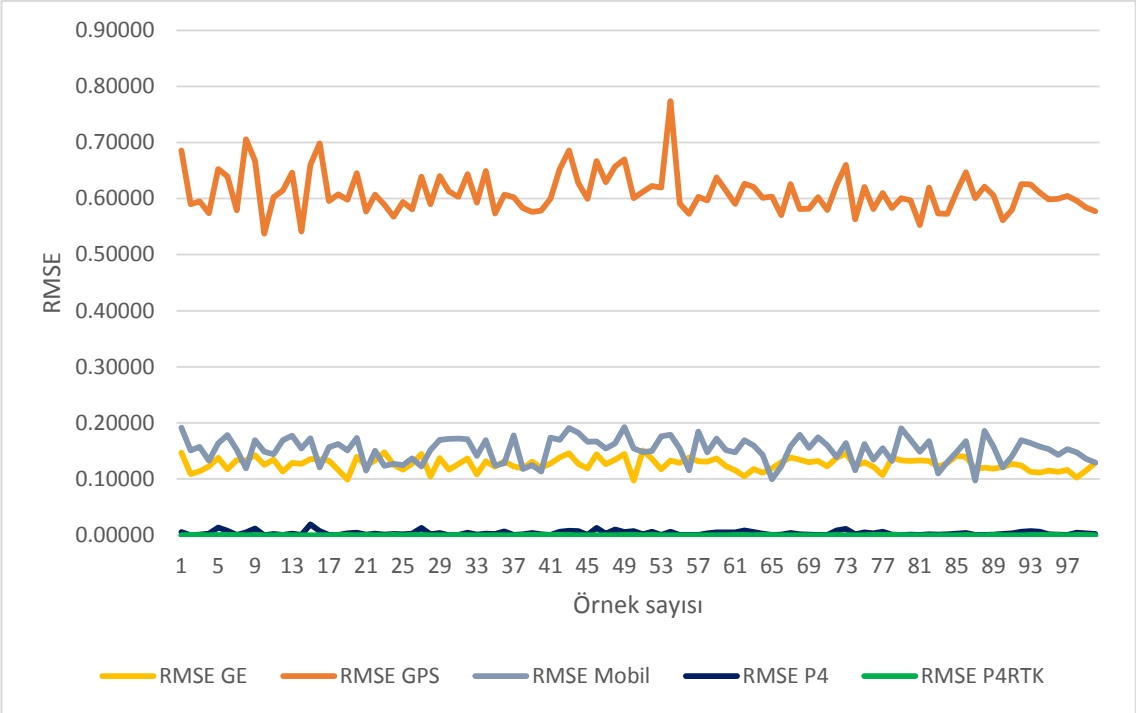
Toplam RMSE değerinin ortaya konması için her bir SYM ve SAM verisi sapma değerleri toplanmıştır (Şekil 0.4). Çizelge 4.2 incelendiğinde toplam RMSE değerleri sırasıyla küçükten büyüğe 0,001 m ile Phantom 4 RTK cihazının GNSS-CORS cihazına en yakın değerler ürettiği, bunu sırasıyla Phantom 4 (0,336 m), Google Earth (12,664 m), mobil telefon (15,230 m) ve son sırada GPS (61,070 m) cihazının takip ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 4.4 Çalışmada üretilen SYM ve Sam verilerinin toplam RMSE değerleri

Genel olarak enlem ve boylam açısından tüm cihazlar aynı doğrulukla çalışma alanını gösterse de yükseklik bağlamında ciddi farkların olduğu tespit edilmiştir. Bu farklar özellikle kazı-dolduru hacimlendirmesinde ciddi hesaplama hataları oluşturacak türden olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışma kapsamında tüm ölçüm değerleri GNSS-CORS cihazına göre kontrol edilmiş ve RMSE değerleri hesaplanarak Şekil 4.5'te ifade edilmiştir.



Şekil 4.5 Çalışmada kullanılan veri setleri ve RMSE değerleri

RMSE değeri 0 (sıfır) ile sonsuz arasında değerler alabilmektedir. RMSE değerinin yorumunda önemli olan 0 (sıfır) değerine yakınlıktır. Şekil 4.5 incelendiğinde sıfır değerine en yakın değerler Phantom 4 RTK ve Phantom 4 cihazlarının sırasıyla 0,001 m ve 0,336 m'dir. Burada ulaşılan sonuçlara göre GNSS-CORS ve İHA araçlarının en yüksek hassasiyette veri toplayabildiği ve çalışma sürelerinin kısalığı sebebiyle yüksek oranda tercih edilebileceği kanaatine varılmıştır. Talep edilen veri hassasiyetinin daha geniş oranlarda olduğu ölçme çalışmalarında GPS, mobil telefon veya Google Easrth veri setlerinin tercih edilebileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda bu çalışmada kullanılan bir hektarlık alan içerisinde orta eğime sahip bir alanda ölçüm yapılan cihazlara bağlı olarak ölçüm süreleri (dakika bazında) ve cihaz maliyetleri (dolar cinsinden) Çizelge 4.3'te verilmiştir.

Çizelge 4.3 Çalışmada kullanılan cihazlarla yapılan ölçüm çalışma süreleri ve maliyetleri

	Ölçüm süresi	Mekansal Çözünürlük (m*m)	Maliyet
Phantom 4 RTK	7 dakika	0,15*0,15	6500 dolar
Phantom 4	8 dakika	0,16*0,16	2700 dolar
GNSS-CORS	32 dakika	0,16*0,16	4300 dolar
GPS	17 dakika	0,77*0,77	30 dolar
Google Earth	20 dakika	0,76*0,76	Ücretsiz
Mobil telefon	15 dakika	0,71*0,71	2250 dolar

Çizelge 4.3 incelendiğinde en yüksek fiyatlı ancak en kısa sürede ölçüm yapan cihazın Phantom 4 RTK (6500 dolar) olduğu, bunu sırasıyla GNSS-CORS cihazı (4300 dolar), Phantom 4 (2700 dolar), mobil telefon (2250 dolar), GPS cihazı (30 dolar) ve alternatif yaklaşım olan Google Earth veri seti takip etmektedir. Bu sayılan özelliklere ek olarak üretilen SYM ve SAM veri setlerinin mekansal çözünürlüğü hesaba katıldığında genel olarak GNSS-CORS ve İHA cihazlarının üstün olduğu bunu diğer veri setlerinin takip ettiği tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Seki (2017), Çetin (2019) ve Bozkurt (2020) yaptıkları yüksek lisans tez çalışmasında, Yılmaz vd. (2013), Özçelik ve Buğday (2022) ve Kınalı ve Çalışkan (2022) araştırma çalışmasında da vurgulanmıştır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı teknik özelliklere ve ölçüm hassasiyetlerine sahip ölçüm amaçlı kullanılan cihazların ölçüm performansları karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Günümüzde ölçüm çalışmalarında yaygın olarak halihazırda kullanılan ve kullanılmaya başlanan bu cihazlara ait mekânsal hassasiyet bilgisi ayrıca kriter olarak değerlendirmelerde göz önünde bulundurulmuştur.

Bu çalışmada bir hektar büyüklüğünde ortalama eğime sahip bir alan seçilerek ölçümler gerçekleştirilmiştir. Ölçüm cihazları olarak iki farklı özellikteki İHA, GNSS-CORS, GPS ve mobil telefon cihazları kullanılmıştır. Ayrıca pratik kullanıma sahip Google Earth yazılımı kullanılarak aynı arazi üzerinde yükseklik bilgileri tespit edilerek CBS yazılım ortamına aktarılmıştır. Bahsi geçen ölçüm cihazlarından ve Google Earth yükseklik bilgilerinden çalışma alanına ait SYM (GNSS-CORS, GPS, mobil telefon, Google Earth verilerinden elde edilen) ve SAM (İHA cihazlarından elde edilen) veri setleri ArcGIS ortamında üretilmiştir. Hem ulusal hem de uluslararası literatür ve uygulamada sıklıkla kullanılan ortalama hata kareleri kökü – RMSE yaklaşımı ile ölçüm cihazlarındaki veri seti farklılıklarının miktarları ortaya konmuştur.

Elde edilen sonuçlara göre GNSS-CORS ile RTK özellikli İHA cihazının çok yüksek hassasiyetle ölçüm yaptığı, RTK özelliği olmayan İHA cihazının normal hassasiyetle ölçüm yaptığı ancak diğer cihazların daha düşük hassasiyetle ölçümleri tamamladığı tespit edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar ışığında özellikle kazı-dolduru hesaplamaları, çeşitli yol inşaatı hesaplamaları ve kütle hesaplamaları gibi yüksek hassasiyet gerektiren çalışmalarda RTK özellikli cihazların kullanılmasının kritik derecede önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Ancak daha düşük bütçeli ve daha az hassasiyet toleransında olan çalışmalarda GPS, mobil telefon ve Google Earth verileri yükseklik bazında değil ama enlem ve boylam doğruluğu ölçeğinde hesaplama gerektiren çalışmalarda uygun bir ölçme çözümü olarak değerlendirilebilir.

Ormanlık alanlar ve yakın çevresi birlikte düşünüldüğünde yapılmak istenen ölçümlerin zorluğu ve zaman açısından eğimi düşük olan alanlara oranla daha fazla çaba ve süreye

ihtiyaç duyulduğu malumdur. Ülkemizde yayılış gösteren ormanlık alanların da genel olarak dağlık ve eğimli arazilerde konumlandığı göz önüne alındığında ormancılık faaliyetlerinin sürdürülmesi için gereken ölçüm çalışmaları genellikle zorluklar içeren ve uzun süren çalışmalar olarak sınıflandırılmaktadır. Ölçüm çalışmalarında kullanılan cihazların teknik özelliklerinden kaynaklanan ölçüm hassasiyetleri ve hata oranları kullanılan teknolojiye göre de farklılıklar göstermektedir. Bu bağlamda hangi cihazın ne tür amaçlarla ve nerelerde kullanılabileceği ve verimlilik ve maliyet bilgilerinin ortaya konması son derece önemlidir. Bu çalışma ve benzeri çalışmaların sayısının artırılması ölçüm amaçlarına göre hangi cihaz veya veri setinin kullanılabileceği hakkında daha net ve daha isabetli bir ortam sağlayacağı düşünülmektedir.

İlerleyen zamanlarda yapılacak çalışmalarda zaman-maliyet değerlerinin ilgili dönem şartlarında tekrar değerlendirilmesi ve hızla gelişen teknolojinin yaygınlaşması ile arazi ölçme ve veri seti üretme çalışmalarında farklı bilgisayar algoritmalarının ortaya çıkması ile bu tür çalışmalar yinelenebilir ve geliştirilebilir özellik taşımaktadır. Mühendislik ölçme çalışmalarında ulaşılabilir teknolojileri kullanacak personel sayısının artırılması ile veri güvenilirliğinin denetlenmesi ve daha rasyonel bir karar verme ortamı oluşturulması açısından ayrıca önemlidir.

KAYNAKLAR

Akar, A., Akar, Ö. & Bayata, H. F. 2021. SenseFly eBeeX İHA İle Üretilen Ortofotonun Konum Doğruluğunun İncelenmesi. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 3 (2) , 65-68 .

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., & Öztürk, T. 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(1), 104-118. İstanbul.

Akgül, M., Yurtseven, H., Gulci, S., Akay, A.E., 2018. Evaluation of UAV-and GNSS-Based DEMs for Earthwork Volume. Arabian Journal for Science and Engineering, 43(4):1893-1909

Aykut, N. O. 2019. İnsansız hava araçlarının kıyı çizgisinin belirlenmesinde kullanılabilirliğinin araştırılması. Geomatik, 4(2), 141-146.

Bozkurt, N. 2020. İnsansız hava araçlarında (İHA) düşük maliyetli GNSS alıcılarının konum belirleme performansı Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 25 sayfa, Gebze.

Buğday, E. 2018. Capabilities of using UAVs in forest road construction activities. European Journal of Forest Engineering, 4(2), 56-62.

Buğday, E. 2019. Orman yönetiminde insansız hava aracı uygulamaları. In 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019), June (pp. 28-29).

Bülbül, S., İnal, C., & Yıldırım, Ö. Nokta konumlarının belirlenmesinde klasik RTK, Ağ RTK ve Total Station tekniklerinin karşılaştırılması. 7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, 15-17 Ekim 2014, syf 1-5, Hitit Üniversitesi Çorum.

Çetin, O. 2019. Hava fotoğrafları ve insansız hava aracı görüntülerinden arazi topoğrafyası ölçümü, sonuçların analizi ve karşılaştırması (Haymana Yeşilyurt köyü uygulaması), Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120 sayfa, Konya.

Demirok, H. D., Sungur, C., & Terzioğlu, H. 2020. Mapping Methods With Unmanned Aerial Vehicles" A Review". Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 219-225.

Eltner, A., Baumgart, P., Maas, H. G., & Faust, D. 2015. Multi-temporal UAV data for automatic measurement of rill and interrill erosion on loess soil. Earth Surface Processes and Landforms, 40(6), 741-755.

Erdoğdu, A.C. 2021. Akıllı Telefonlarda Bulunan Konum Belirleme Yöntemleri, Üretilen Konum Verisinin Kullanılabilirliği ve Teknolojik Gelişimi. Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 104 sayfa, Ankara.

Erenoglu, R. C., Erenoglu, O., & Arslan, N. 2018. Accuracy assessment of low cost UAV based city modelling for urban planning. Tehnički vjesnik, 25(6), 1708-1714.

Eryılmaz, A. 2019. Karayolu projelerinde bilgisayar programları kullanılarak proje aşamalarının mühendislik açısından değerlendirilmesi (Yüksek Lisans Tezi, İskenderun Teknik Üniversitesi/Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, 67 sayfa, İskenderun.

Gülci, S., & Akay, A. 2016. Ekolojik sanat yapılarının lokasyonlarının değerlendirilmesinde insansız hava araçları ile üretilen termal kızılötesi görüntülerin kullanılması. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University, 66(2), 698-709.

Güngör, R., Uzar, M., Atak, B., Yılmaz, O. S., & Gümüş, E. 2022. Orthophoto production and accuracy analysis with UAV photogrammetry. Mersin Photogrammetry Journal, 4(1), 01-06 Buğday, E. (2019). Orman yönetiminde insansız hava aracı uygulamaları. In 2nd International Eurasian Conference on Biological and Chemical Sciences (EurasianBioChem 2019), June (Vol. 28, p. 29).

Julge, K., Ellmann, A., & Köök, R. 2019. Unmanned aerial vehicle surveying for monitoring road construction earthworks. The baltic journal of road and bridge engineering, 14(1), 1-17.

Kahveci, M. 2009. Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS CORS Ağları ve Düşündürdükleri. Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi, (100), 13-20.

Karaali, C., & Yıldırım, Ö. 1996. Global konum belirleme sistemi (GPS). Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2(2), 103-108.

Karagöz, S. D., Kıncal, C., & Koca, M. Y. 2020. Menderes Masifi′ nde Açılmış Açık Ocak Albit Madenindeki Bir Duraysızlığın Nedenlerinin Araştırılması ve Robotic

Total Station Cihazı Kullanılarak Yenilme Öncesinde Şev Hareketlerinin İzlenmesi. Jeoloji Mühendisliği Dergisi, 44(1), 41-66.

Kınalı, M. & Çalışkan, E. 2022. Use of Unmanned Aerial Vehicles in Forest Road Projects. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 24 (3), 530-541. DOI: 10.24011/barofd.1073229

Marangoz, A. M., Karakış, S., & Numan, A. B. 2019. Geleneksel Fotogrametri ile İnsansız Hava Aracı (İHA) Verilerinin Kullanılan Kamera ve Sonuç Ürünleri Bakımından Karşılaştırılması. In 17th Turkey Scientific and Technical Conference (Vol. 25, p. 27).

Özçelik, A., & Buğday, E. 2022. Generating Landslide Susceptibility Maps Using Mathematical Models and UAV data: The Case of Çankırı Region in Türkiye. European Journal of Forest Engineering, 8(1), 1-10. Çankırı.

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

Seki, M. 2017. İnsansız hava araçlarının hacim hesaplarında kullanılabilirliği. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 52 sayfa, Afyonkarahisar.

Seyrek, E. C., Narin, Ö. G., Koçak, T., & Uysal, M. 2021. Yüzey araştırmalarında İHA fotogrametrisinin kullanımı: Kolankaya Siperleri örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 3(2), 69-75.

Tercan, E. 2017a. Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modelinin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaliler Yolu Örneği. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8 (2), 172-183. Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/makufebed/issue/19432/311859

Tercan, E. 2017b. İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent ve Tarihi Kervan Yolunun Fotogrametrik Belgelenmesi: Sarıhacılar Örneği. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5 (3), 633-642. DOI: 10.21923/jesd.315232

Türk, T. & 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 . Retrieved from https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/53476/693407

URL1. https://www.google.com.tr/search?q=GNSS+cors%2C+GPS+ve+ phantom+4. Erişim tarihi: 15/01/2023

URL2.https://www.drone.net.tr/drone-modelleri/profesyonel-drone/dji-phantom-4-rtk-edition.html. Erişim tarihi: 15/01/2023

URL3. https://apps.apple.com/us/app/gps-tracks/id425589565?platform=iphone https://www.garmin.com/en-US/p/26875. Erişim tarihi: 15/01/2023

URL4.https://www.drone.net.tr/drone-modelleri/profesyonel-drone/dji-phantom-4-advanced.html. Erişim tarihi: 15/01/2023

URL5.https://www.drone.net.tr/drone-modelleri/profesyonel-drone/dji-phantom-4-rtk-edition.html. Erişim tarihi: 15/01/2023

Yakar, M. ve Doğan, Y. 2017. Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 2017 Özel Sayı (94-101).

Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karslı, F., & Gökalp, E. 2013. İnsansiz hava araci ile üretilen ortofoto haritalarda doğruluk analizi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013), 23-25 Mayıs 2013.

Yücel, D. Ş., & Yücel, M. A. 2017. Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 23(6), 780-791.Denizli.

Zhang, Y., Pang, Y., Cui, D., Ma, Y., & Chen, L. 2020. Accuracy assessment of the ICESat-2/ATL06 product in the Qilian mountains based on CORS and UAV data. IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, 14, 1558-1571.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı ve Soyadı : Ali KARACA

Eğitim

Yüksek Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalı	2020-Halen
Lisans	Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü	2014-2017
Lisans	Anadolu Üniversitesi İktisat Fakültesi Kamu Yönetimi Bölümü	2005-2010
Önlisans	Afyon Kocatepe Üniversitesi Sandıklı Meslek Yüksek Okulu Harita Kadastro Bölümü	2006-2008

İş Deneyimi

Yıl	**Kurum**	**Görev**
2017-Halen	Çankırı İl Özel İdaresi	Orman Mühendisi
2013-2017	Çankırı İl Özel İdaresi	Harita Kadastro Teknikeri
2010-2013	Kastamonu, AFAD	Harita Kadastro Teknikeri
2008-2010	Kastamonu, TKGM Bölge Md.	Kadastro Teknisyeni