



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ENGEBELİ
ALANLARDAKİ KARAYOLU
PROJELERİNDE KULLANIMI**

Yağmur FİDANCI

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Mart-2019
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Yağmur FİDANCI tarafından hazırlanan "İnsansız Hava Araçlarının Engebeli Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı" adlı tez çalışması 29/03/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS/~~DOKTORA TEZİ~~ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof.Dr.Ferruh YILDIZ

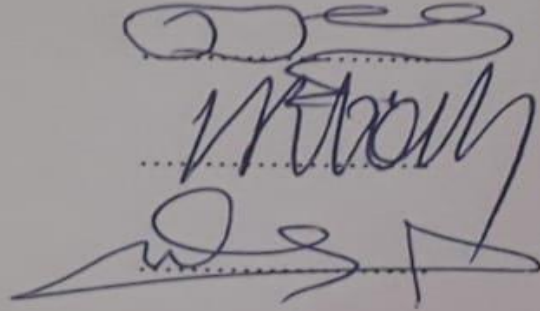
Danışman

Prof.Dr.Hakan KARABÖRK

Üye

Prof.Dr.Murat YAKAR

İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup KARA
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yağmur FİDANCI



ÖZET**YÜKSEK LİSANS****İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ ENGEBELİ ALANLARDAKİ KARAYOLU
PROJELERİNDE KULLANIMI****Yağmur FİDANCI****Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Prof.Dr. Hakan KARABÖRK****2019, 53 Sayfa****Jüri****Prof.Dr.Ferruh YILDIZ
Prof.Dr. Hakan KARABÖRK
Prof.Dr.Murat YAKAR**

İnsansız hava araçlarının (İHA) kullanımı, geliştirilen yazılım ve donanım bileşenleri ile günümüzdeki mühendislik uygulamalarında oldukça yaygınlaşmıştır. Farklı yükseklik ve hızlarda uçuş imkânı sağlayan İHA'ların, yüksek çözünürlüklü ve farklı türdeki kameraların kullanımına imkân vermesi ile bazı fotogrametrik sorunlar ortadan kaldırılmıştır. Bu gelişmelerle birlikte, İHA tekniğiyle yüksek doğrulukla sayısal arazi modeli(SAM) üretmek mümkün olabilmektedir. Bu çalışma, engebeli alanlarda insansız hava aracı görüntülerinden üretilen verilerin karayolu projelerinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda yersel yöntem ve İHA ile üretilen veriler hacim miktarları ve yükseklik bilgileri yönünden kıyaslanmıştır. Çalışma alanı olarak engebeli yapıda, yaklaşık 800 m uzunluğunda, 300 m genişliğinde bir karayolu koridoru seçilmiştir. İnsansız hava aracı ile farklı yükseklikte ve bindirme oranlarında dört adet uçuş gerçekleştirilerek görüntüler elde edilmiştir. Yer kontrol noktaları ve arazi detay noktalarının konumları GNSS cihazı kullanılarak klasik RTK yöntemi ile belirlenmiştir. Görüntüler Pix4D ve Agisoft PhotoScan Professional yazılımlarında farklı sayıda yer kontrol noktası(YKN) ile işlenmiş ve SAM üretilmiştir. Yer kontrol noktalarının ve denetleme noktalarının hata miktarları, yersel ve İHA yöntemiyle üretilmiş detay noktalarının konumları ve hesaplanan hacim miktarları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda İHA ve yersel yöntemle hesaplanan hacim miktarındaki farklar maksimum %3.5 ve minimum %0.6, noktaların yükseklikleri arasındaki farklar 12.9 cm ile 15.9 cm olarak elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Karayolu Projesi, Sayısal Arazi Modeli, Toprak İşçi Hacim Hesabı.

ABSTRACT**MS THESIS****USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN HIGHWAY PROJECTS IN RUGGED AREAS****Yağmur FİDANCI****Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering****Advisor: Prof.Dr. Hakan KARABÖRK****2019, 53 Pages****Jury****Prof.Dr.Ferruh YILDIZ
Prof.Dr. Hakan KARABÖRK
Prof.Dr.Murat YAKAR**

Today, using unmanned aerial vehicles (UAVs) has become pretty widespread in engineering applications with software and hardware components that have been developed. Some photogrammetric problems have been eliminated due to the use of high resolution and different camera types by the UAVs that provide flight at different heights and speeds. With these developments, it is possible to produce DTM with high accuracy with the UAV technique. This study has been carried out to investigate the usability of unmanned aerial vehicles in highway projects in rugged areas. In this direction, the data obtained by the ground method and UAV have been compared in terms of volume quantities and elevation information. As a working area, a rugged highway corridor of about 800 meters in length and 300 meters in width has been chosen. Images have been taken by performing 4 flights at different heights and different overlay rates with an unmanned aerial vehicle. The coordinates of ground control points and terrain detail points have been determined by the classical RTK method using the GNSS device. The images have been processed with a different number of ground control points (GCP) in the Pix4D and Agisoft PhotoScan software and the digital terrain models (DTM) have been produced. Error amounts of ground control points and control points, the location of ground points produced by ground measurement technique and UAV method and calculated volume amounts have been compared. As a result, the difference in volume amount has been maximum 3.5% and the minimum has been 0.6%, and the differences between the heights of the points have been 12.9 cm and 15.9 cm.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicle, Highway Project, Digital Terrain Model, Volume Account.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitim sürecim boyunca desteğini esirgemeyen ve danışmanlığımı yürüten sayın danışmanım Prof. Dr. Hakan KARABÖRK'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yüksek lisans ders dönemim boyunca katkı ve desteğini esirgemeyen tüm hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında yardımlarını ve desteğini esirgemeyen eşim Yaşar FİDANCI'ya teşekkürü bir borç bilirim. Özveri ve emekle hazırladığım bu tez çalışmasını sevgili kızım Zeynep İdil FİDANCI'ya ithaf ederim.

Yağmur FİDANCI
KONYA-2019



İÇİNDEKİLER

ÖZET	1
ABSTRACT.....	2
ÖNSÖZ	3
İÇİNDEKİLER	4
SİMGELER VE KISALTMALAR	5
1. GİRİŞ VE KAYNAK ARAŞTIRMASI	6
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	10
2.1. İnsansız Hava Araçlarının Tarihçesi	10
2.2. İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması	19
2.3. İnsansız Hava Araçlarının Donanımları ve Çalışma Prensipleri.....	24
2.3.1. Konum ve yöneltme sistemleri (KYS).....	24
2.3.2. Sensörler	26
2.4. İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları.....	27
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	29
3.1. Uygulama Alanı	29
3.2. İnsansız Hava Aracı	29
3.3. Yer Kontrol Noktalarının Ölçümleri.....	30
3.4. Görüntülerin Değerlendirilmesi	32
3.4.1. Pix4Dmapper yazılımda görüntülerin değerlendirilmesi.....	33
3.4.2. Agisoft PhotoScan yazılımda görüntülerin değerlendirilmesi.....	37
3.5. Pix4Dmapper ve Agisoft PhotoScan Yazılımı Değerlendirme Sonuçları ve Hacim Hesabı.....	41
4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	47
KAYNAKLAR	50
ÖZGEÇMİŞ	53

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

CM : Santimetre
CBS: Coğrafi Bilgi Sistemi
DEM: Digital Elevation Model
DSM: Digital Surface Model
DTM: Digital Terrain Model
GCP: Ground Control Point
GNSS : Global Navigation Satellite System
GPS: Global Positioning System
InSAR: Interferometric Synthetic Aperture Radar
İHA: İnsansız Hava Aracı
İHAS: İnsansız Hava Aracı Sistemi
KM : Kilometre
KOH: Karesele Ortalama Hata
LİDAR: Light Detection And Ranging
M : Metre
nSYM: Normalized Sayısal Yüzey Modeli
RADAR: Radio Detection And Ranging
RAR: Real Aperture Radar
RTK : Real Time Kinematik
SAM: Sayısal Arazi Modeli
SAR: Synthetic Aperture Radar
SYM: Sayısal Yükseklik Modeli
UAV : Unmanned Aerial Vehicle
YKN: Yer Kontrol Noktası
YÖA: Yer Örnekleme Aralığı
3B : Üç Boyutlu

1. GİRİŞ VE KAYNAK ARAŞTIRMASI

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanımı; veri toplama ve değerlendirme bileşenlerinin teknolojik gelişmeler doğrultusunda maliyetlerin azalması ve kullanılabilirliğinin artışı dolayısıyla sivil anlamda oldukça yaygınlaşmıştır. İnsansız hava araçları ile ormancılık alanında (Menteşoğlu ve İnan, 2016; Akgül ve ark., 2016), otomatik ağaç tespiti (Gürbüz ve Türker, 2017), arkeolojik dokümantasyon (Avdan ve ark., 2014), heyelan karakterizasyonu modellenmesi (Carvajal ve ark., 2011), sayısal yüzey ve arazi modeli doğruluğunun araştırılması (Haarbrink ve Eisenbeiss, 2008; Uysal ve Toprak, 2015), ortofoto haritaların doğruluk analizi (Yılmaz ve ark., 2013) v.b. birçok alanda çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Sayısal arazi modeli (SAM), zeminin sürekli yüzeyinin, rastgele bir koordinat alanında bilinen X, Y, Z koordinatlarına sahip çok sayıda seçilmiş nokta ile istatistiksel bir temsilidir (Miller ve Laflamme, 1958). Sayısal arazi modeli, yükseklik kavramı yanında diğer coğrafi unsurları ve nehirler, sırt çizgileri, kırılma çizgileri vb. doğal özellikleri de modele dahil etmeye çalışır (Li, 1990). Ulaşım sistemlerinde, projelendirme ve uygulama aşamalarında, güzergâh tespiti, hacim ve maliyet hesapları gibi uygulamalarda sayısal arazi modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle SAM doğruluğu oluşturulmasında kullanılan yöntem ve teknikler karayolu projelerinde önem taşımaktadır.

Ulaşım sistemlerinde ön proje, kesin proje ve etüt aşamalarında, hacim hesabı işlerinde kullanılmak üzere harita üretimine ihtiyaç duyulmaktadır. Klasik yöntemlerle gerçekleştirilen haritalama işlemi işgücü ve zaman açısından oldukça maliyetlidir. Ayrıca doğal zemin üzerinde istenen sıklıkta veri elde etmek, zorlu ve tehlikeli arazi koşullarında erişim sağlamak her zaman mümkün olmamaktadır. Ancak geliştirilen fotogrametrik teknikler, insansız hava araçları ve algılayıcı teknolojileri ile veri toplama, işleme ve değerlendirme klasik yöntemlere kıyasla daha az işgücü gerektirirken maliyet ve zamandan tasarruf sağlamak mümkündür.

Karayolu projesi çalışmalarında insansız hava aracı ile üretilen sayısal arazi modeli verilerinin kullanımının araştırıldığı bir çalışmada, Bucak-Kocaaaliler yolunun 1500 m'lik kısmında, Uçuş yüksekliği 160 m, boyuna örtü oranı %85, enine örtü oranı %65 olarak veriler üretilmiştir. Agisoft yazılımı ile 6 adet YKN ve 420 görüntü kullanılarak SAM oluşturulmuştur. Karayolu projesi ile karşılaştırma yapılarak yersel yöntem ve İHA ile elde edilen sayısal arazi modelinden elde edilen toprak işleri

karşılaştırılmıştır. İHA fotogrametrisi ile elde edilen sayısal arazi modeli ile hesaplanan toprak işi miktarı daha doğru belirlenmiştir (Tercan, 2017). Bir başka çalışmada ise Selçuk Üniversitesi Kampüsünün kuzeybatısından geçen çevre yolu projesinin 105+980.000 km si ile 108+000.000 km si arasındaki bölge proje alanı olarak seçilmiştir. Görüntüler sırasıyla 50 m yükseklik %70 bindirme, 50 m yükseklik % 80 bindirme, 80 m yükseklik 70 bindirme, 80 m yükseklik %80 enine ve boyuna bindirme şeklinde alınmıştır. 50 adet yer kontrol noktası (YKN) zeminde işaretlenmiş ve değerlendirmede farklı sayıda YKN kullanılarak sonuçlar değerlendirilmiştir. Değerlendirmede Agisoft ve Pix4D yazılımları kullanılmıştır. 1/1000 ölçekli Fotogrametrik olarak üretilmiş hâlihazır harita ile İHA görüntülerinden elde edilen hâlihazır harita üzerinde kazı ve dolgu hesapları karşılaştırılmıştır. Kazı ve dolgu hacimlerinin %99 oranda uyumlu olduğu sonucuna varılmıştır (Erdoğan, 2016). Başka bir uygulama çift şeritli anayol kenarındaki heyelanları karakterize etmede doğru ve düşük maliyetli bir yöntem geliştirme amacıyla güneydoğu İspanya'daki Almeria ve Granada illeri arasında yer alan çift şeritli anayol olan A92 üzerinde gerçekleştirilmiştir. % 85 ve % 60 boyuna ve enine bindirme oranları ve yol seviyesinden 50 m yükseklikten 54 fotoğraf çekilmiş, uygulama için 37 fotoğraf kullanılmıştır. 31 adet yer kontrol noktası seçilmiştir. Ayrıca zeminde 29 adet hedef noktası işaretlenmiştir. Sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Elde edilen sonuçların yol şevinde heyelanların geometrik karakterizasyonu için yeterli olduğu sonucuna varılmıştır (Carvajal ve ark., 2011). Bir başka çalışma insansız helikopter sistemleri ile sayısal yüzey modeli (Digital Surface Model- DSM) üretim doğruluğunu araştırmak için gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 4 farklı arazi yüzeyinde çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu kısımda İHA verileri aracılığıyla bir otoyola ait sayısal yüzey modeli oluşturularak yersel yöntemle elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. İHA fotogrametrisi ile karayolunun 300 metrelik kısmında çalışma gerçekleştirilerek sonuçlar irdelenmiştir (Haarbrink ve Eisenbeiss, 2008). Bir başka çalışma gelişmiş İHA sisteminin performans analizi yapılması amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı Friedewald, Almanya'da, yol genişletme çalışması yapılacak 200 x 85 m kapsayan 17.000 m²'lik bir kazı alanıdır. Uçuş yüksekliği 70 m, % 80 boyuna bindirme, % 60 enine bindirme oranıyla uçuş planı hazırlanmıştır. Piksel zemin çözünürlüğü 2 cm olan toplam 64 görüntü kaydedilmiştir.

8 adet yer kontrol noktası ölçülmüş ve işaretlenmiştir. Yersel ölçme yaklaşımı sonuçları ile otomatik İHA yaklaşımı ile elde edilen veriler karşılaştırılmıştır. Çalışmada 3 adet toprak yığına ait hacimler incelenerek farklılıkların % 8-16 arasında olduğu görülmüştür (Siebert ve Teizer, 2014).

İnsansız hava araçlarının ormancılık uygulamalarında kullanımını incelemek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada ise; uçuş yüksekliği 50m ile 400m arasında değişken olarak belirlenmiş, %70 enine bindirme, %80 de boyuna bindirmeli 212 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir. Çalışma alanına ait nokta bulutu, ortofoto, sayısal arazi modeli, sayısal yükseklik modeli ve vejetasyona ait haritalar elde edilmiştir(Menteşoğlu ve ark., 2016). Ormancılık çalışmalarında İHA ve sistemlerinin kullanımını incelemek amacıyla gerçekleştirilen diğer bir çalışmada ise; İHA sistemlerinin kullanım aşamaları değerlendirilip test edilerek ormancılık çalışmalarında ihtiyaç duyulan coğrafi bilgi sistemi(CBS) verilerinin elde edilmesinde İHA olanakları kullanımı oldukça başarılı olarak değerlendirilmiştir. SYM verilerinin hassasiyeti bakımından detaylı olarak değerlendirilen alımların LIDAR ve IFSAR verilerinin sahip olduğu hassasiyete nispeten sahip olmadığı ancak maliyet bakımından kıyaslandığında oldukça verimli olduğu sonucuna varılmıştır (Akgül, M. ve ark., 2016). Bir başka çalışmada, insansız hava araçlarından elde edilen çok yüksek çözünürlüklü renkli görüntülerden üretilen ortofoto ve sayısal yüzey modeli verilerinden otomatik ağaç tespiti amaçlanmıştır. Sabit kanatlı bir İHA ile havadan alınan görüntüler kullanılmış, SYM ve ortofoto üretilmiştir, sayısal arazi modeli ve normalize edilmiş sayısal yüzey modeli (nSYM) elde edilmesi, görüntünün segmentasyonu işlemi, görüntü sınıflandırması işlemi, sınıflandırılmış görüntü üzerinde morfolojik filtreleme işlemleri, lokal maksimum tespiti ve doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir (Gürbüz ve Türker, 2017).

İnsansız hava araçları ile sayısal arazi modeli üretimi konusunda yapılan çalışmalardan biri, 600x800m bir alanın 100 m uçuş yüksekliğinde, enine örtü oranı %70 ve boyuna örtü oranı %25 olan 720 adet yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmiştir. 10 adet YKN belirlenmiştir. 5 adet nokta georeferanslandırma, diğer 5 adet nokta ise SAM doğruluğunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Yöntemin doğruluğunun birçok farklı amaç için yeterli olduğu görülmüştür (Karkınlı ve ark., 2015). Diğer bir çalışmada ise İHA' lardan elde edilen verilerle fotogrametrik teknikler kullanılarak SAM elde edilmesi ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Uygulama alanı 240m x 180m x 40m (U x G x Y) boyutlarındadır. Fotogrametrik değerlendirme için 27 adet YKN tesis edilmiştir. Uçuş yüksekliği 60 m olarak belirlenmiştir. İHA ile üretilecek SAM'ın doğruluk analizi için uygulama alanında RTK(Real Time Kinematik) yöntemiyle 250 adet kontrol noktası ölçülmüştür. 200 fotoğraf üzerinden Agisoft Photoscan yazılımı ile değerlendirme gerçekleştirilmiştir. İHA ve RTK ile elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve yeterli doğruluğun sağlandığı sonucuna ulaşılmıştır (Uysal ve Ark., 2015). Bir başka çalışmada,

insansız hava aracı ile elde edilen ortofoto görüntülerin ve sayısal yüzey modellerinin doğruluk analizi yapılmıştır. İnsansız hava aracı ile farklı uçuş modlarında elde edilen görüntülerin, farklı yer kontrol noktaları ile koordinatlandırılması sonucu ortaya çıkan verilerin, araziden jeodezik GNSS(Global Navigation Satellite System) alıcısı kullanılarak toplanan veriler ile karşılaştırılması yapılmıştır (Avdan ve Ark., 2014).

Bu çalışmada, engebeli arazi yapısına sahip alanlarda insansız hava aracı (İHA) verilerinin doğruluğunu ve karayolu projesi uygulamalarında kullanılabilirliğini incelemek amaçlanmıştır. Literatürde insansız hava aracı görüntülerinden üretilmiş verilerin doğruluğu, yer kontrol noktalarının karesel ortalama hatası(KOH) ya da hacim doğruluğu açısından irdelenmiştir. Bu çalışmada ise İHA ve yersel yöntemle üretilen hacim miktarları karşılaştırılırken üretilen nokta sayısının hacim doğruluğuna etkisi, üretilen noktaların yükseklik farkları, farklı uçuş yüksekliği ve bindirme oranlarının konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Elde edilmiş insansız hava aracı görüntüleri ile yüksek doğrulukta 3 boyutlu (3B) nokta bulutu üretilmiştir. Ayrıca çalışma alanının engebeli ve ağaçlık yapıda olması nedeniyle Agisoft PhotoScan yazılımında maksimum açı, maksimum mesafe ve hücre boyutu gibi sınıflandırma parametreleri belirlenerek nokta bulutu sınıflandırılmış, sayısal arazi modeli üretilmiş ve toprak işi miktarları yüksek doğrulukla hesaplanmıştır. Çalışma; engebeli arazi yapısına sahip alanlardaki karayolu projelerinde İHA kullanımını için önemli bir altlık oluşturacaktır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

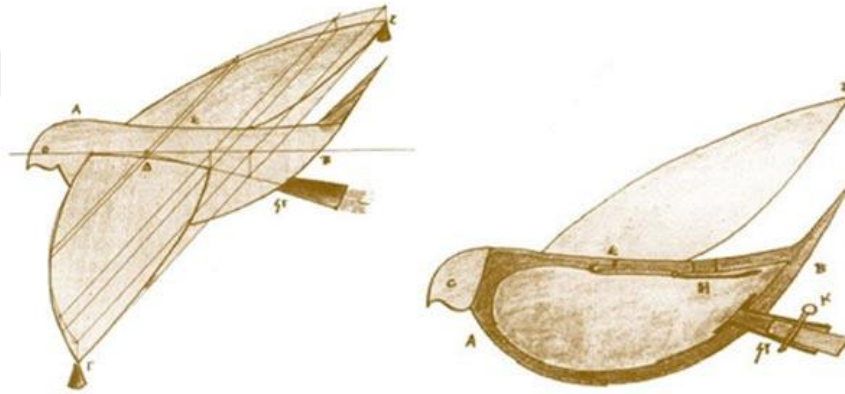
2.1.İnsansız Hava Araçlarının Tarihçesi

İnsansız hava araçları teorisi oldukça eski olmakla birlikte antik çağa kadar dayanmaktadır. Modern zamanlarda, insanlı havacılık 1700'lü yılların sonlarında ortaya çıkmıştır, daha ağır hava makinelerinin gökyüzüne çıkışı bir yüzyıl daha almıştır (Dalamağkidis ve ark.2015).

Uçağın gelişinden hemen sonra İnsansız Hava Araçları takip etmektedir ve 1. Dünya Savaşı (1916) zamanı ortaya çıkmıştır (Dalamağkidis ve ark.2015).

Bununla birlikte, "uçan makineler" in inşası fikri ilk kez yaklaşık 2.500 yıl önce, antik Yunanistan ve Çin'de tasarlanmıştır (Dalamağkidis ve ark.2015).

Pisagor, Archimedes ve diğerleri, çeşitli uygulamalar için otonom mekanizmaların kullanımını incelemiştir. Bilinen ilk özerk uçan makine, Güney İtalya'daki Tarantas ya da Tarentum şehrinden Archytas'a aittir(Şekil 2.1). Archytas M.Ö. 425 yılında "güvercin" olarak adlandırdığı mekanik bir kuş inşa etmiştir (Dalamağkidis ve ark. 2015).

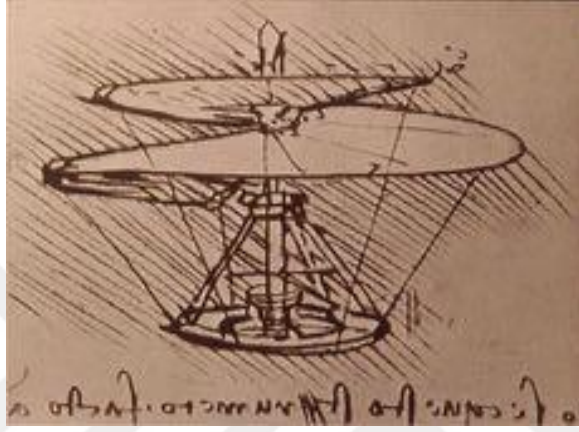


Şekil 2.1. Archytas'a ait mekanik kuş (URL:1)

M.Ö. 400'de Antik Dünya'nın farklı bir bölümünde Çin'de aynı dönemde, dikey uçuş fikri ilk kez Çince olarak belgelenmiştir(Dalamağkidis ve ark., 2015).

Yıllar geçtikçe, Çinliler sıcak hava balonları, roketler ya da uçurtmalar gibi diğer uçan makinalarla denemeler yaptı. Bu makinelerin bazıları eğlence için kullanılmış olmasına rağmen bazı uygulamaların askeri nitelik taşıdığı dikkati çekmektedir. Aslında M.Ö. 450 civarında keşif için kullanılan "ahşap bir şahin" in ve Ming hanedanında düşman mevzilerini bombalamak için kullanılan karga biçiminde bir uçurtmanın tarihi kayıtları vardır (Dalamağkidis ve ark. 2015; Yinke,2005).

Birkaç yüzyıl sonra, Leonardo Da Vinci, 1483'te, Şekil 2.2'de gösterildiği gibi havadan vida veya hava jiroskopu diye adlandırılan havada uçabilen bir uçak tasarladı. Beş metrelik bir çapa sahipti ve amaç şaftın dönüşünü sağlamaktı ve yeterli güç uygulandığında makine dönüp ve uçabiliyordu. Bu makine bazı uzmanlar tarafından bugünün helikopteri Hiller Aviation Museum (2004) 'un atası olarak değerlendirilmektedir. Da Vinci, 1508'de, bir kablo boyunca inerken kanatlarını çift krank mekanizması ile sallayacak bir mekanik kuş geliştirdi. (Dalamağkidis ve ark. 2015).



Şekil 2.2. Leonardo Da Vinci'nin hava vidası, (Dalamağkidis ve ark. 2015).

Yaygın olarak kabul edilen ilk insanlı uçuş, Şekil 2.3'teki Montgolfier kardeşler tarafından tasarlanan sıcak hava balonu kullanılarak 1783'te gerçekleşmiştir. Kısa süre sonra İngiltere'de de benzer girişimler yaşanmıştır, 1860'larda ilk helikoptere ve daha sonra sabit uçan uçaklara kadar, birkaç yıl balonla insanlı uçuşlar egemendir.



Şekil 2.3. Sıcak hava balonunu kullanarak ilk insanlı uçuş 1783'te Fransa'da gerçekleşti (Fotoğraf: Bildarchiv Preussischer Kulturbesitz, Berlin)

1860 ile 1909 yılları arasında birçok uçan makine dizayn edildi. Başlangıçta o sırada kullanılan buharla çalışan motorların kısıtlamaları nedeniyle dikey kalkış ve iniş uçaklarına odaklanıyordu. Motorların güç ağırlık oranı geliştirildikçe, bu ilk makineler bugün kullanılan helikopter ve uçak tasarımlarına dönüştürülmüştür.

İnsansız hava araçlarının modern atalarının gelişimine 1.Dünya Savaşı sıralarında başlandı. I. Dünya Savaşı sırasında torpidonun uçan, eşdeğerini yapmak üzere çeşitli girişimlerde bulunuldu. Bunlardan ilki Archibald Montgomery Low'un 1914 yılında geliştirmeye başladığı Aerial Target yani Uçan Hedef füzesidir. TeleVista adını verdiği televizyon tasarımıyla da tanınan Low aslında "radyo güdümlü sistemlerin babası" olarak anılan İngiliz bir araştırmacıydı. Aerial Target 1917 yılında yaptığı test uçuşunda birçok ilk gibi başarısız oldu ve iniş sırasında yere çakıldı (Demirkıran, 2010).

1916 yılında Elmer Sperry ve Dr. Peter Cooper Hewitt tarafından "Hewitt-Sperry Otomatik Uçağı" tasarlandı. Bu uçaklarda Sperry'nin geliştirdiği jiroskopik cihazlarla stabil uçuş sağlanmış ve radyo kontrolü uygulamasıyla ilk otomatik pilot oluşturulmuştur (Keane ve ark., 2013).

Bir başka uçan torpido projesi, ABD Donanması tarafından geliştirilen Aerial Torpedo'yu (Yüksek, 2013)(Şekil 2.4). Aynı zamanda ABD Ordusu Hava Kuvvetleri, Charles Kettering'in "Liberty Eagle Aerial Torpedo(Kettering Bug)"ya sponsor oldu (Dalamağkidis ve ark. 2015) (Şekil 2.5).



Şekil 2.4. Aerial Torpedo



Şekil 2.5. Kettering Bug

Geliştirilen bu araçlarla istenilen hedefi tutturmak her zaman o kadar kolay değildi. Bu yüzden bir deniz eğitim uçağı olan N-9'a, radyo frekanslı uzaktan kontrol ekipmanı eklendi ve N-9 pilotsuz başarılı bir uçuş yaptı (Demirkıran, 2010). Ancak N-9 iniş sırasında başarılı olamayınca uçan torpido çalışmalarına ara verilerek tamamen uzaktan kontrol edilebilen hedef uçaklarına yoğunlaşıldı. İngilizler tarafından Fairey deniz uçağının uyarlanmasıyla geliştirilen Fairey Queen'i, yine bir kraliçe olan Queen Bee'ler izledi. (Demirkıran, 2010). Uçan torpido hayali Almanya'da, V1 olarak tanınan Vergeltungswaffen-1 seyir füzeleri ile yeniden canlandı. Bu füze jet itki sistemi olan ilk füzedir. (Demirkıran, 2010).

Nisan 1923'te Deniz Kuvvetleri Araştırma Laboratuvarı, bir F-5L uçağının radyo kontrolü için kullanılan ekipmanın 10 mil kadar menzili olduğunu ve iniş ve kalkış sırasında bir uçakta radyo kontrolünün mümkün olduğuna inandığını duyurdu (Şekil 2.6)(Grossnick, 1997). Testler devam etti ve 15 Eylül 1924'te otomatik dengeleme ve radyo kontrol sistemlerinin kusursuz çalıştığı iki test uçuşu yapıldı (Keane ve ark., 2013).



Şekil 2.6. Curtiss F-5L

II. Dünya Savaşı sonrasında bugün bilinen adıyla Northrop Grumman firması, Falconer adı verilen hedef uçaklarını geliştirdi ve uzunca bir süre üretti(Demirkıran, 2010)(Şekil 2.7). 1950'lerdeki diğer önemli bir gelişme radarları şaşırtmak için kullanılan sahte hedef sistemleridir. İzleyen yıllarda hedef uçaklarının uçuş mesafesi artırılmaya çalışıldı(Demirkıran, 2010).



Şekil 2.7. Falconer (URL:5)

Hedef uçaklarının casus olarak göreve başlamaları ise 1960'lardır. Üzerinde kamera bulunan hedef uçakları, yerdeki bir kontrol istasyonundan veya insanlı bir başka uçaktan kontrol ediliyordu. Bu insansız casusların hem tespiti zordu, hem de ele geçmeleri durumunda bir pilotun yakalanmasından daha az diplomatik probleme sebep oluyorlardı(Demirkıran, 2010).

1970'lerde soğuk savaşın da etkisiyle İHA'lar daha kritik görevler almaya ve dolayısıyla da karmaşıklaşmaya başladı. Kısa mesafe kullanım için tasarlanan Lockheed Aquila bunlardan biriydi(Şekil 2.8). Aquila'nın otomatik pilotla uçuşması, düşman birliklerini üzerindeki sensörlerle tespit etmesi, üsse gerçek zamanlı görüntü aktarması ve tüm bunları Sovyet güçlerine yakalanmadan yapması gerekiyordu. Ne var ki araç üzerinde bulunması gereken sistemler aşırı güç çeken, ağır ve büyük sistemlerdi (Demirkıran, 2010).



Şekil 2.8. Lockheed Aquila (URL:6)

Lightning Bug olarak bilinen Ryan Model 147, muhtemelen UAV uçaklarının bugünkü tanımına dayanabilen ilk insansız uçaktı (Zaloga, 2008).

Bu arada ABD Donanması, Gyrodine Company'den Qh-50 DASH adlı bir helikopter drone edindi(Şekil 2.9). Bu tasarım daha küçük gemilerden fırlatılabileceği için tercih edildi. Ana misyonu deniz üstünden torpido fırlatmaktı; bununla birlikte, gözetim, kargo taşımacılığı ve diğer uygulamalar için de kullanılmıştır (Zaloga, 2008).



Şekil 2.9. A QH-50 DASH-drone (URL:7)

1980'lerin popüler Pioneer'inde ya da Fransız yapımı SPERWER'de keşif uçağı mirası kolayca tespit edilebiliyor olsada, RQ-4 Global Hawk gibi daha büyük, daha yetenekli ve daha dayanıklı sistemlere yönelme gereği duyulmuştur(Şekil 2.10, 2.11, 2.12). Çoklu rol alabilen MQ-9 Reaper gibi, keşif yanında su operasyonları için kullanılan Neptune gibi sistemler de mevcuttur (Dalamağkidis ve ark., 2015) (Şekil 2.13, 2.14).



Şekil 2.10. RQ-2 Pioneer (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.11. Sperwer (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.12. RQ-4 Global Hawk (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.13. MQ-9 Reaper (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.14. Neptune (Dalamagkidis ve ark., 2015).

Mevcut askeri ve sivil uygulamalarda kullanılan helikopter İHA'lara örnek olarak A-160 Hummingbird, the APID55(Şekil 2.15), the Schiebel S-100, and the MQ-8 Fire Scout(Şekil 2.16) gösterilebilir (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.15. A-160 Hummingbird (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.16. MQ-8 Fire Scout (Dalamagkidis ve ark., 2015).

Son yıllarda, birkaç gün uçabilen uzun süre dayanıklı İHA'lara duyulan ilgi artmaktadır. Örneğin NASA, Helios(Şekil 2.17), Altair ve Ikhana(Şekil 2.18) UAV'lerini öncelikli olarak Yer Bilimleri misyonları için kullanmaktadır (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.17. Helios (Dalamagkidis ve ark., 2015).



Şekil 2.18. Ikhana (Dalamagkidis.ve ark., 2015).

Küçük İHA'lar özellikle de sivil pazara giriş noktası olarak düşünülmeye başladığından beri büyük ilgi gördü. Bunun nedeni, çok yönlü, taşınabilir ve bakımı kolay olması; bazı uygulamalarda büyük İHA'lar gibi daha küçük bir ölçekte ve daha düşük maliyetle kullanılabilmesidir (Dalamağkidis ve ark., 2015).

2.2.İnsansız Hava Araçlarının Sınıflandırılması

İnsansız hava araçları ile ilgili çalışma prensipleri benzer olmak üzere kullanım amaçları, bileşenleri, teknoloji ve kullanım biçimleri baz alınarak birçok farklı tanımlama yapılabilmektedir.

Sivil Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)'na göre insansız hava aracı (İHA): İHAS'ın bir bileşeni olarak işletilen, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçurulan ya da havada kalabilen hava aracını ifade etmektedir. İnsansız hava aracı sistemi (İHAS) ise İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol veri bağı, kalkış ve iniş sistemi gibi uçuşun sağlanması için gerekli olan, birbirinden ayrı sistem elemanlarının bütünüdür.

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

Çizelge 2.1. Havadan, yakın menzil ve İHA fotogrametrisinin özellikleri.(Eisenbeiss, 2009)

	Hava	Yakın Mesafe	İHA
Planlama	(Yarı) otomatik	Manuel	Otomatik/manuel
Veri Toplama/Uçuş	Yardımlı / manuel	Otonom/ yardımcı / manuel	Otonom/ yardımcı / manuel
Alan Büyüklüğü	km ²	mm ² - m ²	m ² - km ²
Görüntü Çözünürlüğü / GSD	cm - m	mm - dm	mm - m
Nesnelere Uzaklık	100 m - 10 km	cm ~300 m	m - km
Oryantasyon	normal durum / son zamanlarda eğik	Normal / Eğik	Normal / Eğik
Başlangıç Oryantasyon Değerlerinin Kesin Doğruluğu	cm - dm	mm – m	cm – 10 m
Görüntü Bloğu Boyutu/ Tarama Sayısı	10 - 1000	1 - 500	1 - 1000

Özel Uygulamalar Ve Özellikler	Büyük ölçekli alan (ormancılık haritalama, buzul bilimi, 3D şehir modelleme)	Küçük ölçekli alan ve objeler (arkeolojik dokümantasyon, 3D bina modelleme)	Küçük ve büyük ölçekli alanlar (arkeolojik dokümantasyon, tehlikeleri izleme, 3D bina ve şehir modelleme)
		Mimari ve endüstriyel fotogrametri	Erişilemeyen alanlardaki uygulamalar ve tehlikeli nesnelere
	Havadan görünüm	Karasal görüntü	Havadan görünüm
			Gerçek zamanlı uygulamalar (izleme)

İHA'lar temel özellikleri bakımından sabit kanatlı, döner kanatlı, güç kaynaklı veya güç kaynaklısız, havadan hafif, havadan daha ağır ve esnek şeklinde sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.2, mevcut İHA'ların fotogrametrik uygulamalar için kullanılabilir bir sınıflandırmasını göstermektedir. Çizelge 2.3, menzil, dayanıklılık ve hava durumu, rüzgâr bağımlılığı ve manevra kabiliyetine ilişkin Çizelge 1.2 de sınıflandırılmış sistemlerin artı ve eksilerini vermektedir (Eisenbeiss, 2009).

Çizelge 2.2. İHA'ların hafiflik veya ağırlık, güç kaynaklı ve güç kaynaklısız durumuna göre sınıflandırılması (Eisenbeiss, 2009)

	Havadan Hafif	Havadan Ağır		
		Esnek Kanatlı	Sabit Kanatlı	Döner Kanatlı
Güç Kaynaklısız	Balon	Pilota bağlı planör	Planör	Rotor Uçurtma
		Planör paraşüt		
		Uçurtma		
Güç Kaynaklı	Uçak	Planör paraşüt	Pervane	Tekli Rotor
			Jet Motorları	Koaksiyonel
				Çoklu rotor

Çizelge 2.3. Farklı İHA tiplerinin avantaj ve dezavantajları (Eisenbeiss, 2009).

Hava Aracı Tipi	Çeşit	Dayanıklılık	Hava ve Rüzgara Bağlılık	Manevra Kabiliyeti
Balon	0	++	0	0
Zeplin	++	++	0	+
Planör/Uçurtma	+	0	0	0
Sabit Kanatlı Planör	++	+	+	+
Pervane/Jet Motoru	++	++	+	+
Rotor Uçurtma	++	+	0	+
Tek Rotor (Kanat) (Helikopter)	+	+	+	++
Koaksiyonel	+	++	+	++
Quadrotor (Dört Kanat)	0	0	0	++
Multicopter	+	+	+	++

İnsansız hava araçları, Sivil Hava Aracı Sistemleri Talimatı'nda; azami kalkış ağırlıkları referans alınarak 4 ayrı sınıfa ayrılır;

- a) İHA0: Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil) – 4kg aralığında olan İHA'lar(Şekil 2.19),
- b) İHA1: Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil) – 25 kg aralığında olan İHA'lar(Şekil 2.20),
- c) İHA2: Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil) – 150 kg aralığında olan İHA'lar(Şekil 2.21),
- d) İHA3: Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar(Şekil 2.22).



Şekil 2.19. İHA0



Şekil 2.20. İHA1



Şekil 2.21. İHA2



Şekil 2.22. İHA3

Hareket Kabiliyetine Göre İHA'lar iki sınıfa ayrılabilir;

- a) Sabit kanatlı İHA'lar
- b) Döner kanatlı İHA'lar

Kullanım alanlarına göre İHA'lar iki sınıfa ayrılabilir;

- a) Sivil İHA sistemleri
- b) Askeri İHA sistemleri

Motorlarının çalışma prensibine göre üç sınıfa ayrılabilir;

- a) İçten yanmalı,
- b) Elektrikli,
- c) Güneş enerjisi sistemli

Büyükölçü, irtifa, uçuş süresi ve faydalı yük kapasitesine göre beşe ayrılabilir;

- a) Micro insansız hava araçları(Şekil 2.23),
- b) Mini insansız hava araçları,
- c) Küçük insansız hava araçları(Şekil 2.24),
- d) Taktik insansız hava araçları(Şekil 2.25),
- e) Operatif insansız hava araçları(Şekil 2.26),



Şekil 2.23. Micro (Mini) insansız hava aracı









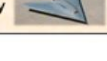
Şekil 2.24. Küçük insansız hava aracı



Şekil 2.25. Taktik insansız hava aracı



Şekil 2.26. Operatif insansız hava aracı

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

Şekil 2.27. İHA Sınıflandırması

2.3. İnsansız Hava Araçlarının Donanımları ve Çalışma Prensipleri

İHA sistemleri, bilgiyi toplamak, analiz etmek ve yaymak için geniş bir teknoloji yelpazesine dayanır. Bu teknolojiler şunları içerir: (Cameron, 1995)

- Araç gövdesi ve itme sistemleri;
- Araç kontrol sistemleri ve sensörler;
- Fırlatma ve kurtarma sistemleri;
- Bilgi toplamak için elektro-optik ve diğer sensörler;
- Araca bilgi aktarmak için veri bağlantıları ve yer kontrol ekipmanı.

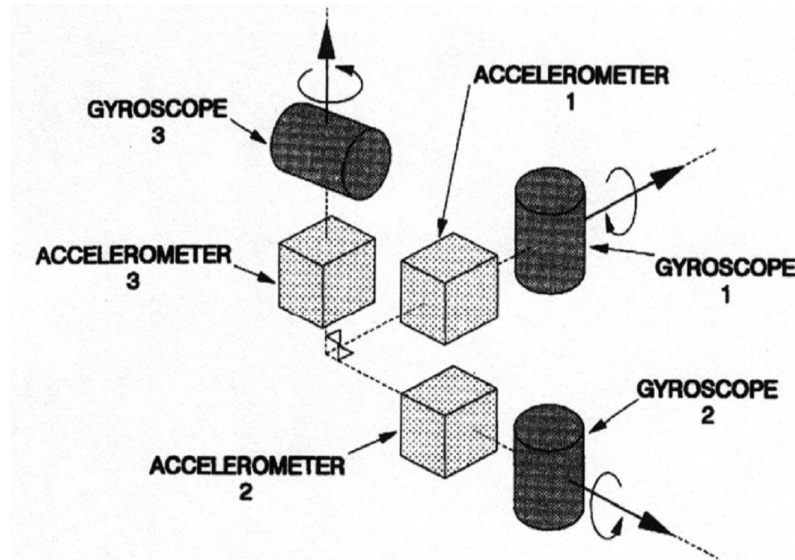
İnsansız hava aracı bileşenleri; ana gövde, kanat ya da pervaneler, motor, güç sistemleri, aviyonik sistemler olarak sıralanabilir. Aviyonik sistemler; ara yüz ve görüntüleme sistemleri, navigasyon ve iletişim sistemleri gibi her biri ayrı bir amaca hizmet eden birçok sistemin birleşiminden oluşmaktadır.

İnsansız hava araçlarında yönlendirme donanımsal özelliklere bağlı olarak, yer kontrol istasyonundan kumanda edilebileceği gibi otopilot sistemleri aracılığıyla da gerçekleştirilebilmektedir. İnsansız hava araçlarının en önemli bileşenleri navigasyon, yönlendirme ve uzaktan algılama yükleri olarak sıralanabilir. İdeal bir İHA; navigasyon sensörleri, atalet ölçüm birimi (IMU), navigasyon sistemleri, barometre, pusula vb. donanımları içerir.

İnsansız hava araçlarının bir diğer bileşeni olan ve uygulama gereksinimleri doğrultusunda belirlenecek algılayıcı yükleri, görünür bant arasında ayırım yapan uzaktan algılama araçları, yakın kızılötesi (NIR), çok bantlı (multispektral), hiperspektral, termal kızılötesi (FLIR), lazer tarama (LİDAR) ve sentetik açıklıklı radar (SAR), nükleer, biyolojik ve kimyasal sensör sistemlerini kapsamaktadır. Hiperspektral sensörler, multispektral sensörlerden daha ayrıntılı bilgi çıkarır.

2.3.1. Konum ve yöneltme sistemleri (KYS)

- a) IMU (Inertial Measurement Unit-İnersiyal Ölçme Ünitesi): IMU sistemleri hareket halindeki cisimlerin açısal hız ve doğrusal ivme verisini toplamaya yarayan donanımdır. Sistem iki sensörden oluşur. Bunlar ivme ölçer ve jiroskoptur(Şekil 2.28). Jiroskop ve ivmeölçer tek başlarına güvenli ve stabil veriler sağlayamazlar. Bu nedenle birbirlerini referans alarak iki sensör birleştirilir ve hız, pozisyon gibi bilgiler tek bir birimden yani IMU'dan alınır.



Şekil 2.28. IMU İçerisinde Yer Alan Jiroskoplar ve İvme Ölçerler (Atak ve Aksu, 2004).

- b) GPS/INS Sistemi: İnersiyal Navigasyon Sistemi (INS); devamlı olarak (kesintisiz) 3 ortogonal doğrusal ivme vektörünü ve açısız dönüklüğü ölçen bir sistemdir. INS teorisi; Newton'un, "inersiyal koordinat sistemine göre hareket halindeki bir aracın ölçülen gücü; sistemin doğrusal ivmeleri ile yerçekimi ivmesinin bir doğrusal kombinasyonundan elde edilebilir" kuramına dayalıdır. Elde edilen hızların ikinci integrali istenilen konumlama bilgilerini verir. Ayrıca dönüklük ölçümleri zamana bağlı entegre edilerek durum bilgileri hesaplanır . INS sisteminin ana elemanı IMU'dur (Atak ve Aksu 2004).

Atalet verisi kuvvetli sürüklenmeler nedeni ile yalnızca kısa süreli boyutlarda yeterli doğruluğa sahip olur, bu nedenle mutlak doğruluğa sahip bir GPS ile kombinasyonu gereklidir. Yaygın olarak kullanılan İteratif Kalman Filtreleme yöntemi ile her iki sistemin avantajları birleştirilebilir ve böylece GPS-INS Doğrudan Algılayıcı Yönelmesi (Direct Sensor Orientation - DSO) için kullanılabilir (Atak ve Aksu, 2004). Bu sistemlerin birlikte kullanımı, tek tek kullanımları ile elde edilecek doğruluğu ve güvenilirliği önemli ölçüde geliştirmeye olanak sağlamaktadır. INS'in kısa aralıklardaki yüksek durağanlığı, GPS gözlemlerinde görülen hataları düzeltmeye olanak sağlar. Kestirim suretiyle elde edilen INS konumu ve hızı, GPS alıcısının taşıyıcı faz atlamalarını (cycle slip) belirtmeye ve uydu ile kopan bağlantıları bağlamaya yardımcı olur. Bağlama kapasitesi INS'in performansına bağlıdır. Diğer taraftan, GPS'in hayli uzun süreli durağanlığı sayesinde, GPS gözlemlerinin kullanılması ile INS'in sistematik ve zamana bağlı hatalarının giderilmesi mümkündür.

2.3.2. Sensörler

- a) CCD TV: Gündüz siyah beyaz ya da renkli görüntü sağlar, ancak gece görüşü yoktur. Düşük kütleli ve maliyetli sistemlerdir (Cameron, 1995).
- b) Kızılötesi (IR), Yakın Kızılötesi (NIR) ve Termal Kızılötesi (FLIR): Yakın kızılötesinde çalışan kızılötesi sistemleri, yaklaşık 1.5 μm 'den daha kısa dalga boylarına sahip kızılötesi ışığı algılar (Cameron, 1995).

Termal IR sistemleri nesnelere tarafından yayılan daha uzun dalga boyundaki termal radyasyonu tespit eder. Zeminde farklı termal emisyon özelliklerine sahip nesnelere ön plana çıkar. IR sistemleri de nispeten pahalı olma eğilimindedir (Cameron, 1995).

- c) LİDAR: Lidar uygulamalarında bir lazer tarayıcı ile cisim yüzeyi taranır. Lazer tarayıcı ile lazer ışınının yansıtıldığı cisim noktasının arasındaki uzaklık güçlü bir biçimde demetlenmiş lazer ışınları yardımıyla bir impulsun gidip tekrar geri gelmesi için gerekli süreden hesaplanır. Lazer tarayıcıdan çıkan lazer ışını uçuş yönüne dik olarak yönlendirilir ve bu yönlendirme açısı kayıt edilir. Kutupsal koordinatlardan lazer ışınının isabet ettiği cisim koordinatları XYZ koordinatlarına dönüşüm için, lazer tarayıcının konum koordinatlarına ve lazer tarayıcının konumlandırma açısına gereksinim duyulmaktadır. Bu sürekli değişen dinamik büyüklükler Global Konumlandırma Sistemi (GPS) ve inertial ölçme aleti (IMU) içeren Konumlandırma ve Yöneltilme Sistemi (KYS) yardımı ile elde edilmektedir (Kraus, 2007).

İnsansız hava araçları ile gerçekleştirilen uçuş ve veri toplama işlemlerinde kullanılacak yazılımlar uçuş kontrol, planlama ve sensör kontrol yazılımlarıdır. Günümüzde İHA'lar otonom ve yarı otonom uçuş gerçekleştirebilmektedir. İHA'ların sivil kullanımının artmasıyla birlikte fotogrametrik harita üretiminde de büyük avantaj sağlamıştır. Bunu gelişmelere paralel olarak İHA kontrol ve uçuş planlarını tasarlayacak yazılımlar da gelişmiş ve mobil uygulamalar da üretilmiştir. Bu sistemler üzerindeki veri bağlantısı sağlayacak dolanımlarla kilometrelerce uzaktan kontrol edilebilmektedir. Tamamen otonom uçuş kontrolcülerini ile herhangi bir operatör müdahalesi olmadan görevleri yerine getirmektedir. Özellikle döner kanatlı sistemler otomatik kalkış ve iniş yapması düşük hız ve alçak uçuş sayesinde röleve alımında yüksek doğruluklar sağlamaktadır. Hava fotoğrafı elde etmenin kolaylaşmasıyla fotoğraf değerlendirme yazılımları da gelişmiştir. Günümüzde neredeyse operatör desteği gerektirmeyecek

duruma gelmiştir. İHA teknolojisi sivil kullanımda yayılmadan önce çok yüksek maliyetlerde uçuşlar gerçekleştirilirken günümüzde İHA0 kategorisindeki İHA'lar ile ve çok düşük maliyetlerle hava fotoğrafları çekilerek yüksek doğrulukta haritalar üretmek mümkün olmuştur. İHA fotogrametrisinde kullanılan yazılımları uçuş kontrol-planlama ve değerlendirme yazılımları olarak sınıflandırmak mümkündür.

Uçuş kontrol yazılımları, yazılımının niteliğine göre fotogrametrik alımın yapılacağı bölgede uçuş planının oluşturulduğu, fotoğraf çekim noktalarının belirlendiği fotoğraf yönetimi ve çekim açısının ayarlandığı, İHA'nın niteliğine göre otonom iniş kalkış kontrolü yapabilen yazılımlar olarak düşünülebilir. Bu yazılımlar İHA'nın donanımına bağlı olarak İHA'ya otomatik pilot özelliği kazandıran yazılımlar olarak da tanımlanabilir. Bu yazılımlar İHA üreticilerinin yanı sıra günümüzde görüntü değerlendirme yazılımı firmaları tarafından da üretilebilmekte ve bu kontrol yazılımları ücretsiz olarak veya açık kaynak kodlu olarak kullanıcı hizmetine sunulabilmektedir.

2.4.İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları

İHA kullanım alanları genel olarak sivil ve askeri olmak üzere ikiye ayrılır. Günümüzde yazılım ve donanım alanındaki teknolojik gelişmeler insansız hava araçlarına duyulan güveni ve ihtiyacı her iki alanda da artırmış, kullanımını yaygınlaştırmıştır.

İHA görüntüleri; dokulu 3B model çıkarma, tehlikeler ya da çevre felaketleri, bina çökmesi, uçak kazaları, arama ve kurtarma operasyonları, yangın ile mücadele, bitki zarar, heyelan ve volkan patlaması ve acil müdahale yöntemleri gibi durumlarda olayları koordine etmek amacıyla kullanılabilir (Eisenbeiss, 2009).

Günümüzdeki aşamada İHA'lar; enerji hattı denetimi, boru hattı denetimi, gemi kontrol, mayın denetimi, baraj denetimi, anomali tespit / önleme, erken yangın tespiti ve orman koruması, tehlike izleme, trafik izleme, çevresel izleme, arama ve kurtarma operasyonları, acil müdahale, sınır devriyesi, liman devriyeleri, polis gözetimi, hava fotoğrafı, SWAT (Özel Silahlar ve Taktikler Birimi) desteği, görüntüleme ve haritalama, istihbarat, gözlem ve keşif (ISR), kimyasal püskürtme(ilaçlama), gece görüşü, ve eğlence endüstrisi ve film gibi geniş kapsamlı bir uygulama yelpazesine sahiptir (Valavanis ve ark., 2015).

İnsansız hava araçlarının askeri amaçlı kullanım alanları; Deniz Kuvvetleri'nde; elektronik istihbarat, radyo sinyal yayını, denizden gelecek saldırılara karşı limanları

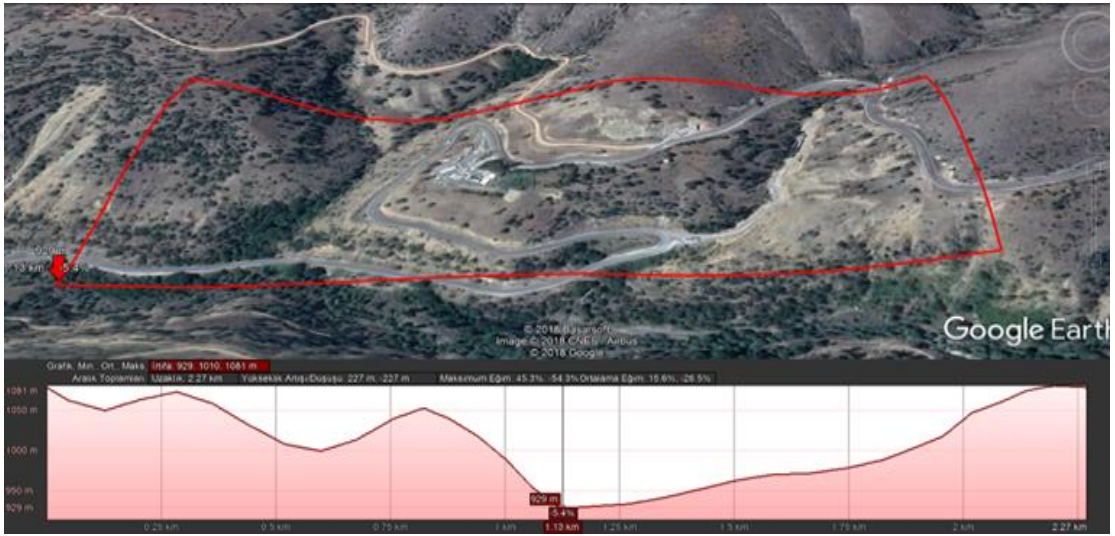
korumak, sonar, şamandıra gibi denizaltılara karşı kullanılacak diğer teçhizatların yerleştirilmesi ve gözlemlenmesi, yapay izler kullanarak düşman füzelerini yanıltmak, düşman donanmasını gözlemek, Kara Kuvvetleri'nde; keşif, düşman aktivitelerini gözlemek, nükleer, biyolojik ya da kimyasal (nbc) yayılımı gözlemek, elektronik istihbarat, hedef tayini ve görüntüleme, kara mayınlarının yerlerinin belirlenmesi ve yok edilmesi; Hava Kuvvetleri'nde; uzun mesafe, yüksek irtifa gözetleme; radar sistemlerine karşı sinyal bozma (jamming) ve yok etme; elektronik istihbarat; hava alanı, üs güvenliği, hava alanı hasar tespiti, patlamamış mühimmatın yok edilmesi olarak sıralanabilir (Batmaz, 2013).

İnsansız hava araçlarının diğer kullanım alanları; mühendislik uygulamaları, fotogrametri, sayısal arazi modeli üretimi (SAM), arkeolojik belgelendirme ve dokümantasyon, gayrimenkul değerlendirme çalışmaları, hâlihazır harita üretimi, tarımsal ve çevresel uygulamalar, orman uygulamaları, madencilik, sanayi ve endüstriyel uygulamalar, kent ve çevre planlaması uygulamaları, kadastral çalışmalar, arama kurtarma çalışmaları, sağlık ve güvenlik sektörü olarak sıralanabilir.

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

3.1.Uygulama Alanı

Bu çalışmada Bolu-Seben İl Yolu arasında, yaklaşık 300 m genişliğinde ve 800 m uzunluğunda bir koridoru kapsayan kısım uygulama alanı olarak belirlenmiştir. Bölge, engebeli bir yapıda olması göz önünde bulundurularak seçilmiştir (Şekil 3.1). Çalışma alanında yükseklik farkı yaklaşık olarak 175 metredir. Maksimum eğim yaklaşık %50, ortalama eğim ise yaklaşık %20'dir.



Şekil 3.1. Çalışma Alanı

3.2.İnsansız Hava Aracı

Çalışmada sayısal arazi modeli ve ortofoto üretimi için kullanılacak İHA (İnsansız Hava Aracı) görüntüleri DJI Phantom 4 Pro cihazı ile elde edilmiştir(Şekil 3.2).



Şekil 3.2. DJI Phantom 4 Pro insansız hava aracı

DJI Phantom 4 Pro cihazı pil ve pervaneler dahil 1388 gr ağırlığında olup, 6000 m irtifaya kadar çıkabilme ve maksimum 30 dakikaya kadar uçuş kapasitesine sahiptir.

Uydu konumlama sistemi olarak GPS/GLONASS mevcuttur. Kamera olarak cihaza sabitlenmiş 20 MP, f/2,8-f/11 açıklığa sahip diyafram, 8-1/2000 sn. mekanik deklanşör ve 8-1/8000 elektronik deklanşör hızına sahip, 1 inç CMOS algılayıcıya sahiptir.

3.3.Yer Kontrol Noktalarının Ölçümleri

İnsansız hava aracı görüntülerinin dengelenmesinde kullanılacak 21 adet yer kontrol noktası belirlenmiştir. Yer kontrol noktaları, çalışma alanı içerisinde homojen olarak dağılmış ve arazinin kritik noktaları da gözetilerek zemin ile zıt renkte işaretlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Yer kontrol noktaları

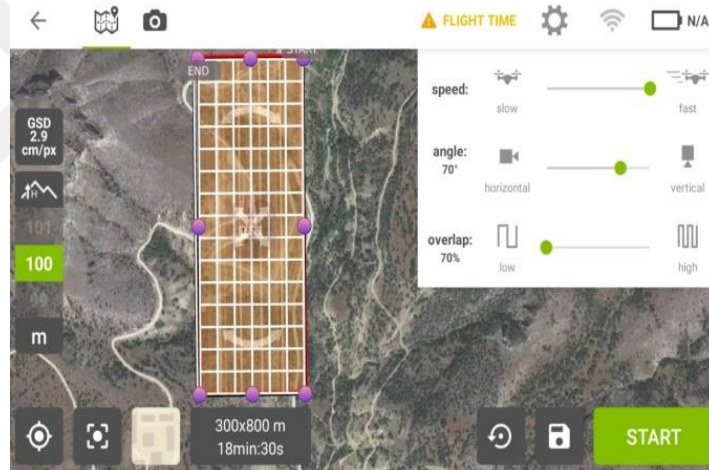
Yer kontrol noktalarının konumları Javad marka Triumph-1 model GNSS cihazı ile ölçülmüştür(Şekil 3.4). Ölçme işlemi Klasik RTK yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup cihaz yatayda 1 cm+1 ppm, düşeyde 1.5 cm+1 ppm RTK doğruluğuna sahiptir.



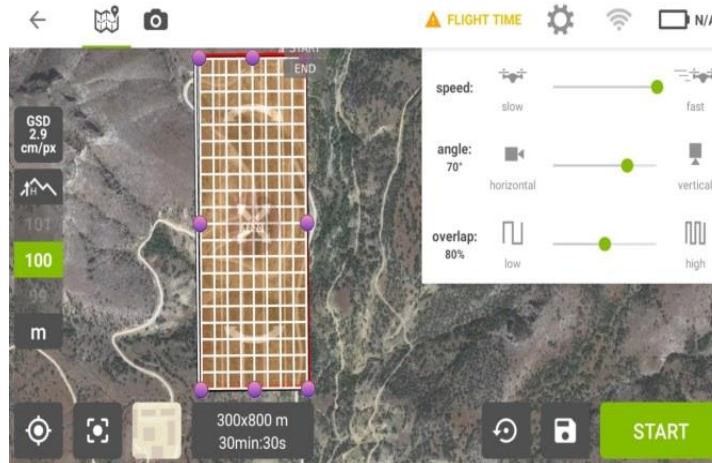
Şekil 3.4. Javad Triumph-1 GNSS cihazı

Bu çalışmada yersel ölçülerden ve İHA görüntülerinden faydalanılmıştır. Yersel ölçüm işlemleri GNSS cihazı ile Klasik RTK yöntemi kullanılarak yapılmış ve arazinin topografik yüzeyi 1907 nokta ile temsil edilmiştir. RTK yöntemiyle gerçekleştirilen ölçümler doğru kabul edilip karşılaştırmalar bu değerlere göre gerçekleştirilmiştir.

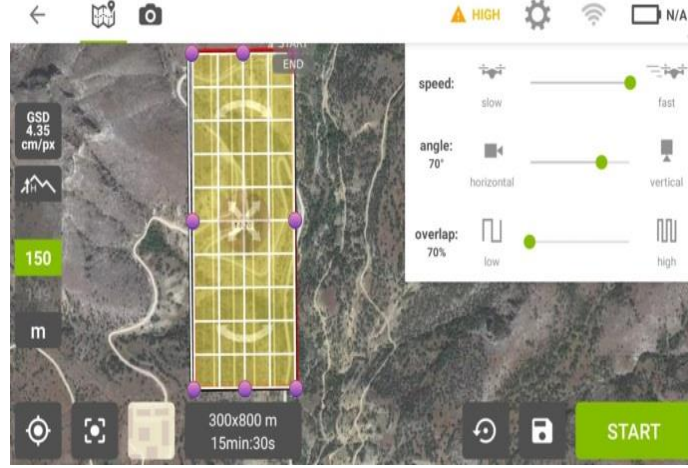
İnsansız hava aracı ile farklı yükseklik ve bindirme oranında görüntüler alınmıştır. Görüntülerden üretilen veriler ile yersel yöntemle üretilen veriler karşılaştırılarak, uçuş yüksekliği ve bindirme oranının doğruluğa etkisini araştırılmıştır. Uçuş işlemi için Pix4D Capture yazılımı kullanılarak uçuş yüksekliği, bindirme oranları, uçuş hızı ve görüntüleme alanının tanımlandığı dört ayrı uçuş planı hazırlanmıştır. Uçuşlar sırasıyla; 100 m yükseklikte %70 enine ve boyuna bindirme oranı ile, 100 m yükseklikte %80 enine ve boyuna bindirme oranı ile, 150 m yükseklikte %70 enine ve boyuna bindirme oranı ile, 150 m yükseklikte %80 enine ve boyuna bindirme oranı ile planlanmıştır(Şekil 3.5,3.6,3.7,3.8).



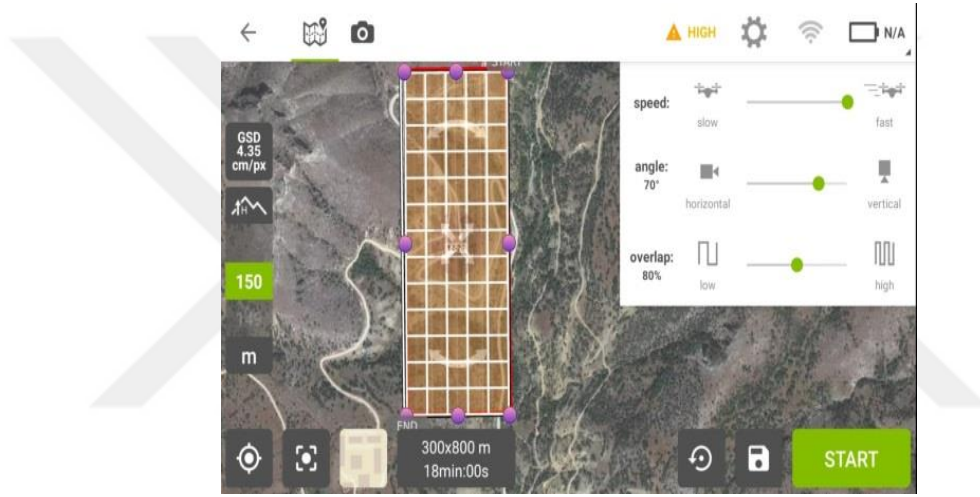
Şekil 3.5. 100 m yükseklikte enine ve boyuna %70 bindirme oranı ile uçuş planı



Şekil 3.6. 100 m yükseklikte enine ve boyuna %80 bindirme oranı ile uçuş planı



Şekil 3.7. 150 m yükseklikte enine ve boyuna %70 bindirme oranı ile uçuş planı



Şekil 3.8. 150 m yükseklikte enine ve boyuna %80 bindirme oranı ile uçuş planı

Uçuş bilgileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Uçuş bilgileri

Uçuş Bilgileri	Uçuş Süresi	Fotoğraf Sayısı	Kolon Sayısı	Alınan Yol	Planlanan YÖA (cm/piksel)
100 m yükseklikte %70 bindirme oranı ile	18 d 30 sn	347	7	6311 m	2.90
100 m yükseklikte %80 bindirme oranı ile	30 d 30 sn	435	9	7730 m	2.90
150 m yükseklikte %70 bindirme oranı ile	15 d 30 sn	167	5	4715 m	4.35
150 m yükseklikte %80 bindirme oranı ile	18 d 00 sn	296	6	5516 m	4.35

3.4. Görüntülerin Değerlendirilmesi

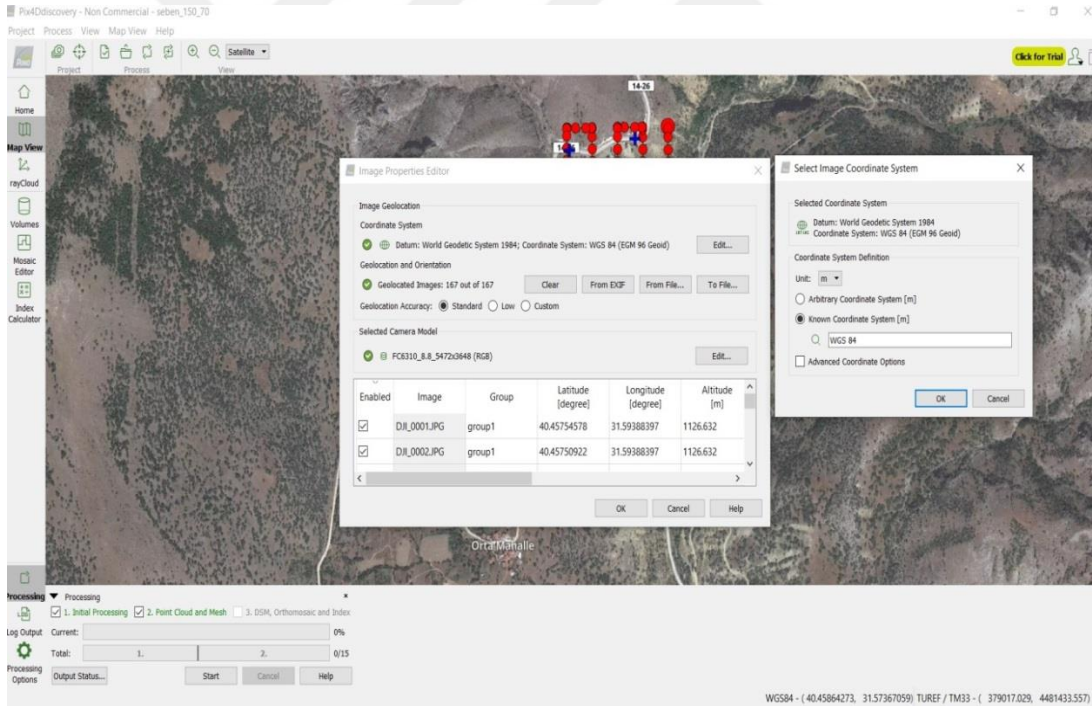
İnsansız hava aracı ile elde edilen görüntüler Pix4D ve Agisoft PhotoScan Professional yazılımları ile değerlendirilmiştir.

3.4.1. Pix4Dmapper yazılımda görüntülerin değerlendirilmesi

Pix4D mapper yazılımı; görüntüler üzerinden tam renkli nokta bulutu, ortomozaik, sayısal yüzey modeli, 3 boyutlu harita, sayısal arazi modeli üretimi gibi işlemleri otomatik olarak gerçekleştirebilen fotogrametri yazılımıdır.

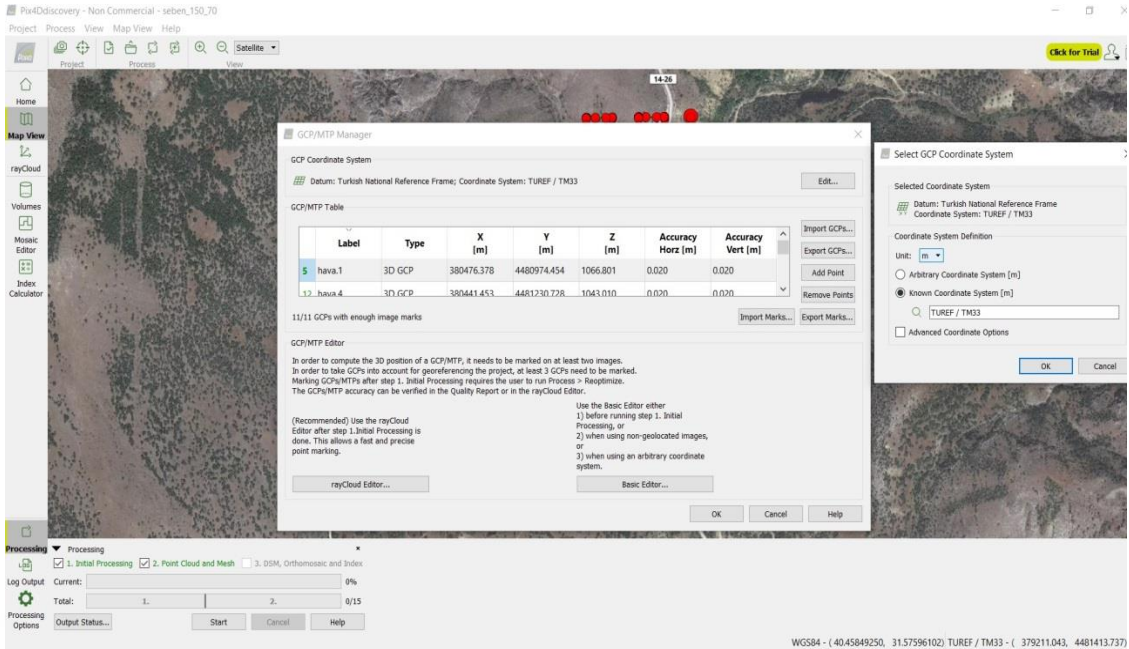
Pix4D tarafından üretilen Pix4Dcapture yazılımı uçuş kontrolü sağlarken Pix4Dmapper yazılımında görüntü bilgilerinin işlenmesi otomatik olarak gerçekleştirilir. Farklı türdeki algılayıcılarla elde edilen görüntüleri kolaylıkla işleme imkanı sunar.

Pix4Dmapper yazılımında, 11 ve 21 YKN kullanılarak her bir görüntü grubunda iki kez değerlendirme işlemi yapılmıştır. Dengelemede kullanılan YKN sayısının doğruluğa etkisini araştırmak amaçlanmış olup bu yazılımda 8 ayrı değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk değerlendirme için öncelikle proje oluşturularak görüntüler yazılıma yüklenmiştir. Kamera konumu ve pozisyonunu içeren görüntü bilgileri otomatik olarak görüntülerden alınmıştır. Görüntülerin koordinat sistemi seçilmiştir (Şekil 3.9).

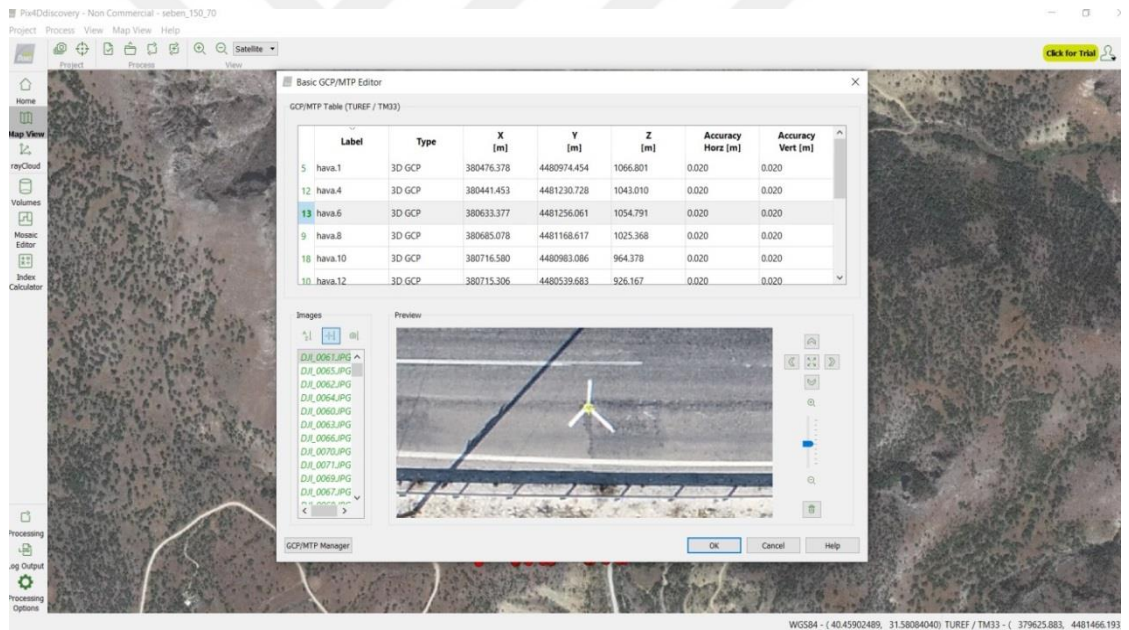


Şekil 3.9. Görüntülere ait koordinat sistemi seçimi

11 adet yer kontrol noktası yüklenerek koordinat sistemi girilmiş (Şekil 3.10), noktalar görüntülerde işaretlenmiş ve blok dengeleme gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.11).



Şekil 3.10. Yer kontrol noktalarına ait koordinat sistemi seçimi



Şekil 3.11. Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi

Yer kontrol noktalarının işaretlenmesini ardından ilk dengeleme işlemi 11 adet yer kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. İkinci değerlendirme işleminde 21 adet yer kontrol noktası görüntülerde işaretlenerek dengeleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Pix4Dmapper yazılımında gerçekleştirilen her bir dengeleme işlemi sonucunda yer kontrol noktalarına ait karesel ortalama hata miktarları Çizelge 3.2’de verilmiştir. Dengelemede kullanılan yer kontrol noktası sayısının dengeleme sonuca etkisi incelenmiştir.

Çizelge 3.2 Pix4D Yazılımında yer kontrol noktalarının (YKN) dengeleme sonuçları

Kullanılan YKN Sayısı	Uçuş Yüksekliği	Bindirme Oranı	KOH X (cm)	KOH Y(cm)	KOH Z(cm)	3B Nokta sayısı
11	100 m	%70	1.1	2.1	1.8	48078047
	100 m	%80	1.2	2.4	1.3	56041783
	150 m	%70	1.4	2.7	4.9	24802531
	150 m	%80	1.3	3.1	2.5	34655454
21	100 m	%70	1.2	2.3	4.0	48378284
	100 m	%80	1.6	3.0	3.2	55780927
	150 m	%70	1.8	3.1	5.9	24821809
	150 m	%80	1.9	3.7	5.3	33378114

Zeminde işaretlenmiş olan ve ilk dengeleme işleminde kullanılmayan diğer 10 adet nokta denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Denetleme noktalarına ilişkin karesel ortalama hata değerleri Çizelge 3.3'te verilmiştir.

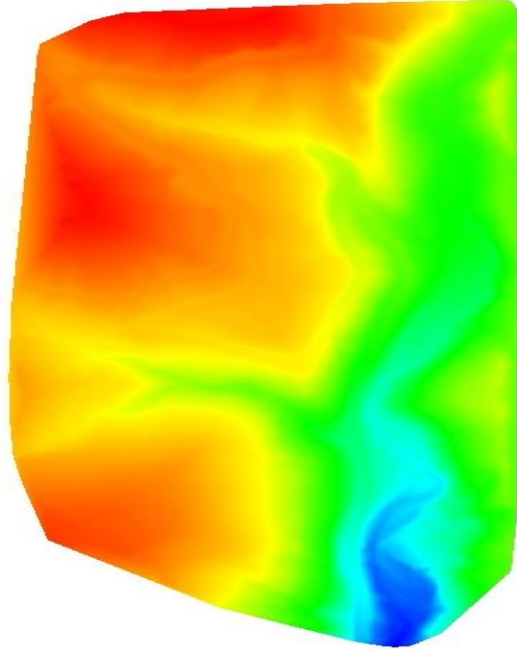
Çizelge 3.3 Pix4D Yazılımında denetleme noktalarının kontrol sonuçları

N.NO	Pix4D 100 m Yükseklik %70 Bindirme oranı				Pix4D 100 m Yükseklik %80 Bindirme oranı			
	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)
Hava.2	-2.30	0.47	2.78	0.50	-3.10	0.88	-3.46	0.45
Hava.3	1.98	1.40	-2.13	0.13	2.55	2.03	-0.31	0.04
Hava.5	1.44	-6.96	-10.16	1.24	5.34	-13.36	1.16	0.43
Hava.7	-1.36	0.70	-13.35	0.86	-0.38	0.23	-9.15	0.63
Hava.9	1.17	2.58	2.36	0.68	1.22	2.45	-0.38	0.68
Hava.11	0.99	-3.66	2.04	0.66	-1.09	-3.49	1.40	0.70
Hava.15	0.44	-0.65	-7.64	0.80	1.42	-0.93	-7.26	0.75
Hava.17	0.51	-4.20	-7.26	0.16	2.14	0.35	-3.73	0.28
Hava.19	0.41	2.46	0.43	0.64	-0.75	2.71	3.58	0.72
Hava.21	-2.48	1.13	-19.95	0.63	-3.95	1.64	-19.52	1.38
KOH(cm)	1.49	3.11	9.02	-	2.65	4.61	7.48	-
N.NO	Pix4D 150 m Yükseklik %70 Bindirme oranı				Pix4D 150 m Yükseklik %80 Bindirme oranı			
	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)
Hava.2	-4.67	0.61	-9.87	0.73	-1.35	-0.91	-3.37	0.88
Hava.3	4.53	3.21	2.99	0.48	1.87	5.84	7.23	0.36
Hava.5	4.53	-12.69	-5.16	0.82	5.34	-13.30	7.44	0.59
Hava.7	-2.57	-0.10	-4.23	1.28	-1.80	2.72	-8.27	0.73
Hava.9	0.82	1.81	7.02	0.71	-0.65	0.07	-2.08	0.72
Hava.11	-0.46	-2.96	12.18	0.71	1.07	-1.65	0.77	0.83
Hava.15	0.27	0.58	-10.14	0.59	-1.27	0.44	0.40	0.62
Hava.17	5.06	-0.85	-4.44	0.65	-4.35	-1.19	-19.01	0.67
Hava.19	-0.01	1.39	5.04	0.98	0.40	-0.97	4.81	0.81
Hava.21	-2.50	0.70	-25.86	1.57	-1.89	-0.28	-22.76	0.82
KOH(cm)	3.16	4.33	10.79	-	2.51	4.74	10.47	-

Sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli ve ortofoto gibi çıktı verileri process işlemi öncesinde seçilerek otomatik olarak oluşturulmuştur (Şekil 3.12,3.13,3.14).



Şekil 3.12. Pix4D yazılımında ortofoto örneği



Şekil 3.13. Pix4D yazılımında sayısal arazi modeli

İkinci değerlendirme işleminde ise her bir uçuş için 21 adet yer kontrol noktası ile dengeleme yapılmıştır. Nokta bulutu üretilmiş, sınıflandırma işlemi yapılmış, üçgen

model, sayısal arazi modeli, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto-mozaik üretilmiştir. Karayolu projesinin ortofoto üzerine çakıştırılmış hali Şekil 3.15'te gösterilmiştir.



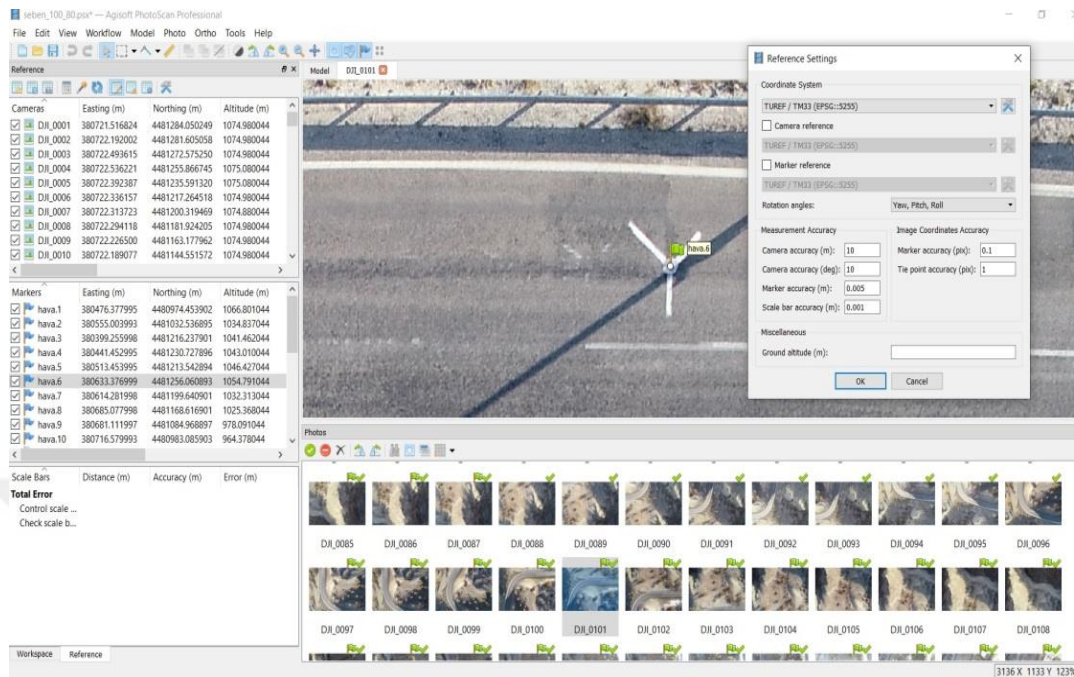
Şekil 3.15. Ortofoto ve karayolu güzergahı

3.4.2. Agisoft PhotoScan yazılımında görüntülerin değerlendirilmesi

PhotoScan yazılımı, Agisoft LLC tarafından geliştirilmiş olup görüntüler üzerinden yoğun nokta bulutu, 3 boyutlu model, sayısal arazi modeli, ortofoto üretimine imkan veren fotogrametri yazılımıdır.

PhotoScan yazılımında görüntülerin yüklenmesinin ardından hizalama işlemi yapılarak bağlantı ve anahtar noktaları oluşturulmuştur. Ardından yer kontrol noktaları

yazılıma yüklenerek koordinat sistemleri tanımlanmış ve resim koordinatları ve YKN koordinat sistemleri arasında dönüşüm gerçekleştirilmiştir(Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Yer kontrol noktası ve görüntü koordinat sistemi ayarları

Yer kontrol noktalarının görüntüler üzerinde işaretlenmesinin ardından kamera optimizasyonu gerçekleştirilip yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur.

Görüntüler, 11 ve 21 adet YKN kullanılmak üzere dengelenmiş ve bu yazılımda toplamda 8 ayrı değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yer kontrol noktalarının dengeleme sonuçları Çizelge 3.4’te verilmiştir.

Çizelge 3.4 Agisoft PhotoScan yer kontrol noktalarının (YKN) dengeleme sonuçları

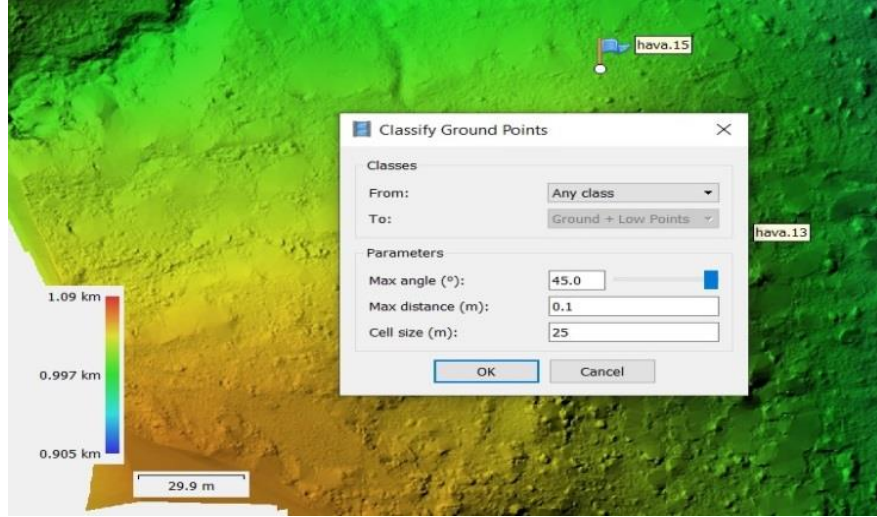
Kullanılan YKN Sayısı	Uçuş Yüksekliği	Bindirme Oranı	KOH X (cm)	KOH Y (cm)	KOH Z (cm)	3B Nokta Sayısı
11	100 m	%70	0.9	1.6	0.4	48435041
	100 m	%80	1.0	1.8	0.6	50750077
	150 m	%70	0.9	1.7	1.0	27320510
	150 m	%80	0.9	2.1	1.1	29781013
21	100 m	%70	1.2	1.7	2.1	48417447
	100 m	%80	1.2	1.6	2.7	50756077
	150 m	%70	1.6	1.9	2.8	27514899
	150 m	%80	1.7	2.6	4.0	29780367

Zeminde işaretlenmiş olan ve ilk dengeleme işleminde kullanılmayan diğer 10 adet nokta denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Denetleme noktalarına ilişkin karesel ortalama hata değerleri Çizelge 3.5’te verilmiştir.

Çizelge 3.5 Agisoft Photoscan Yazılımında denetleme noktalarının kontrol sonuçları

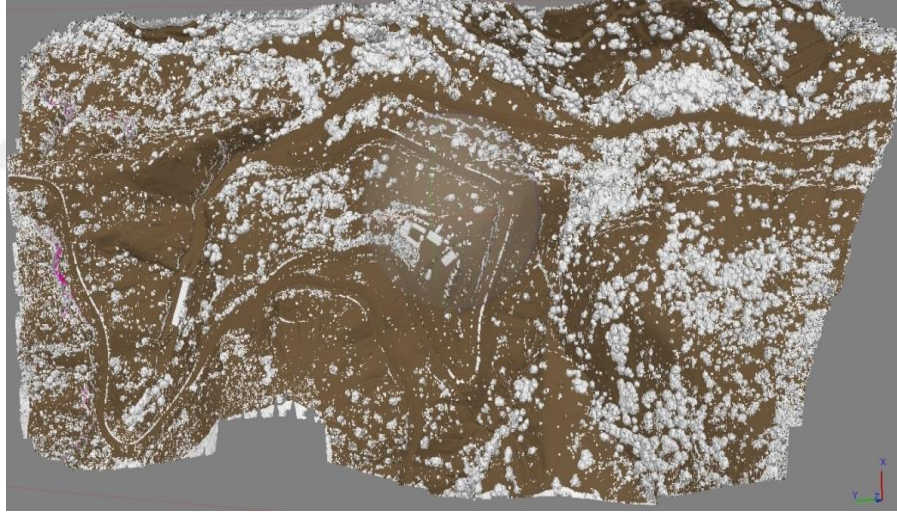
N.NO	Photoscan 100 m Yükseklik %70 Bindirme oranı				Photoscan 100 m Yükseklik %80 Bindirme oranı			
	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)
Hava.2	-2.86	0.51	0.80	0.101	-2.44	0.80	-1.10	0.093
Hava.3	2.70	1.35	-0.60	0.094	2.73	1.63	-4.30	0.046
Hava.5	7.41	0.73	1.30	0.188	2.85	-1.16	0.70	0.118
Hava.7	-0.35	0.53	-0.40	0.082	0.05	0.08	-0.50	0.062
Hava.9	0.42	2.86	-0.90	0.095	0.88	2.21	-1.90	0.132
Hava.11	-1.27	-1.58	-3.80	0.106	-1.40	-1.61	-7.70	0.146
Hava.15	1.36	0.48	-3.70	0.117	-1.19	-0.58	3.80	0.300
Hava.17	0.31	-3.61	-1.10	0.135	-0.81	-1.76	-8.00	0.136
Hava.19	-0.23	2.70	0.00	0.114	-0.47	1.56	-3.30	0.091
Hava.21	-1.51	-0.11	0.10	0.181	-2.07	-0.21	-4.80	0.335
KOH(cm)	2.77	1.85	1.81	-	1.75	1.34	4.42	-
N.NO	Photoscan 150 m Yükseklik %70 Bindirme oranı				Photoscan 150 m Yükseklik %80 Bindirme oranı			
	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)	Hata X (cm)	Hata Y (cm)	Hata Z (cm)	Projeksiyon Hatası (Piksel)
Hava.2	-5.26	-1.18	3.30	0.198	-5.22	-0.75	-1.10	0.249
Hava.3	0.23	0.87	-8.50	0.103	2.96	3.87	-4.90	0.191
Hava.5	7.75	-3.21	3.00	0.450	4.01	-10.64	2.80	0.368
Hava.7	0.67	2.66	2.60	0.222	1.20	1.71	0.50	0.301
Hava.9	1.94	2.91	-0.30	0.104	0.65	0.52	-10.70	0.194
Hava.11	-0.71	1.19	-11.20	0.18	1.86	0.76	-7.70	0.227
Hava.15	-1.62	0.37	-2.80	0.139	-4.28	0.92	-10.60	0.283
Hava.17	-2.21	-1.02	-3.90	0.239	-3.18	-0.08	-3.00	0.229
Hava.19	-1.81	2.18	0.30	0.153	0.74	0.29	-7.10	0.181
Hava.21	-2.34	-1.27	-2.60	0.257	-2.49	-0.65	0.50	0.269
KOH(cm)	3.30	1.92	5.04	-	3.04	3.66	6.15	-

Üretilen nokta bulutunda sınıflandırmalar incelenmiş ve sınıflandırma parametreleri belirlenerek hatalı sınıflandırmalar düzenlenmiştir. Sınıflandırma parametreleri Şekil 3.17’de gösterilmiştir.



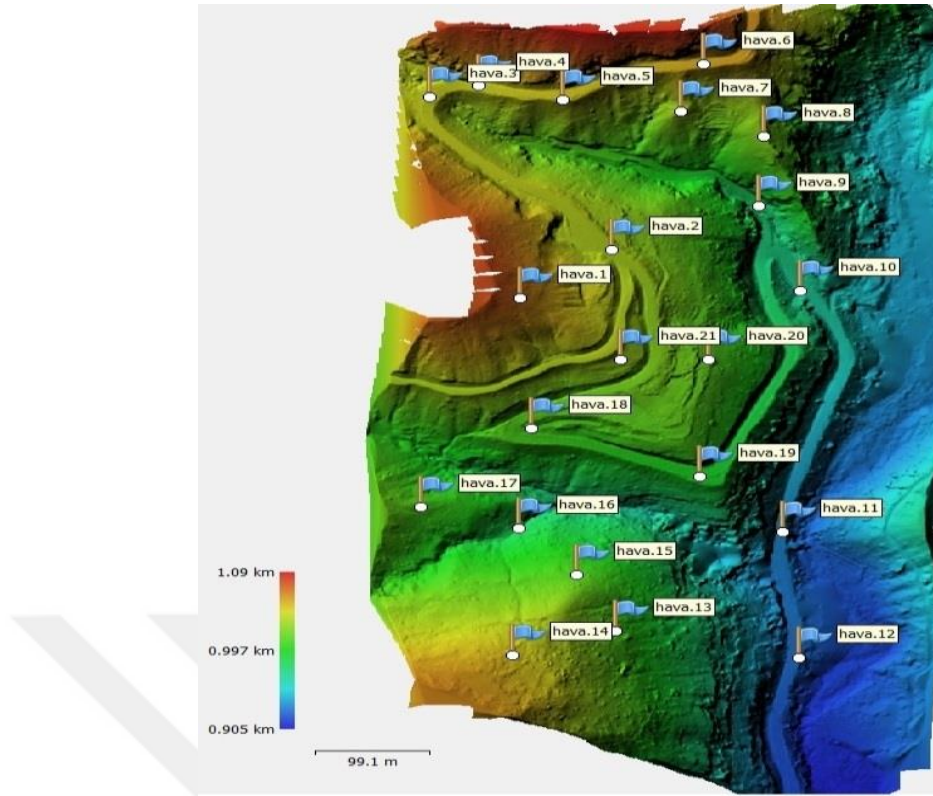
Şekil 3.17. Agisoft Photoscan sınıflandırma parametreleri

Sayısal arazi modeli yapay ve doğal detaylardan arındırılmış ham arazi yüzeyini temsil ettiğinden nokta bulutu sınıflandırması modelin doğruluğu açısından önem taşımaktadır. Sınıflandırılmış nokta bulutu örneği Şekil 3.18’de verilmiştir.



Şekil 3.18. Agisoft PhotoScan sınıflandırılmış nokta bulutu görünümü

Yoğun nokta bulutu kullanılarak üçgen model, sayısal yükseklik modeli, sayısal arazi modeli ve ortofoto harita üretilmiştir. Agisoft PhotoScan yazılımıyla üretilmiş sayısal arazi modeli örneği Şekil 3.19’da verilmiştir.



Şekil 3.19. Agisoft Photoscan yazılımında sayısal arazi modeli

İkinci değerlendirme işleminde ise her bir uçuş için 21 adet yer kontrol noktası ile dengeleme yapılmıştır. Nokta bulutu üretilmiş, sınıflandırma işlemi yapılmış, üçgen model, sayısal arazi modeli, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto-mozaik üretilmiştir.

3.5. Pix4Dmapper ve Agisoft PhotoScan Yazılımı Değerlendirme Sonuçları ve Hacim Hesabı

İnsansız hava aracı ile 100 ve 150 m yükseklikten %70 ve %80 enine ve boyuna bindirme ile 4 görüntü grubu elde edilmiştir. Uçuş yüksekliğinin ve bindirme oranının doğruluğa etkisi ve kullanılan yazılımların yetenekleri incelenmiştir. Ayrıca her iki yazılımda 21 adet YKN ile dengelenmiş tüm görüntü gruplarından üretilen nokta bulutundan 1907 noktanın yükseklikleri alınarak karesel ortalama hata değerleri incelenmiştir. Bu karşılaştırma sonucunda her iki yazılımda da en az hatayı veren nokta bulutundan 1907 adet nokta kullanılarak hacim hesabına katılmıştır. Ek olarak arazi modelini oluşturan nokta sayısının hesaplanan hacim miktarlarına etkisini görmek amaçlanmıştır. Bu nedenle yüksekliklerinin karesel ortalama hatası en az olan nokta bulutunun tamamı kullanılarak hacim miktarı hesaplanmıştır.

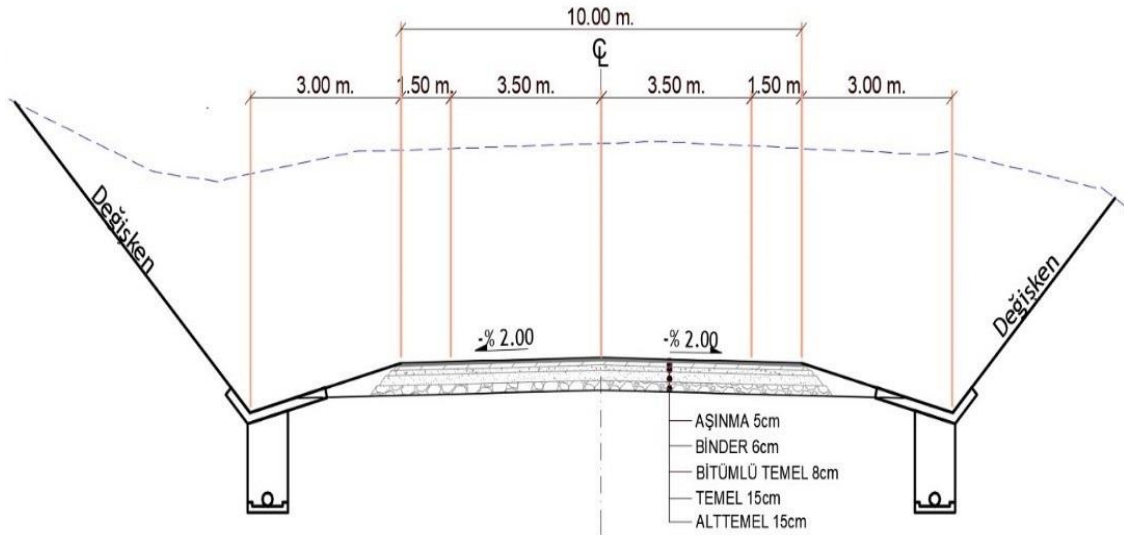
Pix4d ve Photoscan yazılımında gerçekleştirilen kıyaslamalarda, 21 adet YKN ile dengelenmiş tüm görüntü gruplarından nokta bulutu verisi üretilmiştir. Autocad Civil 3D yazılımı kullanılarak nokta bulutu verisinden üçgen model üretilmiştir. Bu üçgen model üzerinden yersel yöntemle elde edilmiş noktaların yatay konumuna karşılık gelen 1907 noktanın yüksekliği elde edilmiştir. Bu aşamada İHA görüntülerinden üretilen nokta bulutu verisinin yatay konumu Çizelge 3.3 ve 3.5 verilerinden yola çıkarak doğru kabul edilmiştir. Görüntülerden elde edilen yükseklik verileri yersel yöntemle elde edilmiş yükseklik bilgileri ile karşılaştırılmış ve KOH değerleri hesaplanmıştır. 21 YKN ile dengelenmiş tüm görüntü gruplarında 1907 noktaya ait yükseklik verisinin karesel ortalama hatası Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6 Yersel ölçüm ve İHA görüntülerinden üretilen noktalara ait yükseklik verilerinin karşılaştırılması

	Pix4D (1907 Adet noktanın yükseklik farkı)				Agisoft PhotoScan (1907 Adet noktanın yükseklik farkı)			
Uçuş Yüksekliği	100	100	150	150	100	100	150	150
Bindirme Oranı	%70	%80	%70	%80	%70	%80	%70	%80
KOH (cm)	13.0	12.9	14.2	14.5	17.9	15.9	35.8	24.3

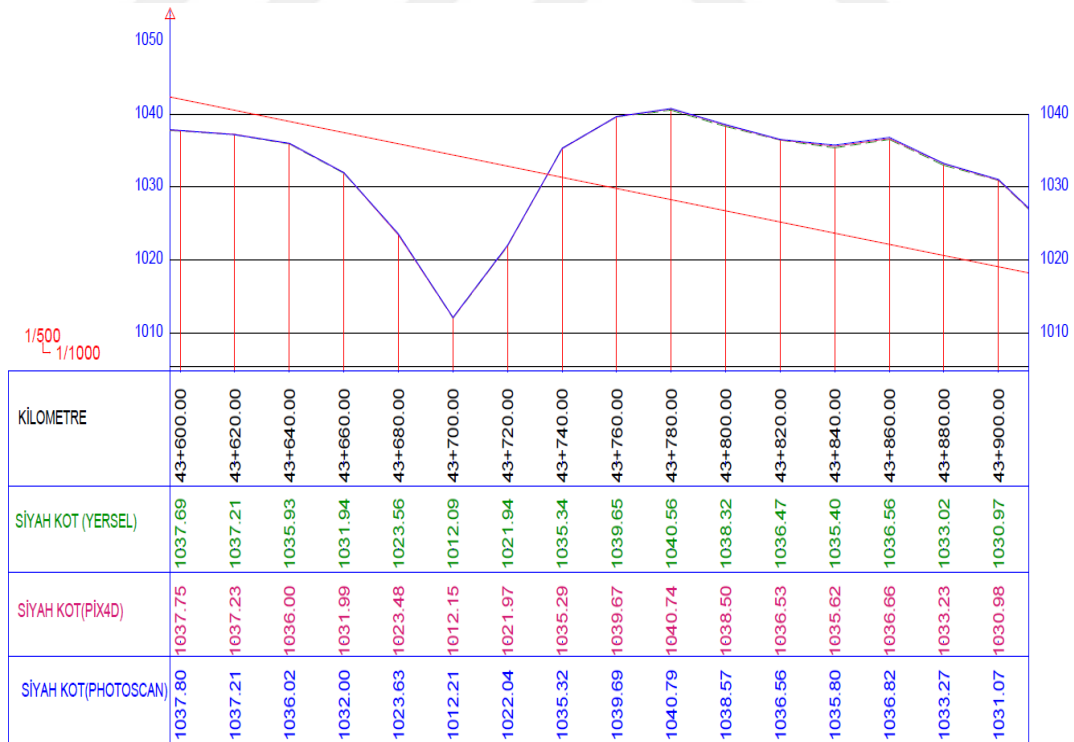
Çizelge 3.6'da verilen değerler incelendiğinde en iyi sonuç 100 m yükseklikten %80 enine ve boyuna bindirme oranıyla alınan görüntülere ait verilerden elde edilmiştir. Yazılımlar kıyaslandığında ise Pix4D yazılımında Agisoft Photocan yazılımına göre daha az hata elde edilmiştir. Bu nedenle hacim hesabında Pix4D yazılımında 100 m yükseklik ve %80 enine ve boyuna bindirme oranıyla alınan grubundan türetilmiş veriler kullanılmıştır. Ek olarak Agisoft Photocan yazılımında 100 m yükseklik ve %80 enine ve boyuna bindirme oranıyla alınan grubundan türetilmiş veriler hacim hesabına katılmıştır.

İnsansız hava aracı görüntülerinin karayolu projelerinde hacim hesabına etkisini araştırmak amacıyla karayolu projesi tanımlanmıştır. 10 m platform genişliğine ve %7.646 boyuna eğim ve değişken şev eğimine sahip proje bilgileri olarak seçilmiş ve kesit tipi Şekil 3.20'de verilmiştir.

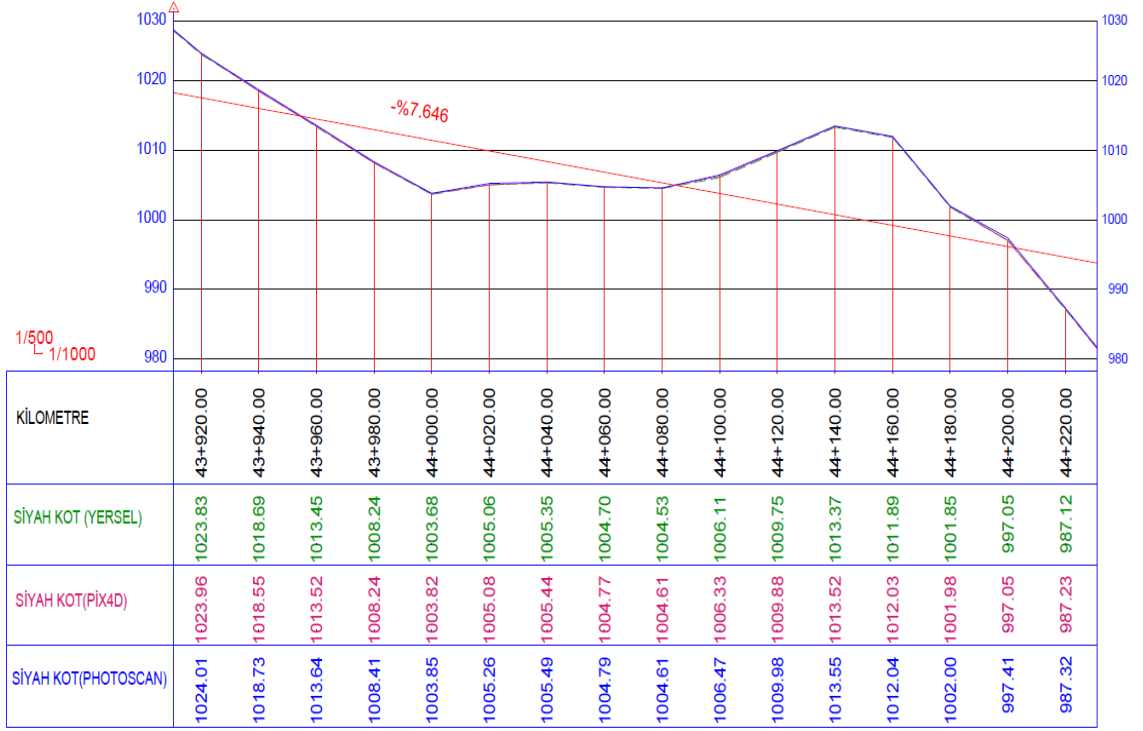


Şekil 3.20. Proje kesit tipi

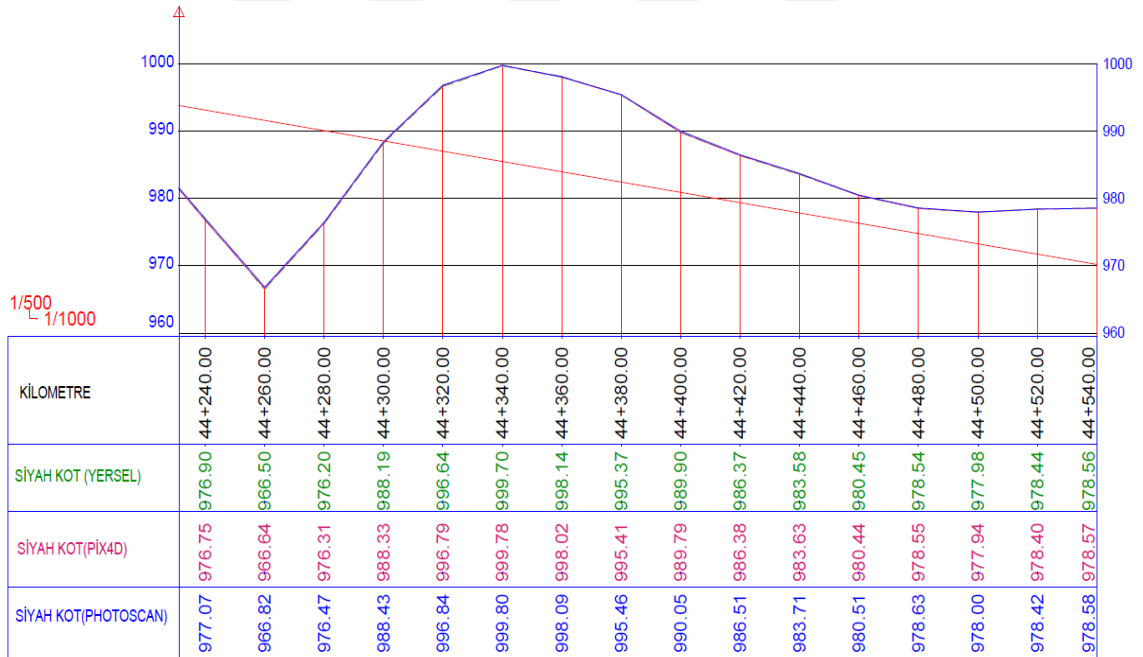
Yersel yöntemle ve İHA yöntemi ile üretilen noktalara ait sayısal arazi modeli ile karayolu projesi karşılaştırılarak profil oluşturulmuş ve Şekil 3.21- Şekil 3.23 arasında gösterilmiştir.



Şekil 3.21. 43+600.00-43+900.00 Km arası profil

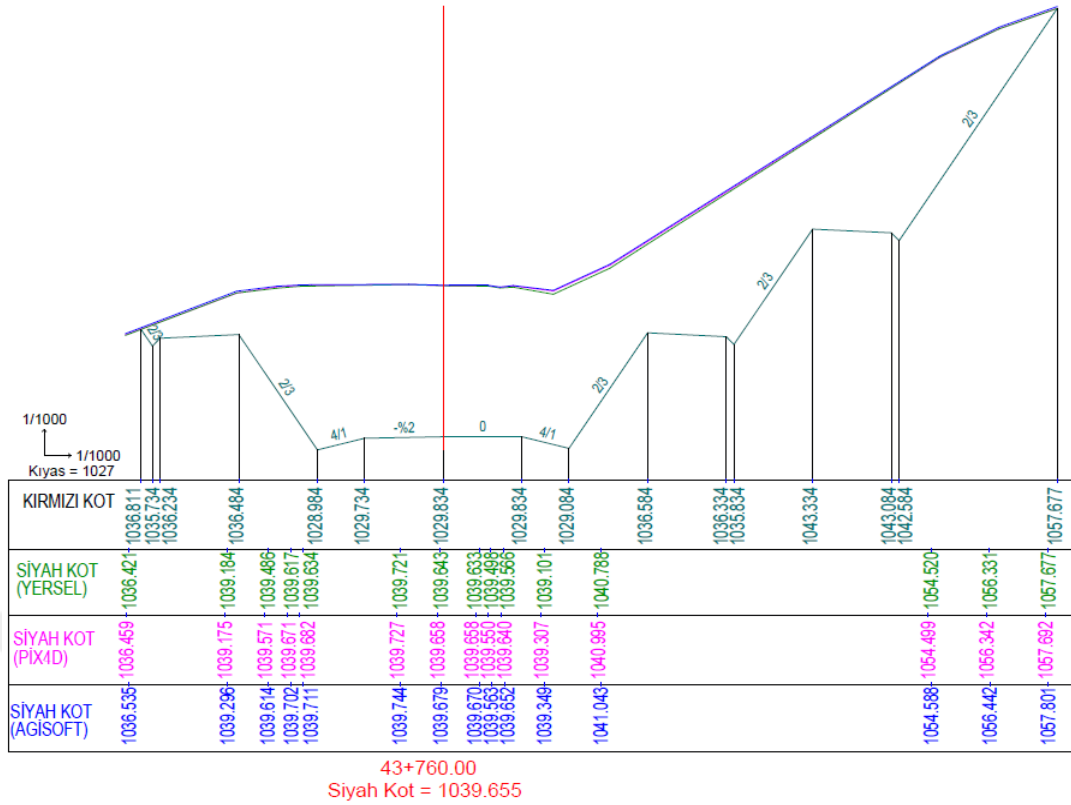


Şekil 3.22. 43+920.00-44+220.00 Km arası profil

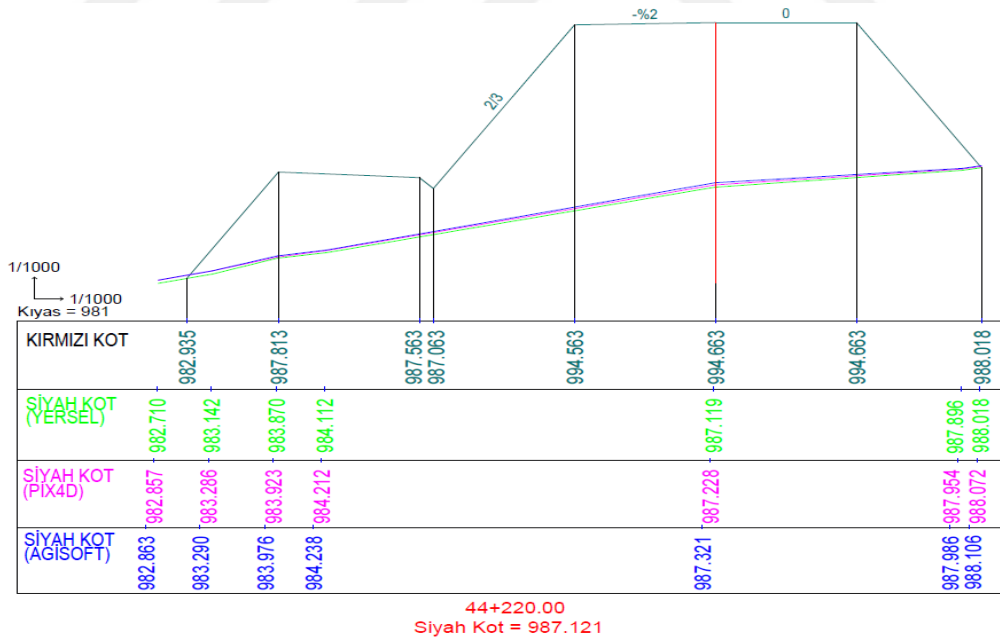


Şekil 3.23. 44+240.00-44+540.00 Km arası profil

Proje alanında yersel ve İHA yöntemiyle üretilmiş arazi modeli ile proje eksenine dik düşey düzleminin arakesitini gösterir enkesit örnekleri Şekil 3.24 ve 3.25'te gösterilmiştir.



Şekil 3.24. 43+760.00 Kilometre enkesiti ve siyah kot görünümü



Şekil 3.25. 44+220.00 Kilometre enkesiti ve siyah kot görünümü

Çalışma alanına ilişkin yarma ve dolgu hacimleri, İHA verileri ve yersel yöntemle elde edilen veriler kullanılarak hesaplanmış ve kıyaslanmıştır. İHA görüntülerinden Pix4D ve Agisoft Photoscan yazılımında üretilen nokta bulutunda, 1907 adet yersel noktaya karşılık gelen noktalar seçilerek yeniden sayısal arazi modeli oluşturulmuştur.

Bu modele göre toprak işi miktarları hesaplanmıştır. Ayrıca Çizelge 3.6 sonuçları doğrultusunda en az KOH değerini veren, 100 m yükseklikten %80 bindirme oranıyla alınan görüntülerden Pix4D yazılımıyla üretilmiş nokta bulutunun tamamı kullanılarak toprak işi hacim miktarları hesaplanmıştır. Toprak işi hacim miktarları karşılaştırması Çizelge 3.7’de verilmiştir. Yersel yöntemle elde edilen noktalardan hesaplanan hacim miktarlarına göre farklar ve yüzdeleri hesaplanmıştır.

Çizelge 3.7 Toprak İş miktarları karşılaştırması

	Yersel Yöntem	SAM Pix4D (1907 nokta)	SAM PhotoScan (1907 nokta)	SAM Pix4D (Tüm Noktalar)
Yarma Hacmi (m³)	226518.366	227817.895	229977.964	233747.908
Dolgu Hacmi (m³)	91793.012	91051.575	90513.809	88587.932
Farklar (Yersel-Yarma)	-	1299.529	3459.598	7229.542
Farklar (Yersel-Dolgu)	-	-741.437	-1279.203	-3205.08
Farklar Yüzdesi (Yarma)	-	%0.6	%1.5	%3.2
Farklar Yüzdesi (Dolgu)	-	%0.8	%1.4	%3.5

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İnsansız hava araçlarının engebeli alanlarda karayolu projelerinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla gerçekleştirilmiş çalışmada elde edilen sonuçlar avantaj ve dezavantajları irdelenmiştir. Dengeleme sonucu yer kontrol noktalarının karesel ortalama hata değerleri incelendiğinde alçak irtifada alınan görüntülere ait hata miktarının nispeten daha az olduğu görülmüştür(Çizelge 3.3). Agisoft PhotoScan ve Pix4D yazılımlarının kontrol sonuçları karşılaştırıldığında ise Pix4D ile elde edilen sonuçlarda farkın nispeten daha az olduğu sonucuna varılmıştır(Çizelge 3.6).

Benzer çalışmalarda sonuçlar incelendiğinde; bir karayolu projesinde düz bir arazi yapısına sahip alanda gerçekleştirilmiş çalışmada kazı hacmindeki fark %0.998, dolgu hacmindeki fark %0.997 olarak bulunmuştur(Erdoğan, 2016). Dalgalı arazi yapısına sahip alanda gerçekleştirilmiş bir diğer çalışmada ise kazı hacmindeki fark %11.3, dolgu hacmindeki fark % -1.1 olarak bulunmuştur(Tercan, 2017). Bir başka uygulamada karayolu çalışma alanında 3 adet toprak yığınına ait hacimler incelenerek farklılıkların % 8-16 arasında olduğu görülmüştür (Siebert ve Teizer, 2014). Bu çalışma ise engebeli yapıda bir alanda gerçekleştirilmiş olup yarma hacminde %3.2, dolgu hacminde %3.5 oranında fark olduğu görülmüştür(Çizelge 3.7). Bu çalışmada hacim miktarları karşılaştırmasında diğerlerinden farklı bir yöntem daha izlenmiştir. Yersel yöntemle üretilen 1907 noktanın yatay konumuna karşılık gelen yükseklik değerleri İHA görüntülerinden üretilen sayısal arazi modelinden alınmış ve kıyaslanmıştır. Ayrıca bu konum bilgileri ile yeni bir sayısal model oluşturulmuş ve hacim hesabı gerçekleştirilmiştir.

Yersel yöntemle elde edilen detay noktaları yükseklik bilgileri bakımından, farklı görüntü gruplarından üretilen nokta bulutu verileri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslamada Pix4D ve Agisoft PhotoScan yazılımında tüm görüntü gruplarından 21 YKN ile dengelenerek üretilmiş nokta bulutu verisi kullanılmıştır(Çizelge 3.6). Burada 1907 noktaya ait yükseklik verileri Autocad Civil 3D yazılımı kullanılarak nokta bulutu verisinden üretilmiştir. 1907 noktanın yükseklik verileri karşılaştırıldığında en düşük karesel ortalama hata değeri 12.9 cm ile Pix4D yazılımında değerlendirilmiş 100 m yükseklikten %80 bindirme ile üretilmiş görüntülere aittir. Agisoft PhotoScan ile elde edilen sonuçlardan 15.9 cm ile en düşük hata 100 m yükseklikten %80 bindirme ile alınan görüntülere aittir. Ayrıca Pix4D ile üretilen nokta sayısı 55780927 iken Agisoft PhotoScan yazılımında 50756077 adettir. Buradan Pix4D yazılımının araziye daha fazla

nokta ile temsil edildiği sonucuna ulaşmak mümkündür. Toprak işi miktarları karşılaştırılarak farkların yüzdeleri değerlendirildiğinde Pix4D yazılımı ile üretilen sayısal arazi modeli sonuçlarının yersel yöntemle daha yakın olduğu görülmüştür. Yersel olarak üretilen noktaların Pix4D'de üretilen nokta bulutundaki karşılığı olan 1907 nokta ile sayısal arazi modeli oluşturulmuş ve buna göre yarma hacminde %0.6, dolgu hacminde %0.8 oranında fark olduğu görülmüştür. Pix4D'de üretilen nokta bulutu verisinin tamamı kullanılarak oluşturulan sayısal arazi modeline göre yarma hacminde %3.2, dolgu hacminde %3.5 oranında fark olduğu görülmüştür(Çizelge 3.7). Aynı fotogrametrik yazılım kullanılarak aynı görüntülerden üretilen noktalardan iki farklı hacim miktarı elde edilmiştir. Bunun nedeni olarak da hacim hesabında kullanılan nokta sayısı gösterilebilir. Şeritvari projelerde hacim hesabı, enkesit alanları ve kesitler arası mesafeler yardımıyla hesaplanmaktadır. Bu nedenle enkesitlerdeki arazi yüzeyinin temsil edildiği nokta sayısı hacim hesabı doğruluğunda önem taşımaktadır. Yersel yöntemle kıyasla arazi yapısının insansız hava aracı yöntemiyle daha detaylı tasvir edilmesi mümkün olmaktadır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda insansız hava araçlarının yersel yöntemle veri üretimine alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Çalışma incelendiğinde İHA verileri ile elde edilen sonuçların yersel yöntemle benzer olduğu görülmektedir. Sonuçlar arasındaki farklar; yazılımlarda kullanılan algoritma ve yöntemlerden kaynaklı olabileceği gibi yer kontrol noktalarının işaretlenmesi, elle sınıflandırma işlemleri sırasında operatör kaynaklı da olabilmektedir. Toprak işi miktarlarının karşılaştırılmasında temel altlık sayısal arazi modelidir. Uygulamada kullanılan yazılımlar sayısal arazi modelini sınıflandırılmış nokta bulutunu kullanarak oluşturmaktadır. Menteşoğlu ve İnan'a (2016) göre; insansız hava araçları kullanılarak elde edilen nokta bulutu verisinin gerekli sınıflandırma çalışmalarından sonra üretilen sayısal yükseklik modeli; söz konusu alana ilişkin konum ve yükseklik bilgisini yüksek doğrulukta içermekte ve arazi üzerindeki orman, bitki örtüsü, binalar gibi tüm detayları tanımlamaya yeterli 3 boyutlu modellemeye olanak vermektedir. Ayrıca nokta bulutunun değerlendirilmesiyle sadece çıplak yer yüzeyini tanımlayan, eğim, baki ve kabartma haritası gibi analizlere olanak veren sayısal arazi modeli de üretilebilmektedir. Buradan yola çıkarak nokta bulutunda bitki örtüsünün sınıflandırılmasının sayısal yükseklik modelinin doğruluğuna etki ettiğini söylemek mümkündür. Çalışma alanının engebeli ve ağaçlık bir yapıya sahip olması nedeniyle sınıflandırma işlemi önem taşımaktadır. Yapılan çalışmada Pix4D ve Agisoft PhotoScan yazılımlarında sınıflandırma işlemi otomatik olarak yapılmış olup ayrıca Agisoft

PhotoScan yazılımında sınıflandırma parametreleri manuel olarak girilmiştir. Agisoft PhotoScan yazılımı otomatik sınıflandırmada kullanılan parametreler açısından kullanıcıya esneklik sağlamaktadır. Toprak işi miktarları karşılaştırıldığında Pix4D yazılımı ile elde edilen sonuçların yersel yöntem ile daha yakın olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte üretilen verinin doğruluğu, kullanılan İHA ve kamera türüne, değerlendirme yazılımına, kullanılan algoritma ve yöntemlere, iklim ve atmosferik koşullara, çalışma alanının yapısına ve değerlendiren operatörünün yeteneğine bağlı olarak değişebilmektedir. Ayrıca İHA sistemlerinin uçuş süresinin sınırlı olması, hava koşullarından etkilenmesi, geniş uygulama alanlarında veri boyutunun fazla olması görüntü değerlendirme ve saklama problemi İHA kullanımında dezavantaj sağlamaktadır. Uygulamada elde edilen sonuçlar doğrultusunda İHA verisi kullanımının, arazi temsilinin önem taşıdığı karayolu projelerinde yersel yöntemlere alternatif, ekonomik, hızlı ve güvenilir bir yöntem olabileceği ortaya çıkmaktadır.

KAYNAKLAR

- Atak, V.O. ve Aksu O., 2004, Algılayıcı Yönelme Sistemleri, *Harita Genel Komutanlığı, Harita Dergisi*, 132, 26-37.
- Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S. ve Öztürk, T., 2016, İnsansız Hava Araçları İle Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi Ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları, *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 66(1), 104-118.
- Avdan, U., Gülşen, F.F., Ergincan, F. ve , Çömert, R., 2014, Arkeolojik Alanlarda Taş Planlarının Çıkarılmasında İnsansız Hava Araçlarının Kullanılması (Anavarza Örneği), *7. Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, Hitit Üniversitesi, Çorum.
- Batmaz, A.U.,2013, Çok Rotorlu İnsansız Hava Aracı Tasarımı Ve Kablosuz Algılayıcı Ağlarda Kaynak Ataması Eniyilemesi, Yüksek Lisans Tezi, *TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Bilgi, S., 2007, Fotogrametri ve Uzaktan Algılamada Veri Elde Etme Yöntemlerinin Gelişimi ve Kısa Tarihçeleri, *Jeodezi ,Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 96, 48-55.
- Cameron, K.,1995, Unmanned Aerial Vehicle Technology, *DSTO Aeronautical And Maritime Research Laboratory*, Melbourne, Victoria, Australia, 3-5.
- Carvajal, F., Agüera, F. and Pérez, M., 2011, Surveying A Landslide In A Road Embankment Using Unmanned Aerial Vehicle Photogrammetry, *Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics*, Zurich, Vol. XXXVIII-1/C22, 201-206.
- Dalamagkidis, K., 2015, Handbook of Unmanned Aerial Vehicles, Valavanis, K. P. Ve Vachtsevanos, G. J., *Springer Science+Business Media*, Dordrecht, 58-81.
- Demirkıran, Z. K. 2010, İnsansız Hava Araçlarının Gelişimi, *Bilim ve Teknik*, 517, 28-31.
- Eisenbeiss, H., 2009, UAV Photogrammetry, Doctoral Thesis, *Eidgenössische Technische Hochschule, Zürich* , 42-53.
- Erdoğan, A., 2016, Şeritvari Haritaların İnsansız Hava Araçları İle Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Eroğlu, O., 2013, İnsansız Hava Araçlarında Arazi Verilerine Dayalı Uçuş Yönü Sınırlamasız Konumlandırma Sistemi Benzetim Çalışması, Yüksek Lisans Tezi, *Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu Havacılık Ve Uzay Teknolojileri Enstitüsü*, İstanbul.
- Gürbüz, M. F. ve Türker, M., 2017, Çok Yüksek Çözünürlüklü İHA Görüntülerinden Otomatik Ağaç Tespiti, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IX. Teknik Sempozyumu, TUFUAB 2017*, Afyonkarahisar,75-83.

- Grossnick, R. A., Armstrong, W. J., Baker, W. T., Elliot, J. M., Rich, G. J. And Walters, J. A., 1997; United States Naval Aviation, 1910–1995, *Naval Historical Center, Department of the Navy, Washington, DC*,47-77.
- Haarbrink, R.B. ve Eisenbeiss, H., 2008, Accurate DSM Production From Unmanned Helicopter Systems, , *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, 1259-1264.
- Keane, J. F. and Carr, S. S., 2013, A Brief History of Early Unmanned Aircraft, *Johns Hopkins Apl Technical Digest*, 32(3) , 558-571.
- Kraus, K., 2007, Fotogrametri, Fotoğraflardan ve Lazer Tarama Verilerinden Geometrik Bilgiler, Cilt 1, Altan, O., Külür, S., Toz, G., Demirel, H., Duran, Z. Ve Çelikoyan, M., *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 409-411.
- Li, Z.L., 1990, Sampling Strategy and Accuracy Assessment for Digital Terrain Modelling, PhD Thesis, *The University of Glasgow*, Glasgow.
- Menteşoğlu, B. E. ve İnan, M., 2016, İnsansız Hava Araçlarının (İHA) Ormancılık Uygulamalarında Kullanımı, *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, Adana, 296-304.
- Miller, C., Laflamme, R., 1958, The Digital Terrain Model-Theory And Applications, *Photogrammetric Engineering*, 24, 433–442.
- Siebert, S. ve Teizer, J., 2014, Mobile 3D Mapping For Surveying Earthwork Using An Unmanned Aerial Vehicle (UAV), *Automation in Construction*, 41, 1-14.
- Tercan, E., 2017, Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modelinin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocçaliler Yolu Örneği, *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi (MAKÜ FEBED)*, 8(2), 172-183.
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat, N., 2015, İnsansız Hava Araçları İle Sayısal Arazi Modeli Üretimi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VIII. Teknik Sempozyumu, TUFUAB 2015*, Konya, 275-279.
- Valavanis, K. P. ve Vachtsevanos, G. J., 2015, Handbook of Unmanned Aerial Vehicles, Valavanis, K. P. Ve Vachtsevanos, G. J., *Springer Science+Business Media Dordrecht*, 2639-2640.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., 2013, İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu , TUFUAB 2013*, Trabzon.
- Yinke, D., 2005, “Ancient Chinese Inventions”, *China Intercontinental Press, Beijing*,134.

Yüksek, B., 2013, Sabit Kanatlı Bir İnsansız Hava Aracının Modellenmesi Ve Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul.

Zaloga, S.J., 2008, Unmanned Aerial Vehicles: Robotic Air Warfare 1917–2007, *Osprey Publishing* , Great Britain,12-13.

URL

1) Ancient Origins, 2014, <http://www.ancient-origins.net/sites/default/files/field/image/steam-powered-pigeon-of-Archytas.jpg>
[Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

2) Cradle of aviation museum and education center, 2018, http://www.cradleofaviation.org/history/exhibits/exhibitgalleries/world_war_i/curtiss_s_perry_aerial_torpedo.html [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

3) Wikipedia, 2013, https://en.wikipedia.org/wiki/Kettering_Bug [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

4) Memorino, 2010, Wikimedia commons, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Radioplane_KD2R5_Shelduck_XR346.jpg
[Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

5) <https://travelforaircraft.wordpress.com/2011/11/04/aquila-%E2%80%94-this-eagle-hardly-soared-draft/> [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

6) <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/2010/September%202010/0910nukes.aspx> [Ziyaret Tarihi: 25 Ocak 2018]

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Yağmur FİDANCI
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Bilecik / 21.03.1989
Telefon : 0506 751 27 67
Faks : -
e-mail : yagmur_fidanci@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Ertuğrulgazi Yabancı Dil Ağırlıklı Lise, Merkez, BİLECİK	2007
Üniversite	: Karadeniz Teknik Üniversitesi, Gümüşhane Mühendislik Fakültesi, Gümüşhane	2011
Yüksek Lisans	: Selçuk Üniversitesi, Konya	-

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011	2601/ 41 Nolu Lisanslı Harita Kadastro Mühendislik Bürosu	Harita Mühendisi
2013	Karaoğlu Mühendislik İnş. San. Tic. Ltd. Şti.	Harita Mühendisi
2013	Ölçüt Harita İnşaat Gayrimenkul Değerleme San. Tic. Ltd. Şti.	Harita Mühendisi
2014	Adıyaman Üniversitesi- Kahta Meslek Yüksekokulu	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Fotogrametri, İHA

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Fidancı, Y. ve Karabörk, H., (2019), İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, Kabul edildi.