

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL FOTOGRAMETRİ VE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) SONUÇ
ÜRÜNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

GEMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

AHMET BURAK NUMAN

OCAK 2020

ZONGULDAK BÜLENT ECEVİT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GELENEKSEL FOTOGRAMETRİ VE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) SONUÇ
ÜRÜNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

GEOMATİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ahmet Burak NUMAN

DANIŞMAN : Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

İKİNCİ DANIŞMAN: Dr. Öğr. Üyesi Serkan KARAKIŞ

ZONGULDAK

Ocak 2020

KABUL:

Ahmet Burak NUMAN tarafından hazırlanan “Geleneksel Fotogrametri ve İnsansız Hava Aracı (İHA) Sonuç Ürünlerinin Karşılaştırılması” başlıklı bu çalışma jürimiz tarafından değerlendirilerek Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak oybirliğiyle kabul edilmiştir.
07/01/2020

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



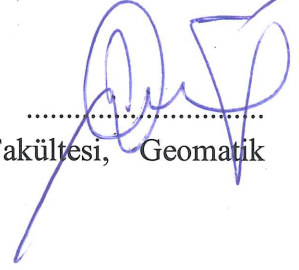
Üye: Doç. Dr. Ayhan ATEŞOĞLU

Bartın Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü



Üye: Dr. Öğr. Üyesi Eray KÖKSAL

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü



ONAY:


Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

..../..../2020



Prof. Dr. Ahmet ÖZARSLAN
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

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



Ahmet Burak NUMAN

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

GELENEKSEL FOTOGRAMETRİ VE İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) SONUÇ ÜRÜNLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Ahmet Burak NUMAN

Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ

İkinci Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Serkan KARAKIŞ

Ocak 2020, 69 sayfa

Haritacılık faaliyetlerinde geleneksel fotogrametri yöntemi ile veri elde etme, yüksek maliyet ve zaman anlamında önemli sorunlar teşkil etmektedir. İnsansız Hava Araçlarının (İHA) düşük maliyetlerinin olması ve zamanı verimli kullanmaları açısından fazlaca avantajları vardır. Bu sayede, günümüzde birçok sektörde sıkça kullanılmaya başlanılan İHA, harita sektöründe de yerini almıştır. Bu avantajların yanında, ön yargısal olarak, İHA ile yapılan fotogrametrik çalışmalara doğruluk anlamında güven duyulmamaktadır.

Bu çalışmada, geleneksel fotogrametri ile İHA'lardan üretilen sonuç ürünlerin karşılaştırılması ve İHA'ların maliyet, zaman ve doğruluk açısından geleneksel fotogrametriye karşı avantajlarının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır.

ÖZET (devam ediyor)

Bu amaçla, Mardin İli Derik ilçesinde, taşıyıcı platform olarak Ultralight ve İHA ile ayrı ayrı uçuşlar yapılarak, birbirine yakın bindirme oranlarında ve yer örnekleme aralığı değerlerinde görüntüler alınmıştır.

Gerçekleştirilen uçuşların birbirlerine çok yakın tarihlerde, aynı arazi koşullarında ve aynı bölgede olması, çalışmanın literatüre göre özgünlüğünü ortaya koymaktadır. Bu uçuşlar sonucunda, geleneksel fotogrametri ile alınan görüntülere ait sonuç ürünleri referans kabul edilerek, İHA ile alınan görüntülerden elde edilen sonuç ürünlerinin doğruluğu karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara bakıldığında, geleneksel fotogrametri ile İHA'ya ait sonuç ürünlerin doğruluklarının yakın çıktığı görülmüştür. Geleneksel fotogrametri ile İHA'lar maliyet ve zaman açısından karşılaştırıldığında, İHA operasyonlarının daha az maliyetli ve kısa sürede yapıldığı sonucuna varılmıştır.

Ayrıca ülkemiz sınır ihlal kuralları çerçevesinde geleneksel fotogrametrinin kullanılamayacağı yerler mevcuttur. Bu durum İHA'nın önemli bir avantajını ortaya çıkarmaktadır. Bunun yanında, İHA'ların da birtakım dezavantajları bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, boyut olarak büyük araziler ve yükseklik farkının çok fazla olduğu alanlarda İHA'ların görev yapmasının zorlaşmasıdır. Bu gibi durumlarda geleneksel fotogrametri tekniğini kullanmak daha uygun olacaktır. İki platform da göz önüne alındığında özellikle sonuçları etkileyecek olan kamera bileşeni de değerlendirmenin ana aşamasını oluşturmaktadır. Çalışma içerisinde kameralara ait özellikler ve çalışmaya etkileri detaylı bir şekilde sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, İHA, Taşıyıcı platform, Metrik kamera, Metrik olmayan kamera, Doğruluk, Performans

Bilim Kodu: 616.02.00

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

COMPARISON OF RESULT PRODUCTS ACQUIRED FROM CONVENTIONAL PHOTOGRAMMETRY AND UNMANNED AERIAL VEHICLES (UAV)

Ahmet Burak NUMAN

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

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Aycan Murat MARANGOZ

Thesis Advisor: Assist. Prof. Dr. Serkan KARAKIŞ

January 2020, 69 pages

In cartographic operations, acquiring data with conventional photogrammetry methods poses important issues in terms of high cost and time. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) have many advantages in terms of low costs and efficient use of time. In this manner, UAVs, which have been used in many sectors today, have also been used in the mapping studies. Despite these advantages, there is lack of confidence in the accuracy of the photogrammetric studies which are done with UAVs.

The aim of this study is to compare the result of the conventional photogrammetric studies and the data acquired with UAVs and to find out relative advantages of the UAVs over traditional photogrammetric studies in terms of cost, time and reliability. For this purpose, in Derik district of Mardin province, separate flights were carried out with ultralight aircraft and UAV and images were taken at close overlap and ground sampling rates.

ABSTRACT (continued)

The fact that the flights carried out in close date of each other, under the same terrain conditions and in the same region reveals the originality of the study compared to the literature. As a result of these flights, the results obtained by conventional photogrammetry were considered as reference and the accuracy of the results of the images obtained by UAV was compared. When the obtained results are examined, it is observed that the results of the conventional photogrammetry and photogrammetry with UAV are close in terms of the accuracy. Comparing conventional photogrammetry with photogrammetry with UAVs in terms of cost and time, it was concluded that UAV operations were performed in a lower cost and shorter time. Also, there are places where traditional photogrammetry cannot be used because of our country's border violation rules. This situation reveals a significant advantage of the UAV usage. Besides these advantages, UAVs usage also have some disadvantages.

The foremost of these disadvantages is the difficulty of the UAVs usage in the large terrain and in the areas where the height difference is too high. Conventional photogrammetry is more appropriate in these terrains. When both platforms are considered, the camera component which has significant effect on the results is also took part in the evaluation process. In the study, the features of the cameras and their effects on the study are presented in detail.

Keywords: Photogrammetry, Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Carrying System, Metric Camera, Non-Metric Camera, Accuracy, Performance

Science Code: 616.02.00

TEŞEKKÜR

Tez danışmanlığımı üstelenerek tezimin her aşamasında bana bilgi ve deneyimleriyle yol gösteren Sayın Dr. Öğr. Üyesi Aycan Murat MARANGOZ'a ve tez ikinci danışmanlığımı yürüten Sayın Dr. Öğr. Üyesi Serkan KARAKIŞ'a, teşekkür ederim.

Tez çalışmam ile ilgili olarak uygulama aşamasında her türlü desteği sağlayan Mas Havacılık Çözümleri A.Ş. Yönetim Kurulu Başkanı Sn. Serdar İNALTEKİN'e, Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı Sn. Armağan YILMAZ'a, pilot Hasan Remzi TUŞ ve pilot Mustafa Burak DURLU'ya sonsuz şükranlarımı sunarım.

Tez çalışmam süresince yardımlarını desteklerini esirgemeyen kıymetli arkadaşım Emre SELEK ve değerli meslektaşım Emine Aleyna GÜNER'e teşekkür ederim.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olan ve desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen annem Nuriye NUMAN, babam Necati NUMAN ve tüm aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	v
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
BÖLÜM 1 GİRİŞ.....	1
1.1 LİTERATÜR.....	1
BÖLÜM 2 FOTOGRAMETRİ TEKNİĞİ.....	7
2.1 FOTOGRAMETRİNİN TANIMI VE TARİHÇESİ	7
2.2 FOTOGRAMETRİNİN SINIFLANDIRILMASI.....	9
2.2.1 Yersel Fotogrametri	9
2.2.2 Hava Fotogrametrisi	9
2.3 DİJİTAL FOTOGRAMETRİ.....	11
2.3.1 Dijital Görüntü ve Özellikleri.....	12
2.4 DİJİTAL KAMERALAR.....	13
2.4.1 Metrik Kameralar.....	14
2.4.2 Metrik Olmayan Kameralar	14
2.5 İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI.....	15
2.5.1 İHA Sistemlerinin Sınıflandırılması	16

İÇİNDEKİLER (devam ediyor)

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 3 MATERYAL VE METOD.....	17
3.1 İHA VE SİSTEMLERİ.....	17
3.2 FOTOGRAMETRİ UÇAĞI VE SİSTEMLERİ.....	18
3.3 YAZILIMLAR	20
3.3.1 Uçuş Planlama	20
3.3.2 Fotogrametrik Dengeleme	23
BÖLÜM 4 UYGULAMA	25
4.1 ÇALIŞMA ALANI.....	25
4.2 UÇUŞ PLANLAMASI VE GÖRÜNTÜ ALIMI	27
4.3 YKN'LERİN BELİRLENMESİ	29
4.4 GÖRÜNTÜ KOORDİNATLARININ OLUŞTURULMASI.....	35
4.5 GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ.....	40
4.6 YOĞUN NOKTA BULUTU	46
4.7 SAYISAL YÜZEY MODELİ (SYM).....	48
4.8 ORTOFOTO GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI.....	51
4.9 VEKTÖR HARİTALARIN OLUŞTURULMASI.....	53
BÖLÜM 5 BULGULAR.....	57
BÖLÜM 6 SONUÇLAR.....	65
KAYNAKLAR.....	67
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1 Fotogrametrinin Tarihsel Gelişimi.....	8
Şekil 2.2 İHA ile görüntü alımı.....	10
Şekil 2.3 Analog ve Sayısal Görüntü.....	11
Şekil 2.4 Görüntü Koordinat Sistemi.....	13
Şekil 2.5 a- Metrik kamera, b- metrik olmayan kamera.....	14
Şekil 2.6 a-Sabit kanatlı İHA, b-Döner kanatlı İHA.....	15
Şekil 2.7 İHA' ların sınıflandırılması.....	16
Şekil 3.1 Mas-x8 İHA.....	17
Şekil 3.2 Sony a6000 kamera.....	18
Şekil 3.3 TL-Ultralight.....	19
Şekil 3.4 Garmin Autopilot.....	19
Şekil 3.5 PhaseOne IXU180r.....	20
Şekil 3.6 MAS GCS.....	21
Şekil 3.7 Görev Ayarları.....	21
Şekil 3.8 Uçuş Bilgileri.....	22
Şekil 3.9 POSPac MMS.....	22
Şekil 3.10 MAS RTK POST.....	23
Şekil 3.11 Agisoft MetaShape.....	24
Şekil 4.1 Mardin-Derik Çalışma Alanı.....	25
Şekil 4.2 Uçuş Alanları.....	26
Şekil 4.3 a-İHA uçuş kolonları, b-Uçak uçuş kolonları.....	27
Şekil 4.4 Uçuş Planı.....	28
Şekil 4.5 a-İHA'dan alınan Görüntü, b-Uçaktan alınan Görüntü.....	29
Şekil 4.6 a-Kanatlı YKN, b-Kanatsız YKN.....	30
Şekil 4.7 İHA'dan alınan görüntü üzerinde YKN.....	30
Şekil 4.8 Uçaktan alınan görüntü üzerinde YKN.....	31
Şekil 4.9 İHA' uçuşu için tesis edilmiş YKN'ler.....	32
Şekil 4.10 Uçak için tesis edilmiş YKN'ler.....	33
Şekil 4.11 Yüklenen GPS Ham dosyası.....	36
Şekil 4.12 TUSAGA-AKTİF İstasyonları.....	37
Şekil 4.13 Hassasiyet Kontrolü.....	37
Şekil 4.14 GPS uyuşum sonucu.....	38
Şekil 4.15 Koordinat Hassasiyeti.....	38
Şekil 4.16 İHA RTK çözümü.....	39

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam ediyor)

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Şekil 4.17 İHA GPS çözüm sonucu.	40
Şekil 4.18 İHA görüntülerinin yüklenmesi.	41
Şekil 4.19 Uçak görüntülerinin yüklenmesi.	41
Şekil 4.20 İHA verilerinin yüklenmesi.	42
Şekil 4.21 Uçak verilerinin yüklenmesi.	42
Şekil 4.22 İHA görüntülerinin seyrek nokta bulutu.	43
Şekil 4.23 Uçak görüntülerinin seyrek.	44
Şekil 4.24 Seçilen noktayı gören görüntüler.	45
Şekil 4.25 Nokta İşaretlenmesi.	45
Şekil 4.26 İHA Yoğun Nokta Bulutu, a-genel görünüm.	46
Şekil 4.27 Uçak Yoğun Nokta Bulutu, a-genel görünüm.	47
Şekil 4.28 İHA verilerinden üretilen SYM, b- Belirli bir alan.	49
Şekil 4.29 Uçak verilerinden üretilen SYM, b- Belirli bir alan.	50
Şekil 4.30 İHA verileri ile oluşturulmuş ortofoto, a- Tüm Alan.	51
Şekil 4.31 Uçak verilerinden oluşturulmuş ortofoto, b- Belirli bir alan.	53
Şekil 4.32 Stereo görüntü.	54
Şekil 4.33 Vektör harita.	55
Şekil 5.1 SYM Karşılaştırılması.	57
Şekil 5.2 İHA' dan alınan kesit.	58
Şekil 5.3 Uçaktan alınan kesit.	58
Şekil 5.4 Ortofoto üzerinde yapılmış vektör harita.	59
Şekil 5.5 Ortofoto görüntülerinin karşılaştırılması.	60
Şekil 5.6 Kontrol noktaları.	60

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>No</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 Uçuş Özellikleri ve Görüntü alım bilgileri.	28
Çizelge 4.2 İHA uçuşu için tesis edilmiş YKN'ler.	34
Çizelge 4.3 Uçak için için tesis edilmiş YKN'ler.	34
Çizelge 5.1 Arazi ölçüleri yapılan kontrol noktaları.	61
Çizelge 5.2 İHA verilerinden oluşturulmuş SYM'den alınan ölçüler.	61
Çizelge 5.3 Uçak verilerinden oluşturulmuş SYM'den alınan ölçüler.	61
Çizelge 5.4 İHA verilerine ait stereo görüntülerden alınan ölçümler.	62
Çizelge 5.5 Uçak verilerine ait stereo görüntülerden alınan ölçümler.	62
Çizelge 5.6 Arazi ölçümü ile İHA verilerinden üretilen SYM arasındaki yükseklik farkı.	62
Çizelge 5.7 Arazi ölçümü ile uçak verilerinden üretilmiş SYM arasındaki yükseklik farkı. ..	63
Çizelge 5.8 Arazi ölçümü ile İHA görüntülerinden elde edilen stereo ölçümü arasındaki yükseklik farkı.	63
Çizelge 5.9 Arazi ölçümü ile uçak görüntülerinden elde edilen stereo ölçümü arasındaki yükseklik farkı.	63
Çizelge 6.1 İş gücü, zaman ve maliyet çizelgesi.	65



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

% : Yüzde

KISALTMALAR

3B	: 3 Boyutlu
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
CM	: Santimetre
CORSTR	: Sürekli Gözlem Yapan GPS İstasyonları Ağı / TUSAGA-Aktif
GCS	: Ground Control Station (Yer Kontrol İstasyonu)
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Küresel Navigasyon Uydu Sistemi)
GPS	: Global Positioning System (Küresel Konumlama Sistemi)
HA	: Hektar
HSV	: Hue Saturation Value (Ton Doygunluk Değeri)
IMU	: Inertial Measurement Unit (Atalet Ölçü Birimi)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
M	: Metre
MM	: Milimetre
MP	: Megapixel (Megapiksel)
PPK	: Post-Processing Kinematic (İşlem Sonrası Kinematik)
R/G/B	: Red/Green/Blue (Kırmızı/Yeşil/Mavi=
RTK	: Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SN	: Saniye
SYM	: Sayısal Yüzey Modeli
UAV	: Unmanned aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ (devam ediyor)

VB	: Ve Benzeri
YKN	: Yer Kontrol Noktası
ZBEÜ	: Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi



BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde, fotogrametri haritacılık alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Fotogrametrik harita üretiminde farklı platformlar kullanılarak görüntü alımı gerçekleştirilmektedir.

Gelişen teknoloji havadan görüntü alımında yeni alternatifler ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, İHA teknolojisi yeni bir görüntü alım platformu olarak karşımıza çıkmaktadır. İsminden de anlaşılacağı üzere bu teknolojiye görüntü alım platformu üzerinde herhangi bir pilot oturmamakla birlikte, platformun kontrolü uzaktan gerçekleştirilmektedir. Sürekli olarak geliştirilebilen sistemler her geçen gün daha hassas ürünler üretebilen cihazlar haline gelmektedir. Bununla birlikte alınan sonuç ürünlerinin de hassasiyetleri artmaktadır.

İHA'nın platform olarak kullanıldığı fotogrametrik çalışmaların, büyük ölçekli harita ve harita bilgisi üretim yönetmeliğine uygunluğu, yapılan çalışmalar ve uygulamalar ile değerlendirilerek uçak platformuna göre avantaj ve dezavantajları sonuç kısmında sunulacaktır. Karşılaştırmalar fotogrametrik sonuç ürünleri olan SYM, ortofoto, vektör haritalar üzerinden görsel ve sayısal olarak yapılacaktır.

1.1 LİTERATÜR

Ayyıldız vd. (2015), çalışmasında iki farklı platformun sonuç ürünlerini karşılaştırmıştır. Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Oran yerleşkesi üzerindeki 40 hektarlık alanda gerçekleştirilmiştir. İnsansız hava aracı ve uçak platformları ve farklı iki kameralar karşılaştırılmıştır. İHA olarak SmartOne-C marka platform ile, 140 metre yükseklikten %80-%60 enine boyuna bindirme oranı ile 347 adet fotoğraf elde edilmiştir. 42 adet kontrol noktası kullanılmıştır. Aynı alan içerisinde uçak platformu ile 650 metre yükseklikten %60-%40 enine ve boyuna bindirme ile görüntüler elde edilerek, 19 adet YKN kullanılmıştır. Aynı alan içerisinde yersel yöntemler ile ölçülmüş noktalar ile kontrol yapılmıştır. Hava araçlarından

alınan veriler fotogrametrik değerleme yazılımları ile değerlendirilerek ortofoto, sayısal yzney modeli ve sapma değerleri üretilmiştir. nsansız hava aracı üretilmiş olan ortofotodan alınan değerler ile jeodezik olarak ölçülmüş değerlerin farklarının karesel ortalama hatası yatayda ortalama 0.034 m olarak bulunmuştur. Aynı şekilde uçuk platformundan elde edilen ortofoto üzerinden alınan değerlerin jeodezik olarak ölçülmüş değerlerden alınan farkları da yatayda ortalama 0.114 m olarak bulunmuştur. Yapılan bu karşılaştırma çalışmalarda İHA'larda kullanılan kameralarda dar açılı kameralar kullanıldığından mercekten kaynaklanan distorsiyon hatalarının en aza indirildiği gözlemlenmiştir. Alınan bu sonuçlardan çıkarılan sonuç ile küçük alanlarda üretilen haritaların İHA'lar ile gerçekleştirilebileceği kanaatine varılmıştır.

Tercan (2018), İHA ile Antalya ilinde bir karayolu üzerinde yaptığı çalışmalarda, 140 metre yükseklikten %85-%65 enine – boyuna bindirme ile uçuş gerçekleştirmiştir. Yapılan uçuş sonrası sayısal yzney modeli ve ortofoto üretmeyi amaçlamıştır. Cors-RTK yöntemi ile 7 adet YKN tesis edilmiştir. Uçuş sonrası elde etmiş olduğu nokta bulutunu sınıflandırarak zeminde bulunan nokta verilerini elde etmiştir. Karayolu üzerinde yapılan jeodezik çalışmalar sonucunda yapılan yersel ölçümler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Karşılaştırma sonucunda meknsal alanlarda 4.9cm, toprak zeminde 7.32cm ve sert zeminde 3.96cm yatay doğruluk elde edilmiştir. Ortofoto, sayısal yzney modeli ve sayısal arazi modeli (SAM) retimi, düz arazi yapılarında ve bitki örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde kullanılabileceği belirtilmiştir.

Generk (2016), nsansız hava aracı ile yapılan fotogrametrik çalışmalar sonucu elde edilen fotoğraflar ile yapılan değerleme sonucunda, kazı-dolgu ve kbaj hesaplarında, arazi ve saha çalışmalarının izlenmesinde ve doğruluğunun mühendislik projelerinde kullanıla bilirliliği araştırılmıştır. Değerleme sonucunda üretilen ortofoto, sayısal yzney modeli (SYM), SAM 5 santimetre znrlğndedir. Sonuç rnleri üzerinde kbaj hesabı çıkarımı, en kesit-boy kesit alımı ve analizi ile maliyet, zaman ve doğruluk açısından değerlendirerek mühendislik projelerinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Kılınçoğlu (2016), yüksek lisans tezinde farklı İHA'ların fotogrametri de kullanılabirliği ve karşılaştırmalarını yapmıştır. Sabit Kanatlı (Puma-AV) ve döner kanatlı (DJI) İHA' lar çalışmalarında kullanmıştır. Elde ettiği verileri fotogrametri de kullanılan değerleme yazılımlarından Pix4D programında değerlemiştir. Platform olarak birbirinden farklı olarak kullanılan kamera ve İHA' nın sonuçları YKN kullanılarak ve kullanılmadan

değerlendirilmiştir. Değerlendirmenin amacı tarımsal faaliyetlerde kullanılabilirliğini araştırmaktır. Değerlendirme sonucunda ortofoto SYM üretilmiştir. Daha sonra veriler üzerinde YKN'lerin etkisi ve doğruluk analizleri yapılmıştır. Çalışma içerisinde sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA'ların karşılaştırılmaları yapılarak avantajları ve dezavantajları ortaya çıkarılmıştır.

Toprak (2014), İHA'lar farklı mühendislik alanlarındaki uygulamaları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Beş farklı uygulamada yapılan çalışmalar sonucunda İHA'nın kullanılabilirliği ve sonuç ürünleri açısından değerlendirilebilirliği karşılaştırılmıştır. Birinci uygulamada mühendislik projelerinde kullanılmak üzere hali hazır haritaların yapımında doğruluk analizleri irdelenmiştir. İkinci uygulamada bir alanın hacim hesabı yapılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Üçüncü ve dördüncü uygulamalarda arkeolojik çalışmalar ve kültürel mirasın belgelenmesi açısından doğruluk analizleri yapılmıştır. Beşinci uygulamada ise İHA'dan elde edilmiş görüntülerden fotogrametrik değerlendirme programları yardımı ile üretilen ortofotonun doğruluk analizi yapılmıştır. Bu uygulamalar sonucunda İHA'nın Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen hassasiyet ve doğrulukta veriler üretilmiştir. Erdoğan (2015), Konya ilinde yapılan bu çalışmada aynı platform ile farklı yüksekliklerde yapılan uçuşların, jeodezik ölçümler ile karşılaştırarak karayolu projelerinde insanız hava aracı kullanılabilirliği gözlemlenmiştir. %70-%80 enine ve boyuna bindirmeler ile 50 m ve 80 m yükseklikten uçuşlar yapılmıştır. Uçuşlar 12 MP kamerası bulunan DJI Phantom 3 ile gerçekleştirilmiştir. Uçuş alanında 36 adet kontrol noktası ölçülmüştür. 5 tanesi YKN olarak kullanılacaktır. YKN'ler Cors-Rtk yöntemi ile ölçülmüştür. Uçuşlardan elde edilen görüntüler farklı iki fotogrametri yazılımı olan Agisoft Photoscan ve Pix4D yazılımları kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda nokta bulutu, ortofoto ve sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur. Her iki yazılımın değerlemesi sonucunda 2.56 cm yer örnekleme aralığı sonucu alınmıştır. Kontrol noktaları x, y, z olarak nokta bulutundan alınan noktalar ile karşılaştırılmıştır. Ortofoto görüntüler üzerinden 3B sayısal haritaların üretimi gerçekleştirilerek, 1/1000 ölçeğinde hazırlanmış fotogrametrik haritalar ile kıyaslaması yapılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda %99 oranında uyumlu olduğu ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda İHA ile yapılan haritaların, yersel yöntemle yapılan haritalara göre daha az maliyetli olduğu ve daha kolaylık sağladığı ortaya çıkmıştır. Uçuş yüksekliğine ve YKN hassasiyetine bağlı olarak yeterli hassasiyette haritalar üretilebileceğini bu uygulama ile uygun görülmüştür.

Karkınlı vd (2015), çalışmasını 48 hektarlık bir alanda İHA ile gerçekleştirmiştir. Amacı İHA'nın yatay da ve düşeyde doğruluk analizidir. 100 metre yükseklikten, %70-%25 enine ve boyuna bindirme oranlarında 720 adet görüntü elde etmiştir. Fotogrametrik değerlendirme programı kullanılarak 5 adet YKN ile dengelenmiştir. Değerleme sonucunda üretilen SAM ile yapılan analizler sonucunda yatay doğruluk 6.6cm, düşey doğruluk 8.5cm olarak hesaplanmıştır. Alınan sonuçlardaki doğruluk değerlerine İHA'nın mühendislik faaliyetlerinde kullanılabileceği görülmüştür.

Karakış (2012), kendi imkanlarıyla ve tecrübesiyle geliştirdiği İHA'ya entegre ettiği 12MP kamera ile uygun yükseklikten çekmiş olduğu görüntüler ile sayısal halihazır harita yapabilirliği üzerinde çalışma yapmıştır. Fotogrametrik uçuş koşullarını sağlaması için gerekli bindirme oranlarında görüntü çekebilmesi gerekmektedir. Bindirme oranları için elektronik zamanlayıcı kullanmıştır. Birinci gün gerçekleştirilen uçuşlarda kamera ayarları ile ilgili sorunları gidermiştir. İkinci gün gerçekleştirdiği uçuşlardan elde ettiği görüntüleri fotogrametri yazılımında YKN işlenerek ortofoto ve sayısal yüzey modeli üretilmiştir. 1997 yılında üretilmiş olan sayısal haritalar ve 2010 yılında çekilmiş görüntülerle karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak büyük ölçekli harita yapımında İHA'ların kullanılabilirliği konusunda başarılı sonuçlar alınmıştır.

Remondino (2011), çalışmalarını 2011 yılında gerçekleştirmiştir. O dönemlerde uzaktan algılama, fotogrametri ve İHA ile yapılan haritacılık faaliyetlerini inceleyerek gelecekte gerçekleştirilecek yeni perspektiflere bakarak araştırmalar yapmıştır. Mevcut sistemler ile yapılan fotogrametrik çalışmalardan ziyade İHA ile yapılan fotogrametrik çalışmaları daha avantajlı bulmuştur. Yaptığı araştırmaların sonucunda daha yüksek çözünürlüklü görüntülere, daha az maliyetli bir şekilde ve daha hızlı ulaşıla bilinmesi ve elde edilen bu görüntülerin çeşitli programlarda işlenmesi sonucu kısa sürede sonuç ürünlerin elde edilmesi ve daha birçok avantajının olduğuna değinmiştir. İnsansız hava araçlarının meskun alanlarda kullanılabilirliğini artırmak için yönetmeliklerin bu sistemlere göre yenilenmesi ve yeni sistemlere uygun teknik şartnameler oluşturulması gerektiği görüşünü savunmuştur.

Stam (2010), çalışmalarının amacı İHA ile yapılan fotogrametrik çalışmaların maliyet olarak daha az seviyelere indirmektir. İnsansız hava aracı üzerindeki GNSS/IMU sistemi referans kabul edilerek YKN kullanmadan doğru sonuçlar elde etmeyi amaçlamıştır. Üç farklı test alanı seçerek bu alanlarda İHA ile uçuşlar yapmıştır. Birinci test alanının da gerçekleştirilen

uçušta yeterli GPS sinyal hataları ile ilgili veri elde edemediği için, ikinci test alanında gerçekteşen uçušta İHA içerisindeki IMU sistemi üzerinde hatalar belirlenemediği ve üçüncü test alanında yapılan çalışmada alınan GPS sinyalleri ile elde edilen doğruluğun yeterli olmadığı görülmüştür. GNSS/IMU sistemi üzerindeki hatalardan kaynaklı oluşun yöneltme elemanları ile sağlıklı sonuç ürünleri üretilemediği görülmüştür.

Acar ve Karşlı (2013), araştırmasında metrik kameralar ile elde edilen sayısal görüntüler ile dijital hava kameralarından elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüleri karşılaştırmıştır. Yapılan çalışmalarda dijital hava kameraları ile elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin belirtilen algoritma ile yorumlanması ile üretilen verilerin, sayısal hava kameraları ile elde edilen fotoğraf çiftlerinde eđ değer nokta çıkarımında daha başarılı sonuçlar verdiğini belirtmiştir.

Kaya (2010), çalışmasında fotogrametri de kullanılan kameraları sonuç ürünleri bakımından karşılaştırmıştır. Analog hava kameraları ile metrik olmayan hava kameralarından alınan bindirmeli görüntüler ile YKN işlenerek elde edilen sayısal yüzey modelleri karşılaştırılmıştır. Daha sonra stereo model üzerinden arazi okumaları yapılarak karşılaştırmalara devam edilmiştir. Sonuçlar değerlendirilerek dijital hava kameralarından elde edilen görüntüler den sayısal yüzey modeli üretilebileceği ancak büyük alanlarda eş yükseklik eğrisi üretilebilmesi için eğimin %10 dan az olması gerektiği tespit edilmiştir.

Selçuk, (2008) çalışmasında belirledikleri alana ait fotogrametride kullanılan yakın tarihli analog kamera ve sayısal kamera ile çekimleri yapılan fotoğraf görüntüleri üzerinden bu kameraların geometrik potansiyelleri üzerinde çalışmıştır. Görüntüler üzerinde YKN tesis işlenmiştir, dengeleme işlemleri fotogrametri değerleme yazılımı Inpho Match-AT ile gerçekleştirilmiştir. Farklı kamera özellikleri ve YKN ile yapılan testler sonucunda hem dijital kamera hem de analog kamera ile elde edilen ürünün yönetmeliklere uygun olarak elde edildiği lakin bütün kombinasyonlar da sayısal(dijital) kamerada daha hassas veriler üretilebildiği sonucuna varılmıştır.

Niethammer vd. (2012), çalışmalarında İHA platformu ile metrik olmayan kameralar kullanarak yüksek çözünürlüklü görüntüler elde etmiştir. Elde etmiş olduğu görüntüler ile ortofoto ve SAM' 1 oluşturarak heyelan bölgelerinde toprak kaymalarını tespit etmek amacıyla çalışmalar yapmıştır. Alana ait Mayıs 2007 ve Ekim 2008 tarihlerine ait sayısal

yüzey modeli arasında 7 metre ile 55 metre arasında değişimler gözlemlenmiştir. Sonuç olarak uzaktan algılama yaklaşımıyla ve fotogrametrik değerlendirmeler ile elde edilen veriler heyelan bölgelerinde kullanılabileceğini göstermiştir.



BÖLÜM 2

FOTOGRAMETRİ TEKNİĞİ

Bu kısımda çalışmanın temelini oluşturan fotogrametrinin tanımı, fotogrametrinin tarihi ve günümüze kadar olan gelişimi ve yöntemleri hakkında bilgiler verilmiştir.

2.1 FOTOGRAMETRİNİN TANIMI VE TARİHÇESİ

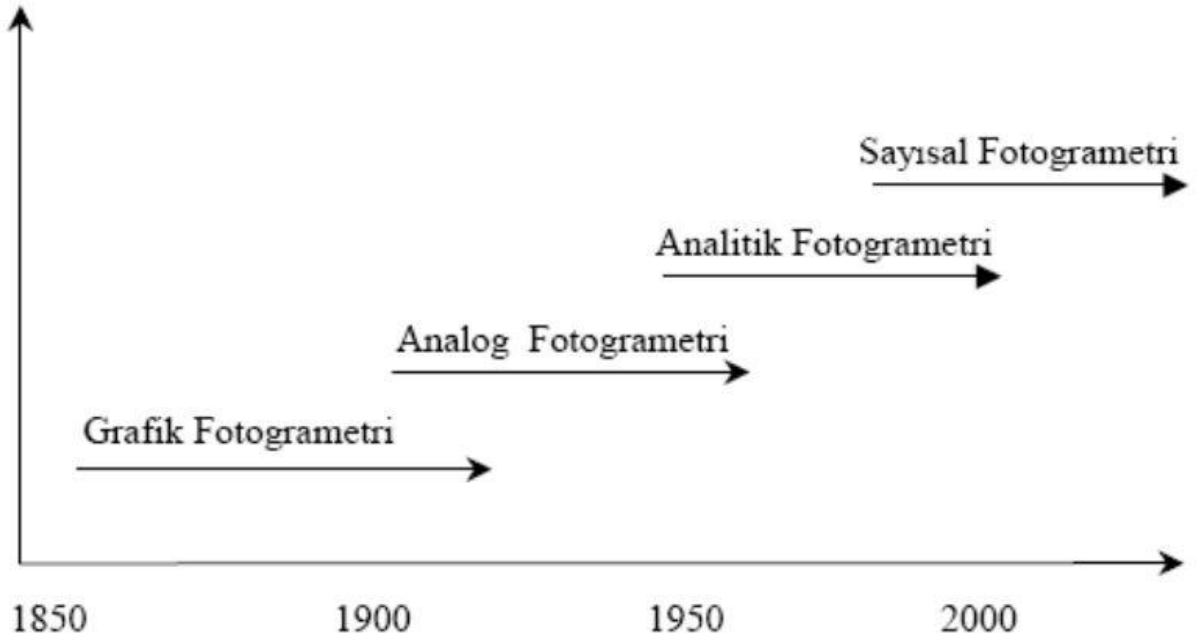
Fotogrametri'nin kelime anlamı eski Yunan sözcükleri olan "photos (ışık)", "grama (çizim)" ve "metron (ölçme)" kelimelerinin yan yana gelmesi ile ortaya çıkmıştır. Fotogrametri, uzaktan yapılan ölçme, değerlendirme ve yorumlama işlem adımları ile cisimlerin ve yüzeylerin özellikleri ve detayları hakkında sağlıklı bilgi edinmeyi sağlayan bir bilim dalıdır (Schenk 2005).

Fotogrametri bilimi sayesinde görüntüler ve yaydıkları elektromanyetik enerjiler kayıt edilebilir, ölçülebilir ve değerlendirilebilir. Genel olarak fotogrametri yeryüzündeki cisimlerin 2 boyutlu ya da 3 boyutlu koordinatlarının fotoğraflar üzerinden ölçme tekniğidir.

Fotogrametrinin tarihi 1839 yıllarına dayanmaktadır. Fotoğrafi keşfeden Daguerre ve Niepce tarafından bu süreç başlamıştır. Fotogrametri, çekilen fotoğrafların konumuna bağlı olarak hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametri olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır. Yersel fotogrametri de sadece yerden çekilen fotoğraflar ile yapılabildiği için bazı detayların tespit edilememesine sebebiyet vermiştir. Hava fotogrametrisi ile çekimler zeminden yüksekte yapıldığı için topografya üzerindeki bütün detaylar net bir şekilde ortaya çıkarılabilir. Bu nedenle fotogrametrinin gelişmesinde havadan çekilen görüntülerin önemli ölçüde yeri vardır. Hava fotoğrafları yaygın olarak kullanılmaya 1.Dünya Savaşı ile yaygınlaşan motorlu uçakların gelişmesiyle ortaya çıkmıştır. (Marangoz 2002).

Gelişen teknoloji ve yeni buluşlar ile hava fotogrametrisi ve yersel fotogrametrinin 3 temel başlık altında toplanmasına sebebiyet vermiştir. İlk analog fotogrametri ortaya çıkmıştır. Analog fotogrametride fotoğrafları optik ve mekanik aletlerle işlenmesi sağlanmıştır. Klasik fotoğraflar ise bilgisayar çağının başlamasıyla ortaya çıkan analitik fotogrametri ile gerçekleşmiştir. Yakın tarihte hayatımıza giren dijital fotogrametri de sonuncusu olmuştur. Dijital (sayısal) görüntülerin kullanıldığı, bilgisayar desteği ile analizlerin en hızlı şekilde yapılmasını sağlayan bilim dalıdır (Kraus 2007).

Fotogrametri biliminin temel amacı, cisimlerin çekilen fotoğraflara olan konumunu belirlemektir. Teknolojinin gelişmesiyle değişen ve çeşitli dallara ayrılan bu bilimde, esas olan matematiksel model aynı kalmaktadır. Bu matematiksel model, görüntü üzerindeki koordinatların ölçülerek cisim uzayındaki arazi koordinatlarının hesaplanmasını sağlamaktadır. Fotogrametrinin değerlendirme yöntemine göre tarihsel süreci Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2.1 Fotogrametrinin Tarihsel Gelişimi (URL-1).

Fotogrametri ayrıca kendi içerisinde de kullanım alanlarına ve amaçlarına göre sınıflara ayrılmaktadır. “yakın görüntü fotogrametrisi, topografik ve topografik olmayan fotogrametri, kadastro fotogrametrisi, jeodezik fotogrametri, mühendislik fotogrametrisi, mimarlık fotogrametrisi, tek görüntü ve çift görüntü fotogrametrisi” gibi ayrılabilir (Avşar 2006).

Yapılan çalışmada İHA ve uçak kullanılarak fotogrametrik ölçümler yapıldığı için detaylı olarak dijital fotogrametri dalları incelenecektir.

2.2 FOTOGRAMETRİNİN SINIFLANDIRILMASI

Geçmişten günümüze kadar fotogrametri teknolojinin gelişmesi ile birlikte farklı yöntemler kullanılarak uygulanmıştır. Fotogrametri kullanılan platforma, kullanılan yönteme, uygulama bölgesine, nesne mesafesine göre, değerlendirme yöntemine göre, görüntü çekim noktasına göre ve kıymetlendirme yöntemine göre sınıflandırmak mümkündür (Yaşayan 2011).

Günümüzde kullanılan dijital fotogrametriyi ele alırsak, kendi içerisinde yersel fotogrametri ve hava fotogrametrisi olarak ikiye ayırılır.

2.2.1 Yersel Fotogrametri

Yer yüzündeki sabit bir noktadan çekilen görüntü veya görüntüler ile yapılan ölçüm işlemidir. Yersel fotogrametri de çekim noktasının konumu jeodezik yöntemler ile istenilen doğrulukta ölçülebilir. Yersel fotogrametri görsel olarak yapılan bir işlem olduğu için jeodezik çalışmalara göre tercih sebebi olabilir.

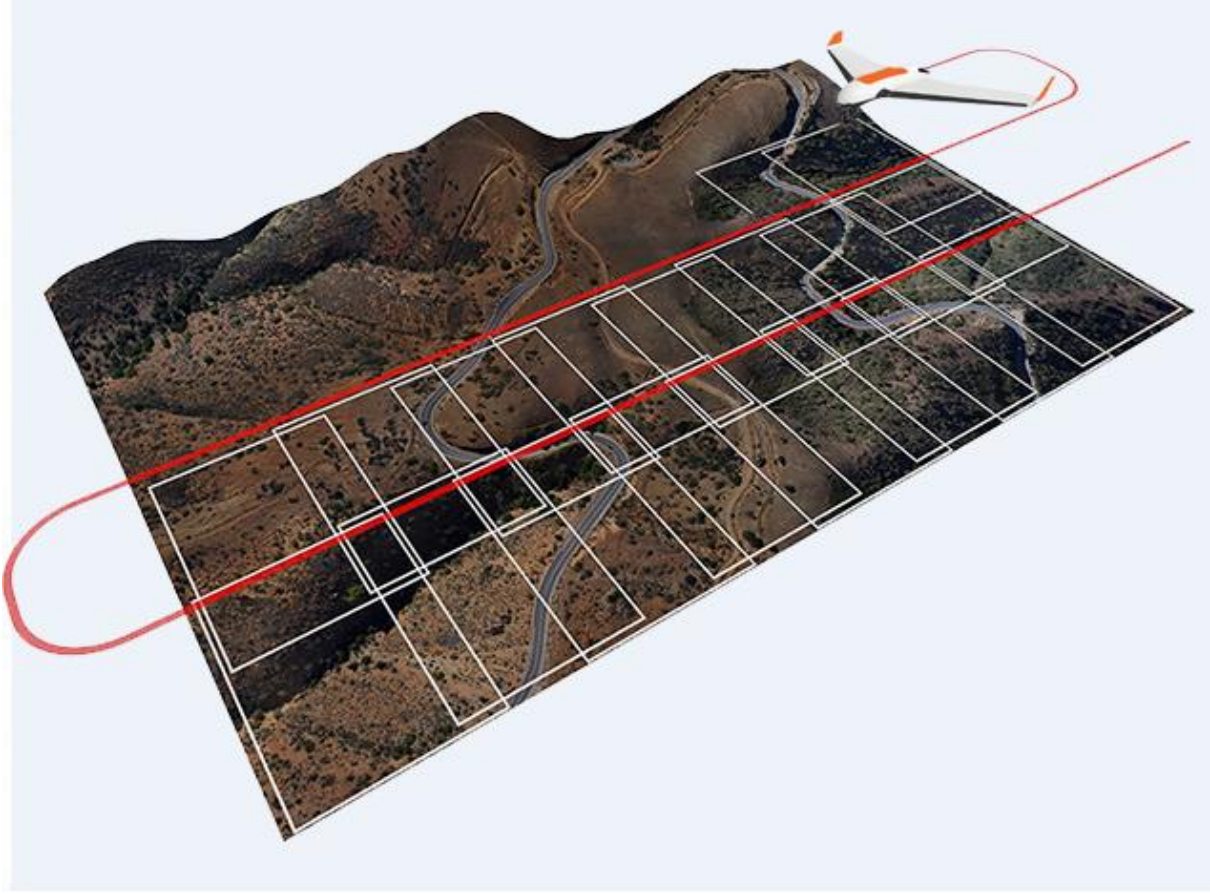
Yersel fotogrametrinin yaygın olarak kullanıldığı alanlar;

- Mimarlık ve mühendislik faaliyetlerinde
- Arkeolojik çalışmalarda
- Biofotogrametri
- Bilgisayar destekli tıbbi operasyonlarda
- Tarihi eserlerin bakımı ve korumasında.

2.2.2 Hava Fotogrametrisi

Fotogrametrinin tarihsel gelişimine bakıldığında, ilk olarak yerden çekilen görüntüler yardımıyla yapılan yersel fotogrametri daha sonra görüntü çekme noktasının havaya çıkması ile geniş alanları kapsama ve araziye daha iyi tanımlamaya olanak sağlamıştır. Hava fotogrametrisin de görüntü ölçeğinin sabit kabul edilebilir olması haritacılık alanında ekonomik olarak birçok avantajı da beraberinde getirmiştir. Geçmişten günümüze uçak,

balon, helikopter gibi farklı platformlardan görüntü çekimi yapılabilirken, son yıllarda ise gelişen teknoloji ile İHA'lar bu alanda büyük ilgi görmektedir (Şekil 2.2).



Şekil 2.2 İHA ile görüntü alımı (URL-2).

Hava fotogrametrisinin de işlemler bazı adımlar ile uygulanır. Bu işlem adımları hava fotogrametrisinin disiplinli bir şekilde tamamlanması gerektiğini göstermektedir. Öncelikle hava fotoğrafı sağlanacak alana ait uçuş planının, üretilecek harita ölçeğine göre hazırlanır. Hazırlanan bu uçuş planında görüntü ölçeği, kolonların yönü, uçuş esnasındaki rüzgar şiddeti, bindirme oranları ve kamera tipinin önemi vardır.

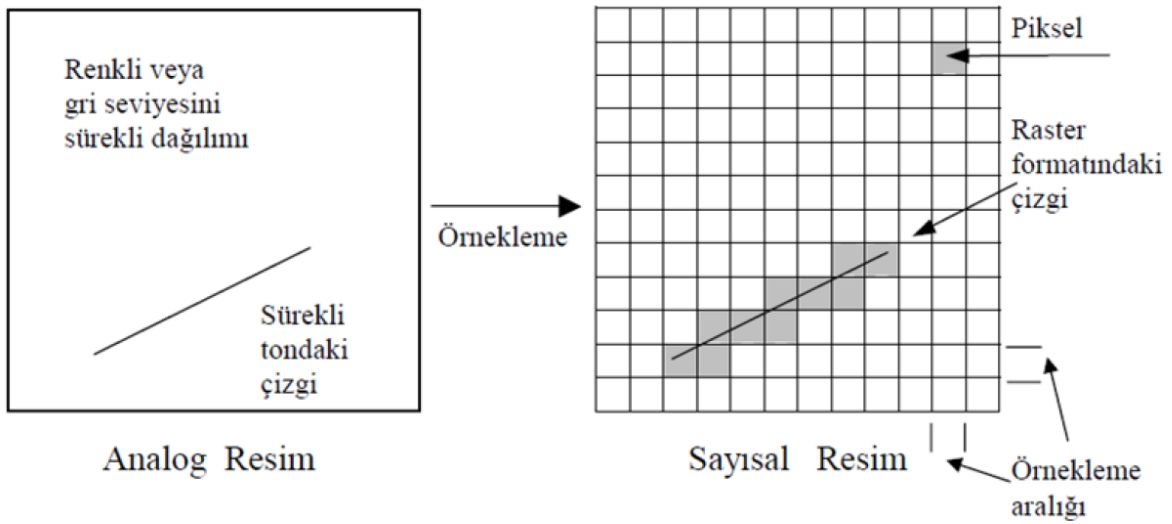
Fotogrametrik çalışmaların doğruluğunun yüksek olabilmesi için bazı düzeltmeler gerekmektedir. Bu düzeltmelerin en başında YKN'ler gelir. YKN'ler araziye uçuş planına göre tesis edilir. Belirlenen YKN'ler yüksek hassasiyete sahip klasik jeodezik yöntemlerle ölçülür. Hava triyagülasyonu için kullanılacak YKN'lerin dağılımı ve sıklığı ise hava nirengisine göre seçilmelidir. Tüm bu işlemlerle alınan hava fotoğrafları, yeni konumsal

bilgilerin üretilmesi için işlenerek istenilen bölgenin yüksek doğrulukta ölçümü sağlanmış olur (Avşar 2006).

2.3 DİJİTAL FOTOGRAMETRİ

Dijital görüntü, pikseller olarak da adlandırılan, sayısal verilerin sınırlı bir grup halinde 2 boyutlu görüntünün temsil edilmiş biçimidir. Dijital görüntünün satır ve sütunda olan her bir pikseli sabit bir sayı içerir. Bir görüntünün en küçük birimine piksel denir. Dijital kameralar, tarayıcılar, koordinat ölçüm makineleri, hava radarı vb. gibi çeşitli giriş aygıtları ve teknikler ile dijital görüntüler oluşturulabilir (Sidek and Ahmad 2009).

Analog ve sayısal görüntü tanımlamaları görsel olarak Şekil.2.3' de belirtilmiştir.



Şekil 2.3 Analog ve Sayısal Görüntü (Kılınçoğlu 2016).

Dijital görüntüler sayesinde yeni bir değerlendirme yöntemi olan dijital (sayısal) fotogrametri meydana gelmiştir.

Dijital fotogrametri, sayısal formda kaydedilmiş stereo görüntülerin tamamen bilgisayar ortamında işlenerek, yöneltme ve değerlendirme işlemlerinin yarı otomatik ya da tam otomatik olarak yapılmasını sağlamaktadır.

Dijital fotogrametriye olan ilgi, görüntülerin yüksek çözünürlüklü olması, fotoğraf üzerinde istenilen şekilde iyileştirme yapılabilmesi ve bilgisayar ortamında birçok renk elde

edilebilmesi sebebiyle artmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte hızlı işlemcilerin ve güçlü belleklerin oluşması dijital fotogrametrinin yaygınlaşmasına sebep olmuştur (Yıldız 2010).

Dijital fotogrametrinin aslını oluşturan dijital görüntüler donanım ve yazılım altlığı ile bir bütünlük sağlayıp verilerin bir araya getirilmesi ve analiz edilmesi konusunda yaygın bir kullanım alanı oluşturmaktadır.

2.3.1 Dijital Görüntü ve Özellikleri

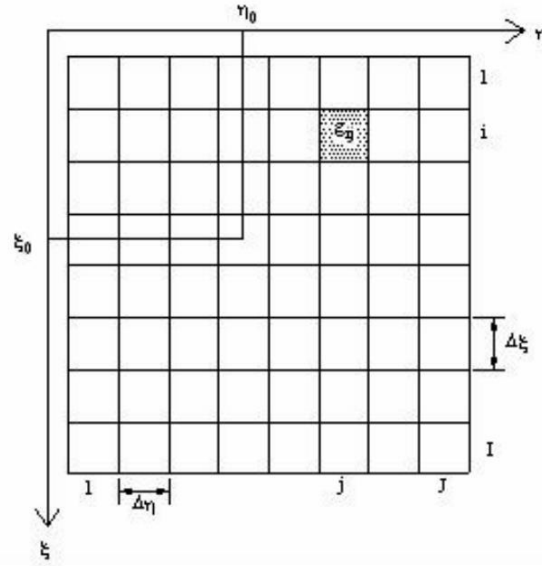
Teknolojinin hızlı gelişimi elektronik sistemler üzerinde olumlu yönde etkiler göstermiştir. Bu olumlu gelişimler sayesinde metrik olarak görüntü alımı sağlayan odak sensörleri dijitalleşmiş ve ilk olarak fotogrametrik kayıt ve ölçme alanlarında kullanılmıştır.

Bu ilerlemelerle; dijital görüntü, analog resmin yerini almış olup öncelikle yakın mesafe fotogrametrisi olarak bilinen yersel uygulamalarda ve uydu fotogrametrisin de kullanılmıştır. Yersel çalışmalarda doğruluk aralığı (esneklik) dijital sistemin çözünürlüğüne bağlıdır. Yersel sistemlerin kuruluş amaçları doğrultusunda sistemin hızı ve kalitesi en temel etkindir. Uydulardan çekilen görüntüleri çekici kılan öge ise, görüntülerin direkt olarak dijital formda kayıt edilip gerektiğinde nakledilebilmeleridir.

Renkler bir ya da birkaç renk uzayında sınıflandırılabilir. En çok bilinen renk uzaylarından biri RGB uzayı, diğeri HSV (Hue Saturation Value= renk doyma değeri) uzayıdır. RGB uzayı görüntü renklerinin ekranda daha kaliteli görüntülenebilmesi için, HSV uzayı ise insan gözünün görüntüyü daha kolay ve daha doğru yorumlayabilmesini sağlamak için dizayn edilmiştir.

Raster veri modelinde her bir konum ayrı bir piksel ile ifade edilir. Bu tür raster gösterimlerde her bir hücrenin koordinatı satır ve sütun numarası ile belirlenir ve koordinat başlangıcı olarak daima ekranın sol üst köşesi alınır. Yatay eksen X (sütun), düşey eksen Y (satır) olarak adlandırılır. Raster yapıda piksel boyutu görüntünün hassasiyetini, ayırma gücünü gösterir. Piksellerin bu geometrik büyüklüğü (psx, psy) Piksel Sayısı, Konumsal Çözünürlük olarak adlandırılır. Ayrıca her bir piksel kapladığı arazi yüzeyi ile ilgili bilgilerde taşır. Bu bilgiler

yoğunluk yada gri değerleri türünde olur ve bu tür bilgilere Renk Derinliği bir başka ifade ile Radyometrik Çözünürlük adı verilir.



Şekil 2.4 Görüntü Koordinat Sistemi (Aydar 2007).

Dijital görüntülerin avantajları;

- Görüntü kalitesinin artırılabilir olması,
- Mekanik sistemlere ihtiyaç olmadan dijital görüntülerin bilgisayar üzerinde analiz edilir ve ölçülebilir olması,
- Uygulamalar anlık olarak veya yakın tarihli olarak yapıyor olabilmesi,
- Kullanıcıya otomasyon olanağı sağlayıp daha kolay çözümler üretilmesine yardımcı olabilmesi.

şeklin de sıralanabilir.

2.4 DİJİTAL KAMERALAR

Fotogrametrik olarak bir analiz ve işlem yapılabilmesi için öncelikle görüntü alımı yapılması gerekmektedir. Görüntü alımı sırasında kullanılan araçlara çekim kameraları denir.

Görüntü alımını sağlayan bu kameralar aynı zamanda, çekilen bu görüntüler üzerinde görüntü koordinat sistemini belirleyecek olan işaretlerini ve görüntü numaralandırmasını yapabilmektedir.

Günümüzde fotogrametri de kullanılan kameralar metrik ve metrik olmayan kameralar olarak ikiye ayrılmaktadır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5 a- Metrik kamera (URL-3), b- metrik olmayan kamera (URL-4).

2.4.1 Metrik Kameralar

İç yöneltme elemanları laboratuvar ortamında hesaplanmış makinalardır. Odak düzleminin kamera konisi ile bağlantısı, genişleme açısından sağlam metaller ile sabitlenmiştir.

Çekim sırasında uzun poz süresi uygulanabildiğinden, pozlanması yavaş, ayırma derecesi yüksek, yani tanecikleri küçük emülsiyon taşıyan film veya camlar kullanılmıştır. Son yıllarda üretilen makinaların odak uzaklığı, obje uzaklığına göre ayarlanabilmektedir.

2.4.2 Metrik Olmayan Kameralar

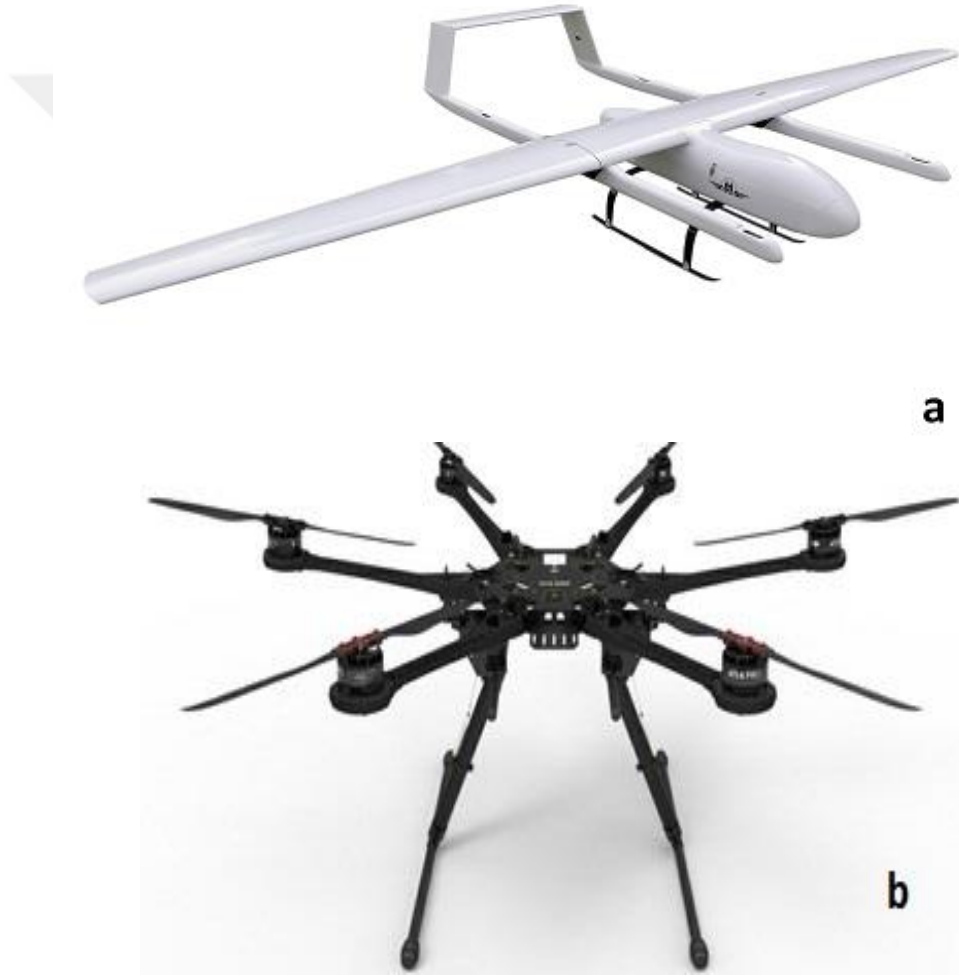
Amatör olarak kullanılan iç yöneltme elemanları bilinmeyen ve değişken olan makinalardır. Gerek bu özelliğinden, gerekse her çekimdeki dış yöneltme elemanlarının hem belirsiz, hem de birbirinden farklı olması nedeniyle analitik ve dijital yöntemde kullanılabilir. Yersel görüntü alımlarında dar açılı kameralar kullanılarak, yeterli doğruluk derecesi sağlanabilmektedir.

Günümüzde kullanılan dengeleme yazılımları iç yöneltme elemanlarını kendileri hesaplayarak her bir görüntü alımı için ayrı parametreler oluşturabilir. Maliyeti fazla yüksek metrik makinalar yerine metrik olmayan amatör makinaları kullanmak avantaj olmaya başlamıştır.

2.5 İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

Adından da anlaşıldığı üzere içerisinde bir pilot bulunmayan tamamen uzaktan kontrol edilebilir mekanik ve elektronik sistemler ile donatılmış hava araçlarıdır.

İHA'lar teknolojinin gelişmesine paralel olarak çok amaçlı kullanılmaya başlanılmıştır. Yapılarına göre kendi içerisinde sabit kanatlı ve döner kanatlı diye iki sınıfa ayırmak mümkündür (Şekil 2.6).



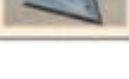


Şekil 2.6 a-Sabit kanatlı İHA, b-Döner kanatlı İHA.

2.5.1 İHA Sistemlerinin Sınıflandırılması

İHA'lar bahsettiğimiz gibi yapılarına göre sınıflandırılrsa da başka birçok etmene göre sınıflandırılabilir.

Günümüzde İHA'ların sınıflandırılması Şekil.2.7' de gösterilmiştir.

Sınıfı	Kategorisi	Görev Yüksekliği (ft)	Görev Yarıçapı (km)	Sivil Kategori	Örnek Platform
Sınıf I (150 kg.dan hafif)	Mikro (<2 kg)	<200 (AGL)	5 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 1 Küçük İHA (<20 kg)	Black Widow 
	Mini (2-20 kg)	<3.000 (AGL)	25 (LOS)		Bayraktar, Malazgirt, Scan Eagle 
	Küçük (>20 kg)	<5.000 (AGL)	50 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 2 Hafif İHA (20-150 kg)	Hermes 90 
Sınıf II (150-600 kg)	Taktik	<10.000 (AGL)	200 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 3 İHA (>150 kg)	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 2.7 İHA'ların sınıflandırılması (URL-5).

İHA sistemlerini kullanım amacına göre, ağırlıklarına göre, haberleşme mekanizmalarına göre, çıktığı irtifaya göre birçok faktöre göre sınıflandırabiliriz.

Fotogrametrik olarak bakıldığında, sabit kanatlı İHA sistemleri avantaj olarak tek kalkış ile daha uzun sürede havada kalmasından dolayı döner kanat İHA'lara göre daha çok alanın görüntü alımını gerçekleştirebilmektedir. Döner kanatlı İHA sistemlerinde hava aracı bulunduğu konumda sabit kalabilmesi ile sürüklenmeye uğramayan görüntü alımı gerçekleştirebilir. Bu işlemi sabit kanatlı İHA'larda yapmak mümkün değildir. Bu iki sistemde bakıldığı zaman birçok avantajları ve dezavantajları bulunmaktadır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE METOD

Amaçlarına yönelik olarak çalışmada kullanılan hava araçları, bu hava araçları içerisindeki görüntü alımını sağlayan sistemler ve görüntü alımı öncesinde ve sonrasında işlem ve analiz yapabilmek için kullanılan yazılımların anlatımı gerçekleştirilmiştir.

3.1 İHA VE SİSTEMLERİ

Çalışmada kullanmış olduğumuz İHA ve sistemleri tamamen yerli üretimdir. Firma İHA olarak, fotogrametrik görüntü alımları için özel olarak tasarlanmıştır (Şekil 3.1). Katapult ile kalkış yaparak görevi tamamlamasına müteakip pilot kontrolünde veya otonom olarak paraşüt ile iniş yapmaktadır.

Mas-x8; 2120mm kanat açıklığında, 3920gr ağırlığındadır. 3 saatlik uçuş süresi ve 16m/s hızı ile boyut olarak büyük alanları tek uçuşta gerçekleştirebilir. Fotogrametri uçuşları için özel üretilmiş olan otonom sistemler ve yazılımlar ile istenilen bindirme oranlarında ve görüntü kalitesinde uçuş yapabilmektedir. Trimble mb-one GNSS sistemi ile MAS AutoPilot sistemi entegrasyonu sonucu, hassas konum doğruluğu sağlamaktadır.



Şekil 3.1 Mas-x8 İHA.

Mas-x8 İHA faydalı yük olarak Sony a6000 kamera kullanmaktadır (Şekil 3.2). Kameranın özellikleri; 24MP, 6000x4000 piksel görüntü çözünürlüğü, 20mm odak uzaklığı, denkleştirme hızı 1/1600 sn, piksel boyutu 3.889 mikrondur. Kullanılan kamera metrik olmayan kamera sistemleri sınıfına girmektedir. Her uçuş sonrası yapılan dengeleme işlemlerine göre farklı iç yöneltme elemanları oluşmaktadır.



Şekil 3.2 Sony a6000 kamera (URL-6).

3.2 FOTOGRAMETRİ UÇAĞI VE SİSTEMLERİ

Çalışmalarda kullanılan T1-Ultralight marka fotogrametri uçağı son teknoloji sistemler ile donatılmıştır (Şekil 3.3). Tamamen fotogrametri için kullanılacağı düşünüldükçe tasarlanan elektronik sistemler ve yazılımlar kullanılmıştır (Şekil 3.4).



Şekil 3.3 TL-Ultralight.



Şekil 3.4 Garmin Autopilot.

Platformda faydalı yük olarak kullanılan 80 MP çözünürlükteki PhaseOne IXU180r marka kameradır (Şekil 3.5). Kamera Özellikleri; 10328x7760 piksel çözünürlüğünde, 50 mm odak uzaklığında, piksel boyutu 5.2 mikronudur. Kamera sistemi gimbal ile entegre edilerek fotoğraf çekim anındaki açısal bozuklukları en az seviyeyi indirmiştir. Sistem içerisinde Applanix GNSS/INS sistemi mevcuttur. Son derece hassas konumlandırma yapabilen bir sistemdir.



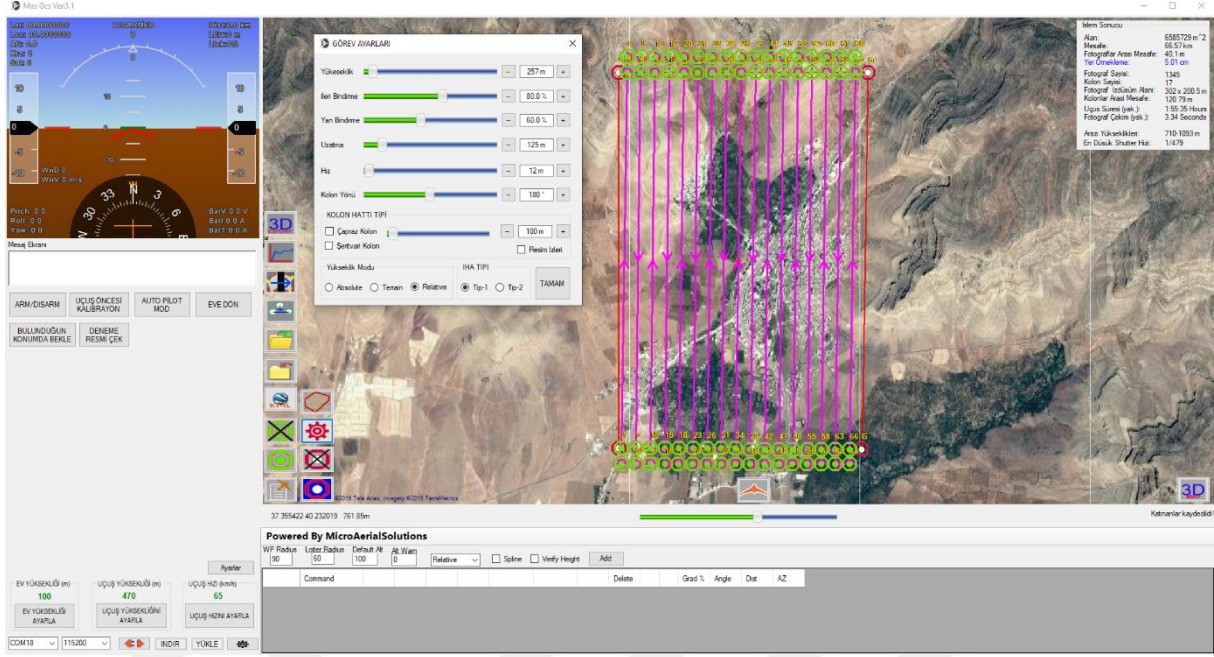
Şekil 3.5 PhaseOne IXU180r

3.3 YAZILIMLAR

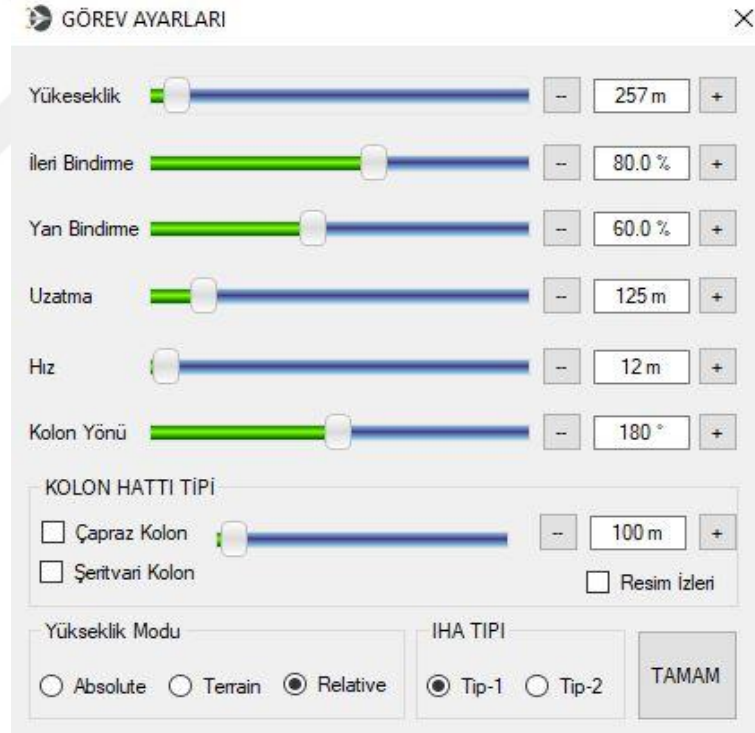
Çalışmada uçuş planlama, GPS dengelemesi ve fotogrametrik dengeleme yazılımı kullanılmıştır. Uçuş planlama Mas Havacılık Çözümleri A.Ş. tarafından yazılan Mas GCS ile planlanmıştır. GPS dengelemeleri ise İHA' da MAS RTK POST, fotogrametri uçağında ise POSPac MMS ile dengelemeler yapılmıştır. Havai dengeleme, ortofoto, sayısal yüzey modeli Agisoft MetaShape programı ile yapılmıştır.

3.3.1 Uçuş Planlama

Uçuş Planlama Mas-GCS programında yapılmaktadır (Şekil 3.6). Planlama kullanılan kameraya göre istenilen görüntü çözünürlüğünde ve bindirme oranlarında arazi topografyasına bakılarak yapılır (Şekil 3.7). Görüntü çözünürlüğüne bağlı olarak İHA'nın uçuş yüksekliği değişmektedir. Hava aracının topografyaya yakınlığı ile yüksek çözünürlüklü görüntüler ortaya çıkmaktadır. Hava aracı ön bindirmesini verilen bindirme oranına göre GPS koordinatları yardımıyla mesafe bazlı olarak fotoğraf çekerek ayarlamaktadır. Yan bindirme ise iki kolon arasındaki mesafe ile belirlenmektedir. Uçuş yüksekliği, yer örnekleme aralığı, uçulacak alana ait boyut vb. gibi bilgiler yazılım üzerinde gösterilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.6 MAS GCS.

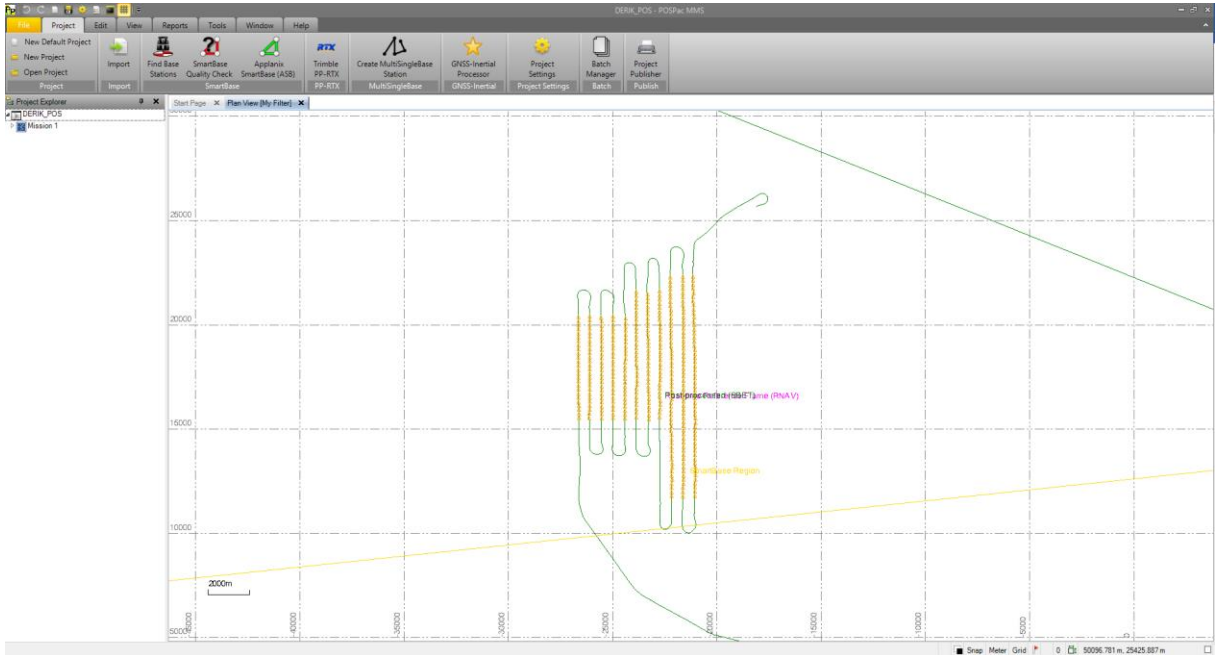


Şekil 3.7 Görev Ayarları.

İşlem Sonucu	
Alan:	5149666 m ²
Mesafe:	49.27 km
Fotograflar Arası Mesafe:	40.1 m
Yer Örnekleme:	5.01 cm
Fotoğraf Sayısı:	1046
Kolon Sayısı:	14
Fotoğraf İzdüşüm Alanı:	302 x 200.5 m
Kolonlar Arası Mesafe:	120.79 m
Uçuş Süresi (yak.):	1:25:32 Hours
Fotoğraf Çekim (yak.):	3.34 Seconds
Arazi Yükseklikleri:	701-1049 m
En Düşük Shutter Hızı:	1/479

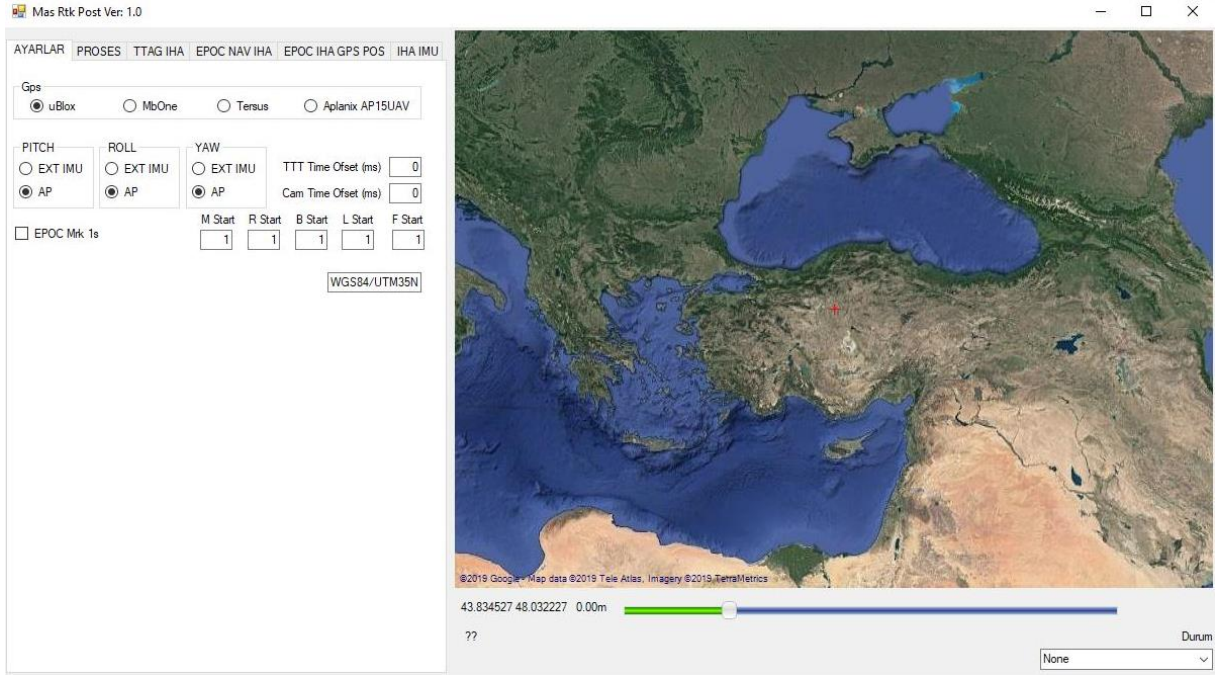
Şekil 3.8 Uçuş Bilgileri.

Hava araçları içerisinde PPK (Post-Process Kinematic) sistemi bulunmaktadır. Uçuş işlemleri bittikten sonra ofis ortamında dengeleme yapılmaktadır. GNSS sistemlerinin kendi yazılımı olan POSPac MMS yazılımı ile yapılır (Şekil 3.9). Çekilen her görüntüye ait konum ve dönüklük bilgileri düzeltmeler getirilerek dengelenir. Dengelenen sonuçlar dış yöneltme elemanları olarak kaydedilir.



Şekil 3.9 POSPac MMS.

İHA sistemi içerisinde MB-ONE GNSS cihazı bulunmaktadır. Sistemin kullanılması MAS Autopilot sistemi ile entegre olarak çalışmaktadır. Kullanılan cihazın verileri RTK-POST yazılımı kullanılarak görüntü orta noktaları oluşturulmaktadır. İHA içerisinde bulunan GNSS sistemi içerisinde bir IMU sistemi bulunmadığı için, ayrı olarak İHA içerisine konumlandırılmış bir IMU sistemi bulunmaktadır. Bu sebeple MAS RTK POST programında görüntüler ile eşleştirilerek orta noktaları ve dönüklükler hesaplanmaktadır (Şekil 3.10).



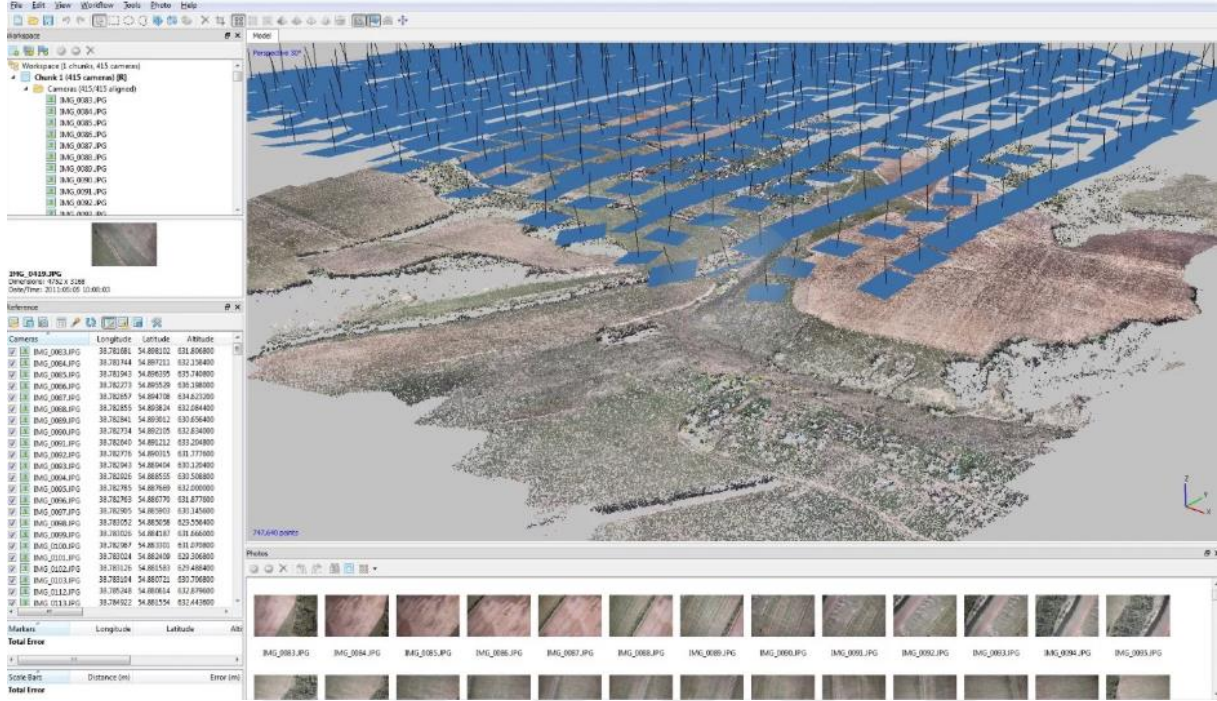
Şekil 3.10 MAS RTK POST.

3.3.2 Fotogrametrik Dengeleme

Çalışmada Şekil 3.11’de gösterilen fotogrametri dengeleme yazılımı olan Agisoft MetaShape programı kullanılmıştır. Agisoft Metashape, dijital görüntülerin fotogrametrik işlemlerini gerçekleştiren ve CBS uygulamalarında, kültürel miras dokümantasyonunda ve görsel efekt üretiminde ve çeşitli ölçeklerdeki nesnelerin dolaylı ölçümlerinde kullanılmak üzere 3B konumsal veri üreten bağımsız bir yazılım ürünüdür.

Son zamanlarda fotogrametrik dengeleme konusunda kullanıcıların geri dönüşleriyle kendini geliştiren yazılım bir çok dengeleme programını geride bırakmış durumdadır. Son kullanıcı için kolay bir kullanım sağlayan program birçok işlemi otomatik yapmaktadır. İçerisinde çalışan algoritmalar sayesinde işlemlerin daha kısa sürede bitmesini sağlamaktadır. Bu

yönüyle yüksek bilgisayar özellikleri gerektirmeden maliyet açısından avantaj durumu oluşturmaktadır.



Şekil 3.11 Agisoft MetaShape.

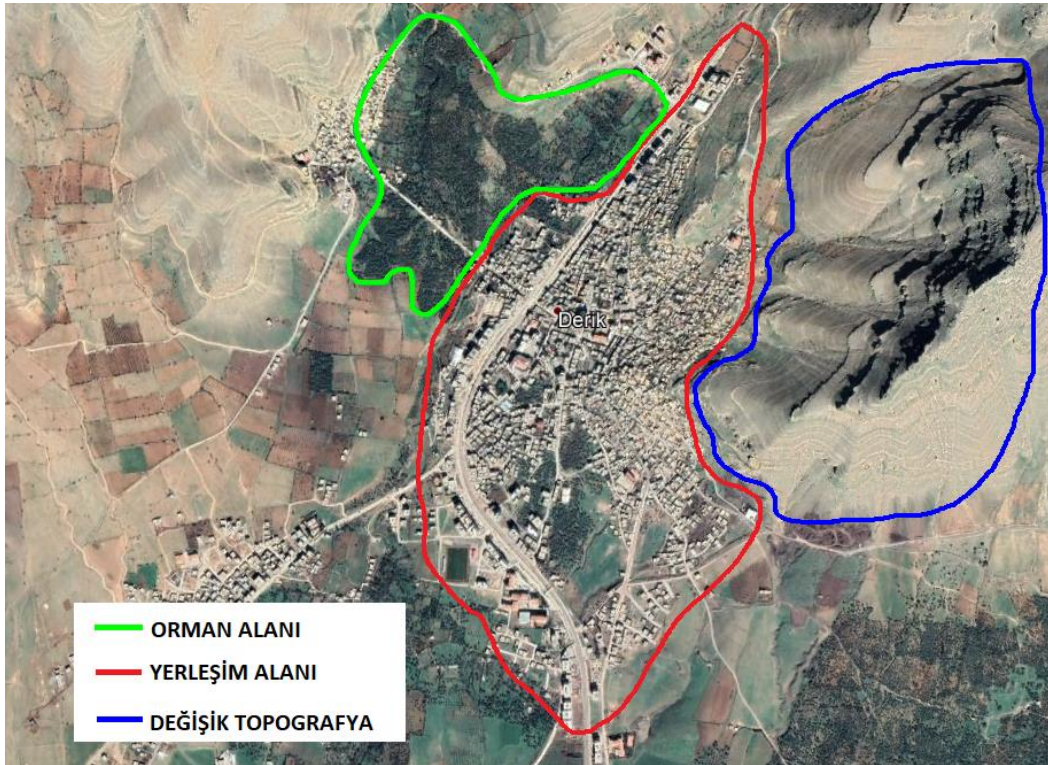
BÖLÜM 4

UYGULAMA

Çalışmanın amacı aynı bölge üzerinde iki farklı platformun sonuç ürünlerinin karşılaştırılması olduğu için iki farklı platformun işlemlerinin tek tek görsel ve yazılı olarak anlatılması bu bölümde olacaktır.

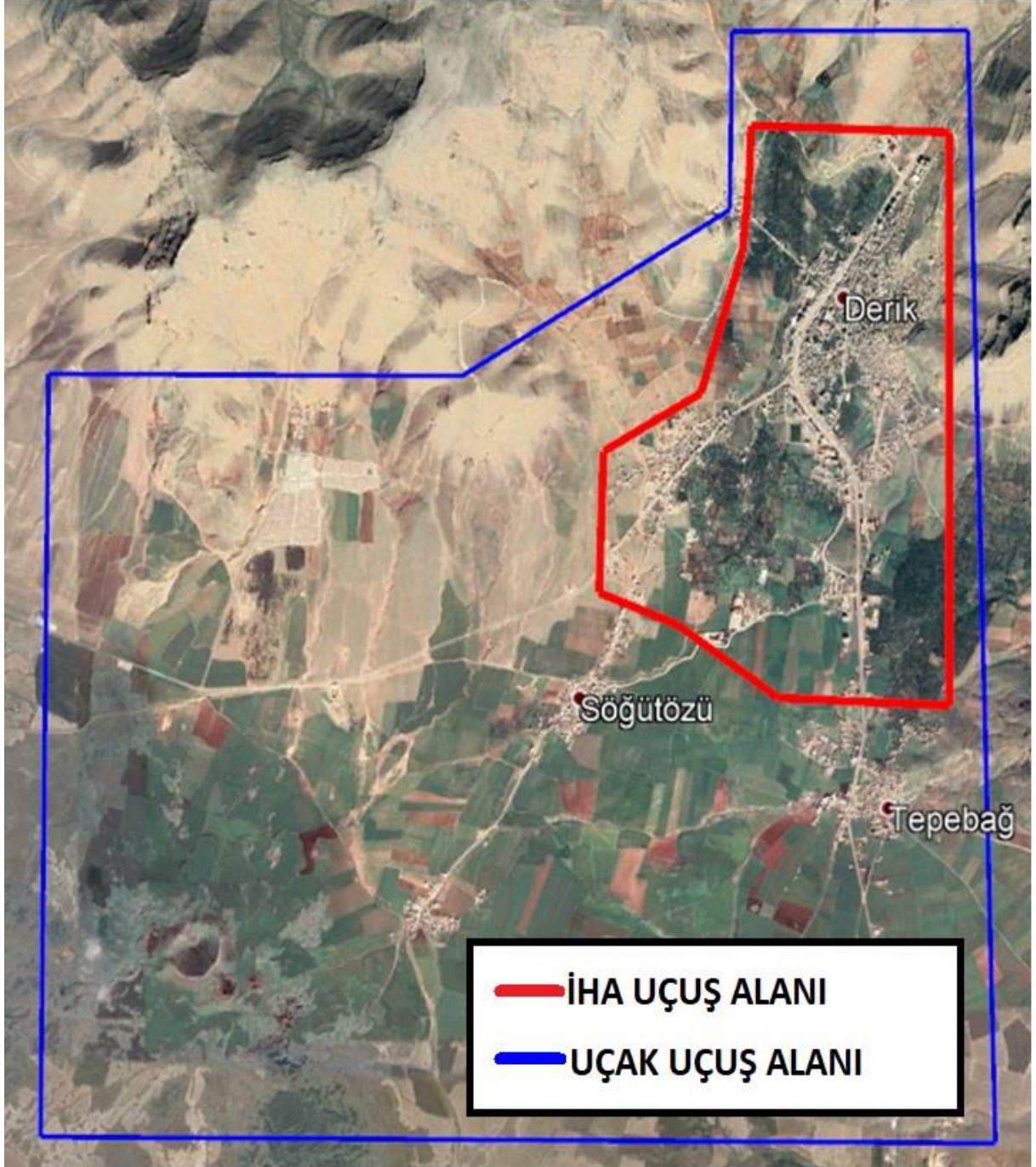
4.1 ÇALIŞMA ALANI

Bu çalışmada Mas Havacılık Çözümleri A.Ş.'nin Mardin ili Derik ilçesinde gerçekleştirdiği uçuşlardan yararlanılmıştır. Bölgenin seçiminde arazi topografyasındaki yükseklik farkları, meskun alanların fazlalığı, yeşil-ağaçlık alanlar ve hidrografik unsurların fazla olması dikkat çekmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 Mardin-Derik Çalışma Alanı.

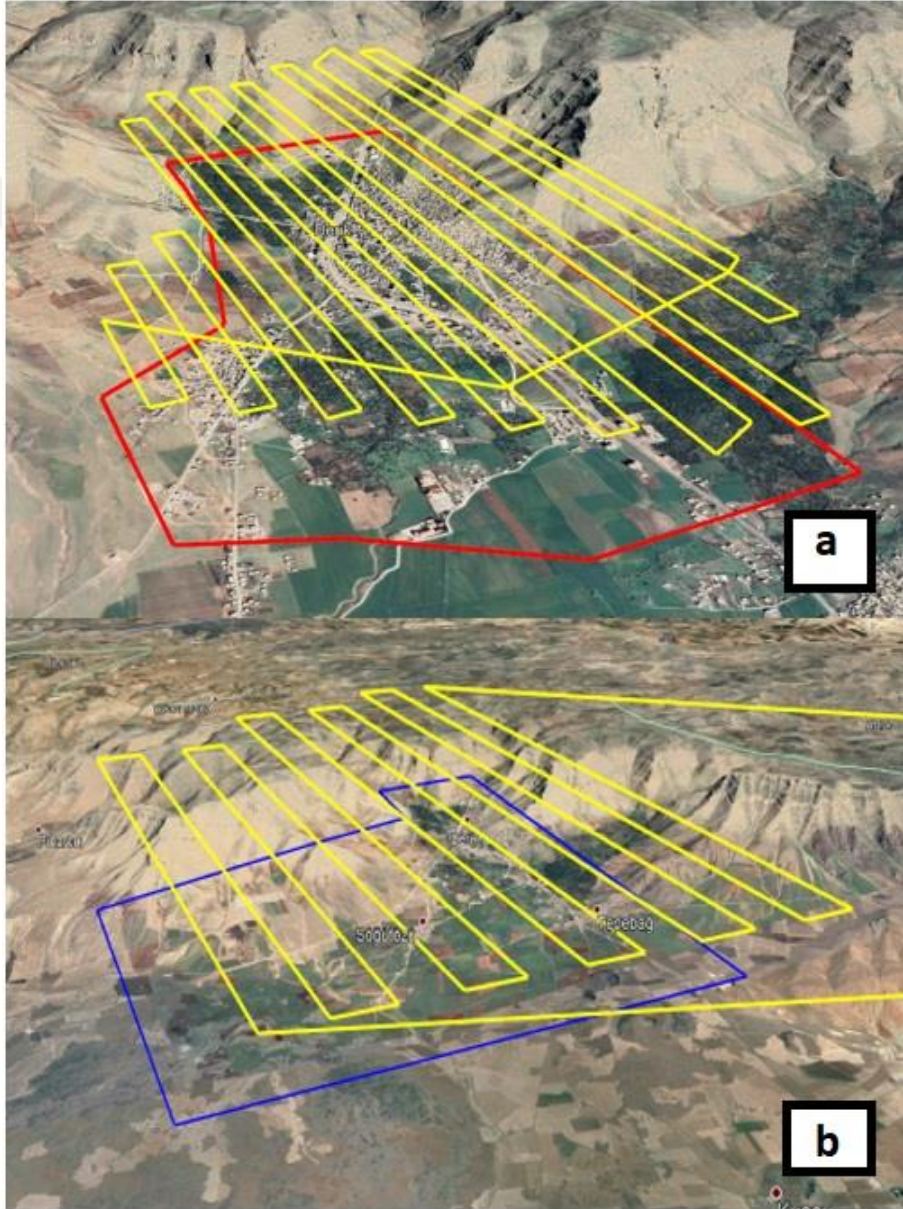
İnsansız hava aracının ve uçak platformunun uçuş alanları ortak olması çalışmamızda doğru analizler yapmamızı sağlamıştır. İHA 545 hektar, uçak ise 3245 hektar alanda uçuş yapmıştır (Şekil.4.2). Karşılaştırma yapacak olduğumuz alan 545 hektardır. İnsansız hava aracı ile 23 Kasım 2017 tarihinde, uçak ile 30 Ocak 2018 tarihinde görüntü alımları yapılmıştır.



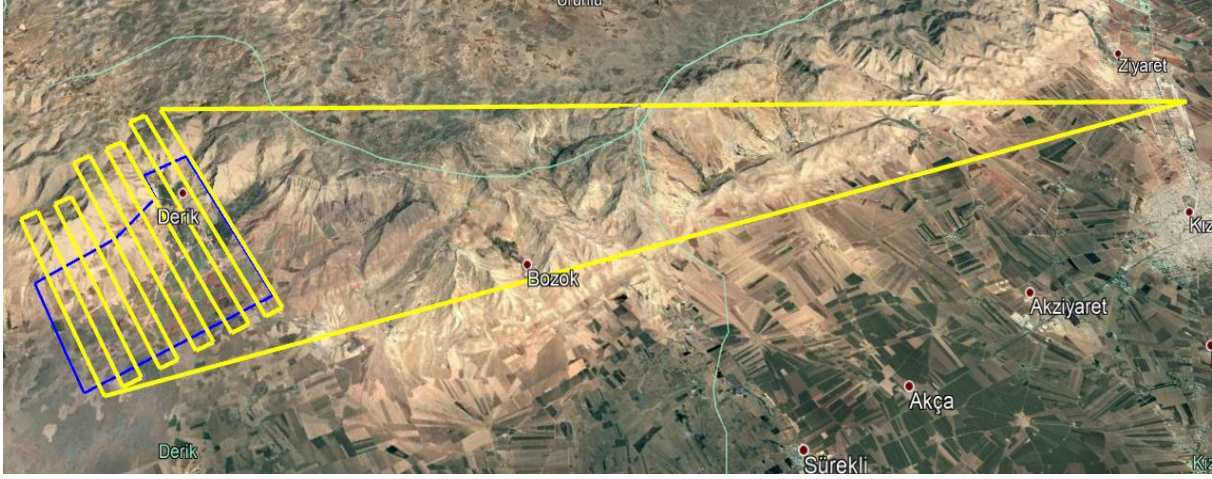
Şekil 4.2 Uçuş Alanları.

4.2 UÇUŞ PLANLAMASI VE GÖRÜNTÜ ALIMI

Hava araçlarına istenilen görüntü çözünürlüğünde ve bindirme oranlarına göre uçuş yapılacak alan ofis ortamında arazi topografyasına bakılarak plan yapılır. Uçak 3245 hektar alanı 9.5 cm yer örnekleme aralığında 11 kolon ile, İHA 545 hektar alanı 5.5 cm yer örnekleme aralığında 19 kolon ile tamamlamıştır (Şekil 4.3). İHA uçuş bölgesinden havalanarak görevini yapmıştır. Uçak ise Mardin havaalanından kalkarak görevinin tamamlamıştır (Şekil 4.4).



Şekil 4.3 a-İHA uçuş kolonları, b-Uçak uçuş kolonları



Şekil 4.4 Uçuş Planı.

Bu çalışma için uçuşların özellikleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Uçuş Özellikleri ve Görüntü alım bilgileri.

HAVA ARACI	UÇUŞ TARİHİ	UÇUŞ SAATİ	UÇUŞ YÜKSEKLİĞİ (m)	YER ÖRNEKLEM ARALIĞI (cm)	UÇUŞ ALANI (ha)	KOLON SAYISI	FOTOĞRAF SAYISI
Uçak	30 Ocak 2018	11:45	950 m	9.5 cm	3245 ha	11	332
İHA	23 Kasım 2017	10:15	300 m	5.5 cm	545 ha	19	1291

Görüntülerin alım tarihleri her ne kadar birbirine yakın tarihler olsada, saatlerinin farklılığı ve çekim yapılan kameraların farklılığı nedeni ile görüntüler üzerinde bir takım farklılıklar olacaktır. Görüntü alım anında platformların yüksekliği görüntünün çözünürlüğünü etkilemektedir. İki görüntü arasındaki farklar gözle görülecek niteliktedir. Görüntüde bulunan çözünürlük farkı sonuç ürünlerine doğruluk açısından yansımaktadır. Şekil 4.5’de görüntüler üzerindeki fark gösterilmiştir.

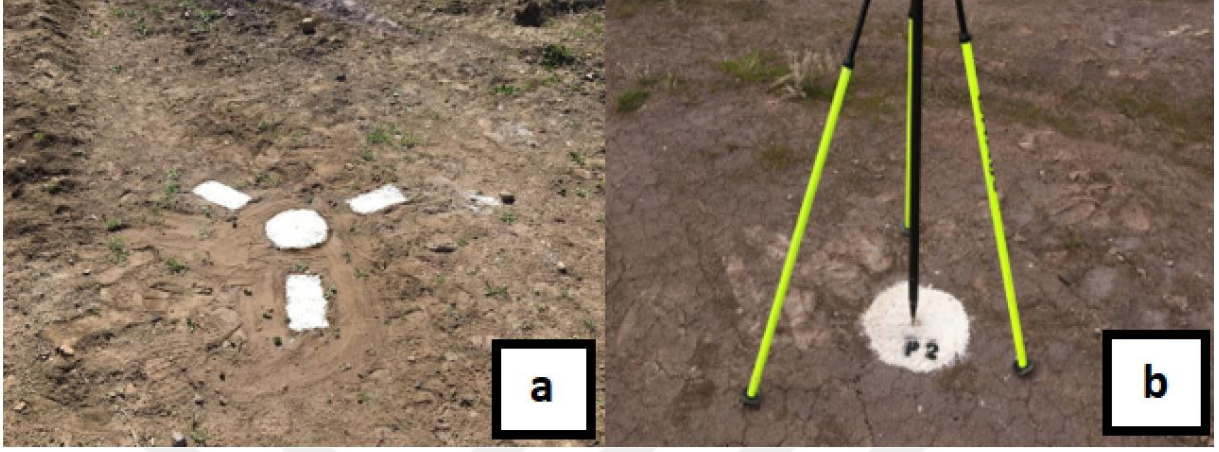


Şekil 4.5 a-İHA'dan alınan Görüntü, b-Uçaktan alınan Görüntü.

4.3 YKN'LERİN BELİRLENMESİ

Yapılacak olan uçuşlardan önce Ortofoto görüntünün ve üç boyutlu modelin koordinatlandırılması amacı ile uçuş alanlarına homojen bir şekilde YKN'ler tesis edilmelidir. Bu noktaların dağılımı uçuş planına bağlı olarak oluşturulan blok plana göre ofis ortamında belirlenir. Belirlenirken uçuş yüksekliği, YÖA dolayısıyla haritanın ölçeği göz önünde bulunularak yer işaretleri seçilmelidir.

Uçuşun özelliklerine göre YKN'lerin şekilleri değişim gösterebilmektedir (Şekil 4.6). Dengeleme yapılırken görüntü üzerinde gözükecek şekilde ve orta noktaları belirle olacak şekilde nokta tesisleri yapılır (Şekil 4.7), (Şekil 4.8).



Şekil 4.6 a-Kanatlı YKN, b-Kanatsız YKN.

Kanatlı YKN görüntü üzerinde noktanın daha kolay bulunması sağlamaktadır. RTK sistemli yapılan uçuşlarda elde edilen görüntülerin orta nokta koordinatları bilindiği için dengeleme sonucunda noktalar görüntü üzerinde kolayca bulunabilmektedir.



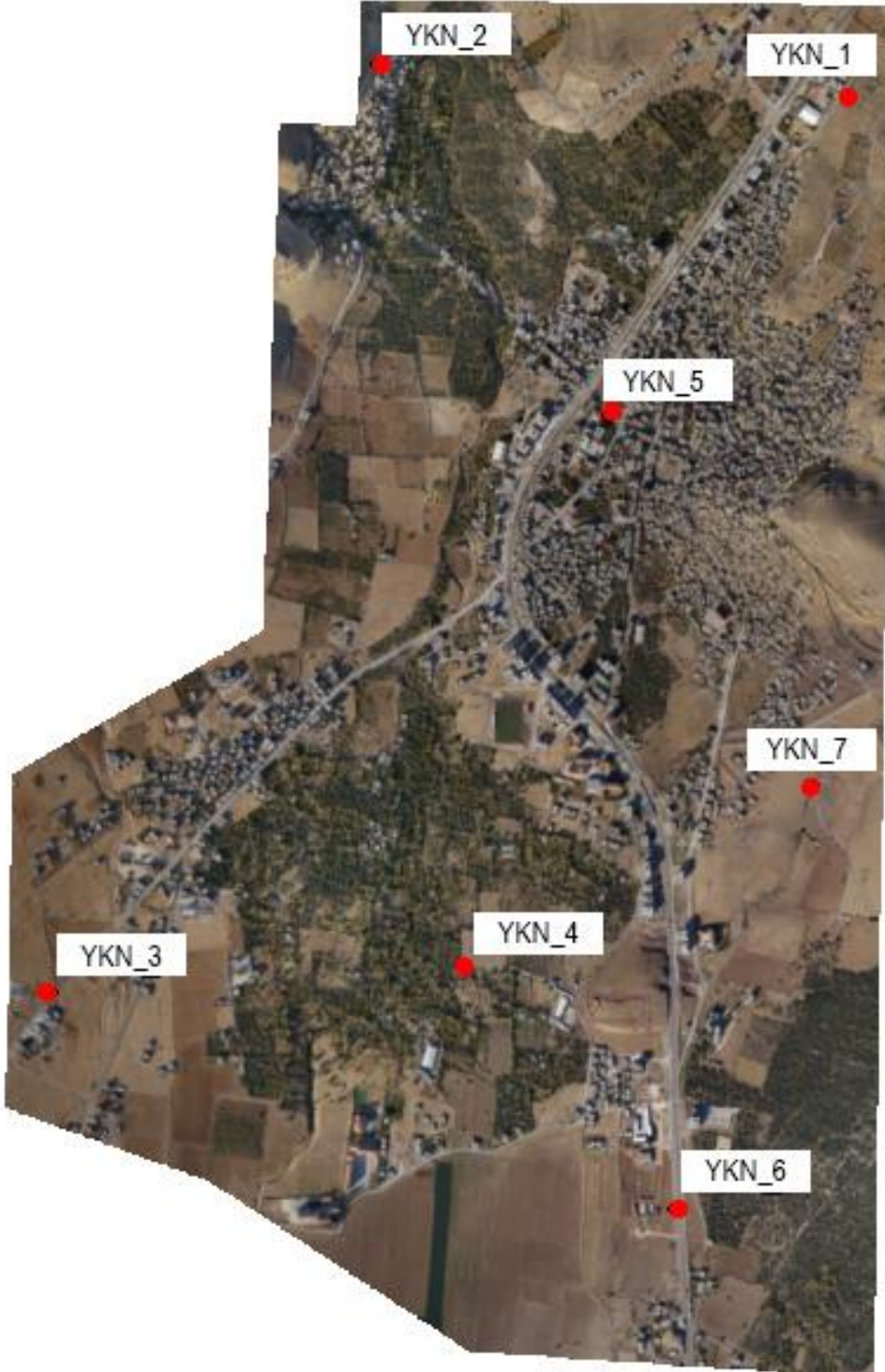
Şekil 4.7 İHA'dan alınan görüntü üzerinde YKN.



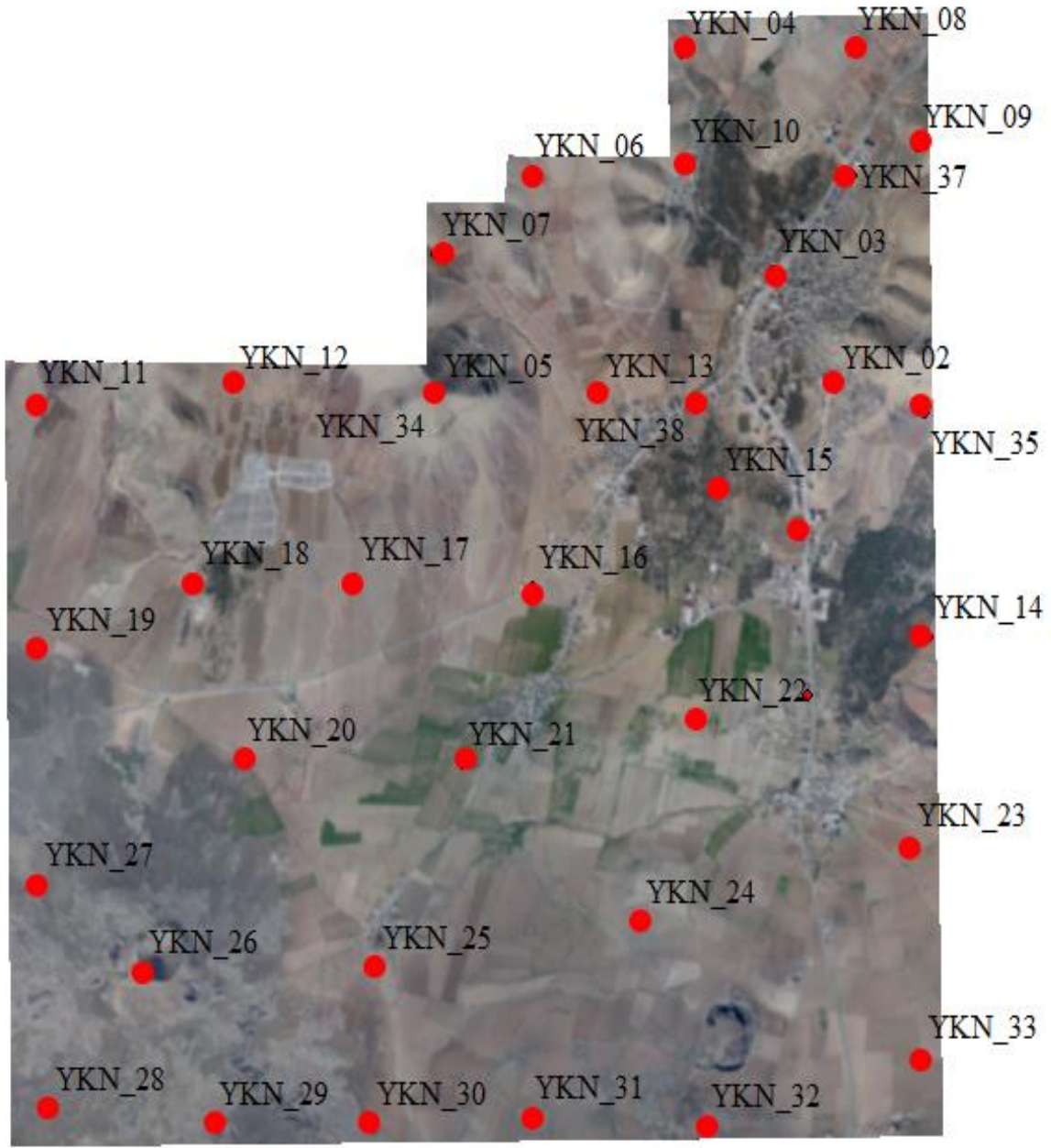
Şekil 4.8 Uçaktan alınan görüntü üzerinde YKN.

Çalışmada İHA ve uçağın yapacak olduğu uçuşlara ayrı ayrı YKN'ler tesis edilmiştir. İHA ile yapılacak olan uçuş için 7 adet nokta işaretlemesi yapılmıştır (Şekil 4.9). Uçak ile yapılacak olan uçuş için 38 adet YKN tesis edilmiştir (Şekil 4.10).

YKN'lerin kullanılması geometrik olarak yapılacak düzeltmeler için önemlidir. Her ne kadar uçuşlar RTK sistemli hava araçları ile yapılmış olsada YKN kullanılarak dengelemelerin daha hassas ve yüksek doğruluklu olmaları sağlanmıştır. YKN'lerin jeodezik olarak ölçüm hassasiyeti projenin hassasiyeti ile doğru orantılıdır. Jeodezik ölçümler sırasında yapılacak bir ölçüm hatası dengelemeyi etkilemekle birlikte sonuç ürünleri üzerinde önemli etkisi olmaktadır.



Şekil 4.9 İHA'uçuşu için tesis edilmiş YKN'ler.



Şekil 4.10 Uçak için tesis edilmiş YKN'ler.

Homojen olarak dağıtılmış bu noktalar Cors sistemi ile bir saat arayla iki kez ölçümler yapılarak, yapılan ölçümlerin ortalaması alınarak koordinatları oluşturulmuştur. Uçuş zamanları farklı olduğu için her uçuşa ait ayrı ayrı nokta tesisi ve ölçümü yapılmıştır. İHA ve uçak için ölçülen YKN'lerin WGS84 datumunda koordinatları Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 İHA uçuşu için tesis edilmiş YKN'ler.

YKN Numarası	Y/SAĞA(M)	X/YUKARI(M)	h/YÜKSEKLİK(M)
YKN_1	612887.496	4138525.436	848.635
YKN_2	611689.354	4138599.293	847.549
YKN_3	610862.210	4136238.397	724.101
YKN_4	611917.688	4136296.232	731.096
YKN_5	612278.180	4137704.692	803.006
YKN_6	612445.352	4135687.949	712.006
YKN_7	612795.972	4136762.808	781.552

Çizelge 4.3 Uçak için tesis edilmiş YKN'ler.

YKN Numarası	Y/SAĞA(M)	X/YUKARI(M)	h/YÜKSEKLİK(M)
YKN_01	612377.979	4136282.132	774.544
YKN_02	612620.376	4137146.033	825.444
YKN_03	612199.604	4137843.811	825.383
YKN_04	611596.066	4139135.304	894.726
YKN_05	609967.571	4137096.060	1038.764
YKN_06	610582.398	4138413.772	921.584
YKN_07	609957.038	4137943.570	932.276
YKN_08	612732.013	4139165.445	928.894
YKN_09	613164.834	4138577.870	933.349
YKN_10	611617.320	4138494.474	889.000
YKN_11	607273.367	4137054.896	741.131
YKN_12	608608.840	4137150.803	832.587
YKN_13	611049.350	4137090.993	799.076
YKN_14	613241.328	4135665.590	756.539
YKN_15	611836.483	4136544.701	765.127
YKN_16	610602.712	4135952.201	731.356
YKN_18	608351.901	4135979.631	718.124
YKN_19	607327.924	4135583.784	656.598
YKN_20	608660.241	4134923.712	662.062
YKN_21	610134.770	4134902.162	677.668
YKN_22	611665.665	4135168.392	716.151
YKN_23	613122.079	4134423.733	744.878
YKN_24	611325.177	4133962.446	691.137

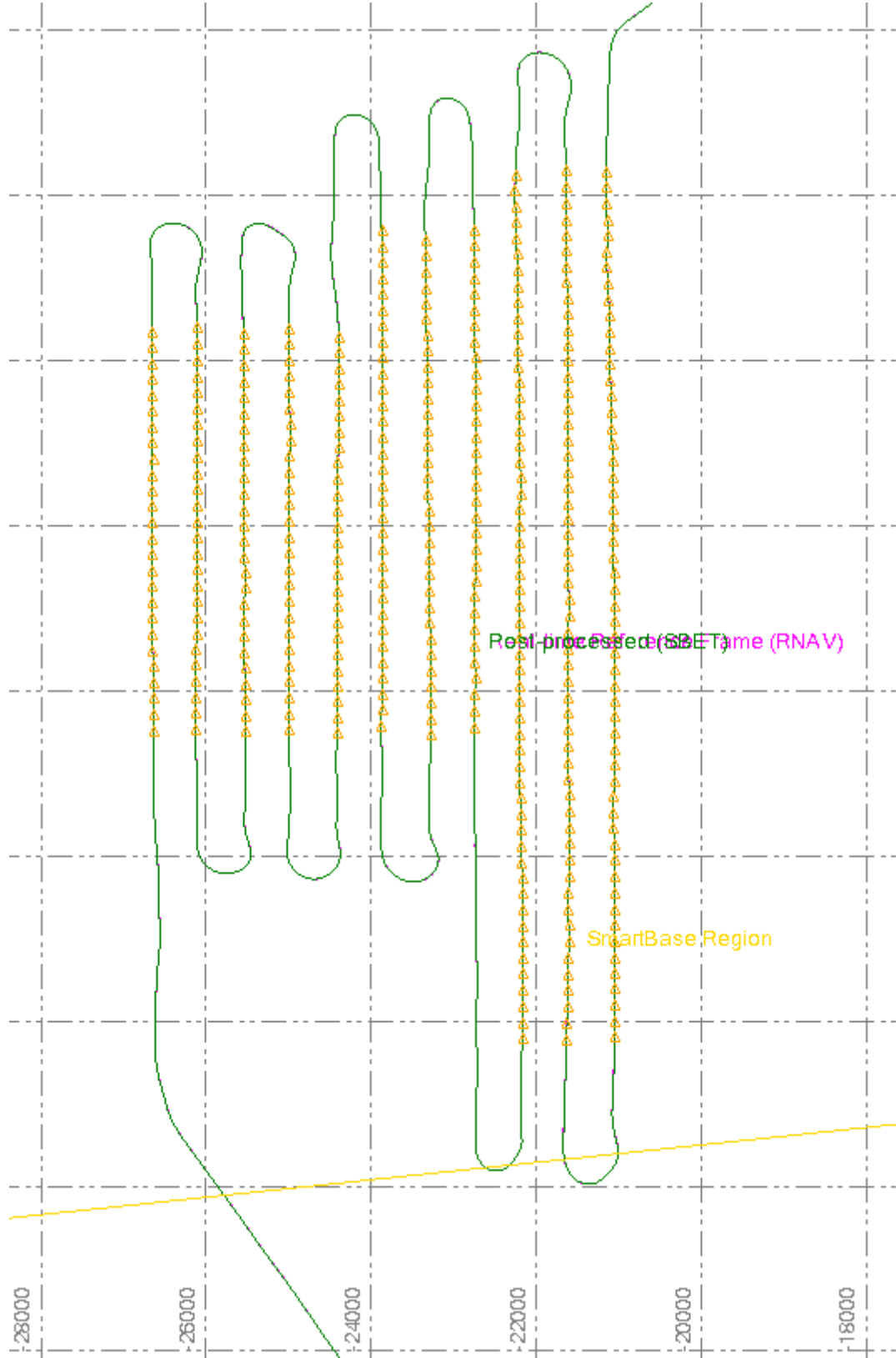
Çizelge 4.3 (devam ediyor)

YKN Numarası	Y/SAĞA(M)	X/YUKARI(M)	h/YÜKSEKLİK(M)
YKN_25	609556.353	4133692.745	648.191
YKN_26	607999.578	4133668.679	747.502
YKN_27	607309.023	4134184.596	677.893
YKN_28	607387.380	4132849.098	661.691
YKN_29	608476.020	4132759.203	658.990
YKN_30	609530.002	4132761.597	640.539
YKN_31	610576.699	4132797.937	661.120
YKN_32	611748.905	4132756.456	731.824
YKN_33	613200.062	4133163.450	729.614
YKN_34	609952.215	4137091.197	1039.739
YKN_35	613219.587	4136996.273	882.117
YKN_36	612438.063	4135318.423	736.915
YKN_37	612729.006	4138405.401	856.549
YKN_38	611673.678	4137073.876	781.803

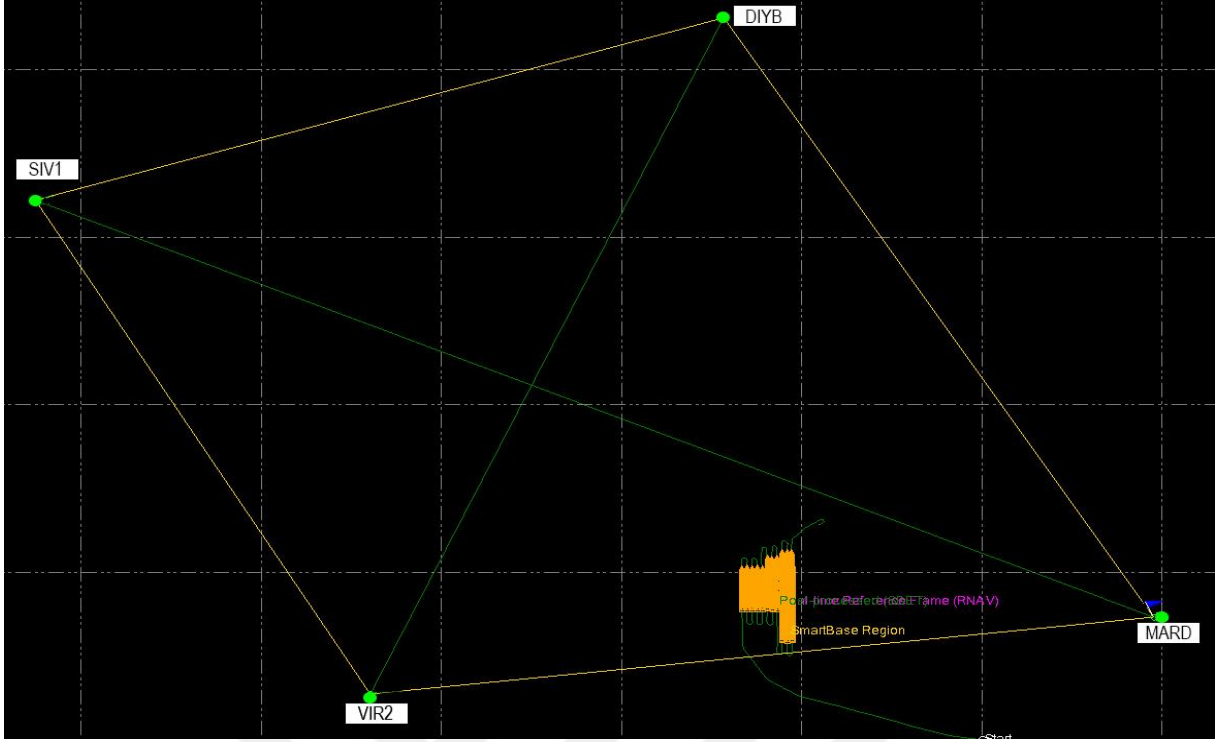
4.4 GÖRÜNTÜ KOORDİNATLARININ OLUŞTURULMASI

Hava araçları üzerindeki kullanılan GNSS/INS sistemleri kendi yazılımları kullanılarak dengeleme yapılmaktadır. Uçağın içerisinde bulunan Applanix GNSS/INS alıcısı kendi yazılımı olan POSpac MMS ile çözümlenmektedir.

Uçaktan alınan ham GPS dosyaları program içerisine yüklenerek işleme başlanmaktadır (Şekil 4.11). Daha sonra bölgedeki TUSAGA-AKTİF sistemden “Diyarbakır, Mardin, Siverek, Viranşehir” isyasyonlarının o güne ait RINEX verileri indirilir ve program içerisine yüklenir (Şekil 4.12).

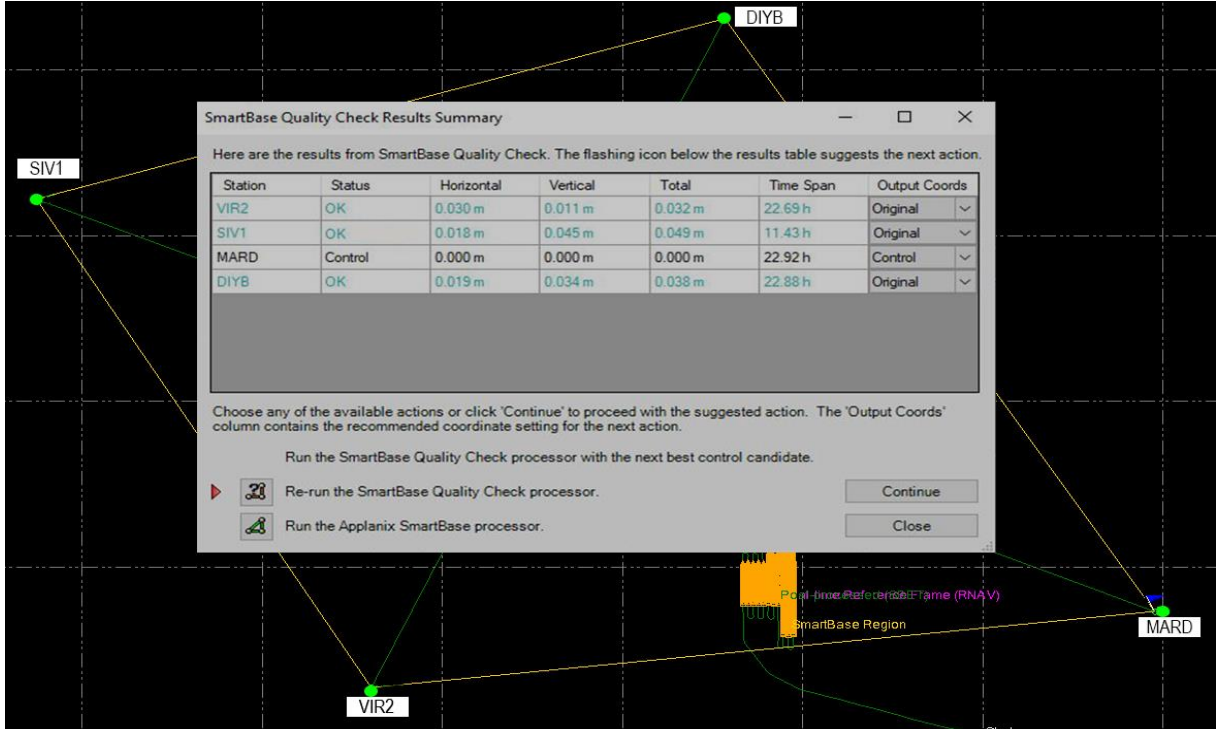


Şekil 4.11 Yüklene GPS Ham dosyası.



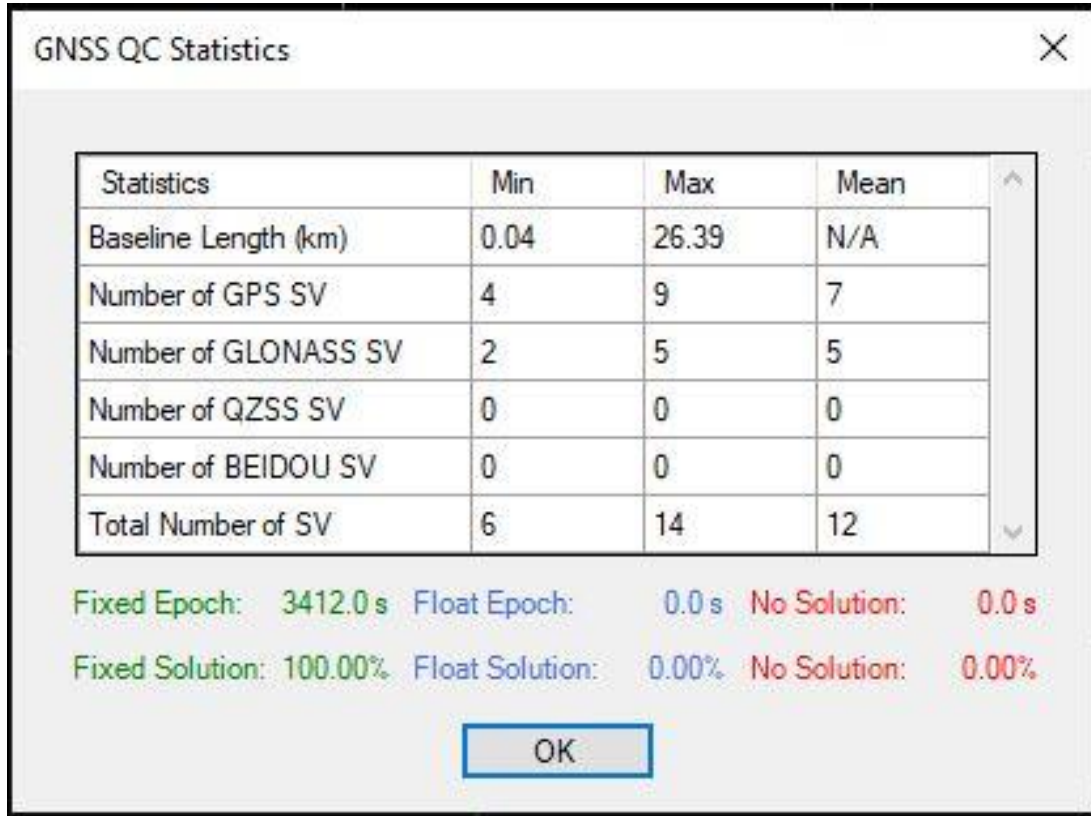
Şekil 4.12 TUSAGA-AKTİF İstasyonları.

İstasyonlar yüklendikten sonra uçuş bölgesine en yakın istasyonu kontrol istasyonu olarak diğer istasyonlar ile uyumunu için işlem yapılır (Şekil 4.13).



Şekil 4.13 Hassasiyet Kontrolü.

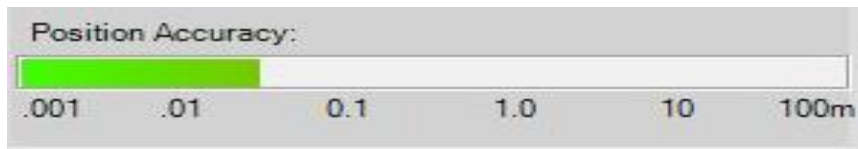
Diğer istasyonların uçuştan gelen ham datalar ile uyuşumu Şekil 4.14.'de gösterilmiştir.



Şekil 4.14 GPS uyuşum sonucu.

Yapılan dengeleme işleminde uçak üzerindeki GPS ile uydular arasındaki belirsizlik çözünürlüğü olarak bilinen bu işlem, radyo dalga boylarının kesin sayısını hesaplamak için karmaşık bir matematiksel formül veya algoritma kullanır ve sabit ya da değişken bir çözüm sunar. Uydular ile olan bu bağlantının kalitesini bu ekranda görülür.

Program içerisinde otomatik işlem yaptırılarak sonuç koordinatlar ve dönüklükler otomatik hesaplanmaktadır. Bu hesaplanan koordinatların hassasiyetini program sonuç olarak göstermektedir. Mevcut çalışmada, program yaklaşık 5cm bir hata göstermektedir (Şekil 4.15).

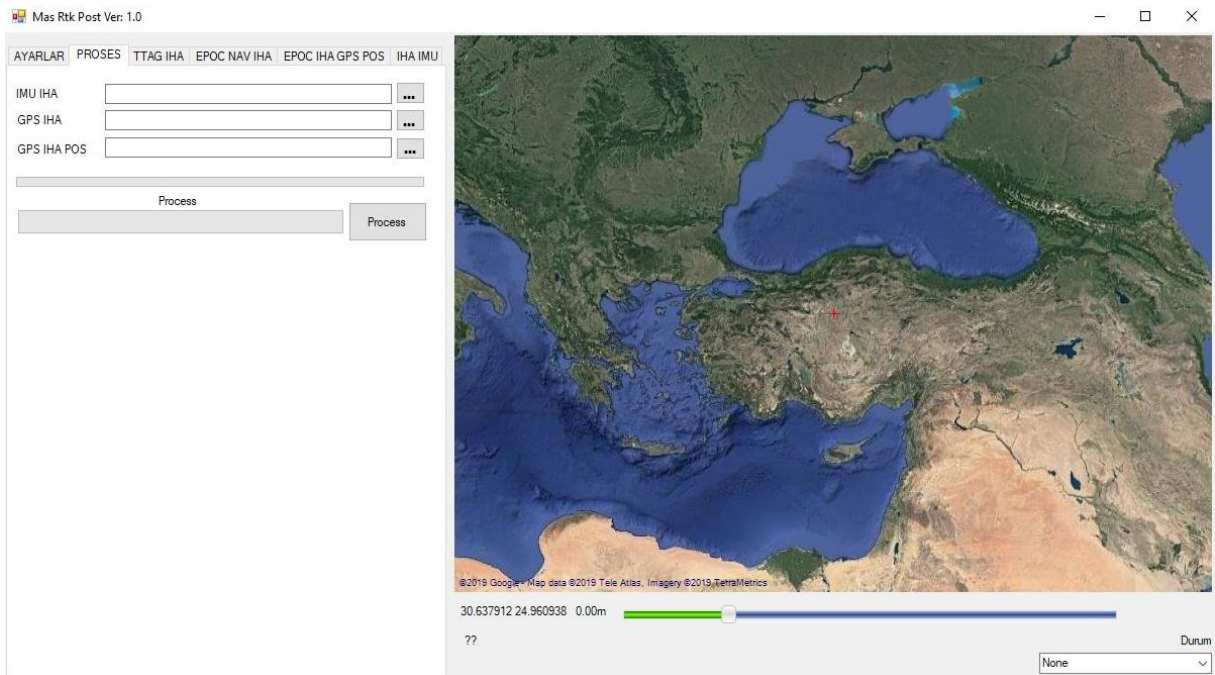


Şekil 4.15 Koordinat Hassasiyeti.

Her görüntüye ait X, Y, Z, Omega, Phi, Kappa ve hassasiyetleri dışa aktarılır.

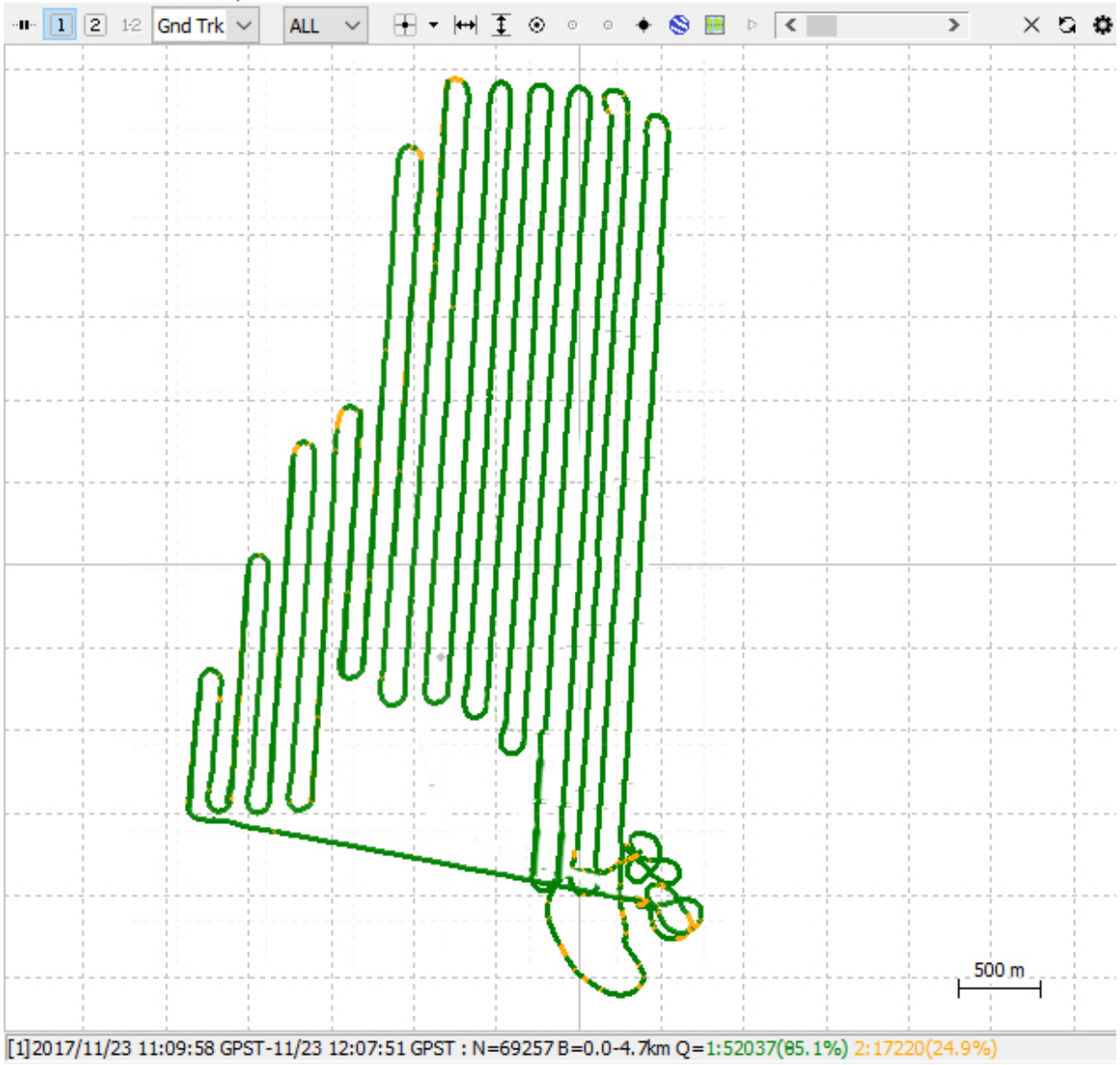
İHA içerisinde bulunan GPS cihazının datalarının çözümü MAS RTK POST yazılımı ile yapılır. İHA ile uçuş yapılırken yere sabit bir GPS istasyonu kurulur. Bu herhangi baz kaydı yapabildiği bir jeodezik GPS olabilir.

İHA uçuşa başlamadan sabit kurulan cihazın data toplamaya başlaması gerekmektedir. Datalar ofis ortamında dengelenerek görüntü orta noktaları oluşturulur (Şekil 4.16).



Şekil 4.16 İHA RTK çözümü.

Çözüm sonucu %85.1 oranında uydular ile uyumlu bir sonuç elde edilmiştir. Bu uyum bizim koordinat hassasiyetimizi etkilemektedir. GPS alıcı antenin ölçüm anında etrafında yüksek ağaç, bina, tepe gibi yapıların olmaması uydular bağlantısını etkilememektedir. Bu da bizim daha sağlıklı koordinatlar oluşturmamızı sağlamaktadır (Şekil 4.17).



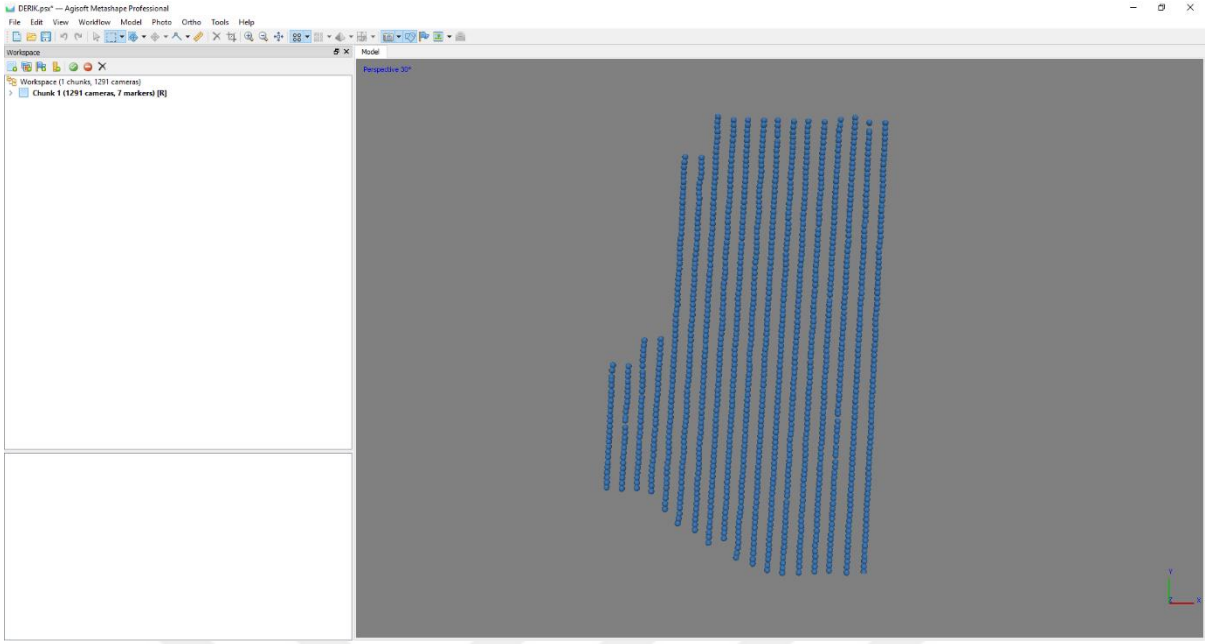
Şekil 4.17 İHA GPS çözüm sonucu.

Çıkan sonuç dosya MAS RTK POST ile işlenerek dış yöneltme elemanlarını oluşturur.

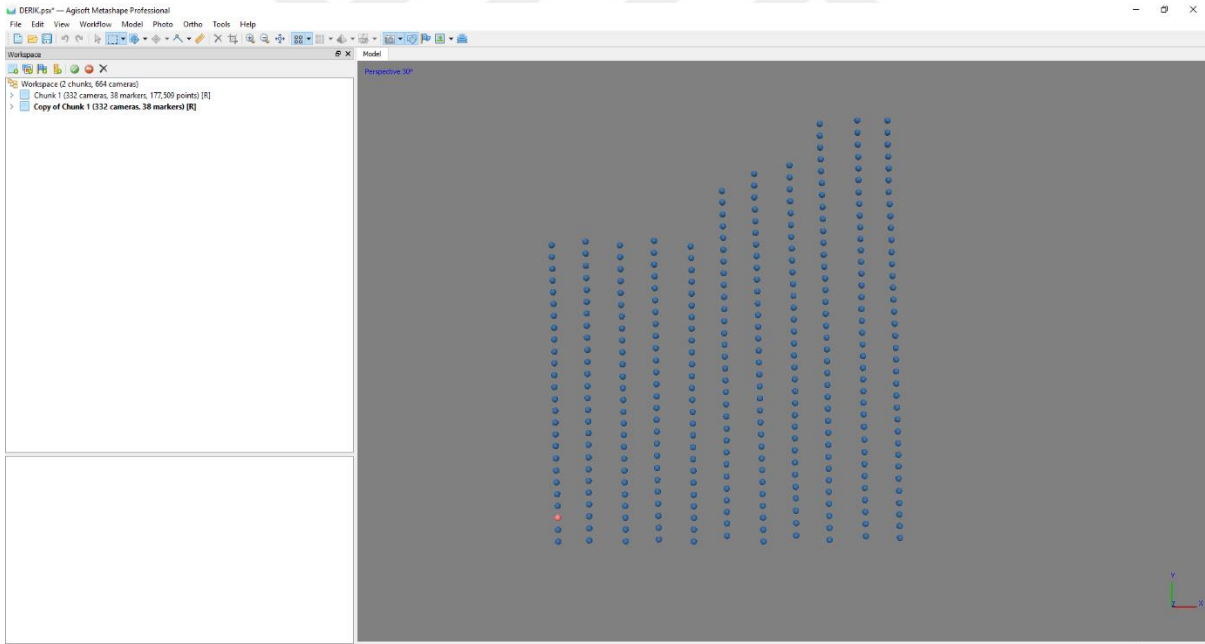
Görüntüler ve dış yöneltme elemanları hazırlandıktan sonra fotogrametrik dengeleme işlemleri başlar.

4.5 GÖRÜNTÜLERİN İŞLENMESİ

Hava araçlarından elde edilen görüntüler Agisoft MetaShape yazılımına yüklenir (Şekil 4.18, Şekil 4.19).



Şekil 4.18 İHA görüntülerinin yüklenmesi.



Şekil 4.19 Uçak görüntülerinin yüklenmesi.

Görüntüler yüklendikten sonra dış yöneltme elemanları yüklenerek dengeleme işlemine başlanır (Şekil 4.20, Şekil 4.21). Yükleme esnasında çalışacak olduğumuz koordinat sistemi ayarlanır.

Import CSV

Coordinate System: TUREF / TM39 (EPSG::5257)

Rotation angles: Yaw, Pitch, Roll

Ignore labels

Threshold (m): 0.1

Delimiter: Tab, Semicolon, Comma, Space, Other:

Combine consecutive delimiters

Columns:

Label: 1 Accuracy

Easting: 2 15 Accuracy

Northing: 3 16 Accuracy

Altitude: 4 17 Accuracy

Yaw: 5 18 Accuracy

Pitch: 6 19 Accuracy

Roll: 7 20 Accuracy

Enabled flag: 10

Start import at row: 1

Items: All

First 20 lines preview:

Label	Easting	Northing	Altitude	Yaw	Pitch	Roll
#	CoordinateSyst...	PROJCS["TUREF	/	TM39",GEOGCS...	National	Referer
#Label	X/Easting	Y/Northing	Z/Altitude	Yaw	Pitch	Roll
MA100031....	612842.296028	4135248.343238	1133.084968	1.400000	1.600000	-0.3000
MA100032....	612842.848779	4135274.186376	1132.516588	1.700000	-1.600000	-2.8000
MA100033....	612843.820317	4135316.342308	1131.388198	2.700000	3.000000	2.1000
MA100034....	612847.293047	4135359.242678	1131.097828	6.200000	1.800000	-4.3000
MA100035....	612848.978961	4135395.096780	1131.351118	1.600000	5.200000	-4.6000
MA100036....	612849.056562	4135438.823170	1131.847158	2.300000	4.400000	3.1000
MA100037....	612852.126120	4135478.824801	1132.315648	6.500000	2.800000	-3.0000
MA100038....	612855.356412	4135521.786686	1132.233818	3.700000	4.900000	-4.1000
MA100039....	612857.416556	4135558.565857	1131.980988	4.400000	2.100000	-0.9000

OK Cancel

Şekil 4.20 İHA verilerinin yüklenmesi.

Import CSV

Coordinate System: TUREF / TM39 (EPSG::5257)

Rotation angles: Omega, Phi, Kappa

Ignore labels

Threshold (m): 0.1

Delimiter: Tab, Semicolon, Comma, Space, Other:

Combine consecutive delimiters

Columns:

Label: 1 Accuracy

Easting: 2 15 Accuracy

Northing: 3 16 Accuracy

Altitude: 4 17 Accuracy

Omega: 5 18 Accuracy

Phi: 6 19 Accuracy

Kappa: 7 20 Accuracy

Enabled flag: 10

Start import at row: 1

Items: All

First 20 lines preview:

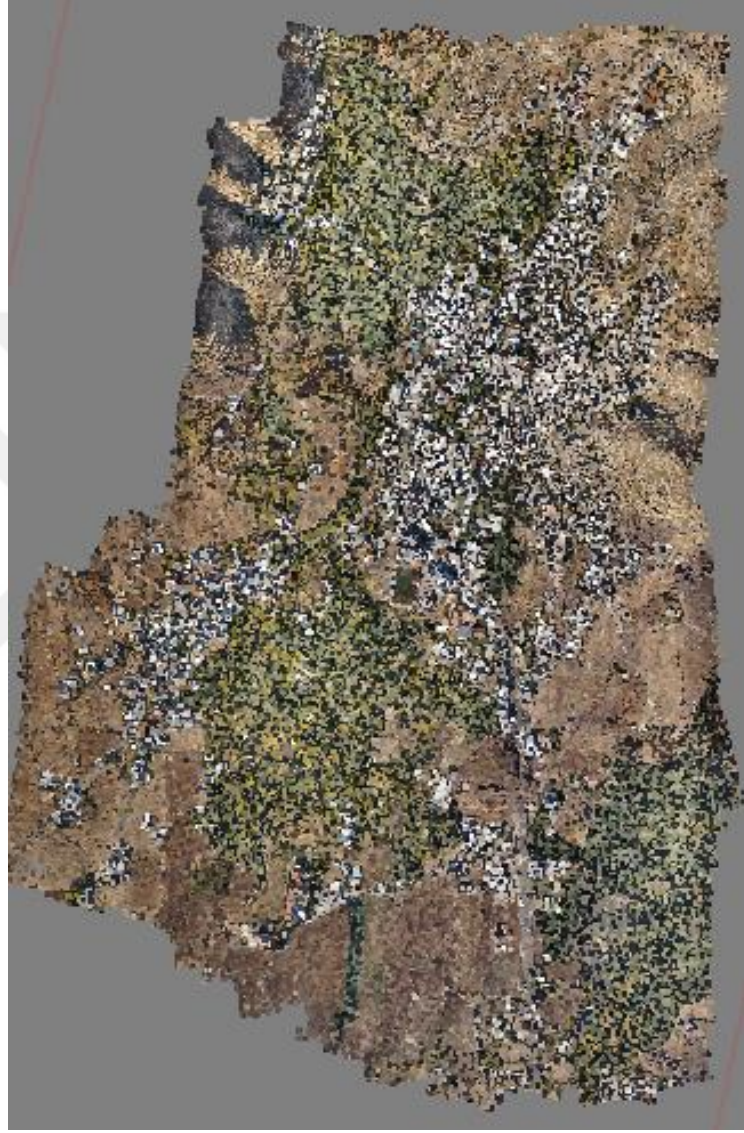
Label	Easting	Northing	Altitude	Omega	Phi	Kappa
MicroAerial...	WGS84	TM39_3	Id	X	Y	Ort.Z
CF069902.JPG	607545.023	4132517.388	1649.169	-5.113985	3.263649	1.437412
CF069903.JPG	607541.969	4132709.824	1649.891	-0.385557	0.035349	0.490795
CF069904.JPG	607538.781	4132906.795	1649.607	0.112982	0.276889	1.093967
CF069905.JPG	607532.658	4133098.193	1649.425	0.306538	-0.410548	4.490436
CF069906.JPG	607526.980	4133290.747	1650.662	0.206790	0.039184	3.052034
CF069907.JPG	607517.076	4133481.882	1651.229	-0.034386	-0.085898	2.867958
CF069908.JPG	607511.864	4133672.671	1647.238	0.031764	0.092069	2.394748
CF069909.JPG	607506.651	4133872.577	1646.922	-0.048368	0.178159	1.069675
CF069910.JPG	607502.280	4134072.006	1647.526	-0.081189	0.154984	2.437576
CF069911.JPG	607499.896	4134262.393	1646.441	0.006536	0.139789	1.012481
CF069912.JPG	607497.142	4134453.743	1643.319	-0.028627	0.022656	1.301601
CF069913.JPG	607494.954	4134644.660	1639.980	-0.050281	0.120476	1.605375

OK Cancel

Şekil 4.21 Uçak verilerinin yüklenmesi.

Uçakta kullanılan kamera, metrik kamera olduğu için laboratuvar şartlarında kalibrasyonları yapılarak odak uzaklığı sabit tutulmuş distorsiyondan kaynaklı hatalar giderilmiştir. İHA'da ise metrik olmayan kamera kullanılmıştır. Bu sebeple kamera kalibrasyonu YKN'leri işaretlendikten sonra netleşecektir.

Dengelemenin ilk adımı olan görüntüleri bağlama işlemi otomatik yapılmaktadır. İHA görüntülerinin bağlamak için 732930 nokta, uçak görüntüleri için 177509 nokta otomatik olarak atılmıştır. Noktaların fazlalığı görüntü çözünürlüğüyle alakalıdır. Bağlanan noktalardan seyrek nokta bulutu oluşturulur (Şekil 4.22, Şekil 4.23).



Şekil 4.22 İHA görüntülerinin seyrek nokta bulutu.



Şekil 4.23 Uçak görüntülerinin seyrek.

Görüntüleri bağlama işlemi bittikten sonra YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi gerekmektedir. Buradaki sonuçlar tamamen jeodezik olarak ölçülmüş noktaların hassasiyetine bağlıdır. Fotoğraflar koordinatlı ve dönüklükleri bilindiği için YKN'ler yaklaşık yerlerine gitmiştir.

Programda hangi nokta seçili ise o noktayı gören görüntüler ayrı olarak gösterilmektedir (Şekil 4.24). Bu bizim dengelemeyi daha kolay yapmamızı sağlamaktadır.

Markers	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)	Accuracy (m)	Error (m)	Projections
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_1	612887.496000	4138525.436000	848.635000	0.005000	0.001671	16
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_2	611689.354000	4138599.293000	847.549000	0.005000	0.001310	5
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_3	610862.210000	4136238.397000	724.101000	0.005000	0.002422	13
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_4	611917.688000	4136296.232000	731.096000	0.005000	0.004843	18
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_5	612278.180000	4137704.692000	803.006000	0.005000	0.003188	10
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_6	612445.352000	4135687.949000	712.006000	0.005000	0.001660	25
<input checked="" type="checkbox"/> YKN_7	612795.972000	4136762.808000	781.552000	0.005000	0.003685	19

Total Error

Control points 0.002935

Check points



Şekil 4.24 Seçilen noktayı gören görüntüler.

Görüntüler üzerinde noktanın gerçekte koordinatlarının alındığı yer işaretlenir (Şekil 4.25). Tüm noktaların işaretlenmesi bittikten sonra dengelenme işlemi tamamlanmış olmaktadır. Artık gerekli düzeltmeleri yapılmış sonuç ürünlerini üretebileceğimiz fotogrametrik projeler oluşmuştur.



Şekil 4.25 Nokta İşaretlenmesi.

4.6 YOĞUN NOKTA BULUTU

Dengeleme işlemi bittikten sonra, yoğun nokta bulut işlemine geçilir. Program bu işlemi otomatik yapmaktadır. Görüntü sayısının miktarı ve kullanılan bilgisayarın gücüne göre bu işlem uzun sürmektedir. İşlem bittikten sonra yaklaşık olarak, İHA için 870.000.000, Uçak için 1.350.000.000 nokta toplamıştır (Şekil 4.26), (Şekil 4.27).



Şekil 4.26 İHA Yoğun Nokta Bulutu, a-genel görünüm.



Şekil 4.26 (devam ediyor).



Şekil 4.27 Uçak Yoğun Nokta Bulutu, a- genel görünüm.

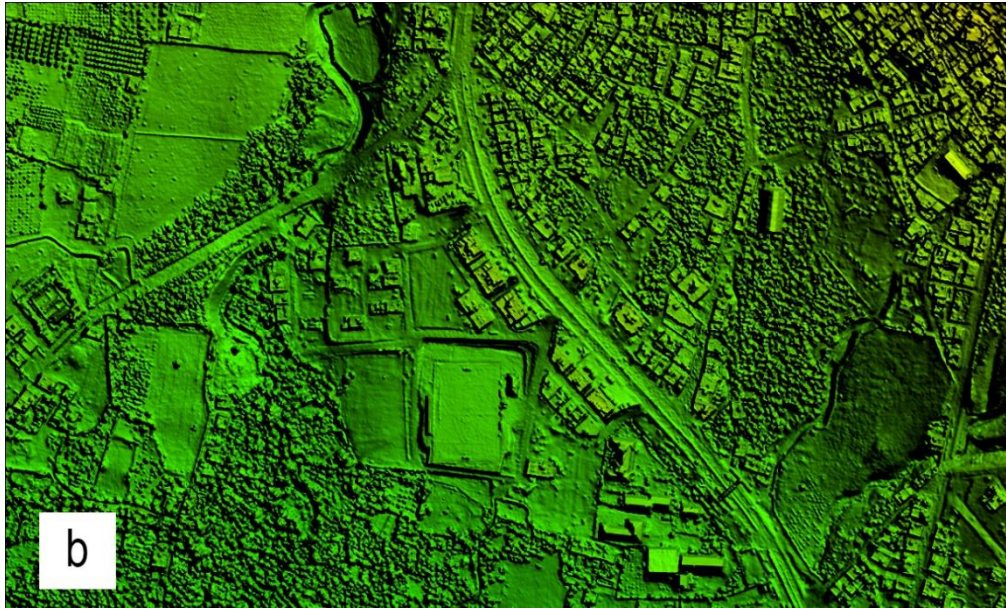
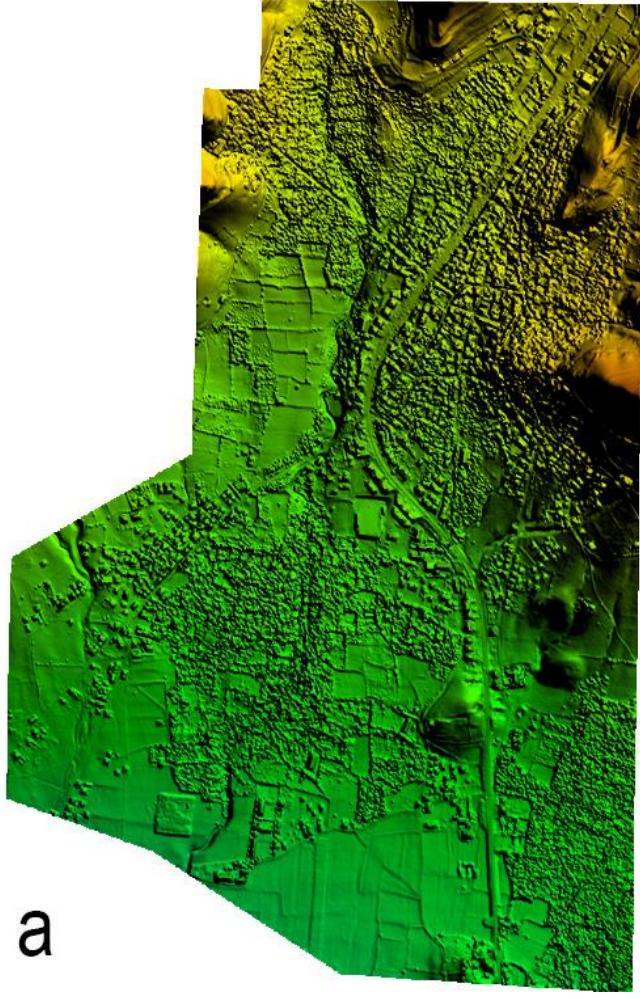


Şekil 4.27 (devam ediyor).

4.7 SAYISAL YÜZEY MODELİ (SYM)

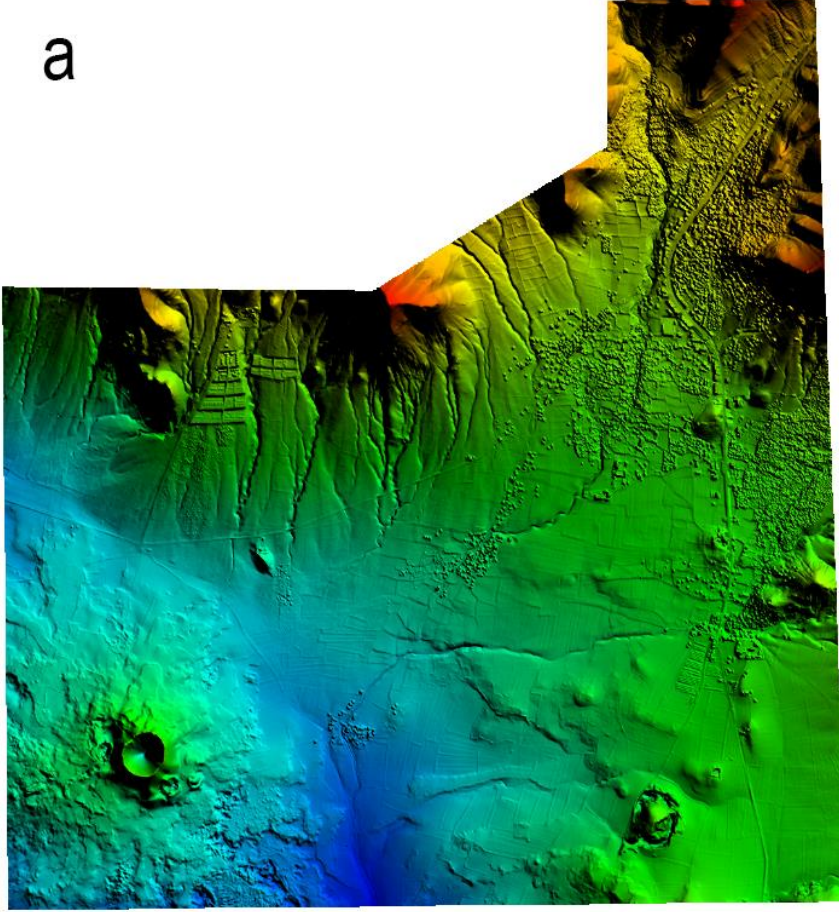
Yoğun nokta bulutu işlemleri sonrasında SYM oluşturulur. SYM yoğun nokta bulutu kullanılarak oluşturulur. Uçaktan gelen datalarda alanın büyük olması sebebiyle SYM üretim zamanı olarak İHA'ya göre daha uzun sürmüştür.

SYM'nin tanımında yeryüzünde bulunan tüm objelerin konumu ve yükseklik bilgisi olduğu için nokta bulutuna herhangi bir sınıflandırma yapılmadan doğrudan üretimi yapılmıştır (Şekil 4.28), (Şekil 4.29).

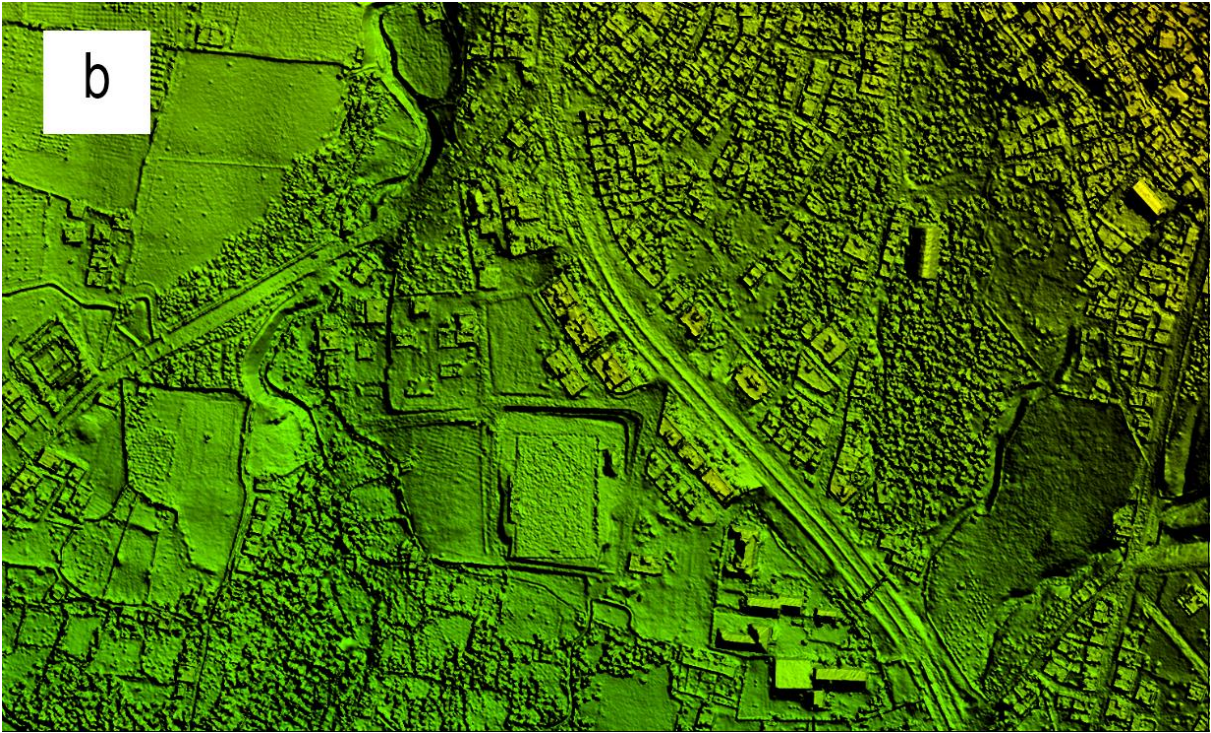


Şekil 4.28 İHA verilerinden üretilen SYM, b- Belirli bir alan.

a



b



Şekil 4.29 Uçak verilerinden üretilen SYM, b- Belirli bir alan.

4.8 ORTOFOTO GÖRÜNTÜLERİN OLUŞTURULMASI

Fotoğraftaki optik hatalar giderilerek, gerçek düzlemdeki objelerin koordinatları hesaplanarak, birim alanda yapılan yataylama sonucunda ortofoto oluşturulur. SYM kullanılarak ortofoto görüntü oluşturulmuştur. Ortofoto'da konum ve yükseklik hassasiyeti SYM'nin doğruluğuna bağlıdır. Görüntü kalitesi ise uçuş yüksekliği ve görüntü çekim bindirme oranlarıyla orantılıdır.

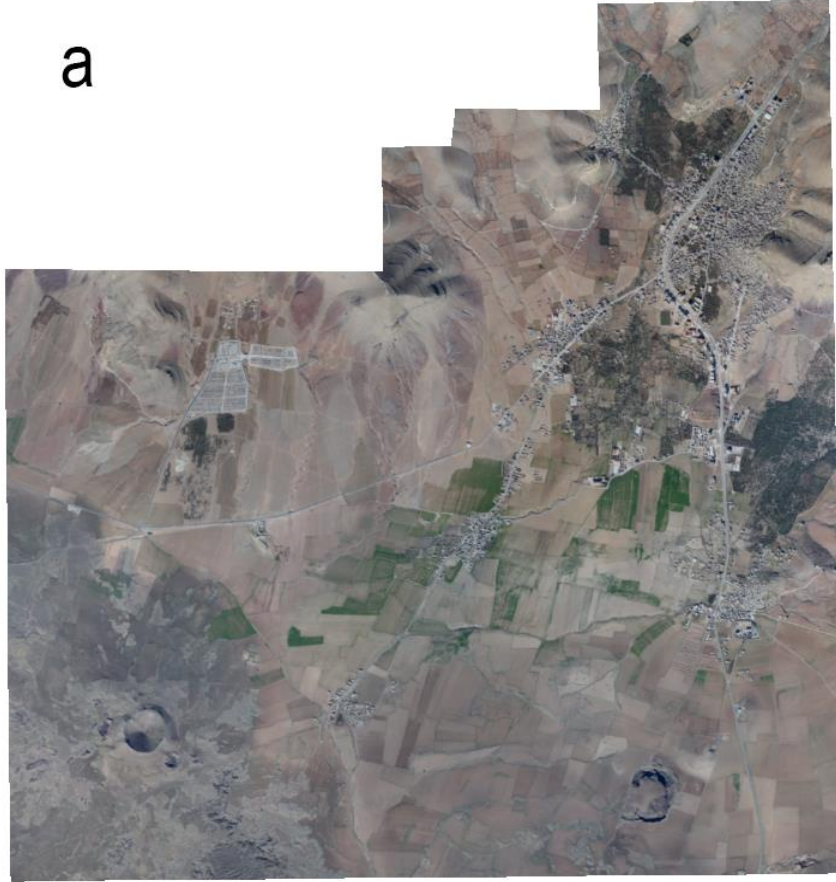
Çalışmamızda İHA görüntülerinden 5.55cm/pix, uçaktan alınan görüntülerle ise 9.59cm/pix yersel çözünürlüklü ortofoto görüntüler oluşturulmuştur (Şekil 4.30), (Şekil 4.31).



Şekil 4.30 İHA verileri ile oluşturulmuş ortofoto, a- Tüm Alan.



Şekil 4.30 (devam ediyor)



Şekil 4.31 Uçak verilerinden oluşturulmuş ortofoto, b- Belirli bir alan.

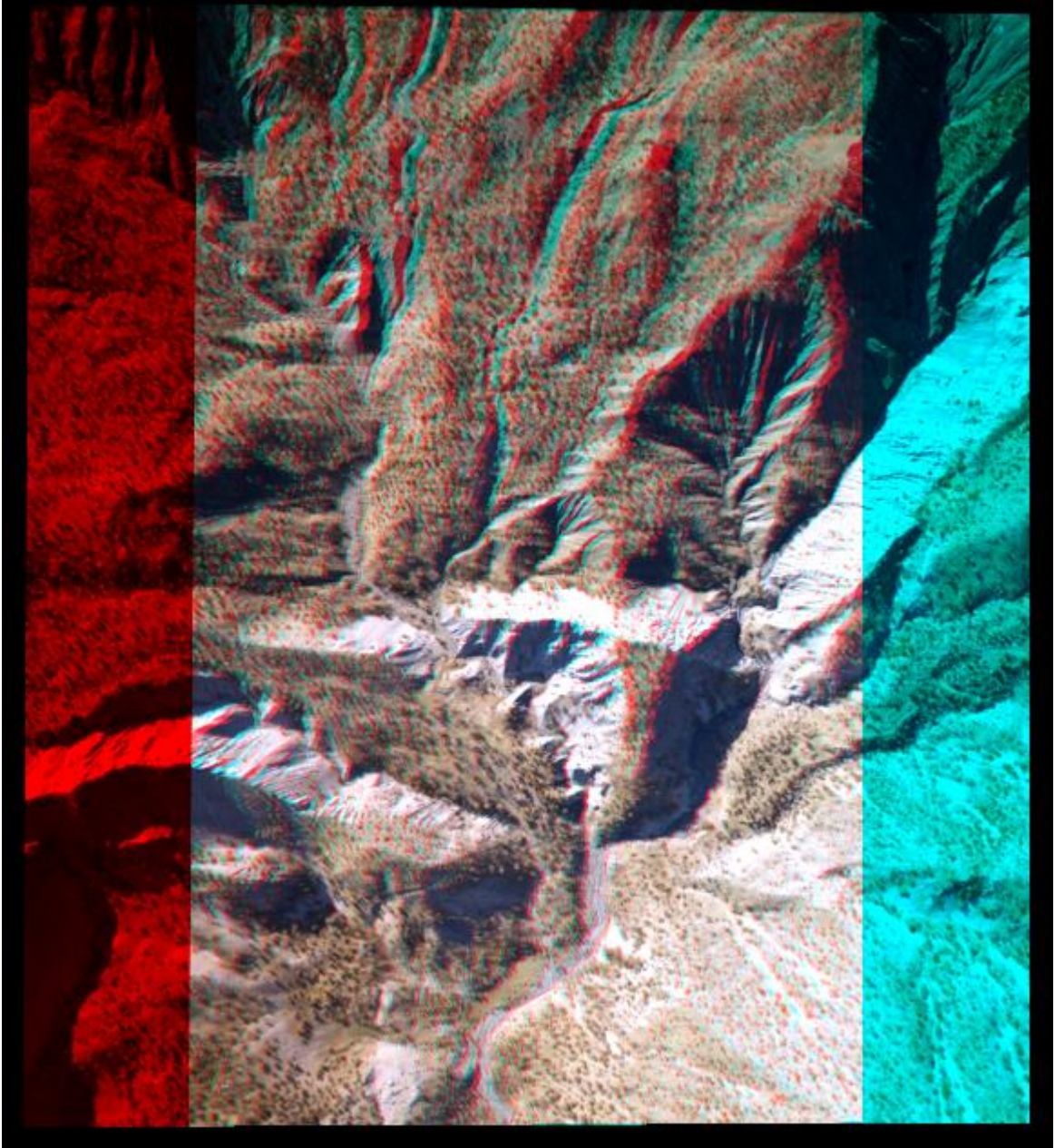


Şekil 4.31 (devam ediyor).

4.9 VEKTÖR HARİTALARIN OLUŞTURULMASI

Sonuç ürünlerin neredeyse en çok kullanılanı vektör haritalardır. Vektör haritalar proje yapım aşamalarından önce, ya da tamamlanan projelerin son hallerini görmek için oldukça sık kullanılan arazi hakkında düşeyde ve yatayda bilgi veren haritalardır.

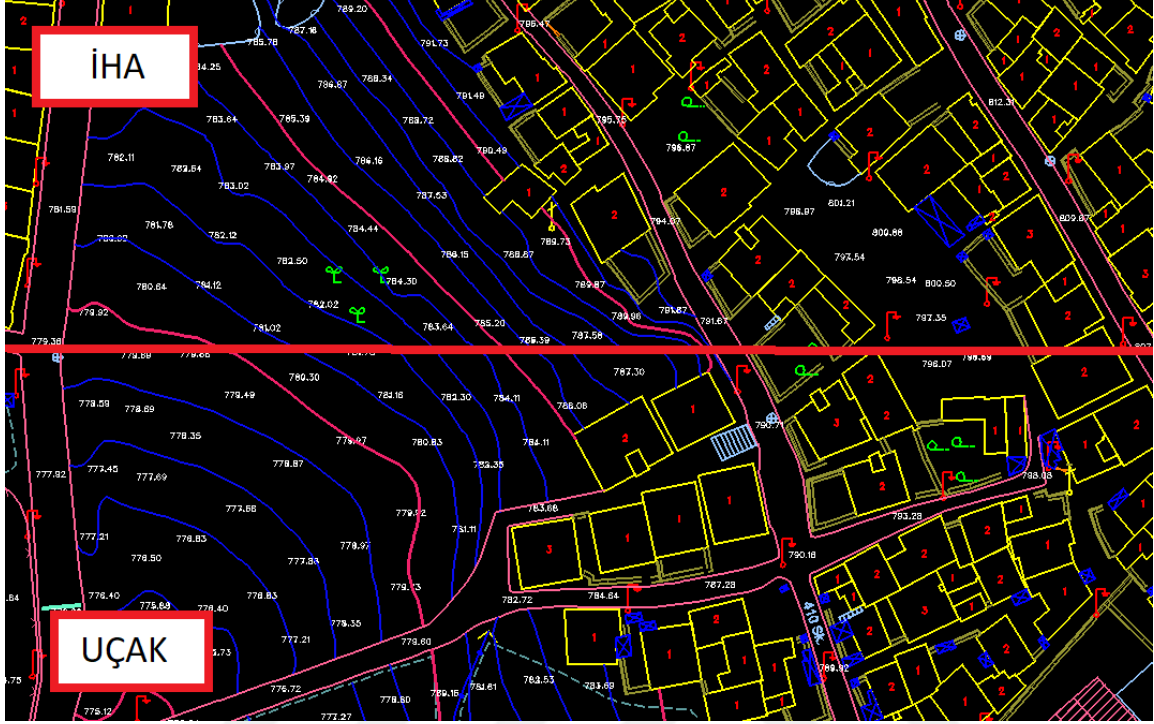
Dengelemesi tamamlanan projeler, oluşturulmuş stereo görüntüler ile çizim yapılarak vektör harita haline dönüştürülür (Şekil 4.32).



Şekil 4.32 Stereo görüntü.

Çalışmada, uçaktan ve İHA'dan gelen görüntüler ile elde edilen dengelemeler sonucu stereo çizim programlarında çizim yapılacak hale getirilmiştir. Uçak platformu içerisindeki kamera laboratuvar şartlarında distorsiyonları giderilmiş metrik bir kamera olduğu için stereo çizim programına doğrudan görüntüleri yükleyerek dış yöneltme parametreleri ve odak uzaklığı girilerek çizim yapılabilir. İHA dan gelen görüntüler de ise bu işlem biraz daha uzundur. Görüntülerin distorsiyonları giderilmiş olmadığı için, dengeleme programları yardımı ile görüntülerin distorsiyondan kaynaklı hataları giderilir. Hatalar giderildikten sonra çizim için hazır hale getirilmiştir.

Çalışmada belirli bir bölgenin bir kısmını İHA verileri ile diğer bir kısmını Uçak verileri ile blok oluşturularak vektör haritası çizimi yapılmıştır (Şekil 4.33).



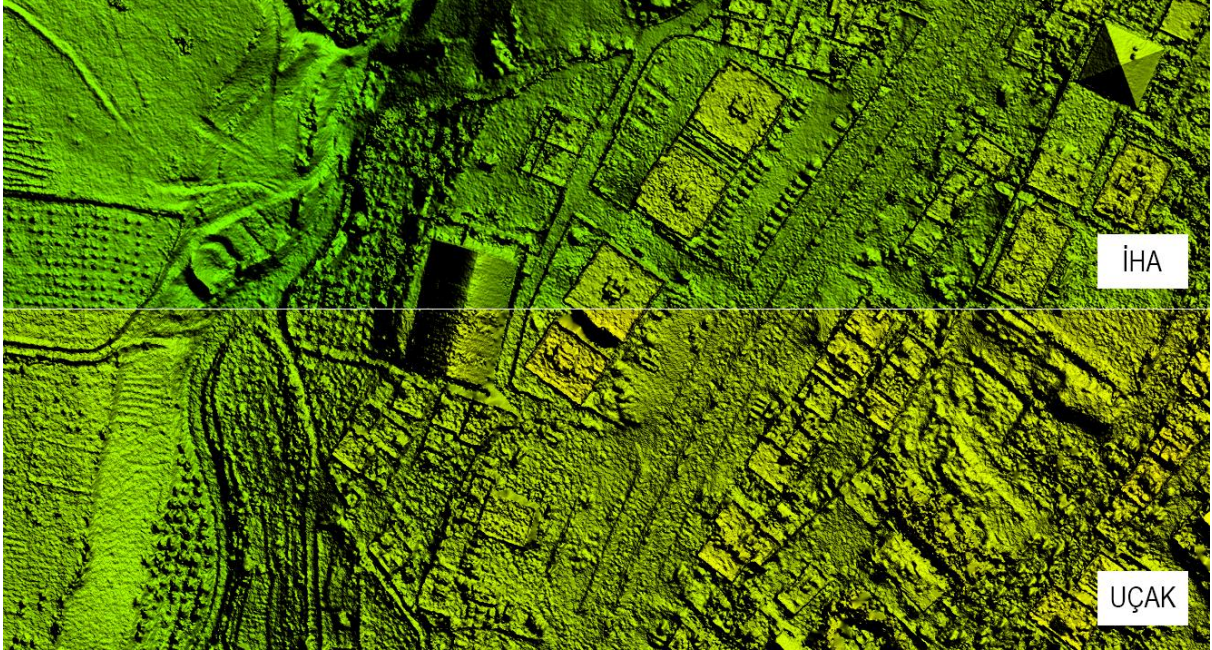
Şekil 4.33 Vektör harita.



BÖLÜM 5

BULGULAR

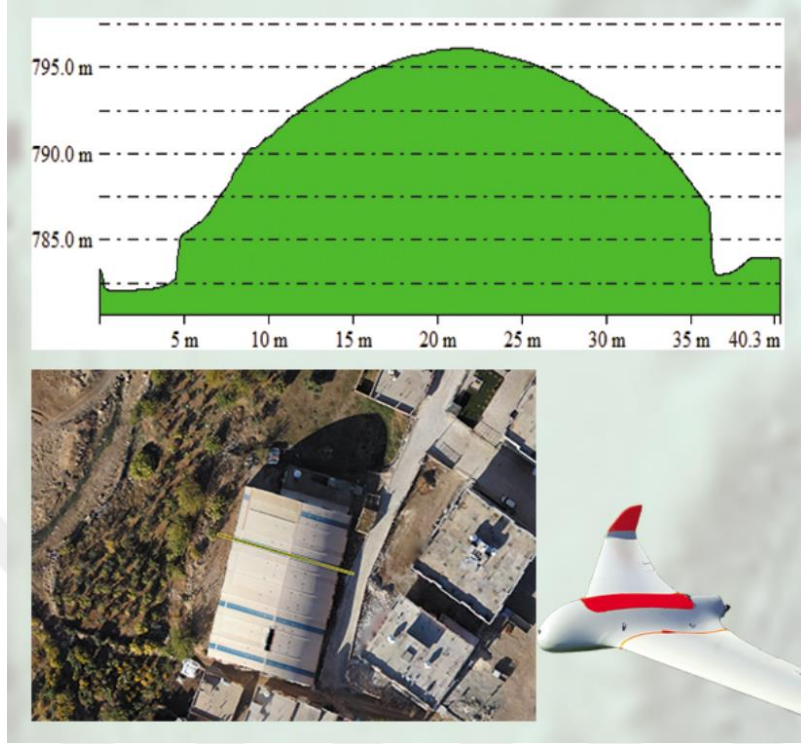
İlk olarak yapılan dengeleme sonucu yoğun nokta buluntundan elde edilen SYM'ler görsel ve matematiksel olarak karşılaştırılmıştır. İHA verilerinde metrekareye düşen nokta sayısı daha fazla olduğu için oluşan SYM daha hassas ve yüksek doğruluklu sonuçlar vermiştir. Bunun en büyük etkisi uçaktan gelen görüntüler ile çözünürlük farkının olması ve görüntü kalitesinin farklı olmasıdır. Görsel olarak yapılan kontrollerde İHA verilerinden üretilen SYM'nin daha hassas ve detayların daha net olarak olduğu görüldüğü gözlemlenmiştir. (Şekil 5.1).



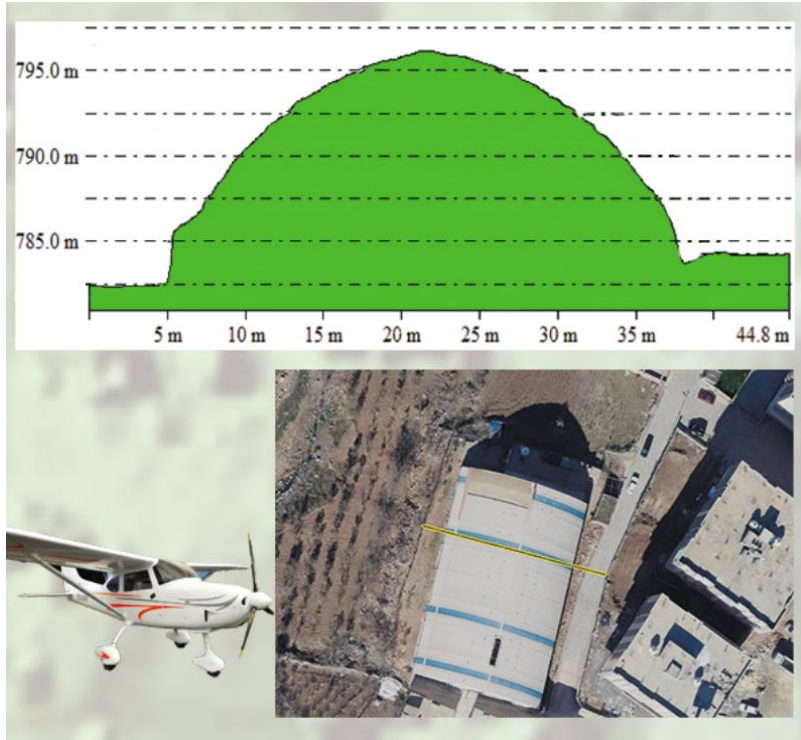
Şekil 5.1 SYM Karşılaştırılması.

Çalışma sahasından alınan ekran görüntüsünden de anlaşıldığı gibi yüksek çözünürlüklü İHA görüntülerinin SYM üretimi konusunda daha başarılı sonuçlar verdiği görülmüştür. İHA verilerinin SYM çözünürlüğü 11.1cm, uçak verilerinin SYM çözünürlüğü 18.2 cm'dir. İHA'da bir metrekareye 80 nokta düşerken uçakta 30 nokta düşmektedir. SYM'ler ile yapılan

bir diğer görsel ve matematiksel karşılaştırma kesit alınarak yapılan karşılaştırmadır (şekil 5.2) (şekil 5.3).



şekil 5.2 İHA' dan alınan kesit.



şekil 5.3 Uçaktan alınan kesit.

Oluşturulan SYM'ler kullanılarak ortofoto görüntüler oluşturulmaktadır. Yoğun nokta bulutunda herhangi bir sınıflandırma yapılmadan oluşturulan SYM'ler de arazide bulunan bütün detaylar kullanılmıştır. Böylelikle oluşturulan ortofoto da gerçek bir ortofotodur.

Gerçek ortofoto, çekim hataları giderilmiş SYM kullanılarak üretilen üzerinde ölçüm yapılabilen görüntülerdir. Bilgi amaçlı kullanılabileceği gibi aynı zaman da üzerinde 2 boyutlu halihazır çizimi yapılabilen görüntülerdir. Görüntü altına SYM eklendiği zaman 3 boyutlu çizim yapılabilir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4 Ortofoto üzerinde yapılmış vektör harita.

Üretilen ortofotolar karşılaştırıldıklarında yine görüntü çözünürlüğüne bağlı olarak farklar ortaya çıkmaktadır. İHA verilerinden elde edilen ortofotonun çözünürlüğü 5.55 cm'dir. Uçak verilerinden elde edilen ortofoto ise 9.59 cm olarak üretilmiştir. Görüntü çözünürlüğü ne kadar iyi olursa ortofoto üzerinde bilgi alınması, tespitler yapılması, analizler yapılması ve harita çizilmesinin sonuçları daha sağlıklı olmuştur. Yapılan karşılaştırmada görülen İHA verisinde görüntünün daha canlı ve keskin olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 Ortofoto görüntülerinin karşılaştırılması.

Görsel olarak yapılan karşılaştırmalardan sonra sayısal olarak karşılaştırmalar yapılmıştır. Çalışma sahası içinde kontrol amaçlı jeodezik olarak noktalar ölçülmüştür (Şekil 5.6). Bu noktalar hem SYM'ler üzerinde hem de oluşturulan stereo bloklar üzerinde karşılaştırılmış sonuçlar aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 5.6 Kontrol noktaları.

Çizelge 5.1 Arazide ölçüleri yapılan kontrol noktaları.

ARAZİ KONTROL ÖLÇÜMLERİ			
NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	YÜKSEKLİK / h (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3562
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	778.9987
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9782
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2433
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9213

Çizelge 5.2 İHA verilerinden oluşturulmuş SYM'den alınan ölçüler.

İHA-SYM YÜKSEKLİK ÖLÇÜMLERİ			
NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	YÜKSEKLİK / h (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3787
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	779.0173
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9922
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2119
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9624

Çizelge 5.3 Uçak verilerinden oluşturulmuş SYM'den alınan ölçüler.

UÇAK-SYM YÜKSEKLİK ÖLÇÜMLERİ			
NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	YÜKSEKLİK / h (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.4076
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	779.0382
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	759.0245
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.1913
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9624

Çizelge 5.4 İHA verilerine ait stereo görüntülerden alınan ölçümler.

İHA-STEREO'DAN YÜKSEKLİK ÖLÇÜMLERİ			
NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	YÜKSEKLİK / h (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3968
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	779.0616
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	759.0357
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.1703
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9736

Çizelge 5.5 Uçak verilerine ait stereo görüntülerden alınan ölçümler.

UÇAK-STEREO'DAN YÜKSEKLİK ÖLÇÜMLERİ			
NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	SAĞA / X (METRE)	YÜKSEKLİK / h (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.4155
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	779.0739
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	759.0463
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.1658
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9885

Yukarıda verilen çizelgede beş noktaya ait farklı yerlerden alınmış yükseklik ölçüleri mevcuttur. Burada arazide ölçülen noktalar doğru kabul edilerek diğer ölçümler ile karşılaştırmaları aşağıda yapılmıştır.

Çizelge 5.6 Arazi ölçümü ile İHA verilerinden üretilen SYM arasındaki yükseklik farkı.

NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	ARAZİ YÜKSEKLİK / h (METRE)	İHA-SYM YÜKSEKLİK / h (METRE)	YÜKSEKLİK FARKI (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3562	766.3787	0.0225
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	778.9987	779.0173	0.0186
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9782	758.9922	0.0140
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2433	752.2119	0.0314
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9213	767.9624	0.0411
				ORTALAMA	0.0255

Çizelge 5.7 Arazi ölçümü ile uçak verilerinden üretilmiş SYM arasındaki yükseklik farkı.

NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	ARAZİ YÜKSEKLİK / h (METRE)	UÇAK-SYM YÜKSEKLİK / h (METRE)	YÜKSEKLİK FARKI (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3562	766.4076	0.0514
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	778.9987	779.0382	0.0395
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9782	759.0245	0.0463
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2433	752.1913	0.0520
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9213	767.9624	0.0411
				ORTALAMA	0.0461

Çizelge 5.8 Arazi ölçümü ile İHA görüntülerinden elde edilen stereo ölçümü arasındaki yükseklik farkı.

NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	ARAZİ YÜKSEKLİK / h (METRE)	İHA-STERO YÜKSEKLİK / h (METRE)	YÜKSEKLİK FARKI (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3562	766.3968	0.0406
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	778.9987	779.0616	0.0629
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9782	759.0357	0.0575
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2433	752.1703	0.0730
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9213	767.9736	0.0523
				ORTALAMA	0.0573

Çizelge 5.9 Arazi ölçümü ile uçak görüntülerinden elde edilen stereo ölçümü arasındaki yükseklik farkı.

NOKTA NO	SAĞA / Y (METRE)	YUKARI / X (METRE)	ARAZİ YÜKSEKLİK / h (METRE)	UÇAK STEREO YÜKSEKLİK / h (METRE)	YÜKSEKLİK FARKI (METRE)
KONTROL_1	611710.7674	4137285.3457	766.3562	766.4155	0.0593
KONTROL_2	612330.1220	4137277.1406	778.9987	779.0739	0.0752
KONTROL_3	612383.5179	4136890.8724	758.9782	759.0463	0.0681
KONTROL_4	611706.7911	4136919.6531	752.2433	752.1658	0.0775
KONTROL_5	612044.9652	4137150.5305	767.9213	767.9885	0.0672
				ORTALAMA	0.0695



BÖLÜM 6

SONUÇLAR

Çalışmada, görsel ve sayısal olarak karşılaştırmalar yapılarak hassasiyet olarak bazı sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan tespitlerde İHA verilerinden üretilen sonuç ürünlerinin geleneksel fotogrametri ile üretilenlere göre görsel olarak sağlıklı sonuçlar verdiği görülmüştür. Detaylı analizlerin yapılacağı işlerde İHA ile daha sağlıklı sonuçların alınabileceği görülmüştür. Sayısal olarak yapılan karşılaştırmalarda İHA sonuçlarının gerçeğe daha yakın olması İHA ile üretilen sonuç ürünlerin ispatını sağlamaktadır. İHA'lar doğruluk anlamında Uçaklara göre daha hassas sonuçlar verse bile avantajlarının yanında dezavantajları da bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi üretimi istenilen alanın büyüklüğüdür. Belirli bir boyuta kadar olan alanlarda İHA'lar uçaklara göre avantajlı iken, alan büyüdükçe yaşanabilecek sorunlarda büyümektedir. Yaşanılan sorunlar genellikle, büyük alanların uçuş planlamasında olmaktadır. Blok olarak yapılacak olan dengelemeler için, blokların birbiri üzerine belirli bir oranda bindirmeleri gerekmektedir. Jeodezik olarak blokların bindirme yerlerine ekstra YKN'ler tesis edilmelidir. Bu işlem sonucunda işin maliyeti ciddi oranda artırmaktadır. Bundan dolayı büyük alanlarda tespit veya analizler yapmak için uçak ve yüksek çözünürlüklü kamera kullanmak maliyet açısından yüksek olsa da zaman ve iş gücü olarak daha avantajlıdır.

Çizelge 6.1 İş gücü, zaman ve maliyet çizelgesi.

HAVA ARACI	İŞ GÜCÜ	ZAMAN	MALİYET
İHA	545 HA	6-8 SAAT	15000-20000TL
UÇAK	3245 HA	3-4 SAAT	35000-40000TL

Uçak ile yapılan uçuşlarda daha az sayıda görüntü olacağı için stereo model oluşumunda, sonuç ürünlerin oluşturulmasına kadar bütün işlemlerde avantaj sağlayacaktır.

Fotogrametri de son zamanlarda İHA'ların sık kullanılmasının sebebi ise yüksek maliyetli uçak ve kamera sistemlerine karşı avantajlı olmalarıdır. Bu çalışmada da görsel ve sayısal karşılaştırmalar yapılarak az maliyetli İHA sistemlerinin kullanılabilirliği ispatlanmıştır.



KAYNAKLAR

- Acar H ve Karşlı F** (2013) Yüksek Çözünürlüklü Dijital Hava Görüntülerinin Surf Nokta Belirleme Algoritması İle Otomatik Eşleştirilmesi, *TUFUAB VII. Teknik Sempozyumu*, 23-25 Mayıs, Trabzon. 43 s.
- Avşar E** (2006) Tarihi köprülerin Dijital Fotogrametri Tekniği Yardımıyla Modellenmesi *Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 105 s.
- Aydar U** (2007) Cephe Değerlendirmelerinde Fotogrametrik ve Görselleştirme Yöntemlerinin Kıyaslanması, *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı İstanbul, 58 s.
- Ayyıldız E, Özer E, Özmüş L, Erkek B ve Bakıcı S** (2015). İnsansız hava aracı (İHA) ve uçak platformlarından elde edilen görüntülerin ortofoto üretiminde karşılaştırılması, *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs, Konya. 36-40 s.
- Erdoğan A** (2016) Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya. 48 s.
- Gençerk E Y** (2016) İnsansız hava aracı fotogrametrisi uygulaması ile inşaat projesi imalat durumunun araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 101 s.
- Karakış S** (2012) İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması, *Harita Dergisi*, 147:13-20.
- Kaya M** (2010) Sayısal hava kamerası ve analog hava kamerası kullanılarak üretilen fotogrametrik sayısal yükseklik modellerinin karşılaştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 88 s.
- Karkınlı A E, Kesikoğlu A, Kesikoğlu M H, Atasever U H, Ozkan C, Çivicoğlu P ve Beşdok E** (2015) İnsansız hava araçları ile sayısal arazi modeli üretimi. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs, Konya, 255-259 s.
- Kılınçoğlu D B** (2016) Farklı insansız hava araçları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmesi ve doğruluk analizi. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 101 s.
- Kraus K** (1993) Photogrammetry, *Volume 1 Fundamentals and Standard Processes*, Dümmers Verlag, Bonn. 346 p.

KAYNAKLAR (devam ediyor)

- Marangoz A M** (2002) Sayısal kameralarla tarihsel yapıların rölelerinin çıkarılması olanakları. *Yüksek Lisans Tezi*, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 125 s.
- Niethammer U, James M R, Rothmund S, Travelletti J and Joswing M** (2012) UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. *Engineering. Geology*, 128: 2-11.
- Remondino F, Barazzetti L, Nex F, Scaioni M and Sarazzi D** (2011) UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling—current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry*, (1): 38-51.
- Selçuk O** (2008) Dijital ve analog hava kameralarının geometrik potansiyellerinin fotogrametrik açıdan irdelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon. 64 s.
- Sidek F and Ahmad A** (2008) Development of Mapping Procedures Using Digital Imagery Derived from Unmanned Aerial Vehicle System. *7th International Symposium & Exhibition on Geoinformation*, 13-15 October 2008, Putra World Trade Centre (PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia. 1-12.
- Schenk T** (2005) *Introduction to Photogrammetry*. Autumn Quarter, Columbus. 100 p.
- Stam J** (2010) *Accuracy assesment of direct sensor orientation in UAV photogrametry*. 130 p.
- Yıldız F** (2010) Dijital (Sayısal) Fotogrametri Teknolojisi (Powerpoint sunum), *Cebit Bilişim Zirvesi*, 08 Ekim 2010, 77 s.
- Tercan E** (2018) Karayolu ölçmelerinde insansız hava araçlarının kullanılması: okurcalar şehir merkezi örneği, *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7 (2): 649-660.
- Toprak A S** (2014) Fotogrametrik tekniklerin İHA ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya. 173 s.
- URL-1** <<https://docplayer.biz.tr/7053180-Temel-goruntu-bilgisi-giris-tanim-ve-kavramlar.html>> , Ziyaret tarihi: 03.09.2019.
- URL-2** <<http://www.mshavacilik.com/index.php/cozumler/insansiz-havacilik/%C3%BCr%C3%BCn-geli%C5%9Firme.html>> Ziyaret tarihi: 08.09.2019.
- URL-3** < <https://www.terraflight.com/digital-aerial-sensor>> , Ziyaret tarihi: 05.09.2019.
- URL-4** <<https://www.senelfoto.com/sony-yine-abartti-61mp-sony-a7r-iv-on-inceleme/>> , Ziyaret tarihi: 05.09.2019.
- URL-5** <<https://tyrannosurusrex.wordpress.com/2016/04/21/yeni-operatif-ihav-ve-gorevi/>> , Ziyaret tarihi: 20.09.2019.

ÖZGEÇMİŞ

3 Eylül 1993 tarihinde Samsun - Atakum' da dünyaya gelen Ahmet Burak Numan, ilkokul ve liseyi Samsun' tamamlamıştır. Eylül 2011 tarihinde Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi' nde lisans hayatına başlamıştır. Haziran 2015 tarihinde Harita Mühendisi olarak lisans diplomasını almıştır. 15 Ekim 2015 tarihinde Mas Havacılık Çözümleri A.Ş. Şirketin de başlamıştır. İnsansız hava aracı ile hava fotoğrafı çekimi konusunda yaklaşık 600 saatlik uçuş deneyimi bulunmaktadır. 23 Ocak 2017 Tarihinde Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Mühendisliği bölümünde lisans üstü eğitimine başlamıştır.

İLETİŞİM BİLGİLERİ

E-posta: buraknuman55@gmail.com