

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI İLE
İNŞAAT PROJESİ İMALAT DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emir Yiğit GENÇERK

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

ARALIK 2016

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI İLE
İNŞAAT PROJESİ İMALAT DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emir Yiğit GENÇERK
(501141609)**

Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı

Geomatik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Caner GÜNEY

ARALIK 2016

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501141609 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Emir Yiğit GENÇERK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI İLE İNŞAAT PROJESİ İMALAT DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Caner GÜNEY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Rahmi Nurhan ÇELİK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Melis UZAR
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **25 Kasım 2016**
Savunma Tarihi : **27 Aralık 2016**

Değerli aileme,

ÖNSÖZ

İTÜ’de tamamlamış olduğum lisans ve yüksek lisans hayatımda bilgi ve deneyimlerini paylaşan tüm Geomatik Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri ve araştırma görevlilerine teşekkür ederim.

Yüksek Lisans Tez Çalışması boyunca yardımlarını esirgemeyen ve beni yönlendiren tez danışmanım Yrd. Doç. Dr. Caner Güney’e saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

İTÜ Yüksek Lisans Programı’nı tamamlamama izin veren, proje ve kütüphanesi ile beni destekleyen Yapı Merkezi Ailesi’ne teşekkür ederim. Tezimin uygulama kısmında bilgi, deneyim ve verilerini benimle paylaşan Birlik Harita’ya şükranlarımı sunarım.

Geçmişte ve bugünde eğitimimi destekleyen ve gelecekte de destekleyeceklerini bildiğim aileme teşekkür ederim.

Kasım 2016

Emir Yiğit GENÇERK
(Geomatik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Fotogrametrinin Tanımı ve Gelişimi	2
1.1.1 Fotoğraf bulunmadan önceki gelişmeler	2
1.1.2 Fotoğrafın bulunması sonrası gelişmeler	3
1.1.3 Klasik fotogrametri dönemi	8
1.1.4 Çağdaş fotogrametri dönemi	8
1.2 Amaç ve Kapsam	10
1.3 Metodoloji	10
1.4 Hipotez	11
2. HAVA FOTOGRAMETRİSİ	13
2.1 Hava Fotogrametrisinde Kullanılan Ekipmanlar	14
2.1.1 Balonlar	14
2.1.2 Zeplinler	15
2.1.3 Sabit kanatlı uçaklar	15
2.1.4 Uçurtmalar	16
2.1.5 Model helikopterler	17
2.1.6 Sabit kanatlı dronlar	17
2.1.7 Döner kanatlı dronlar	18
2.1.8 İHA'ların sınıflandırılması	19
2.1.9 Hava kameraları	19
2.1.9.1 Analog kameralar	20
2.1.9.2 Dijital kameralar	22
2.2 İnsansız Hava Araçları	23
2.2.1 İHA'ların yapısı	23
2.2.2 İHA fotogrametrisi	24
2.2.3 İHA fotogrametrisinin avantajları ve kullanım sınırları	25
2.3 Uçuş Planları	26
2.4 Hava Fotoğrafları ve Değerlendirme Yöntemleri	27
3. UYGULAMA	37
3.1 Çalışmanın Amacı	37
3.2 Çalışma Bölgesi	37
3.3 Etiyopya'nın Topoğrafik ve Meteorolojik Koşulları	40

3.4 Saha Çalışması ve Nokta Aplikasyonları	40
3.5 Fotogrametri Çalışmalarında Kullanılan Donanımlar	41
3.6 Fotogrametrik Değerlendirmede Kullanılan Yazılımlar	43
3.7 Uçuş Planının Yapılması	44
3.8 Fotogrametrik Değerlendirme	46
3.9 Fotogrametrik Ölçme ve Değerlendirme İş Modeli	47
3.9.1 Havai nirengi	48
3.9.2 Nokta bulutu üretimi	50
3.9.3 Dijital yükseklik modeli ile ortofotoların üretilmesi	51
3.10 Kübaj Hesapları	53
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	57
KAYNAKLAR	61
EKLER	63
ÖZGEÇMİŞ	101

KISALTMALAR

AKH	: Awash-Kombolcha-Hara Gebaya
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
DEM	: Digital Elevation Model (Dijital Yükseklik Modeli)
DSM	: Digital Surface Model (Dijital Yüzey Modeli)
GCP	: Ground Control Points (Yer Kontrol Noktası)
GPS	: Global Positioning System (Global Konum Belirleme Sistemi)
GNSS	: Global Navigation Satellite System (Global Navigasyon Uydu Sistemi)
IMU	: Inertial Measurement Unit (Eylemsizlik Ölçme Birimi)
İHA	: İnsansız Hava Aracı
RTK	: Real Time Kinematic (Gerçek Zamanlı Kinematik)
UAV	: Unmanned Aerial Vehicle (İnsansız Hava Aracı)
UAS	: Unmanned Aerial System (İnsansız Hava Sistemi)
YKN	: Yer Kontrol Noktası
cm	: Santimetre
km	: Kilometre
m	: Metre
mm	: Milimetre
ppm	: Parts per million (Milyonda bir birim)

SEMBOLLER

a	: Haritadaki kolonlar arası uzaklık
A	: Kolonlar arası uzaklık
b	: Harita baz uzaklığı
B	: Baz uzaklığı
c	: Asal uzaklık
d	: Arazideki uzunluk
d'	: Resimdeki uzaklık
dt	: Çekim süresi
F	: Alan
h	: Uçuş yüksekliği
mk	: Harita ölçeği
mr	: Fotoğraf ölçeği
p	: Boyuna bindirme
q	: Enine bindirme
v	: Hava aracının hızı
°C	: Santigrad derece
Δr	: Işımsal distorsiyon
Δt	: Teğetsel distorsiyon

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: İHA'ların motor durumu ve hava karşısındaki ağırlığına göre sınıflandırılması.	19
Çizelge 2.2 : Dronların cinsine ve uygulama koşullarına göre sınıflandırılması.	19
Çizelge 2.3 : Ölçek ve büyütme oranı örnekleri.	26
Çizelge 3.1 : AKH Projesi'ndeki bölgeye düşen yapı listesi.	39
Çizelge 3.2 : Kullanılan İHA'nın boyutları ve teknik özellikleri.	42
Çizelge 3.3 : Kullanılan görüntü algılayıcısının teknik özellikleri.	43
Çizelge 3.4 : Planlanan uçuş parametreleri.....	45
Çizelge 3.5 : Gerçekleşen uçuş parametreleri.....	45
Çizelge 3.6 : Kamera kalibrasyon raporu.	48
Çizelge 3.7 : Fotogrametrik değerlendirme sonuçları.	49
Çizelge 3.8 : YKN'lerin karesel ortalama hataları.	49
Çizelge 3.9 : Arazi ölçmelerinden elde edilen toprak hareketleri.	54
Çizelge 3.10 : Kübaj hesapları.....	55
Çizelge 3.11 : YKN'lerin karesel ortalama hataları özeti.....	56
Çizelge A1 : Pix4D yazılımında yapılan fotogrametrik değerlendirme özeti.	64
Çizelge A2 : Fotogrametrik değerlendirme kalitesinin özeti.....	64
Çizelge A3 : Işın demetleri ile dengeleme detayları.....	66
Çizelge A4 : 2B kilit nokta tablosu.....	66
Çizelge A5 : 2B kilit nokta eşleştirmesinden bulunan 3B nokta tablosu.	67
Çizelge A6 : Mutlak jeolokasyon varyans hatası tablosu.....	68
Çizelge A7 : Başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan görüntü jeolokasyonları arasındaki bias değerleri (UTM37N-WGS84).....	68
Çizelge A8 : Relatif jeolokasyon varyans hatası tablosu.....	68
Çizelge A9 : Başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan görüntü jeolokasyonları arasındaki dönüklük açılarından kaynaklanan KOH değerleri.	68
Çizelge A10 : Nokta bulutu üretim detayları.....	81
Çizelge A11 : Nokta bulutu üretim sonuçları.	81
Çizelge A12 : DSM ve ortomozaik üretim detayları.	81
Çizelge B1 : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.	82
Çizelge C1 : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.	91

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Çatalhöyük şehir planı.....	1
Şekil 1.2 : Karanlık oda gözlemi.	2
Şekil 1.3 : Çekilen ilk fotoğraf.	3
Şekil 1.4 : Stereo-autograf.	4
Şekil 1.5 : Gaspard F. Tournachon.	5
Şekil 1.6 : Nadar'ın balondan çektiği ilk hava fotoğrafı.	5
Şekil 1.7 : Fotoğraf makinesi sabitlenmiş güvercin.	6
Şekil 1.8 : Güvercin yardımıyla çekilen bir hava fotoğrafı.	6
Şekil 1.9 : 1906 depremi sonrasında San Francisco'nun durumu.	6
Şekil 1.10 : Goddard ve ilk roketlerinden biri.	7
Şekil 1.11 : Roketten çekilen ilk hava fotoğrafı.	7
Şekil 1.12 : Kelsh çizicisi.	8
Şekil 2.1 : Nadar tarafından balondan çekilen ilk hava fotoğrafının tasviri.	14
Şekil 2.2 : Hava fotoğrafı çekerken zeplinin havadaki görünümü.	15
Şekil 2.3 : Hava fotogrametrisi için gerekli verilerin toplandığı ve kaydedildiği uçak.	16
Şekil 2.4 : Hava fotoğrafı çekerken uçurtmanın havadaki görünümü.	16
Şekil 2.5 : Model helikopter.	17
Şekil 2.6 : Sabit kanatlı dron.....	18
Şekil 2.7 : Döner kanatlı dron.....	18
Şekil 2.8 : Analog hava kamerası.	20
Şekil 2.9 : Kamera açıklık açısı.	21
Şekil 2.10 : Asal uzaklık, uçuş yüksekliği ve fotoğraf çekilen alan arası bağıntı.	21
Şekil 2.11 : Dijital çerçeveli kamera.....	22
Şekil 2.12 : Hat tarayıcı kamera.	22
Şekil 2.13 : Uçuş planı örneği.....	26
Şekil 2.14 : Fotoğraf ölçeği.	27
Şekil 2.15 : Kamera ekseni ve çekül doğrultusu.	27
Şekil 2.16 : Eğik fotoğraf.....	28
Şekil 2.17 : İzdüşüm çeşitleri.....	29
Şekil 2.18 : Resim düzlemi ile arazi düzlemi arasındaki durum.	30
Şekil 2.19 : Distorsiyon hatası.	30
Şekil 2.20 : Işınsal distorsiyon test alanı.	31
Şekil 2.21 : Işınsal distorsiyon ile düzeltilmiş koordinatlar arasındaki ilişki.	31
Şekil 2.22 : Dış yöneltme parametreleri.	32
Şekil 2.23 : Baz uzaklığı (B) ve kolonu ile oluşan bir blok örneği.	33
Şekil 2.24 : Baz ve boyuna bindirme ilişkisi.	34
Şekil 2.25 : Görüntü yürütmesi.	35
Şekil 2.26 : İnsan gözünün stereo görüş ile derinlik algısı.	35
Şekil 3.1 : Etiyopya AKH Demiryolu Projesi hattı ile bağlandığı demiryolu hatları.	38

Şekil 3.2 : AKH Demiryolu Projesi'nin İHA fotogrametrisi uygulaması yapılan örnek bölgesi (Faz1 250+000 - 255+000).....	39
Şekil 3.3 : YKN'lerin işaretlenmesi.....	40
Şekil 3.4 : Leica GS15 GPS/GNSS alıcısı.....	41
Şekil 3.5 : Hava fotogrametrisinde bindirme ve görüntülenilen alan.....	41
Şekil 3.6 : Çalışmada kullanılan RPAS Inyoni marka ZT-TGR model İHA.....	42
Şekil 3.7 : Çalışmada kullanılan dijital kamera.....	42
Şekil 3.8 : Pix4D yazılımı çalışma şeması.....	43
Şekil 3.9 : Uçuş planı.....	44
Şekil 3.10 : Pix4D arayüzü ve yer kontrol noktasının işaretlenmesi örneği.....	47
Şekil 3.11 : Görüntü kalibrasyon şeması.....	48
Şekil 3.12 : Çalışmadaki YKN'lerin görüntülere işlenmesi.....	48
Şekil 3.13 : Çalışmada üretilen nokta bulutu.....	50
Şekil 3.14 : Nokta bulutunun gürültü filtresinden önceki ve sonraki hali.....	51
Şekil 3.15 : Nokta bulutunun keskinleştirme işlemi öncesi ve sonrası hali.....	51
Şekil 3.16 : Dijital Yükseklik Modeli ve ortofoto üretim şeması.....	52
Şekil 3.17 : Çalışmada üretilen Dijital Yükseklik Modeli.....	52
Şekil 3.18 : Çalışmada üretilen ortofoto.....	53
Şekil 3.19 : Çalışma bölgesinde arazi durumunu gösteren boykesit.....	54
Şekil 3.20 : Çalışma bölgesinde arazi ve proje durumunu gösteren enkesit.....	55
Şekil 4.1 : Dijital yüzey modeli karşılaştırılması.....	58
Şekil A.1 : Sıklaştırma öncesi ortomozaik ve karşılık gelen aralıktaki DSM.....	64
Şekil A.2 : Görüntü ve YKN'lerin başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan pozisyonları.....	65
Şekil A.3 : Ortomozaikteki her bir pikselden hesaplanmış çakışan görüntü sayısı ..	66
Şekil A.4 : Kalibre edilerek hesaplanan görüntü pozisyonları üzerinde 2B kilit noktalarının eşleştirilmesiyle elde edilen görüntü çakışma durumu.....	67
Şekil A.5 : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.....	69

İNSANSIZ HAVA ARACI FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI İLE İNŞAAT PROJESİ İMALAT DURUMUNUN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

İnsanlığın varoluşundan itibaren toprak ve su ile ilişkisi her zaman yaşamın önemli bir parçası olmuştur. İnsanların sahip oldukları arazilerin sınırlarının belirlenmesi, dağıtılması, işlenmesi ve düzenlenmesi ile su toplama alanlarının bulunması ve bu alanlara yakınlıklarının bulunabilmesi için yapılan analiz çalışmalarına altlık olması amacıyla ölçme gereksinimi oluşmuş ve bu gereksinimin yerine getirilmesi sonucunda haritalar üretilmeye başlanmıştır.

Teknolojinin gelişmesine paralel olarak ölçme sistemleri de gelişmiş ve ölçme uygulamalarının elektronik cihazlara adaptasyonu ile yeni yöntemleri ortaya çıkarmıştır. Bu gelişmeler sayesinde proje maliyetlerinden tasarruf edilmesi, proje süresinin kısaltılması ve proje ekibinin daha verimli kullanılması hedeflenmiştir. Teknolojik gelişmeler yersel ölçme cihazlarının gelişmesinin yanında fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarında da çok büyük ilerlemelerin yaşanmasını sağlamıştır. Hava fotoğraflarının ve uydu görüntülerinin otomasyon sürecinde uygun yazılımlar kullanılarak değerlendirilmesi ile farklı ölçeklerde topoğrafik ve tematik harita üretimi yapılabilmektedir. Günümüzde de devam eden gelişmeler ışığında fotogrametri ve uzaktan algılama uygulamalarında ulaşılan doğruluklar yersel yöntemlerle yapılan uygulamalarda ulaşılan doğruluklara yaklaşmaktadır.

Bu tez çalışmasında, İnsansız Hava Araçları (İHA) yardımıyla elde edilen görüntülerin mühendislik projelerindeki imalat durumu kontrollerinin yapılabilmesi adına değerlendirilmesi ve bulunan sonuçların irdelenmesi gerçekleştirilmiştir. Değerlendirme sırasında, yeryüzü ile ilişkilendirilen görüntülerden çalışma bölgesinin mekansal modeli üretilmiş, nokta bulutları ile 3 boyutlu dijital yükseklik modeli oluşturulmuş, hacim hesapları yapılmış ve ortofotolar üretilmiştir.

Çalışmaya konu olan mühendislik projesi, Afrika kıtasının en hızlı gelişen ekonomilerinden biri olan Etiyopya’da, yapımı devam eden 392 km uzunluğundaki Awash – Kombolcha - Hara Gebaya (AKH) demiryolu hattının Faz 1 (KM 0+000 – KM 270+500) kısmının inşaatı kapsamında bulunmaktadır. Çalışma kapsamında, çalışmaya konu olan projede kazı-dolgu miktarının hesaplanması özelinde toprak hareketlerinin belirlenmesi, sahada yapılan üretimlerin izlenmesi ve arazi çalışmalarıyla elde edilen verilerin doğruluğunun araştırılması için İHA fotogrametri uygulaması yapılmış ve uygulama sonucu toplanan ham verilerin üzerinde fotogrametrik değerlendirme çalışması gerçekleştirilmiştir.

Tezin uygulama kısmı üç bölümden oluşmaktadır. Tezin uygulama kısmının ilk bölümünde, RAW, JPEG formatlarında elde edilen görüntülere ilişkin bilgiler verilmiş ve bu görüntülerin elde edilme sırasındaki kamera konumunun belirlenmesi ve dönüklüklerinin giderilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Resim çekme konumunun belirlenmesinde gerçek zamanlı kinematik Global Konum Belirleme

Sistemi (RTK GPS) gözlemleri, kamera dönüklüklerinin belirlenmesinde Eylemsizlik Ölçme Birimi (IMU) verileri kullanılmıştır. Ayrıca, Yer Kontrol Noktalarının (YKN) görüntülerde işaretlenmesi ile düzenlenme işlemleri de uygulamanın birinci bölümünde ele alınmaktadır.

Uygulamanın ikinci bölümü, ilk bölümde gerçekleştirilen analiz ve düzenlemeler sonucu üretilen görüntüler üzerinde havai nirengi ile dengeleme işlemlerinin yapılmasını içermektedir. Havai nirengi çalışmaları yapılırken üç farklı adım izlenmiştir. Birinci adım sadece gerçek zamanlı kinematik Global Konum Belirleme Sistemi (RTK GPS) verileri, ikinci adım yalnız yer kontrol noktaları, üçüncü adım ise hem RTK GPS verisi hem de yer kontrol noktalarının tamamının dengelemeye katılması şeklinde gerçekleştirilmiştir. Üç farklı adımda dengelemenin yapılmasının amacı, RTK GPS verileri ile yer kontrol noktalarının hem kendi aralarında hem de birbirleriyle olan uyumunun denetlenmesidir. Dengeleme sonucunda görüntülerin birleştirilmesi, yeryüzü ile karşılaştırılması, yükseklik modeli ve ortofotoların üretilmesi işlemleri yapılmıştır.

Uygulamanın son bölümünde ise uçuşla aynı tarih ve bölgede araziden GPS ve yersel ölçme teknikleri ile elde edilen üretimi tamamlanmış hacim sonuçları raporu ile proje sınırları içerisinde İHA fotogrametrisi yöntemiyle oluşturulan dijital yüzey modelinin karşılaştırılması yapılmıştır. Projenin dizayn aşamasında hesaplanan ve imalat sonucu İHA uygulaması ile güncel durumu araştırılan toprak hareketi karşılaştırmalarında kullanılan projenin başlangıcındaki dijital yüzey modeli de hava fotogrametrisi yöntemiyle üretilmiştir.

Tez çalışmasında yapılan uygulama ve elde edilen sonuçların, dünya genelinde yapılan inşaat projelerinde uygulanabilecek tüm İHA fotogrametrisi çalışmalarına referans oluşturacağı ve bu projelerde uygulanan yöntemlere yeni bir vizyon getirip katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

AN ANALYSIS OF THE PRODUCTION STATE OF A CONSTRUCTION PROJECT WITH THE UNMANNED AERIAL VEHICLE PHOTOGRAMMETRY APPLICATION

SUMMARY

Since humanity ever existed, the relation between soil and water has been an important part of our lives. There has also been a need for measuring in order to establish a basis for determining, dividing, rearranging existing land borders and water-saving areas as well as studies near such areas, and this need has paved the way for the emergence of maps.

As technology advances, measuring systems have simultaneously been developed and by integrating them into electronic devices, it has been attempted to save money, equipment and most importantly, time. Aside from local measurement systems, great developments have been achieved in the field of remote sensing and photogrammetric mapping. By evaluating aerial and satellite images using appropriate software during automation process, topographic and thematic mapping on different scales can be achieved. Using advanced computer software, these measurements have been evaluated to test their accuracy and thanks to these data, engineers have come up with maps which are almost as accurate as local measurement systems.

Photogrammetry is a field of art which is used in many different disciplines and changes as technology advances. On account of the fact that it is used in various disciplines, photogrammetry is divided into categories such as the number of images which are used in the analysis process, the analysis method, the location where the image is taken, the magnitude of the object and the discipline.

Depending on the location where the image is taken, photogrammetry has two categories; terrestrial and aerial photogrammetry. Terrestrial photogrammetry is a technique which is applied on the earth and around the earth. Aerial photogrammetry, on the other hand, is a mapping technique that is used in order to take high-altitude images, where it is not possible to reach by terrestrial methods so that it enables engineers to map wide landscapes with ease. In other words, terrestrial photogrammetry is preferred only when aerial photogrammetry is not used because it is too hard to take images, analyze images and gather information about wide landscapes by means of it and when it is not economic or special matters are taken into account.

Depending on the number of images used during the analysis, photogrammetry is broken into two branches which are single and double-image photogrammetry. Single-image photogrammetry is a technique by which image plans and image mosaics are designed. Double-image photogrammetry, also known as stereo photogrammetry, is a technique by which three-dimensional information is gathered by means of image pairs where there are common coverage areas.

Based on the analysis method, photogrammetry consists of four methods. Graphical photogrammetry is an analysis method which is used for direction and length measurements and perspective map production. Analog photogrammetry is a method by which three-dimensional models of images that are taken by using double-image photogrammetry are created and by which objects are analyzed by means of schematic techniques. Analytical photogrammetry is a method in which electronic and computer systems are utilized in addition to mathematical methods and analog photogrammetry. Finally, digital photogrammetry is a method in which stereo images, which are converted into digital forms, are automatically analyzed via computer software.

Of all the methods mentioned above, the aerial photogrammetry method yields results by making use of stereo photogrammetry and digital photogrammetry methods.

In this thesis study, a point cloud has been developed so as to analyze the photographs taken with the help of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), their integration with the topography and evaluation, magnitude calculation, production controls and ortophotos have been produced to create a basis for digital surface models and provide visual support for the project.

In this thesis study, as a result of the analysis of the photographs taken with the help of drones, their integration with the topography and evaluation, a point cloud for product controls; a digital surface model for volume and other mathematical calculations; ortophotos for visual reference for the project have been developed.

In the scope of this study, an ongoing railway project in Ethiopia, which is one of the fastest developing economies in the African continent, has been made use of. This is a 392-km railway project, which is going on along the Awash-Kombolcha-Hara Gebaya line. This railway line consists of two phases. In the first phase, in order to render the cut-fill and construction fields within a range of KM 0+000 – KM 270+500 area controllable, photogrammetric studies have been conducted. In the application part of the thesis, because of the excessive number of photos and the data size of these photos, some parts of the photogrammetric studies, which were done in the AKH project, have been utilized.

The application part consists of three parts. In the first part of the application, the GPS data, which were acquired through real-time kinematic measurements, have been integrated into the raw photos. Additionally, thanks to these GPS data, the photos have been stabilized. In the final part of the section, by marking the GCPs, the photos have been placed on the topography.

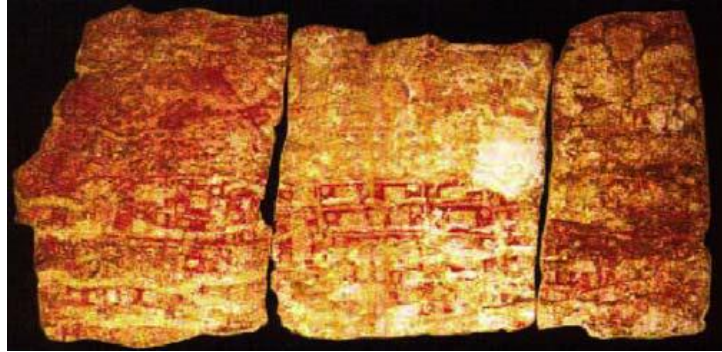
In the second part of the application, on the data that were acquired through the editing in the first part, aerial triangulation and balancing as well as quality-control processes have been done. During the aerial triangulation studies, three different methods have been used in order to find out the best result. These three methods include only the RTK GPS data, only ground control points, and the utilization of all the RTK GPS data and ground control points for stabilization. The main purpose of these methods is to ensure the stabilization of the photos and to control the harmony between both the RTK GPS data and ground control points and each other. As a result of all these steps, by combining the photos, one single surface has been created. Finally, through this surface, a point cloud, a digital surface model and ortophotos have been developed.

In the final part of the application, the report, which was about the photogrammetric study that was conducted, has been compared with the report that was filed where the field study was done. This comparison has been done with volume calculations. In addition, the surface model, which was designed at the beginning of the AKH project by making use of photogrammetric methods, has been utilized in calculations for checking. It is believed that the methods, which were used and the results that were encountered in this study, will provide a theoretical background and contribute to the worldwide photogrammetric studies concerning constructional projects.

1. GİRİŞ

İnsanoğlu varoluşundan bu yana yaşamak için hava kadar önemli olan toprak ve su ile ilişki içerisinde. Bu ilişkinin verimli ve adil olabilmesi adına arazi paylaşımı, arazi toplulaştırılması, sulama kanalları, barajlar, yerleşim alanları, yollar gibi toprak ve su ile ilgili olan birçok alanda yapılacak düzenleme çalışmaları için bölgenin ölçülmesine ve bu ölçüler sonucunda nesnelerin kuşbakışı grafiksel gösterimine gereksinim duymuştur.

Ölçme işlemi, kavramsal olarak yeryüzü üzerindeki doğal ve insan yapımı olan tüm yapıların konumlarının ve boyutlarının belirlenmesi ile elde edilen sayısal bilgilerden oluşur. Ölçme işlemi sonunda, ölçülen ayrıntıların görselleştirilmesi için belirli bir oranda ölçeklendirilerek daha büyük veya daha küçük ölçekte çizimleri oluşturulur. Bu ölçekli çizimlere harita denir. Bilinen en eski haritanın M.Ö. 6200 yılında Şekil 1.1’de görülen Çatalhöyük bölgesine ait olduğu ve yazının M.Ö. 3000’de bulunduğu kabul edilir ise haritanın yazıdan önce var olduğu görülmüştür. Bu durum, insanoğlunun yaşadığı bölge hakkında bilgilenmesi için haritasını oluşturmasının yadsınamaz bir gereklilik olduğunu ispatlamaktadır (Bilgi, 2007).



Şekil 1.1 : Çatalhöyük şehir planı.

Haritaların üretilmesi için yersel ölçme yöntemleri ile fotogrametri ve uzaktan algılama yöntemleri kullanılır. Yersel yöntem, GPS/GNSS alıcıları, total station, nivo, teodolit gibi ölçme aletleri ile açı, uzunluk ve koordinatların ölçülmesi işlemlerinden oluşmaktadır. Bu yöntemde, her bir nesnenin bilgileri ayrı olarak kayıt edilir. Fotogrametri, ölçülecek bölgenin kuş bakışı veya perspektif olarak

fotoğrafının çekilmesi ve bu fotoğrafların özel donanımlar ve yazılımlar yardımı ile yorumlanması işlemidir. Ayrıca fotogrametride, objelerden yayılan manyetik enerjinin kayıt edilmesi ile de ölçme yapılabilmektedir. Uzaktan algılama ise daha çok uydu kaynaklı verilerdir ve fotogrametri gibi fiziksel temas olmadan bölgenin özelliklerinin elde edilmesi işlemidir.

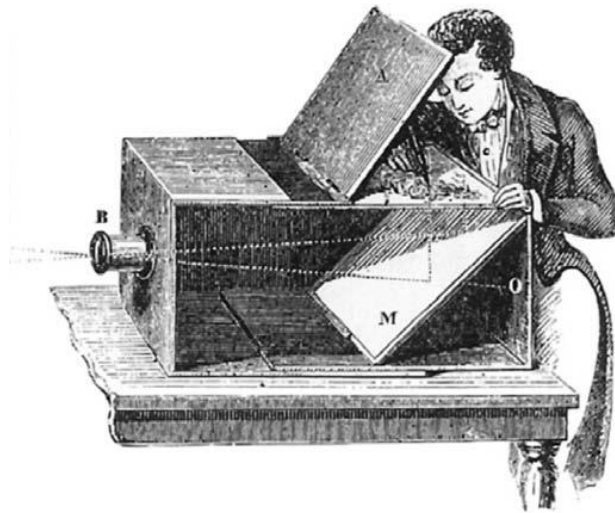
1.1 Fotogrametrinin Tanımı ve Gelişimi

Fotogrametri, kelime kökeni olarak Yunanca'dan dilimize geçmiş olup, ışık anlamına gelen Photos, bir şeyin çizilmesi anlamına gelen Gramma ve ölçme anlamına gelen metron kelimelerinden oluşmaktadır (Yaşayan ve diğ, 2011). Genel olarak objelerden yayılan ve fotoğraf karesinin içerisindeki objelerin çevrelerinden yansıyan ışınların oluşturdukları görüntülerin üzerinde ölçmelerin yapılması ve güvenilir bilgilerin elde edilmesi bilimi veya sanatıdır [URL-1].

Fotogrametri tarihsel açıdan fotogrametri dört farklı dönemde incelenmektedir.

1.1.1 Fotoğraf bulunmadan önceki gelişmeler

Fotogrametrinin optik temellerinin atıldığı bu dönemde ilk buluş olarak karanlık odada yapılmış olan küçük bir delikten geçirilen ışığın ters görüntü oluşturması buluşudur. Daha sonra Alhazen (İbn-i Heysem) Şekil 1.2'de resmedildiği üzere, karanlık odada küçük bir delikten geçen ışığın ters görüntü oluşturduğunu gözlemlemiş ve bu gözleme ek olarak keskin görüntünün deliğin küçülmesiyle ilişkili olduğunu ifade etmiştir.



Şekil 1.2 : Karanlık oda gözlemi.

Zamanla bilgi ve teknolojinin gelişmesi ile Leonardo da Vinci optik izdüşüm düşüncesini öne sürmüş ve Albrecht Dürer'in bunu perspektif kuralları ile geliştirip perspektif izdüşümü bulmuştur. Sonrasında Johannes Kepler stereoskopiye tanımlamış ve Jacopo Chimenti aynı tarihlerde stereoskopik çizimi gerçekleştirmiştir. Bu gelişmelerin ışığında F.Kapellar 1726 yılında ilk kez çizim üzerinde ölçme bilgisini kullanmıştır (Yaşayan ve diğ, 2011).

1.1.2 Fotoğrafın bulunması sonrası gelişmeler

Fotoğraf kelimesi köken olarak incelendiğinde fotogrametri gibi Yunanca kelimelerden oluşur. "Phos" ışık ve "Graphien" yazım anlamlarına gelen iki kelimenin birleşiminden meydana gelmiştir. Şekil 1.3'te görülen ilk fotoğraf 1827 yılında Joseph Nicéphore Niepce tarafından 8 saatlik bir pozlama süresinde elde edilmiştir (Marangoz, 2013).



Şekil 1.3 : Çekilen ilk fotoğraf.

Fotoğrafın bulunmasından sonra Guido Schreiber dünyanın havadan görüntülenebileceğini öne sürmüş ve konu hakkında teorik çalışmalar yayınlamıştır. Akabinde 1839'daki Hippolyte Bayard'ın pozitif görüntü elde etmiş ve 1840'ta François Jean Arago fotoğrafın topoğrafik harita yapımında kullanılmasını sağlamıştır. İlk stereoskopik baskılar 1844 yılında David Brewster tarafından stereoskobu icat etmesi ile gerçekleşmiştir.

Gelişen fotoğrafik ölçme tekniklerinin mihenk taşlarından olan Aime Laussedat'un topoğrafik harita yapımında yersel fotoğrafları kullanması sayılır (Marangoz, 2013). Ürettiği Metrographie adını verdiği plançete haritaları ile mevcut haritaları karşılaştırmış ve yöntemin kabul edilmesinde büyük katkı sağlamıştır. İcat ettiği fotogrametrik aletler ve bu aletlerle geliştirdiği teknikleri iconometry (görüntü ölçme tekniği ve bilimi) olarak adlandırmıştır. Fotogrametri kavramının literatüre girmesi 1855'te coğrafyacı Kersten'in kullanması ve Albert Meydenbauer'in 1867'de uluslararası resmiyete kazandırması sayesinde olmuştur.

Sebastian Finsterwalder 1888'de hafif bir fototeodolit geliştirdi ve yersel fotogrametri ile ilk Alp buzullarının ölçümünü ve haritasını yaptı. Çift resim fotogrametrisinin ilkelerini tanımladı ve analitik fotogrametrinin temellerini attı. Sonrasında 1893'te C.B. Adams bindirmeli fotoğraf çekme hipotezini geliştirdi ve 1897'de Theodor Scheimpflug'un uçurtma ve balon fotoğraflarının stereo çekilebilmesi adına yaptığı "Optik-Mekanik Çakıştırma" çalışmasına ön ayak oldu. Daha sonra optik izdüşümlü stereo değerlendirme düşüncesini ortaya koydu.

20.yy'a gelindiğinde insan gözünün iki boyutlu olan fotoğrafı üç boyut görmesi için uzay modelini formülize etmesi ve bunun sonucu olarak Carl Pulfrich'in 1901'de icat ettiği stereokomparatör, aynı tarihlerde Henry Fourcade bu aleti üzerine çalışması üç boyuta geçişteki önemli gelişmelerdendir. 1908'de E.V. Orel'in Şekil 1.4'te gösterilen ve mekanik değerlendirme aleti olan stereo-autograf'ı geliştirmesi, eşyükselti eğrili harita yapımının otomatikleştirilmesi anlamındaki ilk adım olarak kabul edilir (Yaşayan ve diğ, 2011).



Şekil 1.4 : Stereo-autograf.

Yersel fotogrametri ile yapılan çalışmalar eğer düz veya az engebeli arazilerde ise, doğruluk oranının düştüğü ve hataların arttığı görülmüştür. Fotogrametrinin değerini artıran esas gelişme resmin havadan çekilmesi ile başlamış ve bu sayede topoğrafyanın tüm detaylarının görülmesi sağlanmıştır. 1855'te ilk hava fotoğrafı şekil 1.5'te görülen ve Nadar olarak tanınan Fransız fotoğrafi Gaspard Felix Tournachon tarafından balon ile yerden 80 m. havalanarak şekil 1.6'daki fotoğraf çekilmiştir (Baumann, 2001).



şekil 1.5 : Gaspard F. Tournachon.



şekil 1.6 : Nadar'ın balondan çektiği ilk hava fotoğrafı.

1903'te Julius Neubrunner 70 gr. ağırlığındaki fotoğraf makinelerini hava fotoğrafı çekmek için şekil 1.7'deki gibi güvercinlere sabitlemiştir ve bunun sonucunda şekil 1.8'deki şekilde fotoğraflar elde edilmiştir.



Şekil 1.7 : Fotoğraf makinesi sabitlenmiş güvercin.



Şekil 1.8 : Güvercin yardımıyla çekilen bir hava fotoğrafı.

1906’da G.R. Lawrence San Francisco’nun depremden sonraki halini analiz etmek adına yedi uçurtmaya asılı kamera ile Şekil 1.9’daki hava fotoğrafını çekmiştir.



Şekil 1.9 : 1906 depremi sonrasında San Francisco’nun durumu.

Birinci Dünya Savaşı sırasında geliştirilen motorlu uçaklar ile düşman sahası ve askeri konuşlanmanın görülebilmesi adına hava fotoğrafları sistematik olarak kullanılmaya başlanmıştır. 1915’de Oskar Messter tarafından geliştirilen otomatik film kamerası ve 1917’de Sherman Fairchild’in savaş sırasında kullanım için üretmiş olduğu ilk hava kamerası ile şeritsel resimlerin çekilmesine olanak sağlanmıştır.

İlk sıvı yakıtlı roket 1926 yılında Şekil 1.10'da görülen Dr. Robert H. Goddard tarafından bulunmuş ve fırlatılmış, akabinde 1929 yılında fırlatılan ikinci roketle fotoğraf makinesi eklenerek roketten Şekil 1.11'deki ilk hava fotoğrafı alınmıştır (Yaşayan ve diğ, 2011).



Şekil 1.10 : Goddard ve ilk roketlerinden biri.



Şekil 1.11 : Roketten çekilen ilk hava fotoğrafı.

1.1.3 Klasik fotogrametri dönemi

İkinci Dünya Savaşı sonrası savaşın etkilerinin geçmesi ve ülkelerin gelişmeleri sebebiyle haritalara ihtiyaç duyulmuş ve bunun için bugünde halen kullanılan analog stereo değerlendirme yöntemleri uygulanmıştır. 1948’de Harry Kelsh fotogrametrik harita yapımı için Şekil 1.12’deki Kelsh çizicisini tasarlamıştır.



Şekil 1.12 : Kelsh çizicisi.

Bu dönemde fotogrametri, teori, teknik ve değerlendirme yöntemleri açısından oldukça geliştirilmiş ve sayısal haritalar oluşturulmaya başlanmıştır. Ortofotolar klasik dönemin en önemli ürünlerinden sayılır.

Fotogrametri haricinde haritacılık açısından önemli bir ölçme yöntemi olan uzaktan algılama da uyduların uzaya yerleştirilmesiyle geliştirilmeye başlanmıştır.

1.1.4 Çağdaş fotogrametri dönemi

Günümüzde de devam eden bu dönem, teknolojinin ve üretimin hızla artması ile birlikte ortaya çıkan bilgi açlığının kapatılması adına gelişen sayısal fotogrametrik sistemleri içermektedir. Yüksek çözünürlüklü ve distorsiyonu azaltılmış fotoğraflar elde edilmesi ile birlikte uçuşların daha seri, dengeli ve düşük maliyetli olarak yapılabilmesi adına yeni aletler geliştirilmiştir. Bunun yanında üretilen sayısal fotogrametri verilerinin büyük boyutlara ulaşması sonucunda bilgisayar teknolojisinin kullanılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Güçlü donanım ve yazılımların

geliştirilmesi ile bu dönem fotogrametrinin az zamanda çok büyük ilerleme kaydedildiği dönemidir.

Sayısal fotogrametrinin üstün taraflarından bahsetmek gerekirse,

- Sayısallaştırma, veri toplama ve görselleştirme işlemleri tamamıyla otomatik bir şekilde bilgisayar ortamında gerçekleştirilmektedir.
- Ulaşılmak istenen bilgilerin üretilmesi, öte yandan üretilen bu bilgilere ulaşılması diğer yöntemlere göre çok daha hızlıdır. Bu yönüyle CBS projeleri için çok değerli bir yöntemdir.
- Oluşturulan ürünler ve ortaya çıkan bilgiler deformasyon, bozulma veya kaybolma gibi durumlardan uzaktır ve orjinal haliyle kalmaktadır.
- Çekilen fotoğraflar görüntü işleme ve zenginleştirme teknikleriyle netleştirilebilmektedir. Diğer fotogrametrik yöntemlerde fotoğraf çekildiği gibi kaldığı için bu durum büyük avantaj yaratmaktadır.
- Fotoğraf bindirilmesi ve sonucunda ortaya çıkan stereo fotoğraflarda analizlerin yapılabilmesi çok daha kolaylaşmıştır. Bu sayede arazi üzerinde bulunan objelere ait yükseklik bilgisine de rahatlıkla ulaşılabilir.
- 3 boyutlu dijital yüzey modeli birden fazla kişi ile gözlük yardımıyla izlenebilmektedir. Diğer fotogrametrik yöntemlerde bir kişiden fazlası izleyememektedir.
- Gerekli işlemler bilgisayar ortamında yapıldığı için yakınlaştırma ile uzaklaştırma rahattır ve bu sayede verilere ait ayrıntılı bilgilere ulaşmak daha kolaydır.
- Veriler ve ürünler HDD içerisinde saklandığı için yer kaplamazlar.
- Kullanıcıların çok rahat kullanabileceği yazılımlar üretildiği için artık operatörler de çok hızlı bir şekilde analizlere adapte edilebilmektedir.

Ayrıca, her sistemde olduğu gibi sayısal fotogrametrinin de bazı zayıflıklarından bahsetmek mümkündür. Bunlar,

- Analiz ve işlemlerden sonuçların hızlıca alınabilmesi için çok güçlü donanımlara ihtiyaç vardır.

- Bazı uygulamalarda hesaplara girmemesi gereken objeler el ile (manuel) olarak silinmektedir. Bu durum da biraz zaman kaybı oluşturmaktadır.
- Çıktı alınması gerektiğinde, veri kalitesinin kağıda yansıtılması için iyi bir çiziciye (plotter) ihtiyaç duyulmaktadır.
- Operatörün her zaman gözlükle çalışması gerektiğinden dolayı göz yorgunluğu ve göz bozulması rahatsızlıklarına yol açabilmektedir.

Günümüzde insansız hava araçları ve bu araçlara adapte edilen yüksek çözünürlüklü kameralar sayesinde yapılan uçuş planları doğrultusunda topoğrafik veriler hassas bir şekilde algılanmaktadır.

1.2 Amaç ve Kapsam

İnsansız hava araçları, günümüzde fotogrametrik alımların önemli bir aracı haline gelmiş ve birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İnşaat işlerinde maliyet hesaplarının desteklemesi ve imalat durumunun takip edilmesi adına referans olabilecek bu tezin amacı;

- Proje takibini ve ofis ile saha arasındaki koordinasyonu geliştirmesi,
- Araziden alınan imalat verilerinin doğruluğunun araştırılması,
- İnsansız Hava Araçları'nın hava fotogrametrisinde nasıl kullanılabileceği ve ne tür ürünler vererek hangi problemlere çözüm olabileceğinin araştırılması,
- Gelecekte yapılacak fotogrametrik kübaj çalışmalarına pilot uygulama olmasıdır.

1.3 Metodoloji

1- Literatür araştırması;

- Hava fotogrametrisi,
- Uçuş planları,
- Hava kameraları,
- İHA'ların fotogrametrideki yeri,
- Fotoğrafların değerlendirilmesi aşamalarından oluşmaktadır.

2- İHA ile yapılan bu tez çalışmasının uygulama kısmında yapılan fotogrametrik çalışma;

- Yazılımın seçilmesi,
- Pilot bölgenin seçilmesi,
- İHA ile fotogrametrik alımın yapılması,
- Görüntülerin yer kontrol noktaları ve RTK GPS verileri yardımıyla düzenlenmesi,
- Doğruluk kontrolleri,
- Karşılaştırmanın yapılacağı sonuç ürünlerin üretilmesi,
- Arazi verileri ile karşılaştırılması aşamalarından oluşmaktadır.

1.4 Hipotez

Projenin yapılacağı bölgede öncelikle keşif yapılır ve daha sonra tasarımın düşünüldüğü araziye ait mekansal veriler toplanır. Tasarım aşamasında kazı, dolgu planlarının belirlenmesi ve buna bağlı olarak kübaj hesaplarının yapılması işlemleri uygulanır. Tasarım aşamasından geçen bir altyapı veya üstyapı projesinin sahada uygulanması sırasında hesaplanan kübaja yakın değerler olması beklenemez. Çünkü, sahadaki toprak değerlerinin kötü olması, ariyet ocaklarının kurulması ve oralarından kazılan malzemenin dolguda kullanılması hafriyat işini arttırmaktadır. Bunun dışında projenin geçtiği bölge içerisinde kurulan mobil şantiyeler, bağlantı yolları gibi ekstra hafriyat işlemleri yani ekstra kübajlar çıkmaktadır. Bu işlemler, sahadaki işlerin hızlı ilerlemesi adına kepçe veya kamyon hesabı ile yapılmaktadır ve genellikle hafriyatlar gereğinden fazla gösterilerek hakedişlere bu şekilde yansıtılması gibi istenmeyen durumları ortaya çıkarabilmektedir. Bu durumların önüne geçmek ve proje sınırları içerisindeki tüm yapıların ve toprak hareketlerinin rahatça görülebilmesi adına insansız hava araçları ile fotogrametrik çalışmalar yapılmaktadır. Hem hızlı hem de maliyeti az olan bu yöntem ile arazi durumu kontrolü, arazi modelleri oluşturulması ve kübaj hesapları rahatça yapılabilen ve güncel durumun takibi yüksek doğrulukta gerçekleştirilebilmektedir.

Yapılan bu tez çalışması ile ilgili yukarıda bahsedilen hipoteze ait teorik bilgiler verilecek ve bu teorik bilgiler uygulama ile desteklenecektir.

2. HAVA FOTOGRAMETRİSİ

Fotogrametri, teknoloji ile birlikte değişen ve çok farklı disiplinlerde kullanılan bir bilimdir. Farklı disiplinlerde kullanılmasından dolayı fotogrametri, değerlendirmede kullanılan resim sayısı, değerlendirme yöntemi, fotoğraf çekilen konum, obje büyüklüğü ve uygulama alanına bağlı olarak sınıflandırılır.

Fotoğraf çekilen konuma göre fotogrametri, yersel ve hava fotogrametrisi olarak ikiye ayrılır. Yersel fotogrametri, yeryüzünde veya yeryüzü yakınlarında çekilen fotogrametri tekniğidir. Hava fotogrametrisi ise yersel çekim teknikleriyle ulaşılamayan bölgelerin yerden yüksekte çekimlerinin yapılarak geniş alanların rahatça haritalanabildiği özel bir haritalama tekniğidir. Diğer bir deyişle, yersel fotogrametri fotoğraf çekmenin, fotoğraf değerlendirmesinin ve geniş alanların bilgilerinin üretilmesinin zor olması nedeniyle yalnızca hava fotogrametrisinin kullanılmadığı, ekonomik olmadığı veya özel konuların olduğu durumlarda tercih edilir.

Değerlendirme sırasında kullanılan resim sayısına göre fotogrametri tek ve çift resim fotogrametrisi olarak ikiye ayrılır. Tek resim fotogrametrisi, metrik bilgiler ile foto plan ve foto mozaiklerin üretildiği yöntemdir. Çift resim fotogrametrisi bir diğer adıyla stereo fotogrametri, ortak örtü alanlarının bulunduğu fotoğraf çiftlerinin kullanılması ile üç boyutlu bilgilerin üretildiği yöntemdir.

Değerlendirme yöntemine göre fotogrametri dörde ayrılır. Grafik fotogrametri, fotoğraflar üzerinden doğrultu ve uzunluk ölçmeleri ile perspektif harita üretimi için kullanılan bir değerlendirme yöntemidir. Analog fotogrametri, çift resim fotogrametrisi kullanılarak çekilmiş fotoğrafların üç boyutlu modellerinin oluşturulduğu ve objelerin çizimsel yollarla değerlendirildiği bir yöntemdir. Analitik fotogrametri, matematiksel yöntemler ile analog fotogrametriye ek olarak elektronik ve bilgisayar sistemlerinin kullanıldığı yöntemdir. Son olarak sayısal fotogrametri ise sayısal forma dönüştürülmüş stereo görüntülerin tamamen bilgisayar ortamı kullanılarak otomatik değerlendirme işlemlerinin uygulandığı yöntemdir.

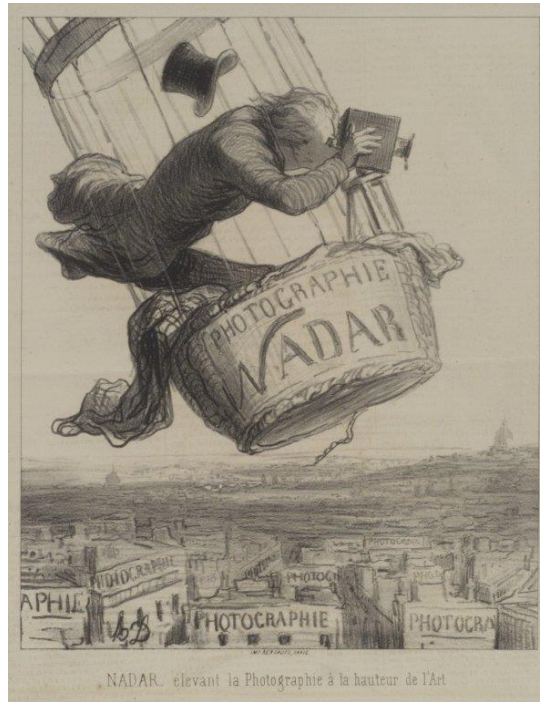
Hava fotogrametrisi yöntemi, bahsedilen bu yöntem ve tekniklerden stereo fotogrametri ve sayısal fotogrametri yöntemlerini kullanarak sonuçlar üretir.

2.1 Hava Fotogrametrisinde Kullanılan Ekipmanlar

Hava fotogrametrisi kullanıldığı bölge ve amaca göre yerden belirli yükseklikte çekilen fotoğraflar üzerinde yapılan ölçme ve değerlendirmelerin kullanıldığı bir yöntemdir. Bu fotogrametri yönteminde hem fotoğraf çekmede hem de fotoğraf çekilen makinenin entegre edildiği özel araçlar kullanılır.

2.1.1 Balonlar

İlk hava fotoğrafının çekildiği ve fotogrametride kullanıldığı araçtır. Balon, ısıtılmış hava veya hafif bir gaz yardımı ile uçabilen bir hava taşıdır. Balondan ilk hava fotoğrafının çekilmesi Şekil 2.1’de tasvir edilen Nadar tarafından çekilmiştir. Balon kullanılarak yapılan ilk fotogrametrik çalışma ise bataklık bölgesinde bulunan bir arazinin iki balondan alınan fotoğrafı ile S. Finsterwalder tarafından 1903 yılında yapılmıştır. Balonların fotogrametri için avantajı, maliyetinin az olmasına rağmen iyi bir hassasiyete sahip olmasıdır. Bunun yanında dezavantajı rüzgarla sürüklenmesi ve yalnızca düşeyde kontrol edilebilmesidir. Bu durumda istenen açı ve bindirmelerinin projeye uygun olabilmesi için uygun hava şartlarının beklenmesi gerekmektedir.



Şekil 2.1 : Nadar tarafından balondan çekilen ilk hava fotoğrafının tasviri.

2.1.2 Zeplinler

Zeplinler bir diğ er deyişle hava gemileri, motorları sayesinde itme kuvvetini kullanarak yol alan, havada yönlenmesini sağlayan dümeni olan, alt kısmında yolcu kabini bulunan ve şekil 2.2’de gösterilen balonlardır. Motorları sayesinde istenilen yönde ilerleyebilmesi ve hava basıncını kullanmasıyla yüksekliğinin ayarlanabilmesi fotoğraf çekimi açısından önemli özellikleridir.



şekil 2.2 : Hava fotoğrafı çekerken zeplinin havadaki görünümü.

2.1.3 Sabit kanatlı uçaklar

Uçaklar, şekil 2.3’te gösterildiği üzere kanat, kuyruk ve motor sistemiyle havada istenilen yükseklikte ve yönde hareket edebilen bir hava taşıtıdır. Havadan veri toplayacak olan uçağın, uçuşların gerçekleşeceği bölgeye, kalkış ve iniş yapabileceği yere ve ihtiyaç duyulan kalite ve hassasiyeti karşılayabilecek sisteme göre modifiye edilmiş olması gereklidir. Ek olarak kameranın monte edileceği yuva, tüm uçuş operasyonlarını kontrol edecek ve konum bilgisi toplayacak GPS ve IMU sistemleri bulunmalıdır. Bunun haricinde gyro stabilize sistemi de rüzgar ve türbülans gibi etkilerin azaltılması ile bu etkilerin kameraya iletilmemesini sağlayarak iyi kalitede görüntü alınmasını sağlamaktadır.



Şekil 2.3 : Hava fotogrametrisi için gerekli verilerin toplandığı ve kaydedildiği uçak.

2.1.4 Uçurtmalar

Uçurtmalar, Şekil 2.4'te gösterilen ve hafif malzemeden yapılan, rüzgar kuvveti ile bağlı bulunduğu ipin oluşturduğu kuvvet etkileşimi sonucu havada asılı kalabilen araçtır. Balonlara benzer olarak maliyeti azdır ve hava durumuna bağlı olarak kullanımı yapılmaktadır.



Şekil 2.4 : Hava fotoğrafı çekerken uçurtmanın havadaki görünümü.

2.1.5 Model helikopterler

Radyo kanallarının uzaktan kumanda yardımıyla yönetilmesi ile model helikopter araçlarının kontrolü sağlanır. En az 5 kanalı olmak zorundadır. Bu kanallar hareket için verilen gaz, dümen, eğim, yükseklik, kanatçık ve kuyruk kontrolü için gereklidir. Şekil 2.5'te gösterilen model helikopterlerin kuvvetli manevra yeteneği sayesinde istenilen açı ve dönüklükler kolayca sağlanabilmektedir.



Şekil 2.5 : Model helikopter.

2.1.6 Sabit kanatlı dronlar

Sabit kanatlı dronların Şekil 2.6'da görüldüğü gibi hava sürtünmesini etkisiz kılmak için ince kanatları vardır ve ayrıca havada hızlanabilmesi için içten yanmalı motoru veya elektrik motoruna sahiptir. Dronun kontrolü kanatlarının içerisinde bulunan kontrol yüzeyleri sayesinde yapılır ve bu yüzeyler ile dronun yükseklik, dolaşma ve yön kontrolü sağlanır. Diğer bir deyişle, kontrol yüzeyinde bulunan elemanlardan asansör denilen ve yükseklik belirleyici olan araç yanal eksen kontrolünü, kanatçıklar denilen ve dolaşmada görevli araç boyuna eksen kontrolünü, dümen denilen ve rotayı kontrol eden araç ise düşey eksen kontrol eder (Eisenbeiß, 2009).

Sabit kanatlı dronların en önemli avantajı, basit bir yapıya sahip oldukları için bakım ve onarımının kolay olması ile bu basit yapının etkili aerodinamiği sayesinde hızlı uçuş sağlaması ve bu sayede daha geniş alanları ölçebilmesidir. Bir diğer avantajı ise motor gereksinimi olmadan doğal süzülme yeteneklerinden kaynaklı uçuş karakteristiğidir. Ek olarak, yüklü sensörleri az güç ile uzun mesafelerde taşıyabilmesi de sabit kanatlı dronların avantajlarından.

Sabit kanatlı dronların dezavantajı olarak kalkış pisti veya fırlatıcıya ihtiyacı olması sayılabilir. Ayrıca, rüzgarlı havalarda dengeli hareket edememesinden dolayı sabit hareket istenen uygulamalarda yeterli verimi gösterememesidir.



Şekil 2.6 : Sabit kanatlı dron.

2.1.7 Döner kanatlı dronlar

Helikopterlerin günümüzde geliştirilmesiyle ortaya çıkan multikopterler sayesinde aracın kontrol ve stabilizasyonu rahatça sağlanmaktadır. Yaygın olarak 3 pervaneli (tricopter), 4 pervaneli (quadcopter), 6 pervaneli (hexacopter), 8 pervaneli (octocopter) ve nadiren 12 ve 16 pervaneli olarak kullanılır. Şekil 2.7’de görülen dronun kontrolü, itme kuvveti varyasyonundan ve pervanelerden oluşan tork ile sağlanır. Havada sabit bir şekilde durabilmesi için ön ve arka pervanelerin dengeli itme gücü ve torku olması gereklidir (Eisenbeiß, 2009).

Döner kanatlı dronların en büyük avantajı, kalkış ve inişini düşey olarak gerçekleştirebilmesidir. Bu sayede kalkış ve iniş için herhangi bir platforma ihtiyaç duymamaktadır. Ek olarak, etrafında dönebilme ve kıvrak manevra ile uzun süre odaklanılması gereken yerlerdeki sabit duruş kabiliyetidir.

Döner kanatlı dronların dezavantajı, kompleks mekanik ve elektronik yapıya sahip olması ile karmaşık bakım ve onarımının olmasıdır. Ayrıca, yavaş hareket etmesi ve kısa uçuş mesafesi nedeniyle bölgeyi ölçmek için fazlaca iniş kalkışa ihtiyaç duyması ve böylece operasyonel zaman ve bütçeyi arttırmasıdır.



Şekil 2.7 : Döner kanatlı dron.

2.1.8 İHA'ların sınıflandırılması

Yukarıda bahsedilen hava fotogrametrisinde kullanılan ve hava fotoğraflarının alındığı araçların bölgenin hava koşulları, kendi ağırlığı ve taşıyabildiği ağırlık, motor durumu, uçabildiği uzaklık, dayanıklılık ve manevra kabiliyeti gibi faktörlerinin göz önüne alınması ile kullanılacağı uygulama ve ortam şartlarına bağlı olarak doğru şekilde seçilmesi çok önemlidir. Bu faktörlerin göz önüne alınması ile aşağıdaki Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2 oluşturulmuştur.

Çizelge 2.1 : İHA'ların motor durumu ve hava karşısındaki ağırlığına göre sınıflandırılması.

İHA Tipi	Havadan Hafif	Esnek Kanatlı	Havadan Ağır Sabit Kanatlı	Döner Kanatlı
Motorsuz	Balon	Yelken Kanatlı	Planörlü	Pervaneli
Motorsuz		Yamaç Paraşütü		
Motorsuz		Uçurtmalar		
Motorlu	Zeplin	Yamaç Paraşütü	Pervaneli	Tek Pervaneli
Motorlu			Jet Motorlu	Ortak Eksenli
Motorlu				4 Pervaneli
Motorlu				Çok Pervaneli

Çizelge 2.2 : Dronların cinsine ve uygulama koşullarına göre sınıflandırılması.

İHA'nın Cinsi	Menzil	Dayanıklılık	Hava Koşullarına Bağımlılık	Manevra Kabiliyeti
Balon	0	**	0	0
Zeplin	0	**	0	0
Paraşüt/Uçurtma	**	**	0	*
Sabit Kanatlı Paraşüt	**	*	*	*
Pervaneli&Jet Motorlu	**	**	*	*
Pervane	**	*	0	*
Tek Pervaneli	*	*	*	**
Ortak Eksenli	*	**	*	**
4 Pervaneli	0	0	0	**
Çok Pervaneli	*	*	*	**

Çizelge 2.2'de “*” gösteriminin sayısı dronların verilen koşullara karşı diğerlerine oranla daha iyi olduğunu ve “0” gösterimi ise o koşulda dronların hiç iyi olmadığını göstermektedir.

2.1.9 Hava kameraları

Hava fotogrametrisinde kullanılan kameralar metrik kameralardır. Bu kameraların objektifleri hatasız sayılabilecek nitelikte olup çok sayıda mercek içermektedir. Bu sayede izdüşüm merkezinden geçen ışınlar sapmaya uğramadan direkt olarak resim

düzlemine düşerler. Ortalama olarak fotogrametride kullanılan bir hava kamerasının distorsiyon hatası yaklaşık olarak 5 mikrondur.

Hava fotogrametrisinde kullanılan kameralar iki ana gruba ayrılır. Bunlardan biri analog kameralar diğeri ise yaygın olarak kullanılan dijital kameralardır.

2.1.9.1 Analog kameralar

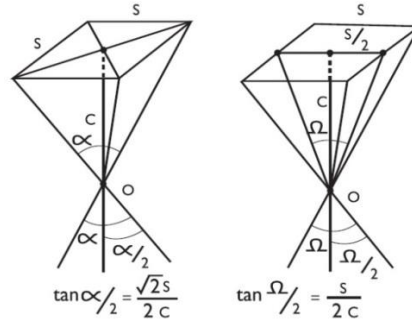
Analog hava kameraları fotoğraf düzleminde bulunan bir film, filmin bulunduğu magazin bölümü, objektif, odak düzlemi, diyafram, obtratrör ve filtrenin bulunduğu kamera konisinden oluşur. Hava fotogrametrisinde düzgün fotoğraflar alınabilmesi için kamera askı düzeni ve kamera altlığının bulunması gereklidir. Fotoğrafların düştüğü filmin bulunduğu bölüm olan magazin bölümünde vakum sistemiyle filmin düzleştirilmesi, obtratrörün açılmasıyla fotoğrafın alınması ve yeni filmin fotoğraf düzlemine getirilmesi işlemleri yapılır (Yaşayan ve diğ, 2011). Şekil 2.8’de gösterilen analog kameraların otomatik olarak arka arkaya resim çekebilmesi önemli bir özelliğidir.



Şekil 2.8 : Analog hava kamerası.

Kameraların hava fotoğrafları çekilirken uçağın yüksekliğine, hızına ve fotoğraf alınacak alanın büyüklüğüne göre poz süresinin ayarlanması gereklidir. Poz süresinin ayarlanabilmesi için hava kameralarında ışığın geçmesini kontrol eden merkezsel obtratrörler bulunur. Stereo fotoğrafların elde edilebilmesi intervalometre adı verilen özel bindirme düzenleyicileri ile sağlanır. Bu özel alet kameraya bağlantılı olarak ekran görevi yapar bu sayede fotoğraf alınacak araziye görmeyi mümkün kılar. Arazinin akış hızı ile fotoğraf kenarının boyu arasında oran kurularak istenilen fotoğraf bindirmeleri yapılır.

Fotogrametride genellikle kullanılan kameraların görüş açısı 60° olduğu için bu kameralar normal açılı kameralar olarak alınır. 60° den küçük kameralar dar açılı kameralar, $60^\circ - 90^\circ$ arasında olan kameralar geniş açılı kameralar, 90° den büyük olanlar çok geniş açılı kameralar olarak adlandırılmaktadır. Bu durumda geniş ve çok geniş açılı kameralar ile çalışmak, proje alanının daha az sayıda fotoğrafının çekilmesi, fotoğrafların hızlı şekilde düzenlenmesi ve modellenmesi durumlarından ötürü ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır. Fakat bu durumun dezavantajı ise geniş bölgelerin alınmasından dolayı doğruluğu düşük olan veriler ve ölü alanların fazlaca olmasıdır. Şekil 2.9 kamera açıklık açıları ile asal uzaklığı ve fotoğraf boyutları arasındaki bağıntıları göstermektedir.

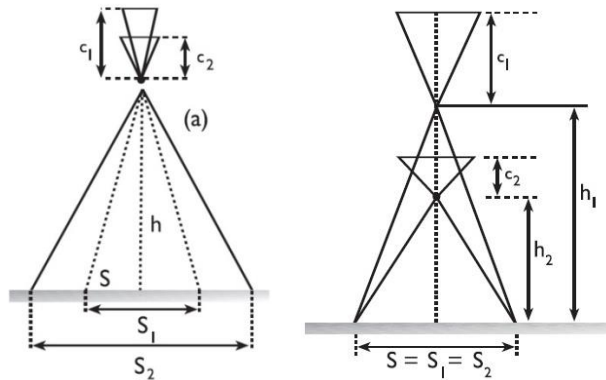


Şekil 2.9 : Kamera açıklık açısı.

Proje alanında fotoğrafı alınacak alan (F) ve uçuş yüksekliği (h) ile fotoğraf asal uzaklığı (c) arasında aşağıdaki 2.1 ve 2.2 bağıntıları vardır. Şekil 2.10 ise bu bağıntıları görsel olarak betimlemektedir.

$$\frac{F_1}{F_2} = \left(\frac{c_2}{c_1}\right)^2 \quad (2.1)$$

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{c_1}{c_2} \quad (2.2)$$



Şekil 2.10 : Asal uzaklık, uçuş yüksekliği ve fotoğraf çekilen alan arası bağıntı.

2.1.9.2 Dijital kameralar

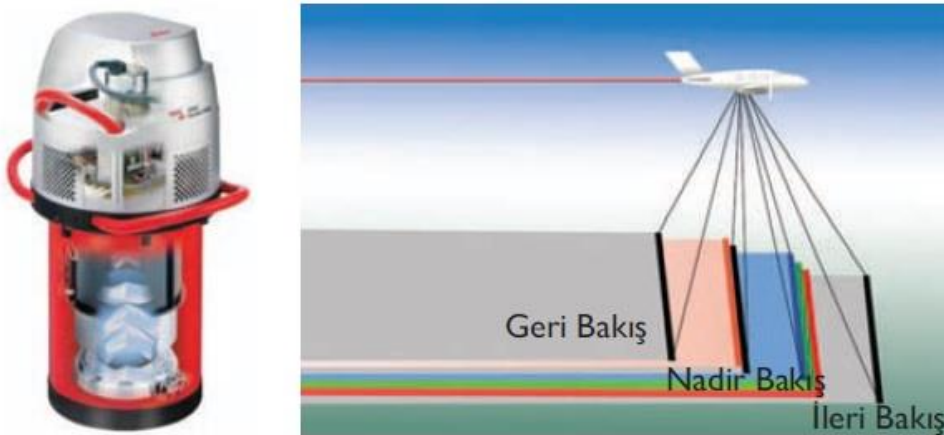
Dijital kameralar diğerk bir deyişle sayısal kameralar, filme ihtiyaç duymadan ve film banyo işlemine gerek olmadan direkt olarak hafızasına veya bilgisayar ortamına aktarabilen kameralardır. Günümüzde analog kameraların yerini dijital kameralar almış ve bu durum fotogrametri alanında teorik kurallar ve üretim süreci ile ilgili bazı kavramları değiştirmiştir. Dijital kameralar, çok bantlı fotoğraflar elde edebilmesi sayesinde farklı veri gruplarının oluşturulmasına ve farklı disiplinlerde kullanılmasına olanak sağlanmaktadır. Dijital kameraların resim kalitesinin artırılması ile değişik formatlarda (megapiksel) ve boyutlarda (megabayt) fotoğraflar alınmaya başlanmıştır. Bu durum ile detayların belirlenmesi ve işaretlenmesi kolaylaşmıştır.

Dijital kameralar, Şekil 2.11 ve Şekil 2.12’de gösterildiği gibi çerçeve (matris) ve hat tarayıcı kameralar olarak ikiye ayrılır. Bunlardan çerçeve kameraları sayısal çerçeveye sahip olup fotogrametri işleminde en çok kullanılan kameralardır.



Şekil 2.11 : Dijital çerçeve kamera.

Hat tarayıcılar ise proje bölgesini paralel hatlar şeklinde tarayarak veri toplarlar. Dijital kameralarda kullanılan CCD algılayıcılar ile bu taramalar yapılmaktadır. Ayrıca bu kameralar ileri, nadir ve geri bakış mekanizmasına sahip olabilirler.



Şekil 2.12 : Hat tarayıcı kamera.

2.2 İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA) adından da anlaşılacağı üzere uçuş ekibi olmadan, aerodinamik uçuş prensiplerine göre otomatik veya yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip olan araçlardır (Saripalli, 2003). İHA'lar ilk olarak 1. Dünya Savaşı sırasında askeri keşif, gözetleme, haritalama ve saldırı amacı ile kullanılmıştır. İHA'lar genel olarak uzaktan kumandalı araç anlamına gelen drone adı ile anılırlar. Gelişen teknoloji ve paralelinde yapılan araştırmalar ile İHA'lar fotogrametriye tam anlamı ile adapte edilmiş ve en geniş yelpazede kullanılan hava fotogrametrisi aracı olmuştur. İHA'lar türlerine göre aşağıdaki şekilde sınıflandırılır.

- Gövde tipine göre;
 - Döner kanatlı (Rotary wings),
 - Sabit kanatlı (Fixed wings),
- Havada kalış süresine göre;
 - Uzun süre havada kalabilen (Long endurance) > 3 saat,
 - Orta süre havada kalabilen (Med-Endurance) 1 saat ila 3 saat arası,
 - Kısa süre havada kalabilen (Short Endurance) < 1 saat,
- Veri toplama biçimine göre;
 - Yersel kaynaklı GPS sistemi,
 - Gerçek zamanlı kinematik ölçme (GPS-RTK/PPK) kaynaklı sistemler.

2.2.1 İHA'ların yapısı

İHA'lar, insanlı hava taşıtlarının küçültülmüş bir modeli olduğu için genel anlamıyla aynı fiziksel yapıya sahiptirler. İHA'ların insanlı hava taşıtlarından farkları kokpit yapısı ve kontrol sistemidir.

Gövde: İHA modellerinde değişen fakat genel olarak her birinde varolan kokpit, pencere, kanat veya pervane gibi araçların bulunduğu yapıdır. Bu yapıda ayrıca kamera, sensör gibi ekipmanlarında eklendiği yük taşıma bölümü bulunur.

Güç kaynağı ve platform: Güç kaynağı olarak küçük İHA'larda daha çok lityum polimer batari kullanılmakta iken büyük İHA'larda klasik motor kullanılmaktadır.

İHA'lar kalkış ve iniş için el yöntemi ile, bölgede kurulan veya var olan platform ile veya herhangi bir platforma ihtiyaç duyulmadan kullanılabilirler.

Bilgi işlem: Önceleri analog olarak kontrol edilen İHA'lar günümüzde uçuş kontrolörü veya otopilot adı verilen bir bilgisayar yardımı ile uçuş planına sadık bir uçuş gerçekleştirmektedirler.

Sensörler: Kullanılacak alanın ve toplanacak verinin yapısı ve kalitesine göre sensörler İHA'lara eklenmektedir. IMU ve GPS alıcısı yardımıyla İHA'nın pozisyonu ve hızı ile ilgili bilgilerin alınması dışında, özel sensörlerin kullanılması ile meteorolojik verilerin toplanması da sağlanabilir.

Aktüatörler: İHA'larda bulunan aktüatörler, motorlara bağlı olarak elektronik hız kontrolü, askeri amaçlı silahlar, yük taşıma, ışıklandırma ve hoparlör görevlerinde kullanılan parçalardır.

Yazılım: Otopilotun uçuş planına uygun hareket etmesini kontrol eder.

Döngü kontrol prensibi: Döngüler açık ve kapalı döngü olarak ikiye ayrılırlar. Açık döngülerde kontrol sinyalleri sensörden herhangi bir geri dönüş alınmadan sağlanır. Kapalı döngülerde ise geri dönüşler alınarak sensör hareketleri düzenlenir.

İletişim: İHA'larda sıkça rastlanan iletişim tekniği radyo frekanslarıdır. Bu frekanslar anten yardımı ile dijitale çevrilir ve otopilot yani İHA'da bulunan bilgisayar sistemi ile iletişim sağlamaktadır. Radyo sinyalleri sayesinde, İHA'lar otopilot kontrol istasyonlarından gerekli düzeltmeler ve değerleri alarak iç düzeltmesini yapabilir. Ayrıca, uzaktan kontrol imkanı ile proje takibini yapan ekibin İHA havada iken uçuş prensiplerini değiştirmesine yardımcı olur.

Tüm bu yapılar İHA'ların kullanılabilirliğini ve projelere olan uyumunu arttırmaktadır.

2.2.2 İHA fotogrametrisi

İHA sistemlerinin ve veri işleme yazılımlarının hızlı gelişimi ile artan kabiliyetler sayesinde farklı uygulama örnekleri karşımıza çıkmaktadır. Örnek olarak; büyük ölçekli harita yapımı, askeri çalışmalar, arkeolojik alanlara ait uygulamalar, orman alanlarına yönelik uygulamalar, tarımsal uygulamalar, afet yönetimi ve röleve çalışmaları sayılabilir.

2.2.3 İHA fotogrametrisinin avantajları ve kullanım sınırları

Proje gereksinimlerine bağılı olarak insansız hava aracı ve faydalı yükseklik seçimleri,

- Proje amacı ve büyüklüğü,
- Topoğrafya ve meteorolojik koşullar,
- İlgili sivil havacılık mevzuatı,
- Hedeflenen doğruluk ve hassasiyet değerleri,
- Proje süresi ve bütçesi,
- Beklenen sonuç ürünler

kriterleri göz önünde bulundurularak yapılmaktadır.

İHA sistemlerinin fotogrametri alanında kullanılması ile aşağıdaki avantajlardan bahsetmek mümkündür.

- Mevsimsel koşullardan daha az etkilenme,
- Ulaşılamaz ve riskli görülen bölgelere ulaşabilme,
- Operasyonel kolaylık,
- Düşük yatırım ve işletim maliyeti,
- Yüksek konum doğruluğu,
- Hızlı veri işleme,
- Ölçeklenebilirlik.

İHA sistemlerinin kullanım sınırlarına bakılırsa;

- Rüzgar hızının arttığı durumlar,
- Toz bulutu, puslu ve yağmurlu havalar,
- Doğal veya yapay olarak kapanan bölgeler,
- Limitli yükleme kapasitesi,

gibi anlık ve araca bağılı olarak değişebilen zorlu şartlarda havada kalma süresi, doğruluk ve resim kalitesi azalmaktadır.

2.3 Uçuş Planları

Hava fotogrametrisinin önemli adımlarından biri fotoğraf çekilecek proje alanının, uçuş yüksekliğinin ve bindirmelerin belirlenip uçuş rotasının planlanmasıdır. Uçuş planının yapılabilmesi için öncelikle kullanılacak kameraya ve çekilecek fotoğrafların ölçeğine karar verilmesi gereklidir. Kameralar, proje alanındaki kırsal ve şehir yerleşimi durumları ile proje gerekliliklerine bağlı olarak belirlenir. Fotoğraf ölçeği ise fotogrametrik değerlendirme yöntemi, projenin amacı ve istenilen doğruluğa göre belirlenir. Fotoğrafların ölçekleri pratik olarak aşağıdaki 2.3 bağıntısı ile bulunur.

$$mr = 200\sqrt{mk} \quad (2.3)$$

Aşağıdaki Çizelge 2.3'te harita (mk) ve fotoğraf (mr) ölçeği ile büyütme oranı (mr/mk) örnekleri verilmiştir.

Çizelge 2.3 : Ölçek ve büyütme oranı örnekleri.

Ölçek Tipi							
mk	1000	2000	5000	10000	25000	50000	100000
mr	6000	9000	14000	20000	32000	45000	65000
mr / mk	6.0	4.5	2.8	2.0	1.3	0.9	0.6

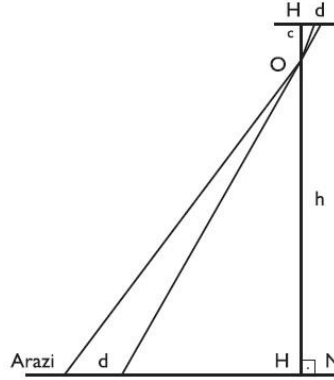
Uçuş planları hazırlanırken topoğrafya büyük önem taşır. Eğer arazi kotları düzgün şekilde değişiyor ise uçuş yüksekliği arazi ile aynı oranda değiştirilebilir. Ek olarak, topoğrafyanın uygun olduğu durumlarda proje kolaylığı açısından kuzey-güney veya doğu-batı yönünde paralel çizgilerle planlar hazırlanır. Şekil 2.13'te örnek bir uçuş planı verilmiştir. Burada kırmızı ile gösterilen çizgi proje sınırını göstermekte iken sarı ile gösterilen çizgiler uçuş rotasını göstermektedir.



Şekil 2.13 : Uçuş planı örneği.

2.4 Hava Fotoğrafları ve Değerlendirme Yöntemleri

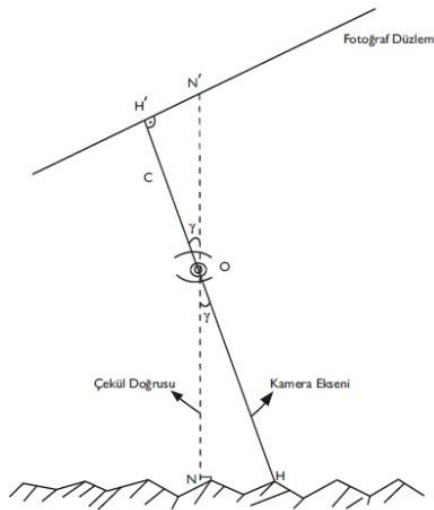
Hava fotoğrafları arazinin kuşbakışı görünümü hakkında bilgi sahibi olmak ve üç boyutlu tasarımlar ile bölge özelliklerini incelemek için önemli bir veri türüdür. Haritalarda ölçekler tamsayı değerleri alınırken fotoğraflarda bu değer herhangi bir sayı olabilir. Ölçek, Şekil 2.14'te belirtilen kamera asal uzaklığı (c), yükseklik (h), arazideki uzunluk (d) ve resimdeki uzaklık (d') ile bağıntı 2.4'teki şekilde hesaplanır.



Şekil 2.14 : Fotoğraf ölçeği.

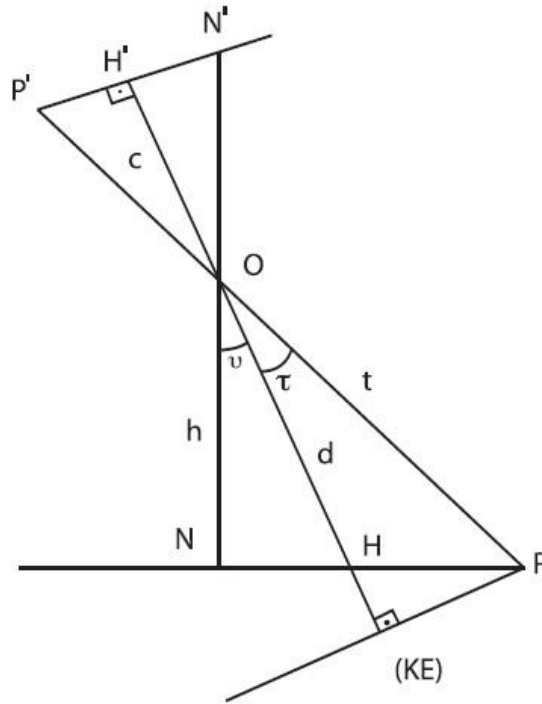
$$Mr = \frac{1}{mr} = \frac{d'}{d} = \frac{c}{h} \quad (2.4)$$

Fotoğraf çekim işlemi bitirildikten sonra fotoğraflardaki kamera ekseninin konumu değerlendirme için önemlidir. Kamera ekseni düşey konumda iken çekilen fotoğraf düşey fotoğraf ($\gamma=0^\circ$, pratikte $\gamma=5^\circ$), yatay konumda iken çekilen fotoğraf ise yatay fotoğraf ($\gamma=100^\circ$) adını alır. Fakat pratikte düşey fotoğraf alma işlemi tam olarak gerçekleşmez ve kamera ekseni Şekil 2.15'teki gibi doğrultudan bir miktar sapar.



Şekil 2.15 : Kamera ekseni ve çekül doğrultusu.

Kamera eksenini $\gamma=5^\circ$ dan büyük olan fotoğraflara eğik fotoğraf adı verilir. Şekil 2.16’da gösterildiği biçimde eğik fotoğraflar alınırken fotoğraf ölçeği, nadir uzaklığı ve nesnenin fotoğraftaki konumuna göre değişir.



Şekil 2.16 : Eğik fotoğraf.

Eğik fotoğraf durumunda ölçek hesaplanırken aşağıdaki 2.5, 2.6 ve 2.7 eşitlikleri kullanılır.

$$M = \frac{c}{d} \quad (2.5)$$

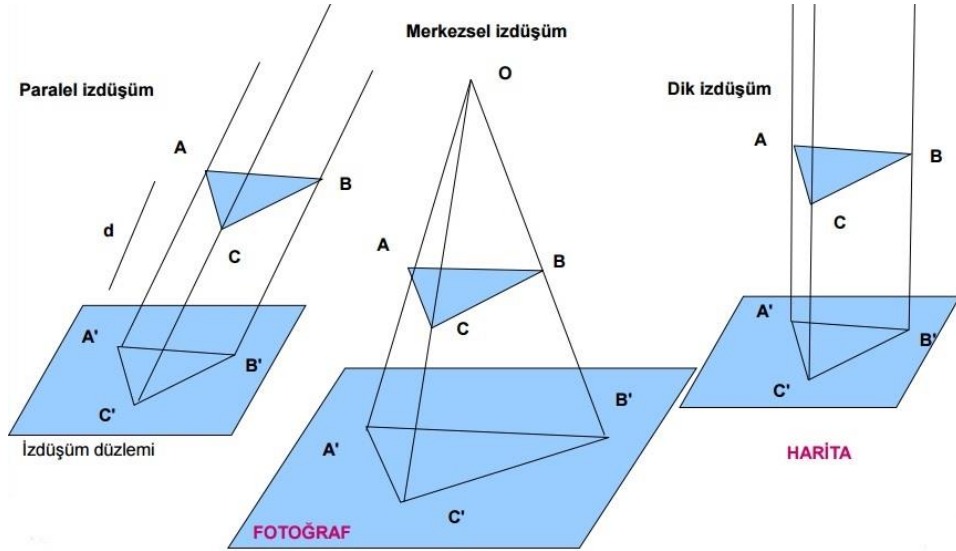
$$d = t \cdot \cos \tau \quad (2.6)$$

$$t = \frac{h}{\cos(v + \tau)} \quad (2.7)$$

Yukarıdaki eşitlikler birleştirilir ve düzenlenir ise aşağıda bulunan bağıntı 2.8 ortaya çıkmaktadır.

$$M = \frac{c}{h} \cdot (\cos v - \sin v \cdot \tan \tau) \quad (2.8)$$

Üç boyutlu uzaydaki noktaların bir düzleme düşürülmesinde üç çeşit izdüşüm ele alınır. Şekil 2.17’den de görüleceği üzere merkezsiz izdüşüm, fotoğraflar için kullanılan izdüşüm çeşididir.



Şekil 2.17 : İzdüşüm çeşitleri.

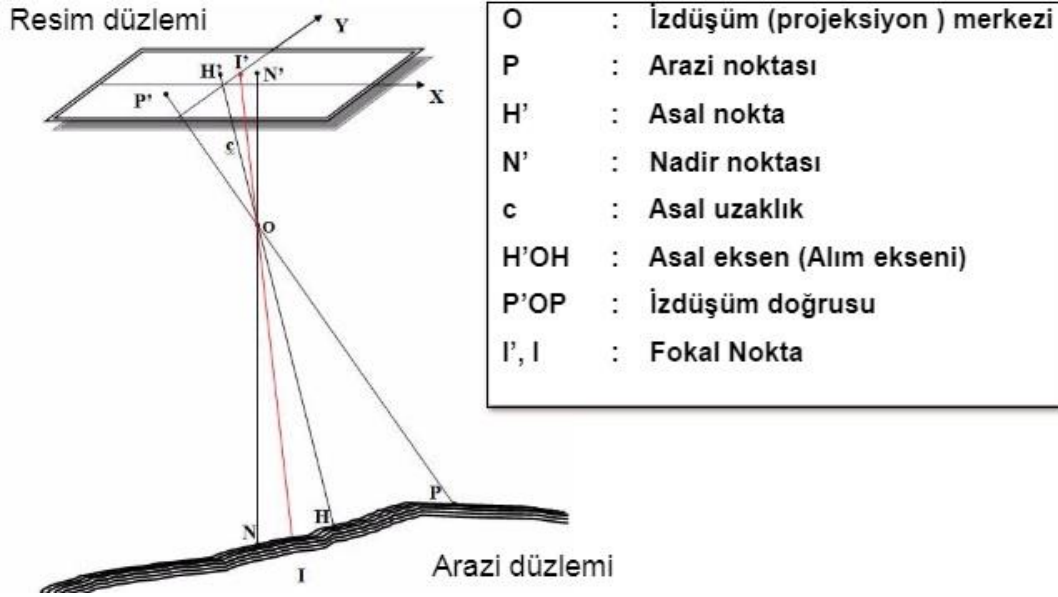
Hava fotoğrafları için çekim yapılırken bazı şartların çekime uygun olması gerekmektedir. Bunların bazıları atmosferik, bazıları insan yapımı olan koşullardır. Fotoğraf çekimi sırasında;

- Gökyüzünün bulutsuz olması ve güneşli bir havanın olması kaliteli fotoğraflar alınmasını kolaylaştırır. Gün içerisinde güneşin yüksekliği ve aydınlattığı açı ($\geq 30^\circ$) da önem taşımaktadır.
- Fotoğraf çekilen arazi üzerinde kar örtüsü, araç, ağaç ve yapraklar gibi araziye kapatacak durumların olmamasına özen gösterilmelidir.

Fotoğraf çekimi için yukarıda bahsedilen gerekli şartların sağlanması dışında çekimde kullanılacak olan fotoğraf makinesinin kalibrasyonunun yapılması ve proje için uygunluğunun kontrol edilmesi gerekmektedir. Kalibrasyon, fotoğraf çekilen makinanın fotoğraf alma ve fotoğraf üzerinde yapılacak olan ölçme işlemlerinin doğruluğu için büyük öneme sahiptir. Üç boyutlu uzayda bulunan ve geometrik değerleri bilinen bir objeye yapılan gözlemler ile makinanın kalibrasyonunun yapılmasına fotogrametrik kalibrasyon denilmektedir. Ek olarak, kameraların teknik özellikleri ve diğer gerekli parametreleri içeren raporlara kalibrasyon raporu denilmektedir. Raporda, iç yöneltme parametreleri, mercek distorsiyon hatası değerleri ve çözünürlük hakkında bilgiler yer almaktadır.

İç yöneltme elemanları, kameranın asal (odak) uzaklığı (c) ve asal noktanın konumu (x_0, y_0) değerleridir. Şekil 2.18’de gösterildiği gibi, asal noktanın konumu ve resim

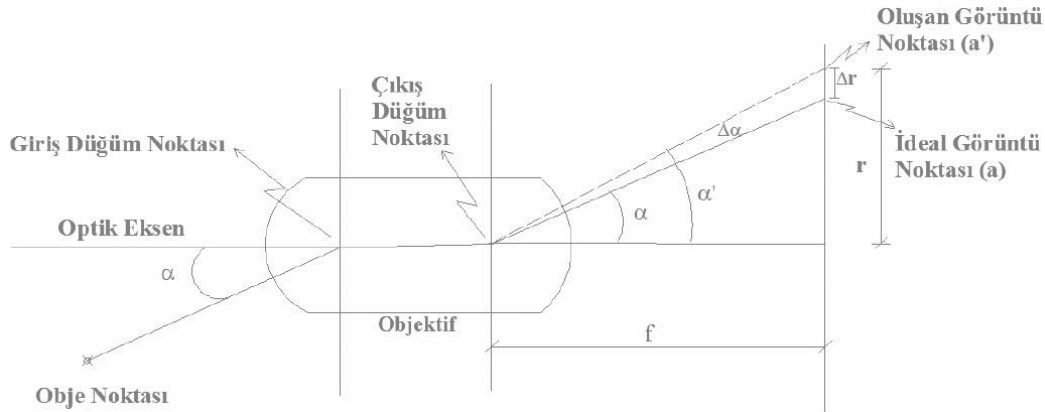
çerçevesi işaretlerinin koordinatları ile fotoğraf koordinat sistemi oluşturulur ve gerekli dönüşüm işlemleri ile fotoğraf ile arazi geçişleri sağlanır.



Şekil 2.18 : Resim düzlemi ile arazi düzlemi arasındaki durum.

Çözünürlük diğer bir deyişle objektifin ayırma gücü değerleri, harita üzerinde milimetrede ayırt edilebilen nesne ile ifade edilir.

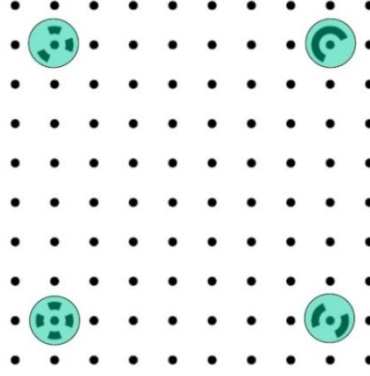
Distorsiyon hatası değerleri, obje düzleminde gelen ışının objektife girişte ve çıkışta mercek hatasından dolayı Şekil 2.19'da gösterildiği gibi farklı açılarda olması ile Δr kadar farklı bir yerde meydana gelmesinden oluşur.



Şekil 2.19 : Distorsiyon hatası.

Distorsiyon hatasının sonucu olarak, r kayıklığı çap doğrultusunda ve buna dik doğrultuda iki bileşenden oluşur. Çap doğrultusunda olan distorsiyon hatası bileşenine ışımsal (çapsal) distorsiyon (Δr), buna dik olan doğrultudaki bileşene ise teğetsel distorsiyon (Δt) adı verilir. Teğetsel distorsiyon değeri yaklaşık olarak 2-

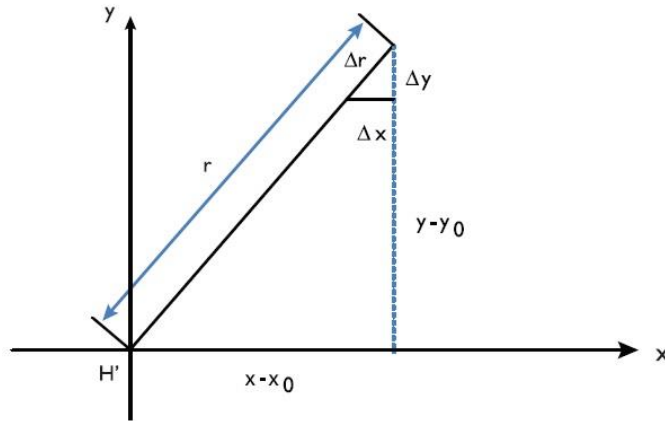
3 μ m olduğu için uygulama sırasında hata değeri olarak kabul görmez. Işınsal distorsiyonun giderilmesi için Şekil 2.20’de gösterilen test alanında kalibrasyon testi uygulanır ve 2.9’daki matematiksel eşitlik hesaplanır. Matematiksel eşitlikte yer alan r değeri çapsal uzaklık, K değerleri ise ışınsal distorsiyonun polinomsal katsayılarıdır.



Şekil 2.20 : Işınsal distorsiyon test alanı.

$$\Delta r = K_1 \cdot r^3 + K_2 \cdot r^5 + K_3 \cdot r^7 \quad (2.9)$$

Distorsiyon hataları giderilerek düzeltilmiş x ve y koordinatlarını bulmak için Şekil 2.21’de gösterildiği gibi görüntü noktasından asal noktaya olan r mesafesi hesaplanır ve 2.10 ile 2.11 eşitlikleriyle bulunan Δr değerinin hesaplanması için işleme dahil olur.



Şekil 2.21 : Işınsal distorsiyon ile düzeltilmiş koordinatlar arasındaki ilişki.

$$r = \sqrt{(x - x_0)^2 + (y - y_0)^2} \quad (2.10)$$

$$\frac{\Delta r}{r} = \frac{\Delta x}{x - x_0} = \frac{\Delta y}{y - y_0} \quad (2.11)$$

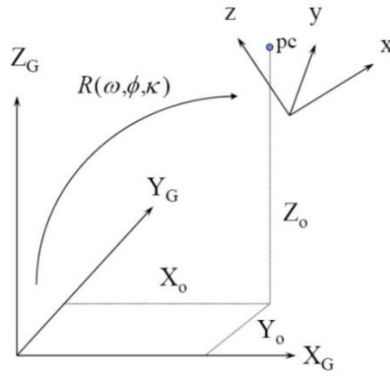
Buradan yola çıkarak düzeltilmiş koordinatlar 2.12 ve 2.13 bağıntıları ile hesaplanarak bulunur.

$$\bar{x} = (x - x_0) \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right) \quad (2.12)$$

$$\bar{y} = (y - y_0) \left(1 - \frac{\Delta r}{r}\right) \quad (2.13)$$

Kalibrasyon işlemleri iki üç yılda bir tekrarlanır ve kamera kalibrasyon raporları yenilenir.

Kalibrasyon raporu haricinde fotoğraflar değerlendirilirken Şekil 2.22’de gösterilen dış yöneltme parametreleri de önemli bir etkindir. Bu parametreler sayesinde arazi koordinat sistemi ile resim koordinat sistemi paralel duruma getirilme işlemi yapılır.



Şekil 2.22 : Dış yöneltme parametreleri.

Dış yöneltme parametrelerinin iki elemanı mevcuttur ve bu elemanlar ile arazi koordinat sistemi resim koordinat sistemine paralel duruma getirilir.

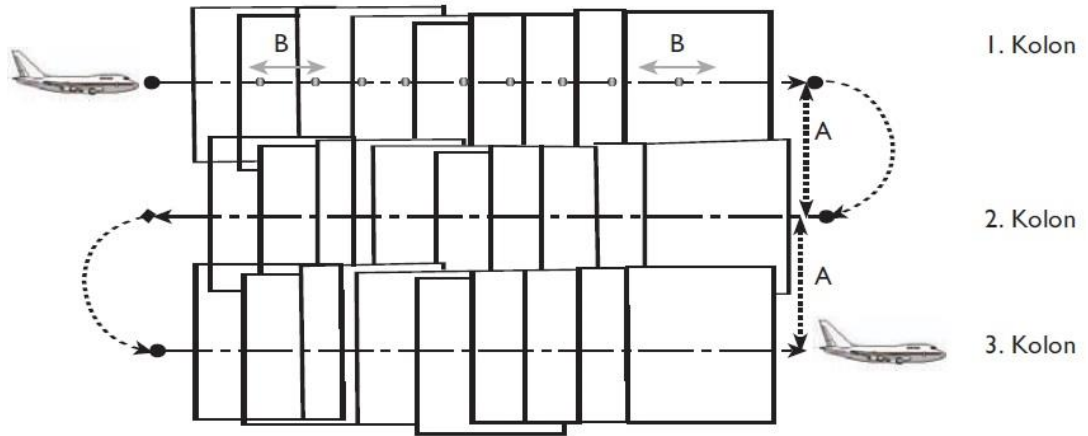
- Arazi koordinat sistemine göre izdüşüm (perspektif) merkezi koordinatları (X_0, Y_0, Z_0) ,
- Arazi koordinat sistemi ile resim koordinat sistemi arasındaki dönüklükler (ω, ϕ, χ) .

Bu bahsedilen koordinat ve dönüklükler, fotoğraf çekimi yapılan hava aracında bulunan GPS ve IMU verileri kullanılarak bulunur.

Hava fotoğrafları çekilirken proje bölgesini sistematik bir şekilde örtmesi, uçuş planına göre hareket etmesi ve paralele yakın fotoğrafların çekilmesi

amaçlanmaktadır. Hava aracı ile uçuş hattı boyunca çekilmiş fotoğrafların tümüne kolon, birden fazla paralel kolondan çekilmiş fotoğrafların tümüne ise blok adı verilir.

Şekil 2.23’de görülen fotoğrafların birbirinin üstüne gelen yani birbirini örten kısmı yüzde olarak ifade edilen bindirme oranıdır. Gene aynı örnekten görülebileceği üzere, bir kolonda art arda gelen fotoğrafların ortak alanına boyuna bindirme veya ileri bindirme, kolonlar arası fotoğraflarda oluşan ortak alana ise enine bindirme veya yan bindirme adı verilir.



Şekil 2.23 : Baz uzaklığı (B) ve kolonu ile oluşan bir blok örneği.

B baz uzaklığı fotoğrafta b, A kolonlar arası uzaklık fotoğrafta a ile gösterilir ve mr ölçek faktörü de 2.14, 2.15, 2.16 ve 2.17’de eşitliklere konur ise;

$$b = s \cdot (1 - p) \quad (2.14)$$

$$B = mr \cdot s \cdot (1 - p) \quad (2.15)$$

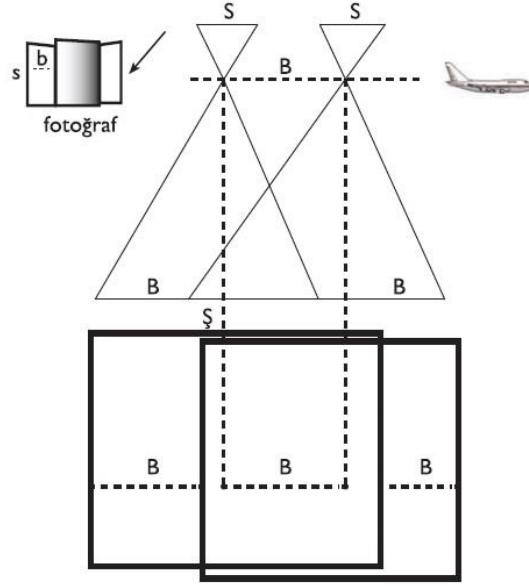
$$a = s \cdot (1 - q) \quad (2.16)$$

$$A = mr \cdot s \cdot (1 - q) \quad (2.17)$$

bağıntıları ortaya çıkmaktadır.

Bu eşitliklerde p boyuna indirme ve q enine bindirme oranlarıdır. Bu oranlar standart bir harita üretiminde p=%60, q=%20 olarak alınır.

Şekil 2.24’te ve bağıntı 2.18’de bir kolon üzerindeki fotoğraflar arası baz uzaklığı ve boyuna bindirme ilişkisi gösterilmiştir.



Şekil 2.24 : Baz ve boyuna bindirme ilişkisi.

$$p = 1 - \frac{b}{s} \quad (2.18)$$

Bu eşitliklere ek olarak göz bazı denilen (≥ 15 cm) ve insanın üç boyutlu görmesi için gerekli olan bu uzaklık değeri sabit olduğundan, fotoğrafı çekilen nesneden uzaklaştıkça derinlik duyarlılığı azalır. Baz uzaklığı ile uçuş yüksekliği (h) oranı bağıntı 2.19'daki eşitlik ile bulunur ve standart harita üretiminde bu oran $1/3 \leq B/h \leq 4/3$ arasındadır.

$$\frac{B}{h} = \frac{s}{c} \cdot (1 - p) \quad (2.19)$$

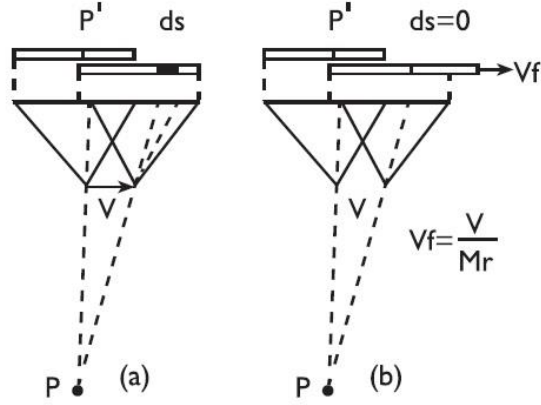
Fotogrametrik alım yapılırken art arda çekilen iki fotoğraf arasındaki çekim süresi (dt), uçağın hızı (v) ve baz uzaklığına (B) göre aşağıdaki 2.20 bağıntısıyla hesaplanır.

$$dt = \frac{B}{v} \quad (2.20)$$

Poz süresi otomatik olarak ayarlanır fakat objektifin açık kalma süresince uçak hareket edeceği için görüntü yürümesi olur. Bu olayda fotoğraf çekilen alanda bulunan noktasal bir nesnenin fotoğraf üzerinde çizgisel bir karşılığı meydana gelir. Görüntü yürümesi (ds), ölçek (mr), hız (v) ve zaman (dt) ile bağıntı 2.21'deki şekilde formülize edilir.

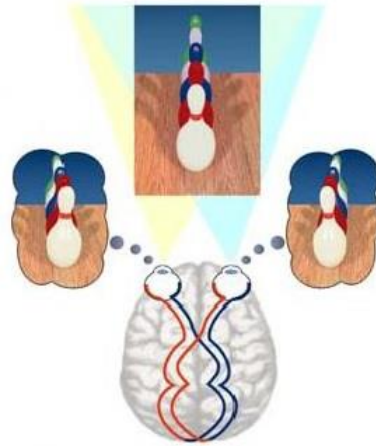
$$ds = \frac{1}{mr} \cdot V \cdot dt \quad (2.21)$$

Şekil 2.25'te gösterilen görüntü yürümesi, görüntü yürümesi giderici kamera düzeni kullanılarak araç hızı ile ilgili değişimleri, rüzgar ve sarsıntı gibi etkenler elimine edilmeye çalışılır.



Şekil 2.25 : Görüntü yürümesi.

Yukarıda bahsedilen işlemler kamera ile ortamın hazırlanması ve fotoğraf çekme teknikleriyle ilgili işlemlerdir. Bu işlemler sonucunda çekilen hava fotoğrafları değerlendirilir ve arazi hakkındaki gerekli bilgiler oluşturulur. İki çeşit değerlendirme yöntemi vardır. Bunlardan birincisi tek fotoğraf değerlendirilmesi denilen ve yalnızca iki boyutlu nesne bilgilerinin elde edildiği değerlendirme yöntemidir. Yöntemde arazinin olabildiğince düz olmasına özen gösterilmelidir. Nesnenin yükseklik bilgilerinin alınabilmesi ve üçüncü boyuta geçebilmek için en az iki farklı noktadan aynı alana ait olan fotoğraflar gerekmektedir. Bu şekilde fotoğraf çiftleri ile metrik bilgilerin elde edilmesine çift resim değerlendirmesi veya stereo değerlendirme denir. Şekil 2.26'da betimlenen insan gözünün stereo görüntü alması, derinlik algılamasına benzeyen bir yöntemdir (Stam, 2010).



Şekil 2.26 : İnsan gözünün stereo görüş ile derinlik algısı.

Analog stereo değerlendirme yapılırken, stereo değerlendirme aletinde fotoğrafın çekildiği andaki bakış açısı ve dönüklükler oluşturulur. Değerlendirme sonucu elde edilen sonuçlar vektörel haritalardır.

Analitik stereo değerlendirmede objenin cisim uzayındaki ve resim uzayındaki koordinatları arasındaki matematiksel bağıntılardan yararlanılır. Bu bağıntılar diğer bir deyişle izdüşüm denklemleri fazlaca hesap işlemleri içerdinden yöntemde bilgisayarlardan yararlanılır.

Sayısal stereo değerlendirmede ise fotoğraflar sayısal kameralar kullanılarak veya analog kameralardan çekilen fotoğrafların taranmasıyla elde edilir. Sonrasında bilgisayar ortamında yazılımlar yardımı ile işlemler yapılarak arazi hakkındaki bilgiler oluşturulur.

3. UYGULAMA

Tez çalışmasının uygulama bölümünde, bölgede yapılan saha uygulamaları ve fotogrametri yöntemiyle algılanan verilerin değerlendirilmesi ile değerlendirme sonucunda elde edilen sonuçların yorumlamaları yer almaktadır. Tezin uygulama bölümü genel olarak aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

- Uygulama yapılacak çalışma bölgesinin belirlenmesi,
- Projeye ait gereksinimlerin belirlenmesi,
- Sahada yersel çalışmaların yapılması,
- Uçuş planının hazırlanması,
- İnsansız Hava Aracı (İHA) ile uçuşun gerçekleştirilmesi,
- Fotogrametrik değerlendirme,
- Sonuç ürünlerin elde edilmesi ve analiz.

3.1 Çalışmanın Amacı

Çalışmanın amacı, İHA fotogrametrisi yöntemiyle kazı-dolgu miktarının hesaplanması özelinde toprak hareketlerinin belirlenmesi, sahada yapılan üretimlerin izlenmesi ve arazi çalışmalarıyla elde edilen verilerle gerçekleştirilen kübaj hesaplarının doğruluğunun araştırılmasıdır.

3.2 Çalışma Bölgesi

Afrika kıtasının en hızlı gelişen ekonomilerinden biri olan Etiyopya’da inşası devam eden Awash-Kombolcha-Hara Gebaya (AKH) demiryolu projesinin bir bölümü çalışma kapsamında uygulama bölgesi olarak seçilmiştir. Şekil 3.1’de genel olarak gösterilen demiryolu hattı Kuzey-güney (Awash-Kombolcha-Hara Gebaya) doğrultusunda tasarlanmıştır ve doğu-batı yönündeki hatlara bağlanmaktadır. Sözü

edilen demiryolu hattının, ülkenin ulaşım ve lojistik konusundaki sorunlarına çare olması beklenmektedir.



Şekil 3.1 : Etiyopya AKH Demiryolu Projesi hattı ile bağlandığı demiryolu hatları.

Yapımı devam eden ve tüm tasarım, saha aplikasyonu ve uygulaması Yapı Merkezi İnşaat firmasına ait olan demiryolu hattının toplam uzunluğu 392 km.'dir. Demiryolu hattına ek olarak projede 10 adet istasyon, 55 adet köprü, 12 adet tünel, 13 adet üstgeçit, 1 adet altgeçit ile hemzemin, kutu menfez geçişleri ve drenaj yapıları bulunmaktadır.

AKH Demiryolu Projesi'nin uygulama kısmı Faz1 ve Faz2 olarak ayrılmıştır. Faz1 yaklaşık 270 km uzunluğundadır (KM 0+000 – KM 270+500). Tezin uygulama bölgesi Faz1 kapsamında yer almakta ve uygulama bu bölgede yapılan kazı-dolgu işi ile üretimlerin İHA fotogrametrisi ile izlenmesi ve araştırılmasını içermektedir. Ancak, Faz1 kapsamında sözü edilen çalışmaların yapılması için gerekli olan görüntü sayısının fazla olacak olması, görüntü boyutunun büyük olacak olması, yazılımlarda fazla sayıdaki ve büyük miktardaki görüntülerin işlenmesinin uzun sürecektir olması nedeniyle uygulama bölgesi Faz1 kapsamında daraltılmıştır.

Tez kapsamındaki uygulama Şekil 3.2'de gösterildiği üzere Faz1 kısmının 250 ile 255. kilometreleri arasında pilot uygulama olarak gerçekleştirilmiştir. Buna ek olarak, pilot uygulama bölgesine düşen ve imalatı yapılacak olan sanat yapıları Çizelge 3.1'de listelenmiştir.



Şekil 3.2 : AKH Demiryolu Projesi'nin İHA fotogrametrisi uygulaması yapılan örnek bölgesi (Faz1 250+000 - 255+000).

Çizelge 3.1 : AKH Projesi'ndeki bölgeye düşen yapı listesi.

Km	AKH Projesi Yapı Tipi
250+875.504	Boru (2X1500)
251+091.277	B39 Köprüsü
251+183.077	B39 Köprüsü
251+661.000	Hemzemin Geçiş
251+680.349	Boru 1200
251+887.779	Boru (3X1800)
252+496.507	Boru 1200
253+158.169	Boru 1200
253+288.349	Boru 1200
253+495.921	Boru 1200
253+686.044	Boru (2X2400)
254+041.779	Boru 1800
254+213.224	Betonarme Menfez (2X1.4)
254+415.682	Kutu Menfez (4X4)
254+727.266	B40 Köprüsü
255+062.666	B40 Köprüsü

3.3 Etiyopya'nın Topoğrafik ve Meteorolojik Koşulları

Etiyopya topoğrafik anlamda dağlıklarla ve platolarla şekillenen kara parçasından oluşan bir ülkedir. Ek olarak, ülkenin kuzeyinde yer alan ve deniz seviyesinin 120 m. altında bulunan Afar Çukuru da bu kara parçasında yer almaktadır. Etiyopya, Afrika'nın denize kıyısı olan ülkelerindendir ve irili ufaklı çok sayıda akarsu bulundurmaktadır. Awash ve Wabishebele en uzun akarsularıdır (URL-6).

Etiyopya bulunduğu enlem dolayısı ile subekvatorial ve tropikal iklim kuşağı üzerinde bulunmaktadır. Asıl olarak kuzey-güney doğrultusunda yükseklik farklılığı bu iklim özelliklerini meydana getirmektedir. Yüksekliği 1800 metrenin altında bulunan bölgelerde subekvatorial iklim görülür. Bu bölgelerde sıcaklık en fazla 40 °C olmakla beraber ortalama olarak 27 °C'dir. 2400 m. ile 3200 m. arasında bulunan bölgelerde ise ılıman iklim hakimdir. Bu bölgelerde ise ortalama sıcaklık 16 °C'dir. Yağış ortalaması iklim değişimine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Ülke güneyde ortalama 2500 mm., kuzeyde 50 mm. yağış almaktadır (URL-6).

AKH Demiryolu Projesi'nin 250 ile 255. kilometreleri arasında 1600 m. ile 1800 m. aralığında değişen yükseklikler görülmektedir. Yukarıda da bahsedildiği üzere çalışma kapsamındaki uygulama bölgesinde subekvatorial iklim hakimdir.

3.4 Saha Çalışması ve Nokta Aplikasyonları

AKH Demiryolu Projesi kapsamında Etiyopya ülke nirengi ağı noktaları bulunmakla beraber bu ağı dayalı olarak üretilen proje poligon noktaları, demiryolu güzergahı boyunca geçkinin sağına ve soluna dağılmış biçimde tesis edilmiştir. Poligon noktalarının bir kısmı Yer Kontrol Noktası (YKN) olarak kullanılmış ve uçuş planında belirlenmiş olan uçuş yüksekliğinden elde edilecek görüntülerde görülebilmesi adına yer kontrol noktaları Şekil 3.3'te görüldüğü biçimde işaretlenmiştir.



Şekil 3.3 : YKN'lerin işaretlenmesi.

İHA fotogrametrisinde kullanılan yer kontrol noktaları, boyutları 80 cm. uzunluğunda ve 30 cm. genişliğindeki kollar ile koordinatı bilinen noktayı merkez kabul eden 30 cm. çaplı daire şeklinde işaretlenmiştir.

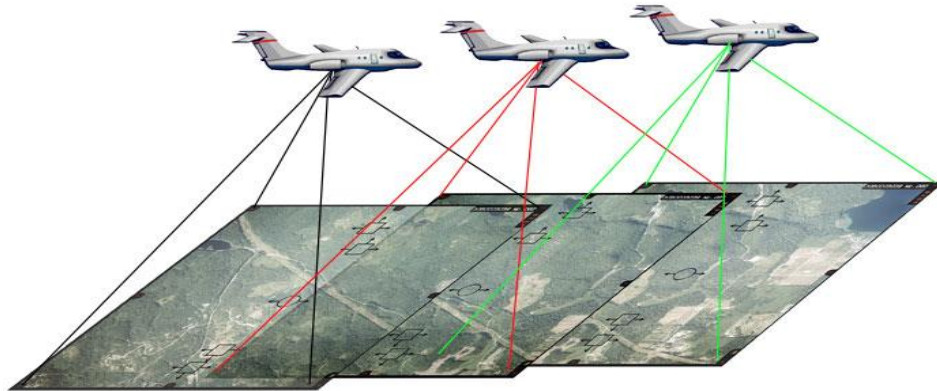
Yer kontrol noktaları Şekil 3.4'te gösterilen Leica firmasının GS15 GPS/GNSS alıcısı ile ölçülmüştür. Sözü edilen GPS/GNSS alıcısının prezisyonu firma tanıtım kitapçıklarında yatayda ± 3 mm. ± 0.5 ppm ve düşeyde ± 5 mm. ± 0.5 ppm olarak ifade edilmektedir (URL-7). Her ne kadar Etiyopya'da ADINDAN (Clarke 1880 elipsoid, $a = 6378249.145$ m., $f = 1/293.465$) datumu kullanılsa da proje kapsamında WGS84 datumu ve UTM projeksiyonu kullanılmaktadır. Nokta koordinatları, WGS84 datumunda $36^\circ - 42^\circ$ arasında yer alan UTM projeksiyonu 37 Kuzey diliminde üretilmektedir.



Şekil 3.4 : Leica GS15 GPS/GNSS alıcısı.

3.5 Fotogrametri Çalışmalarında Kullanılan Donanımlar

Çalışma kapsamında kullanılan İHA fotogrametrisi donanımları, proje gereksinimlerini karşılayacak türde ve Şekil 3.5'te gösterildiği gibi yeterli oranda bindirmelerin gerçekleşebilmesine olanak verecek biçimde seçilmiştir.



Şekil 3.5 : Hava fotogrametrisinde bindirme ve görüntülenen alan.

Çalışmada Şekil 3.6’da gösterilen RPAS Inyoni marka ZT-TGR model sabit kanatlı İHA kullanılmıştır. RPAS Inyoni İHA markası Etiyopya iklim ve hava koşullarına göre tasarlanmış ve bu koşullara uygun yapıda malzeme ve donanımlarla donatılmıştır. Sözü edilen İHA ile ilgili teknik bilgiler Çizelge 3.2’de verilmiştir. Elektronik aksam 50 dereceye kadar görev yapmaya uygun olup aerodinamik tasarımı saatte 12 km. hızla esen rüzgara dayanacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.6 : Çalışmada kullanılan RPAS Inyoni marka ZT-TGR model İHA.

Çizelge 3.2 : Kullanılan İHA’nın boyutları ve teknik özellikleri.

BOYUTLAR	
Kanat Açıklığı (Wingspan)	180 cm.
Uzunluk (Length)	88 cm.
Orta Modül Uzunluğu (Central Module Length)	55 cm.
Toplam Kalkış Ağırlığı (Take-off Weight)	3.5 kg.
TEKNİK ÖZELLİKLER	
Havada Kalma Süresi	75 – 90 dk.
Bağlantı Mesafesi	15 km.
Kalkış Tipi	El ile atım
İniş Tipi	Gövde üstü
Gövde Kaplama	Karbon/Kevlar/Fiber
Rüzgar Dayanıklılığı	25 knots
Suya Dayanıklılık	Su geçirmez gövde ve sensor haznesi
Operasyonel Sıcaklık	0 °C ila +50 °C

Görüntü algılayıcı olarak Şekil 3.7’de gösterilen Samsung marka NX1000 model dijital kamera kullanılmıştır. Sözü edilen kameraya ait teknik özellikler Çizelge 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.7 : Çalışmada kullanılan dijital kamera.

Çizelge 3.3 : Kullanılan görüntü algılayıcısının teknik özellikleri.

Kullanılan Sensör	Samsung NX1000
Sensör Boyutu	23.7 mm. x 15.6 mm.
Görüntü Algılayıcı Tipi	Complementary Metal-Oxide Semiconductor (CMOS)
Etkin Çözünürlük	20.3 MP – 1920 x 1080 / 30p Full HD
Odak Uzaklığı	16 mm.
Lens Tipi	20 – 50 mm. F3.5 – 6.3
Enstantane Hızı	1 / 4000 sn.
ISO Hassasiyeti	100 – 12800

3.6 Fotogrametrik Değerlendirmede Kullanılan Yazılımlar

Hava fotogrametrisine insansız hava araçlarının dahil olması ile birlikte fotogrametrik değerlendirme yazılımlarında da bu duruma uyum sağlanabilmesi adına değişiklikler olmuştur. Yazılımlar arasında en önemlilerinden biri olan Pix4D yazılımı, bu tez çalışmasındaki fotogrametrik değerlendirmelerde kullanılmıştır. Bu ve benzer yazılımlar aracılığı ile İHA vasıtasıyla alınan görüntülerin aktarımı, yer kontrol noktalarının bulunması ve gerekli değerlendirmelerin yapılması işlemleri kolaylaştırılmış ve otomatikleştirilmiştir. Şekil 3.8’de görüldüğü üzere Pix4D yazılımı ile 3B nokta bulutu, sayısal arazi modeli, ortomozaik ve gerçekçi doku ile ortofoto üretimi yapılmaktadır (URL-4).



Şekil 3.8 : Pix4D yazılımı çalışma şeması.

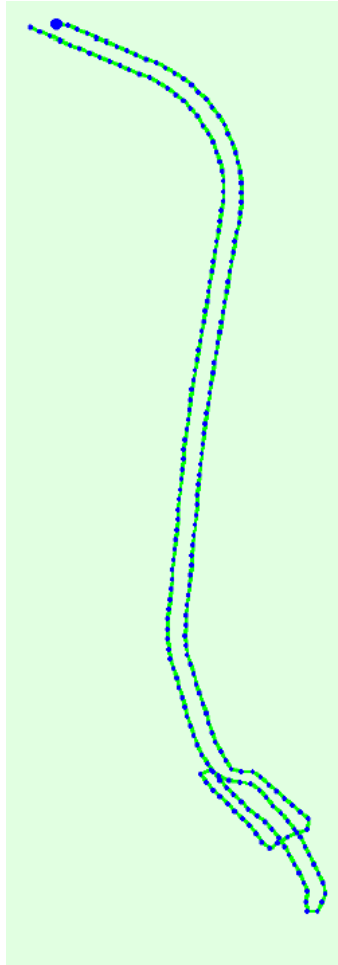
Microstation, iki veya üç boyutlu tasarım ve çizimlerin yapıldığı bir CAD yazılımıdır. Bentley firmasının üretimi olan Microstation yazılımının RailTrack modülü ile demiryolu tasarımında gerekli kuralların uygulanması ve geometrik detaylandırmalar kolayca yapılabilmektedir. Programda ayrıca, yüzey oluşturma ve kübağ hesapları gibi uygulamalar da gerçekleştirilmektedir.

Pix4D yazılımında sayısal yüzey modeli üretimine ek olarak, Microstation yazılımında arazide yapılan ölçmeler ile AKH projesinin güzergahının bulunduğu yatay ve düşey geometri (.alg) proje dosyası ve güzergah boyunca şevlerin

bulunduğu (.dtm) dosya kullanılarak k baj hesapları yapılmıştır. Bunun yanısıra, proje başlangıcında yine hava fotogrametrisiyle üretilen yüzey modeli ile projenin olması gereken kesin k baj hesabı Microstation yazılımı yardımıyla yapılmıştır. Tüm k baj hesapları proje sınırı olan şev sınırı içerisinde gerçekleştirilmiştir.

3.7 Uçuş Planının Yapılması

Uçuş planı yapılırken öncelikle haritası üretilcek uygulama bölgesinin genişliğine karar verilmesi gerekmektedir. Çalışma kapsamında uçuşlar, 2 kolon üzerinde olacak şekilde ve proje güzergahının 150 m. sağında ve solunda görüntü alabilecek genişlikte planlanmıştır. Etiyopya sivil havacılık hizmetlerinde bulunan ilgili idareden alınan uçuş yüksekliği izni 170 metreye kadardır. Planlanan ve gerçekleştirilebilen uçuş planına ait bilgiler  izelge 3.4 ve 3.5'te verilmektedir. şekil 3.9 ise uçuş planını göstermektedir ve şekil üzerindeki mavi ile gösterilen noktalar görüntülerin alındığı yerleri belirtmektedir.



şekil 3.9 : Uçuş planı.

Uçuş planı Ardu Pixhawk Mission Planner yazılımı ile hazırlanmıştır. Bu yazılımda uçuş planı, proje kapsamında belirlenen Yer Örnekleme Aralığı (GSD) çözünürlüğü ile kamera özelliklerine (odak uzaklığı, sensor boyutu) göre otomatik olarak elde edilir.

Belirlenen uçuş planı parametrelerine uygun uçuşu takip edebilmek ve gerekli müdahaleleri yapabilmek adına İHA üzerinde bulunan telemetri/radyo bağlantısı vasıtası ile uçağın anlık hareketleri bilgisayar üzerinden takip edilebilmektedir. Bunun yanında uçuş sırasındaki rüzgar hızı, İHA'nın hava ve yer hızı, anlık uçak dönüklüğü ve batarya durumunun takibi yapılabilmektedir. Uçuşu gerçekleştirecek İHA'da tam otomatik uçabilme donanımı olmasına ek olarak kalkışta, inişte ve uçuş sırasında karşılaşılabilecek olan herhangi bir aksilik durumunda İHA'ya müdahale edebilmek adına manuel kumanda bağlantısı da bulunmaktadır.

Çizelge 3.4 : Planlanan uçuş parametreleri.

Planlanan Uçuş Parametreleri	
Sensör Boyutu	23.7 mm. x 15.6 mm.
Odak Uzaklığı	16 mm.
Yer Örnekleme Aralığı	5 cm.
Maksimum Uçuş Yüksekliği	170 m.
Enine Bindirme	% 70
Boyuna Bindirme	% 80
Şeritler Arası Mesafe	73 m.
Görüntüler Arası Mesafe	60 m.

Çizelge 3.5 : Gerçekleşen uçuş parametreleri.

Gerçekleşen Uçuş Parametreleri	
Sensör Boyutu	23.7 mm. x 15.6 mm.
Odak Uzaklığı	16 mm.
Yer Örnekleme Aralığı	4.5 cm.
Maksimum Uçuş Yüksekliği	167 m.
Enine Bindirme	% 67
Boyuna Bindirme	% 77
Şeritler Arası Mesafe	75 m.
Görüntüler Arası Mesafe	57 m.

Uçuşlar 22-28 Haziran 2016 tarihleri arasında yapılmıştır. Meteorolojik açıdan bölgede güne başlarken hafif rüzgar esintisi ve bulutluluk varken öğle saatlerinde rüzgar hızının ve bulutluluğun büyük oranda arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, Arabistan'dan kum fırtınaları ile bölgeye gelen kum yoğunluğundan dolayı görüş mesafesi düşmüş ve ortam puslu olmuştur. Rüzgar hızı 5-12 knots aralığında,

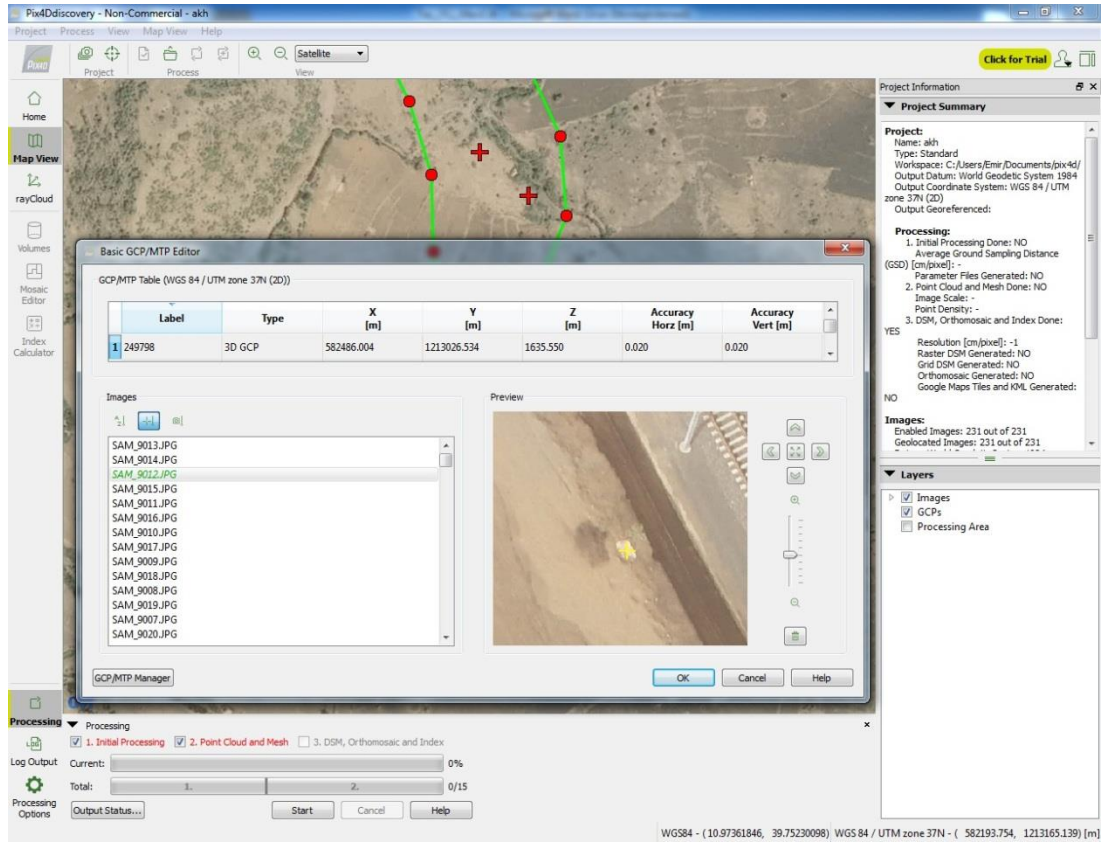
ortalama sıcaklık ise 28 °C derece olarak ölçülmüştür. Planlanan ile gerçekleşen uçuş parametrelerindeki farklar bu tür nedenlerden dolayı farklılık göstermiştir.

3.8 Fotogrametrik Değerlendirme

Tez çalışması kapsamında kullanılan Pix4D yazılımı, fotogrametrik değerlendirme için yüklenen tüm görüntülerde nokta eşleştirmesi yapmak için binary kod sistemini kullanır. Bu sistem sayesinde yazılıma eklenen her yeni yer kontrol noktasının bir resimde işaretlenmesinin ardından geriye kalan görüntüler arasından hangilerinde olduğunu bulur. Yer kontrol noktalarının coğrafi konumlandırılmalarındaki doğrulukları bu sistem ile artmaktadır (Strecha, t.y.).

AKH projesinde yapılan uygulamanın Pix4D yazılımı içerisine aktarılması için öncelikle “New Project” ile yeni proje oluşturuldu. Sonrasında, İHA ile yapılan uçuştan elde edilen tüm görüntüler ile İHA üzerinde bulunan sensörler yardımıyla elde edilen koordinat ve dönüklükler yazılıma aktarılarak görüntülerin alındığı andaki lokasyonuna getirilmesi sağlanmıştır. Burada dikkat edilecek nokta, görüntüler ile görüntülerin elde edildiği koordinatların bulunduğu nokta dosyasının aynı isimde olmaları ve yazılımda kullanılan koordinat sisteminin doğru seçilmesidir. Bu işlemler sonrasında projede kullanılan ve RTK GPS olarak ölçülen yer kontrol noktaları yazılıma aktarılmıştır. Bahsedilen tüm bu işlemler yani yazılıma girilen tüm bu veriler ve değerler sonrasında değerlendirme ve sonuç ürünleri otomatik olarak oluşturulmaktadır. Son olarak Ek A’da gösterilen detaylı değerlendirme raporu alınmış ve gerekli yürütme işlemleri uygulanarak istenilen ürünler ortaya çıkarılmıştır.

Aşağıdaki Şekil 3.10’da Pix4D yazılımının arayüzü, görüntüler ile yer kontrol noktalarının konumu ve yer kontrol noktasının işaretlenmesi ile ilgili örnek gösterilmiştir. Şekilde “+” ile gösterilenler yer kontrol noktaları, “o” ile gösterilenler ise görüntü alımı esnasındaki kameranın konumudur. Şekilde gösterilen yazılım arayüzünün üst kısmında araçların olduğu yazılım menüsü bulunmaktadır. Sağ tarafındaki kısımda proje özeti bulunmaktadır. Burada girilen koordinat sistemi, yapılan veya yapılacak değerlendirme işlemleri, aktarılan görüntü verilerinin adedi ve jeolokasyonu ile ilgili bilgiler yer almaktadır. Gene aynı yerde bulunan “Layers” kısmı ise harita üzerindeki katmanları göstermektedir. Sol kısımda hangi tip görünüm isteniyor ise seçilmektedir. Alt kısımda ise yürütme işlemleri ve statü görülmektedir.



Şekil 3.10 : Pix4D arayüzü ve yer kontrol noktasının işaretlenmesi örneği.

3.9 Fotogrametrik Ölçme ve Değerlendirme İş Modeli

Proje kapsamında İHA ile elde edilen görüntülerin değerlendirilmesindeki iş adımları genel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilmiştir.

- İHA üzerindeki kamera ile çalışma alanının görüntülerinin RAW ve JPEG formatlarında elde edilmesi,
- Resim çekme anına ait RTK GPS gözlemlerinin değerlendirilmesi,
- Bozuk ve gereksiz görüntülerin tespiti ve ayrıştırılması,
- Havai nirengi ve dengeleme işlemlerinin yapılması,
- Yapılan işlemler sonucunda elde edilen noktaların kalitesinin kontrolü,
- Nokta bulutu üretimi,
- Yüzey modeli (DSM) üretimi,
- Renkli gerçek ortofoto üretimidir.

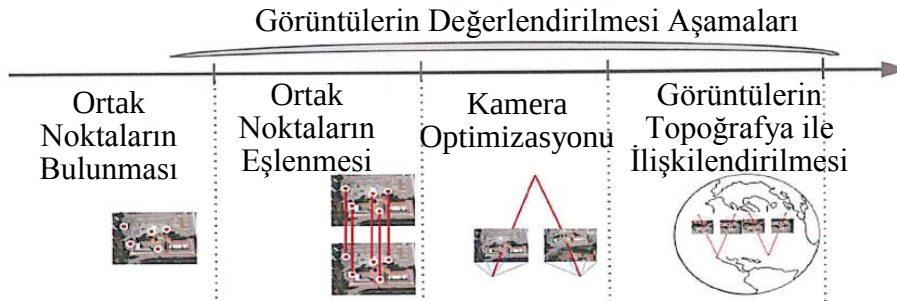
Çalışmada görüntü alıcı sensör olarak kullanılan kameranın kalibrasyon değerleri Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Kamera kalibrasyon raporu.

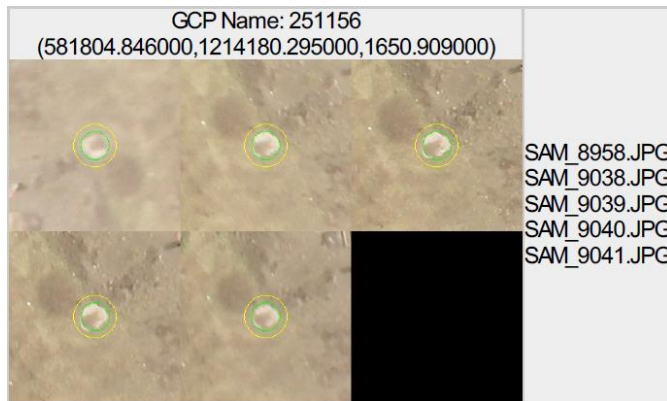
	Asal Uzaklık	Asal Nokta x	Asal Nokta y	R1	R2	R3	T1	T2
İlk Değerler	16.000 [mm.]	11.667 [mm.]	7.778 [mm.]	0.000 [mm.]	0.000 [mm.]	0.000 [mm.]	0.000 [mm.]	0.000 [mm.]
Optimize Edilen	16.156 [mm.]	11.223 [mm.]	7.543 [mm.]	-0.019 [mm.]	0.030 [mm.]	-0.016 [mm.]	-0.001 [mm.]	-0.002 [mm.]

3.9.1 Havai nirengi

İHA uçuşu sırasında kayıt edilen RTK GPS ve IMU verileri ile YKN koordinatları kullanılarak görüntülerin yeryüzü ile ilişkilendirilmesi, kamera dönüklüklerinin giderilmesi ve havai nirengi işlemlerinin yapılması sağlanmıştır. Şekil 3.11 sözü edilen süreci göstermektedir. Şekil 3.12 ise farklı görüntülerdeki aynı yer kontrol noktasının işaretlenmesini göstermektedir. Çalışma kapsamında toplam 232 adet görüntü ve 35 adet YKN kullanılmıştır. Yersel çözünürlük 4.51 cm. olarak hesaplanmış olup fotogrametrik değerlendirme sonuçları Çizelge 3.7’de verilmiştir. Yer kontrol noktaları ile ilgili raporlar Ek 1’de verilmektedir.



Şekil 3.11 : Görüntü kalibrasyon şeması.



Şekil 3.12 : Çalışmadaki YKN’lerin görüntülere işlenmesi.

Çizelge 3.7 : Fotogrametrik değerlendirme sonuçları.

İŞLEM	SONUÇ
Yer Örnekleme Aralığı (GSD)	4.51 cm.
Görüntülerin Kapsadığı Alan	1,868 km ²
Kullanılan Görüntü Adedi	232
Kalibre Edilen Görüntü Adedi	231 (%99)
Görüntü Başı Kullanılan Eş Nokta Adedi	25,027
İşaretlenen YKN Adedi	35 (3B)
Karesel Ortalama Hata (KOH - YKN)	3.1 cm.

Sonuçların doğruluğunu kontrol etmek için yapılan YKN hesaplamalarında elde edilen karesel ortalama hatalar Çizelge 3.8’de verilmiştir.

Çizelge 3.8 : YKN’lerin karesel ortalama hataları.

YKN (3B)	Doğruluk XYZ (cm.)	Hata X (m.)	Hata Y (m.)	Hata Z (m.)	Projeksiyon Hatası (pixel)	Doğrulanmış İşaretleme
254690	0.020/0.020	0.010	0.022	0.011	0.716	4/4
254668	0.020/0.020	0.036	0.035	-0.035	0.117	2/2
254650	0.020/0.020	0.035	0.001	-0.072	0.903	3/3
254290	0.020/0.020	0.026	-0.038	-0.032	0.274	3/3
251900	0.020/0.020	-0.008	0.040	-0.013	0.184	3/3
251690	0.020/0.020	0.060	-0.004	-0.053	0.377	3/3
249890	0.020/0.020	-0.053	-0.021	0.061	0.733	5/5
29	0.020/0.020	-0.017	0.018	-0.023	0.544	5/5
31	0.020/0.020	-0.017	-0.006	-0.001	0.633	5/5
253025	0.020/0.020	-0.020	-0.003	0.005	1.348	6/6
36	0.020/0.020	-0.008	0.008	0.008	0.893	10/10
255050	0.020/0.020	0.021	0.004	-0.129	0.826	2/2
254693	0.020/0.020	-0.050	-0.027	0.013	1.436	7/7
254557	0.020/0.020	-0.009	-0.014	0.004	0.869	4/4
254358	0.020/0.020	0.027	-0.002	0.050	1.329	4/4
254259	0.020/0.020	-0.052	0.055	-0.020	1.085	4/4
254092	0.020/0.020	0.026	-0.025	0.000	0.933	4/4
253955	0.020/0.020	-0.004	0.006	0.009	0.465	5/5
253770	0.020/0.020	0.012	0.005	-0.002	0.151	5/5
253399	0.020/0.020	0.010	-0.003	-0.010	0.453	4/4
253251	0.020/0.020	0.004	0.014	0.015	0.360	4/4
252910	0.020/0.020	0.042	-0.017	-0.016	0.138	3/3
252791	0.020/0.020	-0.033	0.008	0.029	0.977	3/3
252655	0.020/0.020	0.009	0.008	-0.006	0.627	6/6
252418	0.020/0.020	0.008	-0.017	0.017	0.731	5/5
252170	0.020/0.020	0.021	-0.025	0.029	1.090	5/5
252060	0.020/0.020	0.018	0.011	0.042	0.693	5/5
251932	0.020/0.020	0.006	-0.030	-0.021	0.793	7/7
251777	0.020/0.020	-0.018	-0.019	0.017	0.562	4/4
251651	0.020/0.020	-0.045	-0.001	-0.004	1.046	6/6
251521	0.020/0.020	0.021	0.018	0.006	0.481	5/5

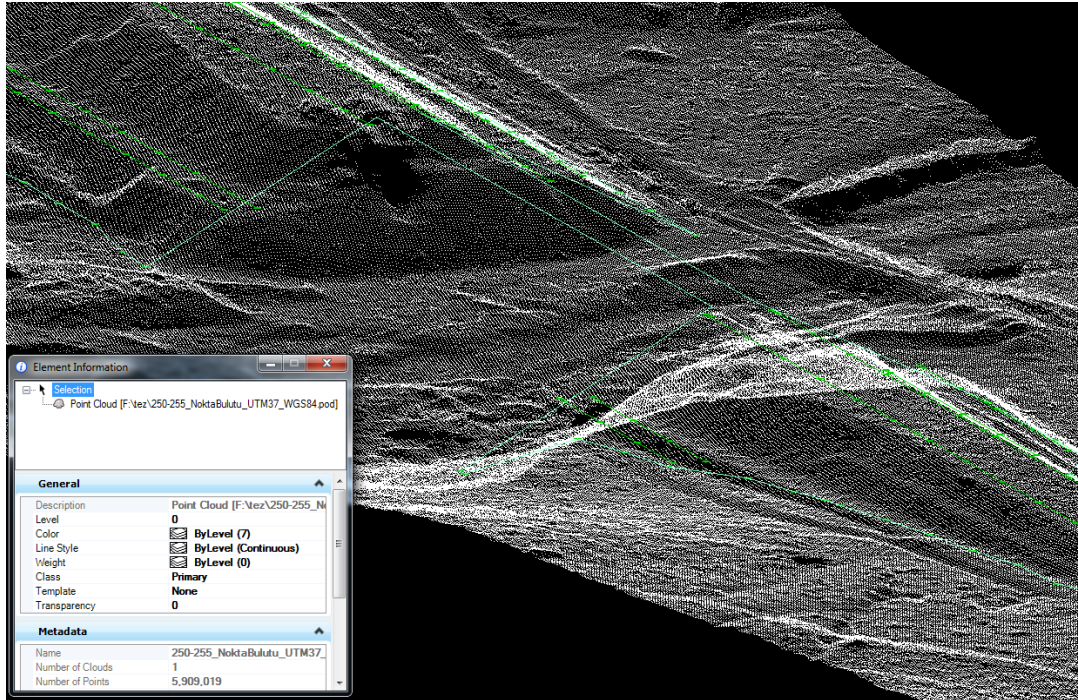
Çizelge 3.8 (devam) : YKN'lerin karesel ortalama hataları.

YKN (3B)	Doğruluk XYZ (cm.)	Hata X (m.)	Hata Y (m.)	Hata Z (m.)	Projeksiyon Hatası (pixel)	Doğrulanmış İşaretleme
251296	0.020/0.020	-0.014	-0.016	0.003	0.335	4/4
251156	0.020/0.020	0.007	0.009	0.009	0.790	5/5
249921	0.020/0.020	0.073	-0.005	-0.097	0.704	5/5
249798	0.020/0.020	0.004	0.066	0.120	0.645	2/2
Ortalama (m.)		0.004	0.002	-0.002		
Sigma (m.)		0.029	0.023	0.043		
KOH (m.)		0.030	0.023	0.043		

3.9.2 Nokta bulutu üretimi

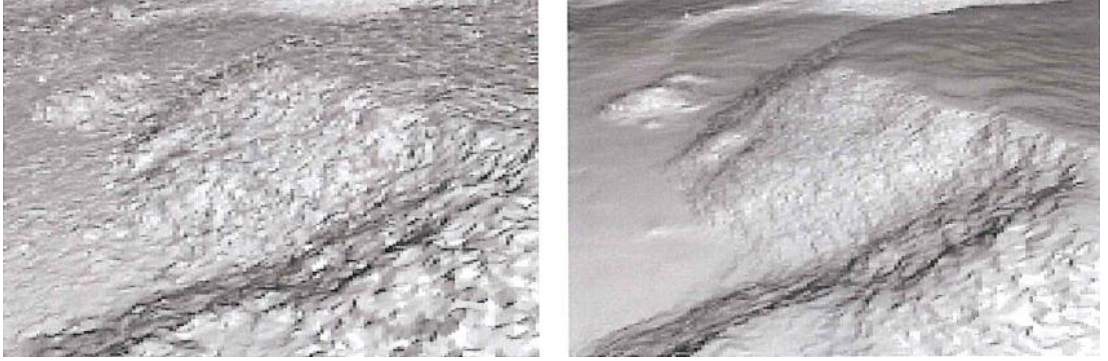
Nokta bulutu kapladığı alana göre çok büyük miktarlarda nokta içeren ve nesnelerin karakteristik yapılarını, ayrıntılarını gösteren yoğun nokta verisidir (.las). Nokta bulutu sayesinde bölgede bulunan yapılar ve arazi durumu rahatça görülebilmekle beraber istenilen bölgenin kot ve koordinatları rahatça elde edilebilmektedir.

Şekil 3.13 yoğun nokta verisine örnek çalışma bölgesine ilişkin bir nokta bulutudur. Nokta bulutu, Çizelge 3.1'deki sanat yapıları listesinde bahsedilen B39 no'lu köprüyü ve bölgedeki dolgu şevlerini göstermektedir. Uçuşun yapıldığı bölgede nokta bulutu Pix 4D yazılımı yardımıyla üretilmiştir. Proje kapsamındaki çalışma bölgesinde üretilen nokta bulutu toplamda 5,909,019 nokta içermektedir.

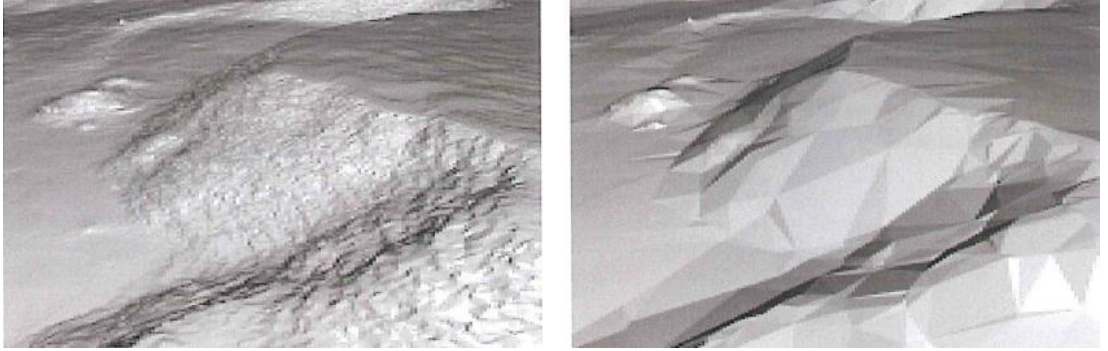


Şekil 3.13 : Çalışmada üretilen nokta bulutu.

Nokta bulutu üretimi sonrasında gürültü filtresi ve keskinleştirme işlemleri uygulanmıştır. Uygulanan bu işlemler, Şekil 3.14 ve Şekil 3.15'te uygulama öncesi ve sonrası durumlar olarak gösterilmektedir.



Şekil 3.14 : Nokta bulutunun gürültü filtresinden önceki ve sonraki hali.



Şekil 3.15 : Nokta bulutunun keskinleştirme işlemi öncesi ve sonrası hali.

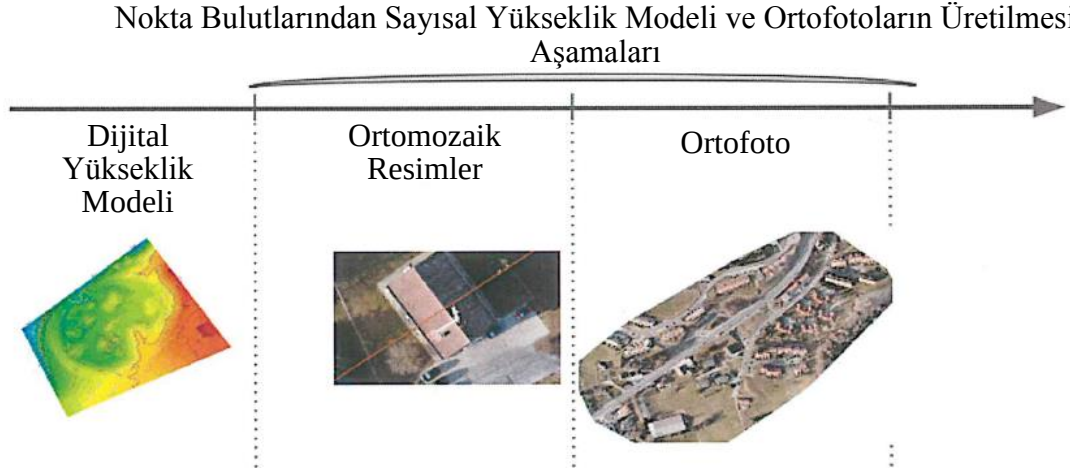
Fotogrametrik çalışmalarda yapılan havai nirengi ve detay nokta kontrolleri sonucunda üretilen nokta bulutunun hassasiyetinin yatayda 5 cm.'nin, düşeyde ise 10 cm.'nin altında olması amaçlanmıştır.

Doğal Afet Sigortaları Kurumu ile Çevre Bakanlığı'na ait Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü'nün Nisan 2014'te üretmiş olduğu teknik şartnamenin 23. maddesine göre, nokta bulutu yoğunlaştırma yapıldıktan sonra, noktaların geometrik ve coğrafi doğrulukları 0.5xGSD cm. ile 2xGSD cm. yer örnekleme aralığı arasında değişmektedir. Proje kapsamında, yer örnekleme aralığının (GSD) 4.5 cm. olması dolayısıyla nokta bulutu doğruluğu 2.3 cm. ile 9 cm. arasında olduğu görülmektedir.

3.9.3 Dijital yükseklik modeli ile ortofotoların üretilmesi

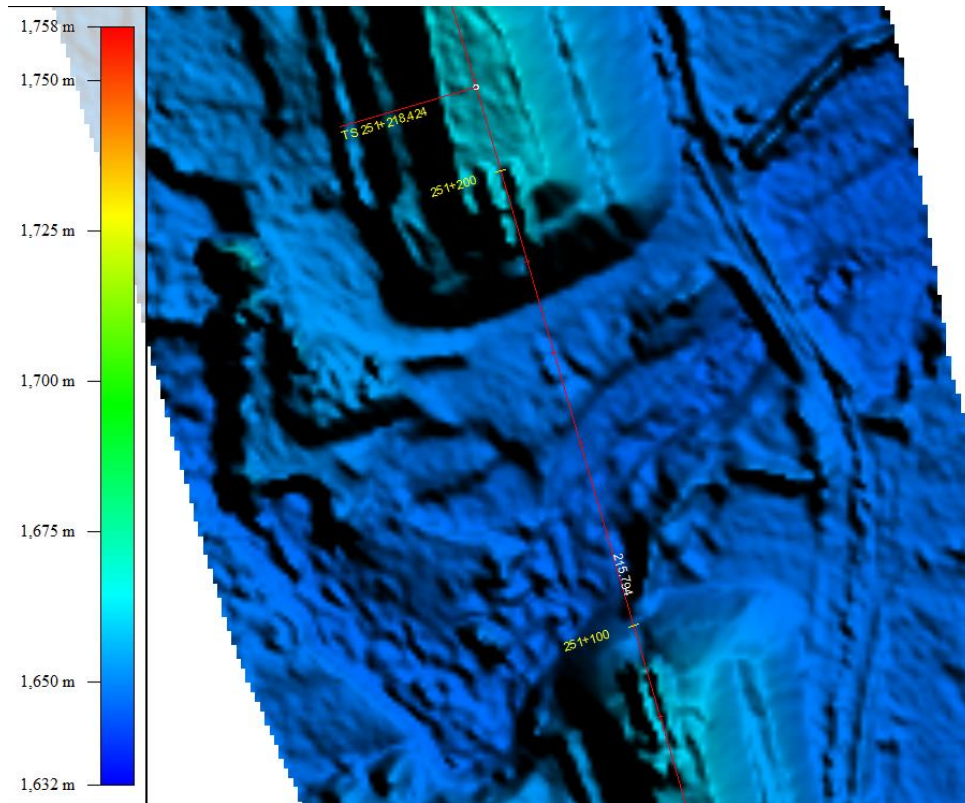
Pix4D yazılımı ile üretilen nokta bulutu iki farklı aşamada kullanılmıştır. Birinci olarak, çalışma alanı yüzeyine ilişkin kazı-dolgu gibi hacim hesaplarının yapılabilmesi ve ikinci olarak dijital yükseklik modelinin ortofoto harita üretiminde

kullanılmasıdır. Sözü edilen bu durum Şekil 3.16’da gösterilmiştir. Şekil 3.17 çalışma kapsamında üretilmiş olan Dijital Yükseklik Modeli’nin B39 bölgesindeki bir kısmını ve Şekil 3.18’de aynı bölgeye ait ortofoto örneğini göstermektedir.



Şekil 3.16 : Dijital Yükseklik Modeli ve ortofoto üretim şeması.

Uçuş bölgesindeki topoğrafya üzerinde bitki örtüsünün yer yer yoğun olduğu görülmüştür. Bitki örtüsünün yoğun olduğu bölgelerde ve araç gibi etkenlerle arazi yüzeyinin kapandığı yerlerde fotogrametrik değerlendirmelerin doğru yapılabilmesi adına bahsedilen durumların arazi yüzeyinden ayrıştırılması gerekmektedir.



Şekil 3.17 : Çalışmada üretilen Dijital Yükseklik Modeli.



Şekil 3.18 : Çalışmada üretilen ortofoto.

3.10 Kübaj Hesapları

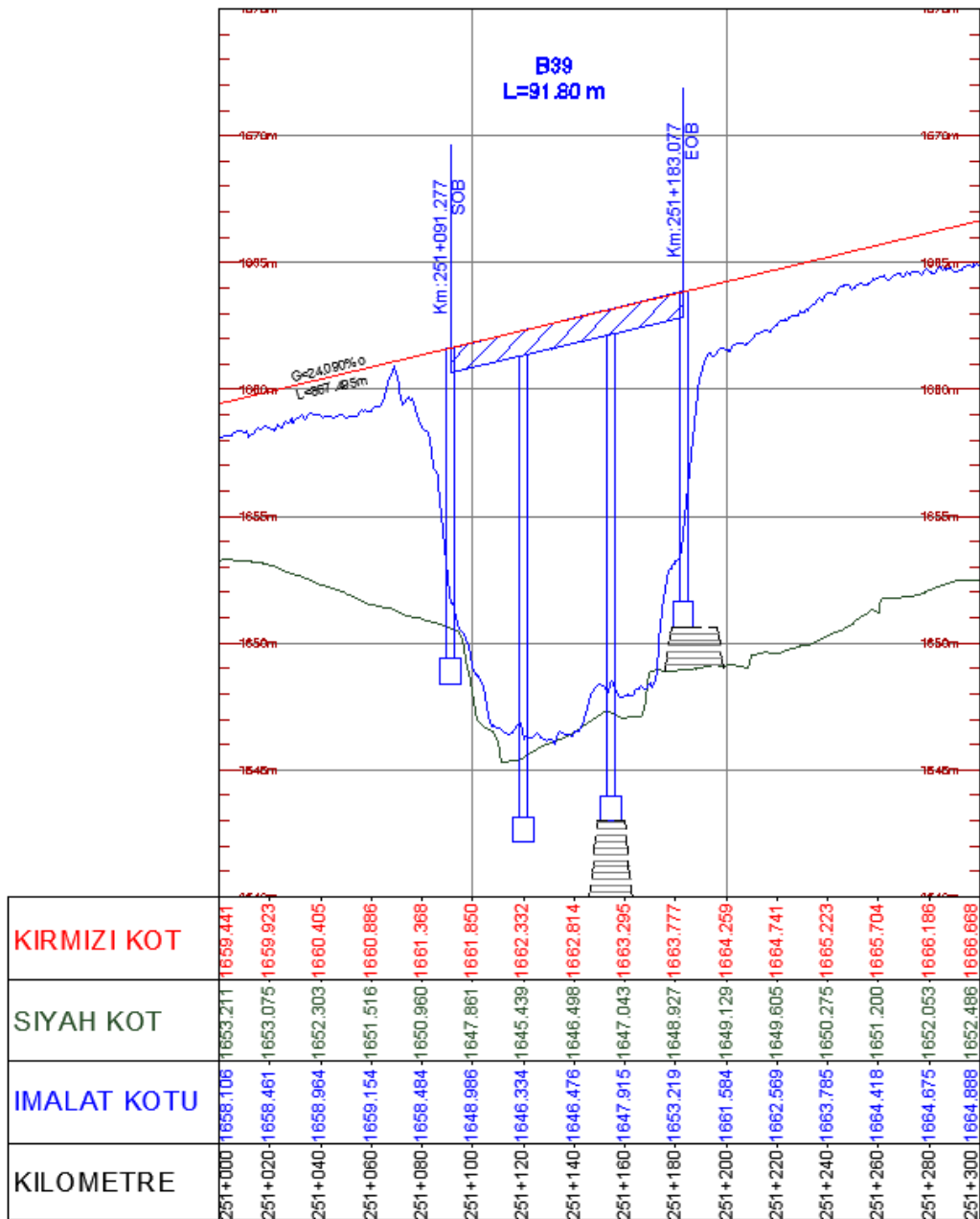
Kübaj hesapları, sahada yapılan toprak işleri uygulamalarında gerçekleştirilen kazı-dolgu, sıkışma, kabarma, ariyet ve depo işlemlerinin göz önünde bulundurularak hesaplandığı hacimsel işlemlerdir. Projede yapılan maliyet hesapları için büyük öneme sahip olan bu işlem, bölgede yapılan hafriyat uygulamalarının önceki ve sonraki durumunun karşılaştırılmasıyla yapılır. Bu işlem sonucunda değişen hacimin ne kadar olduğu görülür ve hakediş hesaplamaları bu değişen hacim hesabına göre düzenlenir.

Çalışma kapsamında yapılan kübaj hesapları Microstation yazılımının RailTrack modülünde gerçekleştirilmiştir. Çizelge 3.9 arazideki ölçülere dayalı olarak belirlenen toprak hareketlerini göstermektedir. Şekil 3.19 çalışma alanında yer alan bir boykesit örneğini, Şekil 3.20 ise yine aynı bölgeye ait bir enkesit örneğini göstermektedir. RailTrack modülünde güzergahın yatay ve düşey hattının bulunduğu dosya (.alg), güzergah şevlerinin bulunduğu dosya (roadway.dtm) ile ilk arazi

durumunun bulunduğu dosya (siyahkot.dtm) ve fotogrametrik işlemler sonucunda oluşturulan sayısal arazi modelinden üretilen dosya (imalat.dtm) kullanılmıştır.

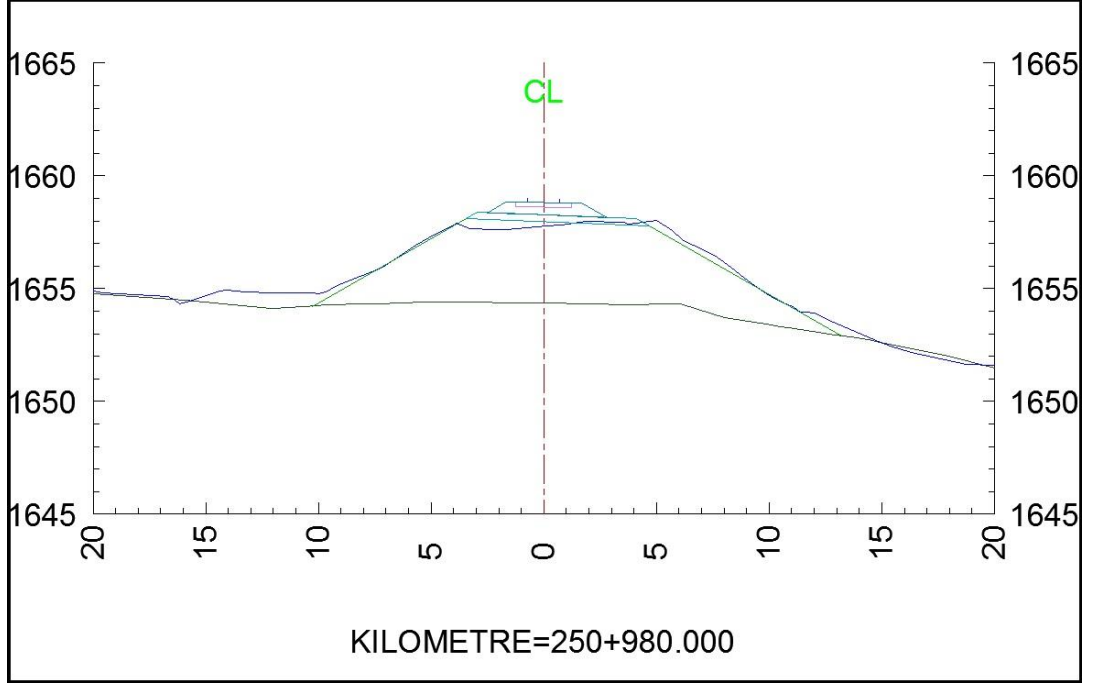
Çizelge 3.9 : Arazi ölçmelerinden elde edilen toprak hareketleri.

Bölge (250-255)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ³)
Ocak 2016	176,311.00	51,468.00
Şubat 2016	279,060.00	32,166.00
Mart 2016	255,390.00	80,496.00
Nisan 2016	213,348.00	57,591.00
Mayıs 2016	257,645.00	37,974.00
Haziran 2016	128,706.00	15,168.00
Toplam	1,310,460.00	274,863.00



Şekil 3.19 : Çalışma bölgesinde arazi durumunu gösteren boykesit.

Şekil 3.19’da gösterilen bölge önceki örneklerde olduğu gibi B39 no’lu köprünün bulunduğu bölgedir. Boykesitte görüldüğü üzere, kırmızı olarak gösterilen yüzey proje güzergahına ait düşey hattı diğer bir deyişle kırmızı kotu göstermektedir. Siyah kot, yani proje başlangıcındaki arazi kotu koyu yeşil renkte ve fotogrametrik değerlendirme sonucu oluşturulan imalat koyu yüzeyi mavi renkte gösterilmektedir. Boykesitte gösterilen yüzeylerin renkleri ile boykesit tablosunda gösterilen bilgiler aynı renk ile renklendirilmiştir.



Şekil 3.20 : Çalışma bölgesinde arazi ve proje durumunu gösteren enkesit.

Şekil 3.20’de gösterilen en kesitte, proje başlangıcındaki arazi kotu olan siyah kot ile fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşturulan imalat kotu boykesitteki renklerle aynı şekilde gösterilmiştir. Şekilden de açıkça görülebildiği üzere, imalatta altyapı çalışmaları bitmiş olup üstyapı imalatının uygulanması aşamasına gelinmiştir.

Yapılan tüm bu çalışmalar ve araştırmalar sonucunda üretilen modeller ve hesaplanan kübajlar aşağıdaki Çizelge 3.10’da verilmiştir.

Çizelge 3.10 : Kübaj hesapları.

Hesaplanan Kübaj	Kazı (m ³)	Dolgu (m ³)
(1) Proje Verileriyle Bulunan Yapılacak İmalat	1,217,287.00	238,530.00
(2) Sahadan Alınan Veriyle Bulunan Yapılan İmalat	1,310,460.00	274,863.00
(3) Fotogrametrik Yöntemle Bulunan Kalan İmalat	164,203.00	4,270.00
(4) Fotogrametrik Yöntemle Bulunan Yapılan İmalat	1,053,084.00	234,260.00
(4) = (1) - (3)		

Çizelgede verilen (1) ve (3) no'lu kübaj hesaplamaları Ek B ve Ek C'de verilmiş olup (2) no'lu hesap Çizelge 3.9'dan alınmıştır.

Arazide yapılan ölçmelerle hesaplanan imalat hacminin projede olması gereken imalatı geçmiş olduğu görülmektedir. Oysa ki, İHA fotogrametrisi yöntemiyle hesaplanan imalat hacmine göre ise daha %12 imalat kaldığı görülmektedir. Bu durumda İHA fotogrametrisi yaklaşımı arazide yapılan ölçmelere göre belirlenen kübaj hesabına göre toprak hareketlerini daha doğru ve hızlı belirleyebilmektedir. Sonuç olarak, projenin küçük bir kısmından alınan sahadaki veriler ile fotogrametrik yöntem ile hesaplanan verilerden çıkan üretim farkı 297,979.00 m³ olarak bulunmuştur.

Ayrıca tez çalışmasında yapılan fotogrametrik uygulamalar sonucunda doğrulukların kontrolü için yapılan YKN hesaplamalarında çıkan Karesel Ortalama Hatalar (KOH) Çizelge 3.11'de verilmiştir.

Çizelge 3.11 : YKN'lerin karesel ortalama hataları özeti.

	Hata X (cm.)	Hata Y (cm.)	Hata Z (cm.)
Ortalama Hata	0.36	0.15	-0.25
KOH	2.95	2.28	4.27

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

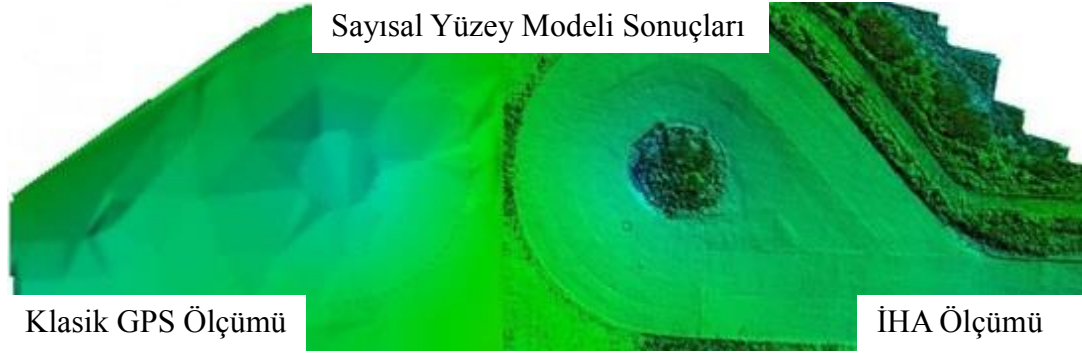
Dijital fotogrametrinin başarılı uygulamaları, fotogrametrik çalışmaların birçok alanda kullanılmasının önünü açmış ve bu sayede farklı uygulama alanları için birçok platform ve algılayıcı geliştirilmiştir.

Çalışma kapsamındaki uygulamanın sonuçlarından da anlaşılacağı üzere insansız hava araçları ile fotogrametrik ölçme ve değerlendirme, birçok alanda yersel ölçmenin önüne geçmiş ve gelişen teknoloji ile beraber fotogrametri alanının da en çok kullanılan aracı haline gelmiştir. Gerek zaman ve maliyet tasarrufu açısından, gerekse doğruluk ve görsellik açısından İHA fotogrametrisinin mühendislik projelerinde etkin olarak kullanılabileceği görülmektedir. İHA fotogrametrisi sayesinde mühendislik projelerinde sahaya gitmeden imalat durumu rahatlıkla takip edilebilir.

AKH projesi kapsamında yapılan bu çalışma ile projeyi yürüten İstanbul ofisi ile projenin uygulanması ve imalatını yapan saha ekibi ile koordinasyon geliştirilmiştir. Tez çalışması kapsamında yapılan fotogrametrik değerlendirmeler tüm projeye uygulanmış olup, bu sayede sahada yersel ölçmeler ile elde edilen kübaj hesaplarının doğruluğu araştırılmış ve proje imalatının ne durumda olduğu görülmüştür. Ayrıca, yapılan bu çalışma ile toprak hareketlerinin rahatça görülebilmesi sonucunda hakediş hesapları da kontrol altında tutulmaktadır.

Bir ölçme platformu olarak düşünülebilecek olan insansız hava araçlarının uçuş kalitesi, dış etkenlere dayanıklılıkları, havada kalma zamanları ve uçuş mesafeleri gibi zayıflıkları geliştirildikçe İHA fotogrametrisinin üretkenliği de artacaktır. Ayrıca, İHA platform üzerinde bulunan algılayıcıların, konum belirleme sistemlerinin daha da gelişmesi ile İHA fotogrametrisinin doğruluğu daha da iyi hale gelecektir. Hızlı bir biçimde gelişmekte olan sanal gerçeklik uygulamaları İHA fotogrametrisi sonuç ürünleriyle birleştirilerek 3B proje yönetimi ve mekansal analizler etkin olarak gerçekleştirilebilir.

İHA'lar ile yapılan fotogrametrik ölçmeler ve yersel yöntemler ile yapılan klasik ölçmeler sonucunda ortaya çıkan ürünlerde Şekil 4.1'de görüldüğü üzere ciddi boyutlarda 3B yüzey oluşturma farklılıklarıyla birlikte zaman, iş gücü ve hassasiyet farklılıkları da görülmektedir.



Şekil 4.1 : Dijital yüzey modeli karşılaştırılması.

Doğruluklar, yapılan çalışmada kullanılan donanımlara ve nokta sayılarına göre farklılık göstermektedir. Bu yüzden AKH projesi kapsamında uçuşu gerçekleştiren Birlik Harita'nın, önceki fotogrametrik çalışmaları üzerinden yaptığı hesaplamalar sonucunda, fotogrametrik ölçme ile sahada yapılan klasik yersel ölçmelerden üretilen ürünler ve bu ürünlerden elde edilen hassasiyetlerin karşılaştırılması yapıldığında aşağıdaki durumlar ortaya çıkmıştır.

İHA'lar ile yapılan ölçmelerden elde edilen iş gücü, proje süresi ve değerlendirme sonucu ürünler;

- Kullanılan İş Gücü: 4, 5 adam/ay
- Bitirme Süresi: 1 ay

Sonuç Ürünler:

- 5 cm. çözünürlüklü renkli True-Ortofoto
- 5 cm. çözünürlüklü hassas DSM
- 5 cm. çözünürlüklü hassas DTM
- 3B dokulu model
- Kübaj hesapları
- Enkesit alımları
- Profil alımları

Klasik yöntem ile yapılan ölçmelerden elde edilen iş gücü, proje süresi ve değerlendirme sonucu ürünler;

- Kullanılan İş Gücü: 31 adam/ay
- Bitirme Süresi: 3,5 ay

Sonuç Ürünler:

- 5 m. çözünürlüklü DTM
- Kübaj hesapları
- Enkesit alımları
- Profil Alımları

Bu durumda iha ile yapılan bir projeden elde edilen kazanımlar:

- ✓ %71 süre avantajı sağlanmaktadır.
- ✓ %85 personel avantaj sağlamaktadır.
- ✓ Hassas ve ayrıntılı bir DTM ve DSM üretilmektedir.
- ✓ Ortofoto ve 3D model üretilmesi ile projenin gelişimi gözlenmektedir.
- ✓ Proje yöneticilerinin karar alma mekanizmasına yardımcı olmak üzere sağlıklı bir veri seti oluşturulmaktadır.

KAYNAKLAR

- Avery, A.** (2014, August). *A Feasibility Study on the Use of Manual Unmanned Aerial Vehicles for Topographical Surveys* (Master's thesis). Retrieved July 07, 2016, from https://www.era.lib.ed.ac.uk/bitstream/handle/1842/10350/Avery_MS_c2014.pdf?sequence=1
- Baumann P. R.** (2001). History of Remote Sensing, Aerial Photogrammetry, Department of Geography State University of New York, ABD. Retrieved from <https://www.oneonta.edu/faculty/baumanpr/geosat2/RS%20History%20I/RS-History-Part-1.htm>
- Bilgi, S.** (2007, Ocak). Fotogrametri ve Uzaktan Algılamada Veri Elde Etme Yöntemlerinin Gelişimi ve Kısa Tarihçeleri. *Jeodezi, Jeoinformasyon Ve Arazi Yönetimi Dergisi*, (96), (sf. 1-6). Erişim: Ekim, 2016, http://web.itu.edu.tr/~bilgi/Foto_Uzk_Tarih_SerdarBilgi.pdf
- Eisenbeiß, H.** (2009). *UAV Photogrammetry* (Doctoral dissertation). Retrieved from http://www.igp-data.ethz.ch/berichte/Blaue_Berichte_PDF/105.pdf
- Marangoz, A. M.** (2013, Mayıs). *Sayısal Kameralarla Tarihsel Yapıların Rölelerinin Çıkarılması* (Yüksek Lisans Tezi). Erişim: Eylül 29, 2016, <http://geomatik.beun.edu.tr/marangoz/files/2013/03/YLisansTeziAycan.pdf>
- Saripalli, S., Montgomery, J.F., Sukhatme, G.S.** (2003). Visually guided landing of an unmanned aerial vehicle. *IEEE Transactions on Robotics and Automation* 19(3): 371-380.
- Selçuk Üniversitesi, Coğrafi Bilgi Teknolojileri Çalıştay “Akademik Perspektif”.** (2010). Dijital (Sayısal) Fotogrametri Teknolojisi [PowerPoint slaytları]. Erişim: Eylül 29, 2016, https://www.turksatglobe.com.tr/Views/News/Contents/images/10/Files/FERRUH_YILDIZ_SUNUM.pdf
- Stam, J.** (2010, December). *Accuracy Assesment of direct sensor orientation in UAV Photogrammetry*. Retrieved July 07, 2016, from <http://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:ff977688-ead7-4c1a-b595-49e7626089bf/datastream/OBJ>
- Strecha, L. C.** (t.y.). The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra-Light UAV Imagery. Retrieved December 20, 2016, from https://support.pix4d.com/hc/en-us/article_attachments/200932809/280Strecha.pdf

Orman Genel Müdürlüğü, Ormancılık Çalışmalarında Coğrafi Bilgi Sistemi. (t.y.). Uzaktan Algılama ve Fotogrametri [PowerPoint slaytları]. Erişim: Ekim 16, 2016, <http://ormuh.org.tr/arsiv/files/Fotogrametri%20ve%20Uzaktan%20Algılama%20Notlari.pdf>

Ozbalmumcu, M. (t.y.). *Sayısal (Dijital) Fotogrametri ve Sayısal Fotogrametrik Stereo Çalışma İstasyonları (Softcopy Plotter)*. Erişim: Eylül 29, 2016, http://www.acikders.org.tr/pluginfile.php/646/mod_resource/content/0/Ek_Kaynaklar/streo.pdf

Yaşayan, A., Uysal, M., & Varlık, A., (2011). *Fotogrametri* (S. Erdoğan Doç.Dr., Ed.) (1. Baskı, sf. 69-85). Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye.sf 69-85

Url-1 <http://harita.gumushane.edu.tr/user_files/files/fotogrametri%20_yaz.pdf>, erişim tarihi 01.11.2016.

Url-2 <<http://www.sistemas.com.tr/urun-detay?ktg=gps-/-gnss&alt=smart-antenler&k=1&urn=leica-viva-gs15&syf=1>>, erişim tarihi 01.11.2016.

Url-3 <http://w3.leica-geosystems.com/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica_Viva_GNSS_GS15_receiver_DS_en.pdf>, erişim tarihi 01.11.2016.

Url-4 <<https://pix4d.com/product/pix4dmapper-pro/>>, erişim tarihi 28.10.2016.

Url-5 <<https://en.wikipedia.org/wiki/MicroStation>>, erişim tarihi 13.11.2016.

Url-6 <<http://www.cografya.gen.tr/siyasi/devletler/etiyopya.htm>>, erişim tarihi 12.11.2016.

Url-7 <http://w3.leica-geosystems.com/downloads123/zz/gpsgis/Viva%20GNSS/brochures-datasheet/Leica_Viva_GNSS_GS15_receiver_DS_en.pdf>, erişim tarihi 15.11.2016

EKLER

EK A: Pix4D Yazılımında Yapılan Fotogrametrik Değerlendirme Sonucu Oluşturulan Kalite Raporu

EK B: Proje Verileri ile Hesaplanan Kübaj Raporu

EK C: Fotogrametrik Değerlendirme Sonucunda Hesaplanan Kübaj Raporu

EK A

Çizelge A1 : Pix4D yazılımında yapılan fotogrametrik değerlendirme özeti.

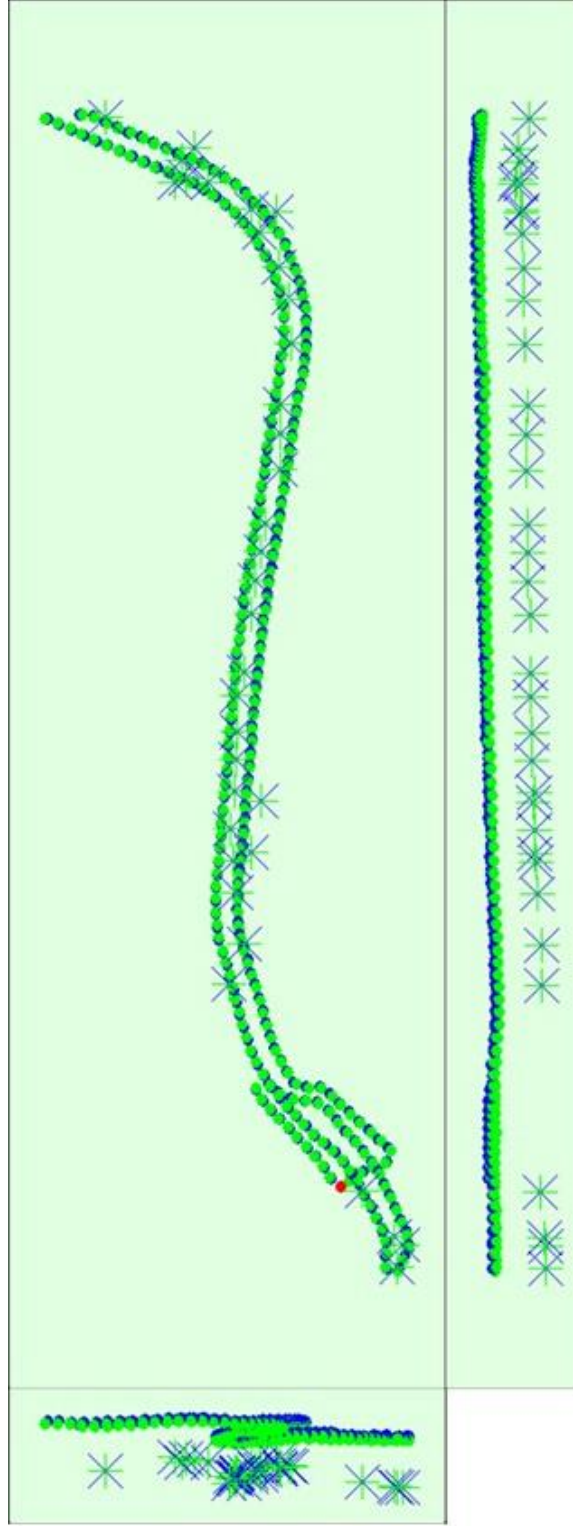
Proje	AKH_250-255
Ortalama Yer Örnekleme Aralığı (GSD)	4,51 cm.
Kapsanılan Alan	1,868 km ²
Başlangıç Süreci İşlemi (Raporsuz)	08 dk.: 55 sn.

Çizelge A2 : Fotogrametrik değerlendirme kalitesinin özeti.

Görüntü	Ortalama 25,027 eş nokta adedi
Veri Seti	232 görüntüden 231'i kalibre edildi
Kamera Optimizasyonu	Optimizasyon önce ve sonrasında %0.97 relatif farklılık
Eşleştirme	Kalibre edilen görüntülerde ortalama 10,247.1 eşleşme
Jeoreferanslama	35 YKN (3B), KOH=0.031 m.



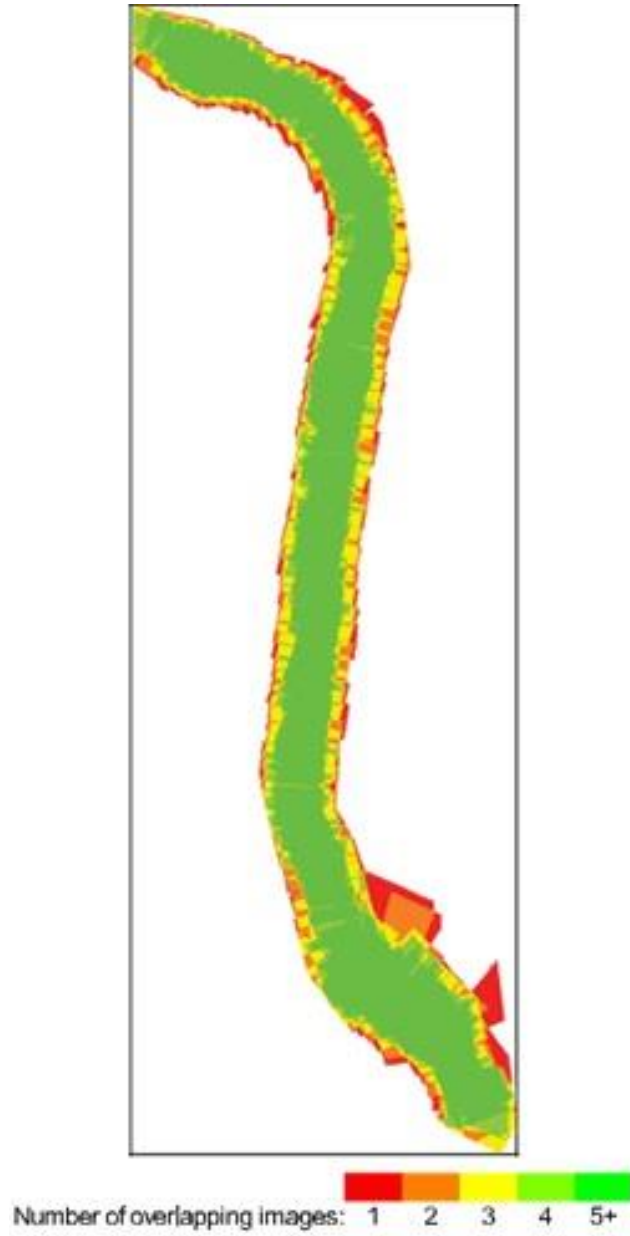
Şekil A.1 : Sıkıştırma öncesi ortomozaik ve karşılık gelen aralıktaki DSM.



Şekil A.2 : Görüntü ve YKN'lerin başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan pozisyonları.

(Mavi nokta: Başlangıç görüntü pozisyonu, Yeşil nokta: Kalibre edilerek hesaplanan görüntü pozisyonu, Kırmızı nokta: Kalibre edilmeyen görüntü)

(Mavi çarpı: Başlangıç YKN pozisyonu, Yeşil çarpı: Hesaplanan YKN pozisyonu)



Şekil A.3 : Ortomozaikteki her bir pikselden hesaplanmış çakışan görüntü sayısı.

Çizelge A3 : Işın demetleri ile dengeleme detayları.

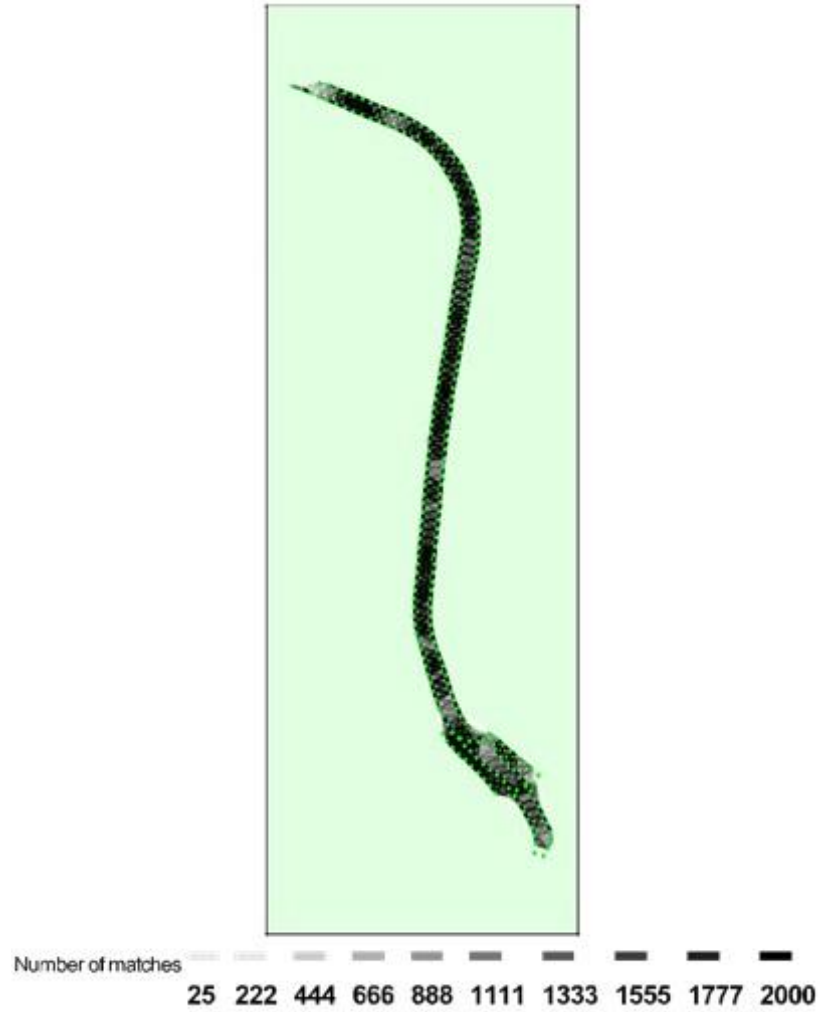
Işın demetleri ile blok dengelemesinden elde edilen 2B kilit nokta adedi	2,407,388
Işın demetleri ile blok dengelemesi için 3B nokta adedi	924,538
Ortalama reprojeksiyon hatası (piksel)	0.167

Çizelge A4 : 2B kilit nokta tablosu.

	Herbir görüntüdeki 2B kilit nokta adedi	Herbir görüntüde eşleştirilen 2B kilit nokta adedi
Minimum	20,096	800
Maksimum	40,002	19,433
Ortalama	26,901	10,422

Çizelge A5 : 2B kilit nokta eşleştirmesinden bulunan 3B nokta tablosu.

	Elde edilen 3B nokta adedi
2 görüntüde	613,371
3 görüntüde	182,087
4 görüntüde	62,295
5 görüntüde	34,868
6 görüntüde	20,665
7 görüntüde	7,206
8 görüntüde	2,055
9 görüntüde	878
10 görüntüde	547
11 görüntüde	316
12 görüntüde	147
13 görüntüde	70
14 görüntüde	27
15 görüntüde	4
16 görüntüde	1
17 görüntüde	1



Şekil A.4 : Kalibre edilerek hesaplanan görüntü pozisyonları üzerinde 2B kilit noktalarının eşleştirilmesiyle elde edilen görüntü çakışma durumu.

Çizelge A6 : Mutlak jeolokasyon varyans hatası tablosu.

Minimum Hata (m.)	Maksimum Hata (m.)	Jeolokasyon Hatası X (%)	Jeolokasyon Hatası Y (%)	Jeolokasyon Hatası Z (%)
-	-15.00	0.00	0.00	0.00
-15.00	-12.00	0.00	0.00	0.00
-12.00	-9.00	0.43	22.51	0.00
-9.00	-6.00	16.45	20.35	0.00
-6.00	-3.00	9.52	6.06	0.00
-3.00	0.00	21.21	1.30	44.59
0.00	3.00	25.97	5.19	54.55
3.00	6.00	9.52	6.49	0.87
6.00	9.00	16.88	9.09	0.00
9.00	12.00	0.00	29.00	0.00
12.00	15.00	0.00	0.00	0.00
15.00	-	0.00	0.00	0.00
Ortalama (m.)		-0.280	2.074	10.220
KOH (m.)		4.974	8.957	10.277

Çizelge A7 : Başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan görüntü jeolokasyonları arasındaki bias değerleri (UTM37N-WGS84).

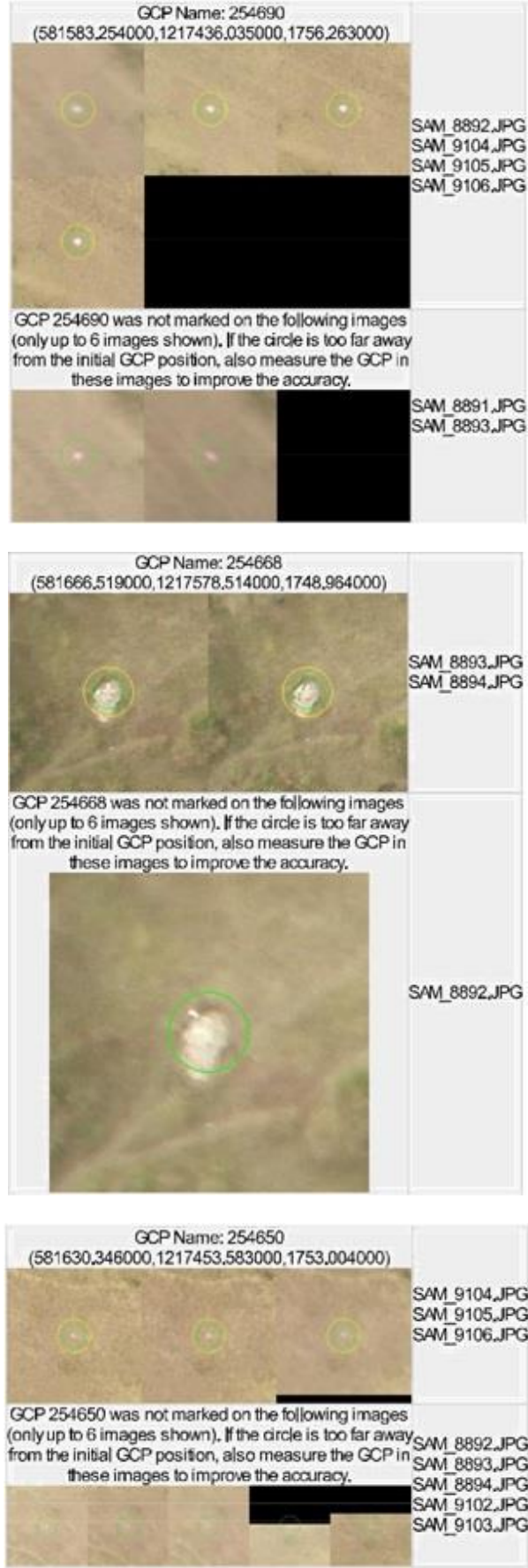
	X	Y	Z
Jeolokasyon Bias Değeri (m.)	-0.280	2.074	10.220

Çizelge A8 : Relatif jeolokasyon varyans hatası tablosu.

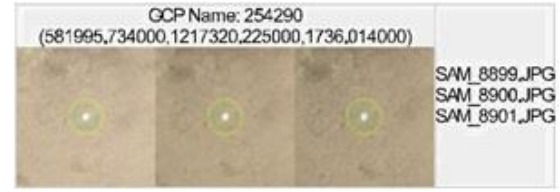
Relatif Jeolokasyon Hatası	Görüntü X (%)	Görüntü Y (%)	Görüntü Z (%)
[-1.00, 1.00]	60.17	13.42	100.00
[-2.00, 2.00]	100.00	72.73	100.00
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	100.00
Ortalama Jeolokasyon Doğruluğu	5.00	5.00	10.00

Çizelge A9 : Başlangıç ile kalibre edilerek hesaplanan görüntü jeolokasyonları arasındaki dönüklük açılarından kaynaklanan KOH değerleri.

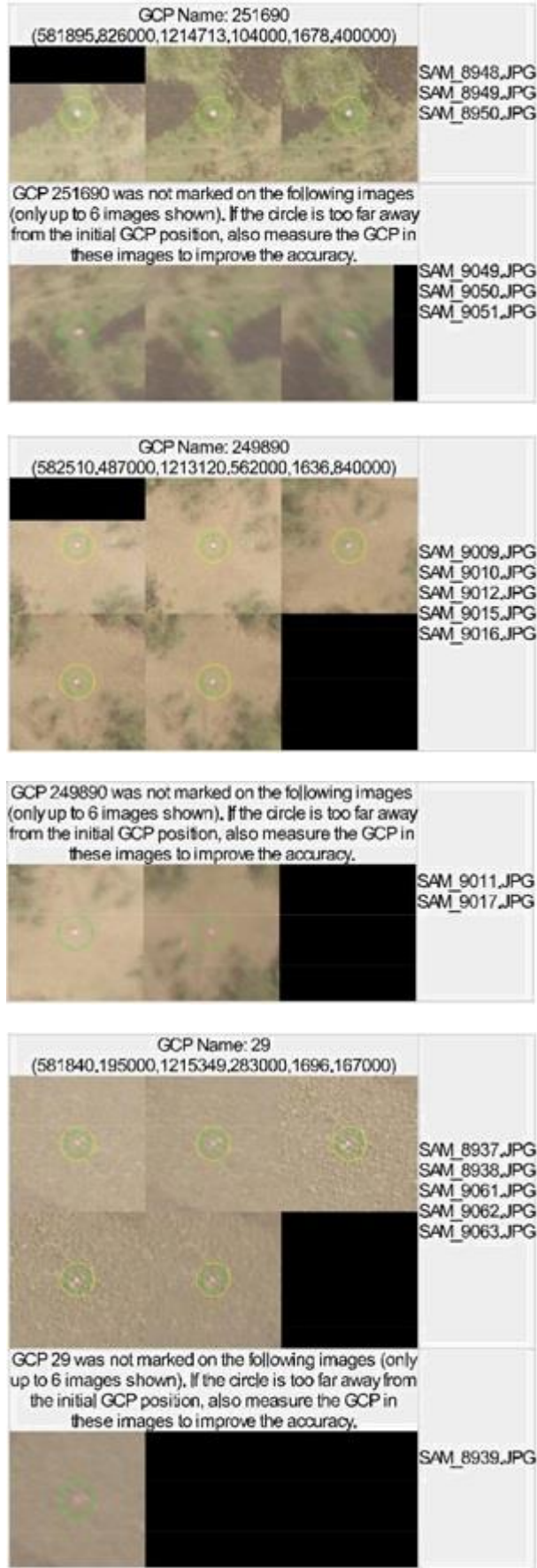
Dönüklüklerden Kaynaklı Jeolokasyon Hatası	KOH (derece)
Omega	10.528
Phi	7.796
Kappa	67.508



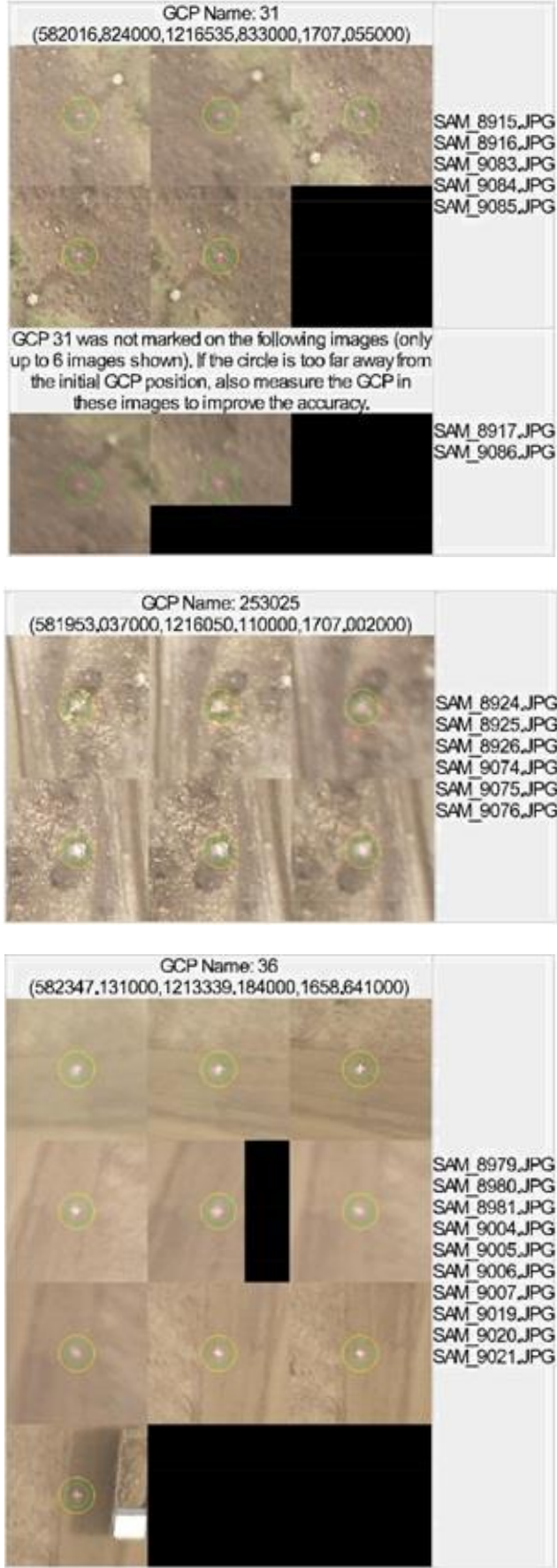
Şekil A.5 : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



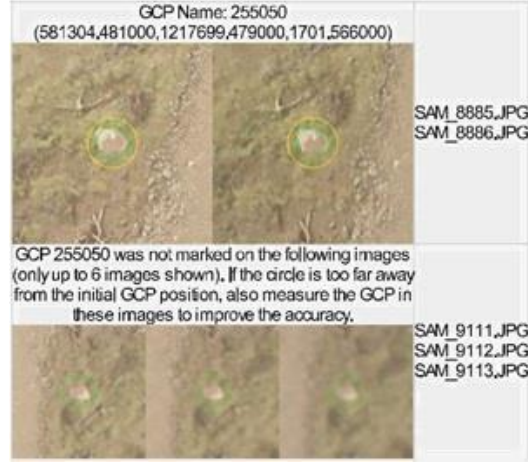
Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



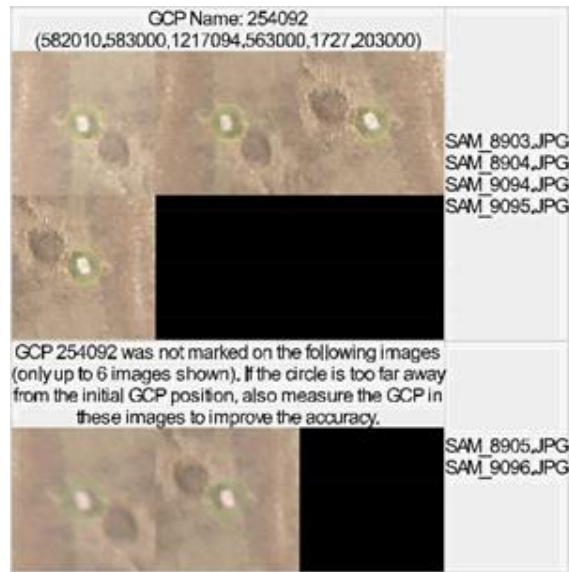
Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



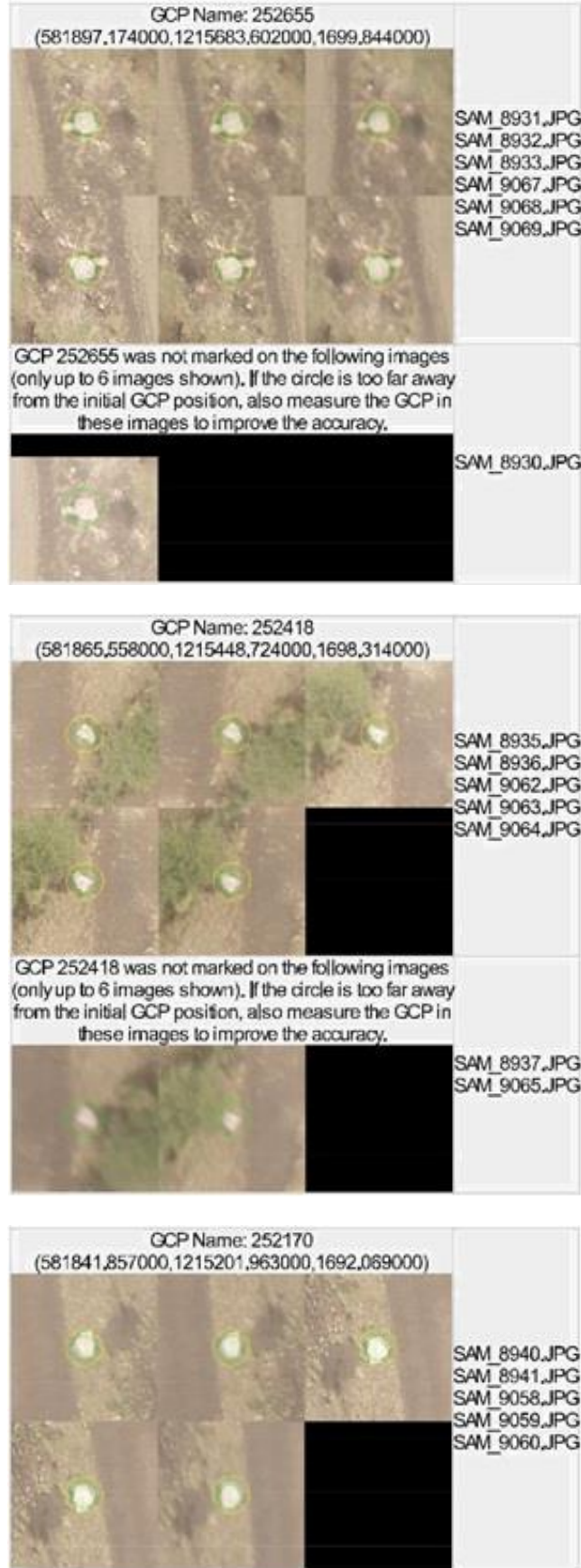
Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.

GCP Name: 253251 (582015,126000,1216268,737000,1716,543000)		
		SAM_8919.JPG SAM_8920.JPG SAM_8921.JPG SAM_9079.JPG
		
GCP 253251 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.		
		SAM_9080.JPG SAM_9081.JPG
GCP Name: 252910 (581933,297000,1215936,534000,1706,072000)		
		SAM_8927.JPG SAM_9072.JPG SAM_9073.JPG
GCP 252910 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.		
		SAM_8926.JPG SAM_8928.JPG SAM_9074.JPG
GCP Name: 252791 (581910,687000,1215819,409000,1705,724000)		
		SAM_8929.JPG SAM_9070.JPG SAM_9071.JPG
GCP 252791 was not marked on the following images (only up to 6 images shown). If the circle is too far away from the initial GCP position, also measure the GCP in these images to improve the accuracy.		
		SAM_8928.JPG SAM_8930.JPG SAM_9072.JPG

Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.



Şekil A.5 (devam) : YKN'lerin görüntüler üzerinde işaretlenmesi.

Çizelge A10 : Nokta bulutu üretim detayları.

Görüntü Ölçeği	Çoklu ölçek
Nokta Sıklığı	En uygun
Eşleşen Minimum Nokta Sayısı	3
Gelişmiş: Eşleşme Ekran Boyutu	7x7 piksel
Gelişmiş: Görüntü Grupları	group1
Gelişmiş: Sıklaştırma Alanı Kullanımı	Evet
Gelişmiş: Ek Açıklama Kullanımı	Evet
Gelişmiş: Otomatik Kamera Derinlik Limiti	Hayır
Nokta Bulutu Sıklığı İşlem Süresi	27 dk.:33 sn.

Çizelge A11 : Nokta bulutu üretim sonuçları.

Üretilen Karo Sayısı	1
3B Nokta Sıklığı Sayısı	12,057,268
Ortalama Sıklık (m ³ başına)	8.93

Çizelge A12 : DSM ve ortomozaik üretim detayları.

DSM ve Ortomozaik Çözünürlüğü	1xGSD (4.52 [cm./piksel])
DSM Filtreleri	Gürültü Filtresi: Evet, Yüzey Pürüzlülüğü: Evet, Keskinleştirme
DSM Üretimi	Evet, Metod: Üçgenleme, Karo Birleştirme: Evet
DSM Üretimi Süresi	01 s.: 18 dk.: 07 sn.
Ortomozaik Üretim Süresi	03 s.: 00 dk.: 15 sn.

EK B**Çizelge B.1 : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.**

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
250+000.000	226.00	0.00	0.00	0.00
250+020.000	197.96	4,239.61	0.00	0.00
250+040.000	243.34	4,413.04	0.00	0.00
250+060.000	280.17	5,235.12	0.00	0.00
250+080.000	320.68	6,008.50	0.00	0.00
250+100.000	413.78	7,344.61	0.00	0.00
250+120.000	489.37	9,031.50	0.00	0.00
250+140.000	570.85	10,602.16	0.00	0.00
250+160.000	674.50	12,453.41	0.00	0.00
250+180.000	762.51	14,370.02	0.00	0.00
250+200.000	862.35	16,248.60	0.00	0.00
250+220.000	1,247.31	21,096.67	0.00	0.00
250+240.000	2,175.80	34,231.17	0.00	0.00
250+260.000	1,892.30	40,680.98	0.00	0.00
250+280.000	1,707.01	35,993.08	0.00	0.00
250+300.000	1,648.57	33,555.78	0.00	0.00
250+320.000	1,679.74	33,283.05	0.00	0.00
250+340.000	1,747.61	34,273.48	0.00	0.00
250+360.000	1,828.09	35,756.95	0.00	0.00
250+380.000	1,692.46	35,205.47	0.00	0.00
250+400.000	1,609.67	33,021.35	0.00	0.00
250+420.000	1,635.95	32,456.21	0.00	0.00
250+440.000	1,745.83	33,817.77	0.00	0.00
250+460.000	1,882.58	36,284.07	0.00	0.00
250+480.000	1,952.26	38,348.37	0.00	0.00
250+500.000	1,767.02	37,192.81	0.00	0.00
250+520.000	1,043.52	28,105.37	0.00	0.00
250+540.000	957.18	20,006.95	0.00	0.00
250+560.000	1,438.44	23,956.19	0.00	0.00
250+580.000	1,812.63	32,510.74	0.00	0.00
250+600.000	2,016.53	38,291.65	0.00	0.00

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
250+620.000	1,950.44	39,669.70	0.00	0.00
250+640.000	1,652.09	36,025.25	0.00	0.00
250+660.000	1,289.08	29,411.63	0.00	0.00
250+680.000	968.62	22,576.91	0.00	0.00
250+700.000	701.91	16,705.23	0.00	0.00
250+720.000	475.11	11,770.17	0.00	0.00
250+740.000	480.25	9,553.57	0.00	0.00
250+760.000	372.02	8,522.72	0.00	0.00
250+780.000	278.51	6,505.33	0.00	0.00
250+800.000	199.57	4,780.74	0.00	0.00
250+820.000	112.82	3,123.85	0.00	0.00
250+840.000	29.64	1,424.59	0.00	0.00
250+860.000	3.74	333.81	3.03	30.26
250+880.000	0.00	37.43	28.09	311.11
250+900.000	0.00	0.00	10.25	383.31
250+920.000	0.00	0.00	25.58	358.25
250+940.000	0.00	0.00	21.60	471.78
250+960.000	0.00	0.00	32.35	539.47
250+980.000	0.00	0.00	56.12	884.69
251+000.000	0.00	0.00	94.03	1,501.50
251+020.000	0.00	0.00	111.27	2,053.00
251+040.000	0.00	0.00	147.67	2,589.44
251+060.000	0.00	0.00	203.62	3,512.90
251+080.000	0.00	0.00	255.66	4,592.76
251+100.000	0.00	0.00	42.62	2,982.84
251+120.000	0.00	0.00	50.96	935.80
251+140.000	0.00	0.00	48.78	997.40
251+160.000	0.00	0.00	48.87	976.58
251+180.000	0.00	0.00	44.42	932.98
251+200.000	0.00	0.00	503.26	5,476.82
251+220.000	0.00	0.00	500.82	10,040.73

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon Değerleri				
İstasyon	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
251+240.000	0.00	0.00	506.73	10,075.41
251+260.000	0.00	0.00	488.39	9,951.10
251+280.000	0.00	0.00	450.09	9,384.77
251+300.000	0.00	0.00	448.60	8,986.87
251+320.000	0.00	0.00	448.23	8,968.26
251+340.000	0.00	0.00	448.37	8,966.04
251+360.000	0.00	0.00	440.80	8,891.70
251+380.000	0.00	0.00	418.57	8,593.62
251+400.000	0.00	0.00	380.24	7,988.07
251+420.000	0.00	0.00	336.29	7,165.32
251+440.000	0.00	0.00	283.39	6,196.78
251+460.000	0.00	0.00	185.18	4,685.65
251+480.000	0.00	0.00	106.33	2,915.12
251+500.000	0.00	0.00	67.80	1,741.31
251+520.000	0.00	0.00	36.49	1,042.83
251+540.000	0.00	0.00	15.66	521.51
251+560.000	0.00	0.00	9.60	252.67
251+580.000	1.65	16.54	0.32	99.24
251+600.000	7.49	91.44	0.00	3.21
251+620.000	17.87	253.54	0.00	0.00
251+640.000	18.43	362.90	0.00	0.00
251+660.000	8.83	272.52	0.00	0.00
251+680.000	0.88	97.09	2.45	24.53
251+700.000	0.00	8.82	6.36	88.08
251+720.000	3.15	31.53	0.42	67.78
251+740.000	13.43	165.82	0.00	4.24
251+760.000	19.63	330.60	0.00	0.00
251+780.000	13.88	335.12	0.00	0.00
251+800.000	1.91	157.93	1.79	17.94
251+820.000	3.67	55.78	1.00	27.91
251+840.000	0.97	46.38	4.80	57.94

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
251+860.000	0.00	9.72	7.42	122.15
251+880.000	0.00	0.00	4.96	123.76
251+900.000	18.16	181.56	0.00	49.57
251+920.000	31.06	492.17	0.00	0.00
251+940.000	17.96	490.18	0.00	0.00
251+960.000	6.06	240.14	0.00	0.00
251+980.000	0.00	60.57	4.18	41.79
252+000.000	0.00	0.00	9.13	133.08
252+020.000	20.75	207.52	0.00	91.29
252+040.000	48.24	689.91	0.00	0.00
252+060.000	57.52	1,057.58	0.00	0.00
252+080.000	71.91	1,294.31	0.00	0.00
252+100.000	74.41	1,463.26	0.00	0.00
252+120.000	87.43	1,618.48	0.00	0.00
252+140.000	110.44	1,978.75	0.00	0.00
252+160.000	141.66	2,520.98	0.00	0.00
252+180.000	146.00	2,876.55	0.00	0.00
252+200.000	123.58	2,695.81	0.00	0.00
252+220.000	106.08	2,296.58	0.00	0.00
252+240.000	100.41	2,064.89	0.00	0.00
252+260.000	101.05	2,014.61	0.00	0.00
252+280.000	104.91	2,059.61	0.00	0.00
252+300.000	119.76	2,246.73	0.00	0.00
252+320.000	136.27	2,560.31	0.00	0.00
252+340.000	155.37	2,916.41	0.00	0.00
252+360.000	179.35	3,347.24	0.00	0.00
252+380.000	214.96	3,943.12	0.00	0.00
252+400.000	189.59	4,045.51	0.00	0.00
252+420.000	147.92	3,375.17	0.00	0.00
252+440.000	88.42	2,363.39	0.00	0.00
252+460.000	51.46	1,398.77	0.00	0.00

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon Değerleri				
İstasyon	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
252+480.000	15.95	674.06	0.00	0.00
252+500.000	7.63	235.70	0.42	4.18
252+520.000	6.79	144.12	0.93	13.47
252+540.000	2.05	88.34	4.41	53.40
252+560.000	2.12	41.66	7.42	118.33
252+580.000	3.20	53.18	6.09	135.15
252+600.000	2.59	57.90	3.51	96.06
252+620.000	5.37	79.57	0.21	37.24
252+640.000	15.70	210.64	0.00	2.12
252+660.000	26.42	421.17	0.00	0.00
252+680.000	64.18	906.02	0.00	0.00
252+700.000	85.72	1,499.04	0.00	0.00
252+720.000	113.50	1,992.23	0.00	0.00
252+740.000	152.39	2,658.87	0.00	0.00
252+760.000	173.18	3,255.67	0.00	0.00
252+780.000	135.33	3,085.13	0.00	0.00
252+800.000	124.22	2,595.52	0.00	0.00
252+820.000	106.41	2,306.28	0.00	0.00
252+840.000	101.91	2,083.19	0.00	0.00
252+860.000	108.11	2,100.24	0.00	0.00
252+880.000	89.04	1,971.51	0.00	0.00
252+900.000	73.80	1,628.41	0.00	0.00
252+920.000	54.31	1,281.16	0.00	0.00
252+940.000	43.25	975.65	0.00	0.00
252+960.000	35.41	786.65	0.00	0.00
252+980.000	46.89	823.01	0.00	0.00
253+000.000	69.05	1,159.42	0.00	0.00
253+020.000	59.18	1,282.29	0.00	0.00
253+040.000	32.27	914.48	0.00	0.00
253+060.000	11.25	435.27	0.00	0.01
253+080.000	0.00	112.54	89.08	890.81

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
253+100.000	0.00	0.00	152.66	2,417.34
253+120.000	0.00	0.00	175.04	3,276.89
253+140.000	0.00	0.00	215.30	3,903.32
253+160.000	0.00	0.00	208.29	4,235.82
253+180.000	0.00	0.00	44.61	2,528.93
253+200.000	14.52	145.23	12.35	569.58
253+220.000	20.42	349.45	0.00	123.51
253+240.000	62.10	825.23	0.00	0.00
253+260.000	37.38	994.81	0.00	0.00
253+280.000	0.00	373.81	304.28	3,042.82
253+300.000	0.00	0.00	15.16	3,194.41
253+320.000	267.56	2,675.61	0.00	151.59
253+340.000	272.83	5,403.86	0.00	0.00
253+360.000	237.06	5,098.82	0.00	0.00
253+380.000	134.14	3,712.01	0.00	0.00
253+400.000	49.72	1,838.66	0.00	0.00
253+420.000	30.88	806.00	0.00	0.00
253+440.000	24.32	551.96	0.82	8.23
253+460.000	10.01	343.27	11.55	123.75
253+480.000	0.00	100.08	20.44	319.91
253+500.000	0.00	0.00	30.48	509.21
253+520.000	0.00	0.00	46.52	770.03
253+540.000	0.00	0.00	48.29	948.14
253+560.000	0.00	0.00	30.88	791.73
253+580.000	0.00	0.00	11.39	422.72
253+600.000	32.36	323.63	0.72	121.10
253+620.000	41.28	736.38	0.51	12.29
253+640.000	2.19	434.63	111.87	1,123.83
253+660.000	0.00	21.87	394.38	5,062.55
253+680.000	0.00	0.00	570.02	9,644.00
253+700.000	0.00	0.00	444.16	10,141.72

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
253+720.000	0.00	0.00	86.55	5,307.07
253+740.000	56.01	560.08	0.00	865.52
253+760.000	99.87	1,558.76	0.00	0.00
253+780.000	105.00	2,048.71	0.00	0.00
253+800.000	97.10	2,021.06	0.00	0.00
253+820.000	88.41	1,855.12	0.00	0.00
253+840.000	89.08	1,774.93	0.00	0.00
253+860.000	90.21	1,792.91	0.00	0.00
253+880.000	95.30	1,855.12	0.00	0.00
253+900.000	109.88	2,051.80	0.00	0.00
253+920.000	146.96	2,568.33	0.00	0.00
253+940.000	186.11	3,330.66	0.00	0.00
253+960.000	220.03	4,061.43	0.00	0.00
253+980.000	232.26	4,522.94	0.00	0.00
254+000.000	213.56	4,458.17	0.00	0.00
254+020.000	137.34	3,509.01	0.00	0.00
254+040.000	0.00	1,373.44	70.95	709.52
254+060.000	0.00	0.00	9.01	799.56
254+080.000	168.76	1,687.61	0.00	90.05
254+100.000	198.63	3,673.89	0.00	0.00
254+120.000	180.34	3,789.64	0.00	0.00
254+140.000	158.07	3,384.02	0.00	0.00
254+160.000	125.21	2,832.79	0.00	0.00
254+180.000	99.73	2,249.40	0.00	0.00
254+200.000	75.21	1,749.32	0.00	0.00
254+220.000	79.28	1,544.86	0.00	0.00
254+240.000	120.73	2,000.12	0.00	0.00
254+260.000	182.66	3,033.97	0.00	0.00
254+280.000	217.64	4,003.05	0.00	0.00
254+300.000	220.72	4,383.64	0.00	0.00
254+320.000	181.78	4,025.02	0.00	0.00

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon	Kazı (m ²)	İstasyon Değerleri		
		Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
254+340.000	96.97	2,787.43	0.00	0.00
254+360.000	34.39	1,313.51	0.00	0.00
254+380.000	0.00	343.86	16.71	167.13
254+400.000	0.00	0.00	55.38	720.88
254+420.000	0.00	0.00	117.44	1,728.13
254+440.000	0.00	0.00	46.87	1,643.06
254+460.000	0.00	0.00	21.47	683.33
254+480.000	3.29	32.86	0.00	214.65
254+500.000	31.31	345.92	0.00	0.00
254+520.000	73.82	1,051.23	0.00	0.00
254+540.000	135.73	2,095.45	0.00	0.00
254+560.000	231.24	3,669.68	0.00	0.00
254+580.000	364.09	5,953.33	0.00	0.00
254+600.000	480.06	8,441.50	0.00	0.00
254+620.000	599.52	10,795.77	0.00	0.00
254+640.000	731.70	13,312.18	0.00	0.00
254+660.000	701.10	14,328.01	0.00	0.00
254+680.000	508.12	12,092.20	0.00	0.00
254+700.000	201.09	7,092.01	0.00	0.00
254+720.000	6.77	2,078.52	0.00	0.00
254+740.000	0.00	67.67	41.68	416.76
254+760.000	0.00	0.00	88.40	1,300.79
254+780.000	0.00	0.00	100.19	1,885.88
254+800.000	0.00	0.00	100.94	2,011.22
254+820.000	0.00	0.00	99.06	2,000.01
254+840.000	0.00	0.00	98.03	1,970.91
254+860.000	0.00	0.00	94.13	1,921.60
254+880.000	0.00	0.00	93.36	1,874.96
254+900.000	0.00	0.00	93.01	1,863.70
254+920.000	0.00	0.00	91.34	1,843.46
254+940.000	0.00	0.00	88.96	1,802.97

Çizelge B.1 (devam) : Proje verileri ile hesaplanan kübaj raporu.

İstasyon Değerleri				
İstasyon	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
254+960.000	0.00	0.00	86.64	1,756.01
254+980.000	0.00	0.00	83.46	1,701.00
255+000.000	0.00	0.00	77.22	1,606.75
Grand Total:		1,217,286.52		238,530.24

EK C**Çizelge C.1 : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.**

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
250+000.000	16.25	0.00	0.00	0.00
250+020.000	186.35	2,025.90	0.00	0.00
250+040.000	213.82	4,001.61	0.00	0.00
250+060.000	263.99	4,778.01	0.00	0.00
250+080.000	338.45	6,024.40	0.00	0.00
250+100.000	443.01	7,814.68	0.00	0.00
250+120.000	418.07	8,610.78	0.00	0.00
250+140.000	364.96	7,830.23	0.76	7.60
250+160.000	357.96	7,229.14	0.00	7.60
250+180.000	322.16	6,801.15	0.00	0.00
250+200.000	314.17	6,363.25	0.00	0.00
250+220.000	298.48	6,126.44	0.00	0.00
250+240.000	357.42	6,559.02	1.58	15.83
250+260.000	286.95	6,443.73	0.00	15.83
250+280.000	269.09	5,560.39	0.00	0.00
250+300.000	258.76	5,278.47	0.00	0.00
250+308.619	264.99	2,257.08	0.00	0.00
250+320.000	264.84	3,015.04	0.48	2.71
250+340.000	262.54	5,273.86	0.00	4.76
250+360.000	240.21	5,027.52	0.00	0.00
250+380.000	217.70	4,579.09	0.00	0.00
250+400.000	199.15	4,168.49	0.00	0.00
250+420.000	193.25	3,924.02	0.00	0.00
250+433.619	208.66	2,736.81	0.82	5.57
250+440.000	195.70	1,290.10	0.00	2.61
250+460.000	181.92	3,776.12	0.00	0.00
250+480.000	181.20	3,631.17	0.00	0.00
250+500.000	150.28	3,314.76	0.00	0.00
250+504.438	139.37	642.70	0.00	0.00
250+520.000	115.13	1,980.31	0.00	0.00
250+531.000	97.91	1,171.69	0.00	0.00

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
250+540.000	78.41	793.42	0.00	0.00
250+560.000	60.72	1,391.33	0.00	0.00
250+580.000	54.88	1,156.02	0.00	0.00
250+600.000	46.16	1,010.39	0.00	0.00
250+620.000	41.42	875.77	0.00	0.00
250+629.438	39.76	383.08	0.00	0.00
250+640.000	40.06	421.55	0.00	0.00
250+660.000	45.51	855.66	0.00	0.00
250+680.000	43.32	888.27	0.00	0.00
250+700.000	53.47	967.86	0.00	0.00
250+720.000	73.84	1,273.06	0.00	0.00
250+740.000	77.91	1,517.51	0.00	0.00
250+760.000	64.63	1,425.36	0.00	0.00
250+780.000	64.38	1,290.06	0.00	0.00
250+800.000	50.21	1,145.87	0.00	0.00
250+820.000	41.11	913.19	0.00	0.00
250+840.000	21.67	627.84	0.00	0.00
250+860.000	2.23	238.99	0.37	3.71
250+875.504	0.00	17.26	33.52	262.71
250+877.629	0.00	0.00	33.55	71.29
250+880.000	0.00	0.00	24.65	68.98
250+900.000	3.12	31.21	0.00	246.46
250+920.000	0.00	31.21	1.84	18.44
250+940.000	0.00	0.00	1.81	36.55
250+960.000	0.83	8.28	1.10	29.07
250+980.000	1.56	23.83	1.46	25.58
251+000.000	1.31	28.60	2.28	37.37
251+002.629	1.08	3.13	2.23	5.93
251+020.000	0.00	9.35	3.33	48.35
251+040.000	0.00	0.00	3.75	70.87
251+060.000	0.00	0.00	5.20	89.50

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
251+080.000	0.00	0.00	20.76	259.59
251+091.277	0.00	0.00	28.24	276.29
251+100.000	0.00	0.00	38.59	0.00
251+120.000	0.00	0.00	48.19	0.00
251+140.000	0.00	0.00	49.57	0.00
251+160.000	0.00	0.00	45.65	0.00
251+180.000	0.00	0.00	30.70	0.00
251+183.077	0.00	0.00	26.32	0.00
251+200.000	0.00	0.00	18.24	377.05
251+218.424	0.00	0.00	13.86	295.65
251+220.000	0.00	0.00	12.56	20.82
251+240.000	0.00	0.00	4.79	173.52
251+260.000	0.00	0.00	3.60	83.85
251+280.000	0.00	0.00	5.53	91.25
251+300.000	0.00	0.00	7.32	128.48
251+320.000	0.00	0.00	7.61	149.23
251+340.000	0.00	0.00	6.82	144.26
251+343.424	0.00	0.00	6.82	23.36
251+360.000	0.00	0.00	8.63	128.07
251+380.000	0.00	0.00	5.46	140.88
251+400.000	0.00	0.00	3.49	89.45
251+420.000	0.03	0.33	0.94	44.22
251+440.000	1.33	13.61	0.07	10.02
251+460.000	0.00	13.28	2.03	20.98
251+480.000	0.00	0.00	2.31	43.41
251+487.792	0.00	0.00	2.30	17.93
251+500.000	0.00	0.00	1.99	26.15
251+520.000	0.00	0.00	2.83	48.23
251+540.000	0.00	0.00	3.04	58.72
251+560.000	0.00	0.00	1.94	49.75
251+580.000	0.91	9.09	0.49	24.29

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
251+600.000	1.03	19.41	0.42	9.12
251+612.792	1.32	15.05	0.17	3.78
251+620.000	2.64	14.29	0.02	0.70
251+640.000	7.04	96.80	0.00	0.24
251+660.000	6.09	131.20	0.00	0.00
251+680.000	1.44	75.29	0.14	1.44
251+680.349	1.40	0.50	0.17	0.06
251+700.000	3.04	43.62	0.00	1.68
251+720.000	3.15	61.98	0.01	0.06
251+740.000	3.37	65.23	0.26	2.70
251+760.000	4.25	76.14	0.04	3.07
251+780.000	5.44	96.82	0.01	0.51
251+800.000	2.53	79.69	0.14	1.45
251+820.000	4.03	65.62	0.00	1.40
251+840.000	2.99	70.23	0.00	0.06
251+860.000	3.42	64.18	0.00	0.08
251+880.000	3.61	70.33	0.00	0.04
251+887.778	2.50	23.77	0.19	0.72
251+900.000	2.50	30.56	0.02	1.28
251+920.000	2.80	53.02	0.02	0.46
251+940.000	2.78	55.82	0.09	1.07
251+960.000	2.81	55.85	0.00	0.85
251+980.000	1.68	44.89	0.21	2.08
252+000.000	1.58	32.65	0.00	2.08
252+020.000	5.11	66.94	0.00	0.00
252+040.000	4.57	96.81	0.00	0.00
252+060.000	10.05	146.14	0.00	0.00
252+080.000	9.97	200.15	0.00	0.00
252+100.000	7.85	178.24	0.00	0.00
252+120.000	5.83	136.85	0.00	0.00
252+140.000	3.75	95.76	0.01	0.11

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
252+160.000	3.56	73.01	0.00	0.11
252+180.000	4.05	76.05	0.00	0.00
252+200.000	4.31	83.57	0.00	0.00
252+220.000	6.73	110.39	0.00	0.00
252+240.000	6.02	127.47	0.00	0.00
252+260.000	5.55	115.68	0.00	0.00
252+280.000	5.80	113.54	0.00	0.00
252+300.000	6.92	127.18	0.00	0.00
252+320.000	5.77	126.87	0.00	0.00
252+340.000	5.95	117.20	0.00	0.00
252+360.000	3.23	91.78	0.00	0.00
252+380.000	4.54	77.64	0.00	0.02
252+400.000	4.02	85.59	0.00	0.02
252+420.000	3.94	79.63	0.00	0.00
252+440.000	3.18	71.23	0.00	0.04
252+460.000	1.84	50.22	0.12	1.22
252+480.000	1.53	33.71	0.01	1.23
252+488.103	0.37	7.69	0.09	0.38
252+496.507	1.01	5.80	0.00	0.37
252+500.000	0.32	2.34	0.27	0.47
252+518.103	0.57	8.07	0.17	3.98
252+520.000	1.07	1.56	0.12	0.28
252+540.000	1.45	25.27	0.04	1.61
252+560.000	0.57	20.21	0.09	1.26
252+580.000	1.25	18.12	0.04	1.27
252+600.000	1.89	31.35	0.00	0.40
252+620.000	2.08	39.66	0.00	0.00
252+640.000	3.43	55.04	0.00	0.00
252+660.000	3.29	67.18	0.00	0.00
252+680.000	1.86	51.53	0.01	0.10
252+700.000	6.32	81.82	0.01	0.24

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
252+720.000	4.83	111.50	0.00	0.14
252+740.000	5.11	99.41	0.00	0.00
252+760.000	4.24	93.49	0.00	0.00
252+780.000	3.00	72.38	0.00	0.00
252+799.387	2.78	56.00	0.01	0.09
252+800.000	2.89	1.74	0.00	0.00
252+820.000	2.57	54.54	0.14	1.41
252+829.387	2.08	21.81	0.03	0.80
252+840.000	1.20	17.38	0.04	0.35
252+860.000	1.74	29.35	0.03	0.72
252+880.000	2.63	43.68	0.04	0.75
252+900.000	1.71	43.42	0.00	0.43
252+920.000	1.91	36.22	0.00	0.02
252+940.000	1.34	32.45	0.04	0.37
252+960.000	1.30	26.32	0.04	0.74
252+980.000	0.97	22.64	0.30	3.31
253+000.000	1.12	20.85	0.10	3.91
253+020.000	1.49	26.03	0.22	3.16
253+040.000	1.86	33.42	0.04	2.63
253+060.000	20.90	227.60	0.00	0.43
253+080.000	2.88	237.81	0.03	0.34
253+100.000	0.65	35.24	0.03	0.63
253+120.000	2.43	30.76	0.00	0.29
253+140.000	10.02	124.46	0.00	0.00
253+154.000	2.19	85.45	0.00	0.00
253+160.000	1.93	12.37	0.00	0.00
253+180.000	3.31	52.39	0.00	0.00
253+200.000	3.88	71.88	0.00	0.00
253+220.000	3.94	78.20	0.00	0.00
253+240.000	3.20	71.37	0.01	0.05
253+260.000	2.14	53.41	0.12	1.25

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
253+280.000	1.10	32.39	0.00	1.20
253+283.000	0.80	2.85	0.03	0.04
253+300.000	10.68	97.64	0.15	1.46
253+320.000	2.21	128.88	0.16	3.04
253+340.000	2.31	45.17	0.02	1.82
253+360.000	2.36	46.67	0.00	0.23
253+380.000	3.24	55.93	0.06	0.55
253+400.000	3.34	65.76	0.01	0.61
253+420.000	3.05	63.90	0.00	0.06
253+440.000	2.79	58.44	0.02	0.20
253+460.000	1.80	45.91	0.03	0.53
253+480.000	1.39	31.87	0.02	0.51
253+500.000	1.93	33.23	0.03	0.51
253+512.764	1.34	20.86	0.02	0.35
253+520.000	0.76	7.58	0.03	0.17
253+540.000	0.68	14.42	0.06	0.85
253+560.000	0.49	11.77	0.10	1.64
253+580.000	0.79	12.79	0.00	1.07
253+600.000	1.52	23.01	0.17	1.75
253+620.000	2.19	37.02	0.00	1.72
253+640.000	1.44	36.30	0.20	1.95
253+648.945	0.79	9.99	0.03	0.98
253+660.000	0.40	6.57	0.08	0.57
253+680.000	0.72	11.24	0.28	3.62
253+690.350	1.74	12.76	0.47	3.89
253+700.000	0.44	10.52	0.09	2.71
253+720.000	0.82	12.55	0.01	0.98
253+740.000	1.38	21.99	0.00	0.09
253+760.000	2.02	33.99	0.02	0.24
253+773.945	1.68	25.80	0.18	1.40
253+780.000	1.75	10.39	0.11	0.88

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
253+800.000	1.64	33.87	0.03	1.46
253+820.000	1.92	35.55	0.15	1.82
253+840.000	3.14	50.57	0.01	1.53
253+860.000	2.95	60.86	0.05	0.58
253+880.000	3.08	60.24	0.00	0.53
253+900.000	3.20	62.78	0.01	0.07
253+920.000	3.11	63.11	0.03	0.35
253+940.000	3.17	62.85	0.03	0.56
253+960.000	2.58	57.57	0.16	1.83
253+980.000	2.94	55.21	0.04	1.98
254+000.000	3.07	60.08	0.03	0.72
254+020.000	2.22	52.86	0.10	1.26
254+034.348	2.82	36.09	0.00	0.71
254+040.000	7.64	29.54	0.00	0.00
254+060.000	1.90	95.34	0.02	0.16
254+080.000	1.54	34.31	0.02	0.34
254+100.000	1.78	33.14	0.19	2.08
254+120.000	0.70	24.75	5.22	54.12
254+140.000	0.02	7.13	0.72	59.39
254+160.000	0.00	0.16	1.00	17.13
254+180.000	0.00	0.00	1.36	23.53
254+200.000	0.00	0.00	0.48	18.40
254+220.000	0.00	0.03	1.11	15.95
254+240.000	0.00	0.03	1.21	23.24
254+260.000	0.00	0.00	1.22	24.31
254+280.000	0.00	0.00	1.19	24.11
254+300.000	1.13	11.32	0.40	15.92
254+320.000	0.07	12.00	0.39	7.96
254+340.000	0.77	8.33	0.42	8.18
254+360.000	2.29	30.55	0.09	5.10
254+380.000	1.61	38.98	0.01	0.99

Çizelge C.1 (devam) : Fotogrametrik değerlendirme sonucunda oluşan kübaj raporu.

İstasyon	İstasyon Değerleri			
	Kazı (m ²)	Kazı (m ³)	Dolgu (m ²)	Dolgu (m ³)
254+400.000	1.20	28.10	0.00	0.13
254+415.682	2.21	26.75	0.15	1.17
254+420.000	0.69	6.26	0.05	0.44
254+440.000	1.22	19.06	0.00	0.53
254+460.000	0.57	17.89	0.34	3.41
254+480.000	0.17	7.39	0.55	8.93
254+500.000	2.35	25.19	0.00	5.56
254+520.000	2.75	50.94	0.00	0.07
254+540.000	2.77	55.19	0.05	0.50
254+560.000	1.23	40.00	1.12	11.66
254+580.000	2.59	38.17	0.15	12.65
254+580.967	2.95	2.68	0.15	0.14
254+600.000	5.02	75.91	0.06	2.03
Grand Total:		164,203.07		4,269.71

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad : Emir Yiğit Gençerk
Doğum Tarihi ve Yeri : 08.07.1989 Bakırköy/İstanbul
E-posta : emiryiguu@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : Devam Etmekte, İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, Geomatik Mühendisliği Programı

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2009 – 2013 İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölüm 3.sü
- 2014 yılından itibaren Yapı Merkezi İnşaat'ta Güzergah Tasarım Mühendisi