T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İHA İLE ÜRETİLEN ORTOFOTO HARİTALARDA KAMERA KALİBRASYONUNUN NOKTA KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

MURAT CAN YETGİNER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

GEBZE
2019

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İHA İLE ÜRETİLEN ORTOFOTO HARİTALARDA KAMERA KALİBRASYONUNUN NOKTA KONUM DOĞRULUĞUNA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

MURAT CAN YETGİNER
YÜKSEK LİSANS TEZİ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
JEODEZİ VE COĞRAFİ BİLGİ TEKNOLOJİLERİ PROGRAMI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. CUMHUR ŞAHİN

GEBZE
2019

T.C.

GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

RESEARCH OF THE EFFECT OF CAMERA CALIBRATION ON POINT LOCATION PRECISSION ACCORDING TO ORTOPHOTO MAPS PRODUCED WITH UAV

MURAT CAN YETGİNER

A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING

DEPARTMENT OF GEOMATICS ENGINEERING

GEODESY AND GEOGRAPHICAL INFORMATION TECHNOLOGIES PROGRAM

THESIS SUPERVISOR

ASSOC. PROF. DR. CUMHUR SAHIN

GEBZE

2019

GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ	**YÜKSEK LİSANS JÜRİ ONAY FORMU**

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 19/06/2019 tarih ve 2019/27 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 8/10/2019 tarihinde tez savunma sınavı yapılan Murat Can YETGİNER'in tez çalışması Harita Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE (TEZ DANIŞMANI)	: Doç. Dr. Cumhur ŞAHİN
ÜYE	: Doç. Dr. Bahadır ERGÜN
ÜYE	: Doç. Dr. Himmet KARAMAN

ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun

...../...../..... tarih ve ...../..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

Prof. Dr. Arif Çağdaş AYDINOĞLU

Gebze Teknik Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖZET

İnsansız Hava Araçları (İHA) lar üzerinde pilot olmaksızın, otonom ya da uzaktan kumanda ile kontrol edilen hava araçlarıdır. Klasik hava fotogrametrisine göre hem elde edinme maliyeti, hem uçuş, hem de fotogrametrik donanımları taşıyıcı algılayıcıların iniş ve kalkışı için gerekli olan altyapı düşünüldüğünde çok daha düşük maliyetlidirler ve daha sık peryotlarla uçuş yapılmasını olanaklı kılarlar. İHA'lar metrik olmayan fotogrametrik donanımları taşıyabilen hava platformlarıdır. İHA'lar kısa zamanda daha düşük maliyetle veri elde edilmesi nedeniyle günümüzde pek çok mühendislik projesinde ve haritacılık uygulamalarında da yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında; DJI Phantom 4 donanımında mevcut olan kameraya ait iki farklı kalibrasyon değerlerinin üç farklı uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofoto haritalara doğruluğunun etkisi araştırılmıştır. Gebze Teknik Üniversitesi kampüsü içerisindeki bir alan çalışma alanı olarak seçilmiştir. PI 3000 yazılımı ile kamera kalibrasyonu yapılarak elde edilen hesaplanan parametreler ile normal parametreler arasındaki konum farklılıkları ortaya çıkartılmış olup, ayrıca parametrelerin konum doğruluğuna etkisi araştırılmıştır. Tezin uygulama kısmı arazi ve büro çalışması şeklinde iki kısımdan oluşmaktadır. Arazi çalışmasında georeferanslandırma ve üretilen ortofotoların doğruluklarının analizi için gerekli olan noktaların GPS ile ölçümü ve İHA'lar ile 3 ayrı yükseklikten çalışma alanının fotoğraflanması kısmıdır. Büro çalışması ise ortofotoların üretilip, georeferanslandırılması ve analizlerin yapıldığı kısımdır.

Anahtar Kelimeler: İHA, Fotogrametri, Ortofoto, Hesaplanan Parametre.

SUMMARY

Unmanned aerial vehicles (UAVs) are autonomous or remote control controlled air vehicles without a pilot. Compared to conventional aerial photogrammetry, both the cost of acquisition, the flight and the photogrammetric equipment are much less costly considering the infrastructure required for the landing and take-off of the carrier sensors, and they enable more frequent flights. UAVs are aerial platforms capable of carrying non-metric photogrammetric equipment. UAVs are being used extensively in many engineering projects and cartography applications due to low cost data acquisition in a short time. In this thesis; The effect of two different calibration values of the camera available on the DJI Phantom 4 equipment to the orthophoto maps obtained from three different flight heights was investigated. An area within the campus of Gebze Technical University was chosen as a study area. PI 3000 software was used to calibrate the camera and the differences between the calculated parameters and the normal parameters were determined. Also, the effect of the parameters on position accuracy was investigated.
The application part of the thesis consists of two parts; land and office work. Georeferencing and field measurements of the orthophotos produced by the GPS and measurement of the work area from 3 different heights with UAVs. Office work is the part where orthophotos are produced, georeferenced and analyzed.

Key Words: UAV, Photogrammetry, Orthophoto, Calculated Parameter.

TEŞEKKÜR

Bu tezi yazmama vesile olan ve yazım sürecinde her türlü desteği sağlayan çok değerli hocam Doç. Dr. Cumhur ŞAHİN'e, kapısını her çaldığımızda bize yön veren fikirleri ile çözüm yollarına sevk eden hocam kıymetli insan Doç. Dr. Bahadır ERGUN'a, Gebze Teknik Üniversitesi çalışanları ve hocalarına proje aşamasında bizlere gösterdikleri ilgi alaka ve yardımlarından ötürü teşekkürü bir borç bilirim.

Uygulama esnasında her türlü imkân, kabiliyet ve personelini kullandığım, hatta arazi uygulamalarında birebir çalıştığım aynı zamanda yöneticisi olduğum Yetginer Harita Teknoloji Şirketi çalışanlarına ve özellikle Yaşar YILDIZ'a teşekkürlerimi iletmek isterim.

Uzun soluklu ve yorucu tez sürecinde bana desteklerini esirgemeyen kıymetli eşim, hayat arkadaşım Gülhis YETGİNER' e, bitmek bilmeyen destekleri ile çok muhterem aile büyüklerime, kardeşlerime bu süreçteki sabırlı ve destekleyici tavırlarından ötürü minnettar olduğumu bir kez daha belirtmek isterim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
TABLOLAR DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
2. SAYISAL FOTOGRAMETRİ	4
2.1. Sayısal Fotogrametrinin Temel Kavramları	4
2.2. Görüntü Eşleme	5
2.3. Epipolar Geometri	5
2.4. Fotogrametrinin Geometrik ve Matematik Modeli	6
2.5. Kalibrasyon	9
2.6. Distorsiyon	9
3. İHA FOTOGRAMETRİSİ	12
3.1. İHA Nedir ?	12
3.2. İHA'ların Kullanım Alanları	12
3.3. Sağladığı Avantaj ve Dezavantajlar	13
3.4. Sınıflandırılması	14
3.5. Kullanım Yapısı	14
3.6. İHA ile Ortofoto Üretimi	17
4. UYGULAMA	18
4.1. Çalışma Alanı	20
4.2. Kullanılan Donanım ve Yazılımlar	20
4.2.1. Kullanılan Donanım Özellikleri	20
4.2.2. Kullanılan Yazılım Özellikleri	22
4.3. Arazi Çalışması	25
4.4. Fotoğraf Çekme Aşaması	27

4.5. Ofis Çalışmaları 30
4.5.1. Kalibrasyon Çalışması 30
4.5.2. Ortofoto Üretim Aşamaları 31
4.5.3. Geo-referanslandırma İşlemi 37
4.6. Değerlendirme ve Analiz 38
5. SONUÇ VE ÖNERİLER 56

KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 62
EKLER 63

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Kısaltmalar		**Açıklamalar**
AKK	:	Açık Kaynak Kodlu
cm	:	Santimetre
GCP	:	Ground Control Point
GNSS	:	Global Navigation Satallitte System
İHA	:	İnsansız Hava Aracı
Km	:	Kilometre
m	:	Metre
PPK	:	Post Process Kinematic
SAM	:	Sayısal Arazi Modeli
SYM	:	Sayısal Yüzey Modeli
UAV	:	Unmanned Aerial Vehicle
YKİ	:	Yer Kontrol İstasyonu
YKN	:	Yer Kontrol Noktası
YÖA	:	Yer Örnekleme Aralığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No:		Sayfa
2.1:	Epipolar sınırlama.	6
2.2:	Görüntü ve nesne koordinatları arasındaki ilişki.	7
2.3:	Kamera distorsiyonu.	9
2.4:	Radyal distorsiyonlar.	10
2.5:	Mercek elemanlarının ideal (sol) ve aynı doğrultuda olmaması (sağ) durum	11
3.1:	Dahili ekranı olan el kontrol ünitesi.	15
3.2:	Harici ekranı olan el kontrol ünitesi.	15
3.3:	İnsansız hava aracı.	16
3.4:	Çok pervaneli drone.	16
4.1:	Çalışma işlem adımları.	19
4.2:	Çalışma alanı.	20
4.3:	Djı phantom 4.	21
4.4:	Leica gs15 alıcı anten.	22
4.5:	Pix4d capture.	23
4.6:	Agisoft photoscan.	24
4.7:	Yer kontrol noktası seçimi 1.	26
4.8:	Yer kontrol noktası ölçümü.	27
4.9:	Uçuş aşaması.	28
4.10:	Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.	28
4.11:	Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.	29
4.12:	Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.	29
4.13:	Kalibrasyon sayfası ve fotoğraf çekim araçları.	30
4.14:	PI3000 yazılımında dji phantom 4 kamerası kalibrasyonu.	31
4.15:	Resim ekleme.	32
4.16:	Resim hizalama (align photos).	32
4.17:	Koordinat dönüşümü.	33
4.18:	Yer kontrol noktası ekleme.	33
4.19:	Sonuç ürün oluşturma.	34
4.20:	İşlem süreci.	34

4.21: Orthomosaic işlem adımları. 35
4.22: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 60 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar. 35
4.23: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 120 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar. 36
4.24: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 180 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar. 36
4.25: Agisoft photoscan ortofoto ekran görüntüsü. 37
4.26: Ortofoto ekran görüntüsü. 38
4.27: 60 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörleri. 40
4.28: 60 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörler. 40
4.29: 60 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 41
4.30: 60 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 42
4.31: 120 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörleri. 44
4.32: 120 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörleri. 44
4.33: 120 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 45
4.34: 120 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 46
4.35: 180 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörler. 48
4.36: 180 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (gps) arası nokta konum vektörleri. 48
4.37: 180 Metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 49
4.38: 180 Metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata. 50
4.39: Standart sapma - yükseklik grafiği. 52

4.40: Standart sapma - yükseklik analiz çizelgesi. 52
4.41: Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma-yükseklik grafiği. 56
4.42: Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma-yükseklik analiz çizelgesi. 56

TABLOLAR DİZİNİ

Tablo No:		Sayfa
4.1:	Djı phantom 4 hava aracının teknik özellikleri.	21
4.2:	Djı phantom 4 hava aracında bulunan kameranın teknik özellikleri.	21
4.3:	Normal/ parametreli kalibrasyon değerleri.	31
4.4:	Georeferanslandırmada kullanılan yer kontrol noktaları.	37
4.5:	Standart sapma tablosu.	51
4.6:	Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma tablosu.	53

1. GİRİŞ

İnsansız sistemlerin gün geçtikçe hayatımızdaki kapladığı alan hızlı bir şekilde artmaktadır.

Temeli insan hayatını kolaylaştırmak olan mühendislik bilimi de bu gelişen teknolojiyi farklı disiplinlere senkronize ederek amacına uygun olarak kullanmaya çalışmaktadır. Bu disiplinlerden bir tanesi olan hava fotogrametrisi, insansız hava araçlarının yaygınlaşmasıyla farklı teknikler ve uygulamalar geliştirmeye uygun hale gelmiştir.

Fotogrametri biliminin ilk uygulamalarının yersel fotogrametri örnekleri üzerine yapıldığı bilinmektedir. İlk uygulamalar her ne kadar yersel uygulamalar olsa da stratejik olarak hava fotogrametrisi artık daha büyük bir alan kapsamakta ve daha çok sektöre hizmet vermektedir. Gelişen teknoloji artık kullanıcıları dijital sistemleri kullanmaya yöneltmiştir. Hem hızlı hem daha ekonomik olan dijital kameralar sayesinde görüntü işleme adımları da hızlanmıştır.

Hava fotogrametrisi geniş alanların ölçülmesinde etkin bir yöntemdir. Bununla beraber daha önceleri uçak yardımıyla yapılan hava fotogrametrisi kameraların küçülmesi mini drone' ların geliştirilmesiyle artık çok daha hızlı ve etkin biçimde kullanılabilmektedir.

Klasik hava fotogrametrisi ekipmanlarının çoğu sivil kullanıcı için temin edilmesinin yüksek maliyet ve izinler nedeniyle kolay erişilmez olması buna karşın daha az maliyetli ve daha kolay uçuş prosedürü olan, metrik olmayan kameralarında uygulamalarda kullanılabildiği insansız hava araçlarının gözlem, izleme, üç boyutlu modelleme, haritacılık, askeri vb. alanlarda kullanımını hızlı şekilde arttırmıştır. Aynı zamanda İHA'lar fotogrametri uygulamaları için kamera ve görüntüleme ekipmanlarını taşıyan bir platformdur için de taşıyıcı platform olarak kullanılmaktadır [Karakış, 2011].

İHA'ların kullanımı ile hem hava hem de yersel fotogrametrinin sağlamış olduğu avantajlar bir araya toplanmıştır. İHA'lar sayesinde zamansal çözünürlükleri yüksek görüntüler elde edilebilmekte ve uydu görüntülerine göre daha ucuz maliyet ile görüntü elde edilebilmektedir [Toprak, 2014].

Günümüzde İnsansız Hava Araçları tarafından oluşturulan görüntüler genellikle fotogrametrik yazılım programları ile uygulanmaktadır. Birbirlerine

bindirmeli olarak çekilen fotoğraflar fotogrametri yazılımlarında otomatik birleştirilir. Bu işlem görüntü eşleme işlemi adımıyla yapılır [Kılınçoğlu, 2016].

İHA'ların; tüm dünyada afet ve acil durumlar [Chiang vd., 2012], [Zhang vd., 2018], [Abdallah vd., 2018] trafik durumunun izlenmesi [Liu vd., 2018], trafik kazalarının belgelenmesi [Perez vd., 2019], sivil altyapı uygulamaları [Greenwood vd., 2019], tarımsal uygulamalar [Dan vd., 2019], [Wang vd., 2019], [Wu vd., 2019] gibi dikkat çeken pek çok farklı alanda kullanıldığı görülmektedir.

Uzunsakal L. [2018] 'de İHA ile kıyı profilinin belirlenmesi teknolojinin imkânlarından faydalanarak, daha pratik ve ekonomik anlamda çözüme ulaşabilme amacıyla seçilmiştir. Erdoğan A. [2016] 'da İHA ile elde edilen görüntülerden şeritvari harita yapımıyla ilgili bir çalışma yapmıştır. Gürçay E. [2017] 'de Türkiye'de ve dünyada hızla gelişen İnsansız Hava Araçlarının seyrüsefer halinde CORS Tekniği kullanılarak daha hassas konumlandırılabileceği ve bu hassas konumlandırma sayesinde elde edilecek sonuç ürünlerin daha hassas ürünler olacağı büroda değerlendirme (PPK: Post Process Kinematic) yöntemi kullanılarak incelenmek istenmiştir. Kılınçoğlu D.B. [2016] 'da, birbirinden farklı yapıya sahip İHA'ların (sabit kanatlı, multikopter ve mini İHA) aynı sınırlar içerisinde kullanılabilirliği ve analizi hedeflenmiştir. Buradan elde edilen veriler fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilerek farklı İHA'ların sonuç ürünlerinin doğruluklarının araştırması yapılmıştır. Atak H. [2018]'da küresel ölçekteki ticari ve açık kaynak kodlu (AKK) İHA fotogrametrisi yazılımlarının kullanıcı deneyimlerinin ve üretilen ortofoto haritaların doğruluklarının analizi gerçekleştirilmiştir.

Beg A.A.R. [2018]'de yapılan çalışma kapsamında Haç Kilisesi, Seramik Atölyesi ve Başpınar Sarnıcı yapılarının yersel lazer tarama teknolojisi ve insansız hava aracı platformu kullanarak elde edilen verileri farklı yazılımlarda değerlendirilerek üç boyutlu modeller ve diğer fotogrametrik veriler üretilmiştir. Toprak A.S. [2014] 'de fotogrametrik tekniklerin İHA'lar ile farklı mühendislik projelerinden olan hâlihazır harita üretimi, hacim hesabı, kültürel mirasların dökümantasyonu, arkeolojik dökümantasyon ve ortofoto harita üretimi uygulamalarında kullanılabilirliği araştırılmış ve sonuçlar sunulmuştur. İHA ile alınan görüntülerin yer kontrol noktalı ya da yer kontrol noktasız değerlendirilmesinin konum doğruluğuna etkisini araştırmıştır [Strecha, 2011].

Web-1 [2011]'de yapılan çalışmada, microdrone tarafından modellenen md4-200 İHA kullanılmıştır. Dijital kameranın iç yöneltme parametrelerini bulmak için

iki kalibrasyon metodu yapılmıştır. Araştırmada kullanılan saha testi kalibrasyon alanı Almería Üniversitesi Kampüsü'nde bulunan düz bir yüzeydir ve 67 hedef nokta belirlenmiştir. Kalibrasyon alanı yaklaşık olarak 25 x 25 m'dir ve zeminden uçuş yüksekliği 50 m'dir. Laboratuar kamerası kalibrasyonunda Photomodeler kurulum paketine dahil edilen kalibrasyon alanı kullanılmıştır. Saha kalibrasyon yöntemi önceki laboratuvar kalibrasyonunda elde edilen son toplam hatayı azaltmıştır. Ayrıca, her iki yöntemden elde edilen genel RMS'ler benzerdir. Bu nedenle, alan kalibrasyon sonuçlarının, uçuşun 50 m'ye yakın olacağı tüm fotogrametrik projelere uygulanabileceği sonucuna varılmıştır.

Bu tez çalışmasında; insansız hava aracındaki kameranın iki farklı kalibrasyon değerinin üç farklı uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofoto haritaların doğruluklarına etkisinin araştırılması, analiz edilmesidir. İki kalibrasyon değerinden birincisi yazılımın kullandığı değerler diğeri ise PI3000 yazılımından elde edilen kalibrasyon değerleridir. Bunun için Gebze Teknik Üniversitesi'nin güney tarafında bir alan çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Çalışma alanı seçilirken arazi topografyasının mümkün olduğunca düz olması tercih edilmiştir. 60 metre, 120 metre, 180 metre uçuş yüksekliklerinden her iki kalibrasyon değerleri kullanılarak elde edilen ortofotolar analiz için kullanılmıştır. Yer kontrol noktaları ortofoto üretim sürecine dâhil edilmemiş. Ancak ortofotoların üretildiği alanın içerisinde bulunan 104 noktaya yapılan iki seri GPS ölçüsünden elde edilen noktalardan 6 tanesi geo-referanslandırma için kullanılmıştır. Diğer noktalar ise ortofoto doğruluklarını analiz etmek için kullanılmıştır. Böylece yazılım tarafından üretilen ortofotoların sadece kalibrasyon değerlerindeki farkların analizi yapılmış doğruluğu araştırılmıştır.

Tezin ilk bölümü giriş bölümü olup kısa literatür özeti yapılıp, tezin amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümlerinde sayısal fotogrametrinin temel kavramları hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümünde insansız hava araçları (İHA)'ların kullanım alanları, İHA kullanımının sağladığı avantaj ve dezavantajllarla ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölüm uygulamaya yönelik olup, İHA'lardan elde edilen görüntülerden elde edilen ortofotoların doğruluk analizleri yapılmıştır. Son bölümde ise çalışma sonunda elde edilen sonuçlar değerlendirilmiş, bazı çıkarsamalar yapılıp önerilerde bulunulmuştur.

2. SAYISAL FOTOGRAMETRİ

İnsan gözünün çalışma prensibiyle aynı çalışan fotogrametri yöntemi, stereoskopik yani 2 görüntüyü üst üste çakıştırarak 3 boyut ve derinlik algılamaya yardımcı olur. Fotogrametride temel araç olarak sayısal görüntüler kullanılır. Ve sonuç ürün için gerekli yazılım ve donanımlara ihtiyaç vardır. Bu donanım ve yazılımlar oluşturulacak sonuç ürüne göre değişiklik göstermektedir.

Havadan çekilmiş stereo görüntüleri birbirine belli oranda bindirerek hazırlanan mozaik fotoğrafların yönletme parametreleri ile dönüştürülerek standart sapması ve hata oranlarını bulmamıza yardımcı olur.

Fotogrametri biliminde sayısal ve dijital datalar hacmini arttırdıkça, stereo fotoğrafların kıymetlendirilmesi ve farklı amaçlarla ilgili kullanılması adına birçok kullanım alanı türemiştir.

2.1. Sayısal Fotogrametrinin Temel Kavramları

Fotogrametri, International Society for Photogrammetry and Remote Sensing (ISPRS) tarafından "Fotografik görüntülerin ve elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlanması sonucu fiziksel cisimler ve bunların çevresine ilişkin bilgileri oluşturan ve bu bilgilerin analizini yapan bir bilim dalı" olarak tanımlanmıştır.

Fotogrametri cisimlere değmeden bu cisimlerin oluşturulmasını ve bazı özelliklerinin belirlenmesini sağlar. Bu avantaj ile jeodezik ölçmeler arasındaki en büyük fark ölçüm işleminin cisimlerin bir izdüşümü üzerinde yapılmasıdır.

Bu izdüşümün elde edilmesi için ise;

- Matematik Temeller
- Optik Temeller
- Fotografik Temeller

gereklilik göstermektedir.

2.2. Görüntü Eşleme

Match (eş, denk, benzer), kelime anlamı olarak; bir diğerine benzer ya da eşit (aynı) olan bir kimse ya da şeydir. Eşleme (matching); eşitini ya da benzerini bulmak veya yapmak anlamında kullanılır. Aynı şekilde eşleme problemi de, ilişki kurma (correspondence problem) olarak ifade edilir. Veri setleri; görüntüleri, haritaları, obje modellerini ve GBS verilerini temsil eder [Yılmaz, 2002].

Sayısal görüntü işleme tekniği en az 2 farklı ama aynı yeri kapsayan fotoğrafların temel parametreleri arasında otomatik olarak bağlantı kurulmasıdır. Fotogrametrik işlem sıralarının geneli çoğunlukla eşlemeyle ilgilidir.

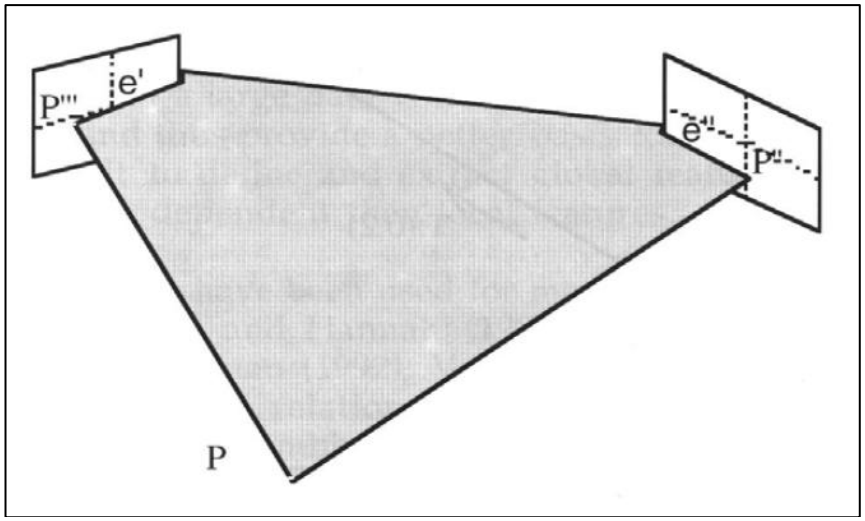
Görüntü eşleme ile ilgili ilk çalışmalar 1950'li yılların sonlarında [Hobrough, 1959] başlamış olmasına rağmen, sonuçlanmasının neden çok uzun zaman aldığı düşünülebilir. Verilecek ilk cevap, piksel olarak adlandırılan en temel görüntü elemanının bilgi içeriği dikkate alınarak ortaya konur. 15 μm ile taranan bir hava fotoğrafı yaklaşık olarak 285 milyon pikselden ve her bir gri tonu da 0-255 arasında bir değerden oluşur. Bu değerlerin büyüklüğü; tek tek piksellere dayalı bir eşlemenin imkânsız olduğunu göstermektedir. Bu nedenle görüntü eşlemede farklı yöntemler geliştirilmiştir [Heipke, 1996].

2.3. Epipolar Geometri

Fotogrametrik görüntülerle işlem yapıldığı zaman genelde merkezi perspektif projeksiyon tercih edilir. Bu projeksiyon sistemi, epipolar geometri adıyla isimlendirilir ve kayda değer bir sınırlama sağlar. İki görüntü dikkate alındığında, üç boyutlu uzayda epipolar düzlem obje noktasını ve iki görüntünün projeksiyon merkezini içeren düzlem olarak tanımlanan bu düzlem, iki görüntüyü epipolar doğru olarak kabul edilen doğrularla keser. Örneğin iki görüntünün de bağıl yöneltmesi biliniyorsa, bir görüntüde bulunan bir nokta için diğer görüntüde epipolar doğru hesaplanabilir ve bu noktaya karşılık gelen nokta mutlaka bu epipolar doğrular üzerinde bulunur. Böylece görüntü eşleme problemi, iki boyutlu görevden bir boyutlu bir göreve dönüşür.

Epipolar doğrular boyunca eşlemeyi kullanabilmek için, her iki görüntü bütün stereo modelde düşey veya y-paralaksını gidererek normal duruma

dönüştürülmelidir. Sonuç olarak, eşlemenin sadece baz doğrusu (yatay) yönünde yapılması gerekir. Epipolar sınırlama ön işlem gerektirmemektedir (Şekil 2.1). Bir görüntüde bulunan nokta için, diğer görüntüdeki epipolar doğru bağıl yöneltme parametreleri kullanılarak hesaplanabilir ve eşleme bu epipolar doğrular boyunca sürdürülür. Epipolar sınırlama, belirsizlik problemlerinin çözümü ve hesaplama süresini azaltmak için çok önemlidir. Bağıl yöneltme parametrelerinin yaklaşık değerleri bilinse bile, eşlenik noktalar için baza dik doğrultuda araştırma alanını azaltmak için epipolar sınırlama kullanılmalıdır. Epipolar sınırlamanın sadece görüntü çiftlerinin hesaplanmasında kullanılmalıdır. [Heipke, 1996].



Şekil 2.1: Epipolar sınırlama.

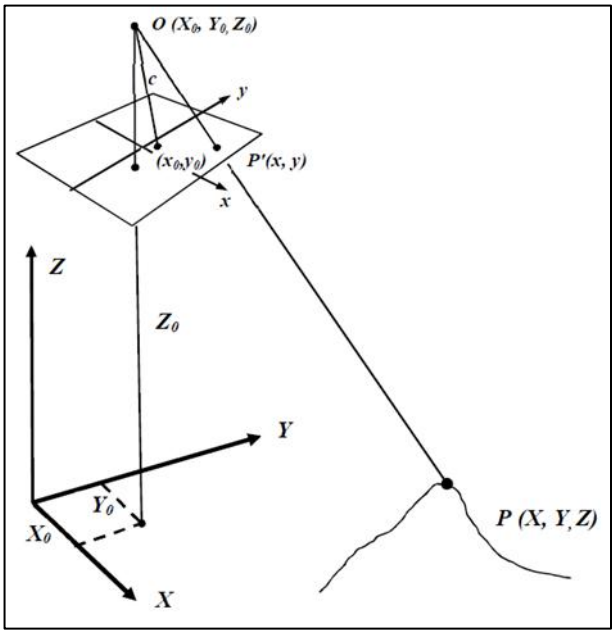
2.4. Fotogrametrinin Geometrik ve Matematik Modeli

Fonksiyonel ve stokastik modellerden oluşan matematik model, fiziksel durumun belirgin özelliklerini fonksiyonel, olasılıklı özellikleri de stokastik model taşır.

Matematiksel model, uzay koordinat sisteminde fotoğraf ile ilgili noktaların matematiksel olarak gösterimidir. Kolinearite ye göre uzay koordinat sistemindeki noktaları gösteren ışıklar resmin iz düşüm merkezinden geçirilerek resim düzlemine iz düşürülür (Şekil 2.2).

Bu işlem iki aşamada yapılır. Birincisi iç yöneltme parametrelerinin belirlenmesidir. İkincisi ise; dış yöneltme parametrelerinin bulunmasıdır. Bu

fotoğrafların dönüklükleri ve uzay koordinat sistemindeki koordinatlarının hesaplanmasıdır.



Şekil 2.2: Görüntü ve nesne koordinatları arasındaki ilişki.

$$\begin{Bmatrix} x-x_0 \\ y-y_0 \\ -c \end{Bmatrix} = \frac{1}{s} R \cdot \begin{Bmatrix} X-X_0 \\ Y-Y_0 \\ Z-Z_0 \end{Bmatrix} \tag{2.1}$$

Yukarıda gösterilen;

- x,y : Görüntü koordinatları,
- x_0-x_0 : İzdüşüm merkezinin görüntü koordinatları,
- c : Asal uzaklık veya odak uzaklığı,
- s : Ölçek,
- R : Dönme matrisi,
- X, Y, Z : Nesne koordinatları,
- X_0 Y_0 Z_0 : İzdüşüm merkezinin nesne koordinatlarıdır.

$$x = x0 - c\,\frac{R11(X-X0) + R12(Y-Y0) + R13(Z-Z0)}{R31(X-X0) + R32(Y-Y0) + R33(Z-Z0)}$$

$$y = y0 - c\,\frac{R21(X-X0) + R22(Y-Y0) + R23(Z-Z0)}{R31(X-X0) + R32(Y-Y0) + R33(Z-Z0)} \tag{2.2}$$

Yukarıdaki bağlantı kolinearite (doğrusallık) bağlantısıdır. Bu denklemdeki x_0, y_0 ve c terimleri iç yöneltme elamanlarını, X_0, Y_0, Z_0 ve R dış yöneltme elemanlarını temsil eder. İç yöneltme elemanları, kullanılan algılayıcının kalibrasyonu ile, dış yöneltme elemanları ise yer kontrol noktaları (YKN) veya GPS, IMU veya yıldız kameraları yardımıyla belirlenebilir. R dönme matrisi de açılar, vektörler ile oluşturulabilir.

Görüntü koordinatları için verilen yukarıdaki bağıntıyı nesne koordinatlarına dönüştürüp yazabiliriz.

Böylece;

$$X = X0 + (Z - Z0)\,\frac{R11(x - x0) + R21(y - y0) - R31.c}{R13(x - x0) + R23(y - y0) - R33.c}$$

(2.3)

$$Y = Y0 + (Z - Z0)\,\frac{R12(x - x0) + R22(y - y0) - R32.c}{R13(x - x0) + R23(y - y0) - R33.c}$$

denklemi yazılabilir. Buradan anlaşıldığı gibi; bir nesnenin Z koordinatı biliniyorsa onun X ve Y koordinatları elde edilebilir. Hepsinin de (X, Y, Z) görüntü koordinatlarından elde edilebilmesi için aynı nesneye ait farklı açıdan çekilmiş en az iki fotoğrafa ihtiyaç vardır. Böylelikle ilk görüntüden;

$$X=X_{01}+(Z-Z_{01})kx_1$$

(2.4)

$$Y=Y_{01}+(Z-Z_{01})ky_1$$

ikinci görüntüden ise;

$$X=X_{02}+(Z-Z_{02})kx_2$$

(2.5)

$$Y=Y_{02}+(Z-Z_{02})ky_2$$

yazılabilir. Böylece bir nesnenin Z değeri X' e ait bu iki bağlantıların yardımıyla;

$$Z = \frac{X02 - Z02kx2 + Z01kx1 - X01}{kx1 - kx2} \qquad (2.6)$$

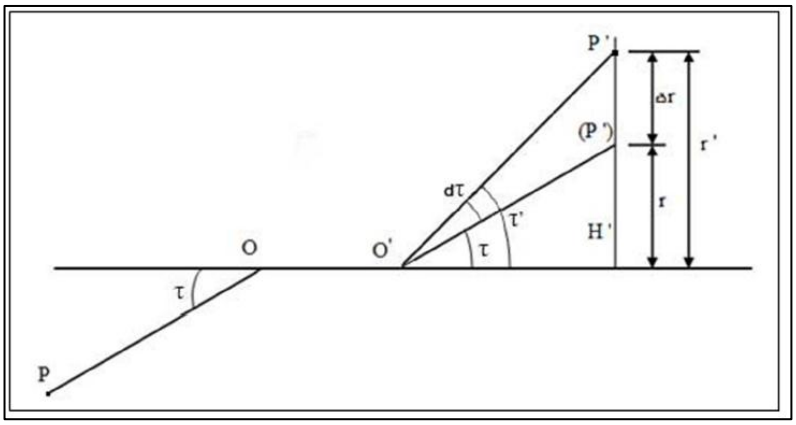
şeklinde bulunabilir. Z değeri yukarıdaki bağlantıda yerine yazılarak X ve Y değeri bulunabilir. Z değeri X' e ait her iki bağıntı yardımıyla bulunduğundan Y değeri, her iki Y değerinin ortalaması alınarak bulunabilir [Kraus, 1993a].

2.5. Kalibrasyon

Kamera kalibrasyonu, kamera sistemini donanımsal özelliklerinin sahip olduğu optimum değerlerin bulunması olarak adlandırılır. Bununla birlikte kameranın kalibrasyonu fotogrametrik nokta belirleme işleminin tam tersi olarak ifade edilebilir. Fotogrametrik nokta belirlemesinde iç yöneltme elemanları bilinir ve cisim noktalarının koordinatları istenir. Kalibrasyonda ise cisim noktalarının koordinatları bilinir ve iç yöneltme elemanları aranır. [Ergun 2018]. Kalibrasyon, kameranın fotoğraf çekme ve fotoğrafta yapılacak bütün ölçme işlemlerinin doğruluğu açısından önemlidir. [Gençerk, 2016] .

2.6. Distorsiyon

Görüntü alımı sırasında ideal durum genellikle sağlanamaz. Kamera merceklerinin fiziksel yapısı, görüntü düzleminin çeşitli bölgelerinde birtakım etkilere yol açar. Distorsiyon, merceklerin izdüşümdeki fiziksel etkilerinin genel adıdır [Yaşayan, 1996]. Şekil 2.3' te basit olarak distorsiyonun oluşumu verilmiştir.



Şekil 2.3: Kamera distorsiyonu.

Şekil 2.3'te görülen bir P noktasından çıkan ışın, kamera objektif sisteminin hatasından dolayı (P') noktası yerine P' noktasında oluşur. Bu Δr kadarlık yer değiştirmeye kamera distorsiyon hatası denir. Kameralarda radyal (çapsal) ve teğetsel distorsiyon olmak üzere iki tür distorsiyon ile karşılaşılır.

Radyal Distorsiyon: Görüntüde düz çizgi olarak gözükmesi gereken detayların eğrisel olarak izdüşmesini sağlayan temel bir etkidir. Bu etki farklı odak uzaklıklarında ve farklı merceklerde değişen sistematik bir fonksiyondur. Tüm noktalar iyi odaklanmış olduğu durumda bile radyal distorsiyon görüntünün tamamını deforme eder.

Eksen dışı bir hedefin görüntüsü ana noktadan radyal olarak ya uzak ya da yakın yer değiştirmişse, resim radyal olarak distorsiyona uğramış demektir. Ana noktadan uzak veya yakın radyal olarak distorsiyona uğramış dörtgen şeklin görüntüsü pozitif (yastık) veya negatif (fıçı) distorsiyon olarak adlandırılır (Şekil 2.4).

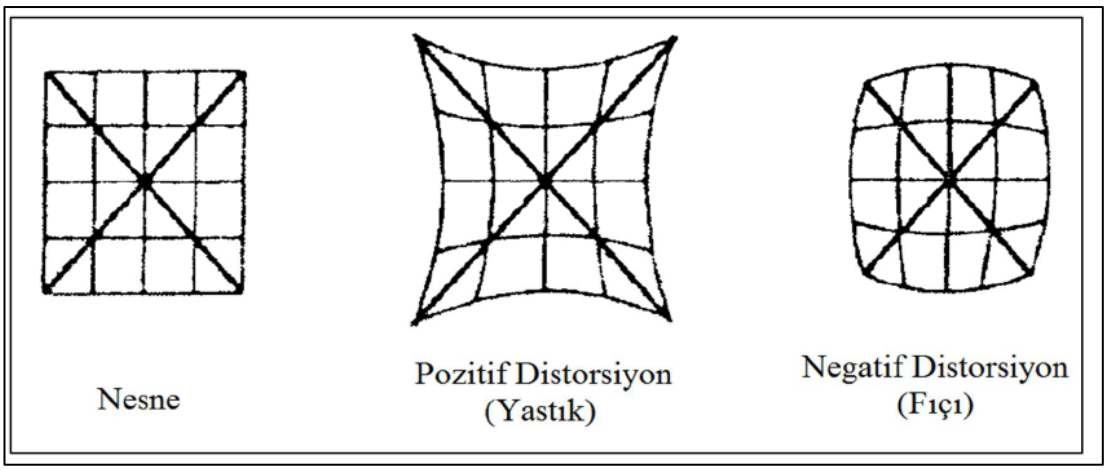
Radyal distorsiyon formülü Eşitlik (2.7) ile verilmiştir.

$$\delta r = K1r^3 + K2r^5 + K3r^7 \tag{2.7}$$

Burada K1, K2 distorsiyon parametreleri, r radyal uzaklıktır.

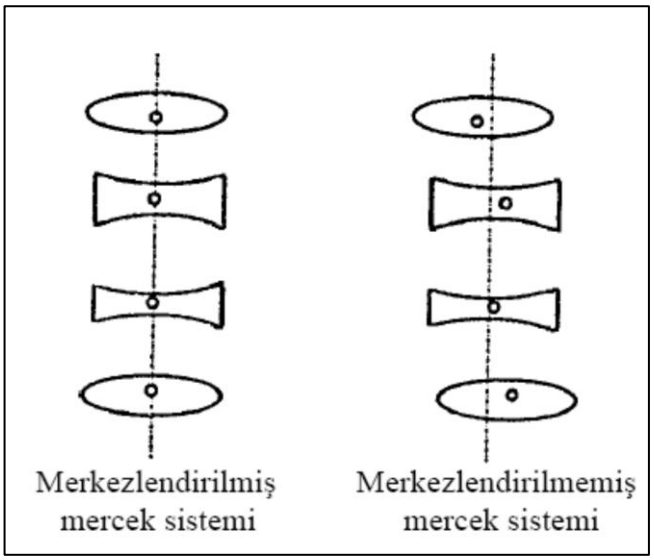
Bu açısal değişimin etkisinin resim koordinat sistemi içerisinde x ve y yönlerindeki bileşenleri ise Eşitlik (2.8)'dedir.

$$\delta rx = \delta r(x - x0)/r \tag{2.8}$$



Şekil 2.4: Radyal distorsiyonlar.

Teğetsel Distorsiyon: Kameralarda kullanılan çoklu mercek sistemini oluşturan merceklerin, merkezleri aynı doğrultu üstünde bulunmalıdır. Bu koşulun sağlanamadığı durumlarda, görüntüde teğetsel distorsiyon adı verilen geometrik yer değiştirme oluşur. Şekil 2.5.'te ideal mercek yapısı ve teğetsel distorsiyonun oluşumunda mercek sisteminin sorunlu yapısı verilmektedir.



Şekil 2.5: Mercek elemanlarının ideal (sol) ve aynı doğrultuda olmaması (sağ) durumu.

Teğetsel distorsiyon resim düzleminin koordinat eksenlerine göre bileşkeleri ile ifade edilecek olursa;

$$\delta x = P1(r^2 + 2(\mathrm{X} - \mathrm{X0})^2) + 2\mathrm{P2}(\mathrm{X} - \mathrm{X0})(\mathrm{y} - \mathrm{y0}) \tag{2.9}$$

$$\delta y = P2(r^2 + 2(\mathrm{Y} - \mathrm{Y0})^2) + 2\mathrm{P1}(\mathrm{X} - \mathrm{X0})(\mathrm{y} - \mathrm{y0}) \tag{2.10}$$

elde edilir.

P1, P2 teğetsel distorsiyon parametreleridir. x, y: fotoğraf koordinatları, x0, y0: asal noktanın (PP) fotoğraf koordinatlarıdır [Karakış, 2011].

3. İHA FOTOGRAMETRİSİ

3.1. İHA Nedir?

İHA; insansız hava aracı, komuta sistemi ve bunlar arasındaki iletişim ağı olarak üç temel elemandan oluşan bütün bir sistemdir.

İHA'nın yapısal öğeleri; iskelet, motor, kanat, pervane, ve batarya, elektronik algılayıcılar, haberleşme ekipmanları, GNSS ve sensör, kamera vb. algılayıcılar ile yazılım ve donanımdan oluşmaktadır.

3.2. İHA'ların Kullanım Alanları

İnsansız hava araçlarının gelişimi askeri amaçlarla başlamıştır. İlk insansız hava aracı 1916 yılında uçurulmuştur. İnsansız hava araçları 1950'li yıllardan sonra sivil amaçlar doğrultusunda kullanılmaya başlanmıştır [Rango A. vd., 2006].

İHA'lar sadece uzaktan algılama ve fotogrametri alanında değil bir çok disipline de hizmet etmektedir.

İHA'ların bazı kullanım alanları aşağıdaki gibidir;

- Savunma
- Tarım
- Mimarlık
- Arkeoloji
- Madencilik
- Sanayi
- Sosyal Medya
- Film Endüstrisi
- 3D modelleme
- Arama kurtarma
- Uzay gözlemleri

3.3. Sağladığı Avantaj ve Dezavantajlar

Sürekli gelişen hava fotoğrafçılığı 1850'lilerde balon ve uçurtma ile ilk kez denenmiş olup, her geçen gün teknolojik gelişmelere paralel olarak bütün donanımları gelişmektedir. Fotogrametri yöntemi askeri amaçlar ile hava fotoğrafçılığının bir sunucu olarak ortaya çıkmıştır ve sivil amaca uygun olarak büyük alanların harita üretiminde hızlı ve hassas çözüm sunmasıyla yoğun olarak tercih edilmektedir. Önceleri hava fotoğrafları için yüksek irtifadan uçan uçaklar ve çözünürlüğü yüksek kameralar kullanılmaktaydı. Ama profesyonel insanlı uçaklar, izin süresi, ekipman ve maliyet olarak büyük alanlarda optimum verim sağlamaktadır. Yakın geçmişte ise düşük maliyetle üretilebilen sensör ve ekipmanların artmasıyla uzaktan kontrol edilebilen İHA'ların kullanımı hızla yayılmıştır. İHA'ların GPS alıcıları, mikro işlemciler, jiroskoplar, sensör ve haberleşme elemanları ile düşük maliyetli, yüksek konumsal ve zamansal çözünürlüğe sahip veri temin edebilme yeteneği bu sistemleri cazip kılmıştır [Eisenbeiss, 2004; Eisenbeiss, 2011].

Basit bir kamera, kontrol sistemi ve hafif bir İHA' nın fotogrametrik veri toplamak için yeterli olduğu günümüzde, bu sistemler geleneksel sistemlerin yerini almaya başlamıştır. Dijital fotogrametrik sistemlere göre, çok düşük fiyatlarla kurulabilen İHA sistemleri özellikle sınırlı genişliklerdeki alanlar için uygunluk göstermektedir. Son yıllarda ortofoto, sayısal arazi modeli ve topoğrafik haritalar İHA'ların yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir [Cui, 2007].

Düşük irtifadan görüntü alabilme özelliği olduğu için İHA'lar ile spesifik olarak arkeolojik sitelerin ve yapıların 3D dokümantasyonunda da görüntüleme sistemleri kullanılabilmektedir [Mozas-Calvache, 2012]. Afet sonrası ani müdahale ve haritalama [Li, 2011], çevresel toprak ve su değişimlerinin takibi için düzenli ölçümler, deformansyon takibi [Niethammer, 2012], kazı alanları için hacim hesapları ve doğal kaynakların kayıt altına alınması amaçlarıyla da İHA' lar kullanılmaktadır. Yine düşük maliyetle sürekli tekrarlanabilir uçuş ve haritalama çalışmaları ormancılık ve tarım sektörlerin de rekolte tahmini, hastalık tespit ve takibi [Stagakis, 2012], yangın bölgelerinin izlenmesi [Krüll, 2012] gibi amaçlar içinde oldukça kullanışlıdır.

İHA ile veri üretimi multimedya coğrafi bilgi sistemleri için gerekli 3 boyutlu veri altyapısının oluşturulmasına da hizmet etmektedir. İHA sistemleriyle üretilen 3 boyutlu veri çok sayıda sektör için yeterli hassasiyet ve doğrulukta olmasına rağmen rüzgar ve uçuş süresi kısıtlılığı dezavantaj olarak nitelendirilmektedir. İHA ile fotogrametrik harita üretimini zorlaştıran diğer hususlar ise örtüşme oranları, yüksek distorsiyonlu görüntüler, yüksek eğim açıları ve yetersiz örtüşmelerdir.

3.4. Sınıflandırılması

İHA'lar genellikle kütlesine göre sınıflandırılsa da sivil ve askeri olmak üzere ikiye ayrılır. Ancak askeri amaçlı kullanılan İHA'lar daha fazla ekipman taşıyacağından sivil amaçlı kullanılan İHA'lara göre kütlece daha büyüktür. Ülkemizde Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü' nün yayınladığı genelgeye göre İHA'lar dörde ayrılmaktadır.

- İHA0-Azami kalkış ağırlığı 500 gr (dâhil)–4kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA1-Azami kalkış ağırlığı 4 kg (dâhil)–25 kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA2-Azami kalkış ağırlığı 25 kg (dâhil)–150 kg aralığında olan İHA'lar,
- İHA3-Azami kalkış ağırlığı 150 kg (dâhil) ve daha fazla olan İHA'lar.

3.5. Kullanım Yapısı

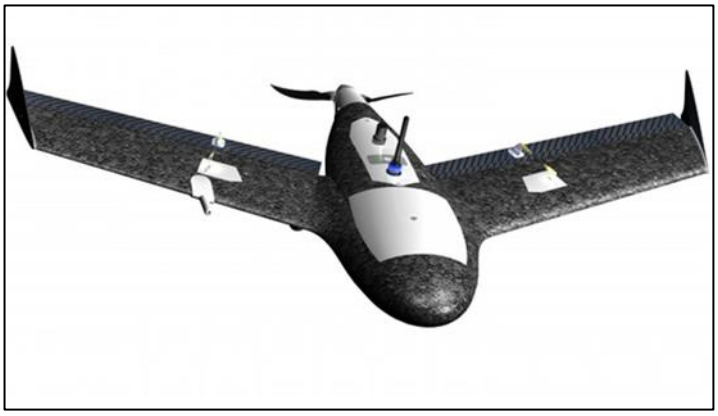
Yeni nesil insansız hava aracı kumanda ve hareket kabiliyetleri daha iyi yöneltilebilmesi için bir operatöre ya da yer pilotuna ihtiyaç duymaktadır. Bu bağlantının sağlıklı yapılabilmesi için İHA ile yer arasında bir haberleşme ağı olmalıdır. Bu haberleşme ağ genellikle Şekil 3.1' de bir örneği gösterilen el kontrol ünitesi dediğimiz parçalar ile yerine getirilir.

Şekil 3.1: Dahili ekranı olan el kontrol ünitesi.

El kontrol ünitelerinin bazılarında ekran dahili olup bazı modellerde ise ayrıca bir monitör, tablet ya da cep telefonu kullanmak gerekebilir. Böylelikle havadaki araç ile iletişim sağlamış olunur. Şekil 3.2'de harici ekranı olan bir el kontrol ünitesi gösterilmektedir.

Şekil 3.2: Harici ekranı olan el kontrol ünitesi.

Ayrıca insansız hava araçları şekil bakımından genelde iki türdür. Bunlardan birincisi Şekil 3.3'te görüldüğü gibi uçakların modelinden esinlenilmiştir. İniş kalkış hareketleri uçaklara göre tasarlanmıştır. Kanat ve motora entegre edilmiş pervane ya da pervanelerden oluşan bu modeller elden, rampadan fırlatılarak ilk itici gücünü dışarıdan almak suretiyle çalışmaktadır. Ayrıca iniş içinse gövde üzerine iniş yapabildiği gibi paraşütle de iniş gerçekleştirenleri mevcuttur.



Şekil 3.3: İnsansız Hava Aracı.

Diğer bir modeli ise helikopterlerden esinlenerek tasarlanan ve iniş kalkış için alan gereksinimi duymayan, bulunduğu yerden yükselip yine aynı yere inebilen bir modeldir. Pervane sayısı 4 ile 8 arasındadır. Şekil 3.4 çok pervaneli drone örneğini göstermektedir. Bazılarında sensör bulunmaktadır. Bu sensörler önlerine gelecek herhangi bir cisme çarpmamak için uyarı verir.

Şekil 3.4: Çok pervaneli drone.

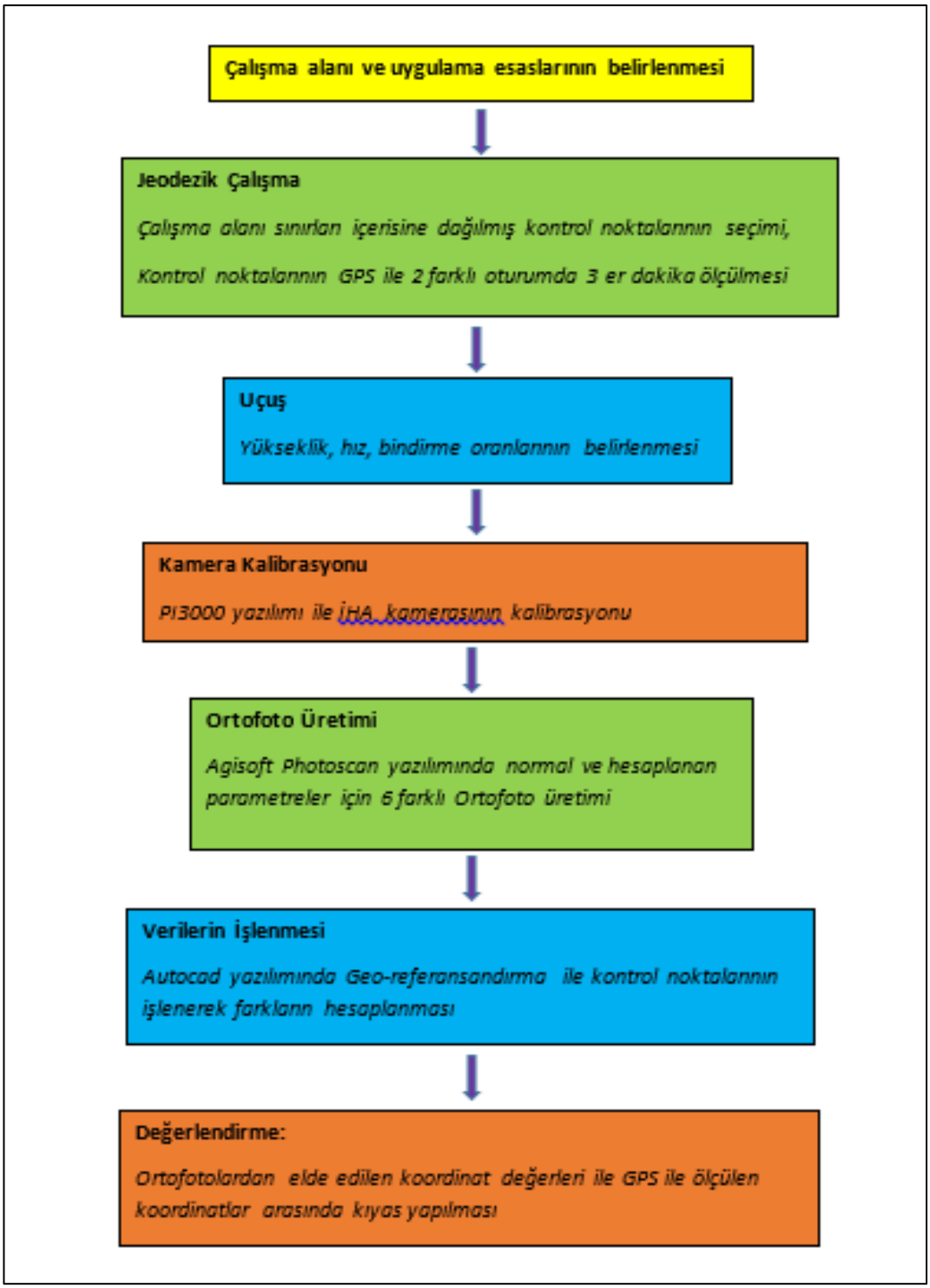
3.6. İHA ile Ortofoto Üretimi

İHA'lar, klasik hava fotogrametrisinde kullanılan uçakların tersine objeye yakın ve düşük yüksekliklerde uçuş imkânı sunmaktadır. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı hava araçlarının kullanılamayacağı bazı durumlarda İHA'lar tek alternatif yöntem olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, küçük çaplı klasik hava fotogrametrisi uygulamalarında gereksiz veri hacmi ve yüksek maliyete karşılık İHA'ların kullanılmasıyla büyük oranda tasarruf sağlanabilmektedir [Öztürk vd., 2017]. İnsansız hava araçları kullanılarak elde edilen veriler, fotogrametrik olarak değerlendirilebilmekte, değerlendirilen veriler üzerinden elde edilecek sayısal yükseklik modelleri, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak çalışmaya özgü ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmektedirler. Ayrıca hava fotoğraflarının doğrultulması ve topoğrafik farklılıklardan kaynaklanan hataların giderilmesiyle ile elde edilen ortofoto haritalar, çalışma alanına ait bir görüntüye de sahip olduklarından yersel ölçmeler sonucu elde edilen çizgisel haritalardan daha fazla bilgiyi bünyelerinde barındırmaktadırlar. Ortofoto haritalara ilave olarak fotogrametrik yöntemler ile yüksek doğrulukta eşyükselti eğrili haritalar, sayısal arazi modellerinin üretimi, insan yapımı (bina, yol, tarla vb.) ve doğal karakteristiklerin (orman – orman yapısı, nehir, göl vb.) çizgisel ve/veya tematik haritalar şeklinde üretilmesi mümkündür. Belirli bindirme oranlarıyla alımı gerçekleştirilen bu görüntülerin bilgisayar ortamında üç boyutlu olarak değerlendirilebilmesi için bir yazılım fotogrametrisi veya dijital fotogrametri sistemine ihtiyaç duyulmaktadır [Akgül vd., 2016].

4. UYGULAMA

Tez aşamasında kullanılan temel donanım insansız hava aracıdır. Son zamanlarda sivil amaçlı kullanılan insansız hava aracı üreticileri kullanım amaçlarına göre üretim yapmaktadırlar. Maksimum uçuş yüksekliği, kamera özellikleri ile fark yaratmaya çalışan üreticilerin farklı çözüm önerileri sunmasıyla çözülecek problem için en uygun donanım tespiti kolayca yapılabilmektedir.

Bu çalışmanın amacı; İnsansız hava aracındaki kameranın iki farklı kalibrasyon değerinin üç farklı uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofoto haritaların doğruluklarına etkisinin araştırılması, analiz edilmesidir. İki kalibrasyon değerinden birincisi yazılımın kullandığı değerler diğeri ise PI3000 yazılımından elde edilen kalibrasyon değerleridir. 60 metre, 120 metre, 180 metre uçuş yüksekliklerinden her iki kalibrasyon değerleri kullanılarak elde edilen ortofotolar analiz için kullanılmıştır. Çalışmanın işlem adımını gösteren akış şeması Şekil 4.1.'de verilmektedir.



Şekil 4.1: Çalışma işlem adımları.

4.1. Çalışma Alanı

Gebze Teknik Üniversitesi Kampüsü' nün güney tarafında kalan alanın bir bölümünü kapsamaktadır. Yaklaşık 15 hektarlık bir alan çalışma alanı alarak belirlenmiştir (Şekil 4.2.).

Şekil 4.2: Çalışma alanı.

4.2. Kullanılan Donanım ve Yazılımlar

4.2.1. Kullanılan Donanım Özellikleri

- DJI Phantom 4

İnsansız hava aracı olarak Dji Phantom 4 kullanılmıştır. 1380 gram ağırlığında olan bu kopterin dört adet pervanesi bulunmaktadır. Gövdeye entegre bir gimbale bağlı bulunan kamera 12 Megapiksel çözünürlüğe sahiptir. 28 dakika havada kalabilen Dji Phantom 4 saniyede 20 metre yol alabilmektedir.

Lityum pil kullanılan donanım dört adet sensör bulundurmaktadır. Bu sensörler sayesinde olası bir çarpışma engellenebilmektedir. Uçuş güvenliği açısından diğer muadillerine göre avantaj sağlamaktadır. Şekil 4.3'te uygulamada kullanılan Dji Phantom 4 model insansız hava aracını göstermektedir. Tablo 4.1'de

DJI Phantom' un teknik özellikleri, Tablo 4.2'de ise DJI Phantom 4 insansız hava aracındaki kamera donanımının teknik özellikleri verilmiştir.

Şekil 4.3: DJI Phantom 4.

Tablo 4.1: DJI Phantom 4 hava aracının teknik özellikleri.

Ağırlık	1380 gr.
Maksimum Yükselme Hızı	6 m/s.
Max Alçalma Hızı	4 m/s.
Max Hız	20 m/s.
Maksimumum Yükseklik	6000 m.
Maksimumu Uçuş Süresi	28 dakika
Uydu Sistemi	GPS/GLONASS

Tablo 4.2: DJI Phantom 4 hava aracında bulunan kameranın teknik özellikleri.

Sensör	1/2.3" Efektif Piksel
Lens	f/2.8
ISO Aralığı	100 - 1600 (fotoğraf)
Elektronik Shutter Hızı	8 s to 1/8000 s
Max Görüntü Boyutu	4000×3000
Fotoğraflar	JPEG, DNG (RAW)
Video	MP4 / MOV

- Leica Gps GS15

Proje aşamasında yer kontrol noktalarının koordinatlarının dik koordinatlarının (X, Y, Z) 2 kez ölçümü yapılmıştır. Bu işlemi yaparken Şekil 4.4' te gösterilen Leica

Viva GS 15 model GPS kullanılmıştır. 1 adet jalon, GPS anteni ve el kontrol ünitesinden oluşan Leica Viva Gs 15 ±2 cm hassasiyetinde sonuç vermektedir.

Şekil 4.4: Leica GS15 alıcı anten.

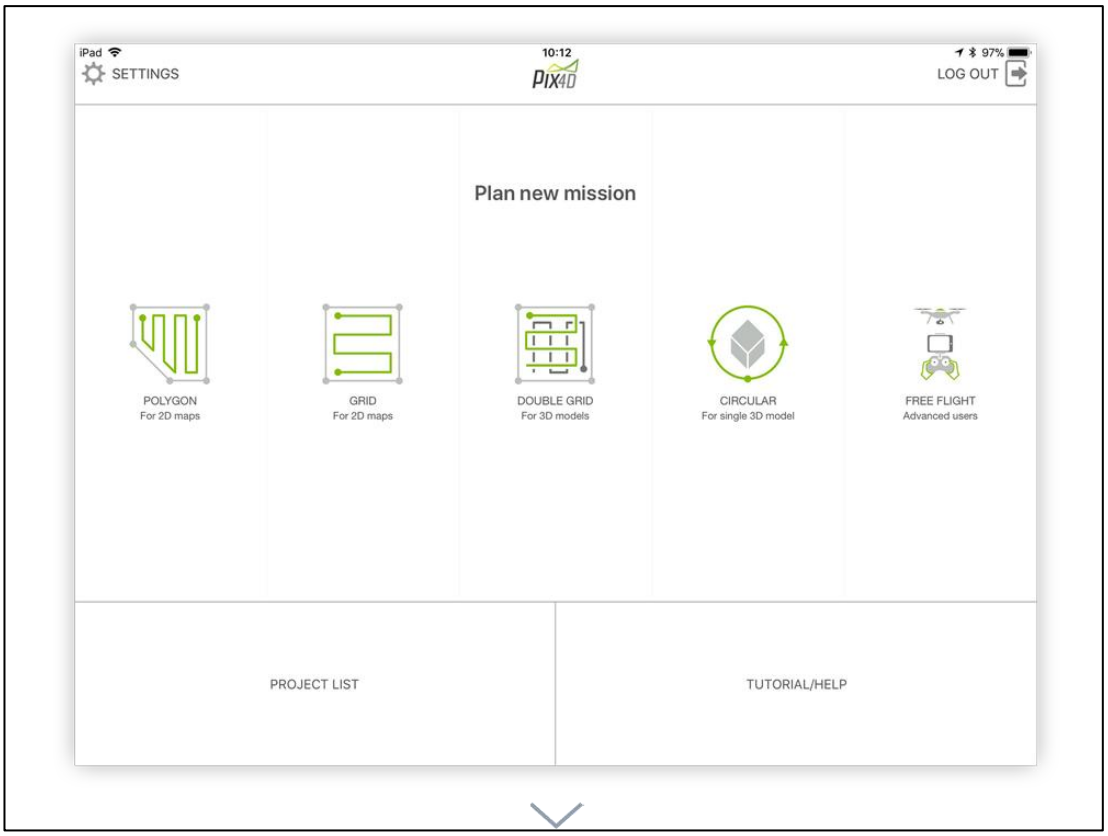
- Workstation Bilgisayar

İşlemcisi Intel(R) Core (TM) i7-4820K CPU @3.70 GHZ Yüklü belleği 16 Gb ve 64 bit işletim sistemine sahiptir. Ekran kartı olarak Quadro 4000 kullanılmaktadır. Asus 248 QE 3D monitör 3 boyutlu görüntüleri algılama özelliği olan bir monitördür. Ekran kartı ile uyumlu çalışmasının yanı sıra yüksek ekran çözünürlüğüne de sahiptir.

4.2.2. Kullanılan Yazılım Özellikleri

- Pix4DCapture

Akıllı telefon ya da mobil aygıtlar yardımıyla insansız hava aracını otonom bir şekilde uçurmaya yarayan yükseklik, hız, bindirme oranı ve kamera ile ilgili ayarların yapılabildiği bir arayüz programıdır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5: Pix4d capture.

- Agisoft PhotoScan Pro

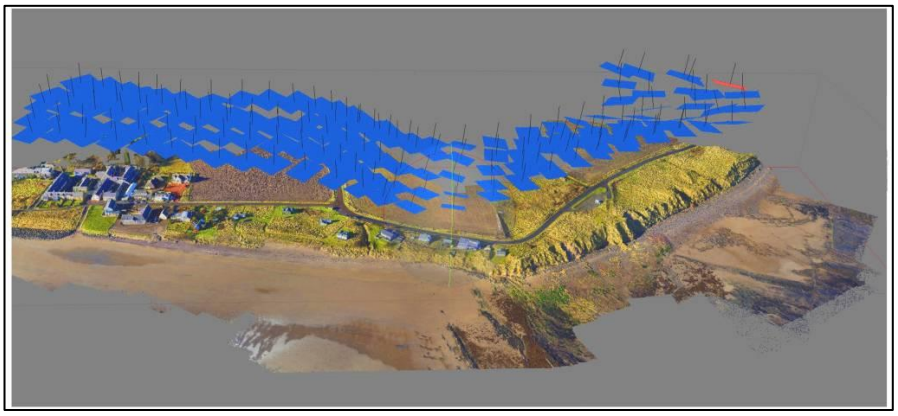
Agisoft PhotoScan Pro yazılımı çözünürlüğü yüksek ortofoto ve çok detaylı DEM / sayısal yükseklik modeli oluşturmasına yardımcı olur. İş adımları otomatik olarak ilerler ve bu yazılım fotogrametrik veri üretebilmek için masaüstü bilgisayar ile havadan çekilmiş görüntüleri işlemeyi gerçekleştirir. Fotoğrafları koordinatlandırabilmek için; programın kamera ile ilişkilendirilmiş GPS koordinatlarına EXIF (ham datasına), YKN' na ihtiyaç duyar. YKN' ler hassasiyetin 5 cm' e kadar düşmesine olanak tanır.

Kamera kalibrasyon verileri program tarafından hesaplanabilir ya da dış kaynaktan alınabilir. Agisoft PhotoScan Pro JPEG, TIFF, PNG gibi bir dizi giriş formatlarını destekler. Çıkış biçimleri geniş bir yelpazede (GeoTiff, xyz, Google KML, Wavefront OBJ, VRML, COLLADA, PDF) fotogrametrik analiz için herhangi bir GIS sistemine kolaylıkla çıkış formatı sağlar.

Agisoft PhotoScan Pro ile aşağıdaki fonksiyonlar ayarlanabilir:

- Hava Nirengi
- Poligon Model Oluşturma (dokulu / düz)
- Koordinat Sistemi Ayarlanması
- Jeoreferanslı Dijital Yükseklik Modeli (DEM) Üretimi
- Jeoreferanslı Ortofoto Oluşturma

Agisoft PhotoScan Pro yazılımında proje oluşturmak için programı çalıştırdıktan sonra Workflow sekmesi altında Add Photos yazan sekmeye tıklanır ve dosya konumu gösterilerek kullanacağımız resimler seçilir [Erdoğan, 2016]. Şekil 4.6 Agisoft Photoscan ile yapılmış uygulama örneğini göstermektedir.



Şekil 4.6: Agisoft Photoscan.

- PI3000

Topcon PI-3000 Yazılımı, kullanıcıların dijital görüntülerden hızlı bir şekilde üç boyutlu modeller oluşturmasını sağlar. Modeller çok çeşitli uygulamalarda ölçüm, haritalama, orto görüntüler ve yorumlama için kullanılabilir. Dijital kamera görüntülerini kullanan PI-3000 yazılımı, 0,4 mm'ye kadar hassasiyetle fotogrametri modelleri üretir. Topcon' un PI-3000'i, aşağıdakiler de dâhil olmak üzere çok çeşitli uygulamalar için kullanılabilir:

- Yakın resim fotogrametri uygulamaları
- Madencilik
- Hava Fotogrametrisi
- Mimari

- Arkeoloji
- Afet izleme
- Kaza izleme
- Endüstriyel uygulamalar
- Üç boyutlu modelleme

- AutoCAD

Dünya üzerinde en yaygın olarak kullanılan bir CAD (Computer Aided Design) tabanlı yazılımdır. Genellikle mimari çizimler ve yol projelerinde kullanılan AutoCAD bu tez çalışmasında geo-referanslandırma işlemi yapabilmek için kullanılmıştır. Hızlı olması ve menüsünün kolay olması onu diğer cad yazılımları arasında daha kullanılır hale getirmektedir.

4.3. Arazi Çalışması

İHA fotogrametrisiyle üretilen ortofotoların geo-referanslandırılabilmesi ve de nokta konum doğruluklarının araştırılması amacıyla jeodezik arazi çalışması gerçekleştirilmiştir.

Arazi çalışması için öncelikle georeferanslandırma ve analizler için gerekli olan kontrol noktalarının ölçümü yapılmıştır. Kontrol noktaları olarak fotoğraflarda net olarak görünen detay noktaları (bina köşeleri, parke taşları köşeleri, rögarların orta noktaları vb.) belirlenmiştir. Bunun için alana ait altlık verilerden yararlanılmıştır. İHA ile çekilen fotoğraflarda görünecek net ve keskin detay noktaları kontrol noktası olarak belirlenmiştir. Uçuş yükseklikleri de dikkate alındığında ortofoto üretimi aşamasında uygulamasında kontrol noktaları için zemin tesisi yapılmamıştır. Söz konusu noktalar GNSS cihazı ile koordinatlandırılmıştır. Kontrol noktalarının koordinatlandırılmasından sonra İHA ile alanın fotoğraflandırma işlemleri gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.7'de kontrol noktası gösterilmektedir.

Şekil 4.7: Yer kontrol noktası seçimi.

Yer kontrol noktalarının koordinatlandırma işlemi Leica Viva GS15 GNSS cihazı yapılmış ve koordinatlar ITRF96 datum sisteminde 2005.00 Epok' ta elde edilmiştir. Bunun için iki ayrı periyotta ölçü yapılmıştır. 1. periyot GPS ölçüsü 7 Nisan 2018, 2. Periyot GPS ölçüleri ise 20 Nisan 2018 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Her kontrol noktasında üçer dakikalık ölçüm yapılmıştır. Her iki ölçüm ve iki serinin ortalaması Ek-2'de verilmektedir. İki farklı seriden gelen koordinatların ortalamaları alınmıştır. Çalışmada GPS ölçüsünden gelen jeodezik koordinatlar baz alınarak, bir doğruluk çalışması yapılmıştır. Şekil 4.8.'de kontrol noktasının GPS ile koordinatlandırılması gösterilmektedir.

Şekil 4.8: Yer kontrol noktası ölçümü.

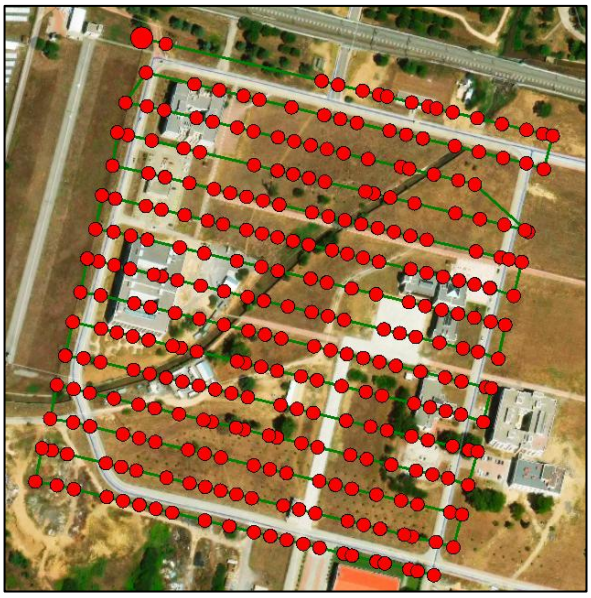
4.4. Fotoğraf Çekme Aşaması

Fotoğraf çekme işlemi DJI Phantom İHA sistemine entegre edilmiş Canon A810 dijital kamerası ile yapılmıştır (Şekil 4.9).

İHA'da bulunan telemetri sistemi sayesinde görüntü aktarım sisteminin ekranında uçuş yüksekliği, yatay ve düşey hız gibi bilgiler okunmuş ve İHA'nın GPS modu sayesinde üç ayrı yükseklikten fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir (60 m., 120 m., 180 m.). Fotoğraf çekimi sırasında bindirme oranları enine %70, boyuna ise % 80'dir.

Şekil 4.9: Uçuş aşaması.

Yapılan çalışma esnasında aynı alanı kapsayacak şekilde; 60 metre yükseklikten toplam 307 fotoğraf, 120 metre yükseklikten 112 fotoğraf ve 180 metre yükseklikten 76 fotoğraf çekilmiştir.

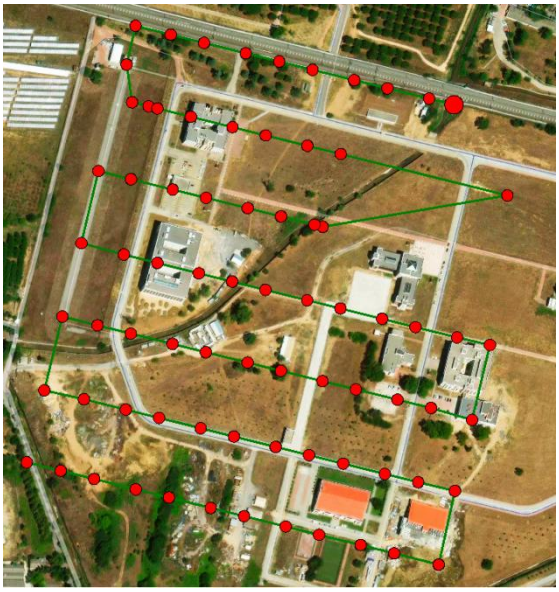


Şekil 4.10: Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.

Şekil 4.10. 60 metre yükseklikten çekilen 307 fotoğrafın; uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktalarını göstermektedir.

Şekil 4.11: Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.

Şekil 4.11. 120 metre yükseklikten çekilen 112 fotoğrafın; uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktalarını göstermektedir.



Şekil 4.12: Uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktaları.

Şekil 4.12. 180 metre yükseklikten çekilen 76 fotoğrafın; uçuş hattı ve fotoğraf çekim noktalarını göstermektedir.

4.5. Ofis Çalışmaları

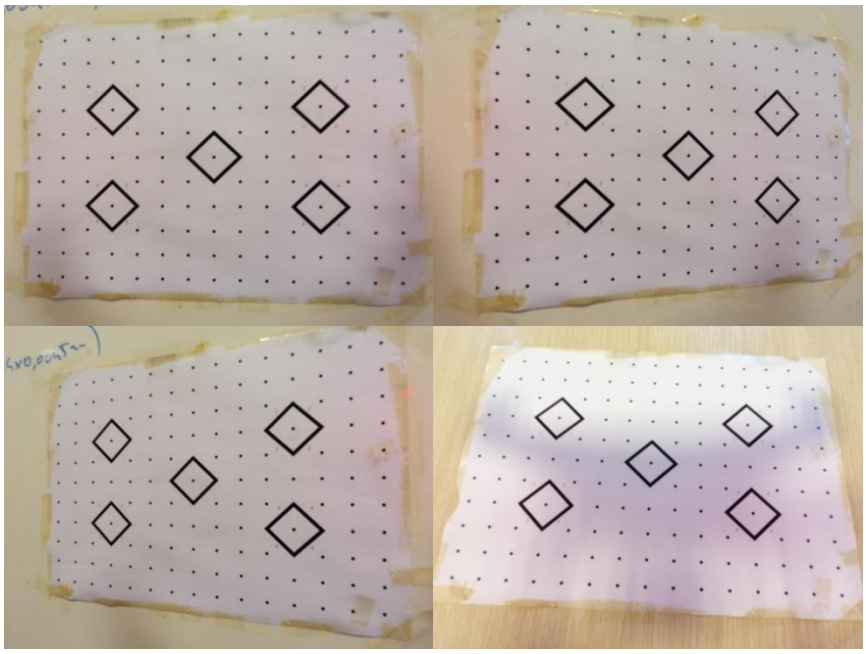
4.5.1. Kalibrasyon Çalışması

- Normal Parametreler

Dji Phantom 4 üzerinde entegre olarak bulunan kameranın sahip olduğu yöneltme parametreleri tarafından otomatik olarak hesaplanan ve Agisoft Photoscan yazılımında gösterilen normal parametreler hiçbir değişiklik yapılmadan alınmıştır. Bu kalibrasyon parametreleriyle üretilen ortofotolara normal parametrelerle hesaplanan adı verilmiştir.

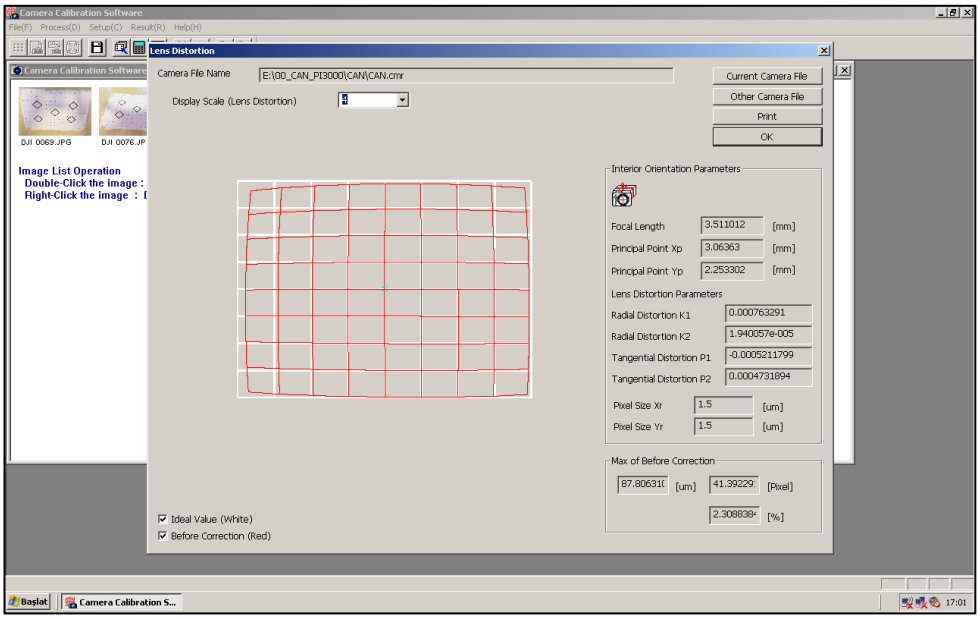
- Hesaplanan Parametreler

Şekil 4.13 ‘ te gösterildiği gibi; Dji Phantom 4 kamerası ile PI3000 yazılımının kalibrasyon alanının 5 farklı izdüşüm noktalarından çekilmiş fotoğraflarıyla PI3000 yazılımında kalibrasyonu yapılmış ve yapılan kalibrasyon sonucu elde edilen değerler ortofoto üretilmiştir. Aşağıda izdüşüm noktalarının belirlenmesinde kullanılan kalibrasyon sayfası ve fotoğraf çekim açıları gösterilmektedir.



Şekil 4.13: Kalibrasyon sayfası ve fotoğraf çekim araçları

PI3000 yazılımı kullanarak elde edilen kalibrasyon değerleriyle üretilen ortofotolara hesaplanan parametrelerle üretilen ortofotolar adı verilmiştir. Şekil 4.14 PI3000 yazılımda kalibrasyonu göstermektedir.



Şekil 4.14: PI3000 yazılımında Dji Phantom 4 kamerası kalibrasyonu.

Aynı yükseklikteki uçuşlar ile elde edilen farklı kalibrasyon değerleri üretilen ortofotolar karşılaştırma, kıyas yapma imkanı sunacaktır. Her iki kalibrasyon değeri Tablo 4.3.'te verilmiştir.

Tablo 4.3: Normal/ Parametreli kalibrasyon değerleri.

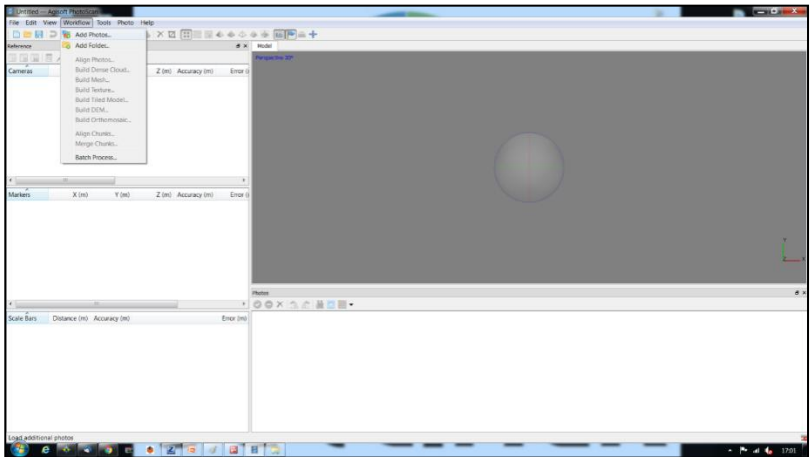
Kamera	ck (mm)	x_0 mm)	y_0 (mm)	K1	K2	P1	P2
Normal	3.61000	3.15875	2.36906	-0.001358	-0.001605	-0.000909	-0.001138
Kalibrasyonlu	3.51101	3.06364	2.25330	0.000763	0.000019	-0.000521	0.000473

4.5.2. Ortofoto Üretim Aşamaları

DjiGo4 ile 60 m, 120 m ve 180 m yüksekliklerden uçuşlar gerçekleştirildikten sonra fotoğrafları otomatik olarak eşleştirebilmek için iç ve dış yöneltme parametreleri kameradan geldiği şekilde kullanılarak Agisoft Photoscan uygulamasına yüklenmiştir. İşlem yapılacak sabit noktalar belirlenmiş ve bazı

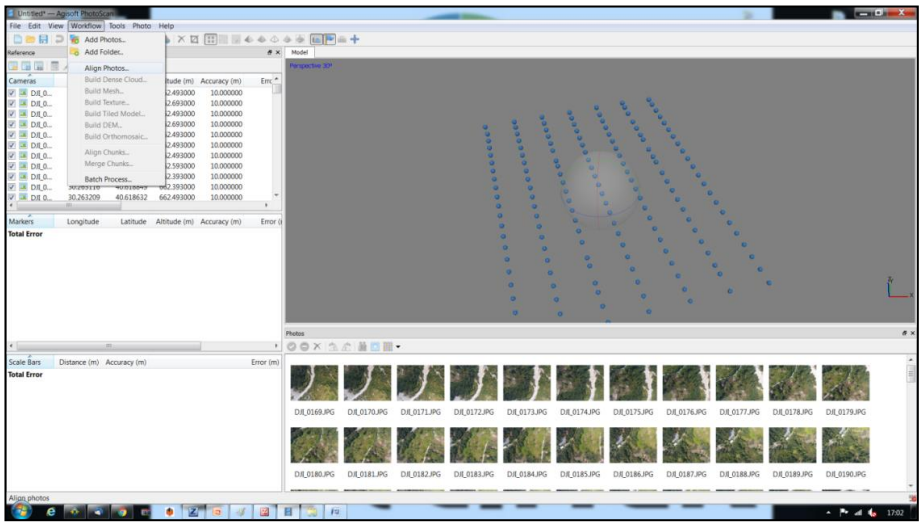
noktalar sabit olarak kabul edilmiştir. Diğer noktalar ise proje sonunda kıyas yapılmak amacıyla yer kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Sadece farklı uçuş ve farklı parametreler sonucu veri kontrolü yapmaya yaramaktadır.

Agisoft Photoscan programında ortofoto üretim aşamaları aşağıdaki gibidir. Öncelikle hava fotoğrafları programa yüklenir. Üst menü barında bulunan workflow sekmesinin altında add photos seçilerek fotoğraflar yüklenir (Şekil 4.15).



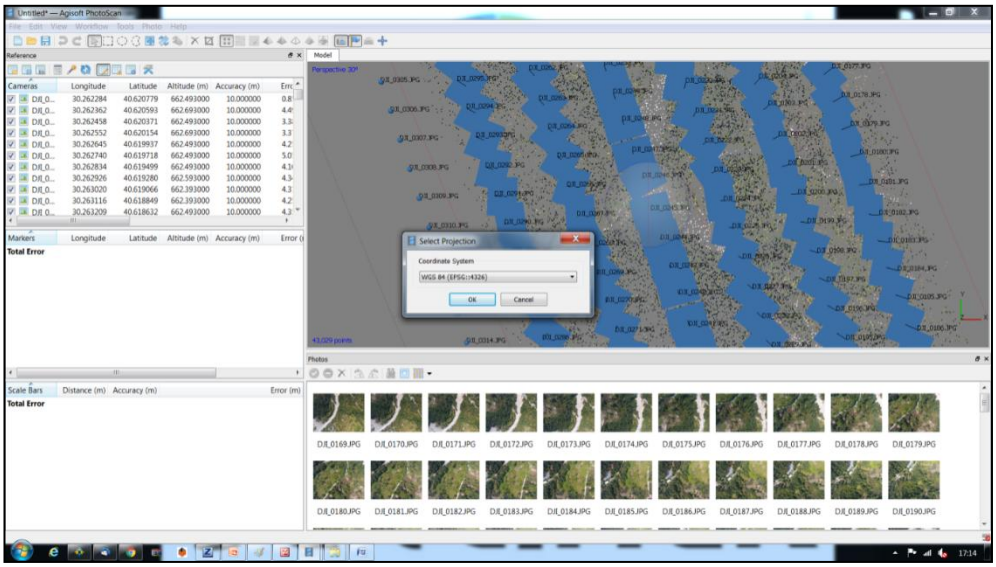
Şekil 4.15: Resim ekleme.

Resimlerin hizalanması: Bu aşama İnsansız Hava Aracı (İHA)'ndan gelen fotoğrafların aktarılarak hizalandırma yapılması işlemidir. Workflow seçeneğinin altında bulunan align photos seçilerek fotoğraflar hizalandırılır (Şekil 4.16).



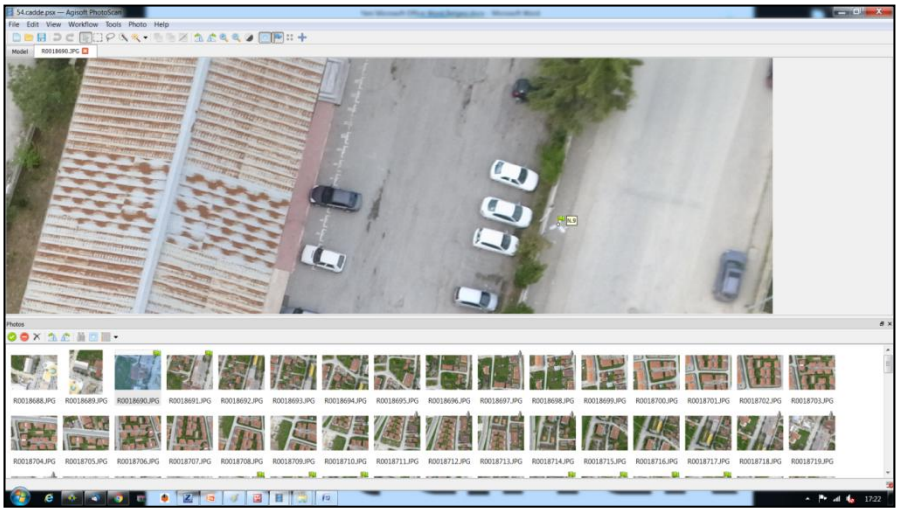
Şekil 4.16: Resim hizalama (Align photos).

Projenin hangi projeksiyon sisteminde ve hangi yeryüzü diliminde olduğu programa tanıttırılır. Bu işlem coğrafi koordinatları dönüştürme amaçlıdır (Şekil 4.17).



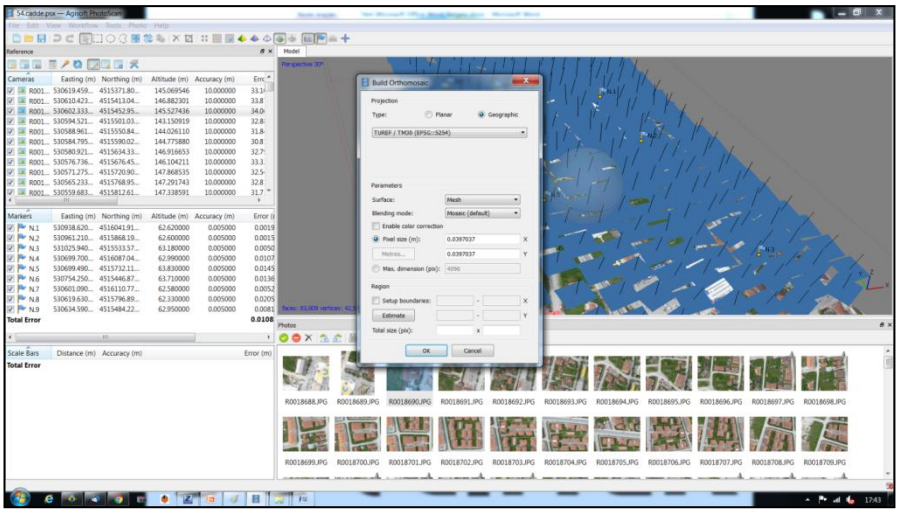
Şekil 4.17: Koordinat dönüşümü.

Yer kontrol noktalarını programa eklenir ve fotoğrafların üzerindeki kontrol noktalarının resim koordinatları ölçülür (Şekil 4.18).



Şekil 4.18: Yer kontrol noktası ekleme.

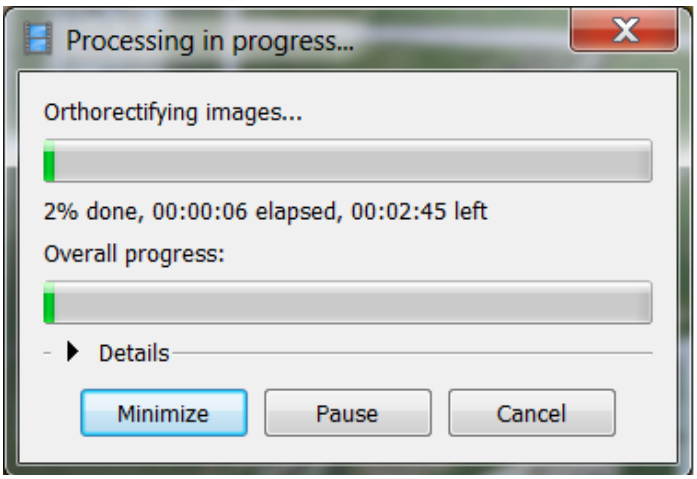
Yoğun nokta bulutu ürettikten sonra (Build dense cloud) sırası ile sayısal yükseklik modeli (DEM-Digital Elevation Model), yüzey ağı (Mesh) ve doku (Texture) oluşturulur. Bu adımların ardından ortomozaik oluşturulur (Build Orthomosaic) (Şekil 4.19).



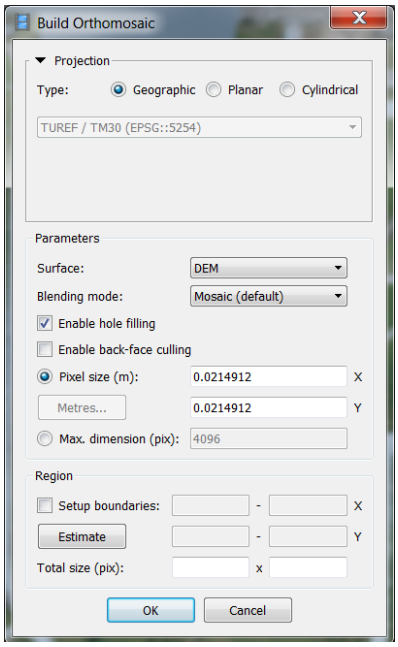
Şekil 4.19: Sonuç ürün oluşturma.

60 metre, 120 metre ve 180 metre uçuşları için normal kalibrasyon parametreleriyle bu işlem ayrı ayrı yapılmıştır. Ayrıca bu PI3000 yazılımından gelen parametreler ile de yine 60 m., 120 m., 180 m. için ortofotolar tekrar üretilmiştir.

Agisoft Photoscan ana menüsü üzerinde workflow seçeneğinin altında “Build Orthomosaic” seçeneğini tıklayarak ortofoto oluşturulur. Ortofotoyu oluşturmadan önce; hangi özelliklerde bir sonuç ürün istediğimizi belirtmemiz gerekir (Şekil 4.20, Şekil 4.21).

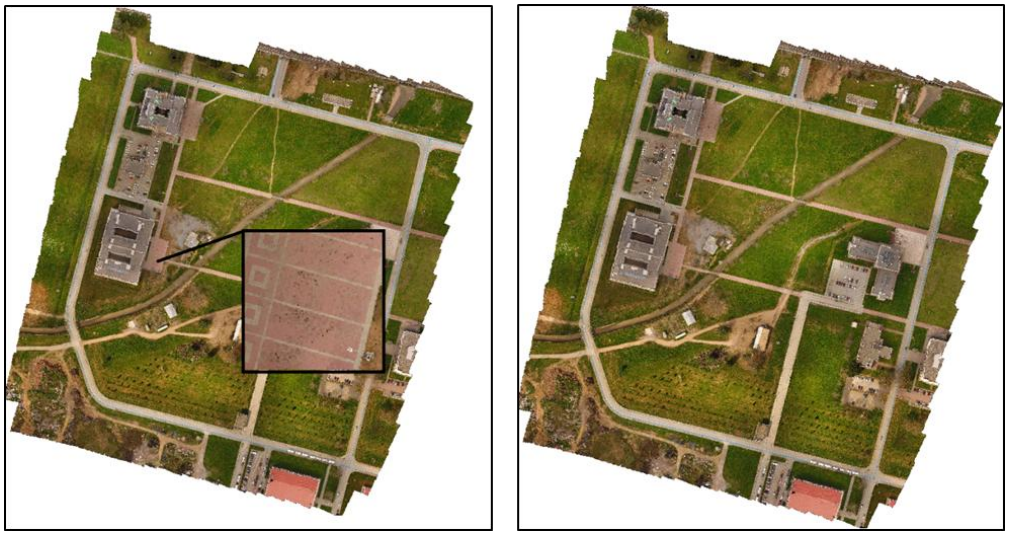


Şekil 4.20: İşlem süreci.



Şekil 4.21: Orthomosaic işlem adımları.

Tüm bu ofis çalışmaları sonunda 6 adet ortofoto üretilmiştir. Üretilen 6 adet ortofoto Şekil 4.22, Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'te gösterilmektedir.

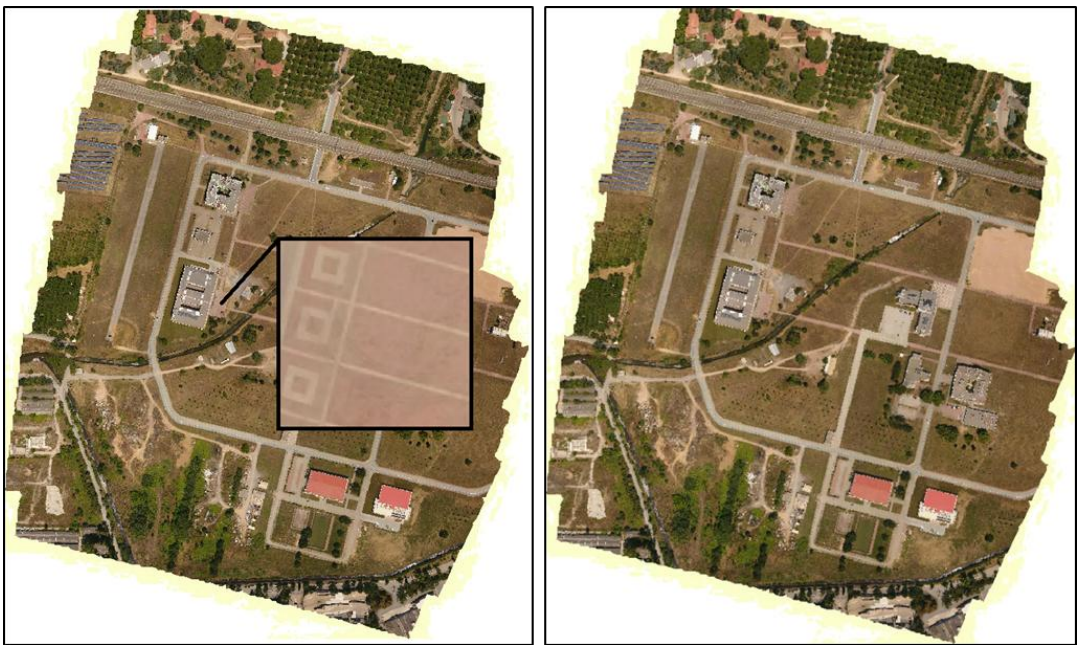


(a) Normal (b) Kalibrasyonlu

Şekil 4.22: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 60 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar.

(a) Normal (b) Kalibrasyonlu

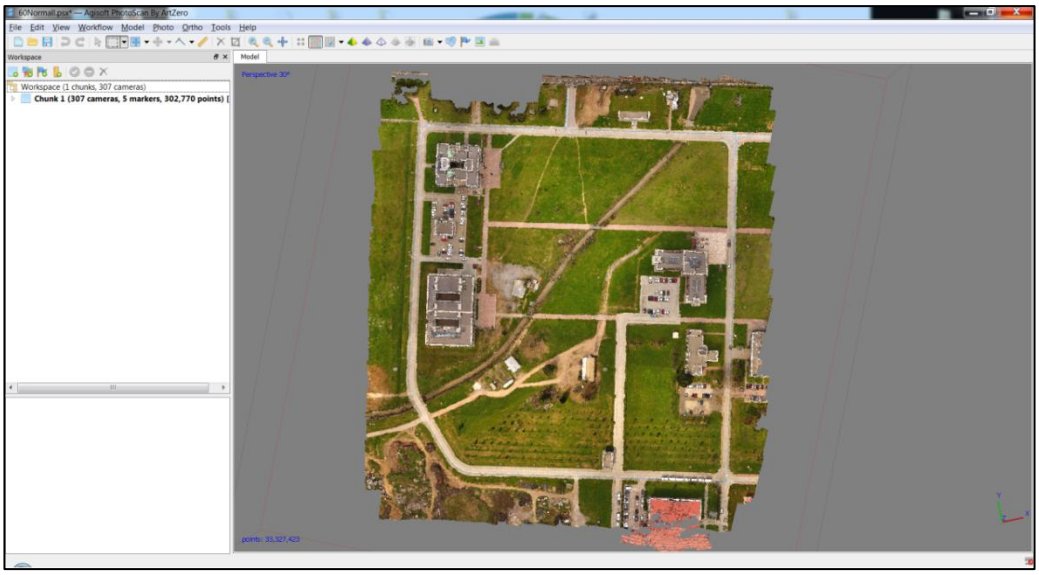
Şekil 4.23: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 120 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar.



(a) Normal (b) Kalibrasyonlu

Şekil 4.24: Normal ve parametreli kalibrasyon değerleriyle elde edilen 180 metre uçuş yüksekliğinden elde edilen ortofotolar

Ardından elde edilen altı adet ortofotonun her biri AutoCAD-Land Desktop ile geo-referanslandırılmıştır.



Şekil 4.25: Agisoft Photoscan Ortofoto ekran görüntüsü.

4.5.3. Geo-referanslandırma İşlemi

Program üzerinde farklı yüksekliklerden elde edilmiş ortofotoların her biri AutoCAD üzerinde açılarak yer kontrol noktaları; GPS ölçümleriyle kıyas yapılmak üzere işaretlenmiştir. Bu işlem sırasında operatör hatalarını minimuma indirmek için ortofotoların çözünürlüğünü maksimum seviyede tutmak gerekmektedir.

İşlem yapılacak sabit noktalar belirlenmiş ve bazı noktalar sabit olarak kabul edilmiştir. Diğer noktalar ise proje sonunda kıyas yapılmak amacıyla yer kontrol noktası olarak kullanılmıştır.

Agisoft Photoscan yazılımında üretilen altı adet ortofotonun her biri ayrı ayrı AutoCAD yazılımında geo-referanslandırılmıştır. Ortofotoları georeferanslandırmak üzere kullanılan yer kontrol noktaları Tablo 4.4'te verilmektedir.

Tablo 4.4: Georeferanslandırmada kullanılan yer kontrol noktaları.

P.11	445981.6488	4519422.619	45.6168
P.32	445637.1356	4519505.909	43.94975
P.54	445890.4069	4519044.717	42.70415

Elde edilen ortofotoların geo-referanslandırma işlemi sırasıyla şu şekilde yapılmıştır; ortofotolar attach edildikten sonra sabit olarak kabul edilen 3 adet yer kontrol noktası seçilerek ortofoto geo-referanslandırılmış ve koordinatlı hale getirilmiştir.

Kontrol amaçlı kullanılan yer kontrol noktaları bulunup resim koordinatları ölçülmüştür.

Bu işlemler sonucunda geo-refereans ile koordinatlandırılmış ortofoto üzerinde, GPS ile elde edilen koordinat bilgilerinin karşılaştırması yapılmaktadır.

Altı adet ortofoto geo-referanslandırıldıktan sonra kontrol noktalarının koordinat okumasına geçilmiştir.

Şekil 4.26 AutoCAD Desktop Land devalopment yazılımında 120 metrelik normal parametreli ortofotonun geo-referanslandırılmasına ait görüntüdür.

Şekil 4.26: Ortofoto ekran görüntüsü

4.6. Değerlendirme ve Analiz

60 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.27'de gösterilmektedir.

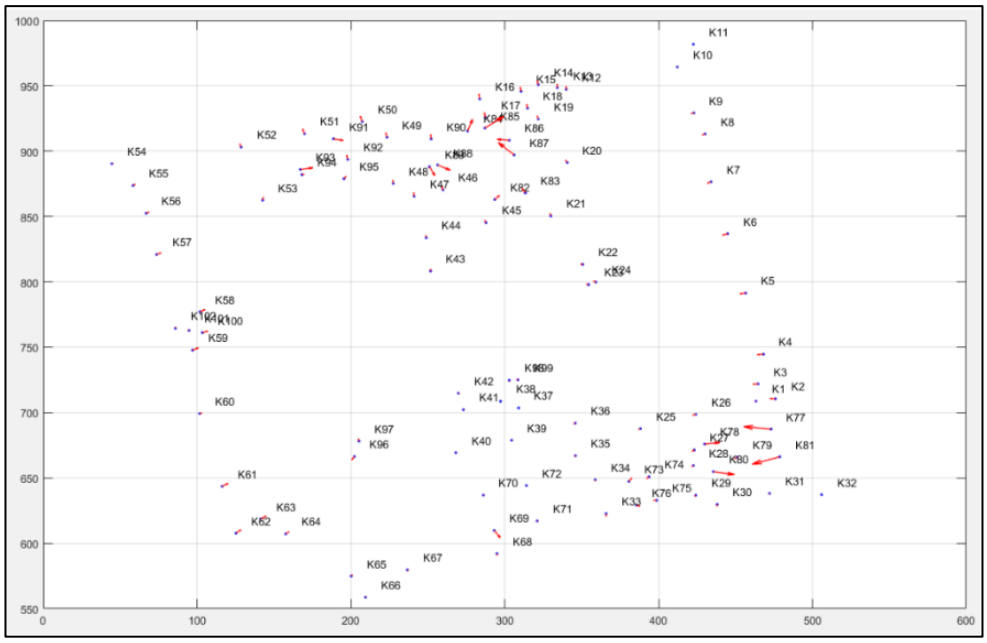
60 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.28.' de gösterilmektedir.

Şekil 4.27 ve Şekil 4.28' e göre bina üstlerindeki kontrol noktaları zeminde bulunan noktalara kıyasla standart sapması daha fazla çıkmaktadır. Ayrıca çalışma alanının merkezine doğru yer kontrol noktalarının doğrulukları artmaktadır.

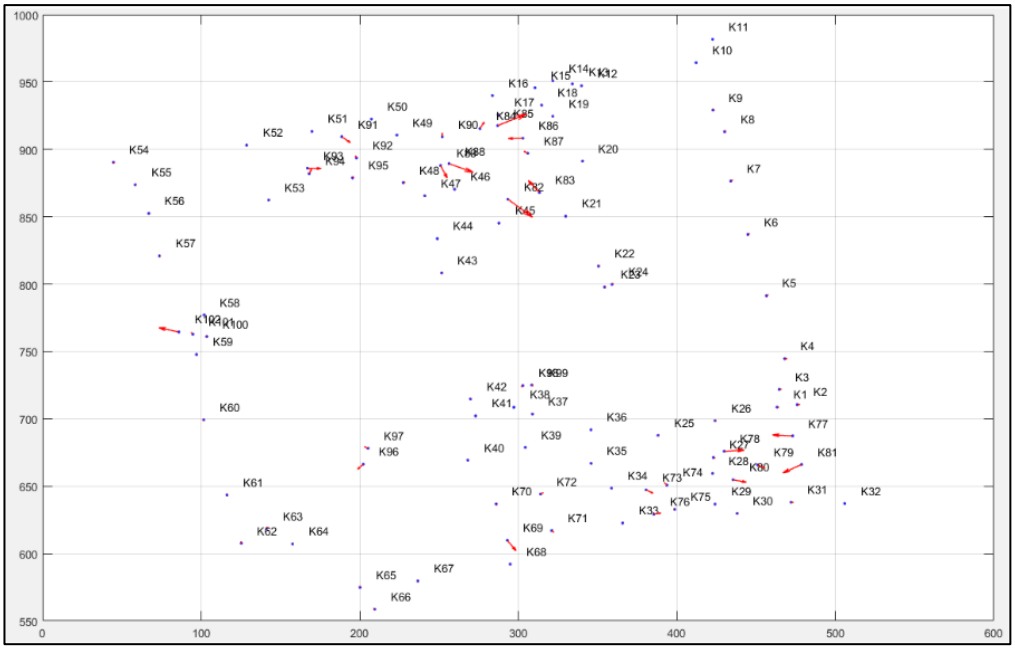
60 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.29' da gösterilmektedir.

60 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.30' da gösterilmektedir.

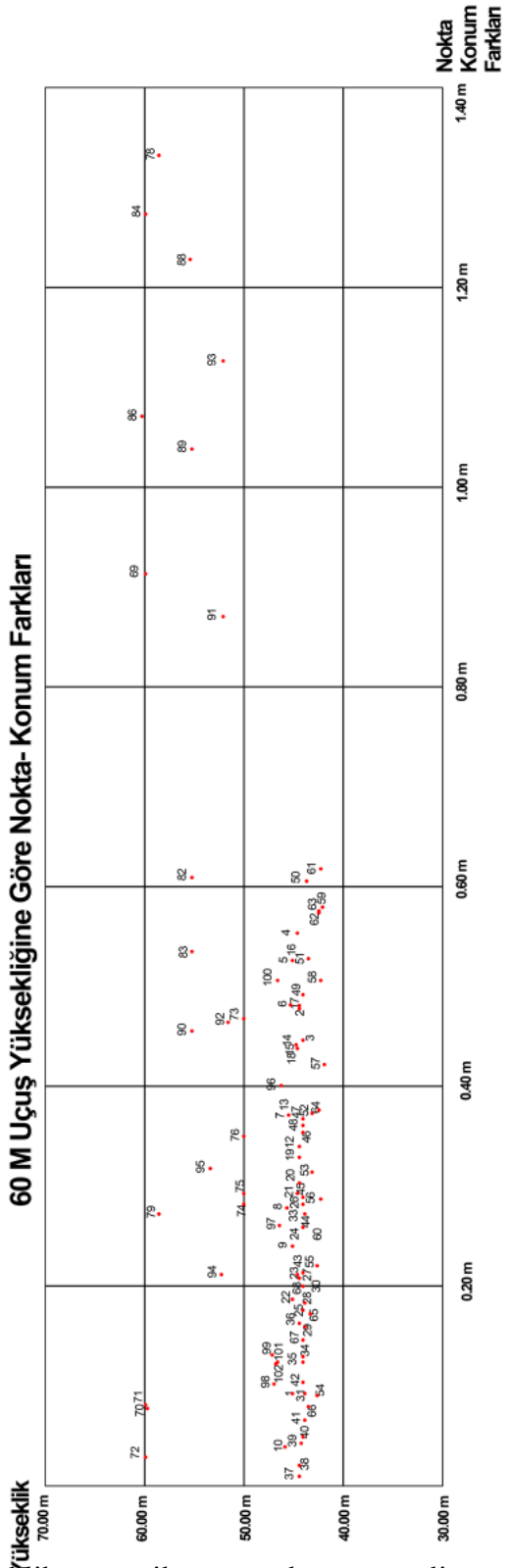
Şekil 4.29 ve Şekil 4.30' a göre kalibrasyon parametresi kullanılması nokta konum farklarını azaltarak daha hassas sonuç vermekte iken, normal parametre ile nokta konum grafiğinde yayılma olduğu görülmektedir. Şekil 4.30' da görüldüğü gibi noktaların çoğunluğu bir öbek halinde toplanmış ve 20 cm sınırının altında yer almıştır. Her iki durumda da bina üstlerindeki noktalar hatalı çıkmış olup standart sapma değeri 1.40 metre üzerinde hatalı bulunan noktalar grafiklere dahil edilmemiştir.



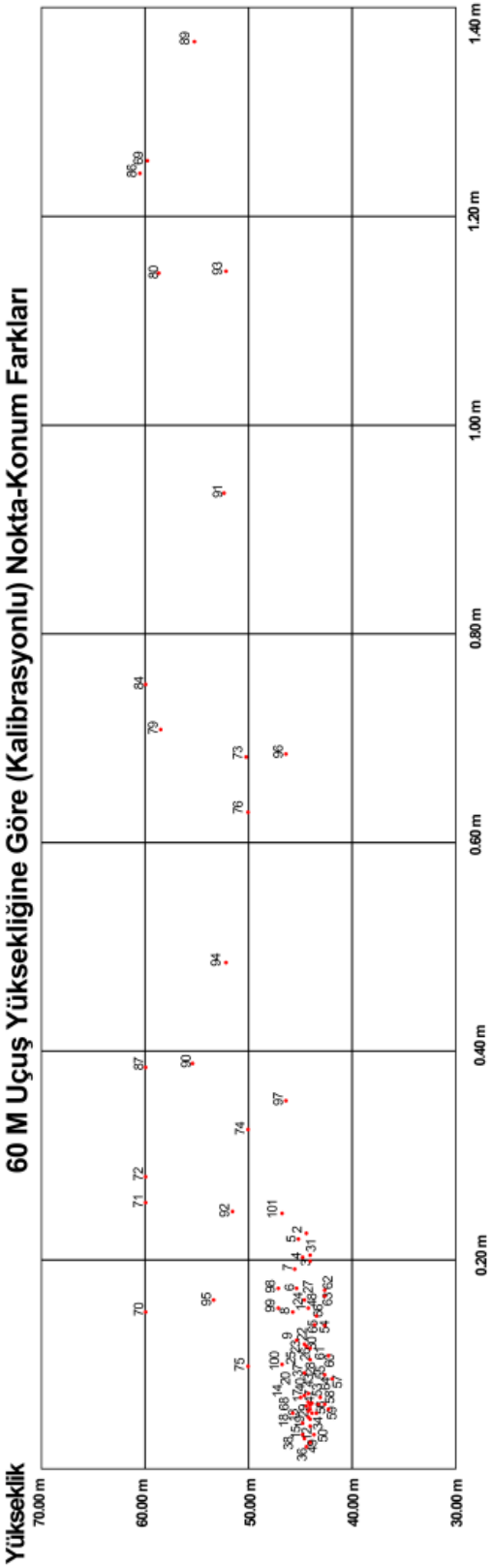
Şekil 4.27: 60 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri.



Şekil 4.28: 60 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri



Şekil 4.29: 60 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata



Şekil 4.30: 60 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata.

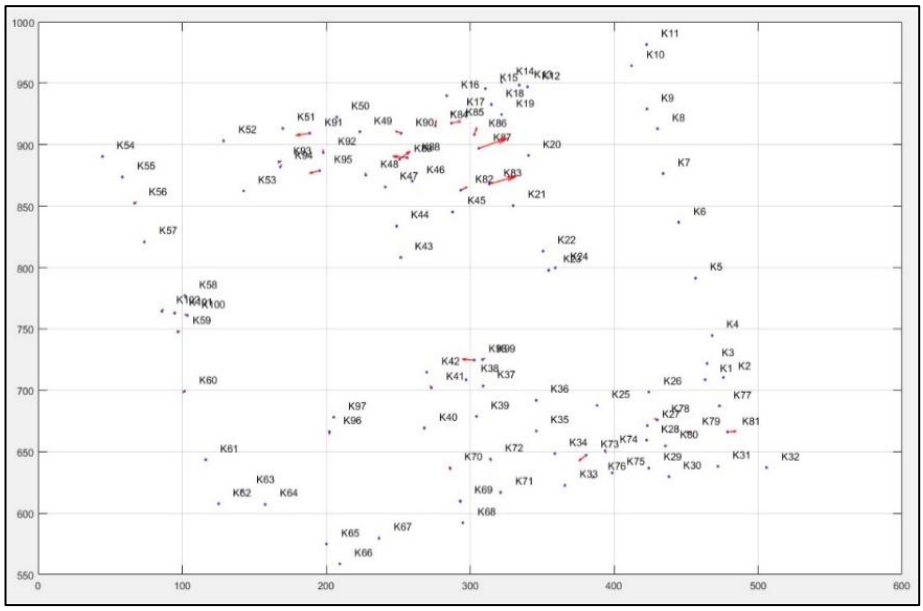
120 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.31'de gösterilmektedir.

120 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.32'de gösterilmektedir. Şekil 4.31 ve Şekil 4.32' de gösterilen hata vektörlerinin "Y" ekseninde, "X" eksenine göre daha fazla olması uçuş yönü ile ilgili bir sorun olabileceğini işaret etmektedir.

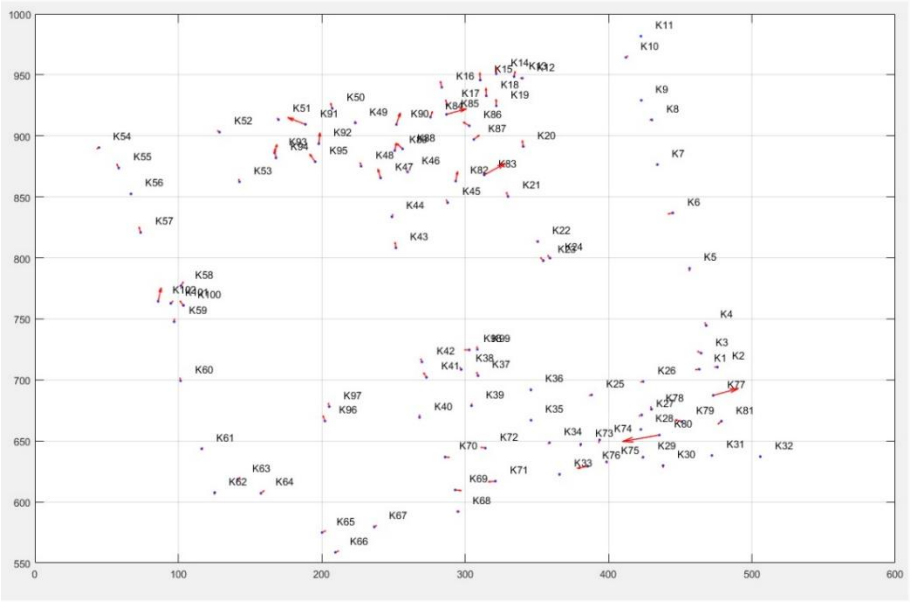
120 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.33' te gösterilmektedir.

120 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.34' te gösterilmektedir.

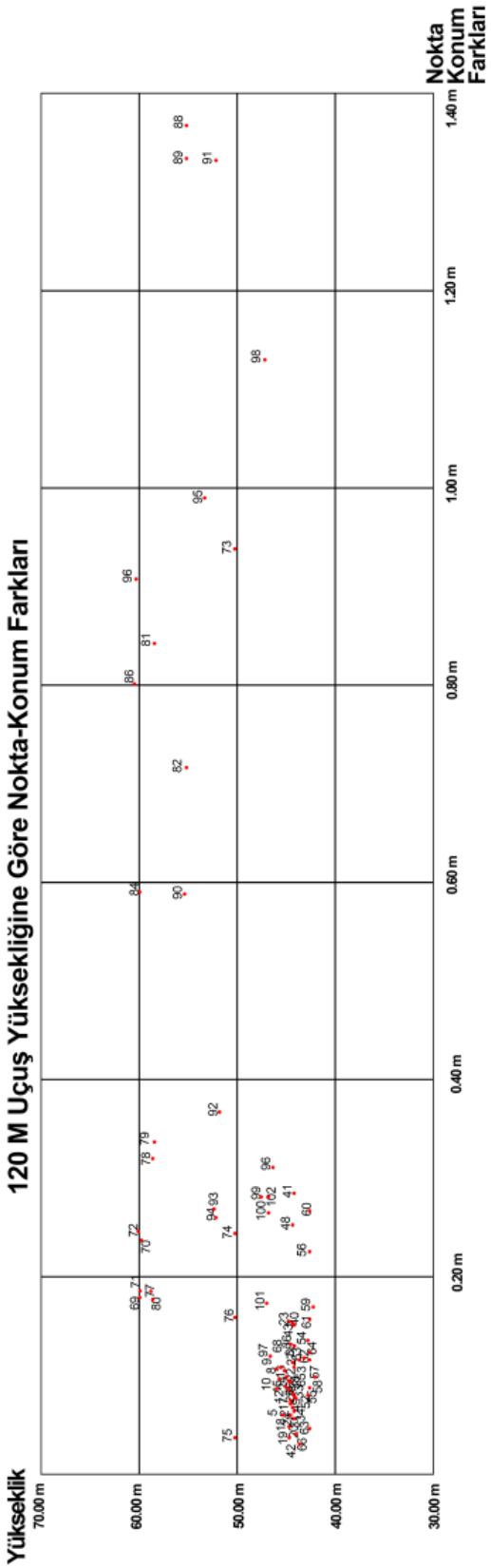
Şekil 4.33 ve Şekil 4.34' e göre normal parametreler, hesaplanan parametrelere göre daha az bağıl hataya sahiptir. Şekil 4.33' e göre nokta kümesi bir yerde toplanmış ve 0.2 m' nin altında kalmıştır. Ayrıca zemindeki noktaların birbirine daha yakın hassasiyette olduğu görülmektedir. Şekil 4.34' te ise nokta kümesinin yatayda yayıldığı görülmektedir. Bu ise bağıl hatanın sabit olmadığı ve sürekli değişiklik gösterdiğini belirtmektedir.



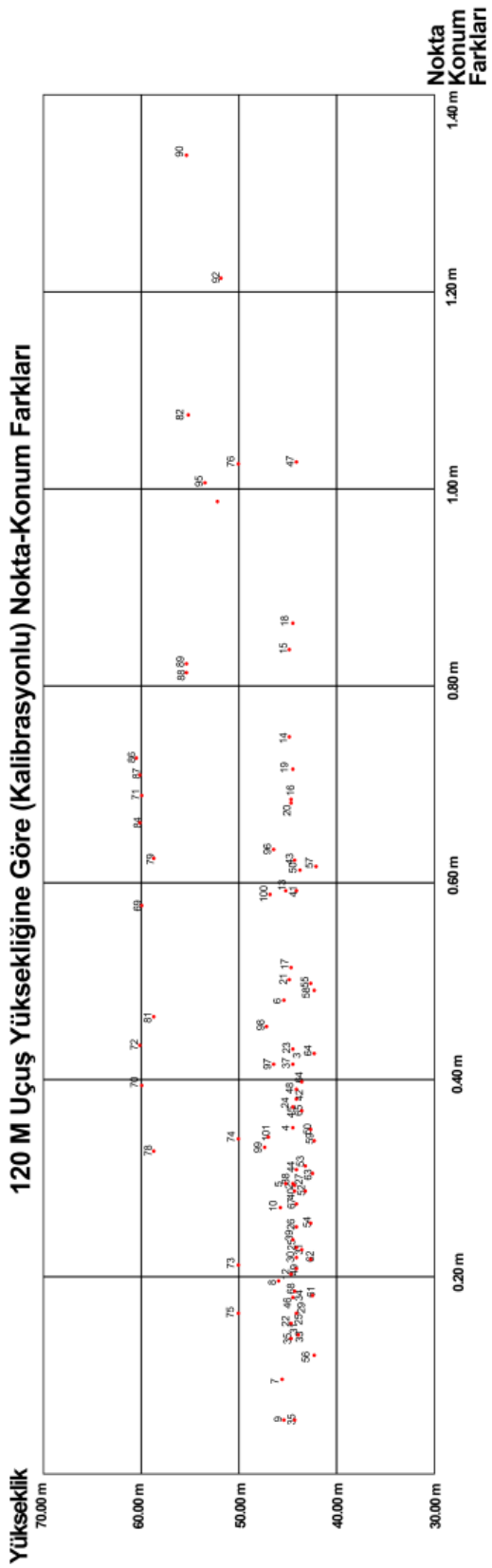
Şekil 4.31: 120 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri.



Şekil 4.32: 120 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri.



Şekil 4.33: 120 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata.



Şekil 4.34: 120 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata.

180 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.35' te gösterilmektedir.

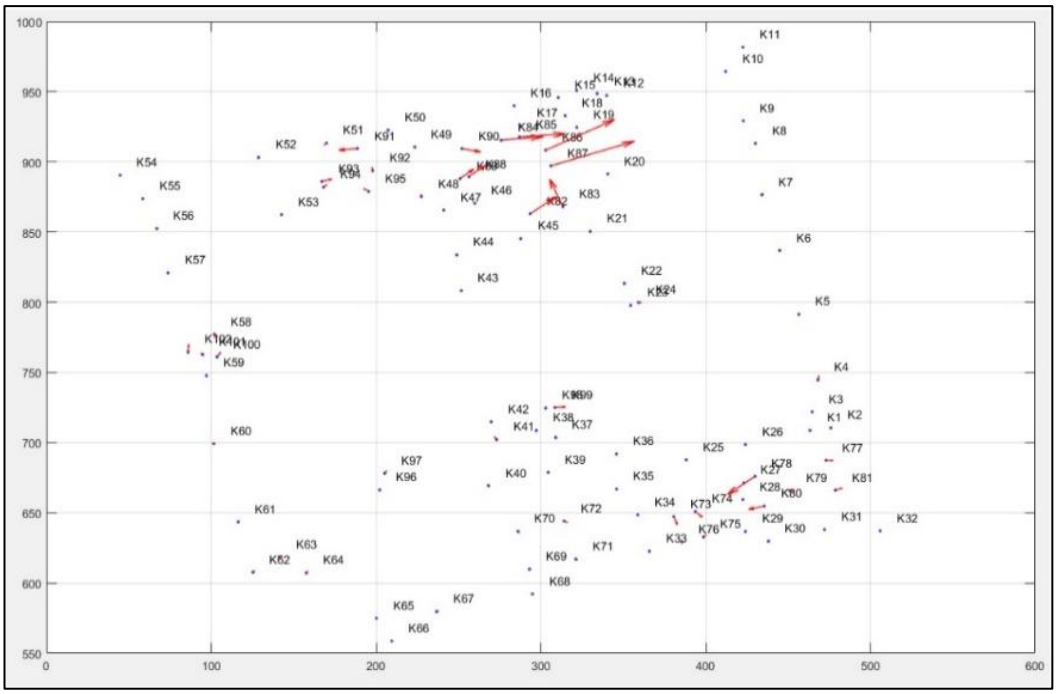
180 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar arasındaki hata vektörleri Şekil 4.36' da gösterilmektedir.

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36' da görülen vektörler diğer bütün çalışmanın en hatalı verileri olarak ortaya çıkmaktadır. Hata, diğer grafiklerdeki gibi "Y" ekseni üzerinde yayılmaktadır.

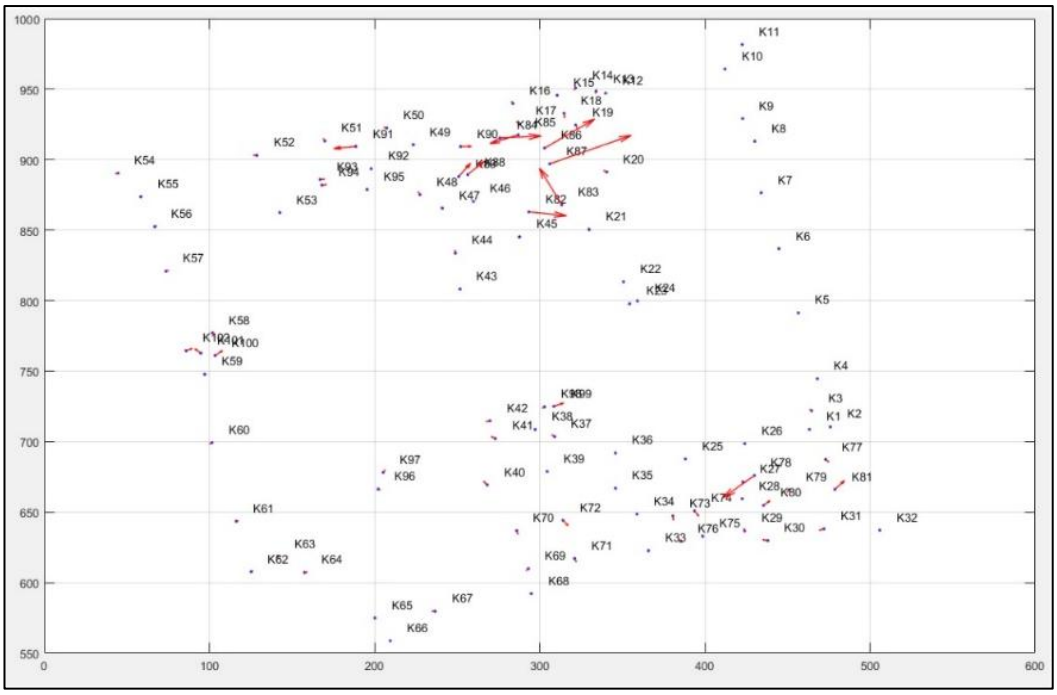
180 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve normal kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.37' de gösterilmektedir.

180 metre uçuş yüksekliğinden çekilmiş fotoğraflar ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak elde edilen ortofotodan okunan kontrol noktası koordinatları (X,Y,Z) ile jeodezik ölçme sonucu elde edilen, hatasız kabul edilen, koordinatlar (X,Y,Z) arasındaki bağıl hatayı gösteren grafik Şekil 4.38' de gösterilmektedir.

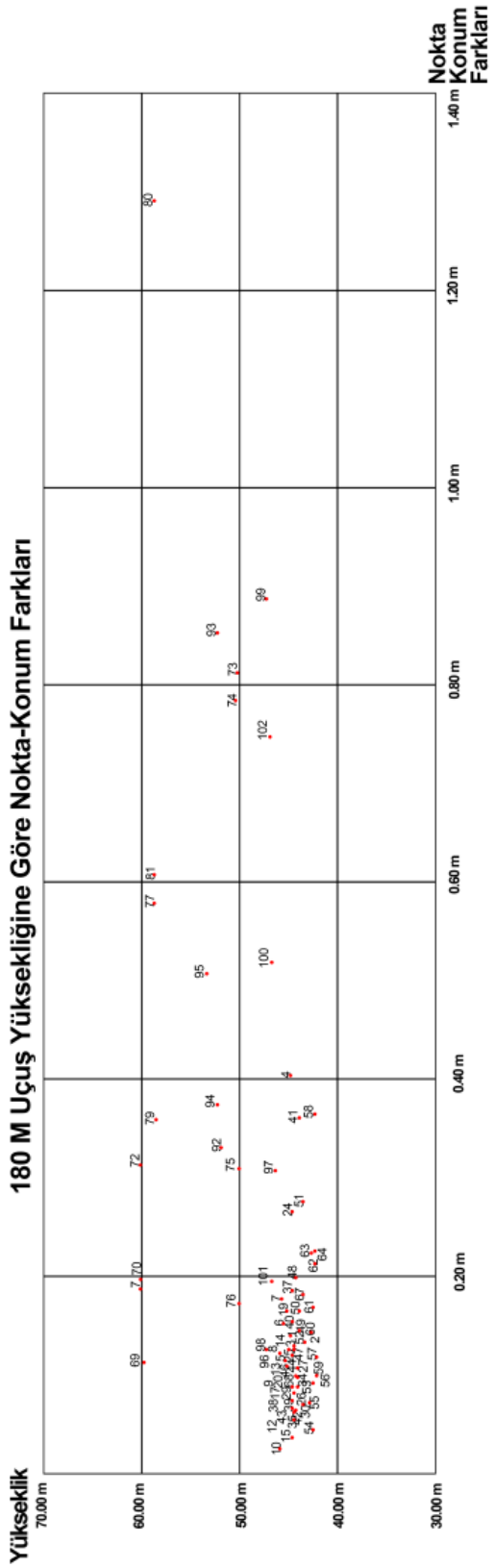
Şekil 4.37 ve Şekil 4.38' de bulunan grafikler incelendiğinde normal parametrenin kalibrasyon parametrelerine oranla daha doğru bir sonuç verdiği görülmektedir. Nokta kümesi Şekil 4.37' de birbirine yaklaşıp öbek haline gelirken, Şekil 4.38' de ise grafik üzerinde yayılarak homojen olmayan bir görüntü ortaya çıkmaktadır.



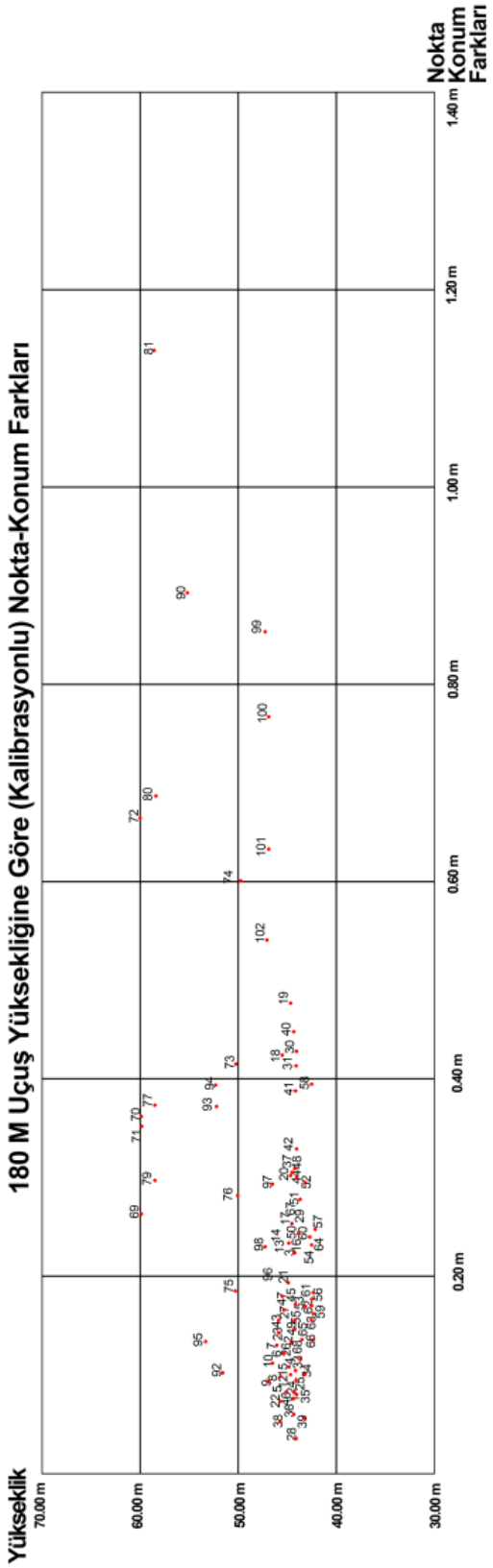
Şekil 4.35: 180 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri.



Şekil 4.36: 180 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları (GPS) arası nokta konum vektörleri.



Şekil 4.37: 180 metre yükseklikten üretilen normal parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata.



Şekil 4.38: 180 metre yükseklikten üretilen kalibrasyon parametreli ortofoto ve yer kontrol noktaları arasındaki yüksekliğe bağlı bağıl hata.

60 m, 120 m ve 180 m yüksekliklerden yapılan uçuşlar ile elde edilen ortofotolar ile parametre değerleri hesaplanarak oluşturulan ortofotolar arasındaki farklılıkların araştırılması ve analiz edilmesi üzerine yapılan bu çalışma yorumlanması gereken bir sonuç ortaya çıkarmaktadır.

Aşağıda açıklanan gösterge ve tablolarda; fotoğrafların çekildiği kameraya ait özelliklerin değiştirilerek nasıl farklı sonuçlar elde edileceği ortaya konmaktadır.

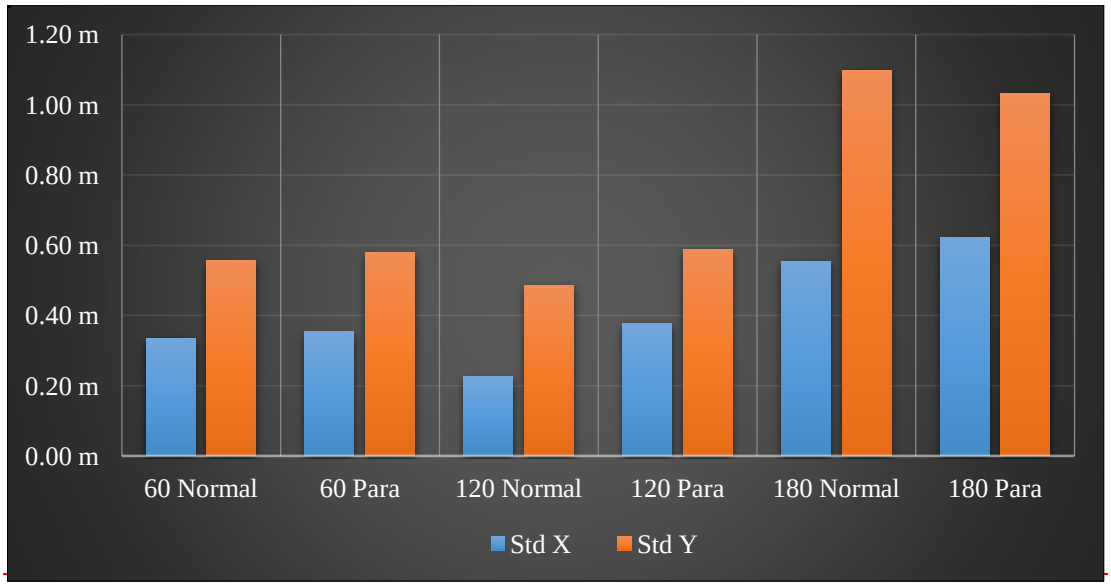
Gözlem alanı, kullanılan donanım ve yazılım özelliklerinin sabit tutulması, farklı yüksekliklerde yer-örneklem aralıklarındaki hassasiyet farklılığının saptanması açısından önem taşımaktadır.

Bunun yanı sıra farklı uçuş yükseklikleri ve kalibrasyon parametresi kullanımı ile X ve Y konum doğruluğuna etkisi gösterilmektedir.

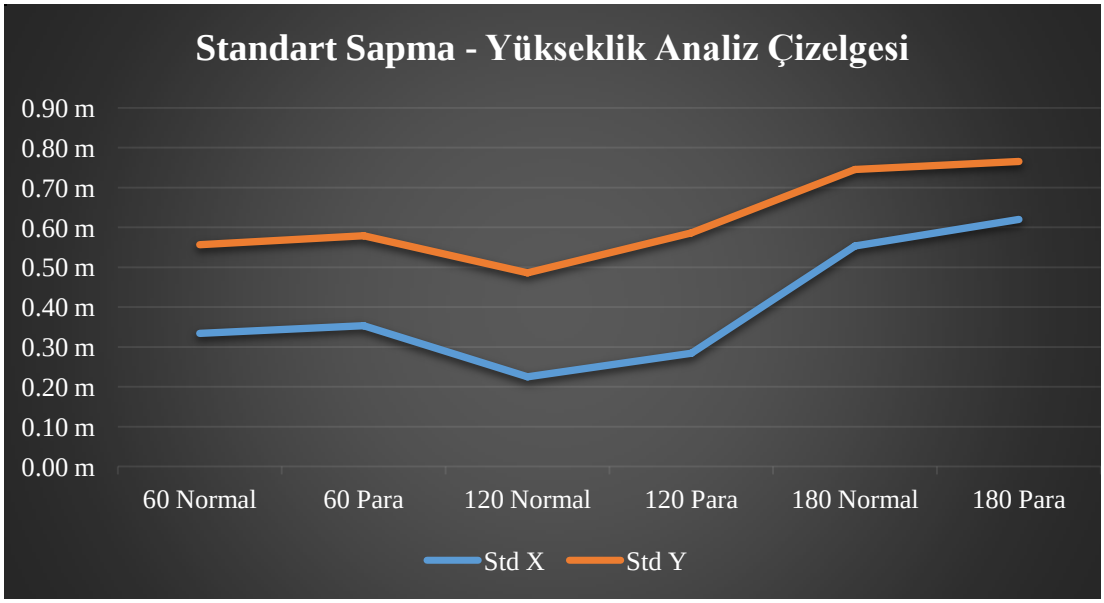
Kaba hatalı değerleri tablodan kaldırdıktan sonra sonuçların standart sapmasının azaldığını göstermektedir. Ayrıca kaba hataların genellikle operatör tarafından değerlendirme yapılırken ortaya çıktığı düşünülmektedir. Arazi kotundan farklı yüksekte, bina çatılarında, tesis edilmiş kontrol noktalarındaki konum hataları fazla olduğu için X ve Y eksenleri için iki ayrı tabloda (Tablo 4.5 ve Tablo 4.6) analiz yapılmıştır. Aradaki farklar açık şekilde görülmektedir. Çalışma alanında bulunan kontrol noktalarının yüksekliği arttıkça, standart sapmada da artış görülmektedir. Tablo 4.5'e ait grafik Şekil 4.39 ve Şekil 4.40' ta verilmektedir.

Tablo 4.5: Standart sapma tablosu.

	60 Normal	60 Para	120 Normal	120 Para	180 Normal	180 Para
Std X (m)	0.33469707	0.353896853	0.225343593	0.377408448	0.553718431	0.620578464
Std Y (m)	0.55663007	0.578883045	0.486106024	0.586570694	1.097754086	1.031874001
Std X-Y (m)	0.64950687	0.678489913	0.535797352	0.69749718	1.22949914	1.204110287



Şekil 4.39 Standart sapma - Yükseklik grafiği.



Şekil 4.40: Standart sapma - Yükseklik Analiz Çizelgesi.

Yukarıda verilen grafikler ve analizler incelendiğinde;

Kaba hatalı noktalar ve bina üstlerinde işaretlenmiş kontrol noktalarının verdiği sonuç yukarıdaki tablolarda gösterilmiştir. Bu tablolar incelendiğinde "Y" ekseni koordinatlarının standart sapması "X" ekseni koordinatlarına göre daha fazladır. X'ler in konum doğruluğu her ne kadar daha yüksek olsa da uçuş yüksekliğine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Tablo 4.5).

60, 120 ve 180 metreden yapılan uçuşlardan elde edilen standart sapma grafikleri incelendiğinde 120 metre uçuş yüksekliği kullanılan kameranın diğer örneklemelere göre daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir (Şekil 4.39).

60 metreden yapılan uçuşların hem normal hem kalibrasyon ile yapılmış ortofotolarının arasında normal değerler ile yapılan ortofotonun konum doğruluğu parametresi hesaplanmış ortofotoya göre konum doğruluğu oranı daha fazladır. Her iki durumda da "Y" koordinatının standart sapması "X" e göre daha yüksektir (Şekil 4.39).

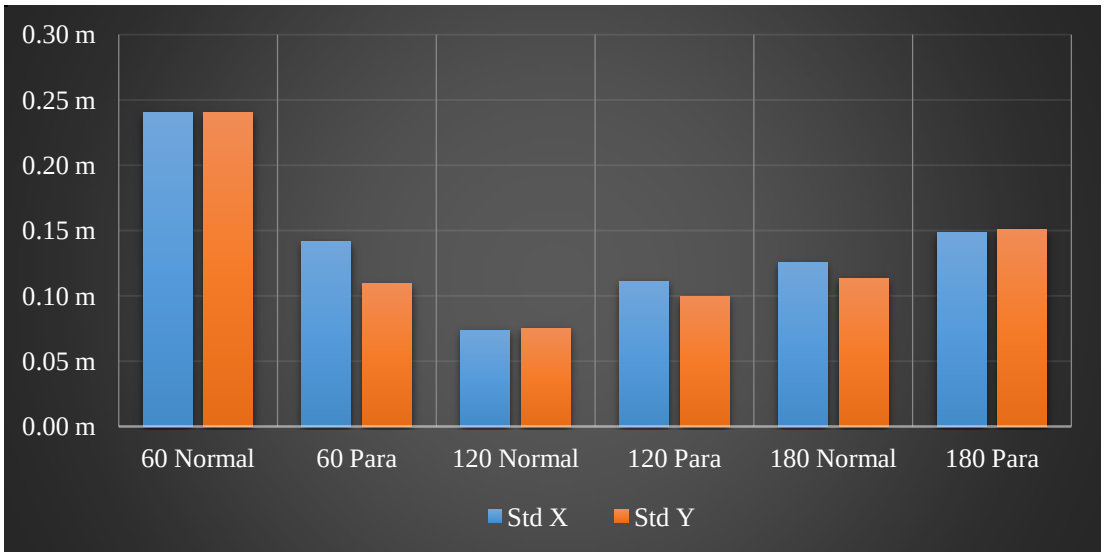
120 metreden çekilen fotoğraflar ile oluşturulan ortofotodan elde edilen karşılaştırmada ise hem normal hem kalibrasyon parametresi kullanılarak yapılan kontrollerde diğerlerine göre en doğru ölçü bu yükseklikte elde edilmektedir. "X" koordinatlarında 0.2 m ila 0.4 m arasında değişen bir standart sapma gözlemlenirken, "Y" koordinatlarında 0.4 m ila 0.6 m arasında bir farklılık gözlemlenmektedir (Şekil 4.39).

180 metreden yapılan uçuşlar ile elde edilen hava fotoğrafları ile oluşturulan ortofotoların konum doğruluğu normal parametre değerlerinde; "X" koordinatında 0.4 m ila 0.6 m arasında gözükürken "Y" de ise hata daha fazla olup 1.0 m ila 1.2 m aralığındadır. 180 metreden yapılan uçuşları kalibrasyon parametresinde tabi tutup değerlendirildiğinde ise "X" 0.6 m ile 0.8 m arasında standart sapmaya erişememektedir. Aynı durumda "Y" koordinatı ise; 1.0 m ile 1.2 m arasında standart sapma göstermektedir (Şekil 4.39).

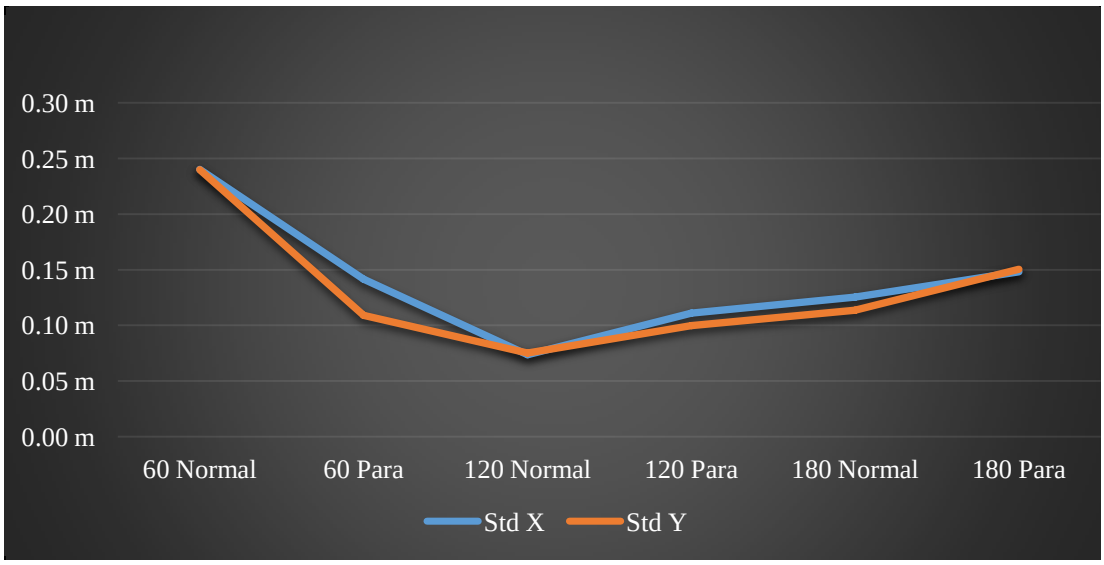
Kaba hatalı noktalar elendikten sonra oluşan tablo ve grafikler aşağıdaki gibidir;

Tablo 4.6: Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma tablosu.

	60 Normal	60 Para	120 Normal	120 Para	180 Normal	180 Para
Std X (m)	0.240102472	0.141515423	0.07364222	0.114661706	0.134564113	0.148108015
Std Y (m)	0.239926088	0.109171288	0.07517531	0.102490844	0.118628053	0.150573523
Std X-Y (m)	0.339431473	0.178731601	0.10523547	0.141102427	0.173739857	0.211206936



Şekil 4.41: Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma - yükseklik grafiği.



Şekil 4.42: Kaba hatalar elendikten sonra standart sapma-yükseklik analiz çizelgesi.

Bina çatılarında ölçülmüş yer kontrol noktalarını ve kaba hatalı noktaları çıkardıktan sonra yapılan analizlerde ise Tablo 4.6'da, Şekil 4.41 ve Şekil 4.42' de görüldüğü gibi standart sapmalarda azalma görülmüştür. Ancak her uçuş yüksekliği farklı farklı sonuçlar doğurmuştur.

60 m 'den yapılan uçuş ile ilgili olarak nokta konum doğrulukları normal parametreler ile işlendiğinde hem "X" hem de "Y" eksenlerinde yaklaşık aynı standart sapmaya sahiptir. 0.2 m ile 0.25 m arasında kaldığı görülmüştür (Tablo 4.6).

Yine aynı şekilde 60 m' den elde edilen görüntüleri kalibrasyonlu parametre değerleri ile değerlendirdiğimizde sonuç biraz daha farklı çıkmaktadır. Bu durumda

“X” in standart sapması 0.1 ile 0.15 arasında seyrederken “Y” nin standart sapması ise 0.1 m’ yi yakalamıştır (Şekil 4.41).

120 m irtifasında yapılan uçuşlar ile elde edilen fotoğrafların normal parametreler ile dengelenmesi sonucu ise hem “X” hem de “Y” standart sapmaları 0.05 m ile 0.10 m arasında kalıp birbirine en yakın hali almıştır. Bu çalışmadaki doğruya en yakın örneklem 120 m uçuş yüksekliğinde yapılan örneklem olmuştur. (Şekil 4.41).

120 m’ den çekilen fotoğrafları hesaplanan kalibrasyon parametreleri ile değerlendirdiğimiz taktirde “X” in 0.2 m ile 0.25 m aralığına kadar yükseldiğini görmekteyiz. Ayrıca “Y” standart sapması da 0.15 m ile 0.2 m arasına kadar yükselmiştir (Şekil 4.41).

180 metre yükseklikten elde edilen hava fotoğraflarının kaba hatalı ve bina üzerlerinde tesis edilmiş noktalar çıkartıldıktan sonra normal parametreler ile değerlendirilmesi sonucu “X” 0.1 m ile 0.15 m arasında kalmıştır. “Y” ise 0.1 in altında bulunmaktadır (Şekil 4.41).

Yine aynı yükseklikten elde edilen hava fotoğrafları, kaba hatalı ve binalar üzerinde tesis edilmiş noktalar çıkarıldıktan sonra hesaplanan kalibrasyon parametreleri ile değerlendirildiğinde hem “X” hem de “Y” 0.15 m standart sapmasına ulaştığı görülmektedir (Şekil 4.41).

Tüm bu analizlerin ışığında “Y” koordinatlarında standart bir hata olması ya da “X” e göre daha fazla hataya sahip olması eksen ile ilgili bir hatadan kaynaklı olabileceği şeklinde yorumlanmıştır (Şekil 4.41).

Ayrıca yapılan çalışma sonucunda normal parametrelerin, hesaplanan kalibrasyon parametrelerine oranla gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir. Buna ek olarak 120 m’ den yapılan uçuşlar ile elde edilen hava fotoğraflarının değerlendirilmesi sonucu ortaya çıkan ortofotonun standart sapmasının, kaba hatalar ve yüksek hatalı noktalar elendikten sonra ortaya çıkan ortofotodan daha hatalı olduğu görülmektedir. Her iki örneklemde de 120 m uçuş yüksekliğinin kullanılan kameraya ve odak uzaklığına göre optimum uçuş yüksekliği olduğu anlaşılmaktadır. Bağıl hata grafiklerine göre 60 m kalibrasyon parametreli, 120 m ve 180 m normal parametreli durumların diğer durumlara göre daha doğru sonuç verdiği görülmüştür.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde kullanılımı gittikçe artan ve birçok disiplinde kullanılmaya başlanan insansız sistemlerin ölçme aracı olarak kullanılması; birçok soru işaretini de beraberinde getirmektedir. Bunlardan en önemlisi ise konum doğruluğu ve hassasiyettir. Bu tez çalışmasında 60, 120 ve 180 m yükseklikleri için normal ve hesaplanan kalibrasyon parametreleri kullanılarak; farklı durumlar ve koşullarda konum doğrulukları ve standart sapmaları test edilmiştir. Tez çalışmasında kullanılan test alanına tesis edilen 104 nokta vardır. Bunlardan 68 tanesi yüzeyde olup 36 tanesi ise binaların çatılarında ve teraslarında bulunmaktadır. Yer kontrol noktaları GPS yardımıyla ölçülmüştür. Kalibrasyon parametreleri PI 3000 adlı program yardımıyla hesaplanmıştır. Hava fotoğrafları Dji Go 4 İnsansız Hava Aracıyla (İHA) çekilmiştir. Üzerindeki kamera çözünürlüğü 12 MP' dir. Ortofoto üretimi Agisoft Photoscan adlı ticari yazılımın deneme sürümü ile elde edilmiştir. Geo-referanslandırma işlemi AutoCAD' te yapılmıştır.

60 m yüksekten elde edilen ortofotonun yer örneklem aralığı 2.62 cm olup 6000 m baz uzunluğuna sahiptir. Ve 307 adet hava fotoğrafı içerir. Bindirme oranı sabit olduğu için fotoğraf sayısı 120 ve 180 m' ye göre fazladır.120 m yükseklikten elde edilen ortofotonun yer örneklem aralığı 5.25 cm olup 3200 m baz uzunluğuna sahiptir. Bu yükseklikte toplamda 112 adet fotoğraf çekilerek ortofoto elde edilmiştir.180 m yükseklikten elde edilen ortofotonun yer örneklem aralığı 7.88 cm olup baz uzunluğu 3000 m' dir. Bu yükseklikte 76 adet fotoğraf ile ortofoto oluşturulmuştur.

Otonom araçlar ile yapılan çalışmaların sürdürebilirliği maliyet, zaman ve hassasiyet dereceleri bakımından araştırılmalıdır. İHA ile yapılan bu tez çalışmasında bazı avantajlar ve dezavantajlar bulunmaktadır. Örneğin;

Dezavantajları;

- İHA'ların alçak irtifa uçuşu yapması, fotoğraflar arasında örtüşememe durumunu ortaya çıkarabilir ve eğimli bölgelerde bindirme oranlarının arttırılarak fazla görüntü elde edilmesine yol açabilir. Bu durumda saklanacak data boyutu artacağından tercih edilen bir durum değildir.

- İHA'ların rüzgârlı havada titremesi sonucu oluşan görüntü bozuklukları fotoğraf kümesinin örtüşmemesine neden olabilir.
- İHA'nın havada kalma süresi kısa olduğundan uygulamaların kesintiye uğramasına yol açabilir.
- İHA'nın sinyal gücü düşük ise birkaç yüz metre ilerledikten sonra kontrol ünitesinden kaybolabilir. Bu durum pilotun özgüvenini yitirmesine sebep olur.
- Bu tip çalışmalarda çok fazla veri ve değişken olması bir dezavantajdır. Ancak birkaç değişken ile sonuç elde etmekte mümkün değildir.
- Yeryüzüne göre daha yüksekte kalan bina çatısı gibi noktaların konum doğruluğu düşük bulunmuştur.
- Uçuş yüksekliklerini 60 m, 120 m ve 180 m olarak belirlenmesi yerine daha da detaylandırılıp 60 m, 90 m, 120 m, 150 m ve 180 metre yüksekliklerde beş örneklem yapılarak daha sağlıklı sonuçlar alınabilir ve yorum yapılabilirdi. Üç uçuş yaparak elde edilen sonuçları yorumlamak bu çalışma için yeterli görülmüştür.
- Bu büyüklükteki bir alanda daha fazla nokta konumlandırılmasına ihtiyaç duyulmuştur. Yer kontrol noktalarının sayılarının az olması dezavantajdır.

Avantajları;

- Yer kontrol noktalarının olması avantajdır. Yer kontrol noktasının olmadığı durumlarda hassasiyet düşük olacağından ve yorum yapmaya imkan tanımayacağından bu bir avantajdır.
- Yer kontrol noktalarında iki farklı günde iki seri GPS ölçüsü yapılması avantajdır.
- Bu çalışmayı insansız sistemler ile yapmak diğer sistemlere göre daha avantajlıdır.
- Daha iyi özelliklere sahip bir İHA kullanarak hassasiyeti derecesi daha yüksek görüntü elde edilebilirdi ancak bu irtifalarda görüntü kalitesi tez çalışması için yeterlidir.
- Sayısal arazi modeli için sadece doğal arazi üzerindeki noktalar yeterlidir. Bina üstlerinde ve teraslarına yükseklik farklarını arttırmak için tesis edilen noktalar

hassasiyet derecesini düşürmüştür. Bu durum standart sapmalardaki homojenliği bozmuştur.

- Bindirme oranının Y ekseninde %70 ve X ekseninde de %80 olması avantajdır. Böylelikle Agisoft Photoscan tarafından; resim blokları arasında daha fazla sınıflandırma yapılmıştır.

Eğer yer kontrol noktaları olmadan bu tez çalışması yapılmış olsaydı noktaların konum doğruluğu azalacaktı. Bindirme oranını arttırarak bu doğruluk arttırılabilir ancak yer kontrol noktaları ile yapılan işleme göre daha hassas olmayacaktır.

Uçuş yüksekliği ve kamera kalibrasyonlarına göre yapılan araştırmalar sonucu en ideal uçuş yüksekliği 120 metrelik uçuşla sağlanmaktadır. Bu değerlendirmeyi yaparken kameranın normal kalibrasyon değerleri kullanılmıştır. Hesaplanan kalibrasyon parametreleri ile yapılan ortofotoda hassasiyetin azaldığı görülmektedir.

Uçuş doğrultusu "Y" ekseni üzerinde olduğu için "Y" ' nin standart sapması "X" ' e göre daha yüksektir. Bunun önüne geçebilmek için aynı işlemi "X" ekseni üzerinde de yapılması sonuç açısından daha yüksek sonuçlar verecektir. Her iki durumda da çekilen fotoğraflar birlikte işlenirse standart sapmalar birbirine daha yakın olacağı beklenmektedir.

Daha büyük alan seçilerek kontrol noktalarının homojen dağıtılması sağlanabilir. Ayrıca daha çok yer kontrol noktası seçilerek konum doğruluğu da arttırılabilir.

GPS IMU tekniği kullanılarak çekilen hava fotoğraflarının hassasiyetti arttırılabilirdi. Böylelikle sonuç ürünlerdeki hassasiyetin daha yüksek olması sağlanmış olurdu.

Aynı çalışma mini lidar kullanılarak yapmak daha fazla kıyaslama yapma imkanı sağlayabilir.

Bağıl hataların irdelenmesi sonucunda; alçak irtifa uçuşlarında kalibrasyon parametresi kullanmak distorsiyon etkisine bağlı bağıl hatayı aza indirmekte ancak yükseklik arttıkça kalibrasyon parametresi kullanmak standart sapmayı indirgememektedir.

60 m kalibrasyon parametreli durumda noktaların bir araya toplanması; alçak irtifadan çekilen fotoğrafların piksel boyutu çok küçük olacağından; distorsiyon etkisinin giderilmesiyle ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

Abdallah A., Ali M. Z., Misic J., Misic V. B., (2019), "Efficient security scheme for disaster surveillance UAV communication networks", Information, 3-14.

Akgül M., Yurtseven H., Demir M., Akay A.E., Gülci S., Öztürk T., (2016), "İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları"

Atak H., (2018), "İnsansız Hava Araçları Kullanarak Ortofoto Harita Üretimi ve Doğruluk Analizleri", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.

Beg A. A. R., (2018), "3 Boyutlu Modellemede Yersel Lazer Tarama ve İnsansız Hava Araçları Verilerinin Entegrasyonu ve Kilistra Antik Kenti Örneği", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Chiang K., Tsai M., Chu C., (2012), "The development of an UAV borne direct georeferenced photogrammetric platform for ground control point free applications", Sensors, ISSN 1424-8220, 9162-9179.

Cui H., Lin Z., (2007), "UAVs (Unmanned Aerial Vehicle system) for generation of digital large-scale orthophotos Proceedings of Asia Display, 1-2, 2009-2012".

Dan T., Song F., Yu R., Yang K., Yang Y., Chen W., Gao X., Ong S. H., (2019), "Small UAV-based multi-temporal change detection for monitoring cultivated land cover changes in mountainous terrain", Remote Sensing Letters, 10 (6), 575-581.

Eisenbeiss H., Sauerbier M., (2004), "Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications", Photogrammetric Record 26 (136), 400-421.

Erdoğan A., (2016), "Şeritvari Haritaların İnsansız Hava Araçları İle Üretimi", Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi.

Ergün B., (2018), Sayısal Fotogrametri, Gebze Teknik Üniversitesi Ders Notları, Kocaeli.

Gençerk E. Y., (2016), "İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması ile İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Greenwood W. W., Lynch J. P., Zekkos D., (2019), "Applications of UAVs in civil infrastructure", Journal of Infrastructure Systems, 9-15.

Gürçay E., (2017), "Sürekli Gözlem Yapan Referans İstasyonları Tekniği ile İnsansız Hava Araçlarının Konumlandırılması", Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Heipke C., (1996), "Overview of Image Matching Techniques", Official Publication, OEEPE.

Karakış S., (2011), “Küçük Alanlarda Model Uçaklarla Haritalama Amaçlı Veri Üretim Olanaklarının Araştırılması”, Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.

Kılınçoğlu D. B., (2016), “Farklı İnsansız Hava Araçları ile Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi ve Doğruluk Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

Kraus K., Waldhausl P., (1993), “Photogrammetry”, Volume 1, Ferd. Dümmlers Verlog, Bonn.

Krüll W., Tobera R., Willms I., Essen H., Wahl N., (2012), “Early Forest Fire Detection and Verification using Optical Smoke, Gas and Microwave Sensors”, Procedia Engineering, Elsevier, 584-594.

Li C., Zhang G., Leı T., Gong A., (2011), “Quick imageprocessing method of UAV without control points data in earthquake disaster area”, Transactions of Nonferrous Metals Society of China, Elsevier, 523-528.

Liu X., Peng Z., Zhang L., (2018), “Real-time UAV rerouting for traffic monitoring with decomposition based multi-objective optimization”, Journal of Intelligent & Robotic Systems (2019), 94, 491-501.

Manyoky M., Theiler P., Steudler D., Eisenbeiss H., (2011), “Unmanned aerial vehicle in cadastral applications”, Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 38 (1/C22).

Mozas-Calvache A. T., Perez-Garcia J. L., Cardenal-Escarcena F. J., et al., (2012), “Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms”, Journal Of Archaeological Science, Elsevier, 521-530.

Niethammer U., James M.R., Rothmund S., Travelletti J., Joswig M., (2012), UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results”, Engineering Geology, Elsevier, 2-11.

Öztürk O., Bilgilioğlu B.B., Çelik M. F., Bilgilioğlu S.S., (2017), “İnsanız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması”, Geomatik Dergisi, 2(3), 135-141.

Perez J. A., Gonçalves G. R., Rangel J. M. G., Ortega P. F., (2019), “Accuracy and effectiveness of orthophotos obtained from low cost UASs video imagery for traffic accident scenes documentation”, Advences in Engineering Software, 132, 47-54.

Rango A., Laliberte A., Steele C., Herrick J. E., Bestelmeyer B., Schmugge T., Roanhorse A., Jenkins V., (2006), “Using unmanned aerial vehicles for rangelands: current applications and future potentials”, Environmental Practice.

Stagakis S., Gonzalez-Dugo V., Cid P., et al., (2012), “Monitoring water stress and fruit quality in an orange orchard under regulated deficit irrigation using narrow-band structural and physiological remote sensing indices”, Isprs Journal Of Photogrammetry and Remote Sensing, 47-61.

Strecha C., (2011), “The Accuracy of Automatic Photogrammetric Techniques on Ultra- Light UAV Imagery.” Photogrammetric Week'11, Dieter Fritsch (Ed.), Wichmann, 289-294.

Toprak A. S., (2014), “Fotogrametrik Tekniklerin İnsansız Hava Araçları ile Mühendislik Projelerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Konya Selçuk Üniversitesi.

Uzunsakal L., (2018), “Kıyı Profilinin İnsansız Hava Araçları Yardımı ile Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi.

Wang F., Wang F., Zhang Y., Hu J., Huang J., Xie J., (2019), “Rice yield estimation using parcel-level relative spectral variables from UAV-based hyperspectral imagery”, Frontiers Plant Science, 10 (453), 2-9.

Web-1, (2011), https://www.int-arch-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net, (Erişim Tarihi: 10/12/2018).

Wu Z., Ni M., Hu Z., Wang J., Li Q., Wu G., (2019), “Mapping invasive plant with UAV-derived 3D mesh model in mountain area-A case study in Shenzhen Coast, China”, International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 77, 131-137.

Yaşayan A., (1996), “Fotogrametri I”, (Yayımlanmamış) Yıldız Teknik Üniversitesi Ders Notları, İstanbul.

Yılmaz A., (2002), “Farklı Kaynaklardan Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.

Zhang N., Zhang X., Yang G., Zhu C., Huo L., Feng H., (2018), “Assessment of defoliation during the Dendrolimus tabulaeformis Tsai et Liu disaster outbreak using UAV-based hyperspectral images”, Remote Sensing of Enviroment, 217, 325-337.

ÖZGEÇMİŞ

1985 Adapazarı doğumlu olan Yetginer ilk, orta ve lise eğitimini Sakarya da almış olup daha lisans eğitimini Yıldız Teknik Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü'nde tamamladı. Bu süreçte çeşitli firmalar da görev yapan Yetginer iyi bir mühendis olmanın gayret, disiplin ve tecrübeden geçtiğini şiar edinmiştir. 2013 yılında kendi kurduğu şirketinde halen yöneticilik yapmakta olan Yetginer yüksek lisans eğitimine Gebze Teknik Üniversitesi'nde devam etmektedir.

EKLER

Tablo A1.1: Yer Kontrol Noktalarının Ortalamaları.

Nokta No	**ORTALAMALAR**		
G.22012	445796.2613	4519479.104	44.41225
P.1	445708.7128	4519463.318	44.28465
P.2	445710.4807	4519475.975	44.5309
P.3	445721.8795	4519464.6	44.2141
P.4	445744.617	4519468.14	44.7815
P.5	445791.328	4519456.566	45.31875
P.6	445836.8838	4519444.881	45.44875
P.7	445876.5519	4519434.127	45.6787
P.8	445913.1474	4519430.218	45.88855
P.9	445929.1677	4519422.916	45.4766
P.10	445964.3632	4519412.166	45.88205
P.11	445981.6488	4519422.619	45.6168
P.12	445947.1804	4519339.949	44.67375
P.13	445948.5897	4519334.179	45.15375
P.14	445950.8185	4519321.789	44.9417
P.15	445945.7267	4519310.587	44.8569
P.16	445939.9316	4519283.787	44.61995
P.17	445925.8855	4519287.321	44.63855
P.18	445932.7956	4519314.768	44.7663
P.19	445924.633	4519321.799	44.6977
P.20	445891.2825	4519340.595	44.72745
P.21	445850.3853	4519329.943	44.8016
P.22	445813.3181	4519350.686	44.6486
P.23	445797.7677	4519354.505	44.6222
P.24	445799.8086	4519359.212	44.6219
P.25	445687.6839	4519388.18	44.2708

Tablo A1.1: Devam.

P.26	445698.5987	4519424.122	44.2957
P.27	445671.2822	4519423.155	44.26605
P.28	445659.442	4519422.647	44.1328
P.29	445636.6775	4519424.133	44.09325
P.30	445629.7614	4519438.127	44.0986
P.31	445638.0325	4519472.115	44.15145
P.32	445637.1356	4519505.909	43.94975
P.33	445622.582	4519365.863	44.0504
P.34	445648.541	4519358.83	44.22555
P.35	445666.9288	4519345.96	44.275
P.36	445691.8741	4519345.893	44.5147
P.37	445703.5411	4519309.021	44.61385
P.38	445708.5649	4519297.261	44.63555
P.39	445678.7837	4519304.483	44.39035
P.40	445669.3107	4519268.208	44.3313
P.41	445702.1245	4519273.122	44.1055
P.42	445714.7692	4519269.874	44.2091
P.43	445808.2791	4519251.787	44.3635
P.44	445833.7304	4519248.983	44.27475
P.45	445845.2623	4519287.826	44.23235
P.46	445870.3908	4519259.884	44.33025
P.47	445865.5733	4519241.073	44.2377
P.48	445875.2507	4519227.504	44.2658
P.49	445910.5488	4519223.488	44.17865
P.50	445922.4576	4519207.376	43.9772
P.51	445913.3005	4519169.894	43.6912
P.52	445903.0767	4519128.736	43.34065
P.53	445862.4053	4519142.659	43.2166
P.54	445890.4069	4519044.717	42.70415
P.55	445873.7107	4519058.46	42.75835

Tablo A1.1: Devam.

P.56	445852.4388	4519066.995	42.6043
P.57	445820.9135	4519073.754	42.1517
P.58	445777.0929	4519101.944	42.5643
P.59	445747.7531	4519097.098	42.30155
P.60	445699.2385	4519101.593	42.57935
P.61	445643.4919	4519116.268	42.53365
P.62	445607.6709	4519125.384	42.64975
P.63	445618.5646	4519141.408	42.65165
P.64	445607.1016	4519157.667	42.61595
P.65	445574.9049	4519200.259	43.6436
P.66	445558.6474	4519209.506	43.56995
P.67	445579.5956	4519236.692	44.14715
P.68	445592.1488	4519294.918	44.30485
P.69	445609.7412	4519293.186	59.9402
P.70	445636.8	4519286.114	59.94805
P.71	445617.0344	4519321.163	60.02975
P.72	445644.1034	4519314.096	60.0254
P.73	445647.2146	4519380.672	50.2251
P.74	445650.8035	4519393.796	50.2114
P.75	445632.7771	4519398.701	50.2325
P.76	445629.1858	4519385.511	50.21285
P.77	445687.2937	4519473.106	58.6144
P.78	445675.8982	4519429.967	58.63975
P.79	445665.7209	4519450.981	58.60835
P.80	445654.7463	4519435.542	58.6104
P.81	445666.1046	4519478.719	58.60265
P.82	445862.9713	4519293.502	55.3214
P.83	445867.98	4519313.376	55.3188
P.84	445915.4072	4519275.87	59.934
P.85	445917.6485	4519287.074	60.453

Tablo A1.1: Devam.

P.86	445908.2455	4519302.952	60.444
P.87	445897.0899	4519306.098	59.94185
P.88	445889.4207	4519256.39	55.36655
P.89	445888.0686	4519251.027	55.3562
P.90	445909.3716	4519252.11	55.3923
P.91	445908.0277	4519246.677	55.32095
P.92	445909.4217	4519188.702	52.3025
P.93	445893.6019	4519197.984	51.7151
P.94	445885.9587	4519167.126	52.3071
P.95	445881.9687	4519168.161	52.33695
P.96	445878.8372	4519195.491	53.51365
P.97	445666.3014	4519202.251	46.4815
P.98	445678.0965	4519205.289	46.529
P.99	445724.6103	4519302.899	47.2165
P.100	445725.0075	4519308.554	47.31785
P.124	445761.1267	4519103.558	46.91875
P.125	445762.7897	4519094.758	46.9151
P.126	445764.4543	4519085.93	46.91635

Tablo B1.1: Hata Tablosu.

	60 Normal		60 Parametre		120 Normal		120 Parametreli		180 Normal		180 Parametreli	
	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
1	0.0539	-0.076	-0.0232	0.1524	0.0167	0.0624	-0.0478	-0.372	-0.0512	0.132	0.0719	-0.0243
2	0.0228	-0.4754	0.0275	0.2256	0.0276	0.0533	-0.0069	-0.2905	-0.1172	0.057	0.0874	-0.0974
3	-0.0263	-0.4463	0.0073	0.2005	-0.0056	0.0978	0.2237	-0.3613	-0.038	0.1275	0.1658	-0.1496
4	-0.0506	-0.5501	0.0261	0.2011	-0.0029	0.0859	0.1285	-0.1231	0.3942	0.0866	0.0398	0.0967
5	-0.0864	-0.5193	0.1254	0.1809	0.0462	0.0359	-0.2922	-0.0126	-0.0675	0.0949	0.0106	-0.0819
6	-0.161	-0.4538	0.0827	0.1518	0.0413	0.1077	-0.1153	-0.4656	-0.0297	0.1496	0.0477	-0.1089
7	-0.1605	-0.3329	0.1167	0.1522	0.0411	0.0883	0.0557	-0.0788	0.0416	0.174	0.1159	-0.0732
8	-0.1171	-0.2533	0.1242	0.0867	0.0935	0.0446	-0.0029	-0.1942	-0.0332	0.1189	0.0317	-0.0905
9	-0.065	-0.2315	0.1196	0.0311	0.0974	0.0431	-0.0531	0.0088	0.0017	0.0883	-0.0374	-0.0845
10	0.0065	-0.0374	0.0533	-0.0038	0.078	0.0396	0.1815	0.1974	-0.0258	-0.0056	-0.0892	0.0399
11												
12	0.3408	-0.0216	0.0228	0.0178	0.0666	0.0355	0.0165	-0.1998	-0.0408	-0.0281	-0.0624	-0.0592
13	0.3778	0.0135	0.009	0.0493	0.025	0.1009	0.5847	0.0963	-0.1091	-0.0224	-0.2141	-0.0678
14	0.4332	-0.0852	0.0519	-0.0435	0.0978	-0.0192	0.17448	0.0197	-0.0302	-0.1225	-0.1662	-0.1616
15	0.4297	-0.0752	0.0197	-0.0262	0.0833	-0.0273	0.2342	-0.0364	-0.015	0.035	0.0909	-0.0393
16	0.5182	-0.0843	0.0014	0.0509	0.0713	-0.0184	0.16696	-0.1369	-0.02	-0.0737	0.2059	-0.1119
17	0.4727	-0.0709	0.0546	0.0221	0.0637	0.0327	0.343737	-0.1169	0.0158	-0.0755	0.1576	-0.1978
18	0.4234	-0.0739	0.0399	-0.0155	0.0466	0.0103	0.18618	-0.0346	-0.1259	0.0641	-0.4165	0.0483
19	0.3163	-0.0879	0.0391	0.0195	0.0378	0.0053	0.17136	-0.0125	-0.1328	0.0778	-0.4433	0.1722
20	0.2598	-0.156	0.0618	0.0353	0.0685	0.0664	0.671	-0.0906	-0.0025	-0.0886	0.1497	-0.2623
21	0.2861	-0.0654	0.03	0.0491	-0.0178	0.0975	0.0738	-0.1582	0.0214	0.1208	0.1895	-0.0449
22	0.056	-0.174	0.0863	0.0824	-0.0032	0.094	0.0519	-0.1414	-0.0454	0.1106	0.0084	-0.0829
23	0.0642	-0.1993	0.0911	0.0754	0.0839	0.129	0.342	-0.2579	0.0147	0.0803	-0.032	-0.1285
24	0.1099	-0.2327	0.1329	0.0916	0.0476	0.0767	0.03007	-0.2188	0.0063	0.0671	0.0628	0.0656
25	-0.0929	-0.1504	-0.0568	0.0871	-0.0465	0.0611	-0.0784	-0.2149	-0.0635	0.0079	0.0425	-0.0718
26	-0.0969	-0.2652	0.0136	0.114	-0.0259	0.0765	-0.0438	-0.2459	-0.0299	0.0681	0.0573	-0.1092
27	-0.1333	-0.1675	-0.0741	0.1493	-0.1104	0.0213	-0.1317	-0.2641	-0.105	0.0294	0.0806	-0.1304
28	-0.1351	-0.1217	-0.0337	0.0934	-0.0318	0.0249	-0.0778	-0.1385	-0.0574	0.0808	0.0228	-0.0265
29	-0.1263	-0.0943	0.0145	0.0515	-0.004	0.0751	-0.1081	-0.1215	0.0421	0.0691	0.2516	-0.0737
30	-0.2011	-0.0184	-0.0735	0.0867	-0.1018	0.0701	-0.2176	-0.0004	0.0355	-0.0557	0.085	-0.4184
31	-0.0789	-0.0476	-0.0314	0.2037	0.0441	0.0263	-0.107	-0.0935	-0.0564	0.0539	-0.1256	-0.3923
32												
33	-0.2722	0.0074	-0.0614	0.0171	-0.0625	0.0448	-0.138	-0.022	0.0221	0.113	-0.0446	-0.0943
34	-0.1279	-0.0154	0.0122	0.0555	0.0515	-0.021	-0.108	-0.1437	-0.01	0.0887	-0.0657	-0.0669
35	-0.1092	-0.0605	-0.0089	0.055	-0.0111	-0.1086	0.0082	-0.0536	0.001	0.0577	-0.0207	0.0774
36	-0.0712	-0.1452	0.0195	0.0096	0.0016	0.1305	0.1278	-0.0496	0.1008	0.0764	-0.0272	-0.0584
37	0.0058	-0.0087	0.0816	0.044	0.1128	-0.016	0.3894	-0.1425	0.1843	-0.0271	0.1895	-0.2362
38	0.0155	-0.0134	0.0211	0.0202	0.0539	0.0774	0.2617	-0.1312	-0.0378	0.0576	-0.0392	-0.0419
39	-0.0316	0.0294	0.0348	0.0333	0.0488	0.1012	0.2359	0.0194	0.0475	0.0489	-0.0518	-0.0286
40	0.0315	0.0361	0.0727	-0.0108	0.1185	0.0942	0.2845	0.0058	0.0922	-0.1196	0.3394	-0.2925

Tablo B1.1: Devam.

41	0.0387	0.0532	0.0028	0.0397	0.2337	-0.1604	0.1519	-0.2811	0.3045	-0.1933	0.2065	-0.3278
42	0.0434	0.0929	0.0379	0.0513	0.0207	0.0277	0.3594	-0.1181	0.0422	-0.0368	-0.1002	-0.3125
43	0.2178	0.0031	-0.072	0.0544	0.0424	0.1427	0.36155	-0.0843	-0.0225	0.0517	-0.1376	0.0513
44	0.2553	-0.0419	0.0472	0.0031	-0.0334	0.0418	0.2916	0.0963	0.0968	-0.0549	0.2985	-0.037
45	0.262	-0.1219	0.0719	-0.0135	0.1048	-0.0643	0.3377	-0.1376	-0.0022	0.1004	-0.021	-0.1703
46	0.3446	-0.0779	0.0609	0.0087	-0.0118	0.0849	0.176	-0.0232	-0.0937	-0.0366	0.0586	-0.0565
47	0.367	-0.0199	0.0679	0.0226	0.1127	0.0656	0.35909	-0.2602	0.1195	0.0445	0.0918	-0.1458
48	0.3576	-0.0398	0.0562	0.1527	0.2461	-0.0536	0.3799	-0.0807	0.202	-0.0137	0.2668	-0.1564
49	0.4757	-0.1226	-0.0086	-0.0223	-0.0643	-0.0179	0.2041	-0.0373	-0.137	0.0584	0.1322	-0.0574
50	0.5816	-0.1717	-0.0297	-0.015	0.1214	-0.0357	0.35954	-0.1428	0.0124	-0.1658	0.0724	-0.2306
51	0.4967	-0.1736	-0.0534	-0.0098	-0.0523	-0.1025	0.182	-0.1332	-0.1972	-0.1914	0.2468	-0.1241
52	0.3509	-0.123	-0.0552	0.0284	-0.005	-0.0724	0.1881	-0.2135	-0.0812	-0.1071	-0.001	-0.2947
53	0.307	0.0643	-0.0238	0.0648	0.0947	-0.0689	0.3015	-0.0839	0.0826	-0.0012	0.1637	-0.0423
54												
55	0.1174	0.1857	-0.0523	0.0747	0.0739	0.028	0.4588	-0.1887	0.0444	0.0567	0.0919	0.1273
56	0.1382	0.2502	-0.0263	0.0555	0.1693	0.1507	-0.0775	-0.0885	0.07	0.0616	0.0708	0.1618
57	0.168	0.3858	-0.0205	0.0837	0.0661	0.074	0.15977	-0.1501	0.0204	0.1177	0.0956	0.2292
58	0.2322	0.4505	0.0395	0.0512	0.073	0.0449	0.4418	0.2095	-0.2574	0.2586	-0.3319	0.2102
59	0.23	0.5299	0.03	0.047	0.0469	0.1599	0.3362	0.0221	0.0567	0.0831	0.0159	0.1619
60	0.0738	0.2442	-0.0317	-0.0928	-0.1665	-0.2069	0.3434	-0.0507	0.0143	-0.1432	-0.1028	-0.2157
61	0.3079	0.5339	0.0719	0.0813	0.0555	0.1447	0.13	0.1277	0.1203	0.1191	0.0574	0.1738
62	0.3637	0.4432	0.1684	-0.0319	0.0545	0.102	-0.2141	-0.0351	0.1785	0.1188	0.0763	0.1507
63	0.3077	0.4848	0.1464	0.0792	0.0317	0.0336	0.2063	0.2196	0.0877	0.2064	-0.0538	0.1456
64	0.2211	0.3033	0.0663	-0.0501	0.0808	0.0934	0.2974	0.3064	0.1445	0.1606	0.0375	0.2269
65	0.1248	0.1185	0.1192	-0.0716	0.0145	0.0876	0.1967	0.3452	0.0379	0.0611	-0.0898	0.1083
66	0.0657	0.0447	0.122	-0.0824	0.0264	-0.0213	0.1748	0.3216	0.056	0.0595	-0.1236	0.055
67	-0.1203	0.0812	-0.0097	-0.0616	0.0358	0.0718	0.1575	0.2206	0.0565	0.1737	0.04	-0.2619
68	-0.1985	0.0111	0.0585	-0.0127	0.0094	0.1209	0.0048	0.1854	-0.0163	0.092	-0.027	-0.1286
69	-0.7422	0.5299	-1.0174	0.7326	-0.1727	0.0451	-0.0647	0.5715	-0.1057	-0.0451	-0.1627	-0.2055
70	0.0241	0.0747	-0.1393	0.0576	-0.2283	0.0648	-0.0306	0.3929	-0.1469	0.1368	-0.3465	0.1013
71	-0.0607	0.0541	-0.1799	0.1809	-0.1691	-0.0754	-0.0707	-0.6838	-0.0856	0.1737	-0.3182	0.1511
72	-0.0288	0.0081	0.1582	0.2317	-0.224	0.0945	0.0889	-0.424	-0.1264	0.2883	-0.5122	0.4218
73	0.3892	0.2619	-0.3327	0.5982	-0.6295	-0.6949	-0.2065	-0.0434	-0.7585	0.2912	-0.4112	0.044
74	-0.1749	-0.2217	0.246	-0.2123	-0.2219	0.0994	-0.3235	-0.0999	-0.535	0.5698	-0.4981	0.3355
75	-0.009	-0.2915	-0.0083	-0.0972	0.0171	0.0333	-0.1214	0.1073	0.2054	0.2349	0.1798	-0.0438
76	-0.1412	0.319	0.11	0.6215	0.1521	-0.0479	-0.2207	-1.0004	0.1027	0.1407	0.1792	-0.2154
77	0.2658	-2.3749	0.1015	-1.6916	-0.0085	0.1777	0.7705	2.3688	-0.0052	0.1788	-0.2489	0.278
78	0.153	1.3226	0.1176	1.6743	0.1611	-0.2761	0.3167	-0.0787	-1.7212	-1.2361	-2.0859	-2.5171
79	-0.1505	-0.2257	-0.3171	0.6345	0.0404	0.3338	0.2193	-0.5827	-0.0106	0.3593	-0.2359	-0.1784
80	-0.2992	1.839	-0.2395	1.1203	-0.0006	0.1783	-0.6948	-3.4492	-0.3074	-0.2509	0.4459	0.5197
81	-0.7572	-2.3941	-0.8324	-1.5601	0.0789	0.8394	-0.3219	-0.331	0.2063	0.25697	0.8308	0.7791
82	0.4346	0.4266	-1.7619	2.0735	0.3568	0.6209	0.50581	0.1717	1.625	1.1291	-0.3645	1.0369

Tablo B1.1: Devam.

83	0.4606	-0.2678	1.1858	-0.9406	0.8399	2.4934	0.2931	1.9809	2.6177	-1.0707	3.4527	-2.7921
84	1.1959	0.4335	0.6584	0.3627	0.5865	0.0699	0.6334	0.1832	0.3292	0.4154	0.1834	3.3507
85	1.192	1.6385	1.1578	2.4456	0.201	0.8861	0.6124	1.8757	0.2975	3.7503	-0.829	-2.0045
86	0.1078	-1.0641	-0.0293	-1.2418	0.7676	0.229	0.4257	-0.5861	2.9244	2.5981	2.7452	3.0499
87	1.2609	-1.378	0.2047	-0.3268	1.093	2.677	0.4799	0.5195	2.3447	4.773	2.693	2.5882
88	-0.5379	1.1006	-0.8669	2.035	0.1603	-1.3603	0.5907	-0.5555	1.0774	1.3397	1.2458	1.3298
89	-0.9159	0.4862	-1.2513	0.5572	0.8995	0.9871	0.8091	0.1308	0.9073	1.1051	1.2573	0.9548
90	0.4523	-0.038	0.3887	0.0004	0.2398	-0.5372	1.2837	0.3705	-0.313	1.5442	0.0103	0.8907
92	-0.1743	0.8524	-0.5914	0.7257	-0.2425	-1.312	0.7615	-1.6848	-0.1487	-1.5175	-0.1991	-1.7923
93	0.4516	-0.1117	0.2313	-0.0843	0.3649	-0.0272	0.2061	0.1092	0.3243	-0.0699	0.0107	0.1007
94	0.1752	1.1113	-0.0188	1.1478	0.1	0.2473	0.29537	0.2395	0.2412	0.817	0.0442	0.3676
95	0.0506	0.2055	0.4456	0.1918	0.2285	0.1317	0.19756	-0.1342	0.2353	0.2918	0.0473	0.3886
96	0.2479	0.1983	0.1338	0.0892	-0.2756	-0.9517	0.48516	-0.5291	0.2957	-0.4136	-0.0209	0.1301
97	-0.3337	-0.2192	-0.4942	-0.4756	-0.3101	0.0222	0.26018	-0.1915	0.0002	0.1142	-0.0877	0.1769
98	0.2524	-0.063	0.1645	-0.3125	-0.0368	-0.1146	0.14064	-0.078	0.2587	0.1677	0.2513	0.1491
99	-0.0993	0.0252	-0.1046	-0.1372	0.101	-1.1268	0.0045	-0.4523	0.1277	-0.0205	-0.1125	-0.1984
100	0.0707	-0.1104	-0.0965	0.1203	0.1328	0.2464	0.329	-0.0383	0.0594	0.8857	0.3178	0.793
124	0.1529	0.4811	0.0887	-0.0467	0.1094	-0.2404	0.24889	-0.3235	0.4225	0.2994	0.4697	0.6043
125	0.1063	-0.0694	0.1938	-0.1503	0.1709	-0.0079	0.2693	0.2095	0.1211	-0.1554	0.4155	-0.4718
126	0.12	0.0279	0.4235	-1.6782	0.2422	0.1411	0.4916	0.2785	0.7455	0.0494	0.2256	0.4911