



**İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN
ORTOFOTO HARİTALARIN
DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ**

RÜŞTÜ ÇALLI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DOÇ. DR. SAMED İNYURT

OCAK-2021

Her hakkı saklıdır

T.C.
TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN ORTOFOTO
HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

RÜŞTÜ ÇALLI

TOKAT
Ocak - 2021

Her hakkı saklıdır

TEZ BEYANI

Yüksek Lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmanın tamamını; bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

Tezimle ilgili yaptığım beyana aykırı bir durumda ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı şimdiden kabul ederim.

RÜŞTÜ ÇALLI

18 Ocak 2021

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN ORTOFOTO HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

RÜŞTÜ ÇALLI

TOKAT GAZİOSMANPAŞA ÜNİVERSİTESİ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: DOÇ. DR. SAMED İNYURT)

(TEZ İKİNCİ DANIŞMANI: PROF. DR. ÖMER YILDIRIM)

Gelişen teknolojinin en önemli kazançlarından biri olan İnsansız Hava Araçları (İHA) ilk önceleri askeri amaçla kullanılmaya başlanmakla birlikte kısa zamanda günlük hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. İHA ile üç boyutlu konumsal bilgi üretilebilmesinin yanı sıra klasik ölçüm yöntemlerine göre daha az iş gücü, zaman ve maliyet avantajı sağlaması İHA kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Kullanımları her geçen gün çeşitlenerek yaygınlaşan İHA sistemleri, özellikle haritacılık faaliyetlerinin gereksinimi olan yüksek doğruluk ihtiyacının karşılanması için sürekli bir gelişim içerisinde. Bu sebeple, İHA donanım ve yazılım özellikleri de sürekli olarak bir gelişim göstermektedir. Bu donanımlardan biri olan GNSS teknolojisinin İHA’larda kullanımının sağlamış olduğu faydaların irdelenmelerinin, mühendislik projeleri ve bu projelerde kullanılacak ölçüm cihazlarının tercih edilmeleri bakımından önemli olduğu düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasında, GNSS –RTK özellikli İHA ve bu özelliğe sahip olmayan İHA kullanılarak aynı koşullarda elde edilen resimler, Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametri yazılımları kullanılarak üretilen ortofotoların doğruluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, GNSS-RTK özellikli İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinin, diğer İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür. Yazılımlar kendi aralarında değerlendirildiğinde ise Pix4D Mapper yazılımı ile elde edilen veri setlerinin yatay ve düşey doğruluklarının daha iyi olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Agisoft FotoScan yazılımı, GNSS-RTK özellikli olmayan İHA odaklı veri setlerinin yatay konum doğrulukları konusunda daha iyi sonuç verirken, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

2021, 145 Sayfa

ANAHTAR KELİMELER: İnsansız Hava Aracı (İHA), Fotogrametri, Üç Boyutlu Model, DJI Phantom RTK, Yer Kontrol Noktası

ABSTRACT

MASTER THESIS

ACUCURACY EVALUATION OF ORTHOPHOTO MAPS OBTAINED

BY UAV SYSTEMS

RÜŞTÜ ÇALLI

TOKAT GAZIOSMANPASA UNIVERSITY GRADUTE SCHOOL OF

NATURAL AND APPLIED SCIENCES

GEOMATICS ENGINEERING

(SUPERVISOR: ASSOC. DR. SAMED INYURT)

(SUPERVISOR: PROF. DR. ÖMER YILDIRIM)

Unmanned Aerial Vehicles (UAV), which is one of the most important gains of the developing technology, was firstly used for military purposes. After a while later, UAV became an important part of our daily life. In addition to the ability to produce three-dimensional spatial information with the UAV, it also provides less labor, time and cost advantage compared to conventional measurement methods which are playing an important role in the spread of UAV usage. UAV systems, whose usage are becoming widespread and diverse day by day, are in a continuous development to meet the high accuracy requirements, especially for surveying activities. For this reason, UAV hardware and software features are also constantly developing. It is thought that examining the benefits provided by the use of GNSS technology that is the one of surveying equipments in UAVs, is important in terms of engineering projects and the choice of measurement devices to be used in these projects.

In this thesis study, firstly, the accuracy comparisons of the data sets based on the UAV with GNSS-RTK and the UAV without this feature were studied. Accuracy analysis of the data sets processed by Pix4D Mapper and Agisoft FotoScan photogrammetry software were also utilized. As a result of analysis, it was seen that the horizontal and vertical accuracy values obtained for the UAV data with GNSS-RTK were better than the horizontal and vertical accuracy values obtained for other UAV data. When the software were evaluated among themselves, it was seen that the horizontal and vertical accuracy of the data sets obtained with Pix4D Mapper software was better. While Agisoft FotoScan software gives better results in horizontal position accuracy of data sets based on UAV without GNSS-RTK, Pix4D Mapper software gives better results in vertical position accuracy of those.

2021, 145 Sayfa

KEYWORDS: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Photogrammetry, Three Dimensional Model, DJI Phontom RTK, Ground Control Point

ÖNSÖZ

Başta harita teknikerliği ile başlayan ve sonrasında lisans eğitimimde de yanımda olup her zaman benim bu yolda başarıyla ilerlememi sağlayan, her konuda öncülük edip bilgi ve tecrübeleriyle yanımda olan hocam Prof. Dr. Ömer Yıldırım'a ve diğer tüm hocalarıma vermiş olduğu destekler için sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek lisans tezimin her aşamasında yanımda olup, karşılaştığım tüm sorunların çözümünde desteğini esirgemeyen değerli hocam, tez danışmanım Doç. Dr. Samed İNYURT'a çok teşekkür ederim.

Tez aşamasında yardımlarını esirgemeyen, karşılaştığım sorunlarda bana destek olan arkadaşım Emre TÜRK ve Kübra GEZGİN'e çok teşekkür ederim.

Çalışmamın uygulama aşamasında İnsansız Hava Aracı ile görüntülerin elde edilmesini sağlayan Tokat Yapar Harita Mimarlık Mühendislik İnşaat Taahhüt SAN. Ve TİC. LTD. ŞTİ. yöneticisi Sayın Fatih YAPAR'a verdiği desteklerden dolayı çok teşekkür ederim.

Beni bugüne kadar sonsuz sabırları, güvenleri, maddi manevi yönden destekleri ile her zaman yanımda olan, sevgilerini esirgemeyen babam Mustafa ÇALLI ve annem Hatice ÇALLI'ya sonsuz teşekkür etmeyi bir borç bilirim. Sürekli yanımda olan kardeşlerim Dilek YAŞAR, Sultan ÖZCAN ve Ali ÇALLI'ya ayrıyeten teşekkür ederim.

RÜŞTÜ ÇALLI

4 Ocak 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
SİMGELER DİZİNİ	vi
KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ	viii
TABLolar LİSTESİ	x
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
2. FOTOGRAMETRİ	7
2.1 Fotogrametrinin Tarihçesi.....	7
2.2 Fotogrametrinin Sınıflandırılması.....	10
2.2.1 Resim Çekilen Yerin Konumuna Göre	10
2.2.2 Değerlendirmede Kullanılan Resim Sayısına Göre	10
2.2.3 Değerlendirme Yöntemine Göre	10
2.2.4 Uygulama Alanlarına Göre	13
2.2.5 Obje Büyüklüğüne Göre	14
2.3 Fotogrametrinin Haritacılıktaki İşlevi	14
2.4 Hava Fotogrametrisi	14
3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)	15
3.1 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi	16
3.2 İHA Sistemleri	17
3.3 İHA Temel Bileşenleri.....	17
3.4 İHA Uçuş Kontrol Temelleri	18
3.4.1 Radio Kontrol.....	18
3.4.2 Otopilot Kontrol	18
3.5 İHA'ların Sınıflandırılması	19
3.6 İHA'ların Kullanım Alanları	20
3.7 İHA'ların Harita Sektöründe Kullanımı	21
4. İHA İLE FOTOGRAMETRİ	21
4.1 Arazi Çalışmaları	22
4.2 Uçuş Planı Hazırlanması.....	22
4.3 Yer Kontrol Noktalarının Tesisi ve Ölçülmesi	23
4.4 Verilerin İşlenmesi.....	23
5. UYGULAMA	24
5.1 Veri toplama;	25
5.2 Veri işleme;.....	27

5.3 PIX4D Yazılımı	27
5.3.1. PIX4D Yazılımı RTK Çözüm	28
5.3.2 PIX4D Yazılımı YKN Çözüm.....	37
5.3.3. Kalite raporunun incelenmesi	47
5.4. Agisoft FotoScan Yazılımı	53
5.4.1. Agisoft FotoScan Yazılımı RTK Çözüm	53
5.4.2. Agisoft FotoScan Yazılımı YKN Çözüm	62
5.5. Arazi Noktalarının Koordinatları ve Proje Koordinatlarının Tespiti.....	73
5.5.1. Arazi Noktalarının Koordinatlarının Ölçülmesi.....	73
5.5.2. Proje Noktalarının Koordinatlarının Belirlenmesi	76
6. BULGULAR.....	86
6.1. Pix4D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması	87
6.2. Pix4D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması.....	88
6.3. Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması	90
6.4. Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması	92
7. SONUÇ ve ÖNERİLER	94
KAYNAKLAR	96
ÖZGEÇMİŞ	98
EKLER	99

SİMGELER DİZİNİ

Km	Kilometre
M	Metre
Cm	Santimetre
Cm	Milimetre
Kg	Kilogram
Gr	Gram
ω	Enine eğiklik açısı
ϕ	Boyuna eğiklik açısı
χ	Dönüklük açısı
X_0, Y_0, Z_0	İzdüşüm merkezinin üç koordinatı

KISALTMALAR DİZİNİ

ASPRS	Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
DSM	Dijital Yükseklik Modeli
DTM	Dijital Arazi Modeli (Dijital Terrain Model)
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	Küresel Konumlandırma Sistemi (Global Positioning system)
GSD	Yer Örnekleme Aralığı (Ground Sample Distance)
IMU	İnertiyel Ölçme Ünitesi (Intertial Measurement Distance)
İHA	İnsansız Hava Aracı
RTK	Gerçek Zamanlı Kinematik (Reel Time Kinamatics)
TUREF	Türkiye Ulusal Referans Ağı
TUSAGA	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
TM	Enlem Merkatorü (Transverse Mercator)
UTM	Evrensel Enlem Merkatorü (Universal Transverse Mercator)
YKN	Yer Kontrol Noktası
WGS 84	Dünya Jeodezi Sistemi (World Geodetic System)

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Niepce'nin oluşturduğu ilk fotoğraf	8
Şekil 2. 2. Zeplin ile 1914 yılında çekilen stereoskopik fotoğraf	9
Şekil 2. 3. Plançete fotogrametrisi düzeneği	11
Şekil 2. 4. Wild A7 analog stereoplotter	11
Şekil 2. 5. Zeiss Planicomp P3 analitik stereoplotter	12
Şekil 2. 6. Sayısal fotogrametrik iş istasyonu	12
Şekil 2. 7. Fotogrametrinin değerlendirme yöntemine göre tarihsel gelişimi	13
Şekil 2. 8. Klasik fotogrametrik harita üretim süreci	14
Şekil 3. 1. İnsansız Hava Araçları	16
Şekil 3. 2. İHA'ların tarihsel gelişimi	17
Şekil 3. 3. İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri	18
Şekil 3. 4. Otomatik İHA sistemlerin çalışma prensibi	19
Şekil 4. 1. İHA ile görüntü elde edilmesi ve fotogrametrik olarak işlenmesi	22
Şekil 5. 1 Projede Kullanılan Multicopter, GNSS Alıcısı, Kontrol birimi ve Kamera sistemi örneği	24
Şekil 5. 2 GOP Üniversitesi Çalışma alanı	25
Şekil 5. 3 Pix4D capture yazılımında örnek uçuş planı	26
Şekil 5. 4 Yer Kontrol Noktası örneği	26
Şekil 5. 5 Hava fotoğraflarının çekimi ve bindirmeler	27
Şekil 5. 6 PIX4D Temel adımları	28
Şekil 5. 7 RTK koordinatlı resimler (RTK Çözüm)	29
Şekil 5. 8 Yeni proje oluşturma (RTK Çözüm)	29
Şekil 5. 9 Fotoğrafların yüklenmesi (RTK Çözüm)	30
Şekil 5. 10 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (RTK Çözüm)	31
Şekil 5. 11 Çıktı verilenin koordinat sisteminin belirlenmesi (RTK Çözüm)	32
Şekil 5. 12 Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi (RTK Çözüm)	33
Şekil 5. 13 Intitial Prosessing / İlk işlem menüsü (RTK Çözüm)	34
Şekil 5. 14 Quality Report / kalite raporu (RTK Çözüm)	34
Şekil 5. 15 Nokta bulutu oluşturma (RTK Çözüm)	35
Şekil 5. 16 Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma (RTK Çözüm)	36
Şekil 5. 17 Yeni proje oluşturma (YKN Çözüm)	37
Şekil 5. 18 Fotoğrafların yüklenmesi (YKN Çözüm)	38
Şekil 5. 19 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (YKN çözüm)	39
Şekil 5. 20 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (YKN çözüm)	40
Şekil 5. 21 Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi (YKN çözüm)	41
Şekil 5. 22 Intitial Prosessing / İlk işlem menüsü (YKN çözüm)	42
Şekil 5. 23 Koordinat sistemi tanımlama (YKN çözüm)	43
Şekil 5. 24 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)	44
Şekil 5. 25 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)	44
Şekil 5. 26 YKN koordinatlarının işaretlenmesi (YKN çözüm)	45

Şekil 5. 27 Nokta bulutu oluşturma (YKN çözüm)	46
Şekil 5. 28 Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma (YKN çözüm)	47
Şekil 5. 29 Ortomozaik ve DSM ön izleme görüntüsü	49
Şekil 5. 30 Bindirme görüntüsü	50
Şekil 5. 31 Yeni proje oluşturma (RTK çözüm)	53
Şekil 5. 32 Fotoğrafların yüklenmesi (RTK çözüm)	54
Şekil 5. 33 Fotoğrafların hizalanması (RTK çözüm)	55
Şekil 5. 34. Nokta bulutu (RTK çözüm)	55
Şekil 5. 35 Yoğun nokta bulutu oluşturma (RTK çözüm)	56
Şekil 5. 36 Yoğun nokta bulutu (RTK çözüm)	56
Şekil 5. 37 Yüzeyağı oluşturma (RTK çözüm)	57
Şekil 5. 38 Yüzeyağı görüntüsü (RTK çözüm)	57
Şekil 5. 39 Doku oluşturma (RTK çözüm)	58
Şekil 5. 40 Doku görüntüsü (RTK çözüm)	58
Şekil 5. 41 Üçgen model oluşturma (RTK çözüm)	59
Şekil 5. 42 Üçgen model görüntüsü (RTK çözüm)	59
Şekil 5. 43 Dijital yükseklik modeli oluşturma (RTK çözüm)	60
Şekil 5. 44 Dijital yükseklik modeli görüntüsü (RTK çözüm)	60
Şekil 5. 45 Ortomozaik oluşturma (RTK çözüm)	61
Şekil 5. 46 Ortomozaik görüntüsü (RTK çözüm)	61
Şekil 5. 47 Yeni proje oluşturma (YKN çözüm)	62
Şekil 5. 48 Fotoğrafların yüklenmesi (YKN çözüm)	63
Şekil 5. 49 Fotoğrafların hizalanması (YKN çözüm)	63
Şekil 5. 50 Nokta bulutu (YKN çözüm)	64
Şekil 5. 51 Koordinat sistemi tanımlama (YKN çözüm)	64
Şekil 5. 52 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)	65
Şekil 5. 53 Koordinatların düzenlenmesi (YKN çözüm)	66
Şekil 5. 54 YKN koordinatlarının işaretlenmesi (YKN çözüm)	66
Şekil 5. 55 Kamera hizalanması (YKN çözüm)	67
Şekil 5. 56 Yoğun nokta bulutu oluşturma (YKN çözüm)	67
Şekil 5. 57 Yoğun nokta bulutu (YKN çözüm)	68
Şekil 5. 58 Yüzeyağı oluşturma (YKN çözüm)	68
Şekil 5. 59 Yüzeyağı görüntüsü (YKN çözüm)	69
Şekil 5. 60 Doku oluşturma (YKN çözüm)	69
Şekil 5. 61 Doku görüntüsü (YKN çözüm)	70
Şekil 5. 62 Üçgen model oluşturma (YKN çözüm)	70
Şekil 5. 63 Üçgen model görüntüsü (YKN çözüm)	71
Şekil 5. 64 Dijital yükseklik modeli oluşturma (YKN çözüm)	71
Şekil 5. 65 Dijital yükseklik modeli görüntüsü (YKN çözüm)	72
Şekil 5. 66 Ortomozaik oluşturma (YKN çözüm)	72
Şekil 5. 67 Ortomozaik görüntüsü (YKN çözüm)	73
Şekil 5. 68 Ortomozaik görüntüsü (YKN çözüm)	73
Şekil 5. 69 Arazi koordinatlarının uygulama alanına dağılımı	74
Şekil 5. 70 Pix4D RTK çözüm noktaların uygulama alanına dağılımı	77
Şekil 5. 71 Pix4D YKN çözüm noktaların uygulama alanına dağılımı	79
Şekil 5. 72 Agisoft FotoScan RTK çözüm noktaların uygulama alanına dağılımı	82
Şekil 5. 73 Agisoft FotoScan YKN çözüm noktaların uygulama alanına dağılımı	84

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo

Sayfa

Tablo 5 1 Akış şeması.....	28
Tablo 5 2 Proje özet bilgileri	47
Tablo 5 3 Proje hassasiyet bilgileri.....	48
Tablo 5 4 Kamera kalibrasyonu bilgileri	49
Tablo 5 5 Kamera iç parametreleri	50
Tablo 5 6 Konumlandırma detayları	51
Tablo 5 7 Sistem bilgileri.....	51
Tablo 5 8 Koordinat sistemi.....	52
Tablo 5 9 İşlem seçenekleri	52
Tablo 5 10 Arazi noktalarının koordinatları	75
Tablo 5 10 (devam) Arazi noktalarının koordinatları	76
Tablo 5 11 Pix4D RTK çözüm noktaları koordinatları	77
Tablo 5 11 (devam) Pix4D RTK çözüm noktaları koordinatları	78
Tablo 5 12 Pix4D YKN çözüm noktaları koordinatları.....	80
Tablo 5 12 (devam) Pix4D YKN çözüm noktaları koordinatları	81
Tablo 5 13 Agisoft FotoScan RTK çözüm noktaları koordinatları	82
Tablo 5 13 (devam) Agisoft FotoScan RTK çözüm noktaları koordinatları	83
Tablo 5 14 Agisoft FotoScan YKN çözüm noktaları koordinatları.....	84
Tablo 5 14 (devam) Agisoft FotoScan YKN çözüm noktaları koordinatları	85
Tablo 6 1 Pix4 D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması.....	87
Tablo 6 1 (devam) Pix4 D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması.....	88
Tablo 6 2 Pix4 D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması	88
Tablo 6 2 (devam) Pix4 D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması.....	89
Tablo 6 3 Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması	90
Tablo 6 3 (devam) Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması.....	91
Tablo 6 4 Agisoft FotoScan YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması	92
Tablo 6 4 (devam) Agisoft FotoScan YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması	93

1. GİRİŞ

Son yıllarda teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler, birtakım yeniliklerin insanların hayatına girmesine sebep olmuştur. Havacılık alanında yapılan yeni çalışmalar elektronik, haberleşme ve navigasyon teknolojilerinin birlikte kullanımı ile bugün sivil ve askerî alanda ve farklı maksatlarla kullanılan İnsansız Hava Araçlarının (İHA) gelişmesini sağlamıştır (Yıldırım ve ark., 2016).

İHA'ların tarihi, hava araçlarının tarihi ile aynı yıllarda başlamıştır. Günümüzde İHA olarak tanımlanan hava araçlarının ilk örneği 19. yüzyıl sonlarında ABD'li Charles geliştirmiştir. Tarihsel gelişimine göre İnsansız hava araçları başlangıçta askeri amaçlar için kullanılmıştır (Kahveci & Can, 2018). Askeri alanda ABD tarafından Afganistan'da, keşif, gözetleme ve istihbarat faaliyetlerinde kullanılan İHA'lar, daha sonra silahlı olarak ve saldırı amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (Ak ve Avaner, 2019), Dünyada bu kullanımda İHA geliştiren ülkeler ABD ve İsrail'dir.

Gelişen teknolojiye paralel olarak, son yıllarda Global Positioning System (GPS), ve çözünürlüğü yüksek kameralar entegre edilerek kullanılmaya başlanan İHA'lar, uzaktan algılama (UA), sayısal harita üretimi ve fotogrametri amaçlı bilimsel çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır(Öztürk O. ve ark., 2017).

Uydu ve insanlı hava araçları ile 20-50 cm/pixel bandında yüksek çözünürlükte konumsal veriler elde edilebilmesine karşın İHA'lar daha düşük irtifalardan uçabildikleri için 1 cm/pixel yüksek çözünürlükte veri elde edebilmek mümkündür.

İHA sistemleri ile harita yapımı yersel yöntemler ve havadan harita yapımı yöntemleri arasında bütünleştirilmiş bir yöntemdir. Detay alımını gerektiren bütün ölçü ekipmanları uydu veya uçaktan farklı olarak düşük irtifada uçan İHA'lara entegre edilmektedir. Konumsal verilerin tamamı yer kontrol noktaları hariç olmak üzere güvenli bir şekilde havadan gerçekleştirilmektedir(Ağca M., ve ark.,2020).

İHA'lar son yıllarda tüm teknolojik gelişmelerden etkilenmiş ve bütün sektörlerde çeşitli amaçlarla kullanılmıştır. Özellikle haritalama amaçlı Büyük Ölçekli Harita ve Harita Yapım Yönetmeliğine konu olan fotogrametrik harita yapımının yönetmelikte kabulü ile çok sayıda İHA kullanılmaya başlanmıştır.

1.1 Literatür Özeti

Akdeniz (2004), “Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar” konulu çalışmasında sayısal ortofotoların acil durumlarda sağlayabileceği olanakları araştırmış ve bu kapsamda 1999 Gölçük depremi sonrası bölgenin harita genel komutanlığı tarafından yapılan sayısal ortofotolarını incelemiştir. Bunun için ortofoto üretim aşamaları olan, çalışma bölgesine nirengi noktası tesisi, hava görüntülerinin çekilmesi, sayısal arazi modeli oluşturulması işlem adımlarını gerçekleştirmiştir. Sonrasında bu ortofotoları birleştirilerek ortofoto mozaik görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu görüntüler hızlı bir şekilde ilgili kurumlara dağıtılmıştır. Bu çalışmada afetin hemen ardından ilk 30 saat içinde sayısal ortofotoların üretilerek çalışmaların kısa sürede etkin bir şekilde yapılacağı vurgulanmıştır.

Uçar ve Ergün (2004) çalışmasında coğrafi bilgi sistemlerinin ve fotogrametri ayrılmaz bir bütün olduğunu vurgulamıştır. Bu bütünlüğün teknoloji ile beraber tamamlanmasını 3 boyutlu şehir modelleri olduğunu ifade ederek 3 boyutlu şehir modellerinin görselleştirilmesini sağlayan; modelleme, kaplama ve animasyon tekniklerini kullanımları ile beraber açıklamışlardır.

Spreckels vd.,(2005), “Photogrammetric stereoplotting capabilities of Vexcel UltraCamD digital aerial imagery” çalışmasında Vexcel UltraCamD dijital hava kamerası ile Almanya’ da bir kömür madeninin hava görüntülerini çekmişlerdir. Uygulamada 45 adet yer kontrol noktası kullanılmış ve koordinatları GPS ile ölçülmüştür. Doğu-batı uçuşları 10 cm yer örnekleme aralığında, çapraz uçuşlar ise 8 cm yer örnekleme aralığında gerçekleştirilmiştir. 10 cm GSD için 130 adet hava görüntüsü, 8 cm GSD için ise 77 adet hava görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra “Leica LPS” yazılımında blok dengeleme yapılmış ve yer kontrol noktaları için karesel ortalama

hatalar x yönünde 2.15 cm, y yönünde ise 3.31 cm bulunmuştur. Daha sonra çalışma bölgesinin dijital yükseklik modeli ve ortofoto mozaik görüntüsü üretilmiştir.

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

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

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

Wiedemann ve diğ. (2012) çalışmalarında eğik görüntülerin yöneltmesinde küçük açı hatalarının düşey görüntülere göre daha büyük bir etkiye sahip olduğu vurgulanmıştır. En uygun yaklaşımın, havai nirengi kullanılarak hassas yöneltmelerin yapılması gerektiği belirtilerek farklı yaklaşımları tartışarak en umut verici yaklaşım için sonuç sunulmuştur.

Wang vd. (2012) uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltmesindeki YKN seçimi ile örnekleme tasarımının ilişkisini araştırmak amacıyla hem bir simülasyon deneyi hem de gerçek görüntü analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada basit rastgele örnekleme, uzaysal kapsama örnekleme ve evrensel kriging model tabanlı örnekleme karşılaştırılmıştır. Sonuçlar, örnekleme tasarımının YKN' lerdeki geometrik düzeltmenin doğruluğunu güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca çalışmaya göre evrensel kriging model tabanlı örnekleme YKN optimizasyonu, hem simülasyon hem de gerçek görüntü deneylerinde en iyi sonucu ortaya koymuştur. Bu sonuçlara ek olarak çalışmada, YKN' lerin daha dağınık olmasının geometrik düzeltme doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir.

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

Yılmaz vd., (2013), "İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi" başlıklı çalışmada Karadeniz Teknik Üniversitesi Kanuni Kampüsü' nü çalışma alanı belirlemiş ve Gatewing X-100 insansız hava aracına kamera takarak bölgenin fotoğraflarını çekmiş ve ortofoto haritasını üretmiştir. Üretilen bu ortofoto haritanın geometrik doğruluğunun belirlenmesi amacıyla yeryüzünde koordinatları RTK GPS yöntemiyle ölçülen noktaları kullanmışlardır. Yaptıkları değerlendirmeler sonucunda bu yöntemle elde edilen ortofoto haritanın yataydaki konum doğruluğunun yaklaşık olarak 7-8 cm civarında olduğunu belirlemişlerdir.

Toprak (2014), İHA'ların farklı mühendislik alanlarındaki uygulamaları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Beş farklı uygulamada yapılan çalışmalar sonucunda İHA'nın kullanılabilirliği ve sonuç ürünleri açısından değerlendirilebilirliği karşılaştırılmıştır. Birinci uygulamada mühendislik projelerinde kullanılmak üzere hali hazır haritaların yapımında doğruluk analizleri irdelenmiştir. İkinci uygulamada bir alanın hacim hesabı yapılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Üçüncü ve dördüncü uygulamalarda arkeolojik çalışmalar ve kültürel mirasın belgelenmesi açısından doğruluk analizleri yapılmıştır. Beşinci uygulamada ise İHA' dan elde edilmiş görüntülerden fotogrametrik değerlendirme programları yardımı ile üretilen ortofotonun doğruluk analizi yapılmıştır. Bu uygulamalar sonucunda İHA'nın Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen hassasiyet ve doğrulukta veriler üretilmiştir.

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

Gençerk (2016), İnsansız hava aracı ile yapılan fotogrametrik çalışmalar sonucu elde edilen ortofoto ile yapılan değerlendirme sonucunda, kazı-dolgu ve kübaj hesaplarında, arazi ve saha çalışmalarının izlenmesinde ve doğruluğunun mühendislik projelerinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda üretilen ortofoto, sayısal yüzey modeli (SYM), SAM 5 santimetre çözünürlüğündedir. Sonuç ürünleri üzerinde kübaj hesabı çıkarımı, en kesit-boy kesit alımı ve analizi ile maliyet, zaman ve doğruluk açısından değerlendirerek mühendislik projelerinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Aguera-Vega vd. (2017) sayısal yüzey modelinde koordinatlandırma için kullanılan YKN'nin sayısının ve İHA fotogrametrisi ile elde edilen ortofoto doğruluklarının etkisini incelemiştir. Zemin seviyesinden 120 m yükseklikte, yaklaşık 17 hektarlık alanda gerçekleştirilen çalışmada, bölge yüzeyinin 160 adet fotoğrafı çekilmiş ve farklı YKN

noktalarını dikkate alan fotogrametrik proje yapılmıştır. Çalışmada doğruluk ölçüm yöntemi olarak RMS kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan YKN sayısı arttıkça hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını göstermiştir.

Tercan (2018), İHA ile bir karayolu üzerinde yaptığı çalışmada, %85 enine, %65 boyuna bindirmeli 140 metre uçuş gerçekleştirmiştir. Bu uçuş sonrasında sayısal yüzey modeli ve ortofoto harita üretmeyi amaçlamıştır. Çalışma alanına CORS-RTK yöntemi ile 7 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Karayolu üzerinde yapılan jeodezik çalışmalar sonucunda yersel ölçümler ile karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçta mekânsal alanlarda 4.9 cm, toprak zeminde 7.32 cm ve sert zeminde 3.96 cm yatay doğruluk elde edilmiştir. Ortofoto, sayısal yüzey modeli üretimi düz arazi yapılarında ve bitki örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde kullanılabileceği belirtilmiştir.

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.

Bu tez çalışmasının amacı Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılarak RTK özelliğine sahip olan ve olmayan insansız hava aracı ile üretilen ortofotoların doğruluk araştırması yapılmasıdır. Bunun için çalışma alanında 100 metre yükseklikten ve %80-%60 boyuna-enine bindirmeli fotoğraflar DJI marka İHA ile çekilmiştir. Yer kontrol noktaların üretimi sürece dâhil edilmemiştir. Ancak çalışma alanı içerisinde bulunan 19 yer kontrol noktası ve 50 adet detay noktası CORS ölçme yöntemi ile koordinatları okunmuştur.

Tezin ilk bölümü giriş bölümü olup kısa literatür özeti yapıp, tezin amaç ve kapsamı açıklanmıştır. İkinci bölümlerinde fotogrametrinin temel kavramları hakkında bilgi verilmiştir. Üçüncü bölümünde insansız hava araçları (İHA)'ların kullanım alanları, İHA kullanımının sağladığı avantaj ve dezavantajlarla ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölüm İHA ile fotogrametrik çalışma işlem basamakları hakkında bilgiler verilmiştir. Beşinci 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 yapıp önerilerde bulunulmuştur.

2. FOTOGRAMETRİ

Fotogrametri, ışık olarak ifade edilen “photos” çizmek ya da yazmak olarak ifade edilen “gramma” ölçmek olarak ifade edilen “meton” kelimelerinin bir araya gelmesiyle oluşur. Fotogrametrinin amacı ölçülendirilmek istenen nesnelerin bir ya da birden fazla resimlerinden faydalananarak şeklini, boyutlarını ve konumunu belirlemeyi hedefler. Fotogrametrik değerlendirme sonucu nesnelerin konumları üç boyutlu koordinat sisteminde üretilir. Fotoğrafların birleşmesi ile ortofoto haritalar ve dijital görüntüler üretilmiş olur.

2.1 Fotogrametrinin Tarihçesi

Fotogrametri, bilim ve teknoloji dallarındaki gelişmelerden hızla etkilenecek gelişmiştir. 1492 yıllarında geometri ve optik izdüşüm alanında çalışan Leonardo da Vinci, fotogrametrinin gelişmesinde büyük payı olmuştur. Matematik biliminde ortaya atılan yeni teoremler fotogrametrinin gelişmesini hızlandırmıştır.

1838 yıllarında Niepce ve Dauguerre çalışmaları sonucunda ilk fotoğraf ortaya konulmuştur (Şekil 2.1). Fakat çekilen bu fotoğraf dünyaya bir yıl sonra Paris’li fizikçi Arago tarafından sergilenmiştir.



Şekil 2. 1. Niepce'nin oluşturduğu ilk fotoğraf

Optik ve matematik bilimlilerinde ortaya atılan görüşler havacılık alanındaki çalışmaları da etkilemiş ve Paris'te ilk defa balonla havalanmayı Moatgolfier'ler başarmışlardır. Paris' te fotoğrafçılık, optik, havacılık çalışmaları sonucunda balondan ilk fotoğraf Touenachon tarafından 1838 yılında çekilmiştir. Bu çekilen fotoğraf fotogrametrik çalışmalar için alınan ilk fotoğraflar olarak bilinmektedir. Bu gelişmelerden sonra birçok alanda havadan çekilen fotoğraf örnekleri ortaya çıkmaya başlamıştır. Örneğin ormancılık amaçlarına yönelik hava fotoğrafları bu dönemlerde kullanılmıştır.

1910 yılında uzay alanındaki gelişmeleri sonucu havadan fotoğrafı çekimi zeplinden gerçekleştirilmiştir. Berlin'de zeplin ilk stereoskopik fotoğraf çifti alımı üzerinden 1914 yılında gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. 2. Zeplin ile 1914 yılında çekilen stereoskopik fotoğraf

Dünyada fotogrametri alanında en hızlı gelişim birinci dünya savaşı ve ikinci dünya savaşının zamanlarında rastlanmıştır. Bu dönemde hava fotoğraflarından başta foto yorumlama uygulamaları olmak üzere birçok alanda faydalanılmıştır. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ikinci dünya savaşından sonra hava fotogrametrisi yöntemiyle haritalar üretmeye başlamışlardır.

Dünyada meydana gelen bu gelişmeler neticesinde ülkemizde fotogrametri çalışmalarına 1929 yılında başlanmıştır. Ancak o dönemdeki koşullardan dolayı 1/25000 haritaların yapımına 1937 yıllarında başlanabilmektedir. Tüm ülke için bu süreç 31 yıl kadar sürmüş ve 1968’de tamamlanmıştır. Ülkemizde fotogrametri alanında çalışanların ve çalışma sonrasında üretilen verilerin bir araya getirilmesi amacıyla günümüzdeki adı “Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği” (TUFUAB) olan kurum 1974 yılında faaliyete geçmiştir. Bu kurumun amacı, “Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (ISPRS) ile beraber çalışarak diğer ülkelerdeki fotogrametri ve uzaktan algılama bilimi için meydana gelen gelişmeleri takip etmektir.

2.2 Fotogrametrinin Sınıflandırılması

Fotogrametriyi, kullanılan kameranın durumuna göre, ölçülecek nesnenin yakın ve uzak oluşuna göre, edinilecek bilgi türüne, değerlendirme yöntemine ve uygulama alanlarına göre sınıflandırmak mümkündür.

2.2.1 Resim Çekilen Yerin Konumuna Göre

- Yersel Fotogrametri: Dünya üzerindeki bir nokta olması durumunda uygulanan yöntemdir.
- Hava Fotogrametrisi: Genellikle uçak veya bir hava aracına bütünleşmiş edilen bir kamera ile çekilmiş fotoğraflarla çalışan fotogrametri yöntemidir.
- Yakın Resim Fotogrametrisi: Cisim-kamera uzaklığı en çok 300 m olan bir fotogrametri yöntemidir (Anonim 2015a).

2.2.2 Değerlendirmede Kullanılan Resim Sayısına Göre

- Tek Resim Fotogrametrisi: Resimleri Tek tek kullanarak ölçekli bilgiler üretmeyi amaçlayan, foto plan, foto-mozaiik üreten fotogrametri yöntemidir.
- Çift Resim Değerlendirmesi: Bindirmeli fotoğraf çiftleri üzerinde ölçüler yaparak bilgi üretmeyi amaçlayan fotogrametri yöntemidir. Genellikle iki fotoğraf çifti üzerinde stereoskopik görüşte mümkün olduğu için stereofotogrametri olarak da adlandırılır (Karslı, F 2010).

2.2.3 Değerlendirme Yöntemine Göre

- Grafik (Plançete) Fotogrametri (1850-1900): Bir teodolit üzerine kamera yerleştirilerek çekilen resimler üzerinden açı ve uzunluk ölçmeleri ile harita üretimi yöntemidir (Yılmaztürk F. 2016) (Şekil.2.3).



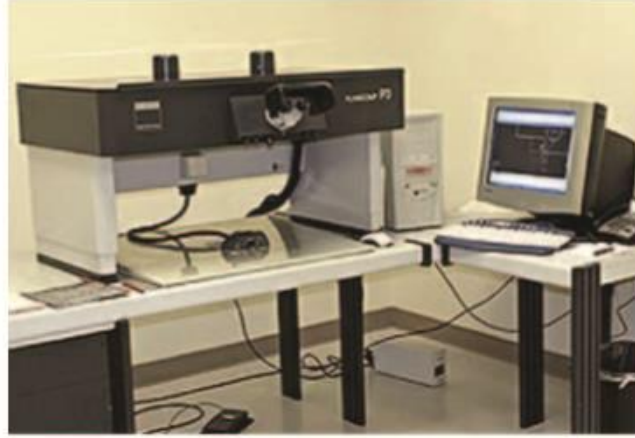
Şekil 2. 3. Plançete fotogrametrisi düzeneği

- Analog Fotogrametri (1900-1980): Analog kameralar yardımıyla stereo fotoğraflar çekilerek, optik mekanik değerlendirme aletlerinde objelerin üç boyutlu modelinin stereoskopik değerlendirme yöntemidir(Yılmaztürk F. 2016) (Şekil 2.4).



Şekil 2. 4. Wild A7 analog stereoplotter

- Analitik Fotogrametri (1970-1990): Bilgisayar ve elektronik ölçme sistemlerinin stereo değerlendirme aletlerine entegrasyonu sonucunda analog fotoğraflar üzerinde matematiksel hesapların yapıldığı yöntemdir(Yılmaztürk F. 2016) (Şekil 2.5).



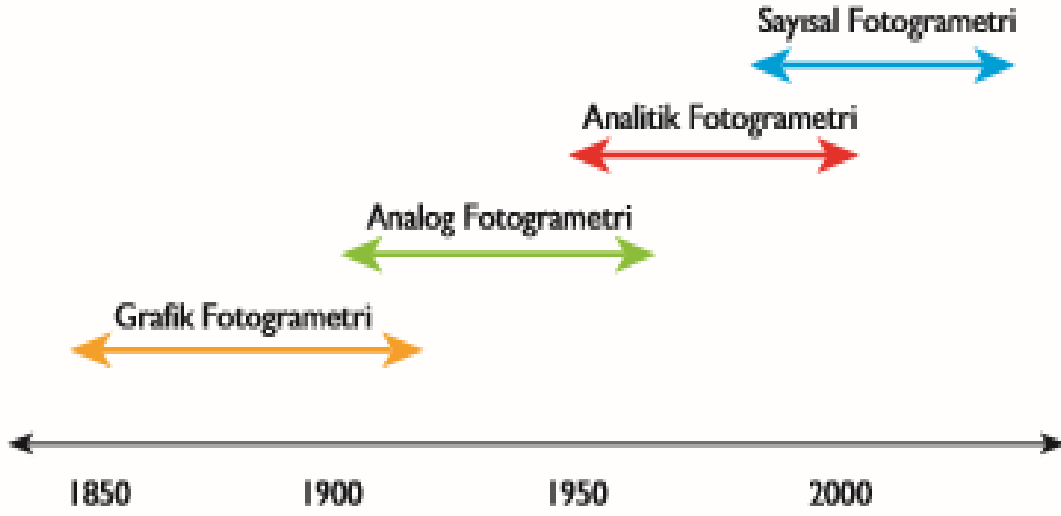
Şekil 2. 5. Zeiss Planicomp P3 analitik stereoplotter

- Sayısal (Digital) Fotogrametri (1990-): Sayısal forma dönüştürülmüş veya sayısal olarak elde edilmiş stereo görüntülerin tamamen grafik işlemcili bilgisayarlar ile bilgisayar ortamında tüm değerlendirme işlemlerinin yapıldığı fotogrametri tekniğidir (Yılmaztürk F. 2016) (Şekil 2.6).



Şekil 2. 6. Sayısal fotogrametrik iş istasyonu

19. yüzyıl ortalarında grafik fotogrametri ile başlayan süreç teknolojik gelişmelerin etkisiyle analog fotogrametri, analitik fotogrametri ve sayısal fotogrametri olarak hızla gelişmiştir. Günümüzde sayısal fotogrametri yöntemleri kullanılırken diğer yöntemler tarihe karışmıştır.



Şekil 2. 7. Fotogrametrinin değerlendirme yöntemine göre tarihsel gelişimi

2.2.4 Uygulama Alanlarına Göre

- Foto-Yorumlama: Fotoğrafik dokuyu inceleyerek nesne ve yakın çevresi hakkında bilgi üreten, arazinin yapısını ve yüzey özelliklerini inceleyen fotogrametri kolu.
- Metrik Fotogrametri: Fotoğraflardan konum, yükseklik, uzaklık, alan ve hacim gibi metrik bilgilerin alınmasını ya da doğrudan doğruya harita çizimini amaçlayan fotogrametri.
- Topoğrafik Fotogrametri: Topoğrafik harita üretimi ile ilgili haritacılık fotogrametrisi.
- Topoğrafik Olmayan Fotogrametri: Topoğrafik harita yapımı, topoğrafik ölçmeler dışında, başka bir deyişle haritacılık fotogrametrisi dışında kalan fotogrametri.
- Kadastro Fotogrametrisi: Kadastro haritalarının yapımında uygulanan fotogrametri
- Jeodezik Fotogrametri: Jeodezik nokta üretimde uygulanan fotogrametri tekniğidir.
- Endüstri Fotogrametrisi: Yapı mühendisliğinde, metalürji, madencilik, gemi ve uçak yapımı, otomobil sanayi vb. alanlarda uygulanan yakın resim fotogrametrisi.
- Mühendislik Fotogrametrisi: Mühendislik projelerinin hazırlanmasında vb. çalışmalarda uygulanan fotogrametri.
- Mimarlık Fotogrametrisi: Özellikle tarihsel değeri olan yapıların belgelenmesinde uygulanan fotogrametri.
- Ortofotografi: Çizgi harita ile aynı geometrik doğruluğa sahip foto haritaların (ortofoto) üretimi ile ilgilenen fotogrametri (Anonim 2015b).

2.2.5 Obje Büyüklüğüne Göre

Resim çekme makinesi ile cisim arasındaki uzaklığa bağlı olarak mikro ve makro fotogrametri olarak sınıflandırılır ve 25 m'ye kadar olan çekim uzaklıklarında uygulanır.

- Mikro Fotogrametri: Resim çekme uzaklığının 0.1 m'den daha az olduğu uygulamalara denir. Boyutları cm olarak ifade edilen veya daha küçük objelerin modellenmesi, ölçülmesi ve kalite kontrolünün sağlanması amacıyla yönelik olan bu sistem, aynı zamanda uydu ve uzay çalışmalarında kullanılan sayısal sensörlerin testi, kalibrasyonu ve modern görüntüleme ve ölçme çalışmalarında da kullanılabilmektedir (Karşı, F 2010).
- Makro Fotogrametri: Resim çekme uzaklığının 0.1 m'den fazla olduğu uygulamalara denir.

2.3 Fotogrametrinin Haritacılıktaki İşlevi



Şekil 2. 8. Klasik fotogrametrik harita üretim süreci

2.4 Hava Fotogrametrisi

Hava fotogrametrisi, üretilcek haritanın özelliğine göre hesaplanan yükseklikten uçak veya insansız hava araçları yardımıyla elde edilen fotoğrafları kullanan fotogrametri tekniğidir. Yersel Fotogrametri ile ölçülemeyen büyük alanların, ihtiyaç duyulan her türlü

haritalarının üretiminde etkin olarak kullanılmaktadır. Çekilen bu fotoğraflar, yalnız harita üretimi için değil yer yüzeyinin yapısı ya da bitki örtüsü hakkında bilgi toplamak, bilgi sistemleri oluşturmak gibi amaçlarla çekilebilir. Bu fotoğraflar genellikle düşey fotoğraflardır (Yılmaz ve ark., 2018).

3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

Günümüzde İngilizce kökenli adıyla drone olarak telaffuz edilen, içerisinde fiziksel olarak bir insan bulunmayan araçtır. İHA'ların en önemli parçası kontrol edilebilmesi için oluşturulan İHA ile haberleşmeyi ve İHA'nın kontrolünü sağlayan yer iletişim sistemidir. Uzaktan kumanda yardımıyla veya otonom olarak belirli bir güzergâhta uçuş gerçekleştirebilirler. Son yıllarda askeri alanda kullanımlarının artması ve gelişen teknoloji ile günlük hayatta çoğunlukla siviller tarafından da farklı amaçlarla İHA'lar kullanılmaya başlanmıştır. Askeri alanda savunma veya saldırı amaçlı askeri birliklerin birçok ihtiyacını karşılamaktadır.

Son birkaç yıldır sivil uygulamalarda kullanılan küçük İHA'lar, yarı otomatik ve tam otomatik destekli yazılım ve donanımların gelişmesi ile birlikte boyutları büyümüştür. Buna ek olarak düşük maliyetli ve küçük boyutlardaki Global Konumlama Sistemleri (GPS), sensörler, donanımlar, gövde malzemeleri ve diğer entegre sistemlerin gelişmesi ile birlikte de İHA'ların sivil uygulama alanları gelişmiş ve kullanımını yaygınlaştırmıştır (Mahmod ve Yılmaz, 2017).

Gerçek zamanlı yer istasyonuna veri transferi özelliği ile birlikte, İHA'lar yangın, sel, hava durumu gibi önemli bilgileri yer istasyonuna aktarabilmektedir. İHA'lar üzerine entegre edilmiş gerçek zamanlı GPS sistemi ile uçtuğunda ve topladığı görüntüleri gözlemlemek ve yönlendirilmek için yer kontrol istasyonu ile birlikte çalışabilmektedir (Yılmaz ve ark., 2018).

İnsansız hava araçları Sabit kanatlı, döner kanatlı ve vtol olmak üzere üç farklı sistemde üretilebilir. Sabit kanatlı İHA'lar daha hafif olduklarından uçuş süreleri daha fazla iken dikey olarak iniş/kalkış yapamadıkları için sabit bir platformdan fırlatılmaları gerekmektedir. Döner kanatlı İHA'lar hem dikey iniş/kalkış yapabildikleri için herhangi bir platforma ihtiyaç duymazken uçuş süreleri de sabit kanatlıya göre daha azdır. Vtol İHA'lar ise sabit kanatlı ve döner kanatlı İHA'ların birleşmiş halidir ve ikisinin de

avantajlarından faydalanarak hem daha uzun sürede uçuş yapabilirken hem de herhangi bir platforma ihtiyaç duymadan dikey iniş/kalkış yapabilir. Sivil kullanımda sıklıkla kullanılan İHA sistemleri Şekil 3.1' de görülmektedir.

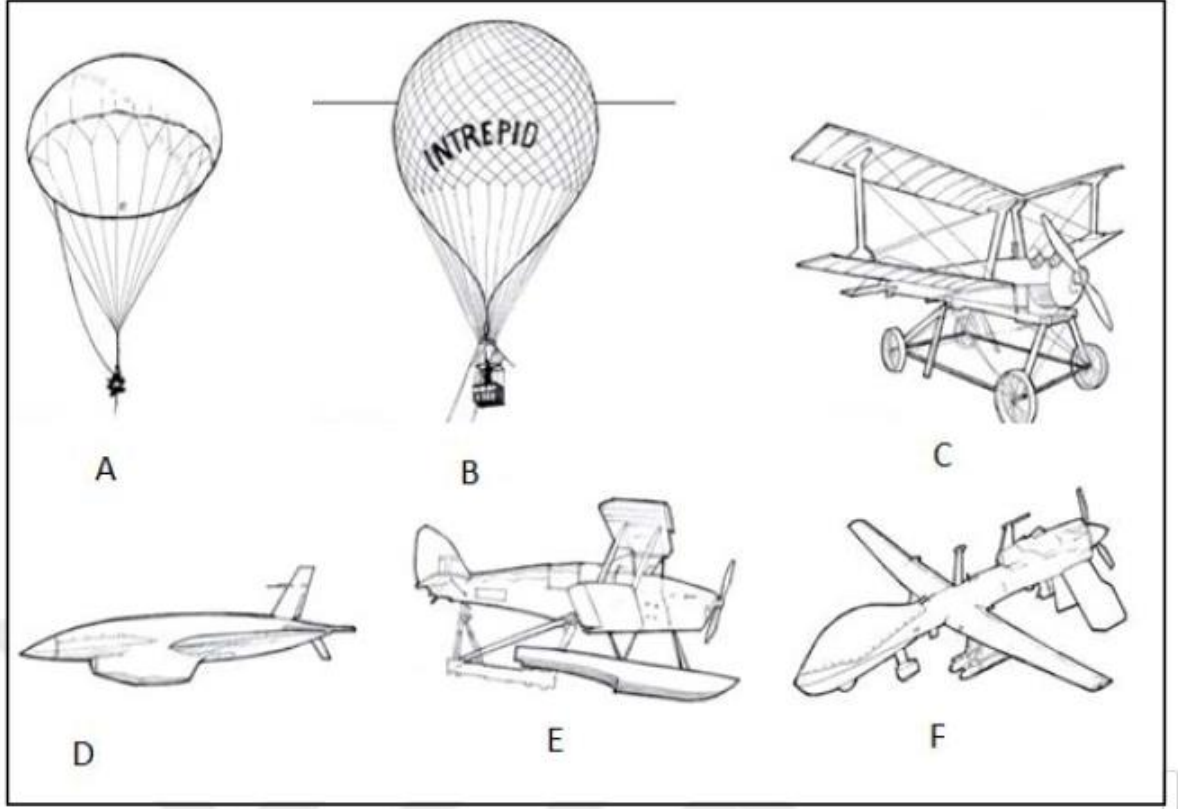


Şekil 3. 1. İnsansız Hava Araçları

3.1 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

İnsansız hava aracı teknolojisinin temeli 19'uncu yüzyılın ortalarında ilk uçağın üretilmesiyle başlamış, ikinci Dünya Savaşı sırasında hızlı bir gelişme göstermiş, savaş döneminde pilot kayıplarını azaltmak, keşif ve istihbaratı kolaylaştırmak amacıyla pilotsuz araçlar üretilmeye çalışılmıştır.

Sivil İHA kullanımı II. Dünya Savaşından sonrasında model uçak grupları ve hobi amaçlı faaliyetlerin artması ile yaygınlaşmıştır. Fakat İHA'nın günlük hayata kullanımı 2000'li yıllarda ABD NASA'nın yürüttüğü akademik çalışmalar neticesinde hızlı bir ivme kazanmıştır. İlk olarak balon ile başlayan bu süreç bilim ve teknolojinin gelişmesiyle günümüzde birden fazla amaç için kullanılan İHA sistemlerine dönüşmüştür. Bu tarihsel ilerleme Şekil 3.2' de gösterilmiştir.



Şekil 3. 2. İHA'ların tarihsel gelişimi

3.2 İHA Sistemleri

İHA, teknik olarak, insanlar tarafından kontrol edilebilen ya da bilişim sistemi vasıtasıyla dış kaynaklı bir bilgisayar tarafından kontrol edilebilen uçan bir platform olarak tanımlanabilmektedir. Bu nedenle uzaktan kontrol edilebilen, otonom veya yapay zekâya sahip bir yöntem olarak nitelendirilir. Teknolojik anlamda, yerleşik sensörler ve GPS ile çalışan, yazılım ile bütünleştirilen uçabilen bir robottur. Her geçen gün gelişen İHA teknolojilerine paralel olarak benzer tanımların çoğaltılması olasıdır.

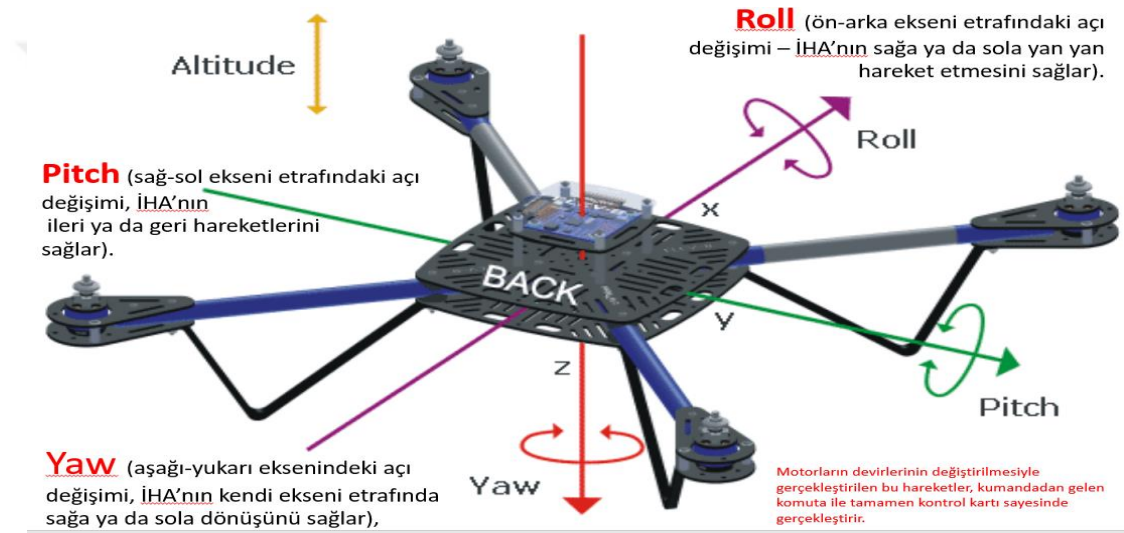
3.3 İHA Temel Bileşenleri

İHA temel prensip olarak donanım ve yazılım bileşenlerinden oluşmaktadır. İHA yapımında değişik malzemelerden oluşan mekanik ve elektronik donanımlar kullanılmaktadır. Gövde malzemeleri, elektronik aletler/bağlantılar, motor ve pervaneler

gibi sistemlerini kapsayan malzemeler ve uçuş planlamalarını yapmak için gereken yazılımlar bu temel bileşenlerden bazılarıdır.

3.4 İHA Uçuş Kontrol Temelleri

İHA'lar, 3 eksende (x, y ve z) hareket kabiliyetine sahiptir. İHA'larda uçuş prensiplerini tanımlayan açısal kontrole (roll, pitch, yaw) sahiptir. Sabit kanatlı ya da döner kanatlı İHA'lar, Şekil 3.3' de gösterilen hareketlerin tamamını uzaktan kumanda sinyalleriyle yapabilme kabiliyetlerine sahiptir.



Şekil 3. 3. İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri

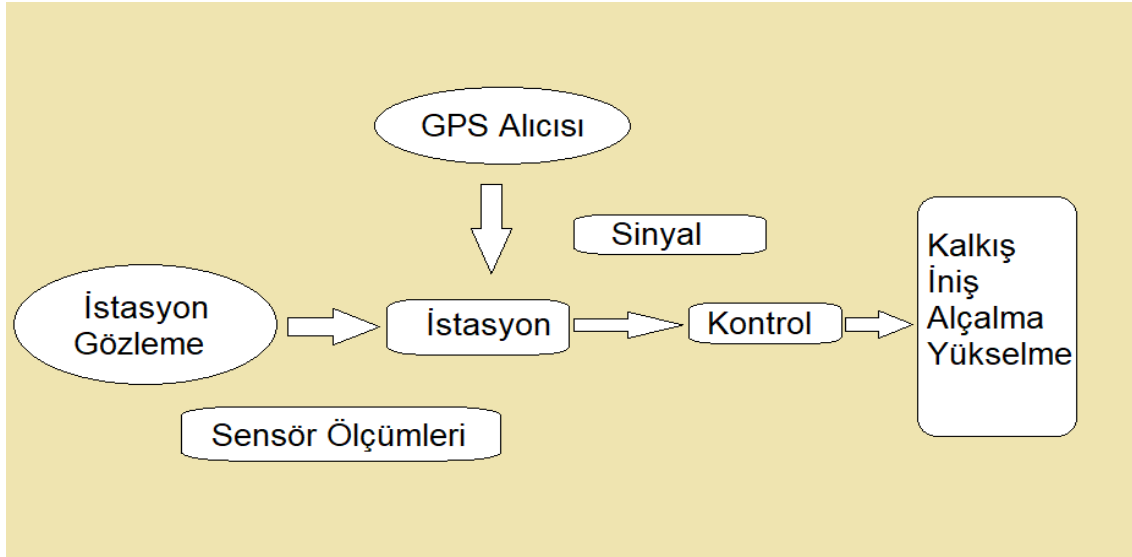
3.4.1 Radio Kontrol

Radyo frekansları ile çalışan ve “Radyo Control (RC)” olarak adlandırılan sistem kumanda aracılığıyla İHA'ların uçurulması ve yönlendirilmesi için kullanılırlar. Kumandalar üzerinde bulunan stikler ve tuşlar yardımıyla İHA'ların aşağı-yukarı hareketini, sağa-sola hareketini, ileri-geri hareketini ve kendi etrafında dönüşlerini sağlarlar.

3.4.2 Otopilot Kontrol

İHA'nın beyni olarak bilinen bu kontrol kartı sistemin en önemli bileşenlerinden biridir. Otopilot bir pilot yardımı olmadan İHA'ya verilen görevi yapması amacıyla tasarlanan

mikro elektronik bir sistemdir. İyi bir otopilot sistemi kalkış, uçuş hattı takibi, geri dönüş ve kalkış noktasına iniş gibi tüm işlemleri gerçekleştirebilir. Şekil 3.4’ de otopilot sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir. Otopilot sistemine entegre edilen telemetri ve GPS alıcısı sayesinde konuma bağlı olarak hareket edebilir iken istenilen bir nokta yada noktalara yönlendirilebilir. İHA bu sistemler sayesinde önceden hazırlanmış uçuş planındaki hattın fotoğraf çekim noktaları esas olarak uçuş yapabilir iken aynı zamanda fotoğraflarda çekebilir. Sivil kullanım için üretilen İHA’lar boyut olarak küçük oldukları için, otopilotları da düşük enerji kapasiteli ve hafif olmalıdır.



Şekil 3. 4. Otomatik İHA sistemlerin çalışma prensibi

3.5 İHA'ların Sınıflandırılması

Ülkemizde askeri kullanım olarak başlayan ve sivil kullanım alanlarında da yoğun olarak kullanılmaya veya üretilmeye başlanan İHA’lar kendileriyle ilgili yasal bir düzenlemeyi zorunlu kılmıştır. Ülkemizdeki insanız hava araçları ile ilgili yasal düzenlemeler, Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) tarafından yapılmakta ve geliştirilmektedir.

Bu yasalardan ilki “İHA Sistemleri Talimatı” olarak 22.02.2016 yılında yayınlanmıştır. Bu kanunun amacı, İHA’ların kullanılmasını, kullanım alanlarını, teknik yönlerini, uçuş izni ve sorumluluklarını kapsamıştır. Bu kanunda, İHA “sistemlerinin ithali, satışı, kayıt ve tescili, uçuşa elverişliliğin sağlanması, sistemleri kullanacak kişilerin sahip olması

gereken nitelikleri, hava trafik hizmetleri ve İHA operasyonlarına ilişkin usul ve esasları belirlemek” temel amaç olarak belirtilmiştir (<https://www.drone.net.tr/>). Bu talimatın kapsam alanına girmeyen İHA’lar ise devlet kapsamında olan İHA, kapalı alanda kullanılan İHA’lar, bir platforma bağlı olan sistemler veya 500 gramdan daha az olan İHA’lar olarak tanımlanmıştır. Bu talimatname ile İHA’lar ağırlıkları bazında İHA0, İHA1, İHA2 ve İHA3 olmak üzere sınıflandırılmış ve aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır (Anonim 2016b).

- 1- İHA0 azami kalkış ağırlığı 500 gr dâhilinde 4 kg’a kadar,
- 2- İHA1 azami kalkış ağırlığı 4 kg dâhilinde 25 kg’a kadar,
- 3- İHA2 azami kalkış ağırlığı 25 kg dâhilinde 150 kg’a kadar,
- 4- İHA3 azami kalkış ağırlığı 150 kg dâhilinde ve daha ağır olan İHA’lar.

3.6 İHA'ların Kullanım Alanları

Diğer ülkelerde olduğu gibi İHA’lar ülkemizde de askeri amaçlı kullanımla hayatımıza girmiştir. Askeri amaçla kullanılan İHA’lar, gözetleme, keşif ve imha gibi faaliyetlerde kullanılmaktadır. Teknolojik gelişmeler sonucunda sivil hayatta kullanılabilecek İHA’ların üretilmesiyle, başta haritacılık faaliyetleri olmak üzere, tarım, orman, arkeoloji, acil durumlara müdahale, taşımacılık gibi pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır.

Tarımda İHA kullanımı; arazilerin sınırlarının tespiti, yetiştirilen ürünlerin gözlenmesi, zararlı bitki ve canlılarla mücadelede tarım alanlarının ilaçlanması gibi tarımsal faaliyetlerde çokça kullanılmaktadır.

Ormancılıkta İHA kullanımı; yangın sırasında müdahale edilecek alanın belirlenmesinde, yangın sonrasında tahribata uğrayan alanın tespitinde, orman alanlarında izinsiz yapılan kesim veya avcılık faaliyetlerinin izlenmesi gibi doğal yaşama zarar verebilecek birçok faaliyetin gözetlenmesinde kullanılmaktadır.

Arkeoloji ve Mimari İHA kullanımı; tarihi belge niteliği taşıyan birçok eserin belgelenmesinde, bu alanların veya eserlerin modellerinin, ortofoto haritalarının ve sayısal arazi modellerinin ayrıntılı bir şekilde oluşturulmasında kullanılır.

AFAD İHA kullanımı; doğal afet durumunda erişilemeyen alanlara gıda, ilaç gibi hayati önem taşıyan ihtiyaçları taşıyabilmek, afet alanında detaylı gözlem yapabilmek, arama kurtarma çalışmalarında hızlı şekilde görüntüler elde etmek amacıyla kullanılabilir.

Enerji ve Telekomünikasyonda İHA kullanımı; baz istasyonlarının bulunmadığı kırsal ve dağlık alanlarda, enerji hatları üzerindeki kaçağın tespitinde, binalar ve şehirlerdeki ısı yalıtımının incelenmesinde kullanılabilir.

Lojistikte İHA kullanımı; ülkemizde henüz faaliyete geçmemiş olmasına rağmen kargo ve paket serviste İHA kullanımı bazı ülkelerde kullanılmaktadır.

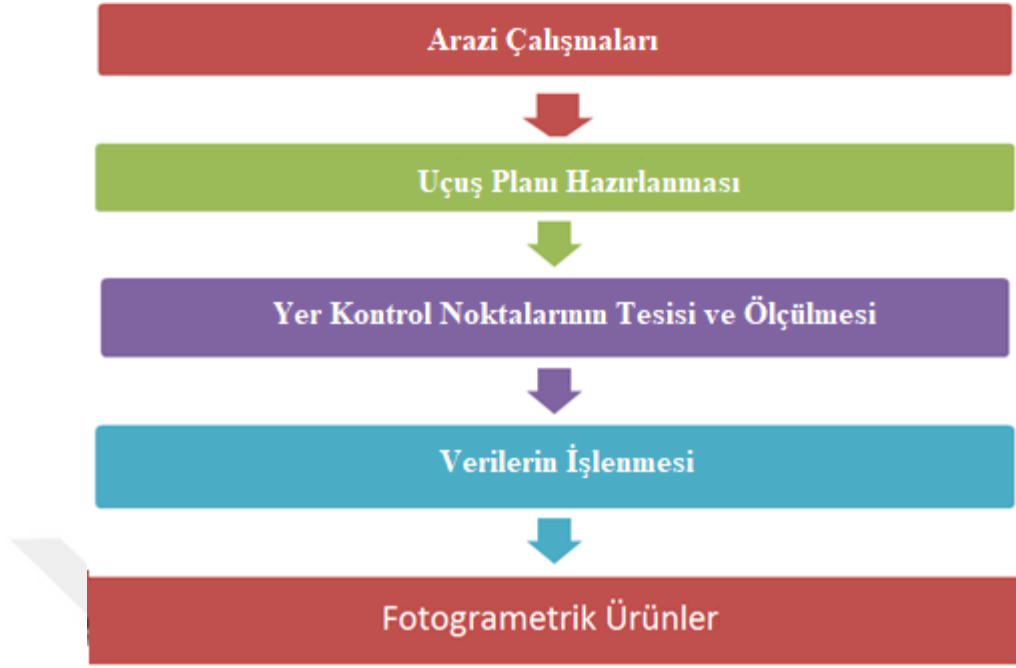
3.7 İHA'ların Harita Sektöründe Kullanımı

Günümüzde İl, ilçe, belde ve köy gibi yerleşim alanlarının ortofoto haritalarının ve sayısal arazi modellerinin üretilmesinde, baraj havzalarının, maden sahalarının, taşocaklarının haritalanması ve tüm hacim/alan hesaplarında, arazilerin toplulaştırılması ve sınıflandırılması gibi pek çok alanda kullanılmaktadır.

Haritacılık faaliyetlerinde kullanılan İHA sistemlerinin bilindiği üzere 3 boyutlu konum hassasiyeti çok önemlidir. Son yıllarda teknoloji ve bilimdeki gelişmeler sayesinde İHA sistemleri bu konum hassasiyetini daha minimuma indirebilmek için ek donanımlarla güçlendirilmiştir. Fotogrametrik çalışmalarda kullanılan İHA'lar kullanım alanlarına uygun özel kamera sistemleri ve amaçlarına uygun farklı algılayıcı sistemlerle donatılır. Genellikle bu algılayıcı sistemler, dijital kameralar, video kameralar, termal kameralar, multispektral kameralar, LİDAR sistemleri veya bunların birleşmiş hali olabilmektedir.

4. İHA İLE FOTOGRAMETRİ

İHA ile fotogrametrik çalışmalar, arazi çalışmaları, uçuş planlarının hazırlanması, yer kontrol noktalarının tesisi, verilerin işlenmesi olmak üzere 4 temel aşamada oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 4.1'de gösterilmektedir.



Şekil 4. 1. İHA ile görüntü elde edilmesi ve fotogrametrik olarak işlenmesi

4.1 Arazi Çalışmaları

İnsansız Hava Aracı ile fotogrametrik çalışma yapmadan önce arazinin durumu tespit edilmelidir. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış yer kontrol noktaları yönetmeliklerde belirtildiği ölçüde tesis edilmelidir. Uçuş öncesi İHA için uygun iniş ve kalkış sahası ayarlanmalı ve İHA'nın görev yapacağı yükseklik göz önünde bulundurularak olası kazalara sebep olabilecek engellere (GSM istasyonu, enerji nakil hattı, yüksek binalar vb.) dikkat edilmelidir.

4.2 Uçuş Planı Hazırlanması

Literatürde yapılan incelemeler doğrultusunda İHA ile fotogrametrik harita üretiminde kullanılan yazılımların kullandıkları temel algoritmalar ve bu algoritmalara bağlı işlemler için enine bindirme oranı %80, boyuna bindirme oranı %60 olmalıdır (Bemis vd., 2014). Uçuş planı hazırlamada İHA'nın özelliğine göre farklı programlar kullanılmaktadır. Bu programların genelinde uçuş alanının görüntüsü Google Earth programı kullanılarak görülebilir ve uçuş yapılacak alanın sınırları bu program üzerinden doğru şekilde tespit edilebilir. Sınırları belirli alanda belirlenen uçuş yüksekliğine ve İHA üzerinde bulunan

kameranın özelliğine göre fotogrametrik uçuş için resim çekilecek hattı belirleyen kolonlar oluşturulur. Belirlenen bindirme oranlarına bağlı olarak bu kolonlarda belirli aralıklarda fotoğraflar çekilir ve çekilen bu fotoğraflar SD karta kaydedilir.

4.3 Yer Kontrol Noktalarının Tesisi ve Ölçülmesi

Uçuş planlaması yapılan alanda planlanan haritanın nitelikleri göz önüne alınarak ve varsa ilgili mevzuata uygun uçuş yüksekliğine bağlı olarak fotoğraflarda görülebilecek boyutta yer noktaları tesis edilmelidir. Tesis edilen bu noktalar yine ilgili yönetmelikler ve hassasiyet doğrultusunda istenilen koordinat sisteminde 3 boyutlu koordinatları ölçülmelidir.

4.4 Verilerin İşlenmesi

Uçuş sonrası elde edilen fotoğraflardan ortofoto harita ve sayısal arazi modeli oluşturmak için farklı fotogrametrik yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların en çok kullanılanları Pix4D Mapper, Agisoft FotoScan, 3D Survey, DroneDeploy 3D Mapping, AutoDesk ReCap vb. yazılımlardır. Bu tez çalışmasında Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılmıştır.

Pix4D Mapper yazılımı, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, ortofoto haritalar, doku modelleri, 3 boyutlu model üretmek için İHA ile çekilen fotoğrafları kullanırlar. Bu yazılım ürettiği tüm verileri istenilen koordinat sisteminde çıktı verisi olarak kullanıcıya sunar. Nokta bulutu verilerini “.las, .laz, .ply, .xyz” formatlarında, ortomozaik ve DSM görüntüleri “.tif, .jpg” formatlarında, 3 B modeli ise “.ply, .fbx, .obj” formatlarında çıktı verisi olarak üretebilir.

Agisoft FotoScan yazılımı, İHA ile bindirmeli çekilen fotoğraflardan profesyonel 3 B modeller, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli ve ortofoto haritalar üretmede kullanılan fotogrametrik yazılımlardandır. Bu yazılım fotogrametrik üçgenleme, yoğun nokta bulutu düzenleme ve sınıflandırma, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli üretimi, mesafe ölçme, hacim ve alan hesaplama, stereoskopik değerlendirme gibi bir çok özelliği kullanıcılara sunar.

5. UYGULAMA

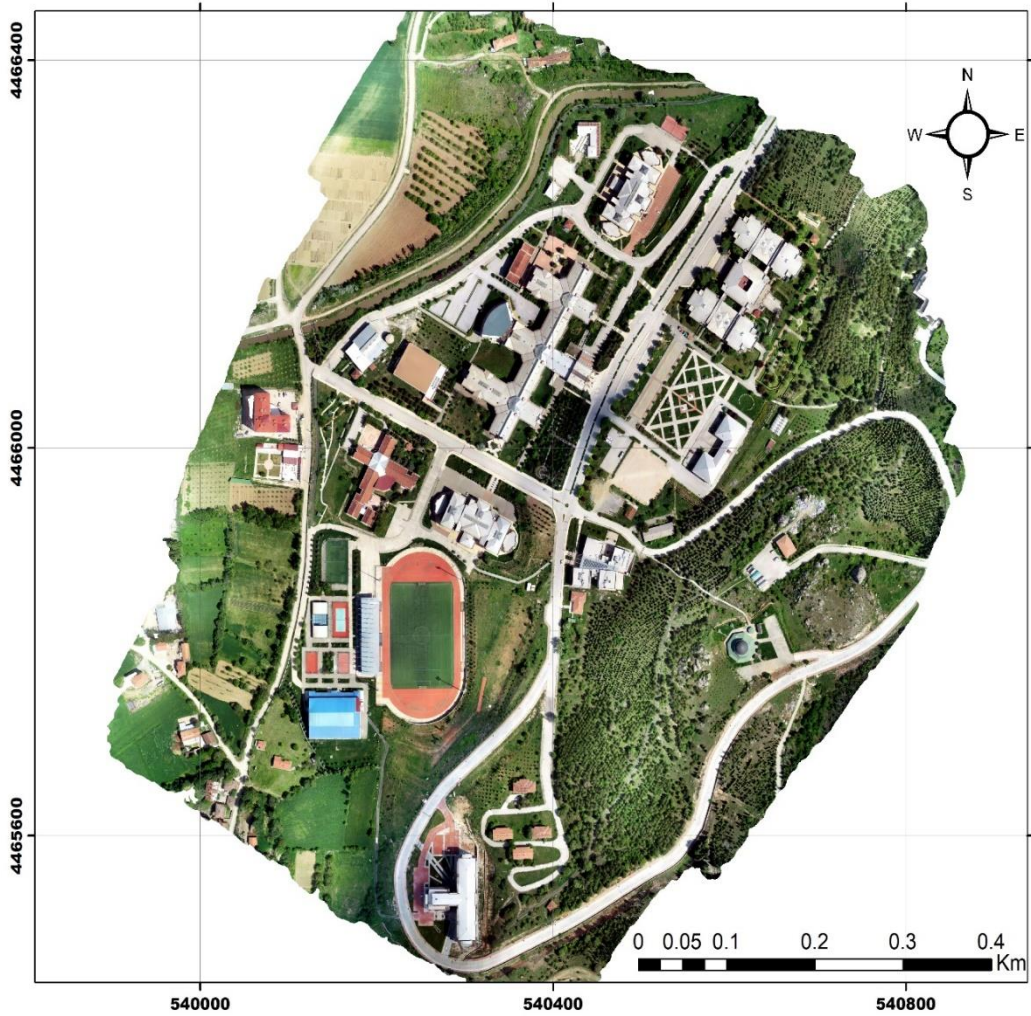
Bu çalışmada amaç insansız hava araçlarından elde edilen görüntüler koordinatlı (RTK çözümlü) ve koordinatsız (YKN koordinatları kullanılarak çözüm) olarak PIX4D ve Agisoft PhotoScan yazılımlarında değerlendirilmesi sonucu hassasiyetin irdelenmesidir. Yapılan değerlendirme sonrasında elde edilen sonuçlar üzerinde bir karşılaştırma yaparak sonuç ürünlerin hangisinin daha hassas olduğu tespiti yapılmıştır.

Çalışma bölgesi olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi belirlenmiştir. Çalışma bölgesinin alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli uçuş kolonları olacak şekilde otonom bir plan hazırlanmıştır. Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5. 1 Projede Kullanılan Multicopter, GNSS Alıcısı, Kontrol birimi ve Kamera sistemi örneği

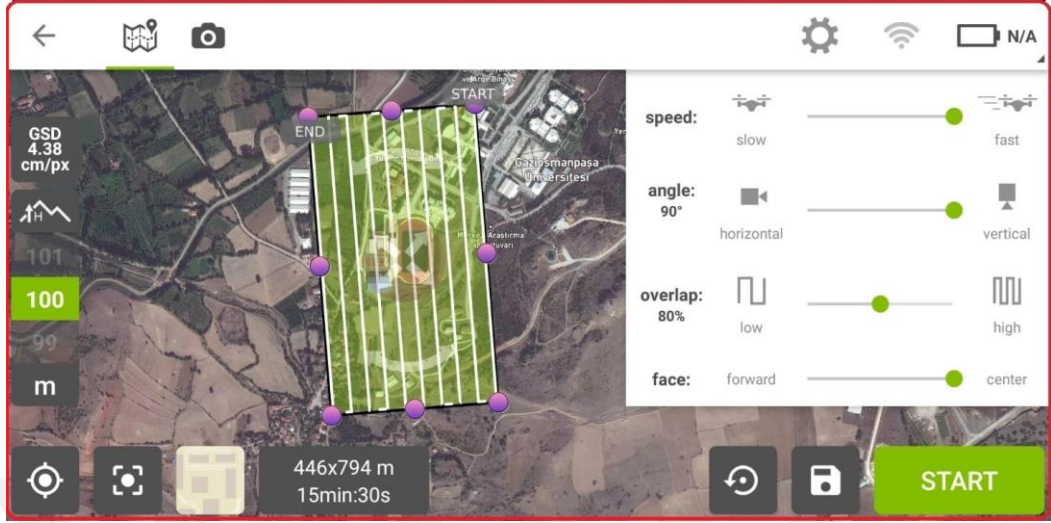
Çalışma alanını kapsayan 19 adet yer kontrol noktasının konumsal bilgileri dört adet çift frekanslı Jeodezik GNSS alıcıları (Trimble, Topcon) ile ölçülmüştür. 2 saatlik statik GNSS ölçüleri TUSAGA Aktif sistemine bağlı olarak Leica LGO V.8.3 yazılımı ile üç boyutlu (3D) olarak değerlendirilmiştir. Uygulama alanının haritası, Şekil 5.2’de gösterilmiş ve bu harita ArcMap programında hazırlanmıştır.



Şekil 5. 2 GOP Üniversitesi Çalışma alanı

5.1 Veri toplama;

- i) Yer kontrol noktalarının tespiti – ölçümü
- ii) Uçuş planı
- iii) Görüntü alma



Şekil 5. 3 Pix4D capture yazılımında örnek uçuş planı

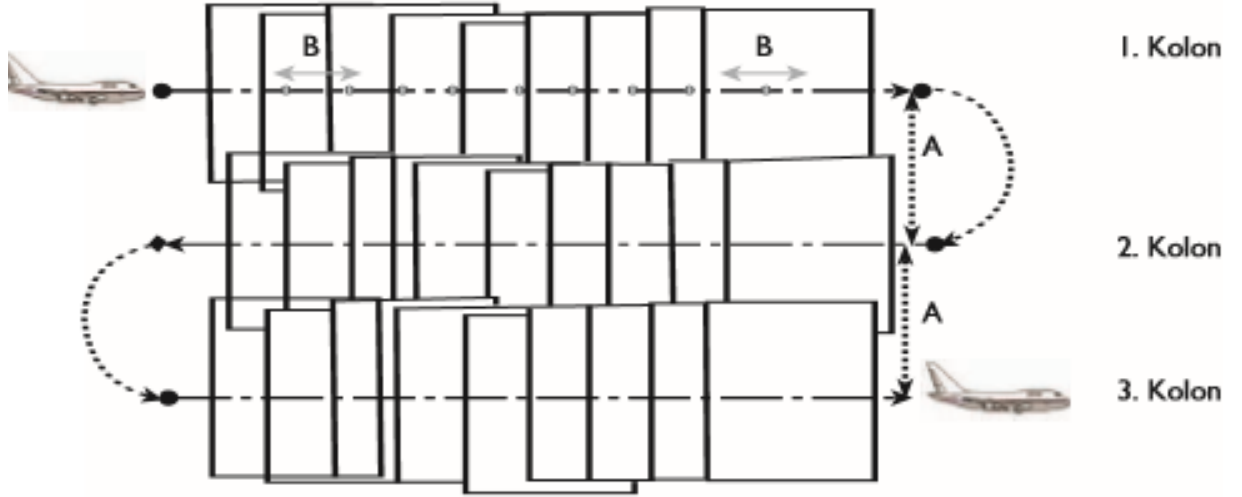
Arazi üzerinde tesis edilen yer kontrol noktası örneği Şekil 5.4’de gösterilmiştir.



Şekil 5. 4 Yer Kontrol Noktası örneği

Çalışma alanı olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi seçilmiştir. Çalışma alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, uçuş kolonları %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli olarak planlanmıştır (Şekil 5.5). Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir. Proje kapsamında ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır. Çalışma alanına homojen olarak

dağılmış 19 adet Yer Kontrol Noktasının TUREF/TM36 koordinatları GNSS alıcısı ile elde edilmiştir.



Şekil 5. 5 Hava fotoğraflarının çekimi ve bindirmeler

5.2 Veri işleme;

- Görüntü işleme
- Oryantasyonların hesaplanması
- 3D yüzey hesaplama
- Doku(Texture) haritalaması

Elde edilen fotoğraflar PIX4D yazılımı ve AGISOFT PHOTOSCAN yazılımı ile işlenmiştir.

5.3 PIX4D Yazılımı

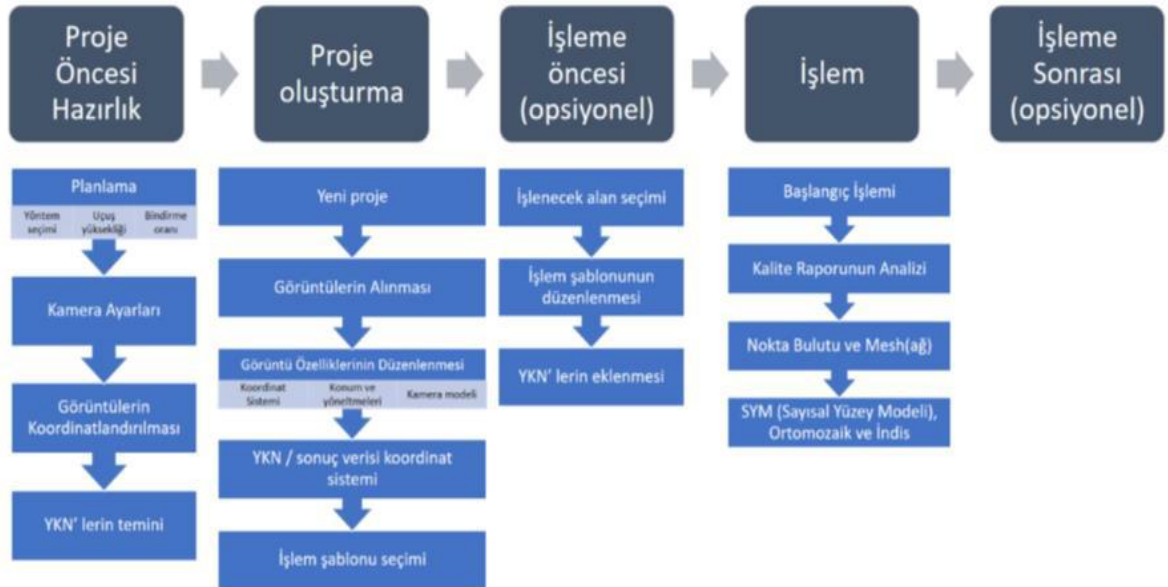
Pix4D aşağıda gösterildiği gibi özellikle İnsansız Hava Aracı ile elde edilen görüntüleri alma, işleme, analiz ve paylaşma temel adımlarının yapılabildiği bir yazılımdır. Pix4d temel işlem adımları, Şekil 5.6'de gösterilmiştir.



Şekil 5. 6 PIX4D Temel adımları

Bu yazılım ile yapılacak projeler için temel adımlar akış şemasında gösterilmiştir (Anonim 2020a) (Tablo 5.1).

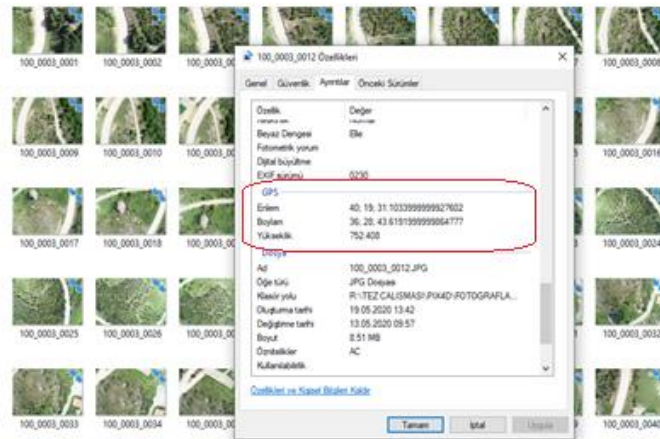
Tablo 5 1 Akış şeması



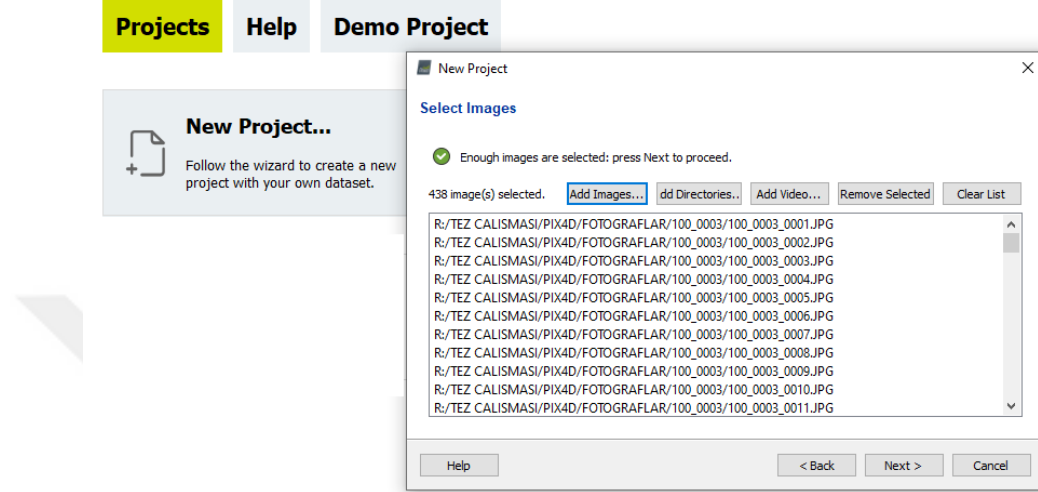
5.3.1. PIX4D Yazılımı RTK Çözüm

5.3.1.1 Yeni Proje Oluşturma

“Yeni proje” oluşturma işleminden hemen önce, projenin tüm girdi ve çıktı verilerinin aynı klasörde olması bakımından, kapasitesi yüksek olan bir diske boş bir proje klasörü oluşturulur. Fotoğrafların tamamında koordinatlar mevcuttur (Şekil 5.7).



*.tif uzantılı olarak eklenebilirler. Projeye resim ekleme penceresinde, farklı klasörlerde bulunan resimler de “Add Images” butonu ile projeye eklenebilir. “Next” komutu ile bir sonraki pencereye geçilir ve eklenen görüntülerin özellikleri yapılandırılır (Şekil 5.9).



Şekil 5. 9 Fotoğrafların yüklenmesi (RTK Çözüm)

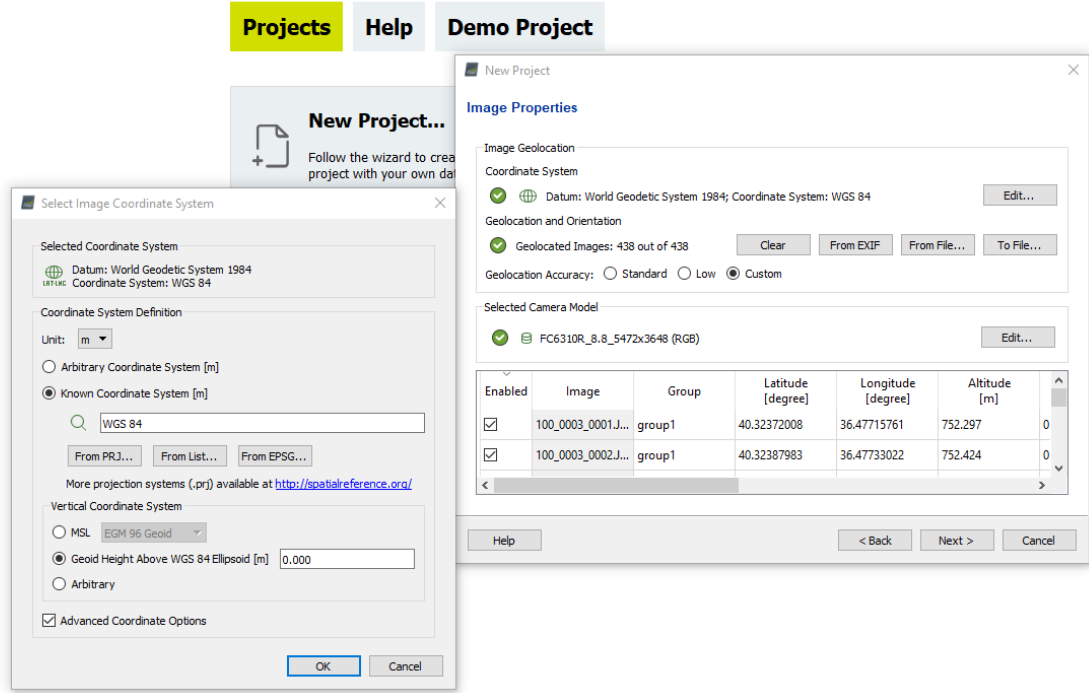
Fotoğraflar yüklendikten sonra “Next” ikonu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.1.3. Görüntü özelliklerinin yapılandırılması

Görüntü özelliklerinin yapılandırılmasında üç temel seçenek bulunmaktadır. Bunlar;

- Image Geolocations / Görüntülerin Konumlandırılması,
- Geolocation and Orientation / Konumlandırma ve Yönlendirme
- Selected Camera Model / Seçili Kamera Modeli bölümleridir.

Fotoğraf koordinat sistemi, pix4D yazılımının default olarak belirlediği “WGS84 (default)” den farklı ise “Edit” ikonu ile açılacak pencereden görüntülerin koordinat sistemi seçilir. Yeni açılan “Image Properties / Görüntü özellikleri” penceresinde, “Image Geolocation” kısmında, fotoğrafların coğrafi konumunu referans aldığı koordinat sistemi ayarlamaları yapılır. Koordinat sistemi eklenir veya isteğe bağlı olarak koordinatların doğrulukları ile ilgili seçimler yapılır. Bunları yapmak için “Edit” komutu ile resimler için koordinat sistemi ayarlamaları penceresi açılır. Eğer resimlerde koordinat bilgisi yok ise, birim olarak “m”, “elipsoid” olarak “WGS84” ve düşey koordinat sistemi olarak “Geoid Height Above WGS 84 Elipsoid” seçilir (Şekil 5.10).



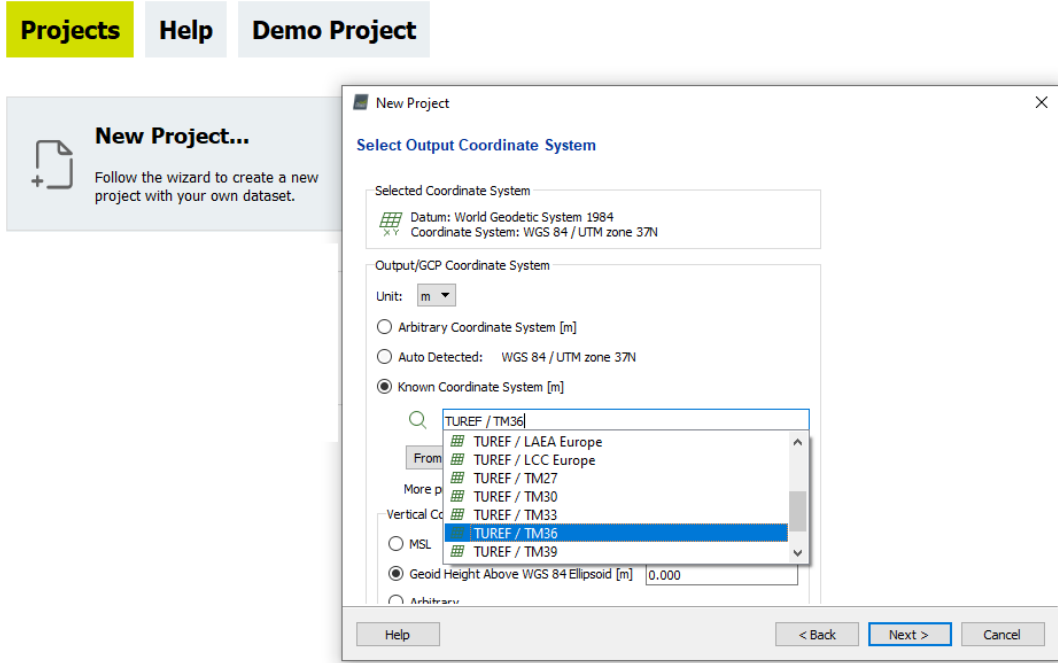
Şekil 5. 10 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (RTK Çözüm)

Fotoğrafların koordinatları belirlendikten sonra “Next” ikonu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.1.4. Çıktı verilerin koordinat sistemi seçimi

Çıktı koordinat sistemi, default olarak fotoğrafların koordinat sistemi ile aynı kabul edilir. Default olarak “Arbitrary Detected / WGS 84 / UTM 37 Koordinat Sistemi” seçilir. Çıktı koordinat sistemi olarak bilinen “Known Coordinate System” seçeneği işaretlenerek çıkan sağdaki penceren “From List” seçeneği ile açılan pencereden istenilen koordinat sistemi tanımlanabilir. Koordinat sistemi dosyalarının uzantıları *.prj şeklindedir ve içinde koordinat sisteminin datum, orta meridyen vb. bilgilerini barındırır.

Projede TUREF / TM 36 koordinat sistemi çıktı verilerinin koordinatı olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.11).

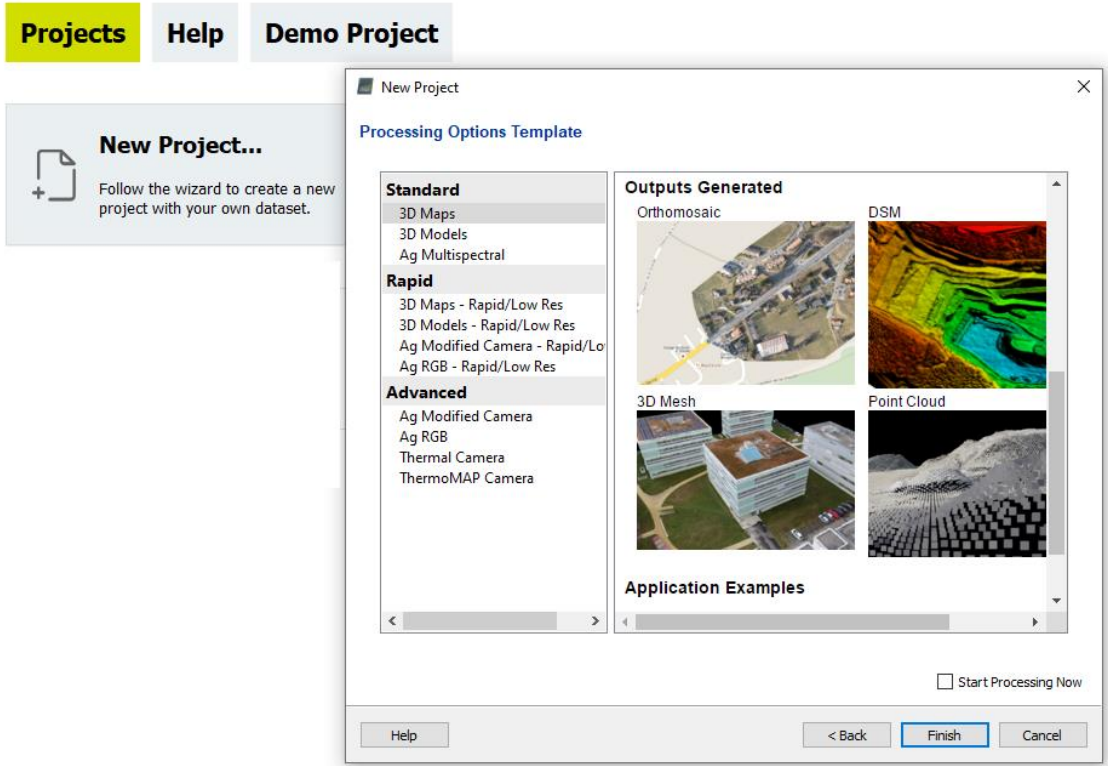


Şekil 5. 11 Çıktı verilerin koordinat sisteminin belirlenmesi (RTK Çözüm)

Çıktı verilerin koordinatları belirlendikten sonra “Next” ikonu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.1.5. Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi

Projenin amacına göre üretilecek sonuç verilerin seçimi yapılır. Uygulamada ortofoto harita ve DSM elde etmek istediğimizden dolayı 3D Maps seçilir (Şekil 5.12). 3D Maps, üç boyutlu harita üretimi için kullanılır. Bu seçenekle nokta bulutu, sayısal arazi modeli ve ortomozaik vb. veri katmanları oluşturulur. Bunun için eğik veya nadir açılı resimler kullanılabilir. İyi bir üç boyutlu haritalandırma için yüksek bindirme oranlı bir uçuş planının uygulanmış olması gerekir.



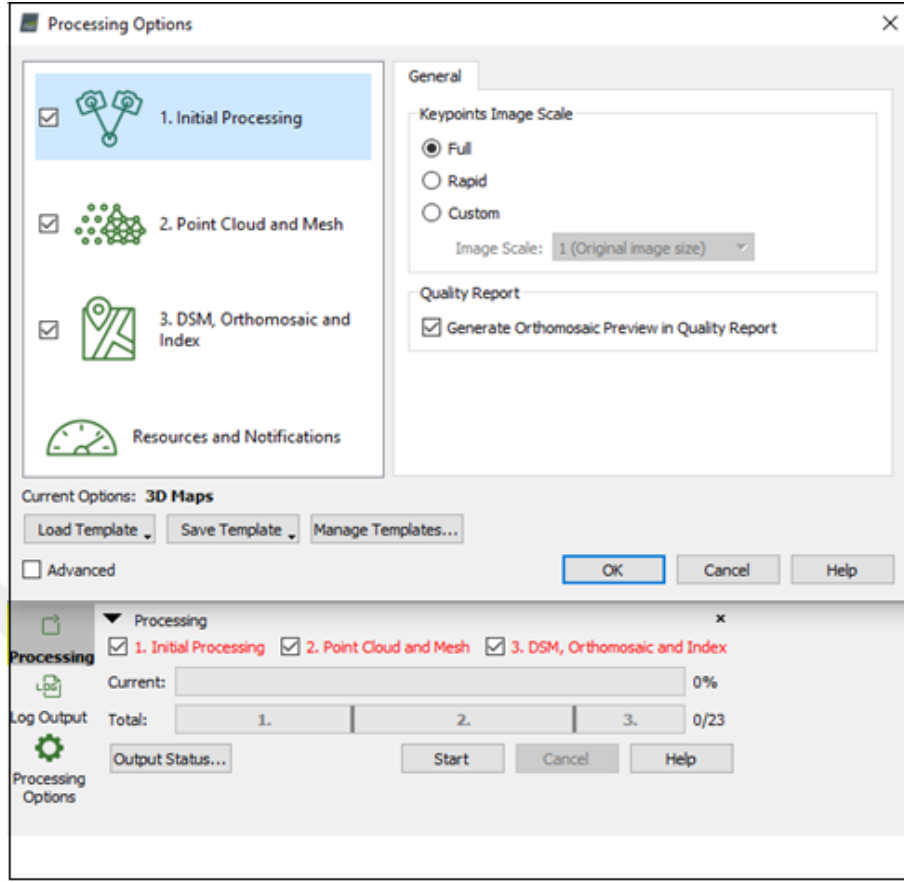
Şekil 5. 12 Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi (RTK Çözüm)

Proje işlem seçenekleri belirlendikten sonra “Finish” ikonu ile yeni proje açma işlemi tamamlanmış olur.

5.3.1.6. Proje Çözüm işlemi

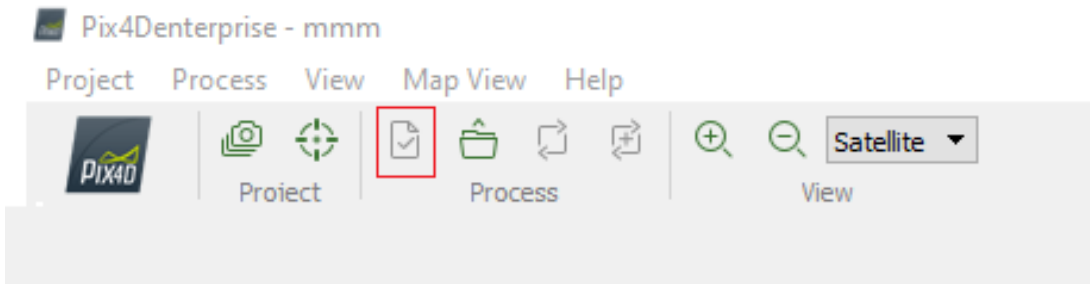
5.3.1.6.1. Initial Processing / İlk işlem

Proje işlem aşaması “View”, menüsü altında bulunan “Processing” seçeneği ya da programın alt satırlarında açılan işlem menüleri üzerindedir. Ön değerlendirme işlemi olarak tanımlanır. Fotoğraflar koordinatlı ise proje ful moda başlatılır (Şekil 5.13).



Şekil 5. 13 Intitial Proseessing / İlk işlem menüsü (RTK Çözüm)

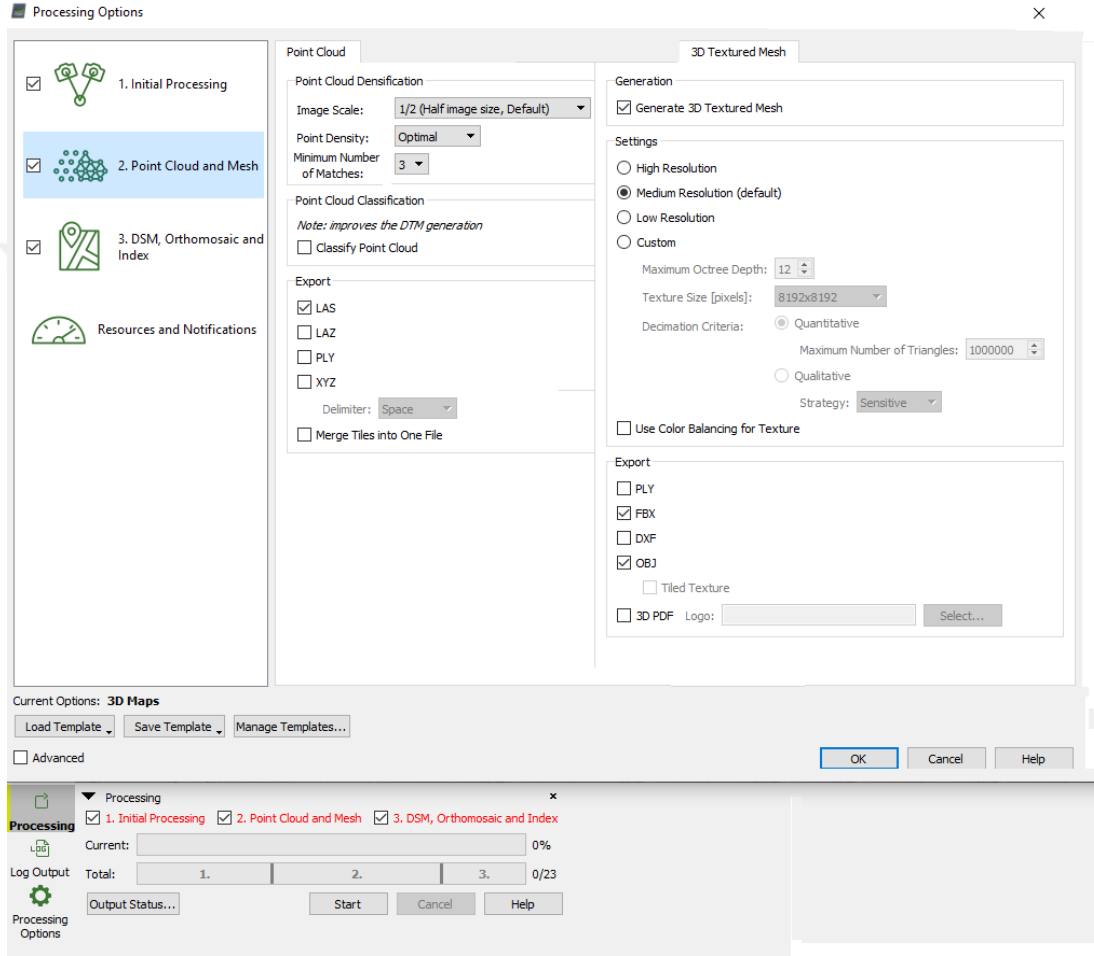
Processing Options / işlem ayar menüsü açılarak “Initial Processing” kutucuğu seçilir ve “Full” moda ayarlanır. Quality Report / kalite raporu kutucuğu işaretlenir. Yapılan proses sonucunda kalite raporu üretilecektir. Raporu menülerin altındaki Quality Report / Kalite raporu ikonu yardımıyla açabiliriz (Şekil 5.14).



Şekil 5. 14 Quality Report / kalite raporu (RTK Çözüm)

5.3.1.6.2. Point Cloud and Mesh / Nokta bulutu oluşturma

Üçüncü işlem olarak processing menüsü içerisinde bulunan nokta bulutu üretmektir. Nokta bulutu istenilen sıklıkta ve çıktı verileri farklı formatlarda üretilebilir. Uygulamada “Default” değerler esas alınmıştır (Şekil 5.15).

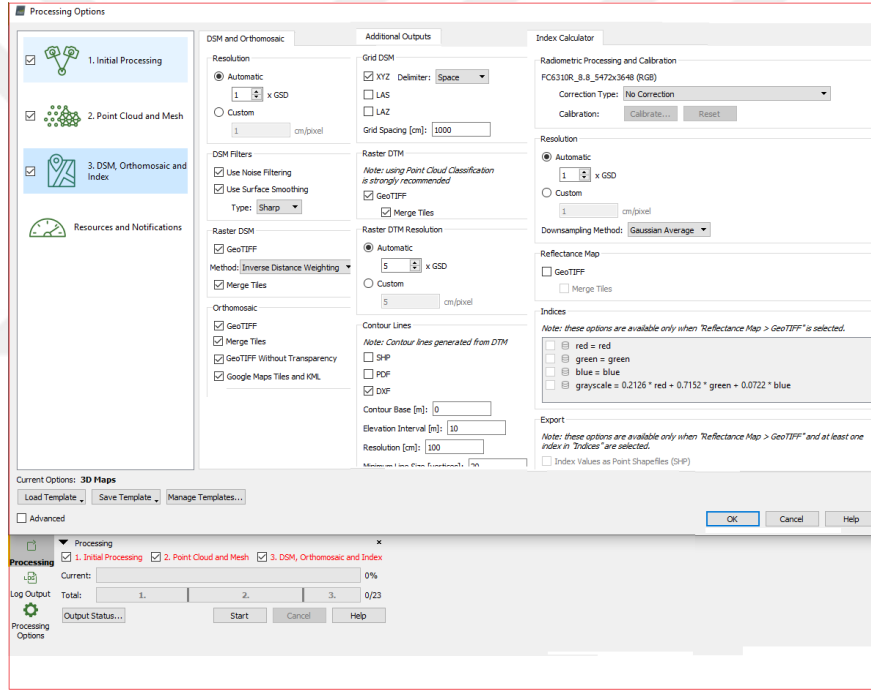


Şekil 5. 15 Nokta bulutu oluşturma (RTK Çözüm)

Buradaki parametrelerin değıştirilmesi durumunda proje de üretilecek nokta sayısı artacağı gibi çözüm süresi de aynı oranda artacaktır. Değerlendirmede kullanılan bilgisayarın özelliklerine bağılı olarak işlem süresinde artış gösterir. Yazılımın nokta bulutu sınıflandırma özelliğı kullanılarak “Digital Terrain Model (DTM)” / sayısal arazi modeli olarak nokta bulutu üretilebiliriz. Sayısal arazi modeli; arazi üzerindeki bina, ağaç vb. canlı ya da cansız tüm varlıklardan bağımsız çıplak toprak yüzeyinin modelidir.

5.3.1.6.3. DSM, Orthomosaic and Index / Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma

İkinci işlem olarak processing menüsü içerisinde bulunan DSM ve ortomozaik oluşturmaktır. Üretilen DSM ve ortomozaik istenilen çözünürlükte üretilebilir ve çıktı verileri farklı formatlarda alınabilir. Uygulamada “Default” değerler esas alınmıştır (Şekil 5.16). Değerlendirme sonucunda ortomozaik ve DSM veri setleri GSD değerleri 3.02 cm/pix olarak bulunmuştur. Bu veri setlerinin konumsal doğrulukları da sağa yönde ± 0.34 cm, yukarı yönde ± 0.39 cm ve yükseklik yönünde ± 1.74 cm olarak bulunmuştur. Detaylı dosyası EK-1’te verilmiştir.



Şekil 5. 16 Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma (RTK Çözüm)

DSM, ortomozaik ve nokta bulutu verileri proje oluşturma esnasında belirlenen koordinat sisteminde çıktı verisi olarak depolanır. Uygulama da TUREF/TM36 koordinat sisteminde veriler üretilmiştir.

Çıktı verilerini Pix4D yazılımı proje klasörüne depolar. Proje işlem sırasına göre ilgili ekleri kendi dosyalarında saklar.

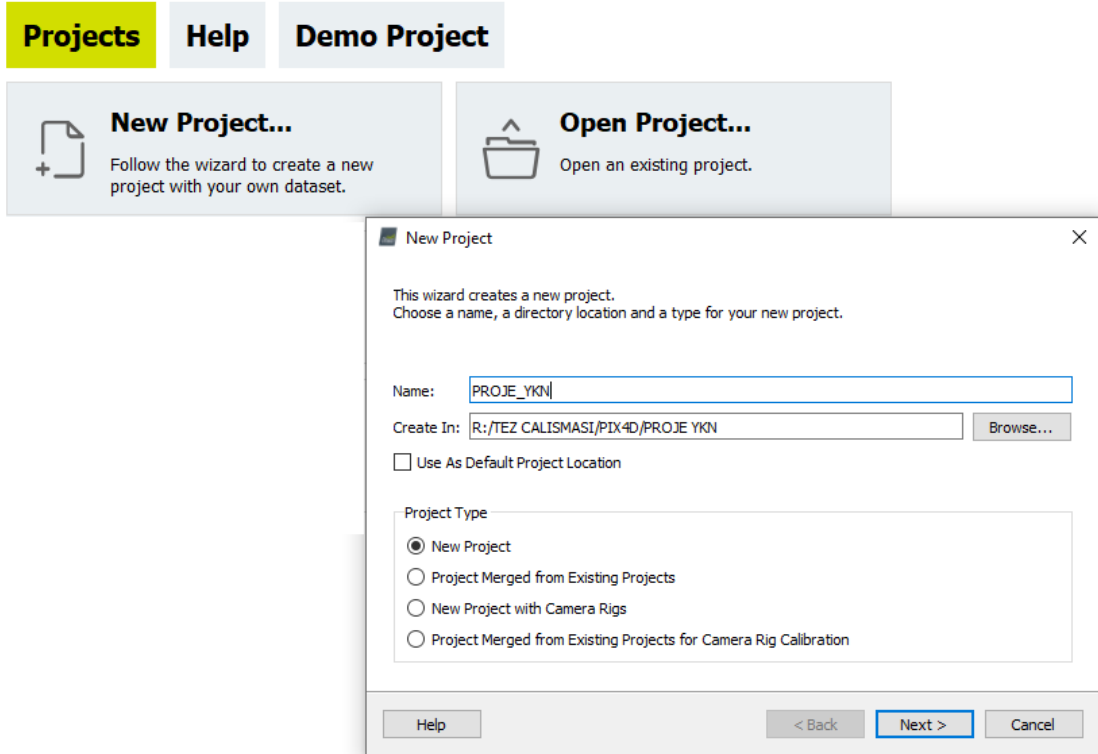
- 1-initial: proje rapor dosyası bulunur.
- 2-densification: nokta bulutu ve mesh model bulunur.
- 3-dsm_ortho: DSM ve Ortomozaik görüntüler bulunur.

5.3.2 PIX4D Yazılımı YKN Çözüm

5.3.2.1. Yeni Proje Oluşturma

“Yeni proje” oluşturma işleminden hemen önce, projenin tüm girdi ve çıktı verilerinin aynı klasörde olması bakımından, kapasitesi yüksek olan bir diske boş bir proje klasörü oluşturulur.

Menü çubuğundaki “Project” sekmesini seçilip “New Project” butonuna basılır. “Name” kısmına yeni oluşturulmak istenen projenin ismi yazılır ve “Create In” kutusu “Browse..” ikonu tıklanarak açılan kısımdan bulunacak olan proje klasörü seçilerek doldurulur. Proje ve proje dosyaları isimlendirilirken özel karakterler kullanılmamalıdır. Bu uygulamada “PROJE YKN” ismi verilmiştir (Şekil 5.17). Projenin tüm verilerinin aynı klasörde bulunmasına özellikle dikkat edilmelidir.

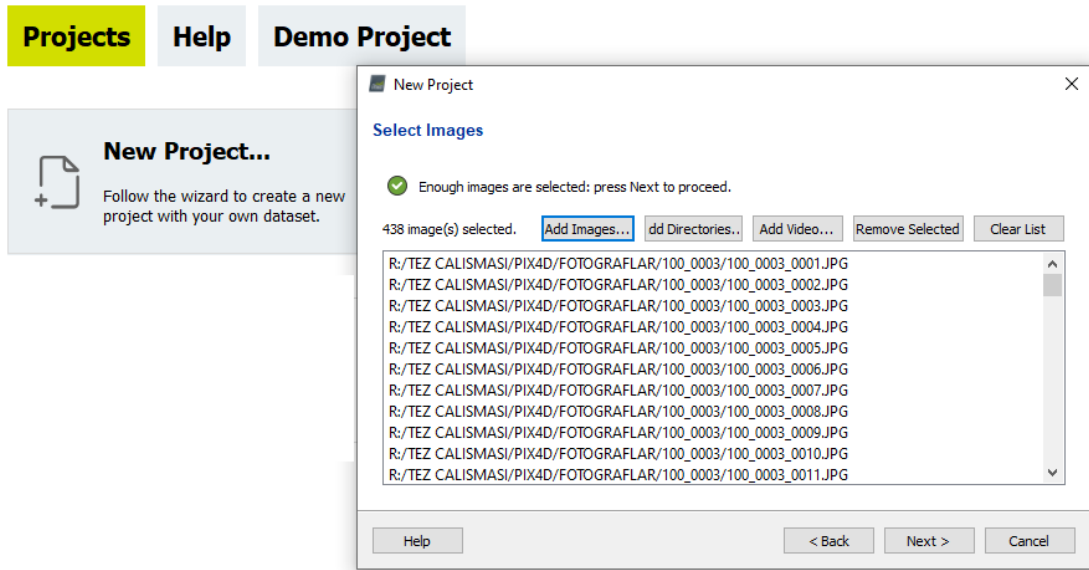


Şekil 5. 17 Yeni proje oluşturma (YKN Çözüm)

“New Project” penceresi gereksinimleri doldurulduktan sonra “Next” ikonu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.2.2 Fotoğrafların yüklenmesi

Fotoğraflar projeye, “Add Images” ile tek tek ya da “Add Directories” ile bütün olarak seçilip eklenebilirler. Projeye resim ekleme penceresinde, farklı klasörlerde bulunan resimler de “Add Images” butonu ile projeye eklenebilir (Şekil 5.18). “Next” komutu ile bir sonraki pencereye geçilir ve eklenen görüntülerin özellikleri yapılandırılır.



Şekil 5. 18 Fotoğrafların yüklenmesi (YKN Çözüm)

Fotoğraflar yüklendikten sonra “Next” iconu ile bir sonraki pencereye geçilir.

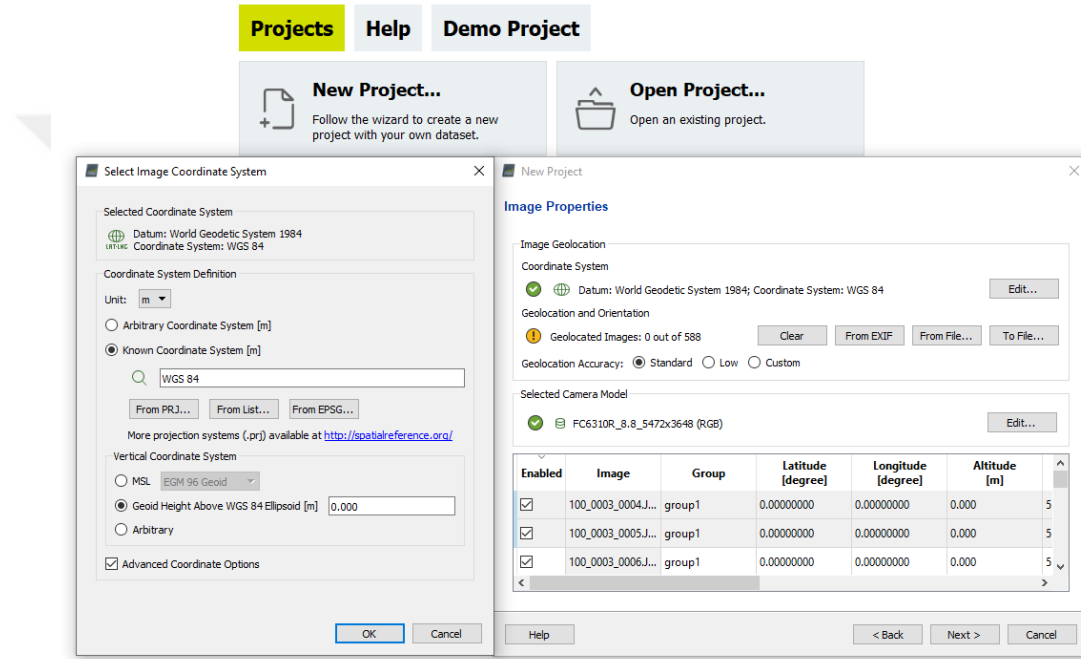
5.3.2.3. Görüntü özelliklerinin yapılandırılması

Görüntü özelliklerinin yapılandırılmasında üç temel seçenek bulunmaktadır. Bunlar;

- Image Geolocations / Görüntülerin Konumlandırılması,
- Geolocation and Orientation / Konumlandırma ve Yönlendirme
- Selected Camera Model / Seçili Kamera Modeli bölümleridir.

Fotoğraf koordinat sistemi, pix4D yazılımının default olarak belirlediği “WGS84 (default)” den farklı ise “Edit” iconu ile açılacak pencereden görüntülerin koordinat sistemi seçilir. Yeni açılan “Image Properties / Görüntü özellikleri” penceresinde, “Image

Geolocation” kısmında, fotoğrafların coğrafi konumunu referans aldığı koordinat sistemi ayarlamaları yapılır. Koordinat sistemi eklenir veya isteğe bağlı olarak koordinatların doğrulukları ile ilgili seçimler yapılır. Bunları yapmak için “Edit” komutu ile resimler için koordinat sistemi ayarlamaları penceresi açılır. Eğer resimlerde koordinat bilgisi yok ise, birim olarak “m”, “elipsoid” olarak “WGS84” ve düşey koordinat sistemi olarak “Geoid Height Above WGS 84 Elipsoid” seçilir (Şekil 5.19).



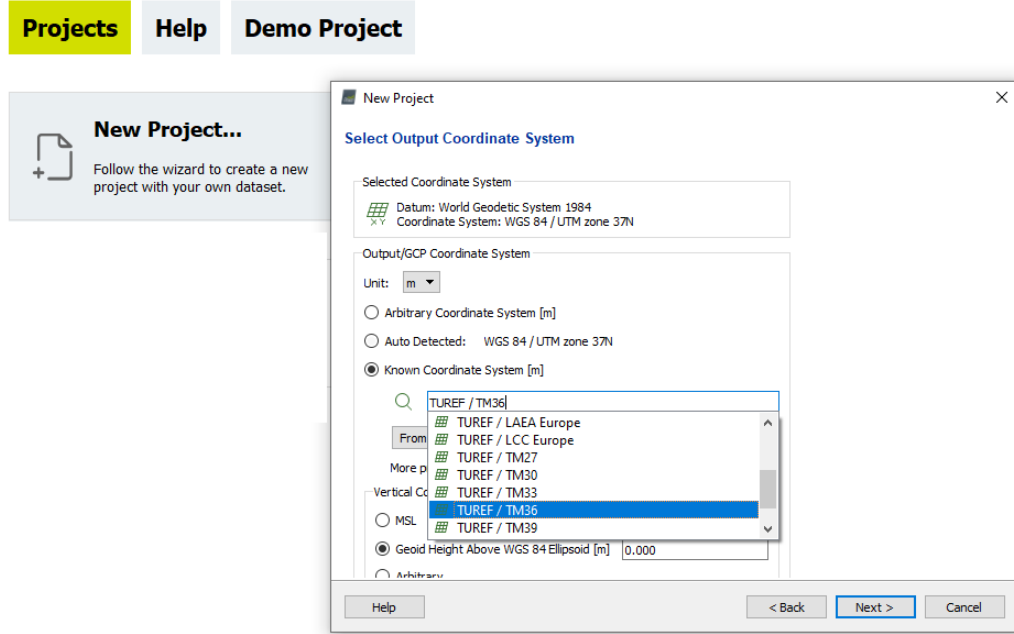
Şekil 5. 19 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (YKN çözüm)

Fotoğrafların koordinatları belirlendikten sonra “Next” iconu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.2.4. Çıkış verilerin koordinat sistemi seçimi

Çıktı koordinat sistemi, default olarak fotoğrafların koordinat sistemi ile aynı kabul edilir. Default olarak “Arbitrary Detected / WGS 84 / UTM 37 Koordinat Sistemi” seçilir. Çıktı koordinat sistemi olarak bilinen “Known Coordinate System” seçeneği işaretlenerek çıkan sağdaki penceren “From List” seçeneği ile açılan pencereden istenilen koordinat sistemi tanımlanabilir. Koordinat sistemi dosyalarının uzantıları *.prj şeklindedir ve içinde koordinat sisteminin datum, orta meridyen vb. bilgilerini barındırır.

Projede TUREF / TM 36 koordinat sistemi çıktı verilerinin koordinatı olarak tanımlanmıştır (Şekil 5.20).

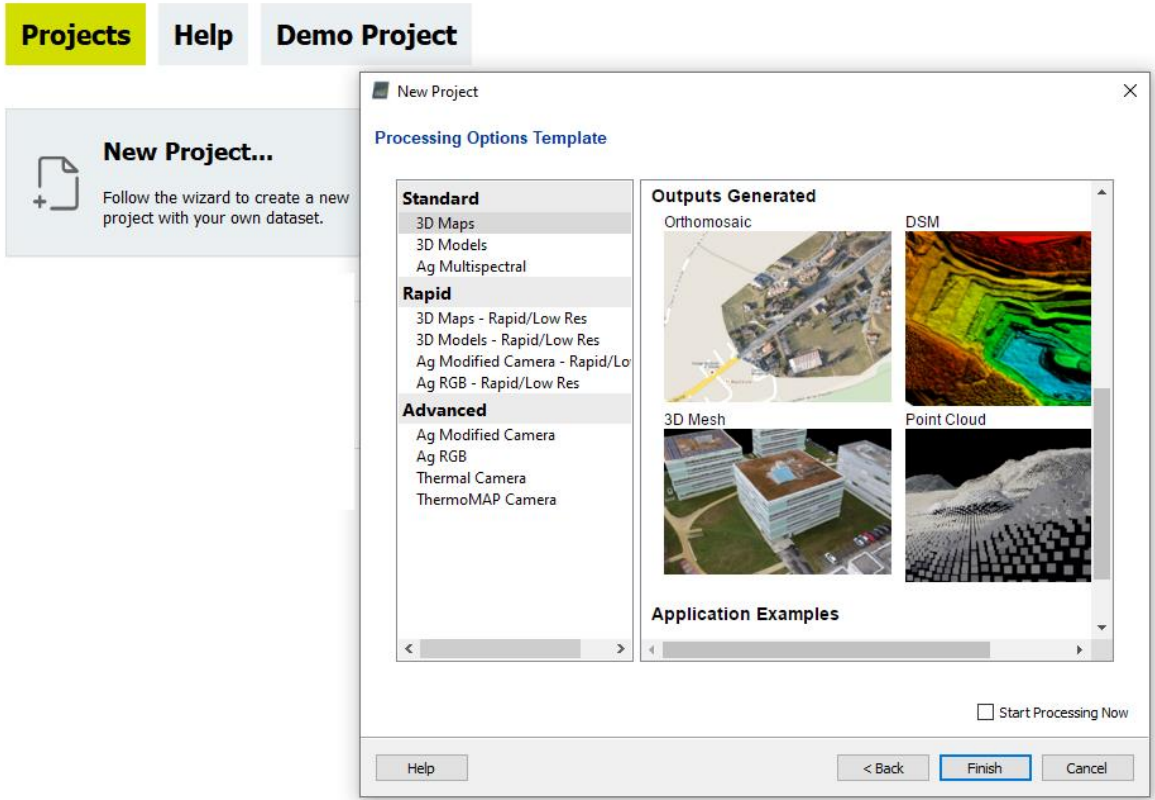


Şekil 5. 20 Fotoğrafların koordinatlarının belirlenmesi (YKN çözüm)

Çıktı verilerinin koordinatları belirlendikten sonra “Next” ikonu ile bir sonraki pencereye geçilir.

5.3.2.5. Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi

Projenin amacına göre üretilecek sonuç verilerin seçimi yapılır. Uygulamada ortofoto harita ve DSM elde etmek istediğimizden dolayı 3D Maps seçilir (Şekil 5.21). Bu seçenekle nokta bulutu, sayısal arazi modeli ve ortomozaik vb. veri katmanları oluşturulur. Bunun için eğik veya nadir açılı resimler kullanılabilir. İyi bir üç boyutlu haritalandırma için yüksek bindirme oranlı bir uçuş planının uygulanmış olması gerekir.



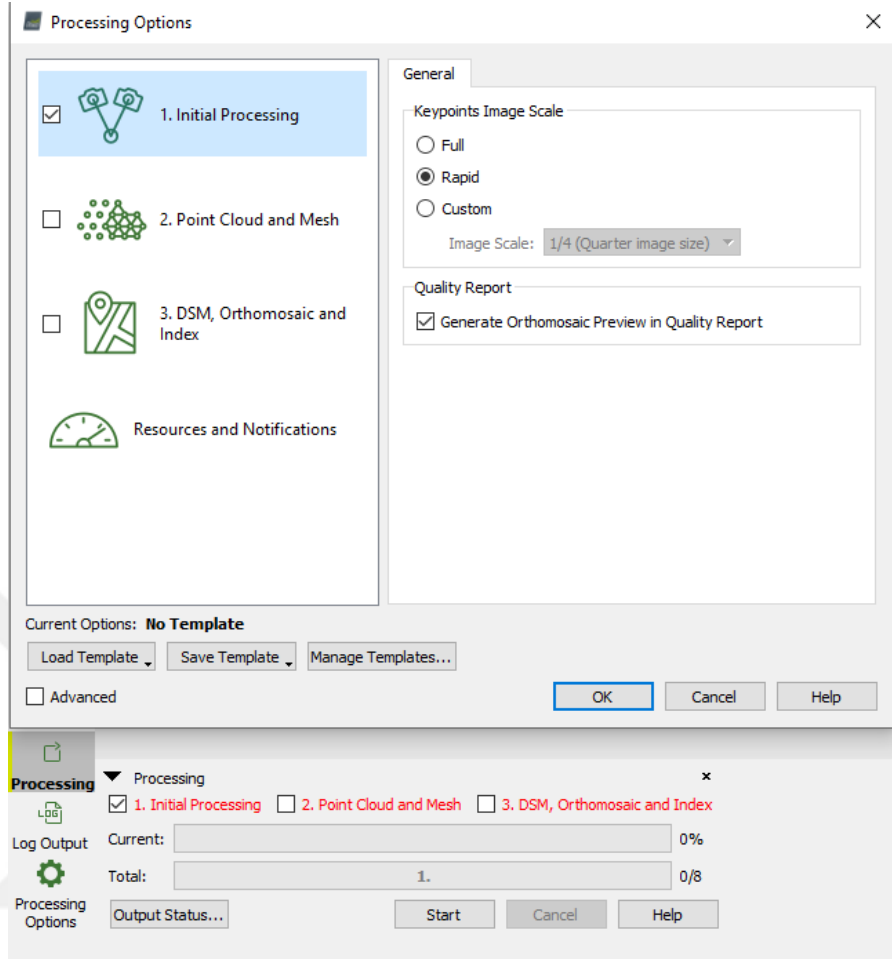
Şekil 5. 21 Proje işlem seçeneklerin belirlenmesi (YKN çözüm)

Proje işlem seçenekleri belirlendikten sonra “Finish” ikonu ile yeni proje açma işlemi tamamlanmış olur.

5.3.2.6. Proje çözüm işlemi

5.3.2.6.1. Initial Processing / İlk işlem

Proje işlem aşaması “View”, menüsü altında bulunan “Processing” seçeneği ya da programın alt satırlarında açılan işlem menüleri üzerindedir. Ön değerlendirme işlemi için proje “rapid” mod seçilir ve proses işlemi başlatılır (Şekil 5.22).



Şekil 5. 22 Intitial Prosessing / İlk işlem menüsü (YKN çözüm)

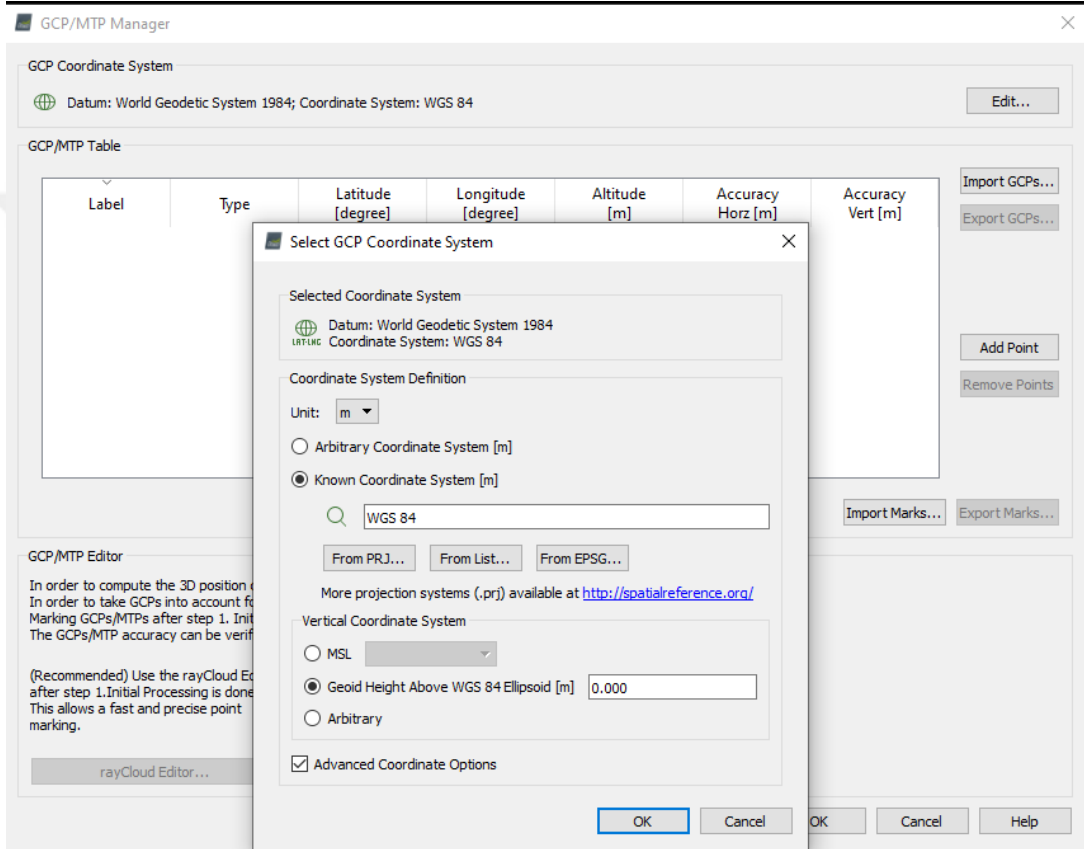
Ön değerlendirme işlemi fotoğrafların enine ve boyuna bindirme alanlarını göz önünde bulundurarak birleştirme yapılır. Yer kontrol noktalarının koordinatları ve hangi resimlerde hangi YKN bulunduğunu tespit etmek gerekir. En az 3 YKN'yi 3 farklı fotoğrafta işaretlenmesi yeterlidir. Diğer YKN'ler yazılım tarafından otonom olarak yaklaşık yerleri tespit edilecektir. Ancak tam merkez noktalara yine manuel olarak işaretleme yapılmalıdır.

Uygulama da TUREF/TM36 koordinatlar J-trans programı yardımıyla *.kmz uzantılı Google Earth programında açılacak formata dönüştürülmüştür. Aynı zamanda koordinatlar projede kullanılmak üzere coğrafi koordinatlara (Enlem, Boylam, Yükseklik) dönüştürülmüştür.

YKN-18: 100_0003_0355.jpg, 100_0003_0356.jpg, 100_0003_0355.jpg nolu resimlerde, YKN-28: 100_0003_0258.jpg, 100_0003_0258.jpg, 100_0003_0258.jpg nolu resimlerde, YKN-43: 100_0003_0065.jpg, 100_0003_0066.jpg, 100_0003_0067.jpg nolu resimlerde, tespit edilmiştir.

5.3.2.6.2. Koordinat sistemi tanımlama

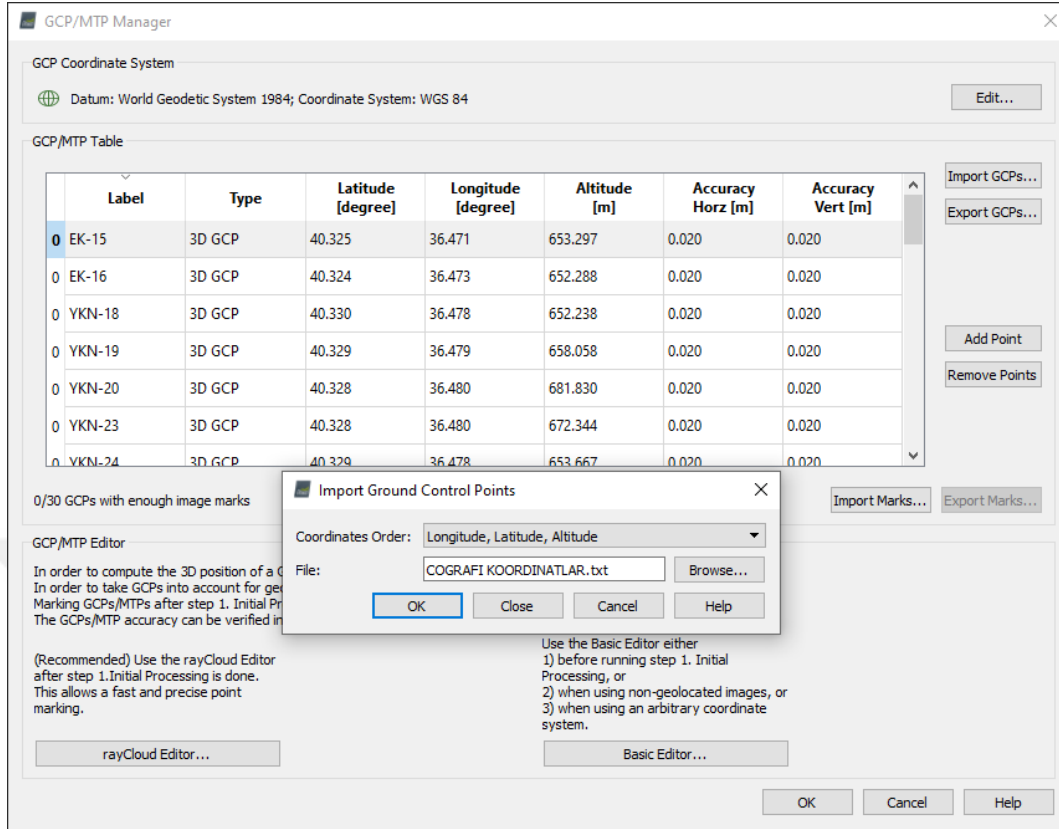
Bu işlem “GCP/MTP Manager” komutu verilerek açılan pencereden koordinat sistemini projede kullanılacak yer kontrol noktalarının koordinat sistemine uygun tanımlanmasıdır. Uygulamada WGS 84 Coğrafi koordinatlar kullanılacağı için “Edit” ikonundan düzenleme yapıldı (Şekil 5.23).



Şekil 5. 23 Koordinat sistemi tanımlama (YKN çözüm)

5.3.2.6.3. Koordinatların yüklenmesi

Bu işlem “GCP/MTP Manager” komutu verilerek açılan pencereden “ Import GCPs” ikonu yardımıyla açılan ekrandan “browse” komutu dönüşüm yapılan coğrafi koordinatlar *.txt formatlı dosya seçilir ve “OK” komutu ile yüklenir (Şekil 5.24).



Şekil 5. 24 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)

Koordinatlar *.txt formatlı dosyaya Nokta adı, Enlem, Boylam, Yükseklik olacak şekilde saklanmalıdır (Şekil 5.25).

```

YKN-18,40.33007180,36.47795049,652.2380
YKN-19,40.32922179,36.47894163,658.0580
YKN-20,40.32848371,36.48033391,681.8300
YKN-23,40.32777669,36.47970983,672.3440
YKN-24,40.32943461,36.47751346,653.6670
YKN-25,40.32944813,36.47526505,641.4070
YKN-26,40.33013613,36.47576144,639.3680
YKN-27,40.32896556,36.47638329,648.5940
YKN-28,40.32816754,36.47773906,657.0000

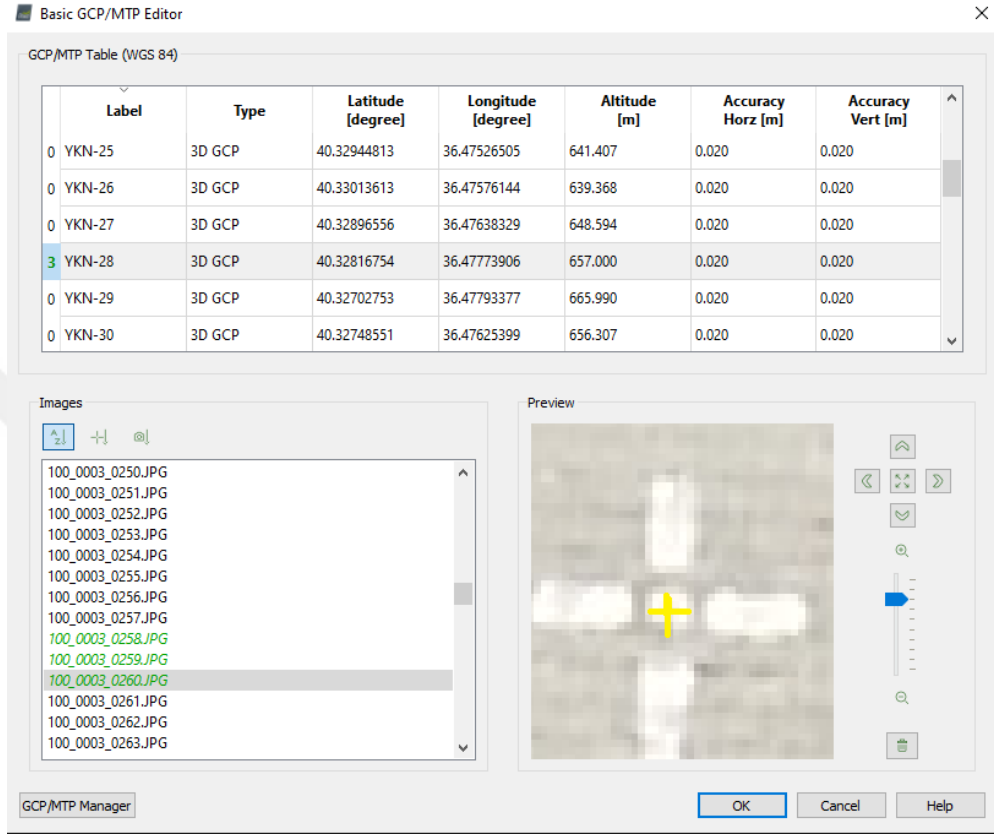
```

Şekil 5. 25 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)

5.3.2.6.4. YKN'lerin Fotoğraflarda işaretlenmesi

Belirlenen 3 YKN'nın bulundukları fotoğraflarda bulunarak işaretlenmesi için, Pix4D yazılımı "GCP/MTP Manager" penceresinde bulunan "Basic Editor" ikonu ile "Basic GCP/MTP Editor" penceresi açıldı. Daha önce tespit edilen YKN'ler ait fotoğraflar

resimler menüsünde bulunur ve YKN bulunduğu noktaya yaklaşıp tam orta noktası işaretlenir (Şekil 5.26).



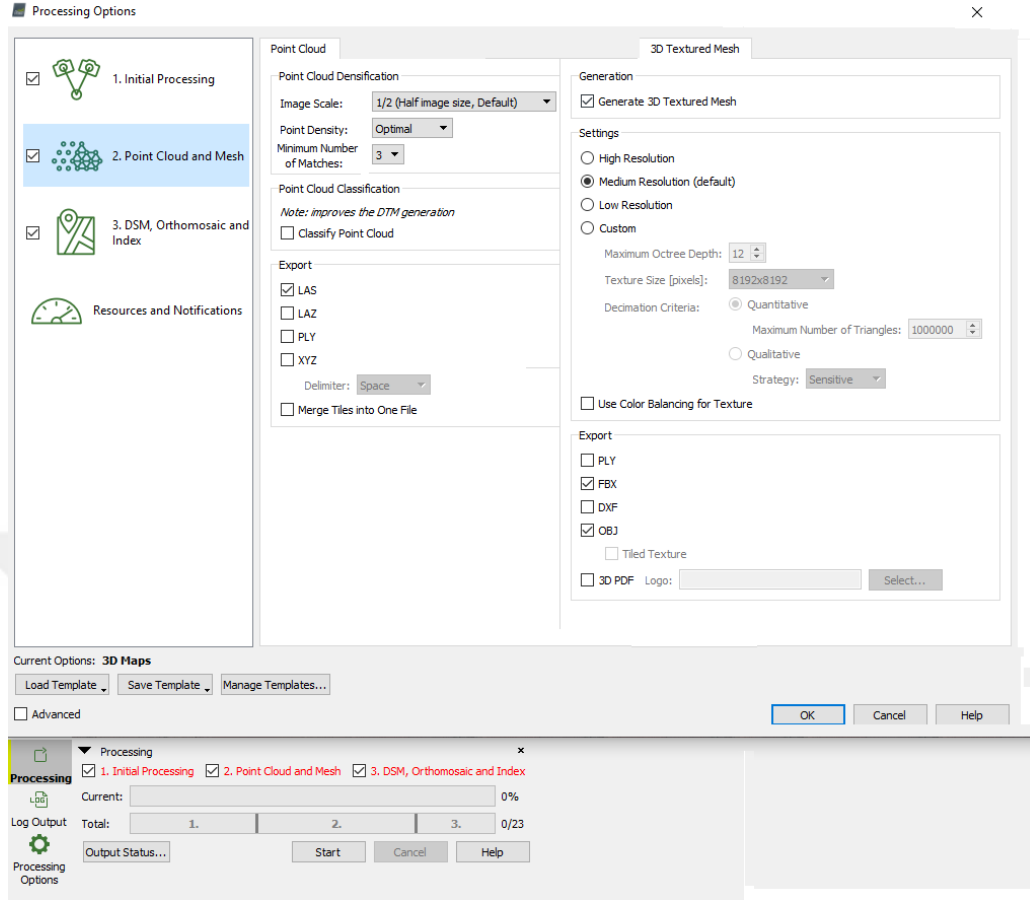
Şekil 5. 26 YKN koordinatlarının işaretlenmesi (YKN çözüm)

Bu işlem 3 farklı YKN için yapılır. Daha sonra proje rapid moda tekrar değerlendirme için başlatılır. Değerlendirme bitince işaretlenmesi yapılmayan YKN'lerin yaklaşık yerleri yazılım tarafından işaretlenir. Yaklaşık yerleri tespit edilen YKN'leri tam orta noktaları sırayla en az 3 farklı resimde olacak şekilde işaretlemeleri yapılır. Ne kadar çok resimde işaretleme yapılırsa hassasiyet daha iyi olacaktır.

Bu işlem bitince "Initial Processing" ful moda başlatılır.

5.3.2.6.5. Point Cloud and Mesh / Nokta bulutu oluşturma

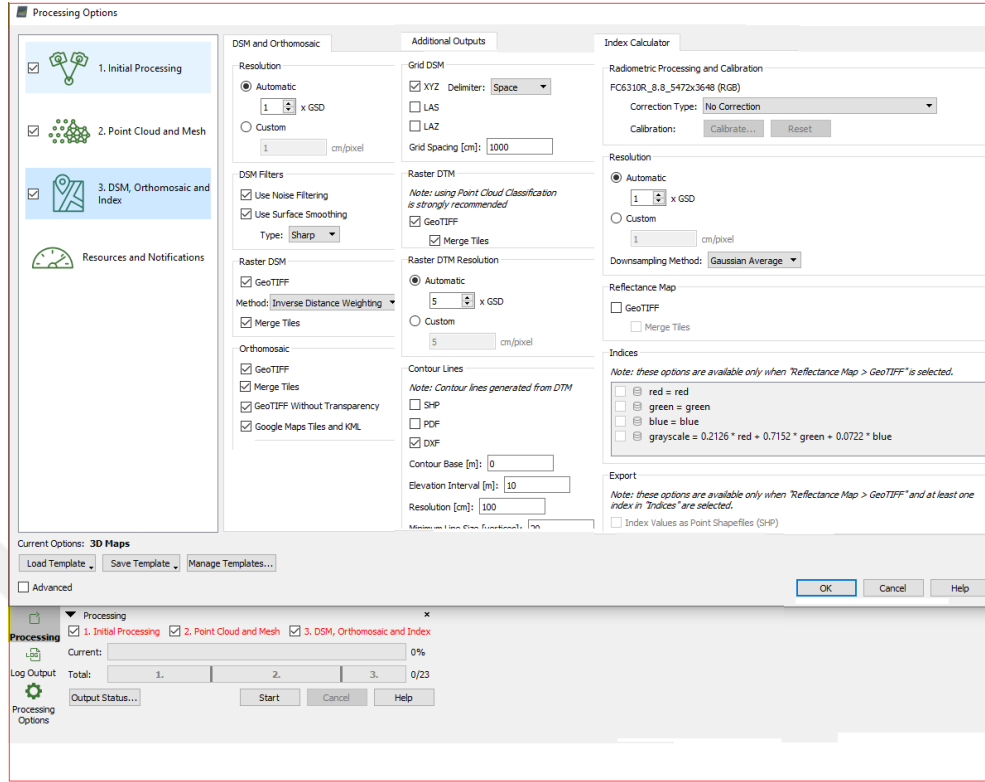
Üçüncü işlem olarak processing menüsü içerisinde bulunan nokta bulutu üretmektir. Nokta bulutu istenilen sıklıkta ve çıktı verileri farklı formatlarda üretilebilir. Uygulamada "Default" değerler esas alınmıştır (Şekil 5.27).



Şekil 5. 27 Nokta bulutu oluşturma (YKN çözüm)

5.3.2.6.6. DSM, Orthomosaic and Index / Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma

İkinci işlem olarak processing menüsü içerisinde bulunan DSM ve ortomozaik oluşturmaktır. Üretilen DSM ve ortomozaik istenilen çözünürlükte üretilebilir ve çıktı verileri farklı formatlarda alınabilir. Uygulamada “Default” değerler esas alınmıştır (Şekil 5.28). Değerlendirme sonucunda ortomozaik ve DSM veri setleri GSD değerleri 3.02 cm/pix olarak bulunmuştur. Bu veri setlerinin konumsal doğrulukları da sağa yönde ± 2.62 cm, yukarı yönde ± 3.61 cm ve yükseklik yönünde ± 2.92 cm olarak bulunmuştur. Detaylı dosyası EK-2’te verilmiştir.



Şekil 5. 28 Dijital yüzey modeli ve ortomozaik oluşturma (YKN çözüm)

5.3.3. Kalite raporunun incelenmesi

Pix4D yazılımı tüm işlemlerin sonucunda rapor dosyası oluşturur. Bu raporda;

a) Özet / Summary

Raporun bu bölümünde ise projenin adı, işlem tarihi, kullanılan kamera bilgileri, projenin kapladığı alan ve yersel çözünürlük (GSD) gibi projenin temel özet bilgileri sunulur (Tablo 5.2).

Tablo 5 2 Proje özet bilgileri

Summary	
Project	YKN_PROJE
Processed	2020-05-20 05:35:14
Camera Model Name(s)	FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.02 cm / 1.19 in
Area Covered	0.686 km ² / 68.6228 ha / 0.27 sq. mi. / 169.6585 acres
Time for Initial Processing (without report)	35m:00s

b) Hassasiyet kontrolü / Quality Check

Proje verilerinin harita üretimi için uygun olup olmadıkları konusunda en net bilgi alınabilecek kısımdır. Bu sebeple en çok bu kısım üzerinde durulacak ve projenin akışı bu kısım bilgilerine göre şekillendirilecektir. Bu bölümün en sağında üç sembol görmek olası olacaktır (Tablo 5.3). Bunlar,

-  İlgili satır unsurunun, örneğin fotoğraflar, işlem için yeterli ve uygun olduğunu,
-  İlgili satır unsurunun, işlem için yeterli olmadığını, ancak bazı öneriler doğrultusunda yapılacak düzeltmelerle problemin çözülebileceğini,
-  Sembolü ise ilgili satır unsurunun eksik olduğu şeklindedir.

Tablo 5 3 Proje hassasiyet bilgileri

Quality Check			
 Images	median of 46854 keypoints per image		
 Dataset	588 out of 588 images calibrated (100%), all images enabled		
 Camera Optimization	0.48% relative difference between initial and optimized internal camera parameters		
 Matching	median of 14067.4 matches per calibrated image		
 Georeferencing	yes, 19 GCPs (19 3D), mean RMS error = 0.029 m		

c) Ön izleme / Preview

Rapordaki bu kısmında ilk işlem neticesinde elde edilen ortomozaik ve DSM görüntülerinin son hali sunulmaktadır (Şekil 5.29). Bu kısımdan anlaşılması gerekenler şöyle sıralanabilir;

- Ortomozaik görüntünün herhangi bir boşluk içerip içermediği,
- Ortomozaik görüntünün eğilip bükülmediği,
- Ortomozaik görüntünün yönlendirmesinin doğru olup olmadığı,
- İstenen harita alanını kapsayıp kapsamadığı kontrol edilmelidir.

Preview



Şekil 5. 29 Ortomozaik ve DSM ön izleme görüntüsü

d) Kamera kalibrasyonu / Absolute Camera Position and Orientation Uncertaintie

Bu kısımda ise kamera kalibrasyonu ile ilgili hesaplanan bilgiler bulunmaktadır. Bu tabloda da iki hususa dikkat edilmelidir:

- Sadece koordinatlı resimlerin kullanıldığı projeler için “ortalama/mean” değerlerinin GPS doğruluklarına benzer olmasına ve “sigma” değerlerinin de “ortalama/mean” değerlerinden daha küçük olmasına (Tablo 5.4),
- Yer kontrol noktası kullanılan projelerde ise kamera konum ortalama hatalarının yer kontrol noktaları konum doğruluklarına benzer olduklarına dikkat edilmelidir.

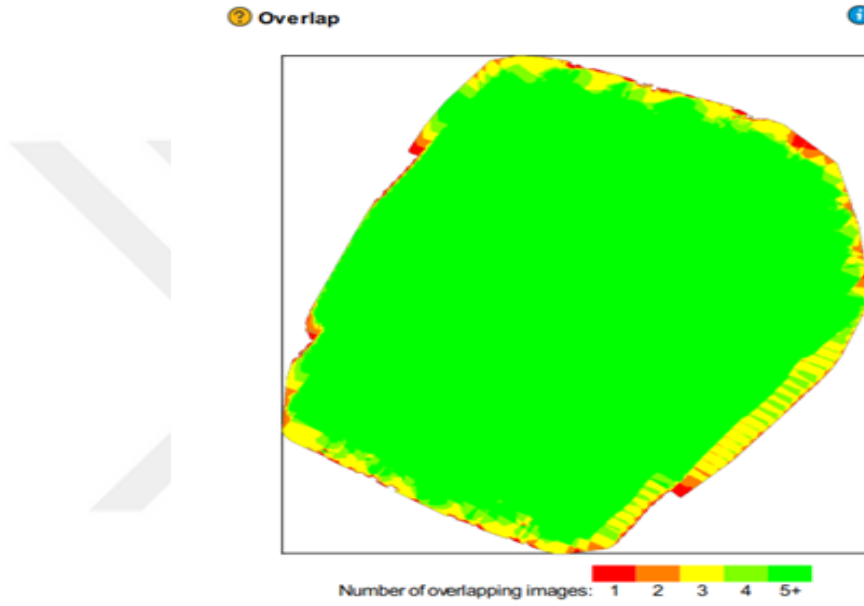
Tablo 5 4 Kamera kalibrasyonu bilgileri

Absolute camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.011	0.012	0.053	0.007	0.006	0.002
Sigma	0.003	0.004	0.008	0.003	0.003	0.002

e) Bindirme / Overlap

Ortomosaik piksellerinden her birisinin en az kaç resimde olduğunu göstermektedir (Şekil 5.30). Kırmızı kısımlar örtüşme oranının düşük olduğu yerleri gösterir ve hassas olmayan bir 3D modeli oluşturur. Örtüşme hassas bir sonuç için çok önemli parametredir. İyi bir 3D modelleme ve harita çıktısı için örtüşme oranı yeşil olmalı ve istenen harita alanı tam olarak yeşil alan içinde kalmalıdır.



Şekil 5. 30 Bindirme görüntüsü

f) Kamera iç parametreleri / Internal Camera Parameters

Bu kısımda kameraya ait iç yöneltme kalibrasyon değerleri gösterilmektedir (Tablo 5.5).

Tablo 5 5 Kamera iç parametreleri

Internal Camera Parameters								
FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]								
EXIF ID: FC6310R_8.8_5472x3648								
	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3658.300 [pixel] 8.580 [mm]	2722.500 [pixel] 6.385 [mm]	1835.100 [pixel] 4.304 [mm]	-0.269	0.112	-0.033	0.000	-0.001
Optimized Values	3640.396 [pixel] 8.538 [mm]	2745.313 [pixel] 6.439 [mm]	1833.646 [pixel] 4.300 [mm]	-0.267	0.108	-0.030	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	1.975 [pixel] 0.005 [mm]	0.070 [pixel] 0.000 [mm]	0.061 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

g) Konumlandırma Detayları / Geolocation Details

Bu kısımda da yer kontrol noktalarının kullanılması durumunda tüm noktaların hesaba katılıp katılmadıkları ve doğrulandıkları kontrol edilmelidir. Eğer bir yer kontrol noktası YKN tablosunda kırmızı renkli yazılmış ise bu noktanın hesaba katılmadığı anlaşılmalıdır. Bunun sebebi araştırılmalı ve hata giderilerek gerekiyorsa hesaba katılması sağlanmalıdır. Pix4Dmapper yazılımı, kalite raporu YKN'ler ile ilgili şu hata değerlerini hesaplar ve sunar (Tablo 5.6). Bunlar;

- X, Y, Z eksenlerindeki ortalama hata “**Mean**”
- X, Y, Z eksenlerindeki standart sapma hatası “**Sigma**” ve
- X, Y, Z eksenlerindeki “**RMS**” hatası
-

Tablo 5 6 Konumlandırma detayları

Geolocation Details						
Ground Control Points						
GCP Name	Accuracy XYZ [m]	Error X [m]	Error Y [m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
YKN-18 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	0.028	-0.010	1.113	5 / 5
YKN-19 (3D)	0.020/ 0.020	-0.026	0.015	-0.039	0.779	9 / 9
YKN-24 (3D)	0.020/ 0.020	-0.027	0.013	-0.013	0.465	7 / 7
YKN-25 (3D)	0.020/ 0.020	0.048	0.001	-0.012	0.874	7 / 7
YKN-26 (3D)	0.020/ 0.020	-0.015	0.071	0.044	0.566	7 / 7
YKN-27 (3D)	0.020/ 0.020	0.037	-0.014	0.007	0.522	8 / 8
YKN-28 (3D)	0.020/ 0.020	-0.010	-0.005	0.009	0.756	9 / 9
YKN-30 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	0.009	-0.047	0.880	7 / 7
YKN-32 (3D)	0.020/ 0.020	0.027	0.038	0.039	0.721	7 / 7
YKN-33 (3D)	0.020/ 0.020	0.033	0.017	0.009	0.459	7 / 7
YKN-36 (3D)	0.020/ 0.020	-0.091	-0.018	-0.018	0.669	7 / 7
YKN-37 (3D)	0.020/ 0.020	0.007	-0.004	-0.003	0.740	7 / 7
YKN-39 (3D)	0.020/ 0.020	0.035	-0.013	0.031	0.338	7 / 7
YKN-40 (3D)	0.020/ 0.020	0.036	-0.042	-0.065	1.008	6 / 6
YKN-42 (3D)	0.020/ 0.020	0.017	-0.039	0.014	0.444	7 / 7
YKN-43 (3D)	0.020/ 0.020	-0.042	-0.011	0.037	0.646	7 / 7
YKN-45 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	-0.003	-0.009	0.293	3 / 3
YKN-30A (3D)	0.020/ 0.020	-0.025	-0.001	0.012	0.999	8 / 8
YKN-34A (3D)	0.020/ 0.020	0.006	-0.030	0.032	0.894	9 / 9
Mean [m]		0.000415	0.000600	0.001034		
Sigma [m]		0.033187	0.026198	0.029179		
RMS Error [m]		0.033190	0.026205	0.029197		

h) Sistem bilgisi / System Informations

Bu kısımda kullanılan bilgisayarın özelliklerini görebiliriz (Tablo 5.7).

Tablo 5 7 Sistem bilgileri

System Information	
Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700K CPU @ 4.00GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 750 Ti (Driver: 26.21.14.4274)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

i) Koordinat sistemi / Coordinate Systems

Bu kısımda projenin girdi koordinat sistemini ve çıktı verilerinin koordinat sistemini görebiliriz (Tablo 5.8).

Tablo 5 8 Koordinat sistemi

Coordinate Systems



Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84
Output Coordinate System	TUREF / TM36

j) İşlem seçenekleri / Processing Options

Bu kısımda projede yapılan işlemlerin tüm detayları sırasıyla gözükmetedir (Tablo 5.9).

Tablo 5 9 İşlem seçenekleri

Initial Processing Details

Processing Options

Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details

Processing Options

Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	02h:51m:31s
Time for Point Cloud Classification	25m:01s
Time for 3D Textured Mesh Generation	27m:57s



DSM, Orthomosaic and Index Details

Processing Options

DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.02 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 1000
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.02 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	01h:03m:05s
Time for Orthomosaic Generation	02h:05m:57s
Time for DTM Generation	28m:14s
Time for Contour Lines Generation	04s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s

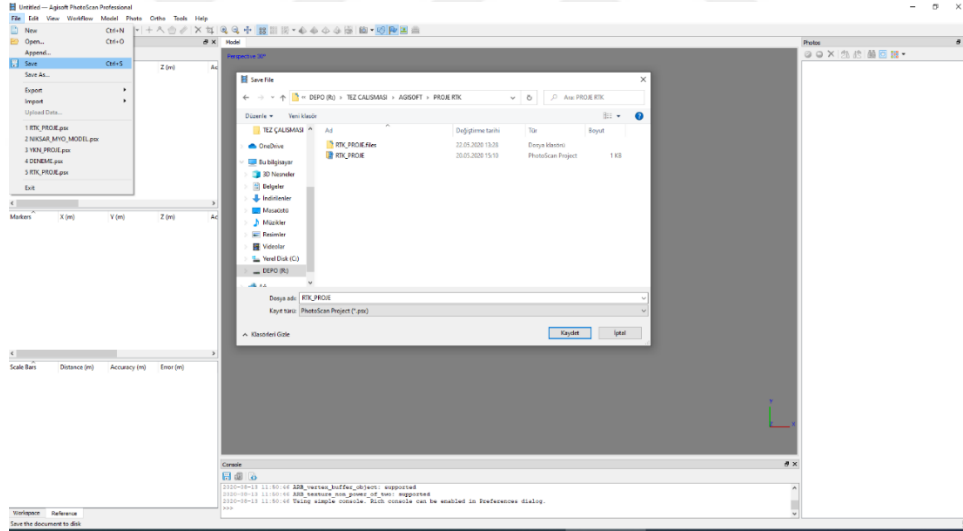
5.4. Agisoft FotoScan Yazılımı

Agisoft FotoScan, dijital görüntülerin fotogrametrik olarak işlenmesini gerçekleştiren ve GIS uygulamalarında, kültürel miras belgelerinde ve görsel efekt üretiminde ve çeşitli ölçeklerdeki nesnelerin dolaylı ölçümlerinde kullanılmak üzere 3B uzamsal veriler üreten bağımsız bir yazılım ürünüdür(Anonim 2020b).

5.4.1. Agisoft FotoScan Yazılımı RTK Çözüm

5.4.1.1. Yeni Proje Oluşturma

“Yeni proje” oluşturma işleminden önce, projenin tüm girdi aynı klasörde olması bakımından, kapasitesi yüksek olan bir diske boş bir proje klasörü oluşturulur. Bu klasör içerisine fotoğrafların tamamı yüklenmelidir. Agisoft FotoScan programı çalıştırılır ve kaydet komutu ile açılan klasör içerisine kaydedilir (Şekil 5.31).

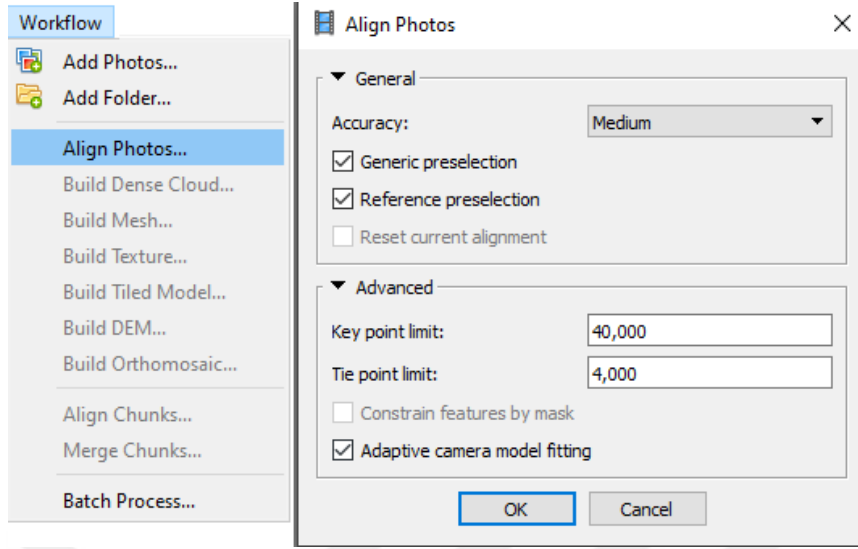


Şekil 5. 31 Yeni proje oluşturma (RTK çözüm)

Menü çubuğundaki “File” menüsünden “Save” komutu ile proje klasörü içerisine “RTK_PROJE” olarak kayıt edildi.

5.4.1.2. Fotoğrafların yüklenmesi

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Add photos” sekmesi ile fotoğrafları seçerek ya da “Add Folders” sekmesi ile fotoğrafların bulunduğu klasörü seçerek tüm fotoğraflar eklenir (Şekil 5.32).



Şekil 5. 33 Fotoğrafların hizalanması (RTK çözüm)

Hizalama (Align Photos) işlemi yaklaşık 42 dakikada tamamlandı. Bu işlem sonrasında nokta bulutu oluşturuldu (Şekil 5.34).

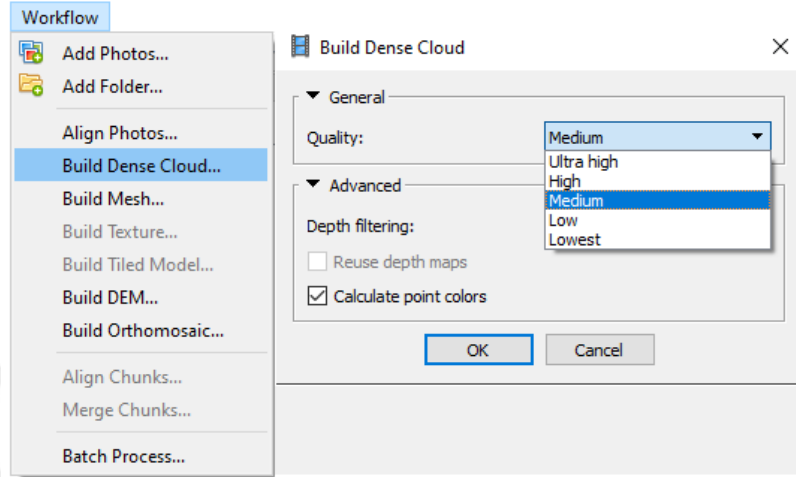


Şekil 5. 34. Nokta bulutu (RTK çözüm)

5.4.1.3.2. Build Dense Cloud/Yoğun Nokta Bulutu oluşturulma

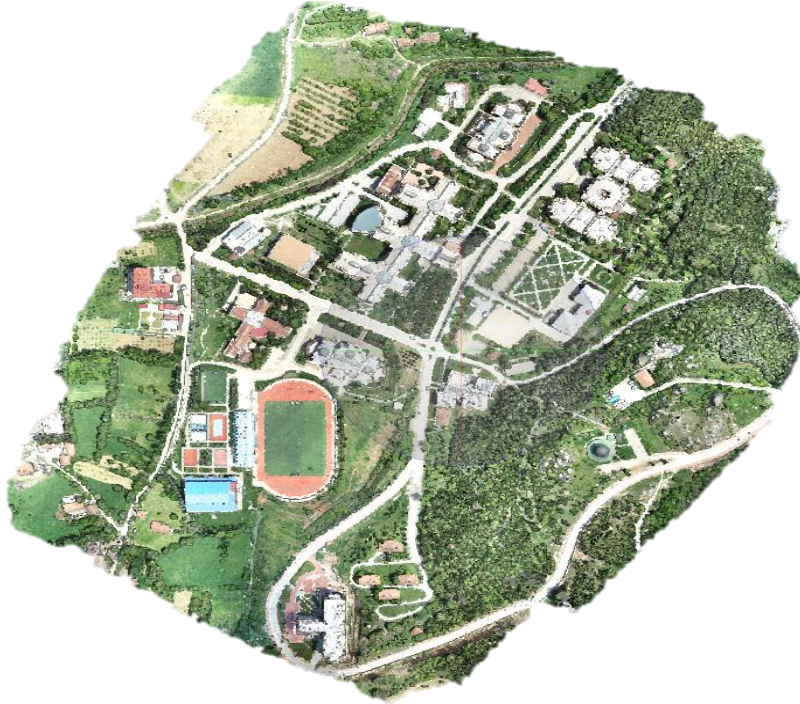
Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Dense Cloud” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri

yapılır. Kalite (Quality) : En yüksek (Highest) – Yüksek (High) – Orta (Medium)- Düşük (Low) – Daha Düşük (Lowest) olarak seçilebilir (Şekil 5.35).



Şekil 5. 35 Yoğun nokta bulutu oluşturma (RTK çözüm)

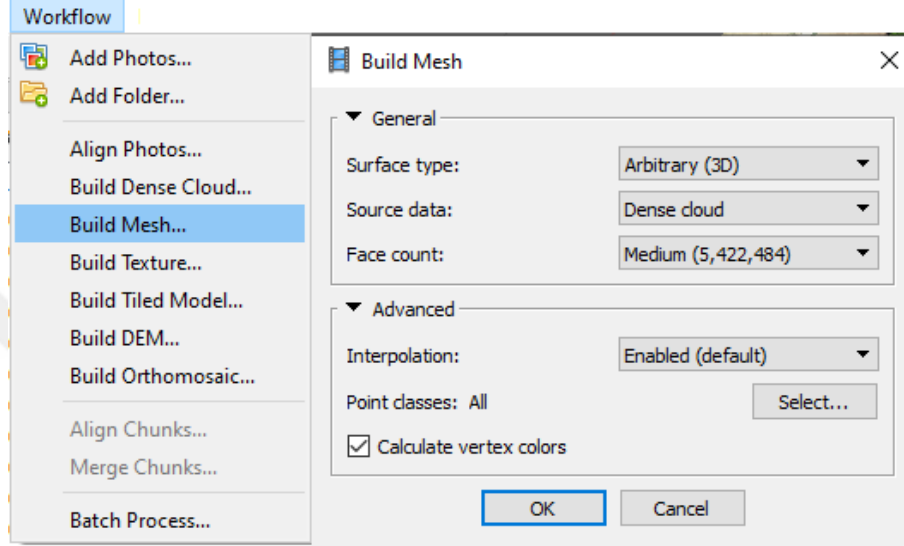
Yoğun nokta bulutu oluşturma (Build Dense Point Cloud) işlemi yaklaşık 9 saat 40 dakikada tamamlandı (Şekil 5.36).



Şekil 5. 36 Yoğun nokta bulutu (RTK çözüm)

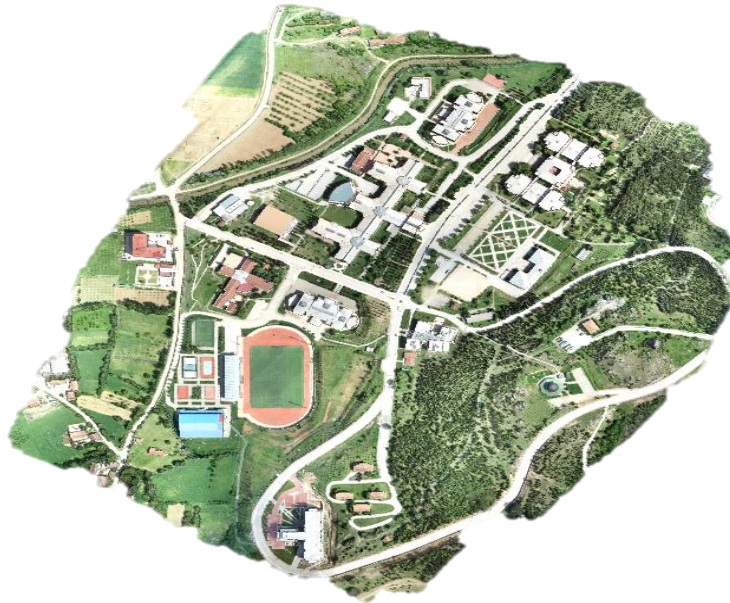
5.4.1.3.3. Build Mesh / Yüzeyağı oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Mesh” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.37).



Şekil 5. 37 Yüzeyağı oluşturma (RTK çözüm)

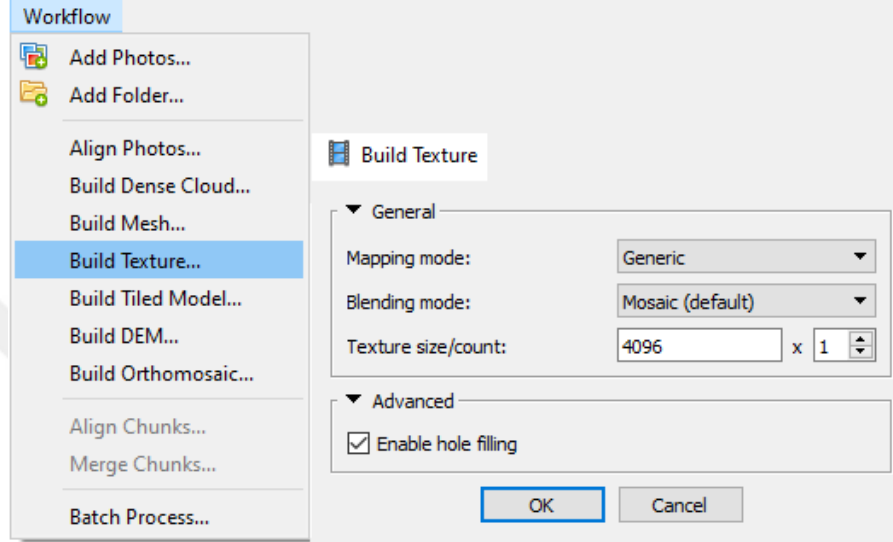
Yüzeyağı oluşturma (Build Mesh) işlemi yaklaşık 1 saat 26 dakikada tamamlandı. (Şekil 5.38).



Şekil 5. 38 Yüzeyağı görüntüsü (RTK çözüm)

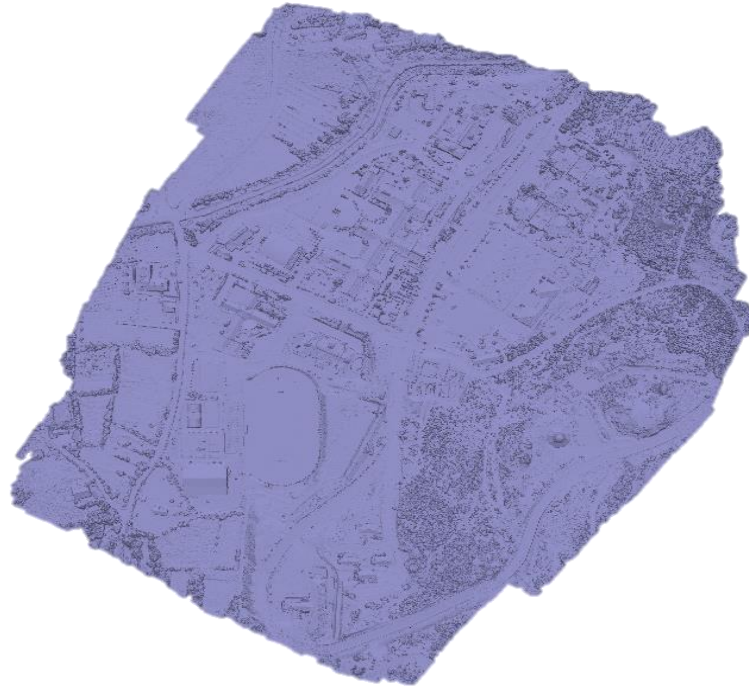
5.4.1.3.4. Build Texture / Doku oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Texture” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.39).



Şekil 5. 39 Doku oluşturma (RTK çözüml)

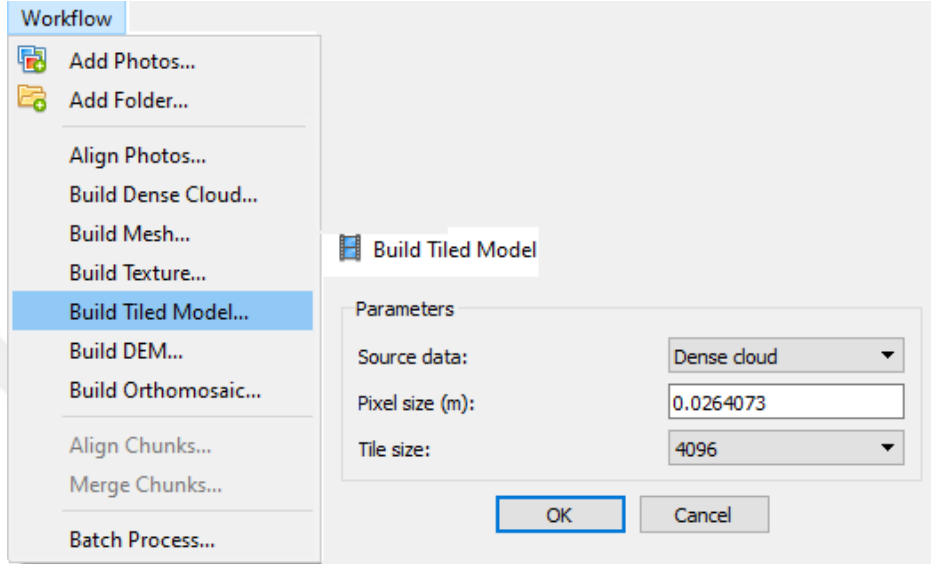
Doku oluşturma (Build Texture) işlemi yaklaşık 37 dakikada tamamlandı (Şekil 5.40).



Şekil 5. 40 Doku görüntüsü (RTK çözüml)

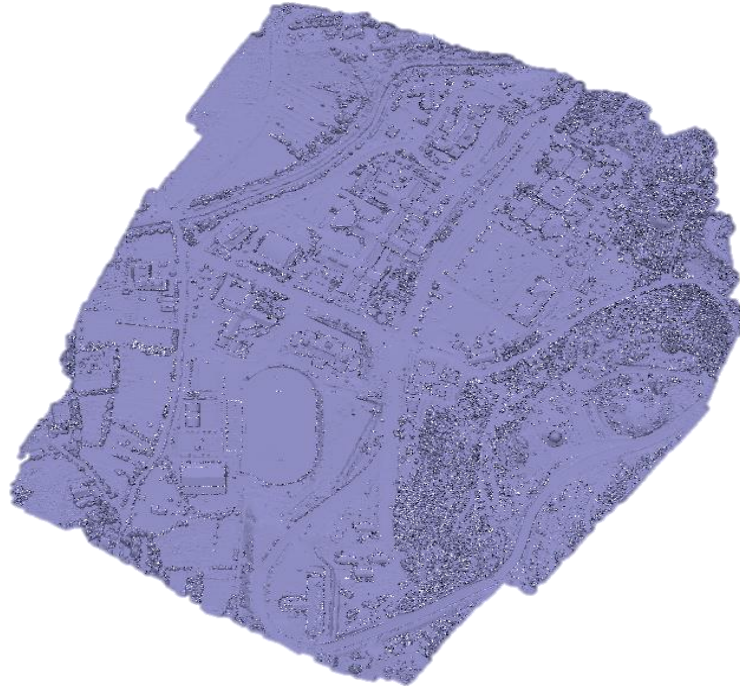
5.4.1.3.5. Build Tiled Model / Üçgen model oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Tiled Model” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.41).



Şekil 5. 41 Üçgen model oluşturma (RTK çözüm)

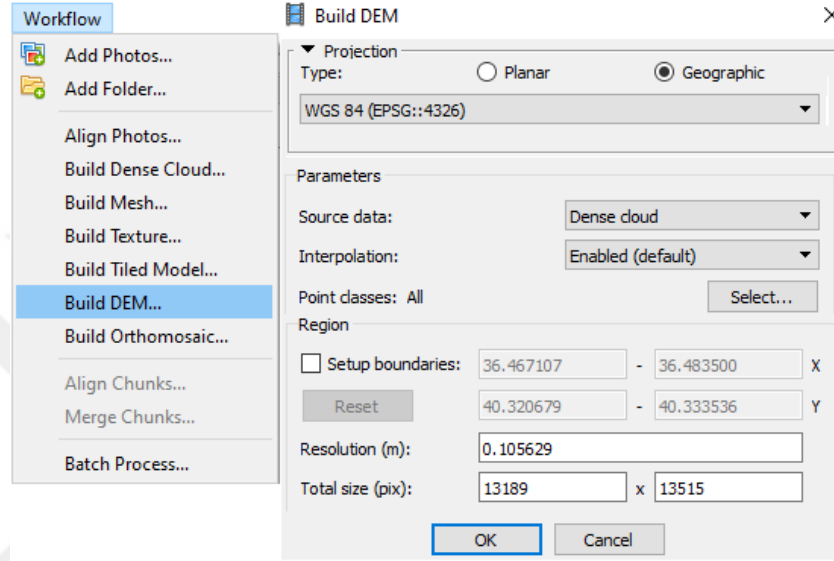
Üçgen model oluşturma (Build Tiled Model) işlemi yaklaşık 6 saat 9 dakikada tamamlandı (Şekil 5.42).



Şekil 5. 42 Üçgen model görüntüsü (RTK çözüm)

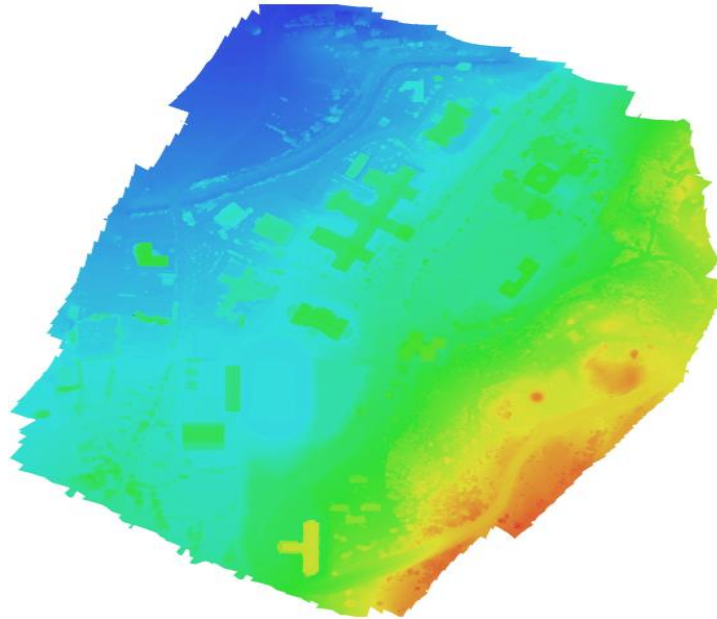
5.4.1.3.6. Build DEM / Dijital yükseklik modeli oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build DEM” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.43).



Şekil 5. 43 Dijital yükseklik modeli oluşturma (RTK çözüm)

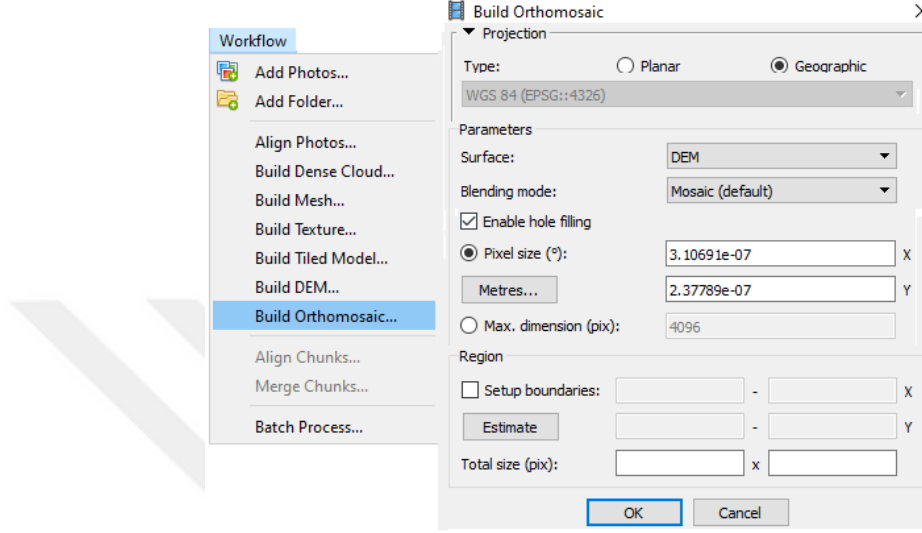
Dijital yükseklik modeli oluşturma (Build DEM) işlemi yaklaşık 2 dakikada tamamlandı (Şekil 5.44).



Şekil 5. 44 Dijital yükseklik modeli görüntüsü (RTK çözüm)

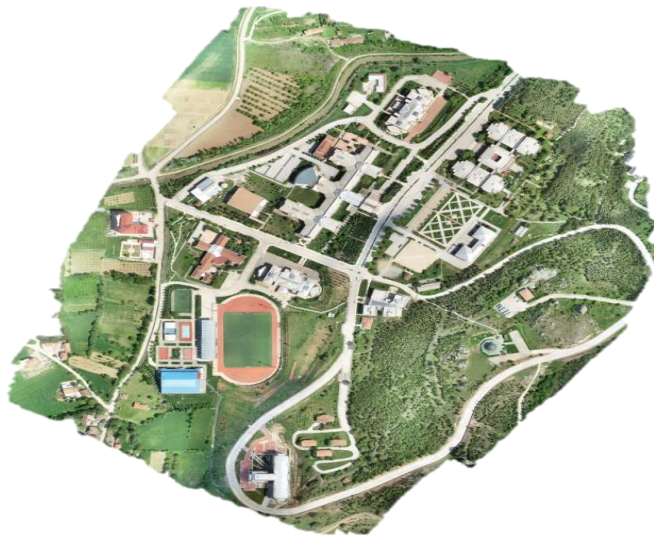
5.4.1.3.7. Build Orthomosaic / Ortomozaik oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Orthomosaic” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.45).



Şekil 5. 45 Ortomozaik oluşturma (RTK çözüm)

Ortomozaik oluşturma (Build ortohomosaic) işlemi yaklaşık 2 dakikada tamamlandı (Şekil 5.46). Değerlendirme sonucunda ortomozaik ve DSM veri setleri GSD değerleri 2.64 cm/pix olarak bulunmuştur. Bu veri setlerinin konumsal doğrulukları da sağa yönde ± 7.13 cm, yukarı yönde ± 7.19 cm ve yükseklik yönünde ± 10.12 cm olarak bulunmuştur. Detaylı dosyası EK-3'te verilmiştir.

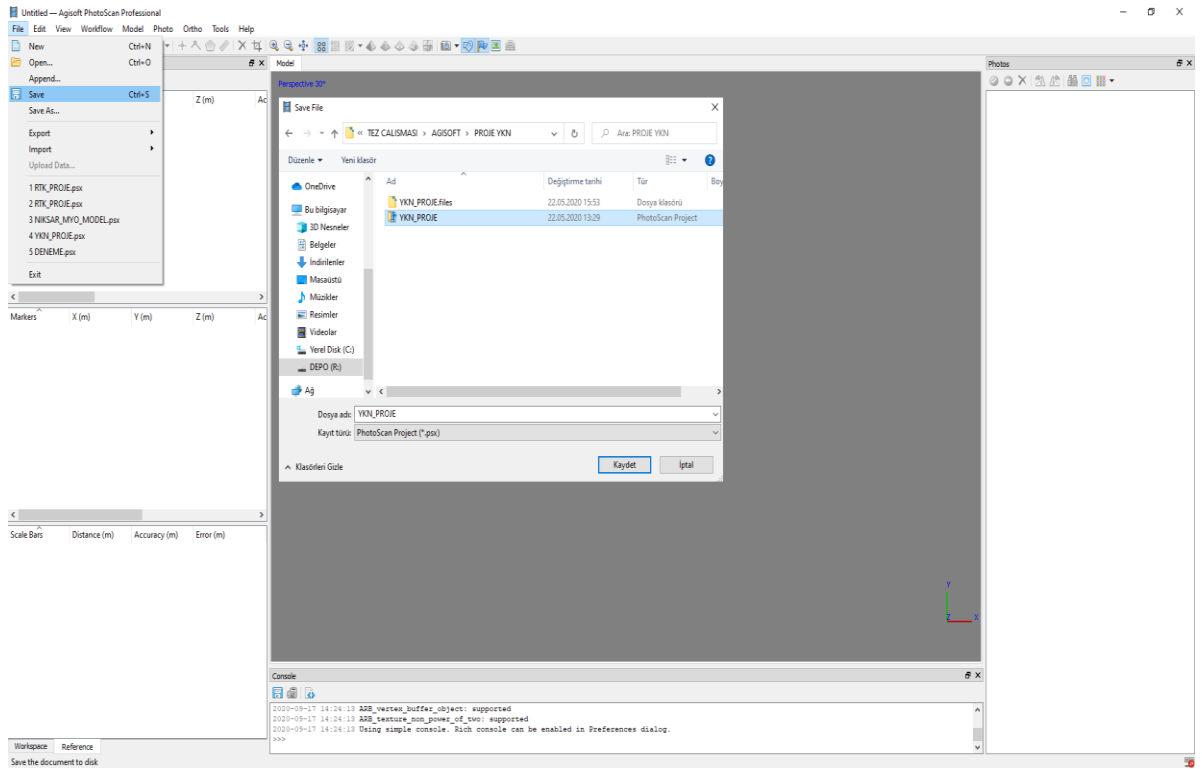


Şekil 5. 46 Ortomozaik görüntüsü (RTK çözüm)

5.4.2. Agisoft FotoScan Yazılımı YKN Çözüm

5.4.2.1. Yeni Proje Oluşturma

“Yeni proje” oluşturma işleminden önce, projenin tüm girdi aynı klasörde olması bakımından, kapasitesi yüksek olan bir diske boş bir proje klasörü oluşturulur. Bu klasör içerisine fotoğrafların tamamı yüklenmelidir. Agisoft FotoScan programı çalıştırılır ve kaydet komutu ile açılan klasör içerisine kaydedilir (Şekil 5.47).

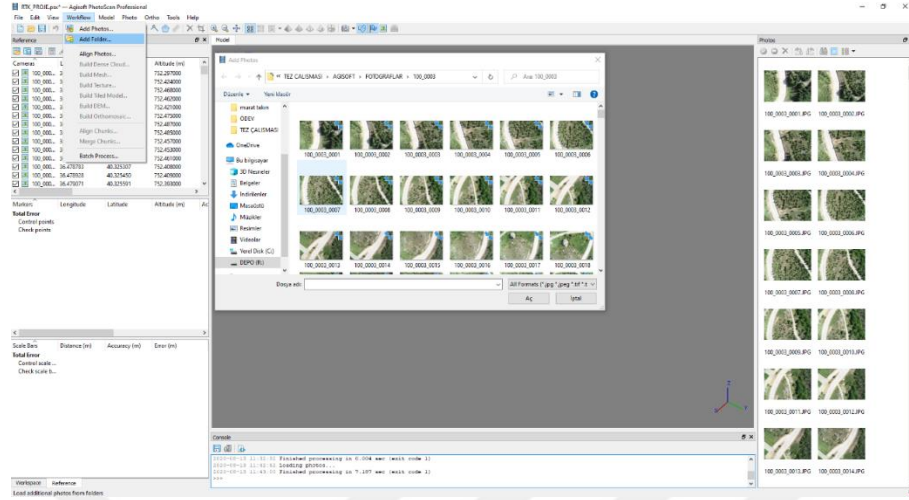


Şekil 5. 47 Yeni proje oluşturma (YKN çözüm)

Menü çubuğundaki “File” menüsünden “Save” komutu ile proje klasörü içerisine “YKN_PROJE” olarak kayıt edildi.

5.4.2.2. Fotoğrafların yüklenmesi

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Add photos” sekmesi ile fotoğrafları seçerek ya da “Add Folders” sekmesi ile fotoğrafların bulunduğu klasörü seçerek tüm fotoğraflar eklenir (Şekil 5.48).



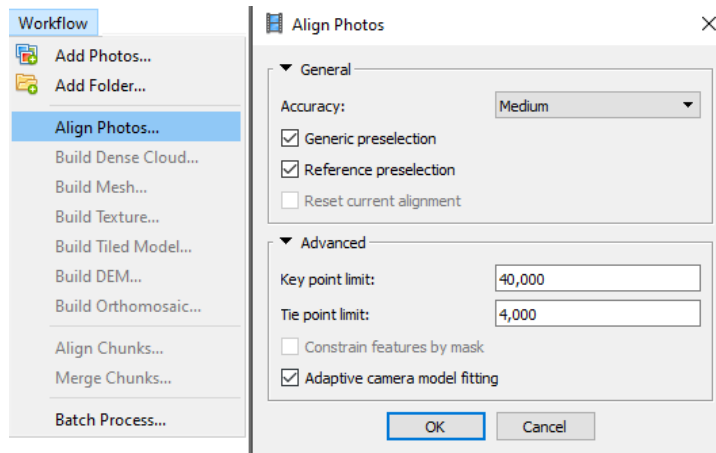
Şekil 5. 48 Fotoğrafların yüklenmesi (YKN çözüm)

5.4.2.3. Proje çözüm işlemi

5.4.2.3.1. Align Photos / Fotoğrafların hizalanması

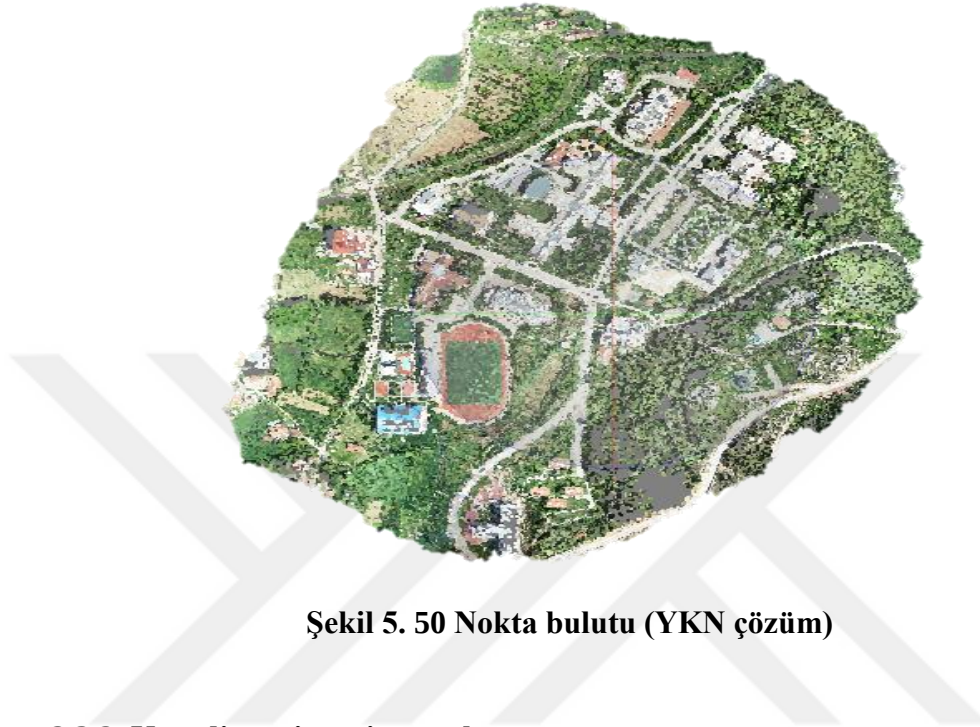
Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Align Photos” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden ilk işlem parametre tercihleri yapılır. Doğruluk (Accuracy) : En yüksek (Highest) – Yüksek (High) – Orta (Medium)- Düşük (Low) – Daha Düşük (Lowest) olarak seçilebilir.

Uygulamada doğruluk parametresi olarak orta (medium) tercih edildi (Şekil 5.49). Doğruluk parametresini en yüksek (Highest) yapmak işlem süresini artıracak gibi daha çok nokta bulutu üretecektir.



Şekil 5. 49 Fotoğrafların hizalanması (YKN çözüm)

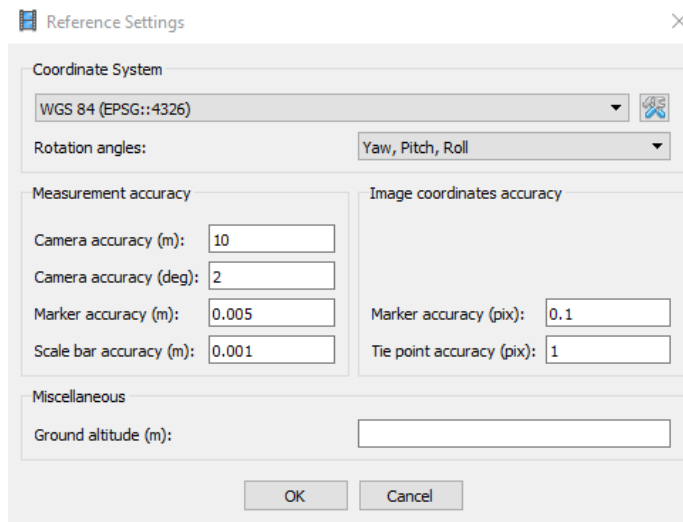
Hizalama (Align Photos) işlemi yaklaşık 1 saat 53 dakikada tamamlandı. Bu işlem sonrasında nokta bulutu oluşturuldu (Şekil 5.50).



Şekil 5. 50 Nokta bulutu (YKN çözüm)

5.4.2.3.2. Koordinat sistemi tanımlama

Bu işlem “Reference Settings” komutu verilerek açılan pencereden koordinat sistemini projede kullanılacak yer kontrol noktalarının koordinat sistemine uygun tanımlanmasıdır. Uygulamada WGS 84 Coğrafi koordinatlar kullanılacağı için “Coordinate system” menüsünden düzenleme yapıldı (Şekil 5.51).



Şekil 5. 51 Koordinat sistemi tanımlama (YKN çözüm)

Uygulama da TUREF/TM36 koordinatlar J-trans programı yardımıyla WGS 84 Coğrafi (Enlem, Boylam, Yükseklik) koordinatlara dönüştürülmüştür. Ayrıca YKN'lerin bulunduğu resimler tespit edilir.

YKN-18: 100_0003_0355.jpg, 100_0003_0356.jpg, 100_0003_0355.jpg nolu resimlerde, YKN-28: 100_0003_0258.jpg, 100_0003_0258.jpg, 100_0003_0258.jpg nolu resimlerde, YKN-43: 100_0003_0065.jpg, 100_0003_0066.jpg, 100_0003_0067.jpg nolu resimlerde, tespit edilmiştir.

5.4.2.3.3. Koordinatların yüklenmesi

Bu işlem “Reference” menüsünde bulunan “Import” komutu verilerek açılan pencereden dönüşüm yapılan coğrafi koordinatlar *.txt formatlı dosya seçilir ve “Aç” komutu ile yüklenir (Şekil 5.52).

Label	Latitude	Longitude	Altitude	Yaw	Pitch	Roll
EK-15	40.32456880	36.47124448	653.2970			
EK-16	40.32372326	36.47295372	652.2880			
YKN-18	40.33007180	36.47795049	652.2380			
YKN-19	40.32922179	36.47894163	658.0580			
YKN-20	40.32848371	36.48033391	681.8300			
YKN-23	40.32777669	36.47970983	672.3440			
YKN-24	40.32943461	36.47751346	653.6670			
YKN-25	40.32944813	36.47526505	641.4070			
YKN-26	40.33013613	36.47576144	639.3680			
YKN-27	40.33005555	36.47518330	648.5040			

Şekil 5. 52 Koordinatların yüklenmesi (YKN çözüm)

Koordinatlar *.txt formatlı dosyaya Nokta adı, Enlem, Boylam, Yükseklik olacak şekilde saklanmalıdır. Yüklenen koordinatların sıralaması farklı olması durumunda “Columns” menüsünden sıralamaları değiştirerek düzenleme yapılır (Şekil 5.53).

Columns

Label: 1 ☐ Accuracy ☒ Rotation ☐ Accuracy

Longitude: 3 ☐ 8 ☐ Yaw: 5 ☐ 9 ☐

Latitude: 2 ☐ 8 ☐ Pitch: 6 ☐ 9 ☐

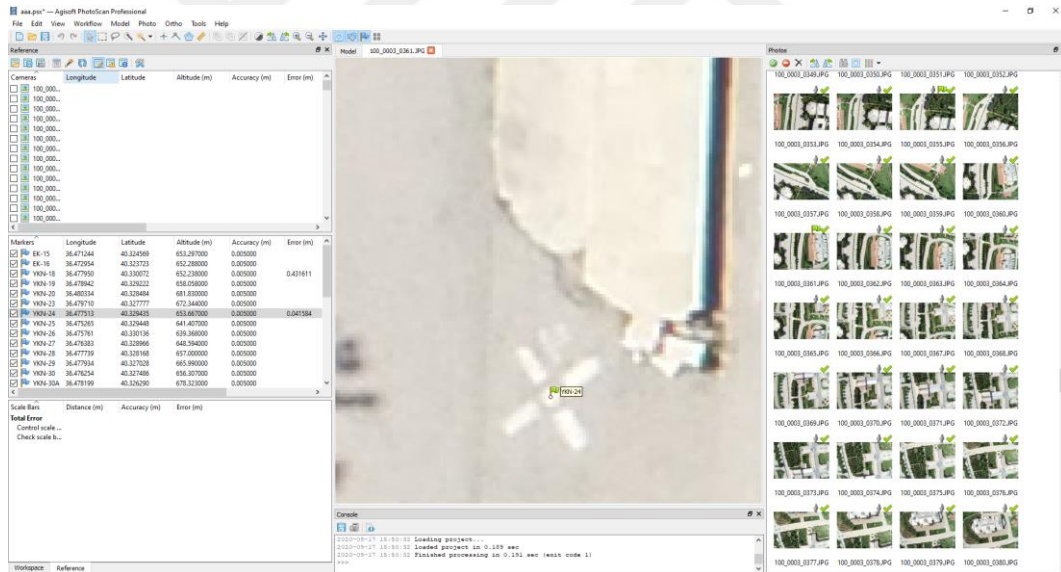
Altitude: 4 ☐ 8 ☐ Roll: 7 ☐ 9 ☐

☐ Enabled flag: 10 ☐

Şekil 5. 53 Koordinatların düzenlenmesi (YKN çözüm)

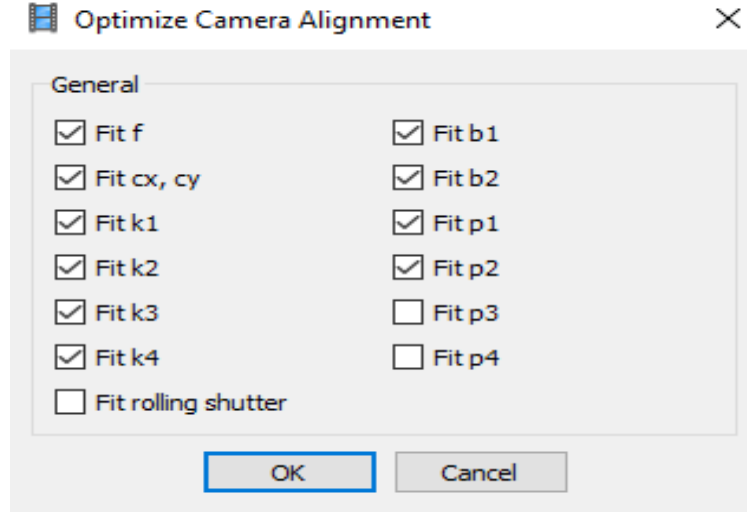
5.4.2.3.4. YKN’lerin Fotoğraflarda işaretlenmesi

Belirlenen 3 YKN’nın bulundukları fotoğraflarda bulunarak işaretlenmesi için, “Photos” menüsünde daha önce tespit edilen YKN’ler ait fotoğraflar bulunur ve YKN bulunduğu noktaya yaklaşık tam orta noktası işaretlenir (Şekil 5.54).



Şekil 5. 54 YKN koordinatlarının işaretlenmesi (YKN çözüm)

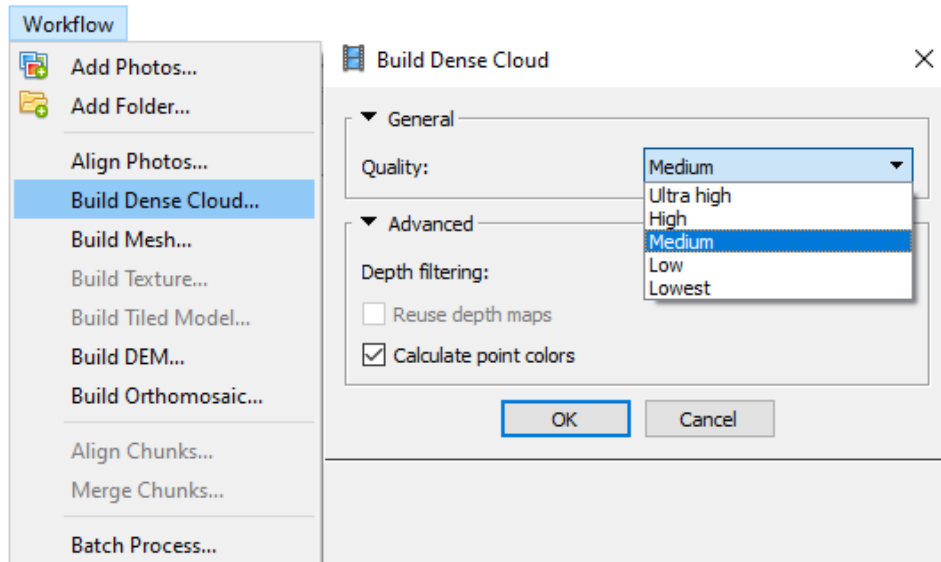
Bu işlem 3 farklı YKN için yapılır. Daha sonra proje “Reference” menüsünde bulunan “Optimize Camera Alignment” komutu verilir (Şekil 5.55). Değerlendirme bitince işaretlenmesi yapılmayan YKN’lerin yaklaşık yerleri yazılım tarafından işaretlenir. Yaklaşık yerleri tespit edilen YKN’leri tam orta noktaları sırayla en az 3 farklı resimde olacak şekilde işaretlemeleri yapılır. Ne kadar çok resimde işaretleme yapılırsa hassasiyet daha iyi olacaktır.



Şekil 5. 55 Kamera hizalanması (YKN çözüm)

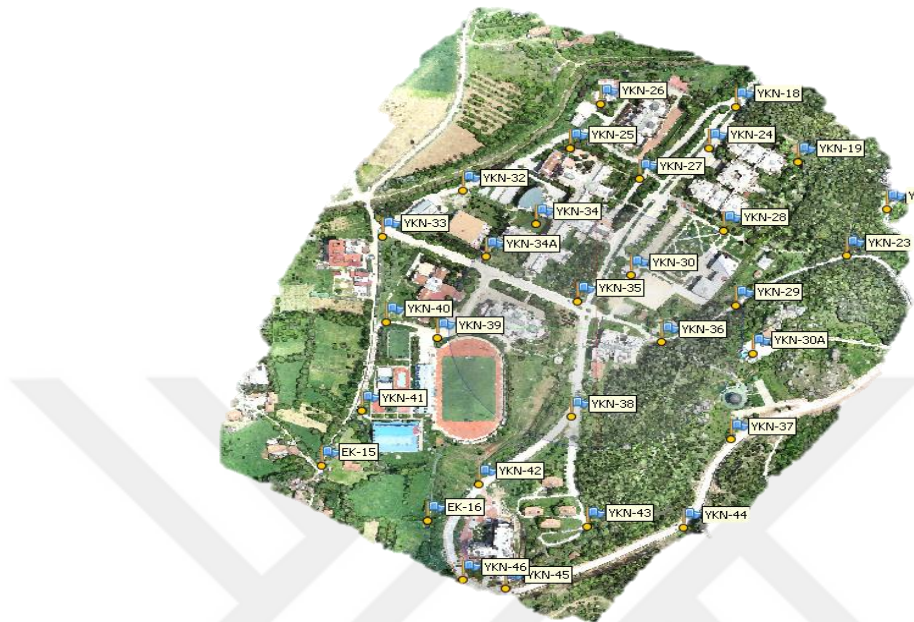
5.4.2.3.5. Build Dense Cloud/Yoğun Nokta Bulutu oluşturulma

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Dense Cloud” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır. Kalite (Quality) : En yüksek (Highest) – Yüksek (High) – Orta (Medium)- Düşük (Low) – Daha Düşük (Lowest) olarak seçilebilir (Şekil 5.56).



Şekil 5. 56 Yoğun nokta bulutu oluşturma (YKN çözüm)

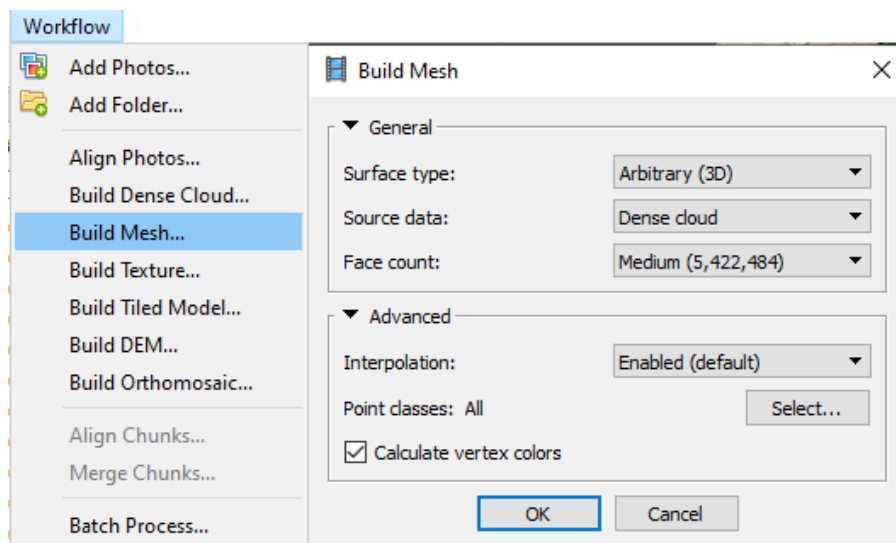
Yoğun nokta bulutu oluşturma (Build Dense Point Cloud) işlemi yaklaşık 9 saat 10 dakikada tamamlandı (Şekil 5.57).



Şekil 5. 57 Yoğun nokta bulutu (YKN çözüm)

5.4.2.3.6. Build Mesh / Yüzeyağı oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Mesh” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.58).



Şekil 5. 58 Yüzeyağı oluşturma (YKN çözüm)

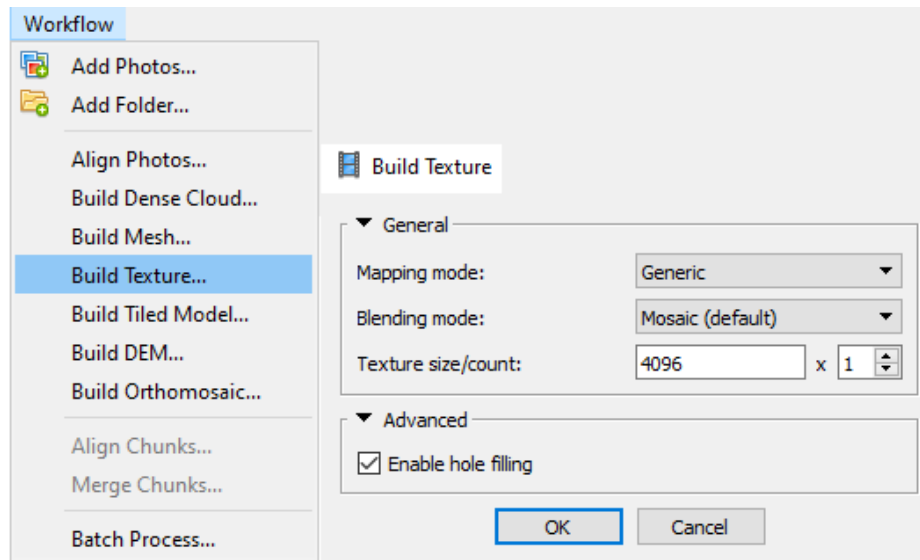
Yüzeyağı oluşturma (Build Mesh) işlemi yaklaşık 1 saat 28 dakikada tamamlandı (Şekil 5.59).



Şekil 5. 59 Yüzeyağı görüntüsü (YKN çözüm)

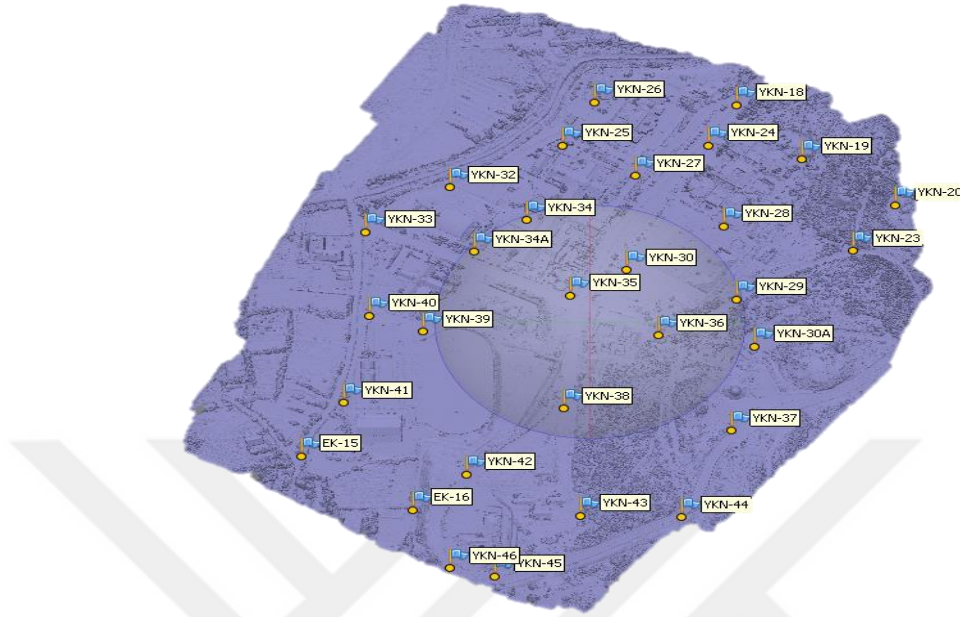
5.4.2.3.7. Build Texture / Doku oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Texture” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.60).



Şekil 5. 60 Doku oluşturma (YKN çözüm)

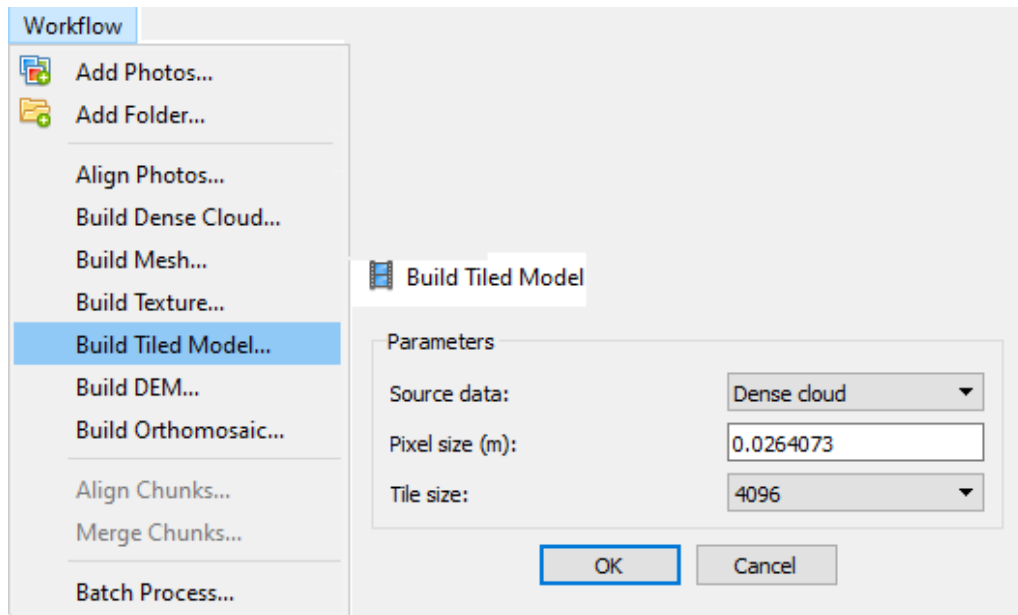
Doku oluşturma (Build Texture) işlemi yaklaşık 36 dakikada tamamlandı (şekil 5.61).



şekil 5. 61 Doku görüntüsü (YKN zm)

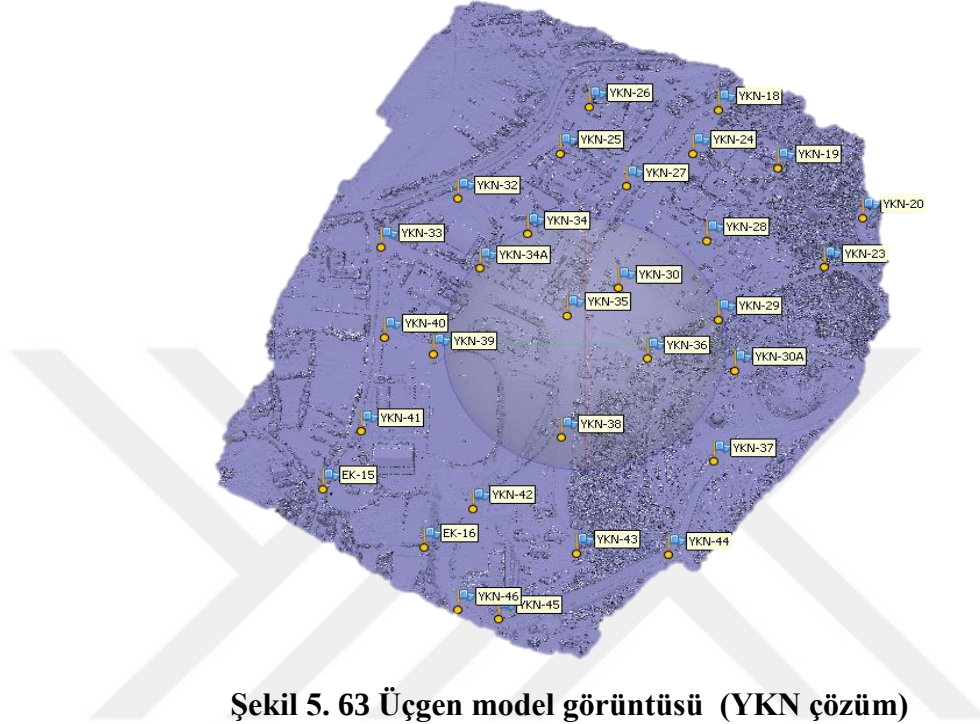
5.4.2.3.8. Build Tiled Model / en model oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Tiled Model” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (şekil 5.62).



şekil 5. 62 en model oluşturma (YKN zm)

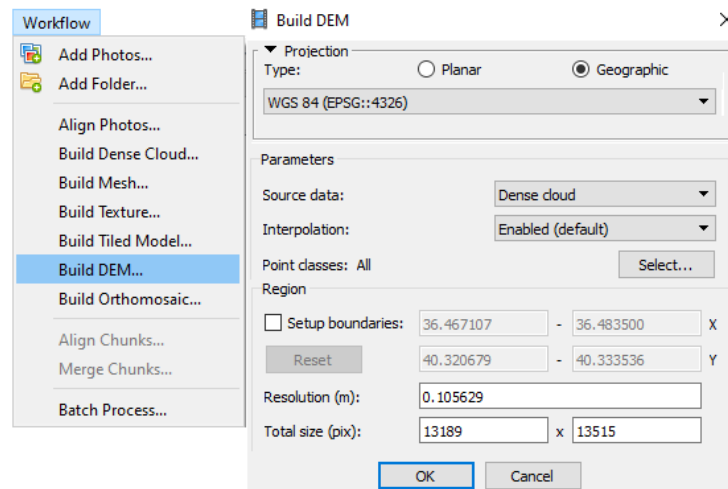
Üçgen model oluşturma (Build Tiled Model) işlemi yaklaşık 6 saat 9 dakikada tamamlandı (Şekil 5.63).



Şekil 5. 63 Üçgen model görüntüsü (YKN çözüm)

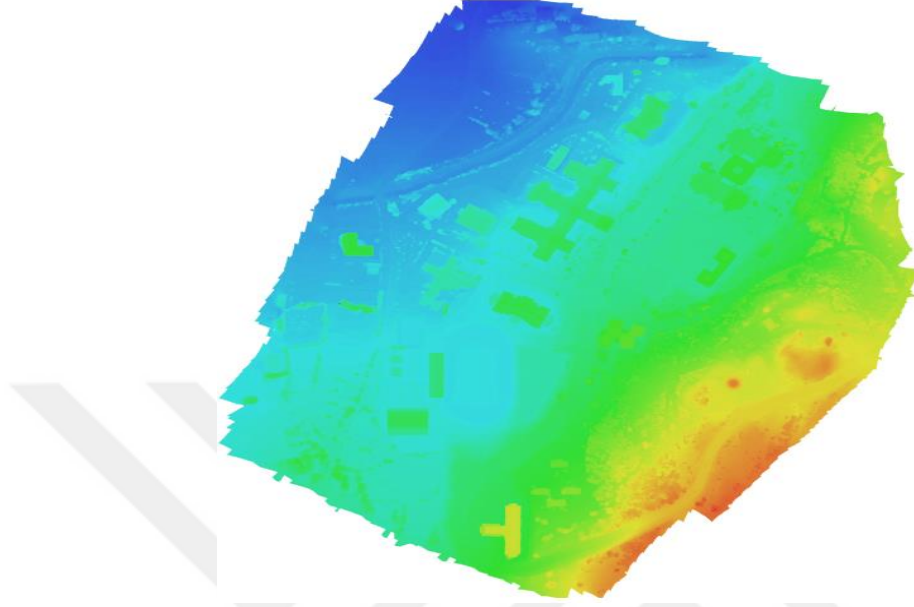
5.4.2.3.9. Build DEM / Dijital yükseklik modeli oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build DEM” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.64).



Şekil 5. 64 Dijital yükseklik modeli oluşturma (YKN çözüm)

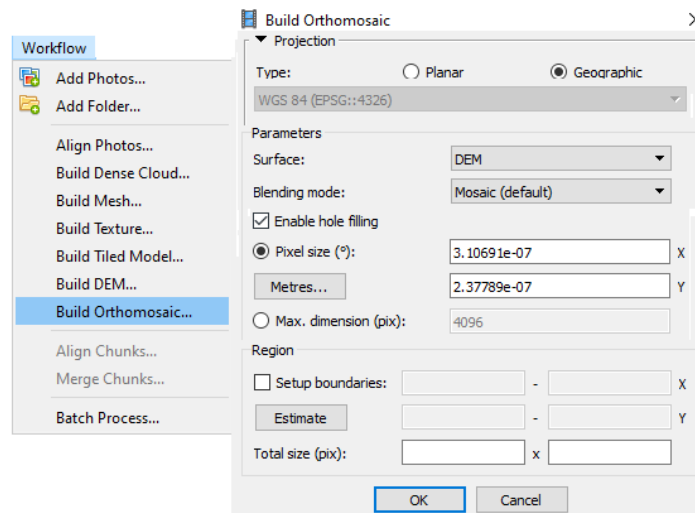
Dijital yükseklik modeli oluşturma (Build DEM) işlemi yaklaşık 2 dakikada tamamlandı (Şekil 5.65).



Şekil 5. 65 Dijital yükseklik modeli görüntüsü (YKN çözüm)

5.4.2.3.10. Build Orthomosaic / Ortomozaik oluşturulması

Menü çubuğunda bulunan “Workflows” menüsünden “Build Orthomosaic” sekmesi seçilince yeni bir iletişim kutusu açılır ve bu pencereden işlem parametre tercihleri yapılır (Şekil 5.66).



Şekil 5. 66 Ortomozaik oluşturma (YKN çözüm)

Ortomozaiik oluşturma (Build ortohomosaic) işlemi yaklaşık 2 dakikada tamamlanmıştır (şekil 5.67). Değerlendirme sonucunda ortomozaiik ve DSM veri setleri GSD değerleri 2.63 cm/pix olarak bulunmuştur. Bu veri setlerinin konumsal doğrulukları da Y yonunde ± 2.63 cm, yukarı yonde ± 1.51 cm ve yuıkseklik yonunde ± 0.41 cm olarak bulunmuştur. Detaylı dosyası EK-4’te verilmiştir.



şekil 5. 67 Ortomozaiik goryuntusu (YKN coryum)

5.5. Arazi Noktalarının Koordinatları ve Proje Koordinatlarının Tespiti

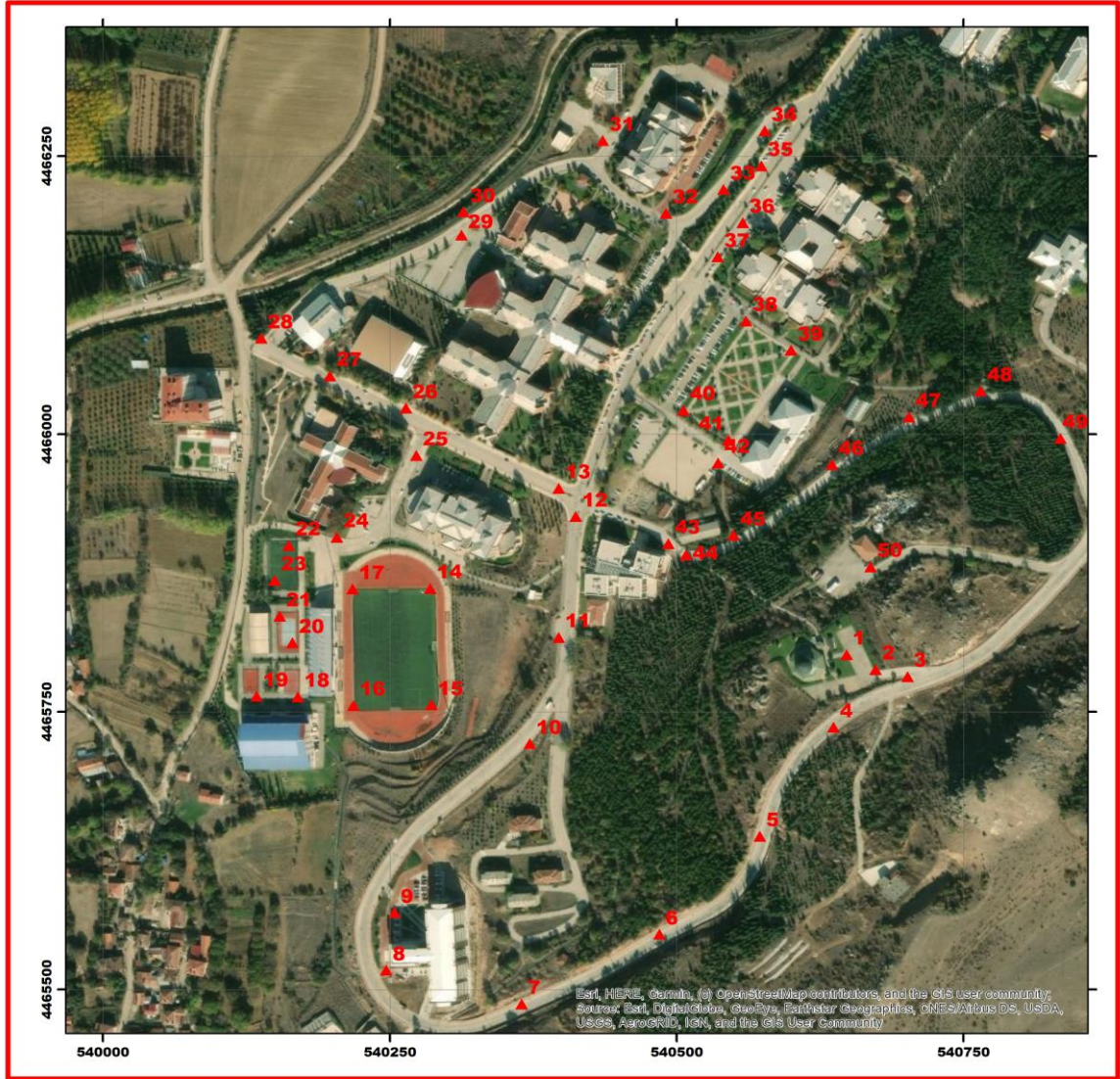
5.5.1. Arazi Noktalarının Koordinatlarının Olculmesi

Uygulama alanına homojen olarak dagilmış 50 adet nokta “SATLAP” marka GNSS alıcısı ile CORS olcme yontemi kullanılarak 12 epokta olculdu (şekil 5.68).



şekil 5. 68 Ortomozaiik goryuntusu (YKN coryum)

Ölçülen noktaların uygulama alanına dağılımı aşağıdaki haritada gösterilmiştir (Şekil 5.69). Bu noktalar arazi üzerinde ve Ortomozaik görüntülerde net bir şekilde belirlenebilen noktalardır.



Şekil 5. 69 Arazi koordinatlarının uygulama alanına dağılımı

Arazi noktalarının koordinatları TUREF / TM-36 koordinat sisteminde sırasıyla nokta adı, sağ değer, yukarı değer, yükseklik olarak aşağıdaki tabloda gösterilmektedir (Tablo 5.10).

Tablo 5 10 Arazi noktalarının koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
1	540647.933	4465799.737	689.432
2	540673.384	4465786.439	690.319
3	540701.143	4465780.047	692.938
4	540636.736	4465734.387	693.380
5	540572.417	4465636.223	695.531
6	540484.895	4465548.050	692.455
7	540364.790	4465485.344	677.004
8	540246.840	4465515.691	664.204
9	540254.079	4465567.514	663.445
10	540371.832	4465719.522	664.102
11	540397.102	4465815.356	662.052
12	540411.844	4465924.102	657.162
13	540397.055	4465949.525	655.157
14	540285.111	4465859.337	645.976
15	540285.933	4465754.571	646.006
16	540218.128	4465754.005	645.984
17	540217.307	4465858.824	645.973
18	540169.701	4465761.785	647.828
19	540133.709	4465762.279	647.862
20	540165.087	4465810.385	646.855
21	540153.865	4465834.215	646.841
22	540161.555	4465897.913	645.815
23	540149.582	4465866.708	645.835
24	540203.485	4465905.501	645.678
25	540272.897	4465979.007	647.187
26	540263.927	4466021.663	646.022
27	540197.718	4466050.720	641.771
28	540137.747	4466084.557	639.556
29	540312.312	4466177.658	639.664
30	540313.865	4466198.237	639.117
31	540435.435	4466262.507	641.044
32	540490.435	4466197.030	647.321
33	540540.657	4466218.460	650.082
34	540576.812	4466271.200	652.057
35	540573.645	4466239.812	653.922
36	540557.552	4466188.648	653.924
37	540535.773	4466157.864	654.001
38	540560.293	4466100.211	656.967
39	540599.568	4466073.826	657.063

Tablo 5 10 (devam) Arazi noktalarının koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
40	540505.817	4466019.747	657.200
41	540545.202	4465992.906	657.046
42	540535.942	4465972.399	656.610
43	540492.514	4465899.782	663.029
44	540508.047	4465889.441	664.487
45	540549.435	4465907.318	664.761
47	540702.639	4466013.653	668.239
48	540764.621	4466037.165	672.459
49	540834.234	4465994.637	679.937
50	540668.778	4465878.837	680.705

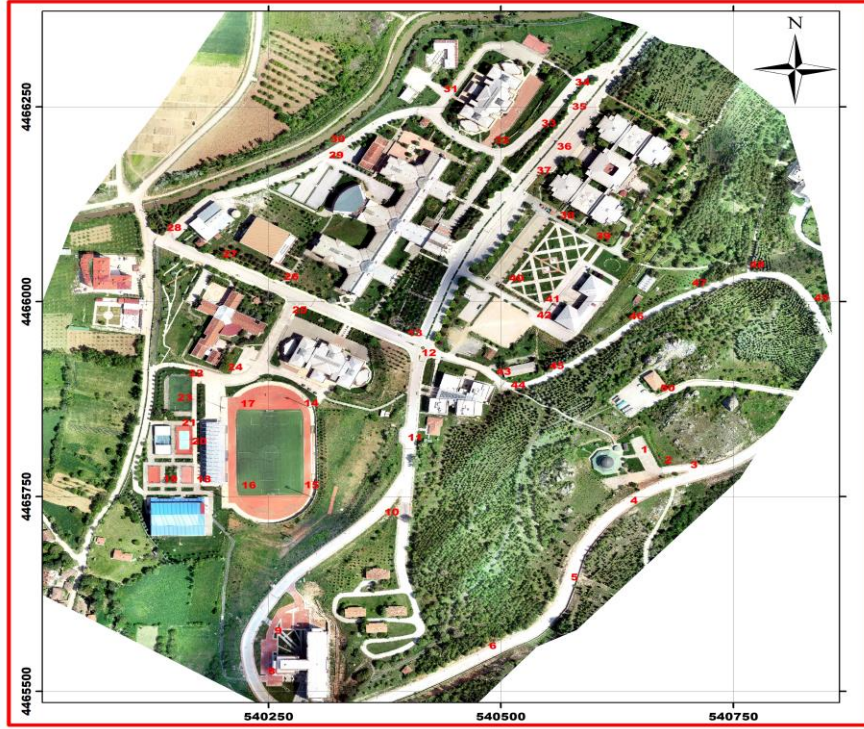
5.5.2. Proje Noktalarının Koordinatlarının Belirlenmesi

Uygulama sonucunda üretilen Ortomozaik ve DSM görüntüler kullanılarak arazide tespit edilen kesin noktaların koordinatları ARCMAP yazılımı yardımıyla tekrar hesaplandı. Bu işlem, 2 farklı çözüm (RTK, YKN çözüm) ve 2 farklı program (Pix4D Mapper, Agisoft Fotoscan) olmak üzere 4 farklı Ortomozaik ve DSM içinde uygulandı.

5.5.2.1. Pix4D RTK çözüm için koordinat hesabı

Arcmap (Arcgis) programına alınan Pix4D RTK çözüme ait Ortomozaik ve DSM görüntüler üzerine arazi de koordinatları belirlenen yerlerin işaretlemesi yapıldı.

Arcmap programının “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Data Management Tools”, “Features”, “Add XY Coordinates” komutu ile belirlenen noktalara ait Sağ ve Yukarı değerleri Ortomozaik görüntüden hesaplatıldı. Yükseklik için ise, “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “ Spatial Analyst Tools”, “Extraction”, “Extract Multi Values To Point” komutu ile belirlene noktalara ait yükseklikler DSM görüntüden hesaplatıldı. Noktaların Ortomozaik görüntüsü üzerinde dağılımı Şekil 5.70’ de gösterilmiştir ve hesaplanan nokta koordinatları Tablo 5.11’de verilmiştir.



Şekil 5. 70 Pix4D RTK çözüm noktalarının uygulama alanına dağılımı

Tablo 5 11 Pix4D RTK çözüm noktaları koordinatları

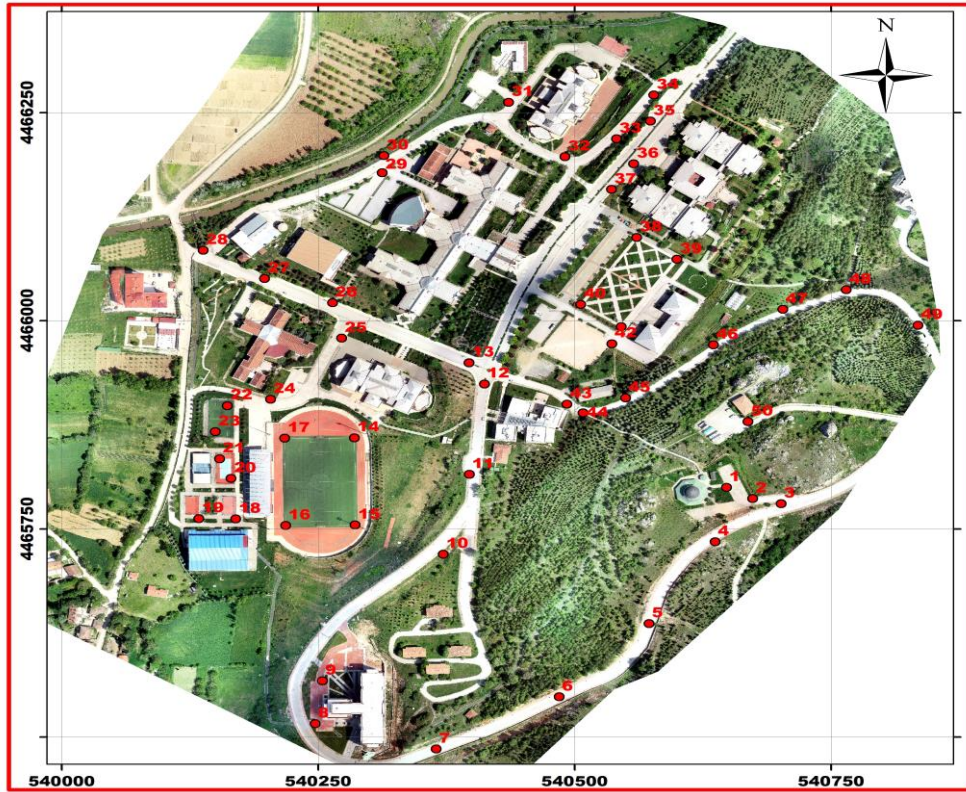
NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
1	540647.941	4465799.770	689.533
2	540673.408	4465786.442	690.393
3	540701.146	4465780.073	693.126
4	540636.729	4465734.418	693.570
5	540572.412	4465636.251	695.643
6	540484.917	4465548.061	692.646
7	540364.827	4465485.413	677.107
8	540246.829	4465515.739	664.185
9	540254.082	4465567.508	663.505
10	540371.847	4465719.526	664.196
11	540397.134	4465815.357	662.037
12	540411.856	4465924.143	657.101
13	540397.040	4465949.538	655.113
14	540285.110	4465859.377	646.038
15	540285.936	4465754.604	646.034

Tablo 5 111 (devam) Pix4D RTK çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
16	540218.123	4465754.020	646.039
17	540217.299	4465858.847	646.034
18	540169.702	4465761.784	647.741
19	540133.685	4465762.301	647.801
20	540165.087	4465810.410	646.873
21	540153.862	4465834.259	646.860
22	540161.523	4465897.927	645.879
23	540149.545	4465866.714	645.905
24	540203.518	4465905.547	645.582
25	540272.890	4465979.014	647.135
26	540264.005	4466021.692	645.956
27	540197.714	4466050.749	641.790
28	540137.737	4466084.577	639.621
29	540312.314	4466177.673	639.617
30	540313.850	4466198.270	639.092
31	540435.462	4466262.552	640.962
32	540490.460	4466197.035	647.301
33	540540.647	4466218.498	650.117
34	540576.850	4466271.232	652.070
35	540573.653	4466239.816	653.856
36	540557.572	4466188.661	653.858
37	540535.765	4466157.879	653.871
38	540560.300	4466100.206	657.023
39	540599.621	4466073.823	657.108
40	540505.911	4466019.722	657.243
41	540545.295	4465992.907	657.099
42	540535.954	4465972.425	656.642
43	540492.527	4465899.816	662.986
44	540508.051	4465889.463	664.511
45	540549.471	4465907.335	664.778
46	540635.131	4465970.873	666.412
47	540702.653	4466013.653	668.341
48	540764.643	4466037.177	672.496
49	540834.310	4465994.656	680.074
50	540668.844	4465878.867	680.758

5.5.2.2. Pix4D YKN çözüm için koordinat hesabı

Arcmap programına alınan Pix4D YKN çözüme ait Ortomozaik ve DSM görüntüler üzerine arazi de koordinatları belirlenen yerlerin işaretlemesi yapıldı. Arcmap programının “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Data Management Tools”, “Features”, “Add XY Coordinates” komutu ile belirlenen noktalara ait Sağ ve Yukarı değerleri Ortomozaik görüntüden hesaplatıldı. Yükseklik için ise, “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Spatial Analyst Tools”, “Extraction”, “Extract Multi Values To Point” komutu ile belirlene noktalara ait yükseklikler DSM görüntüden hesaplatıldı. Noktaların Ortomozaik görüntüsü üzerinde dağılımı Şekil 5.71’ de gösterilmiştir ve hesaplanan nokta koordinatları Tablo 5.12’de verilmiştir.



Şekil 5. 71 Pix4D YKN çözüm noktalarının uygulama alanına dağılımı

Tablo 5 12 Pix4D YKN çözüm noktaları koordinatları

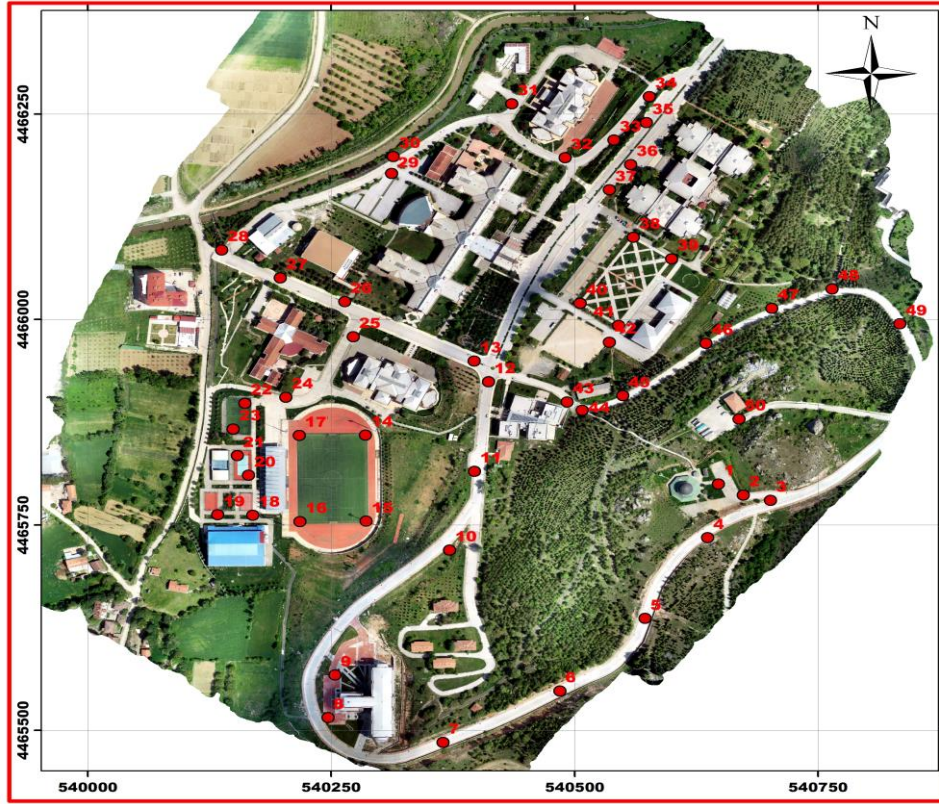
NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
1	540647.952	4465799.739	689.420
2	540673.393	4465786.438	690.255
3	540701.146	4465780.041	692.953
4	540636.745	4465734.384	693.358
5	540572.440	4465636.233	695.490
6	540484.901	4465548.054	692.500
7	540364.831	4465485.389	677.068
8	540246.848	4465515.701	664.114
9	540254.085	4465567.518	663.393
10	540371.872	4465719.525	664.024
11	540397.168	4465815.367	662.090
12	540411.874	4465924.112	657.106
13	540397.078	4465949.532	654.998
14	540285.149	4465859.339	645.897
15	540285.970	4465754.576	645.928
16	540218.130	4465754.017	645.923
17	540217.314	4465858.841	645.890
18	540169.699	4465761.779	647.736
19	540133.698	4465762.293	647.786
20	540165.101	4465810.412	646.796
21	540153.883	4465834.247	646.790
22	540161.558	4465897.918	645.726
23	540149.584	4465866.717	645.762
24	540203.518	4465905.507	645.429
25	540272.934	4465979.008	647.116
26	540263.929	4466021.670	645.990
27	540197.724	4466050.723	641.669
28	540137.761	4466084.573	639.535
29	540312.334	4466177.662	639.609
30	540313.876	4466198.261	639.205
31	540435.449	4466262.528	640.967
32	540490.449	4466197.037	647.230
33	540540.657	4466218.521	650.081
34	540576.864	4466271.224	652.058
35	540573.660	4466239.817	653.876
36	540557.560	4466188.648	653.831
37	540535.796	4466157.866	653.932

Tablo 5 12 (devam) Pix4D YKN çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
38	540560.333	4466100.207	656.994
39	540599.605	4466073.833	657.106
40	540505.844	4466019.756	657.195
41	540545.236	4465992.905	657.067
42	540536.007	4465972.408	656.670
43	540492.530	4465899.836	662.971
44	540508.111	4465889.459	664.438
45	540549.444	4465907.329	664.792
46	540635.187	4465970.879	666.443
47	540702.686	4466013.651	668.300
48	540764.659	4466037.177	672.550
49	540834.279	4465994.666	680.142
50	540668.844	4465878.853	680.732

5.5.2.3. Agisoft FotoScan RTK çözüm için koordinat hesabı

Arcmap programına alınan Agisoft FotoScan RTK çözüme ait Ortomozaik ve DSM görüntüler üzerine arazi de koordinatları belirlenen yerlerin işaretlemesi yapıldı. Arcmap programının “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Data Management Tools”, “Features”, “Add XY Coordinates” komutu ile belirlenen noktalara ait Sağ ve Yukarı değerleri Ortomozaik görüntüden hesaplatıldı. Yükseklik için ise, “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “ Spatial Analyst Tools”, “Extraction”, “Extract Multi Values To Point” komutu ile belirlene noktalara ait yükseklikler DSM görüntüden hesaplatıldı. Noktaların Ortomozaik görüntüsü üzerinde dağılımı Şekil 5.72’ de gösterilmiştir ve hesaplanan nokta koordinatları Tablo 5.13’de verilmiştir.



Şekil 5. 72 Agisoft FotoScan RTK çözüm noktalarının uygulama alanına dağılımı

Tablo 5 13 Agisoft FotoScan RTK çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
1	540647.940	4465799.789	689.328
2	540673.385	4465786.456	690.170
3	540701.138	4465780.045	692.833
4	540636.741	4465734.406	693.292
5	540572.420	4465636.238	695.464
6	540484.911	4465548.055	692.389
7	540364.808	4465485.342	676.972
8	540246.823	4465515.687	664.160
9	540254.083	4465567.520	663.500
10	540371.840	4465719.513	663.947
11	540397.126	4465815.353	661.870
12	540411.835	4465924.116	656.914
13	540397.049	4465949.532	654.996
14	540285.105	4465859.363	645.861
15	540285.912	4465754.567	645.898
16	540218.088	4465754.005	645.937
17	540217.274	4465858.852	645.864
18	540169.654	4465761.769	647.641
19	540133.658	4465762.273	647.697

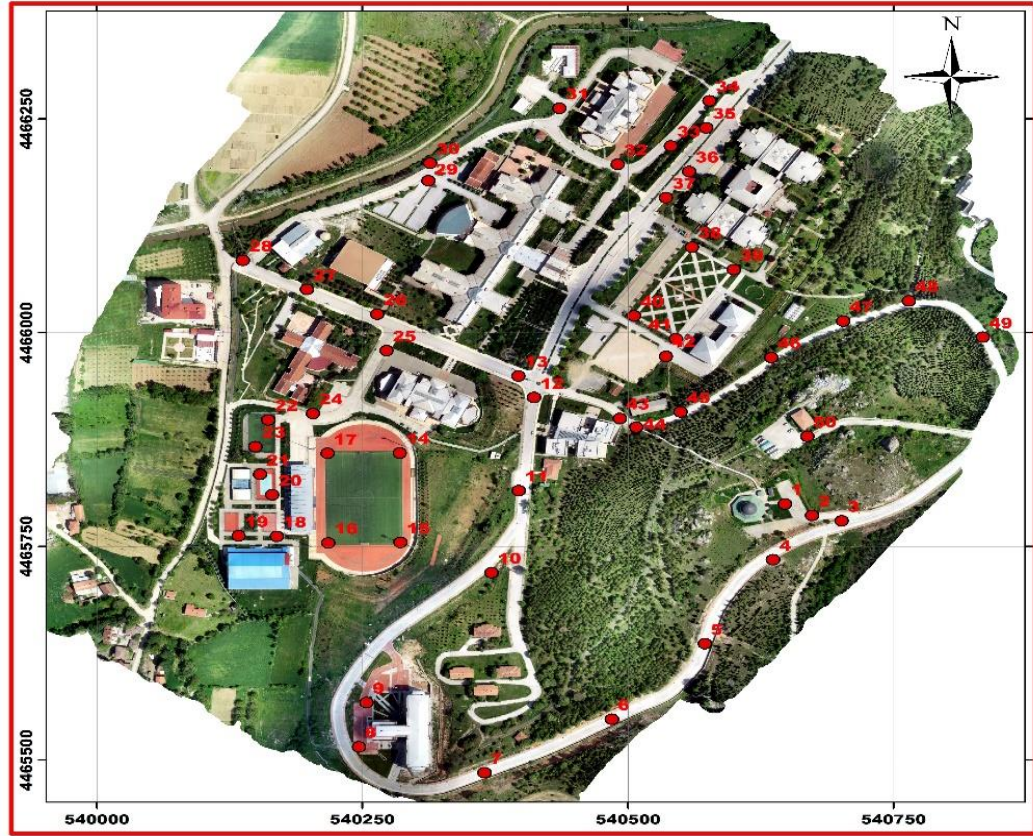
Tablo 5 13 (devam) Agisoft FotoScan RTK çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
20	540165.074	4465810.409	646.748
21	540153.854	4465834.237	646.691
22	540161.502	4465897.932	645.661
23	540149.546	4465866.710	645.694
24	540203.474	4465905.519	645.573
25	540272.873	4465979.030	647.200
26	540263.949	4466021.659	645.876
27	540197.700	4466050.736	641.537
28	540137.725	4466084.536	639.402
29	540312.298	4466177.629	639.503
30	540313.865	4466198.292	638.978
31	540435.467	4466262.545	640.775
32	540490.403	4466197.069	647.168
33	540540.625	4466218.503	650.079
34	540576.850	4466271.233	652.048
35	540573.659	4466239.796	653.798
36	540557.540	4466188.667	653.817
37	540535.761	4466157.876	653.755
38	540560.312	4466100.193	656.945
39	540599.543	4466073.824	657.050
40	540505.806	4466019.734	657.120
41	540545.199	4465992.910	656.990
42	540535.930	4465972.419	656.490
43	540492.510	4465899.792	662.841
44	540508.043	4465889.449	664.357
45	540549.446	4465907.329	664.611
46	540635.087	4465970.884	666.312
47	540702.622	4466013.661	668.312
48	540764.597	4466037.181	672.481
49	540834.200	4465994.648	680.043
50	540668.801	4465878.846	680.564

5.5.2.4. Agisoft FotoScan YKN çözüm için koordinat hesabı

Arcmap programına alınan Agisoft FotoScan RTK çözüme ait Ortomozaik ve DSM görüntüler üzerine arazi de koordinatları belirlenen yerlerin işaretlemesi yapıldı. Arcmap programının “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Data Management Tools”, “Features”, “Add XY Coordinates” komutu ile belirlenen noktalara ait Sağ ve Yukarı değerleri Ortomozaik görüntüden hesaplatıldı. Yükseklik için ise, “ArcToolBox” menüsünden sırasıyla “Spatial Analyst Tools”, “Extraction”, “Extract Multi Values To

Point” komutu ile belirlene noktalara ait yükseklikler DSM görüntüden hesaplatıldı. Noktaların Ortomozaik görüntüsü üzerinde dağılımı Şekil 5.73’ de gösterilmiştir ve hesaplanan nokta koordinatları Tablo 5.14’de verilmiştir.



Şekil 5. 73 Agisoft FotoScan YKN çözüm noktalarının uygulama alanına dağılımı

Tablo 5 14 Agisoft FotoScan YKN çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
1	540647.928	4465799.757	689.374
2	540673.378	4465786.443	690.230
3	540701.142	4465780.043	692.893
4	540636.733	4465734.386	693.340
5	540572.418	4465636.221	695.570
6	540484.897	4465548.041	692.506
7	540364.791	4465485.339	677.016
8	540246.831	4465515.673	664.133
9	540254.079	4465567.504	663.457
10	540371.836	4465719.506	663.977
11	540397.116	4465815.352	661.970
12	540411.834	4465924.104	657.022
13	540397.050	4465949.512	655.006

Tablo 5 14 (devam) Agisoft FotoScan YKN çözüm noktaları koordinatları

NOKTA ADI	SAĞA DEĞER (m)	YUKARI DEĞER (m)	YÜKSEKLİK (m)
14	540285.116	4465859.325	645.962
15	540285.935	4465754.562	645.962
16	540218.128	4465753.984	645.996
17	540217.309	4465858.817	645.995
18	540169.695	4465761.771	647.698
19	540133.707	4465762.263	647.761
20	540165.094	4465810.388	646.839
21	540153.881	4465834.215	646.819
22	540161.556	4465897.894	645.822
23	540149.608	4465866.680	645.842
24	540203.493	4465905.495	645.516
25	540272.896	4465978.986	647.088
26	540263.942	4466021.634	645.878
27	540197.746	4466050.702	641.689
28	540137.766	4466084.549	639.538
29	540312.343	4466177.636	639.591
30	540313.885	4466198.237	639.086
31	540435.444	4466262.523	640.952
32	540490.454	4466197.029	647.256
33	540540.647	4466218.487	650.109
34	540576.809	4466271.218	652.067
35	540573.643	4466239.803	653.805
36	540557.561	4466188.644	653.830
37	540535.783	4466157.861	653.797
38	540560.298	4466100.200	656.968
39	540599.561	4466073.809	657.059
40	540505.823	4466019.737	657.199
41	540545.200	4465992.892	657.058
42	540535.932	4465972.395	656.585
43	540492.506	4465899.784	662.936
44	540508.032	4465889.440	664.430
45	540549.459	4465907.312	664.708
46	540635.114	4465970.886	666.359
47	540702.636	4466013.637	668.309
48	540764.621	4466037.158	672.389
49	540834.219	4465994.623	680.026
50	540668.784	4465878.826	680.622

6. BULGULAR

Uygulama alanına homojen olarak dağılmış 50 adet noktanın arazide ölçülen koordinat değerleri “kesin koordinat değerleri” olarak kabul edilmiştir. Fotogrametrik yazılımlar kullanılarak 4 farklı çözüm sonrası elde edilen koordinatlar “hesaplanan koordinat değerleri” olarak kabul edilmiştir. Bu kesin koordinatlar ile hesaplanan koordinatlar farkları;

$$V_y = Y_H - Y_K \quad (6.1)$$

$$V_x = X_H - X_K \quad (6.2)$$

$$V_h = h_H - h_K \quad (6.3)$$

Eşitlikleri ile elde edilmiştir.

Burada “ Y_K , X_K , h_K ” arazide yapılan yersel ölçüm sonucunda elde edilen koordinatları ifade etmektedir. Ülke koordinat sisteminde elde edilen bu koordinatlar referans koordinat değerleri olarak kullanılmıştır. Y_H , X_H , h_H ise ülke koordinat sisteminde, analiz sonucunda hesaplanan koordinat değerlerini ifade etmektedir. V_y , V_x ve V_h ise sırasıyla sağa, yukarı ve elipsoidal yükseklik değerleri arasındaki koordinat farklarını göstermektedir.

Karesel Ortalama Hata (m)

$$m = \pm \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_n^2}{n-1}} \quad (6.4)$$

m: Karesel ortalama hata

v: Hesaplanan değer ile kesin değer farkları

n: ölçü sayısı

6.1. Pix4D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

Pix4D RTK çözüm hesaplanan koordinat değerleri ile arazi üzerinde ölçülen kesin koordinat değerleri arasındaki farklar santimetre olarak hesaplanmıştır. Bu farklardan ortalama hata değeri hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.1’de verilmiştir.

Tablo 6 1 Pix4 D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR(cm)		
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h
1	540647.941	4465799.770	689.533	540647.933	4465799.737	689.432	0.8	3.3	10.1
2	540673.408	4465786.442	690.393	540673.384	4465786.439	690.319	2.4	0.3	7.4
3	540701.146	4465780.073	693.126	540701.143	4465780.047	692.938	0.3	2.6	18.8
4	540636.729	4465734.418	693.570	540636.736	4465734.387	693.380	-0.7	3.1	19.0
5	540572.412	4465636.251	695.643	540572.417	4465636.223	695.531	-0.5	2.8	11.2
6	540484.917	4465548.061	692.646	540484.895	4465548.050	692.455	2.2	1.1	19.1
7	540364.827	4465485.413	677.107	540364.790	4465485.344	677.004	3.7	6.9	10.3
8	540246.829	4465515.739	664.185	540246.840	4465515.691	664.204	-1.1	4.8	-1.9
9	540254.082	4465567.508	663.505	540254.079	4465567.514	663.445	0.3	-0.6	6.0
10	540371.847	4465719.526	664.196	540371.832	4465719.522	664.102	1.5	0.4	9.4
11	540397.134	4465815.357	662.037	540397.102	4465815.356	662.052	3.2	0.1	-1.5
12	540411.856	4465924.143	657.101	540411.844	4465924.102	657.162	1.2	4.1	-6.1
13	540397.040	4465949.538	655.113	540397.055	4465949.525	655.157	-1.5	1.3	-4.4
14	540285.110	4465859.377	646.038	540285.111	4465859.337	645.976	-0.1	4.0	6.2
15	540285.936	4465754.604	646.034	540285.933	4465754.571	646.006	0.3	3.3	2.8
16	540218.123	4465754.020	646.039	540218.128	4465754.005	645.984	-0.5	1.5	5.5
17	540217.299	4465858.847	646.034	540217.307	4465858.824	645.973	-0.8	2.3	6.1
18	540169.702	4465761.784	647.741	540169.701	4465761.785	647.828	0.1	-0.1	-8.7
19	540133.685	4465762.301	647.801	540133.709	4465762.279	647.862	-2.4	2.2	-6.1
20	540165.087	4465810.410	646.873	540165.087	4465810.385	646.855	0.0	2.5	1.8
21	540153.862	4465834.259	646.860	540153.865	4465834.215	646.841	-0.3	4.4	1.9
22	540161.523	4465897.927	645.879	540161.555	4465897.913	645.815	-3.2	1.4	6.4
23	540149.545	4465866.714	645.905	540149.582	4465866.708	645.835	-3.7	0.6	7.0
24	540203.518	4465905.547	645.582	540203.485	4465905.501	645.678	3.3	4.6	-9.6
25	540272.890	4465979.014	647.135	540272.897	4465979.007	647.187	-0.7	0.7	-5.2
26	540264.005	4466021.692	645.956	540263.927	4466021.663	646.022	7.8	2.9	-6.6
27	540197.714	4466050.749	641.790	540197.718	4466050.720	641.771	-0.4	2.9	1.9
28	540137.737	4466084.577	639.621	540137.747	4466084.557	639.556	-1.0	2.0	6.5
29	540312.314	4466177.673	639.617	540312.312	4466177.658	639.664	0.2	1.5	-4.7
30	540313.850	4466198.270	639.092	540313.865	4466198.237	639.117	-1.5	3.3	-2.5
31	540435.462	4466262.552	640.962	540435.435	4466262.507	641.044	2.7	4.5	-8.2
32	540490.460	4466197.035	647.301	540490.435	4466197.030	647.321	2.5	0.5	-2.0
33	540540.647	4466218.498	650.117	540540.657	4466218.460	650.082	-1.0	3.8	3.5
34	540576.850	4466271.232	652.070	540576.812	4466271.200	652.057	3.8	3.2	1.3
35	540573.653	4466239.816	653.856	540573.645	4466239.812	653.922	0.8	0.4	-6.6
36	540557.572	4466188.661	653.858	540557.552	4466188.648	653.924	2.0	1.3	-6.6
37	540535.765	4466157.879	653.871	540535.773	4466157.864	654.001	-0.8	1.5	-13.0
38	540560.300	4466100.206	657.023	540560.293	4466100.211	656.967	0.7	-0.5	5.6
39	540599.621	4466073.823	657.108	540599.568	4466073.826	657.063	5.3	-0.3	4.5
40	540505.911	4466019.722	657.243	540505.817	4466019.747	657.200	9.4	-2.5	4.3
41	540545.295	4465992.907	657.099	540545.202	4465992.906	657.046	9.3	0.1	5.3
42	540535.954	4465972.425	656.642	540535.942	4465972.399	656.610	1.2	2.6	3.2
43	540492.527	4465899.816	662.986	540492.514	4465899.782	663.029	1.3	3.4	-4.3
44	540508.051	4465889.463	664.511	540508.047	4465889.441	664.487	0.4	2.2	2.4

Tablo 6 1 (devam) Pix4 D RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR(cm)			
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h	
45	540549.471	4465907.335	664.778	540549.435	4465907.318	664.761	3.6	1.7	1.7	
46	540635.131	4465970.873	666.412	540635.100	4465970.891	666.356	3.1	-1.8	5.6	
47	540702.653	4466013.653	668.341	540702.639	4466013.653	668.239	1.4	0.0	10.2	
48	540764.643	4466037.177	672.496	540764.621	4466037.165	672.459	2.2	1.2	3.7	
49	540834.310	4465994.656	680.074	540834.234	4465994.637	679.937	7.6	1.9	13.7	
50	540668.844	4465878.867	680.758	540668.778	4465878.837	680.705	6.6	3.0	5.3	
							Σ(VV)	521	348	3056
							m	1.2	1.4	1.6
$mY = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVy}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$ $mX = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVx}{n-1}} = \sqrt{\frac{348}{49}} = \pm 2.66 \text{ cm}$ $mh = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVh}{n-1}} = \sqrt{\frac{3056}{49}} = \pm 7.89 \text{ cm}$										

Tablo 6.1 incelendiğinde yatay konumda maksimum fark 9.4 cm iken yükseklikte ise 19.1 cm olarak tespit edilmiştir. Bu farkların ortalaması alındığında ise 3 boyutlu konumda sırasıyla sağa yönde 3.26 cm, yukarı yönde 2.66 cm iken yükseklik yönünde ise 7.89 cm olarak bulunmuştur.

6.2. Pix4D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması

Pix4D YKN çözüm hesaplanan koordinat değerleri ile arazi üzerinde ölçülen kesin koordinat değerleri arasındaki farklar santimetre olarak hesaplanmıştır. Bu farklardan ortalama hata değeri hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.2’de verilmiştir.

Tablo 6 2 Pix4 D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)		
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h
1	540647.952	4465799.739	689.420	540647.933	4465799.737	689.432	1.9	0.2	-1.2
2	540673.393	4465786.438	690.255	540673.384	4465786.439	690.319	0.9	-0.1	-6.4
3	540701.146	4465780.041	692.953	540701.143	4465780.047	692.938	0.3	-0.6	1.5
4	540636.745	4465734.384	693.358	540636.736	4465734.387	693.380	0.9	-0.3	-2.2
5	540572.440	4465636.233	695.490	540572.417	4465636.223	695.531	2.3	1.0	-4.1
6	540484.901	4465548.054	692.500	540484.895	4465548.050	692.455	0.6	0.4	4.5
7	540364.831	4465485.389	677.068	540364.790	4465485.344	677.004	4.1	4.5	6.4
8	540246.848	4465515.701	664.114	540246.840	4465515.691	664.204	0.8	1.0	-9.0
9	540254.085	4465567.518	663.393	540254.079	4465567.514	663.445	0.6	0.4	-5.2
10	540371.872	4465719.525	664.024	540371.832	4465719.522	664.102	4.0	0.3	-7.8

Tablo 6 2 (devam) Pix4 D YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)			
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h	
11	540397.168	4465815.367	662.090	540397.102	4465815.356	662.052	6.6	1.1	3.8	
12	540411.874	4465924.112	657.106	540411.844	4465924.102	657.162	3.0	1.0	-5.6	
13	540397.078	4465949.532	654.998	540397.055	4465949.525	655.157	2.3	0.7	-19.9	
14	540285.149	4465859.339	645.897	540285.111	4465859.337	645.976	3.8	0.2	-7.9	
15	540285.970	4465754.576	645.928	540285.933	4465754.571	646.006	3.7	0.5	-7.8	
16	540218.130	4465754.017	645.923	540218.128	4465754.005	645.984	0.2	1.2	-6.1	
17	540217.314	4465858.841	645.890	540217.307	4465858.824	645.973	0.7	1.7	-8.3	
18	540169.699	4465761.779	647.736	540169.701	4465761.785	647.828	-0.2	-0.6	-9.2	
19	540133.698	4465762.293	647.786	540133.709	4465762.279	647.862	-1.1	1.4	-7.6	
20	540165.101	4465810.412	646.796	540165.087	4465810.385	646.855	1.4	2.7	-5.9	
21	540153.883	4465834.247	646.790	540153.865	4465834.215	646.841	1.8	3.2	-5.1	
22	540161.558	4465897.918	645.726	540161.555	4465897.913	645.815	0.3	0.5	-8.9	
23	540149.584	4465866.717	645.762	540149.582	4465866.708	645.835	0.2	0.9	-7.3	
24	540203.518	4465905.507	645.429	540203.485	4465905.501	645.678	3.3	0.6	-14.9	
25	540272.934	4465979.008	647.116	540272.897	4465979.007	647.187	3.7	0.1	-7.1	
26	540263.929	4466021.67	645.990	540263.927	4466021.663	646.022	0.2	0.7	-3.2	
27	540197.724	4466050.723	641.669	540197.718	4466050.720	641.771	0.6	0.3	-10.2	
28	540137.761	4466084.573	639.535	540137.747	4466084.557	639.556	1.4	1.6	-2.1	
29	540312.334	4466177.662	639.609	540312.312	4466177.658	639.664	2.2	0.4	-5.5	
30	540313.876	4466198.261	639.205	540313.865	4466198.237	639.117	1.1	2.4	8.8	
31	540435.449	4466262.528	640.967	540435.435	4466262.507	641.044	1.4	2.1	-7.7	
32	540490.449	4466197.037	647.230	540490.435	4466197.030	647.321	1.4	0.7	-9.1	
33	540540.657	4466218.521	650.081	540540.657	4466218.460	650.082	0.0	6.1	-0.1	
34	540576.864	4466271.224	652.058	540576.812	4466271.200	652.057	5.2	2.4	0.1	
35	540573.660	4466239.817	653.876	540573.645	4466239.812	653.922	1.5	0.5	-4.6	
36	540557.560	4466188.648	653.831	540557.552	4466188.648	653.924	0.8	0.0	-9.3	
37	540535.796	4466157.866	653.932	540535.773	4466157.864	654.001	2.3	0.2	-6.9	
38	540560.333	4466100.207	656.994	540560.293	4466100.211	656.967	4.0	-0.4	2.7	
39	540599.605	4466073.833	657.106	540599.568	4466073.826	657.063	3.7	0.7	4.3	
40	540505.844	4466019.756	657.195	540505.817	4466019.747	657.200	2.7	0.9	-0.5	
41	540545.236	4465992.905	657.067	540545.202	4465992.906	657.046	3.4	-0.1	2.1	
42	540536.007	4465972.408	656.670	540535.942	4465972.399	656.610	6.5	0.9	6.0	
43	540492.530	4465899.836	662.971	540492.514	4465899.782	663.029	1.6	5.4	-5.8	
44	540508.111	4465889.459	664.438	540508.047	4465889.441	664.487	6.4	1.8	-4.9	
45	540549.444	4465907.329	664.792	540549.435	4465907.318	664.761	0.9	1.1	3.1	
46	540635.187	4465970.879	666.443	540635.100	4465970.891	666.356	8.7	-1.2	8.7	
47	540702.686	4466013.651	668.300	540702.639	4466013.653	668.239	4.7	-0.2	6.1	
48	540764.659	4466037.177	672.550	540764.621	4466037.165	672.459	3.8	1.2	9.1	
49	540834.279	4465994.666	680.142	540834.234	4465994.637	679.937	4.5	2.9	10.5	
50	540668.844	4465878.853	680.732	540668.778	4465878.837	680.705	6.6	1.6	2.7	
							Σ(VV)	521	158	2546
							m	3.26	1.80	7.20
$mY = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVy}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$ $mX = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVx}{n-1}} = \sqrt{\frac{158}{49}} = \pm 1.80 \text{ cm}$ $mh = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVh}{n-1}} = \sqrt{\frac{2546}{49}} = \pm 7.20 \text{ cm}$										

Tablo 6.2 incelendiğinde yatay konumda maksimum fark 8.7 cm iken yükseklikte ise 19.1 cm olarak tespit edilmiştir. Bu farkların ortalaması alındığında ise 3 boyutlu konumda sırasıyla sağa yönde 3.26 cm, yukarı yönde 1.80 cm iken yükseklik yönünde ise 7.20 cm olarak bulunmuştur.

6.3. Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

Agisoft FotoScan RTK çözüm hesaplanan koordinat değerleri ile arazi üzerinde ölçülen kesin koordinat değerleri arasındaki farklar santimetre olarak hesaplanmıştır. Bu farklarından ortalama hata değeri hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.3’de verilmiştir.

Tablo 6 3 Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)		
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h
1	540647.940	4465799.789	689.328	540647.933	4465799.737	689.432	0.7	5.2	-10.4
2	540673.385	4465786.456	690.170	540673.384	4465786.439	690.319	0.1	1.7	-4.9
3	540701.138	4465780.045	692.833	540701.143	4465780.047	692.938	-0.5	-0.2	-10.5
4	540636.741	4465734.406	693.292	540636.736	4465734.387	693.380	0.5	1.9	-8.8
5	540572.420	4465636.238	695.464	540572.417	4465636.223	695.531	0.3	1.5	-6.7
6	540484.911	4465548.055	692.389	540484.895	4465548.050	692.455	1.6	0.5	-6.6
7	540364.808	4465485.342	676.972	540364.790	4465485.344	677.004	1.8	-0.2	-3.2
8	540246.823	4465515.687	664.160	540246.840	4465515.691	664.204	-1.7	-0.4	-4.4
9	540254.083	4465567.520	663.500	540254.079	4465567.514	663.445	0.4	0.6	5.5
10	540371.840	4465719.513	663.947	540371.832	4465719.522	664.102	0.8	-0.9	-8.5
11	540397.126	4465815.353	661.870	540397.102	4465815.356	662.052	2.4	-0.3	-8.2
12	540411.835	4465924.116	656.914	540411.844	4465924.102	657.162	-0.9	1.4	-14.8
13	540397.049	4465949.532	654.996	540397.055	4465949.525	655.157	-0.6	0.7	-6.1
14	540285.105	4465859.363	645.861	540285.111	4465859.337	645.976	-0.6	2.6	-11.5
15	540285.912	4465754.567	645.898	540285.933	4465754.571	646.006	-2.1	-0.4	-10.8
16	540218.088	4465754.005	645.937	540218.128	4465754.005	645.984	-4.0	0.0	-4.7
17	540217.274	4465858.852	645.864	540217.307	4465858.824	645.973	-3.3	2.8	-10.9
18	540169.654	4465761.769	647.641	540169.701	4465761.785	647.828	-4.7	-1.6	-8.7
19	540133.658	4465762.273	647.697	540133.709	4465762.279	647.862	-5.1	-0.6	-6.5
20	540165.074	4465810.409	646.748	540165.087	4465810.385	646.855	-1.3	2.4	-10.7
21	540153.854	4465834.237	646.691	540153.865	4465834.215	646.841	-1.1	2.2	-5.0
22	540161.502	4465897.932	645.661	540161.555	4465897.913	645.815	-5.3	1.9	-5.4
23	540149.546	4465866.710	645.694	540149.582	4465866.708	645.835	-3.6	0.2	-4.1
24	540203.474	4465905.519	645.573	540203.485	4465905.501	645.678	-1.1	1.8	-10.5
25	540272.873	4465979.030	647.200	540272.897	4465979.007	647.187	-2.4	2.3	1.3
26	540263.949	4466021.659	645.876	540263.927	4466021.663	646.022	2.2	-0.4	-14.6
27	540197.700	4466050.736	641.537	540197.718	4466050.720	641.771	-1.8	1.6	-13.4
28	540137.725	4466084.536	639.402	540137.747	4466084.557	639.556	-2.2	-2.1	-15.4
29	540312.298	4466177.629	639.503	540312.312	4466177.658	639.664	-1.4	-2.9	-10.1
30	540313.865	4466198.292	638.978	540313.865	4466198.237	639.117	0.0	5.5	-3.9

Tablo 6 3 (devam) Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)			
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h	
31	540435.467	4466262.545	640.775	540435.435	4466262.507	641.044	3.2	3.8	-6.9	
32	540490.403	4466197.069	647.168	540490.435	4466197.030	647.321	-3.2	3.9	-5.3	
33	540540.625	4466218.503	650.079	540540.657	4466218.460	650.082	-3.2	4.3	-0.3	
34	540576.850	4466271.233	652.048	540576.812	4466271.200	652.057	3.8	3.3	-0.9	
35	540573.659	4466239.796	653.798	540573.645	4466239.812	653.922	1.4	-1.6	-12.4	
36	540557.540	4466188.667	653.817	540557.552	4466188.648	653.924	-1.2	1.9	-10.7	
37	540535.761	4466157.876	653.755	540535.773	4466157.864	654.001	-1.2	1.2	-4.6	
38	540560.312	4466100.193	656.945	540560.293	4466100.211	656.967	1.9	-1.8	-2.2	
39	540599.543	4466073.824	657.050	540599.568	4466073.826	657.063	-2.5	-0.2	-1.3	
40	540505.806	4466019.734	657.120	540505.817	4466019.747	657.200	-1.1	-1.3	-8.0	
41	540545.199	4465992.910	656.990	540545.202	4465992.906	657.046	-0.3	0.4	-5.6	
42	540535.930	4465972.419	656.490	540535.942	4465972.399	656.610	-1.2	2.0	-12.0	
43	540492.510	4465899.792	662.841	540492.514	4465899.782	663.029	-0.4	1.0	-8.8	
44	540508.043	4465889.449	664.357	540508.047	4465889.441	664.487	-0.4	0.8	-13.0	
45	540549.446	4465907.329	664.611	540549.435	4465907.318	664.761	1.1	1.1	-5.0	
46	540635.087	4465970.884	666.312	540635.100	4465970.891	666.356	-1.3	-0.7	-4.4	
47	540702.622	4466013.661	668.312	540702.639	4466013.653	668.239	-1.7	0.8	7.3	
48	540764.597	4466037.181	672.481	540764.621	4466037.165	672.459	-2.4	1.6	2.2	
49	540834.200	4465994.648	680.043	540834.234	4465994.637	679.937	-3.4	1.1	10.6	
50	540668.801	4465878.846	680.564	540668.778	4465878.837	680.705	2.3	0.9	-4.1	
							Σ(VV)	254	210	3506
							m	2.28	2.07	8.45

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVy}{n-1}} = \sqrt{\frac{254}{49}} = \pm 2.28 \text{ cm}$$
$$mX = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVx}{n-1}} = \sqrt{\frac{210}{49}} = \pm 2.07 \text{ cm}$$
$$mh = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVh}{n-1}} = \sqrt{\frac{3506}{49}} = \pm 8.45 \text{ cm}$$

Tablo 6.3 incelendiğinde yatay konumda maksimum fark 4.7 cm iken yükseklikte ise 15.4 cm olarak tespit edilmiştir. Bu farkların ortalaması alındığında ise 3 boyutlu konumda sırasıyla sağa yönde 2.28 cm, yukarı yönde 2.07 cm iken yükseklik yönünde ise 8.45 cm olarak bulunmuştur

6.4. Agisoft FotoScan RTK Çözüm Koordinatların kıyaslanması

Agisoft FotoScan YKN çözüm hesaplanan koordinat değerleri ile arazi üzerinde ölçülen kesin koordinat değerleri arasındaki farklar santimetre olarak hesaplanmıştır. Bu farklarından ortalama hata değeri hesaplanarak sonuçlar Tablo 6.4’de verilmiştir.

Tablo 6 4 Agisoft FotoScan YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)		
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h
1	540647.928	4465799.757	689.374	540647.933	4465799.737	689.432	-0.5	2.0	-5.8
2	540673.378	4465786.443	690.230	540673.384	4465786.439	690.319	-0.6	0.4	-8.9
3	540701.142	4465780.043	692.893	540701.143	4465780.047	692.938	-0.1	-0.4	-4.5
4	540636.733	4465734.386	693.340	540636.736	4465734.387	693.380	-0.3	-0.1	-4.0
5	540572.418	4465636.221	695.570	540572.417	4465636.223	695.531	0.1	-0.2	3.9
6	540484.897	4465548.041	692.506	540484.895	4465548.050	692.455	0.2	-0.9	5.1
7	540364.791	4465485.339	677.016	540364.790	4465485.344	677.004	0.1	-0.5	1.2
8	540246.831	4465515.673	664.133	540246.840	4465515.691	664.204	-0.9	-1.8	-7.1
9	540254.079	4465567.504	663.457	540254.079	4465567.514	663.445	0.0	-1.0	1.2
10	540371.836	4465719.506	663.977	540371.832	4465719.522	664.102	0.4	-1.6	-12.5
11	540397.116	4465815.352	661.970	540397.102	4465815.356	662.052	1.4	-0.4	-8.2
12	540411.834	4465924.104	657.022	540411.844	4465924.102	657.162	-1.0	0.2	-14.0
13	540397.050	4465949.512	655.006	540397.055	4465949.525	655.157	-0.5	-1.3	-15.1
14	540285.116	4465859.325	645.962	540285.111	4465859.337	645.976	0.5	-1.2	-1.4
15	540285.935	4465754.562	645.962	540285.933	4465754.571	646.006	0.2	-0.9	-4.4
16	540218.128	4465753.984	645.996	540218.128	4465754.005	645.984	0.0	-2.1	1.2
17	540217.309	4465858.817	645.995	540217.307	4465858.824	645.973	0.2	-0.7	2.2
18	540169.695	4465761.771	647.698	540169.701	4465761.785	647.828	-0.6	-1.4	-13.0
19	540133.707	4465762.263	647.761	540133.709	4465762.279	647.862	-0.2	-1.6	-10.1
20	540165.094	4465810.388	646.839	540165.087	4465810.385	646.855	0.7	0.3	-1.6
21	540153.881	4465834.215	646.819	540153.865	4465834.215	646.841	1.6	0.0	-2.2
22	540161.556	4465897.894	645.822	540161.555	4465897.913	645.815	0.1	-1.9	0.7
23	540149.608	4465866.680	645.842	540149.582	4465866.708	645.835	2.6	-2.8	0.7
24	540203.493	4465905.495	645.516	540203.485	4465905.501	645.678	0.8	-0.6	-16.2
25	540272.896	4465978.986	647.088	540272.897	4465979.007	647.187	-0.1	-2.1	-9.9
26	540263.942	4466021.634	645.878	540263.927	4466021.663	646.022	1.5	-5.9	-14.4
27	540197.746	4466050.702	641.689	540197.718	4466050.720	641.771	2.8	-1.8	-8.2
28	540137.766	4466084.549	639.538	540137.747	4466084.557	639.556	1.9	-0.8	-1.8
29	540312.343	4466177.636	639.591	540312.312	4466177.658	639.664	3.1	-2.2	-7.3
30	540313.885	4466198.237	639.086	540313.865	4466198.237	639.117	2.0	0.0	-3.1
31	540435.444	4466262.523	640.952	540435.435	4466262.507	641.044	0.9	1.6	-9.2
32	540490.454	4466197.029	647.256	540490.435	4466197.030	647.321	1.9	-0.1	-6.5
33	540540.647	4466218.487	650.109	540540.657	4466218.460	650.082	-1.0	2.7	2.7
34	540576.809	4466271.218	652.067	540576.812	4466271.200	652.057	-0.3	1.8	1.0
35	540573.643	4466239.803	653.805	540573.645	4466239.812	653.922	-0.2	-0.9	-11.7
36	540557.561	4466188.644	653.830	540557.552	4466188.648	653.924	0.9	-0.4	-9.4
37	540535.783	4466157.861	653.797	540535.773	4466157.864	654.001	1.0	-0.3	-10.4
38	540560.298	4466100.200	656.968	540560.293	4466100.211	656.967	0.5	-1.1	0.1
39	540599.561	4466073.809	657.059	540599.568	4466073.826	657.063	-0.7	-1.7	-0.4
40	540505.823	4466019.737	657.199	540505.817	4466019.747	657.200	0.6	-1.0	-0.1
41	540545.200	4465992.892	657.058	540545.202	4465992.906	657.046	-0.2	-1.4	1.2
42	540535.932	4465972.395	656.585	540535.942	4465972.399	656.610	-1.0	-0.4	-2.5
43	540492.506	4465899.784	662.936	540492.514	4465899.782	663.029	-0.8	0.2	-9.3
44	540508.032	4465889.440	664.430	540508.047	4465889.441	664.487	-1.5	-0.1	-5.7
45	540549.459	4465907.312	664.708	540549.435	4465907.318	664.761	2.4	-0.6	-5.3
46	540635.114	4465970.886	666.359	540635.100	4465970.891	666.356	1.4	-0.5	0.3

Tablo 6 4 (devam) Agisoft FotoScan YKN Çözüm Koordinatların kıyaslanması

HESAPLANAN KOORDİNAT DEĞERLERİ				KESİN KOORDİNAT DEĞERLERİ			FARKLAR (cm)		
N.N	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	Sağa (m)	Yukarı (m)	h (m)	V _y	V _x	V _h
47	540702.636	4466013.637	668.309	540702.639	4466013.653	668.239	-0.3	-1.6	7.0
48	540764.621	4466037.158	672.389	540764.621	4466037.165	672.459	0.0	-0.7	-7.0
49	540834.219	4465994.623	680.026	540834.234	4465994.637	679.937	-1.5	-1.4	8.9
50	540668.784	4465878.826	680.622	540668.778	4465878.837	680.705	0.6	-1.1	-8.3
						Σ(VV)	66.3	87.4	2769.01
						m	1.16	1.33	7.51
$mY = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVy}{n-1}} = \sqrt{\frac{66.3}{49}} = \pm 1.16 \text{ cm}$ $mX = \pm \sqrt{\frac{\Sigma IVVx}{n-1}} = \sqrt{\frac{87.4}{49}} = \pm 1.33 \text{ cm}$ $mh = \pm \sqrt{\frac{\Sigma VVh}{n-1}} = \sqrt{\frac{2769.01}{49}} = \pm 7.51 \text{ cm}$									

Tablo 6.4 incelendiğinde yatay konumda maksimum fark 5.9 cm iken yükseklikte ise 16.2 cm olarak tespit edilmiştir. Bu farkların ortalaması alındığında ise 3 boyutlu konumda sırasıyla sağa yönde 1.16 cm, yukarı yönde 1.33 cm iken yükseklik yönünde ise 7.51 cm olarak bulunmuştur.

7. SONUÇ ve ÖNERİLER

RTK sistemine sahip İHA ve RTK sistemine sahip olamayan iki farklı İHA aynı uçuş yüksekliği ve örtme oranları kullanılarak stereo fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğrafların değerlendirilmesinde Pix4 D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametrik yazılımları kullanılmıştır.

İlk değerlendirme her iki yazılımda, sadece İHA sistemi tarafından fotoğraflara atanan RTK koordinatları kullanılarak yapılmış ve Pix4D Mapper yazılımı değerlendirmesi sonucunda 3.03 cm/pix GSD değeri ile çalışma alanının ortofoto haritası üretilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu yukarı değer= ± 0.39 cm, sağa değer= ± 0.34 cm ve yükseklikte doğruluğu yükseklik= ± 1.74 cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımı ile yapılan değerlendirme sonucunda ise GSD değeri 2.64 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu yukarı değer= ± 7.19 cm, sağa değer=7.13 cm olarak, yükseklikte doğruluk da yükseklikte=10.12 cm olarak bulunmuştur.

İkinci değerlendirme ise RTK sistemi olmayan İHA ile elde edilen resimler ve uçuş öncesi çalışma alanına tesis edilen 19 adet YKN kullanılarak uygulanmıştır. Değerlendirme sonrasında oluşan veriler Pix4D Mapper yazılımında 3.02 cm/pix GSD değeri ile üretilmiştir. Bu değerlendirme sonucu oluşan verilerde yatayda konum doğruluğu yukarı değer= ± 3.31 cm, sağa değer= ± 2.62 cm ve yükseklikte doğruluğu yükseklik= ± 2.92 cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımında ise GSD değeri 2.63 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu yukarı değer= ± 1.67 cm, sağa değer=1.51 cm olarak, yükseklikte doğruluğu yükseklikte=0.41 cm olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemle elde edilen veri setlerinin doğruluklarının kıyaslanması amacıyla arazide tespit edilen elli adet belğin detay noktalarının GNSS ölçme yöntemlerinden CORS tekniği kullanılarak belirlenen koordinatları kullanılmıştır. Bu kıyaslama neticesinde Pix4D Mapper ile RTK koordinatları kullanılarak elde edilen verilerin yatayda konum doğrulukları yukarı değer= ± 1.40 cm, sağa değer= ± 1.2 cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise yükseklik= ± 1.6 cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları yukarı değer= ± 2.07 cm, sağa değer= ± 2.28 cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise yükseklik= ± 8.45 cm olarak bulunmuştur. YKN kullanılarak elde edilen verilerin doğrulukları ise Pix4D Mapper 'da yatayda konum

doğrulukları yukarı değer= ± 3.26 cm, sağa değer= ± 1.80 cm olarak, yükseklik ise yükseklik= ± 7.01 cm olarak bulunulmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları yukarı değer= ± 1.33 cm, sağa değer= ± 1.16 cm olarak, yükseklikte ise yükseklik= ± 7.51 cm olarak bulunmuştur. Yapılan analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak daha yüksek doğruluklu konumsal bilgi elde edildiği tespit edilmiştir. Diğer yandan kullanılan yazılımların performans irdelemesi yapıldığında, Pix4D Mapper yazılımının çözüm işlem basamaklarının hızlı ve yüksek doğruluklu konum bilgisi ürettiği görülmüştür. Buna ek olarak uygulanan tüm yöntemlerde Büyük Ölçekli Harita Bilgileri ve Harita Üretim Yönetmeliğinde belirtilmiş olan “0-10 cm/pix GSD değerinde ve detay noktaların yatay konum doğruluğu ± 7 cm ve yükseklik doğruluğu (σ_H) ± 7 cm” gerekliliğini sağladığı tespit edilmiştir.

Geçmişten günümüze konum bilgisi hayatımızın önemli bir parçası olmuş ve olmaya devam edecektir. Bu bilginin elde edilmesinde kullanılan araçlardan biri olan İHA teknolojisi beraberinde kullanılabilecek teknolojiler ile önemli bir araç haline gelmiştir. Diğer tüm alanlarda olduğu gibi, haritacılık alanında da ihtiyaç duyulan zaman, maliyet, insan gücü gibi etkenlerin minimuma indirgenmesi ihtiyacı, kullanılması planlanan İHA'nın seçilmesinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla satın alınması planlanan İHA'nın sahip olduğu donanımsal özelliklerin, konumsal doğruluğa etki edebileceği göz önünde bulundurularak fayda-maliyet ilişkisi gözetilerek seçilmesi gerektiği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Acar H ve Karşı F (2013) Yüksek Çözünürlüklü Dijital Hava Görüntülerinin Sürf Nokta Belirleme Algoritması İle Otomatik Eşleştirilmesi, TUFUAB VII. Teknik Sempozyumu, 23-25 Mayıs, Trabzon. 43 s.
- Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P. (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle, *Measurement*, vol. 98, pp. 221–227.
- Ağca M., Kaya E., Yılmaz H., (2020) “Yersel ve Fotogrametrik Yöntemler ile Kaya Bloklarının Hacimlerinin Hesaplanması: Selime Örneği, Aksaray” Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi
- Ak , T., & Avaner, T. (2019). Silahlı insansız Hava Araçlarının Uluslararası Alanda ve iç Güvenlikte Sevk ve İdaresine İlişkin Hukuk Saptamalar. *Savunma Bilim Dergisi*.
- Akdeniz, H., 2004. Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 91, 13-20.
- Anonim 2015a. “Fotogrametri II Ders Notları”
<https://doczz.biz.tr/doc/316758/fotogrametri---geomatik> Erişim Tarihi: 10.08.2020
- Anonim 2015b. “Fotogrametri II Ders Notları”
<https://doczz.biz.tr/doc/316758/fotogrametri---geomatik> Erişim Tarihi: 07.08.2020
- Anonim 2016 “İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA)”
https://iha.shgm.gov.tr/public/document/SHT-IHA_REV1.pdf
- Anonim 2020a “Pix4D Kullanım Kılavuzu” Atalay Mühendislik Teknik İşlemler
https://admin.ataymuhendislik.com/atayimages/files/Pix4D/Pix4D-Kullanim-kilavuzu_TUR.PDF Erişim Tarihi: 15.09.2020
- Anonim 2020b “Agisoft FotoScan Yazılımı Kullanım Kılavuzu” Agisoft FotoScan Resmi İnternet Sitesi <https://www.agisoft.com/> Erişim Tarihi: 15.09.2020
- 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.
- (Bemis vd., 2014, Nex ve Remondino, 2014). Bemis S. P., Micklethwaite S., Turner D., James M. R., Akciz S., Thiele S. T., Bangash H. A., “Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology”. *Journal of Structural Geology* 69 (2014) 163e178164
- Ferruh Yılmaztürk (2016) “Fotogrametri Ders Notları” Sektör Harita Yayıncılık
<http://www.sektorharita.com/fotogrametri-sinav-yrd.doc.dr.-ferruh-yilmazturk.html> Erişim Tarihi: 11.09.2020
- Gençerk E Y (2016) İnsansız hava aracı fotogrametrisi uygulaması ile inşaat projesi imalat durumunun araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul. 101 s.
- Kahveci, M., & Can, N. (2018). İnsansız Hava Araçları: Tarihçesi, Tanımı, Dünyada ve Türkiye'deki Durumu. *S. Ü Müh. Bilim ve Teknoloji dergisi*.
- Karkınlı A E, Kesikoğlu A, Kesikoğlu M H, Atasever U H, Ozkan C, Çivicoğlu P ve Beşdok E (2015) İnsansız hava araçları ile sayısal arazi modeli üretimi. *TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu*, 21-23 Mayıs, Konya, 255-259 s.

- Kaya M (2010) Sayısal hava kamerası ve analog hava kamerası kullanılarak üretilen fotogrametrik sayısal yükseklik modellerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 88 s.
- Karşlı, F 2010 “Açık ve Uzaktan Eğitim Fakültesi Coğrafi Bilgi Sistemleri” http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/cografi_bilgi_sistemleri_onlisans_ue/fotogrametri.pdf İstanbul Üniversitesi Ön Lisans Erişim Tarihi: 05.08.2020
- Mahmod, A., & Yılmaz, H. (2017). İnsansız Hava Aracı İle Dik Konumda Çekilen Resimlerle Üç Boyutlu Model Oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii. Dergi Park.
- Öztürk O., Bilgilioglu B., Çelik M., Bilgilioglu S., Uluğ R., (2017) “İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması” Geomatik Dergisi.
- Remondino F, Barazzetti L, Nex F, Scaioni M and Sarazzi D (2011) UAV photogrammetry for mapping and 3D modeling–current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry*, (1): 38-51.
- Selçuk O (2008) Dijital ve analog hava kameralarının geometrik potansiyellerinin fotogrametrik açıdan irdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Afyon. 64 s.
- Spreckels, V., Fischer, C., Schlienkamp, A. ve Syrek, L., 2005. Photogrammetric stereoplotting capabilities of Vexcel UltracamD digital aerial imagery, ISPRS Hannover Workshop 2005 “High-Resolution Earth Imaging for Geospatial Information”, At Hannover, Germany.
- Tercan E (2018) Karayolu ölçmelerinde insansız hava araçlarının kullanılması: okurcalarşehir merkezi örneği, Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 7 (2): 649-660.
- Toprak A S (2014) Fotogrametrik tekniklerin İHA ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya. 173 s.,
- Uçar E., Ergün B. (2004). Fotogrametride üç boyutlu şehir modelleme teknikleri ve cbs kullanımı, Harita Genel Müdürlüğü Harita Dergisi, 132: 48-56.
- Yıldırım, Ö., Susam , T., Yaprak , S., Delen, A., & İnyurt, S. (2016). UAV Sistemlerinin Tarımsal Amaçlar İçin Kullanılabilirliği. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., 2013. İnsansız hava aracı ile üretilen ortofoto haritalarda doğruluk analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, Trabzon.
- Yılmaz, H., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., & Bilgilioglu, S. S. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. Geomatik dergisi.
- Wang, J., Gea, Y., Heuvelink, G. B. M., Zhou, C., Brus, D. (2012). Effect of the sampling design of ground control points on the geometric correction of remotely sensed imagery, *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, vol. 18, no. 1, pp. 91–100.
- Wiedemann, A., More J. (2012). Orientation strategies for aerial oblique images, Conference Paper, Temmuz 2012.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Rüştü ÇALLI
Doğum Tarihi ve Yeri : 26.02.1990 - DENİZLİ
Telefon : 0554 948 74 45
E-Mail : rustucalli@gmail.com

Eğitim Durumu

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Harita Mühendisliği Anabilim Dalı / Ölçme Tekniği Anabilim Dalı	2021
Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi / Harita Mühendisliği Bölümü	2019
Ön Lisans	Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi / Tokat Meslek Yüksekokulu / Harita ve Kadastro Programı	2012
Lise	Emine Özcan Anadolu Lisesi	2009

Quality Report



Generated with Pix4Denterprise version 4.4.12



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	RTK_PROKE
Processed	2020-05-19 15:09:13
Camera Model Name(s)	FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.03 cm / 1.19 in
Area Covered	0.685 km ² / 68.4791 ha / 0.26 sq. mi. / 169.3031 acres
Time for Initial Processing (without report)	41m:15s

Quality Check



Images	median of 46854 keypoints per image	
Dataset	588 out of 588 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.26% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 8594.12 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, no 3D GCP	



Preview

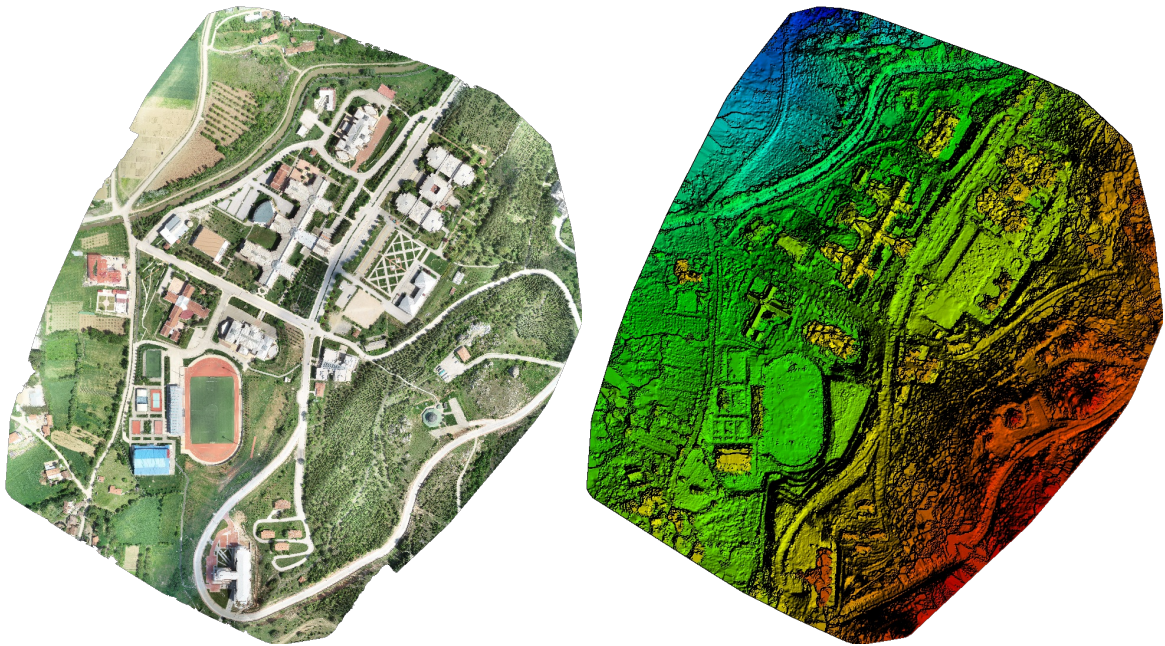


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



Number of Calibrated Images	588 out of 588
Number of Geolocated Images	588 out of 588

Initial Image Positions

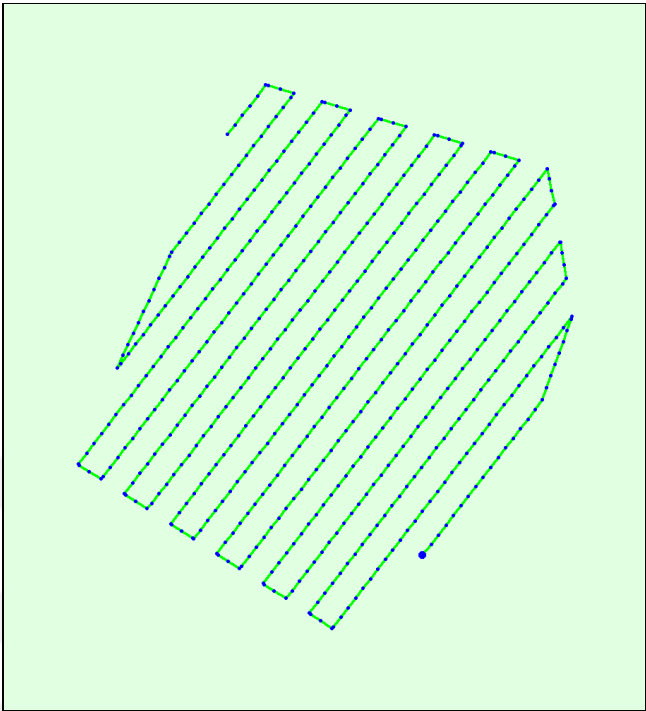


Figure 2: Top view of the initial image position. The green line follows the position of the images in time starting from the large blue dot.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



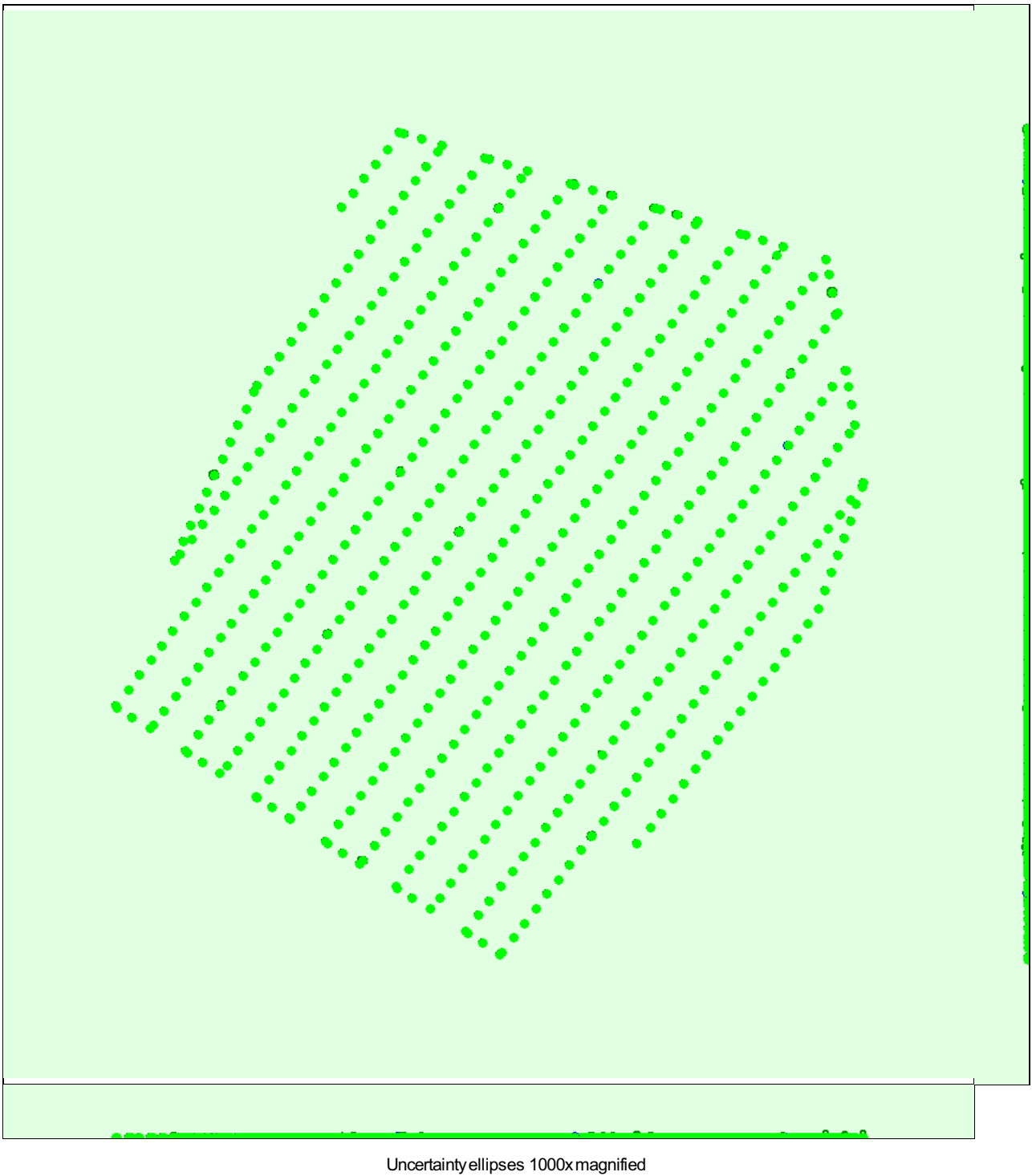


Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

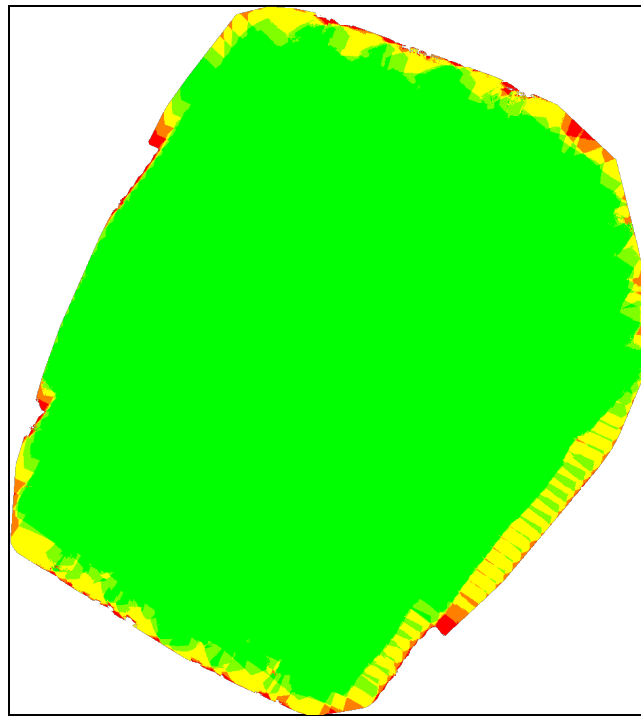
? Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.004	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002
Sigma	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.001

? Overlap





Number of overlapping images: 1 2 3 4 5+

Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details

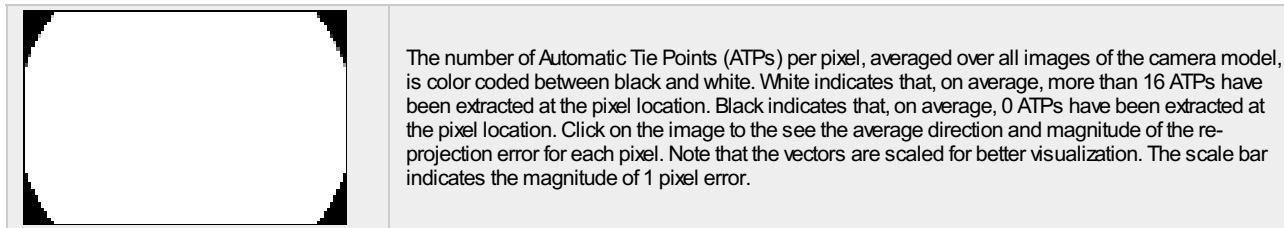
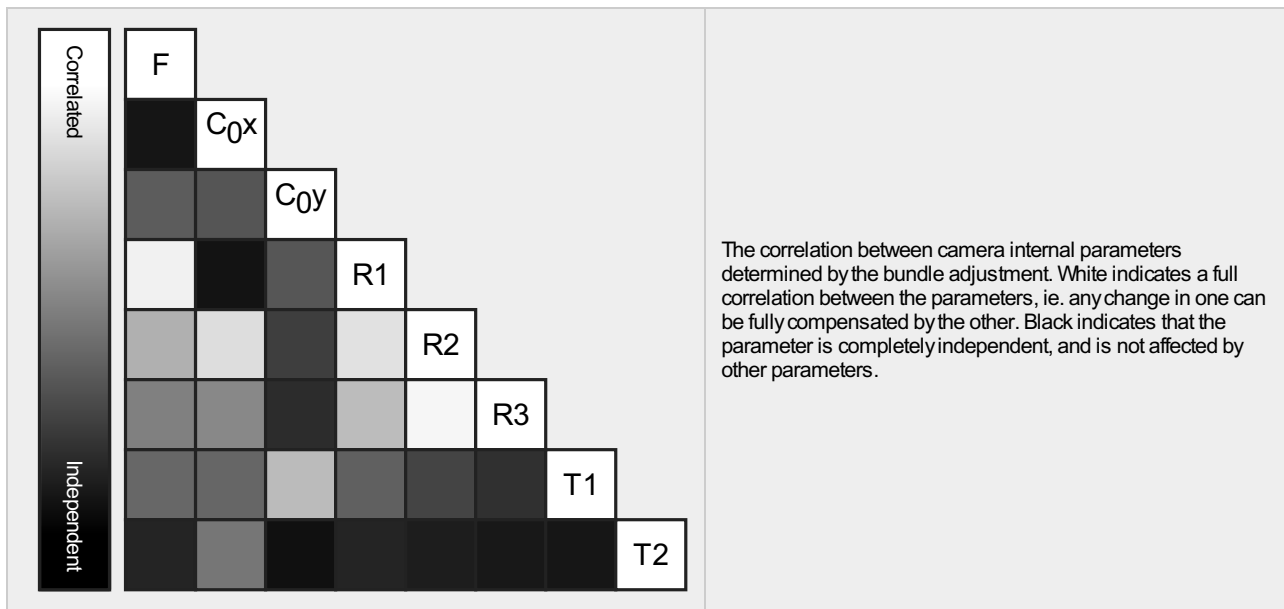
Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	5189759
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	1743443
Mean Reprojection Error [pixels]	0.108

Internal Camera Parameters

FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]

EXIF ID: FC6310R_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3658.300 [pixel] 8.580 [mm]	2722.500 [pixel] 6.385 [mm]	1835.100 [pixel] 4.304 [mm]	-0.269	0.112	-0.033	0.000	-0.001
Optimized Values	3648.693 [pixel] 8.557 [mm]	2745.206 [pixel] 6.438 [mm]	1833.871 [pixel] 4.301 [mm]	-0.268	0.109	-0.031	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	0.884 [pixel] 0.002 [mm]	0.040 [pixel] 0.000 [mm]	0.031 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	46854	8594
Min	22307	938
Max	79393	21500
Mean	48132	8826

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1084510
In 3 Images	316944
In 4 Images	133146
In 5 Images	71887
In 6 Images	42079
In 7 Images	26515
In 8 Images	18212
In 9 Images	13020
In 10 Images	9683
In 11 Images	6917
In 12 Images	5203
In 13 Images	3906
In 14 Images	2898
In 15 Images	2291
In 16 Images	1646
In 17 Images	1233
In 18 Images	916
In 19 Images	675
In 20 Images	479
In 21 Images	391
In 22 Images	278
In 23 Images	177

Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

 Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.011	0.012	0.033	0.017	0.015	0.002
Sigma	0.003	0.003	0.018	0.008	0.008	0.001

Geolocation Details

 Absolute Geolocation Variance

Mn Error [m]	Max Error [m]	Geolocation Error X[%]	Geolocation Error Y[%]	Geolocation Error Z[%]
-	-0.05	0.00	0.00	0.00
-0.05	-0.04	0.00	0.00	0.00
-0.04	-0.03	0.00	0.00	2.04
-0.03	-0.02	0.00	0.00	6.46
-0.02	-0.01	0.34	0.00	19.73
-0.01	0.00	47.96	48.81	25.17
0.00	0.01	51.36	50.85	23.81
0.01	0.02	0.34	0.34	12.24
0.02	0.03	0.00	0.00	6.12
0.03	0.04	0.00	0.00	2.21
0.04	0.05	0.00	0.00	1.02
0.05	-	0.00	0.00	1.19
Mean [m]		0.000032	0.000047	-0.000022
Sigma [m]		0.003995	0.003443	0.017416
RMS Error [m]		0.003995	0.003443	0.017416

Min Error and Max Error represent geolocation error intervals between -1.5 and 1.5 times the maximum accuracy of all the images. Columns X, Y, Z show the percentage of images with geolocation errors within the predefined error intervals. The geolocation error is the difference between the initial and computed image positions. Note that the image geolocation errors do not correspond to the accuracy of the observed 3D points.

 Relative Geolocation Variance

Relative Geolocation Error	Images X[%]	Images Y[%]	Images Z[%]
[-1.00, 1.00]	99.66	99.66	83.67
[-2.00, 2.00]	100.00	100.00	98.47
[-3.00, 3.00]	100.00	100.00	99.83
Mean of Geolocation Accuracy [m]	0.010932	0.010932	0.022628
Sigma of Geolocation Accuracy [m]	0.000474	0.000474	0.001202

Images X, Y, Z represent the percentage of images with a relative geolocation error in X, Y, Z.

Geolocation Orientational Variance	RMS [degree]
Omega	0.581
Phi	0.445
Kappa	4.653

Geolocation RMS error of the orientation angles given by the difference between the initial and computed image orientation angles.

Initial Processing Details



System Information



Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700K CPU @ 4.00GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 750 Ti (Driver: 26.21.14.4274)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Image Coordinate System	WGS 84
Output Coordinate System	TUREF / TM36

Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, no

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	02h:12m:24s
Time for Point Cloud Classification	25m:05s
Time for 3D Textured Mesh Generation	28m:04s

Results



Number of Generated Tiles	4
Number of 3D Densified Points	75558349
Average Density (per m ³)	115.35

DSM, Orthomosaic and Index Details



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.03 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes
Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 1000
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTM Resolution	5 x GSD (3.03 [cm/pixel])
Time for DSM Generation	01h:03m:13s
Time for Orthomosaic Generation	02h:06m:54s
Time for DTM Generation	26m:19s
Time for Contour Lines Generation	00s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s



Quality Report



Generated with Pix4Denterprise version 4.4.12



Important: Click on the different icons for:



Help to analyze the results in the Quality Report



Additional information about the sections



Click [here](#) for additional tips to analyze the Quality Report

Summary



Project	YKN_PROJE
Processed	2020-05-20 05:35:14
Camera Model Name(s)	FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB)
Average Ground Sampling Distance (GSD)	3.02 cm / 1.19 in
Area Covered	0.686 km ² / 68.6228 ha / 0.27 sq. mi. / 169.6585 acres
Time for Initial Processing (without report)	35m:00s

Quality Check



Images	median of 46854 keypoints per image	
Dataset	588 out of 588 images calibrated (100%), all images enabled	
Camera Optimization	0.48% relative difference between initial and optimized internal camera parameters	
Matching	median of 14067.4 matches per calibrated image	
Georeferencing	yes, 19 GCPs (19 3D), mean RMS error = 0.029 m	

Preview

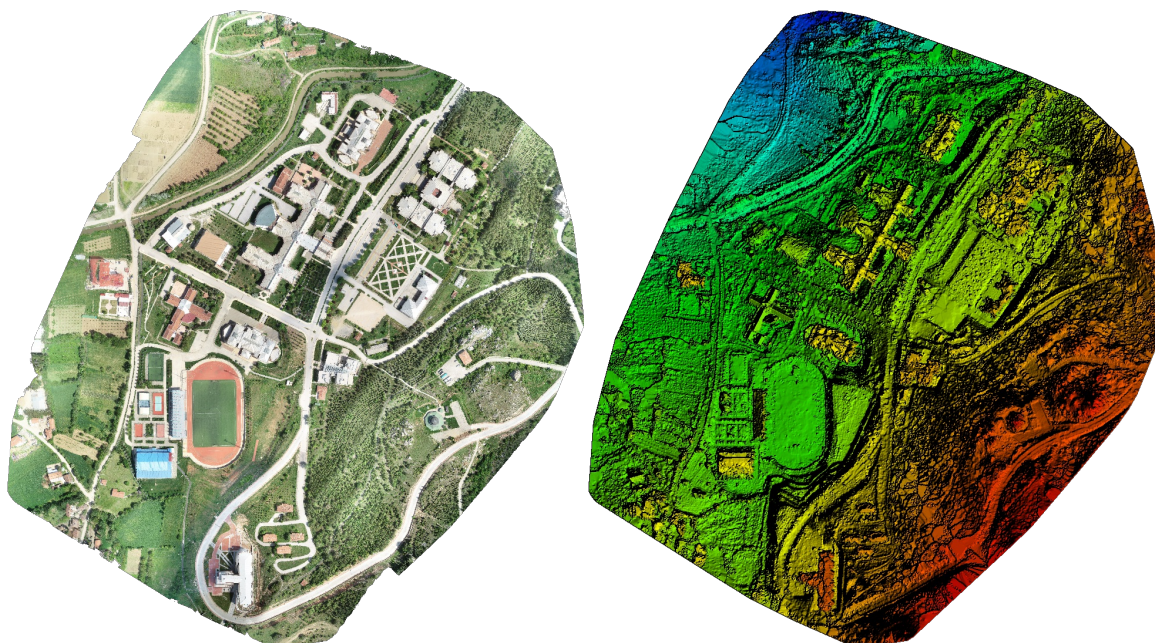


Figure 1: Orthomosaic and the corresponding sparse Digital Surface Model (DSM) before densification.

Calibration Details



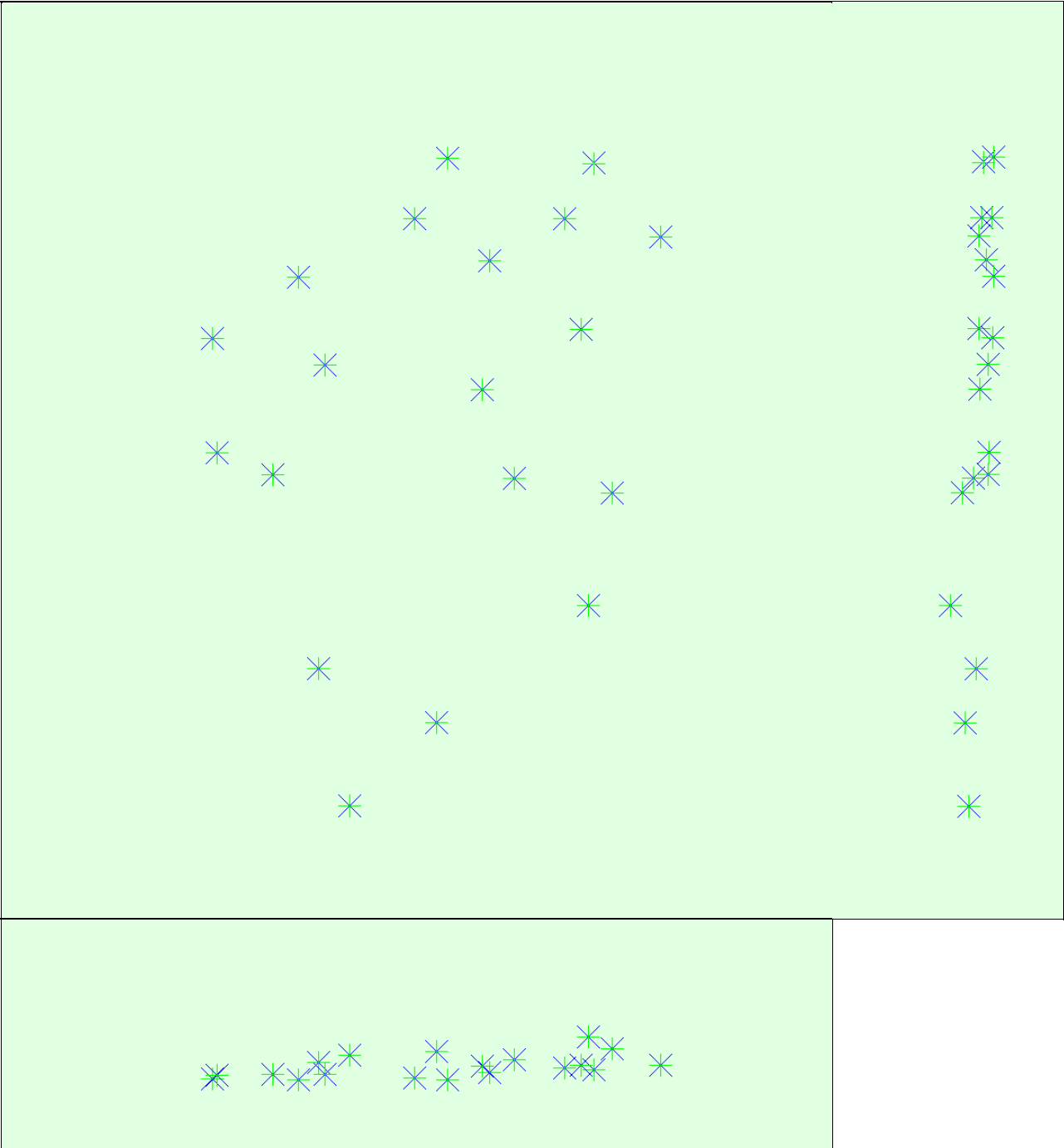
Number of Calibrated Images	588 out of 588
Number of Geolocated Images	0 out of 588

Initial Image Positions



The preview is not generated for images without geolocation.

Computed Image/GCPs/Manual Tie Points Positions



Uncertainty ellipses 500x magnified

Figure 3: Offset between initial (blue dots) and computed (green dots) image positions as well as the offset between the GCPs initial positions (blue crosses) and their computed positions (green crosses) in the top-view (XY plane), front-view (XZ plane), and side-view (YZ plane). Dark green ellipses indicate the absolute position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Absolute camera position and orientation uncertainties



	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.011	0.012	0.053	0.007	0.006	0.002
Sigma	0.003	0.004	0.008	0.003	0.003	0.002

 Overlap

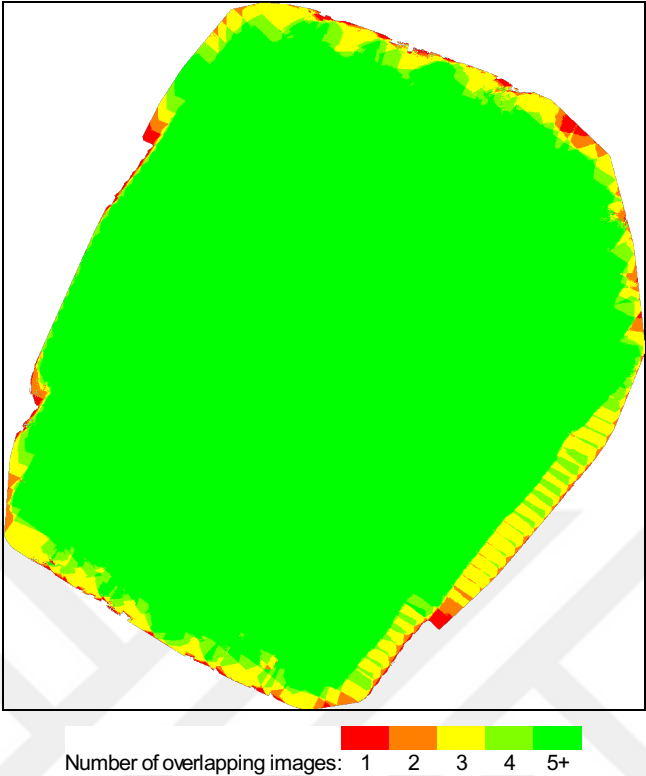


Figure 4: Number of overlapping images computed for each pixel of the orthomosaic. Red and yellow areas indicate low overlap for which poor results may be generated. Green areas indicate an overlap of over 5 images for every pixel. Good quality results will be generated as long as the number of keypoint matches is also sufficient for these areas (see Figure 5 for keypoint matches).

Bundle Block Adjustment Details



Number of 2D Keypoint Observations for Bundle Block Adjustment	8341831
Number of 3D Points for Bundle Block Adjustment	2943005
Mean Reprojection Error [pixels]	0.150

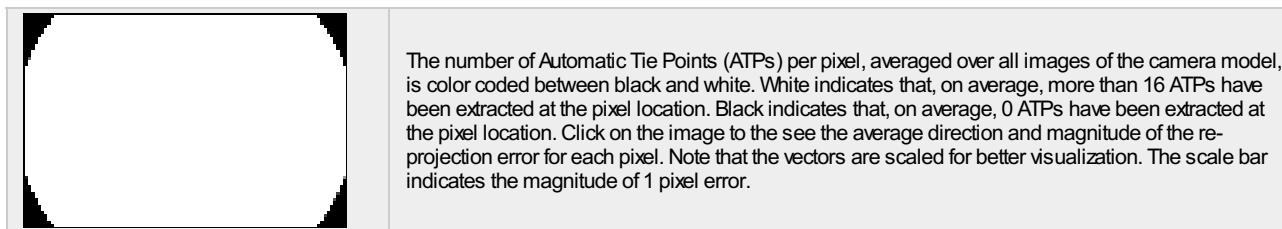
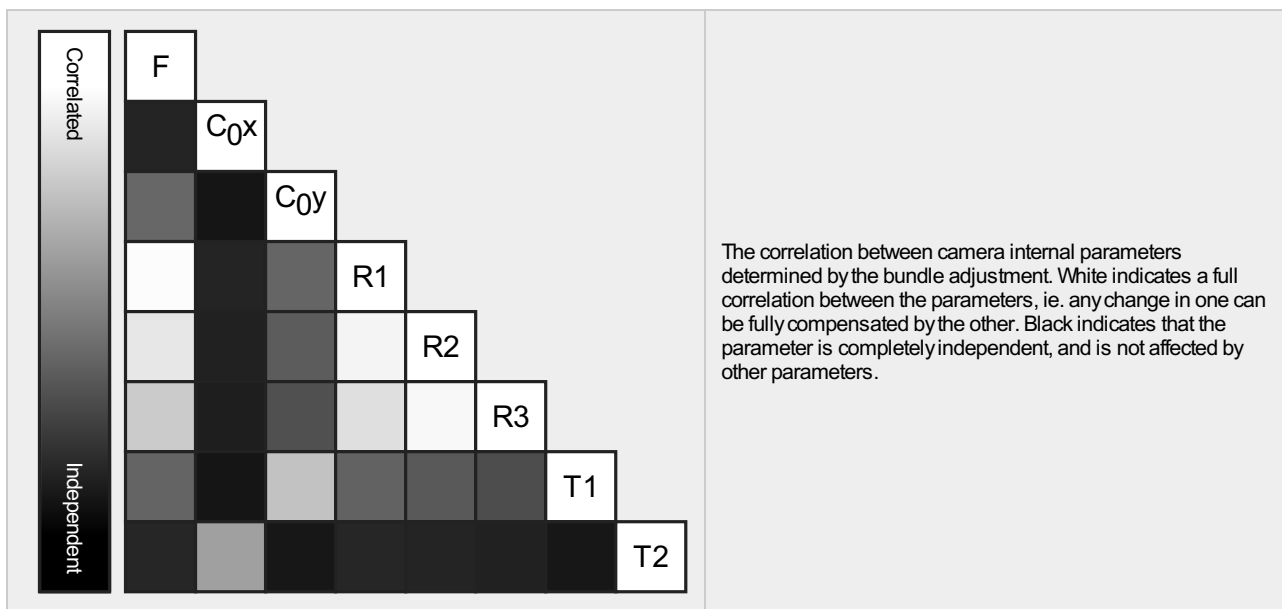
 Internal Camera Parameters

 **FC6310R_8.8_5472x3648 (RGB). Sensor Dimensions: 12.833 [mm] x 8.556 [mm]**



EXIF ID: FC6310R_8.8_5472x3648

	Focal Length	Principal Point x	Principal Point y	R1	R2	R3	T1	T2
Initial Values	3658.300 [pixel] 8.580 [mm]	2722.500 [pixel] 6.385 [mm]	1835.100 [pixel] 4.304 [mm]	-0.269	0.112	-0.033	0.000	-0.001
Optimized Values	3640.396 [pixel] 8.538 [mm]	2745.313 [pixel] 6.439 [mm]	1833.646 [pixel] 4.300 [mm]	-0.267	0.108	-0.030	0.000	-0.000
Uncertainties (Sigma)	1.975 [pixel] 0.005 [mm]	0.070 [pixel] 0.000 [mm]	0.061 [pixel] 0.000 [mm]	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000



2D Keypoints Table

	Number of 2D Keypoints per Image	Number of Matched 2D Keypoints per Image
Median	46854	14067
Min	22307	1105
Max	79391	29313
Mean	48129	14187

3D Points from 2D Keypoint Matches

	Number of 3D Points Observed
In 2 Images	1996270
In 3 Images	465512
In 4 Images	184149
In 5 Images	98753
In 6 Images	58711
In 7 Images	37767
In 8 Images	26604
In 9 Images	19256
In 10 Images	14481
In 11 Images	10469
In 12 Images	7962
In 13 Images	5900
In 14 Images	4299
In 15 Images	3371
In 16 Images	2531
In 17 Images	1921
In 18 Images	1319
In 19 Images	1035
In 20 Images	777
In 21 Images	583
In 22 Images	403
In 23 Images	282

In 24 Images	189
In 25 Images	160
In 26 Images	91
In 27 Images	65
In 28 Images	42
In 29 Images	30
In 30 Images	35
In 31 Images	21
In 32 Images	8
In 33 Images	5
In 34 Images	2
In 35 Images	1
In 36 Images	1

? 2D Keypoint Matches

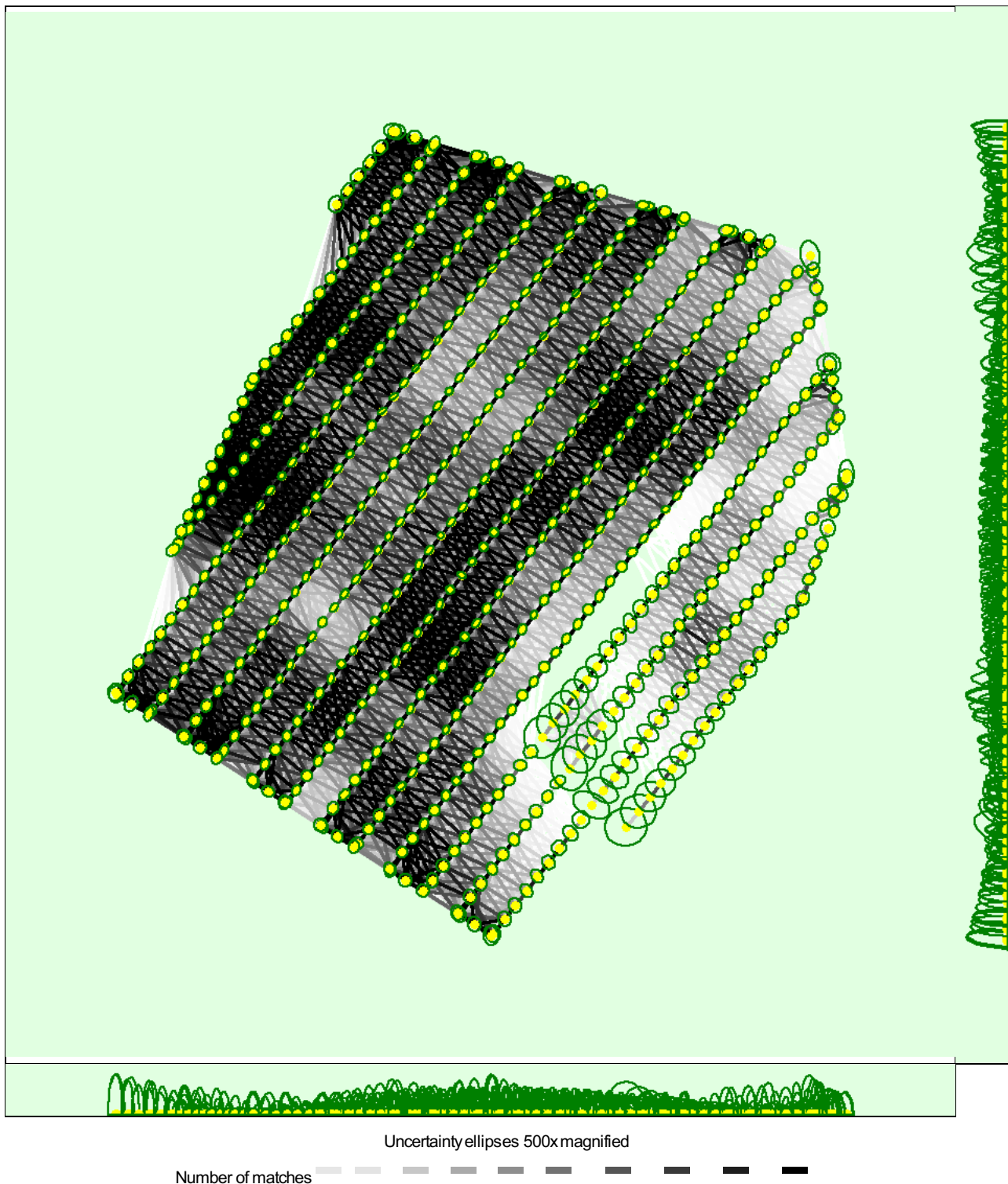


Figure 5: Computed image positions with links between matched images. The darkness of the links indicates the number of matched 2D keypoints between the images. Bright links indicate weak links and require manual tie points or more images. Dark green ellipses indicate the relative camera position uncertainty of the bundle block adjustment result.

Relative camera position and orientation uncertainties

	X[m]	Y[m]	Z[m]	Omega [degree]	Phi [degree]	Kappa [degree]
Mean	0.013	0.013	0.034	0.017	0.015	0.003
Sigma	0.005	0.005	0.018	0.008	0.008	0.002

Geolocation Details

Ground Control Points

GCP Name	Accuracy XY/Z [m]	Error X[m]	Error Y[m]	Error Z [m]	Projection Error [pixel]	Verified/Marked
YKN-18 (3D)	0.020/ 0.020	-0.000	0.028	-0.010	1.113	5 / 5
YKN-19 (3D)	0.020/ 0.020	-0.026	0.015	-0.039	0.779	9 / 9
YKN-24 (3D)	0.020/ 0.020	-0.027	0.013	-0.013	0.465	7 / 7
YKN-25 (3D)	0.020/ 0.020	0.048	0.001	-0.012	0.874	7 / 7
YKN-26 (3D)	0.020/ 0.020	-0.015	0.071	0.044	0.566	7 / 7
YKN-27 (3D)	0.020/ 0.020	0.037	-0.014	0.007	0.522	8 / 8
YKN-28 (3D)	0.020/ 0.020	-0.010	-0.005	0.009	0.756	9 / 9
YKN-30 (3D)	0.020/ 0.020	-0.007	0.009	-0.047	0.880	7 / 7
YKN-32 (3D)	0.020/ 0.020	0.027	0.038	0.039	0.721	7 / 7
YKN-33 (3D)	0.020/ 0.020	0.033	0.017	0.009	0.459	7 / 7
YKN-36 (3D)	0.020/ 0.020	-0.091	-0.018	-0.018	0.669	7 / 7
YKN-37 (3D)	0.020/ 0.020	0.007	-0.004	-0.003	0.740	7 / 7
YKN-39 (3D)	0.020/ 0.020	0.035	-0.013	0.031	0.338	7 / 7
YKN-40 (3D)	0.020/ 0.020	0.036	-0.042	-0.065	1.008	6 / 6
YKN-42 (3D)	0.020/ 0.020	0.017	-0.039	0.014	0.444	7 / 7
YKN-43 (3D)	0.020/ 0.020	-0.042	-0.011	0.037	0.646	7 / 7
YKN-45 (3D)	0.020/ 0.020	0.005	-0.003	-0.009	0.293	3 / 3
YKN-30A (3D)	0.020/ 0.020	-0.025	-0.001	0.012	0.999	8 / 8
YKN-34A (3D)	0.020/ 0.020	0.006	-0.030	0.032	0.894	9 / 9
Mean [m]		0.000415	0.000600	0.001034		
Sigma [m]		0.033187	0.026198	0.029179		
RMS Error [m]		0.033190	0.026205	0.029197		

Localisation accuracy per GCP and mean errors in the three coordinate directions. The last column counts the number of calibrated images where the GCP has been automatically verified v.s. manually marked.

Initial Processing Details

System Information

Hardware	CPU: Intel(R) Core(TM) i7-6700K CPU @ 4.00GHz RAM: 32GB GPU: NVIDIA GeForce GTX 750 Ti (Driver: 26.21.14.4274)
Operating System	Windows 10 Pro, 64-bit

Coordinate Systems



Ground Control Point (GCP) Coordinate System	WGS 84
Output Coordinate System	TUREF / TM36

Processing Options



Detected Template	No Template Available
Keypoints Image Scale	Full, Image Scale: 1
Advanced: Matching Image Pairs	Aerial Grid or Corridor
Advanced: Matching Strategy	Use Geometrically Verified Matching: no
Advanced: Keypoint Extraction	Targeted Number of Keypoints: Automatic
Advanced: Calibration	Calibration Method: Standard Internal Parameters Optimization: All External Parameters Optimization: All Rematch: Auto, yes

Point Cloud Densification details



Processing Options



Image Scale	multiscale, 1/2 (Half image size, Default)
Point Density	Optimal
Minimum Number of Matches	3
3D Textured Mesh Generation	yes
3D Textured Mesh Settings:	Resolution: Medium Resolution (default) Color Balancing: no
LOD	Generated: no
Advanced: 3D Textured Mesh Settings	Sample Density Divider: 1
Advanced: Image Groups	group1
Advanced: Use Processing Area	yes
Advanced: Use Annotations	yes
Time for Point Cloud Densification	02h:51m:31s
Time for Point Cloud Classification	25m:01s
Time for 3D Textured Mesh Generation	27m:57s

Results



Number of Generated Tiles	4
Number of 3D Densified Points	75909246
Average Density (per m ³)	115.81

DSM, Orthomosaic and Index Details



Processing Options



DSM and Orthomosaic Resolution	1 x GSD (3.02 [cm/pixel])
DSM Filters	Noise Filtering: yes Surface Smoothing: yes, Type: Sharp
Raster DSM	Generated: yes Method: Inverse Distance Weighting Merge Tiles: yes
Orthomosaic	Generated: yes Merge Tiles: yes GeoTIFF Without Transparency: yes Google Maps Tiles and KML: yes

Grid DSM	Generated: yes, Spacing [cm]: 1000
Raster DTM	Generated: yes Merge Tiles: yes
DTMResolution	5 x GSD (3.02 [cm/pixel])
Contour Lines Generation	Generated: yes Contour Base [m]: 0 Elevation Interval [m]: 10 Resolution [cm]: 100 Minimum Line Size [vertices]: 20
Time for DSM Generation	01h:03m:05s
Time for Orthomosaic Generation	02h:05m:57s
Time for DTM Generation	28m:14s
Time for Contour Lines Generation	04s
Time for Reflectance Map Generation	00s
Time for Index Map Generation	00s



Agisoft PhotoScan

Processing Report
13 August 2020



Survey Data

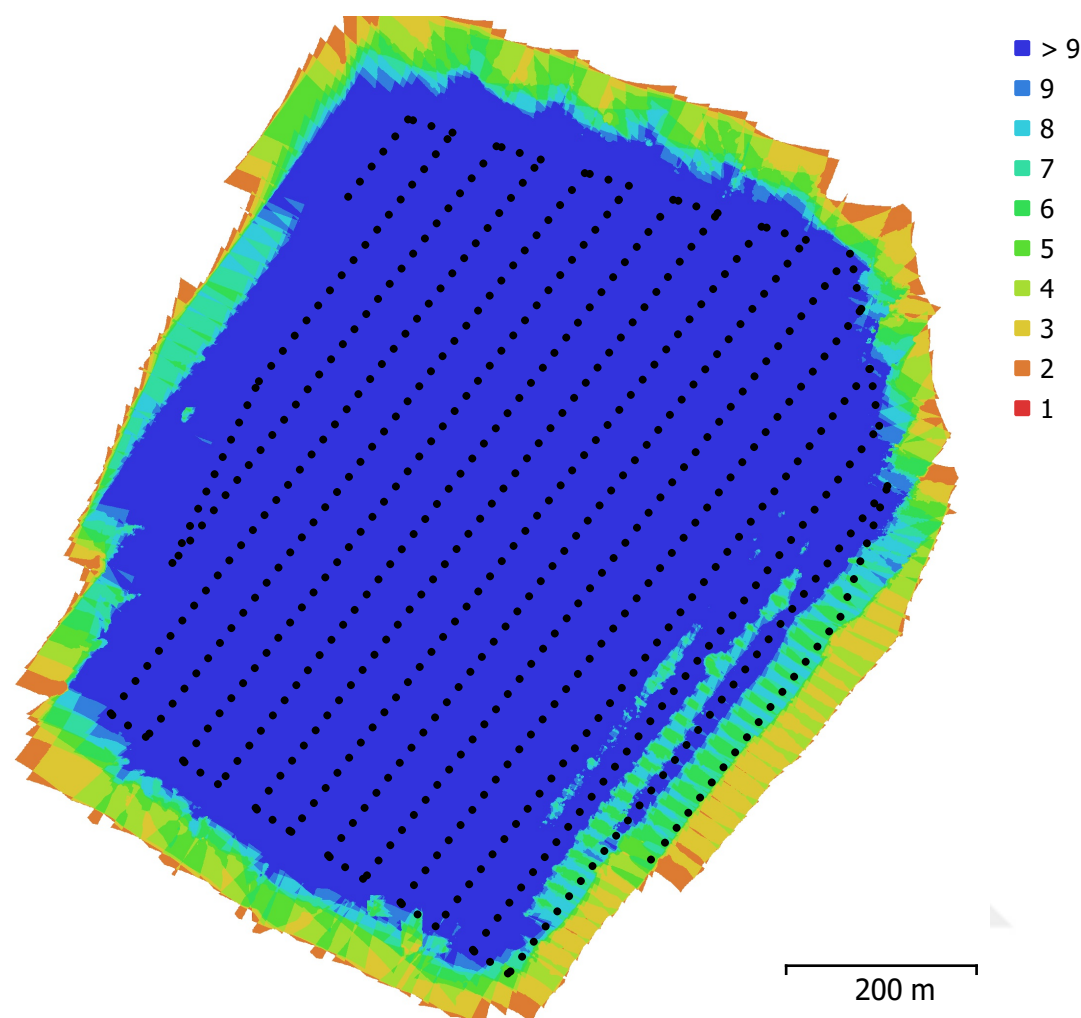


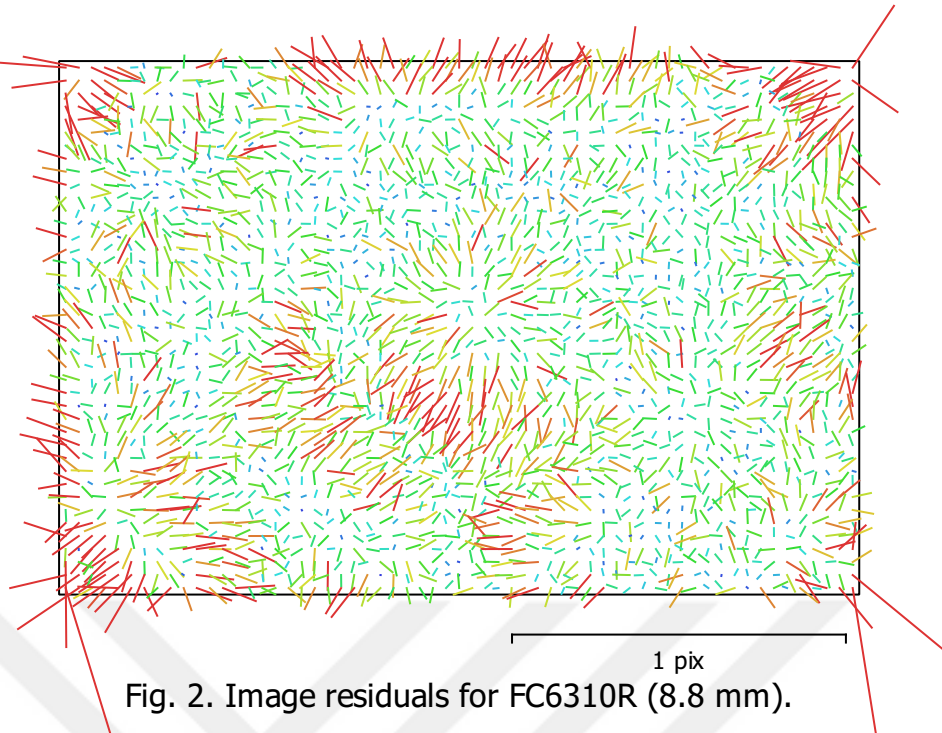
Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	588	Camera stations:	588
Flying altitude:	107 m	Tie points:	463,171
Ground resolution:	2.64 cm/pix	Projections:	1,821,181
Coverage area:	0.702 km ²	Reprojection error:	1.25 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310R (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 μ m	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration



FC6310R (8.8 mm)

588 images

Type
Frame

Resolution
5472 x 3648

Focal Length
8.8 mm

Pixel Size
2.41 x 2.41 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3655.2	0.93	1.00	0.08	0.38	0.09	-0.03	-0.97	0.82	-0.59	0.47	-0.08	-0.36
Cx	9.8064	0.033		1.00	0.05	0.00	0.10	-0.08	0.06	-0.04	0.03	-0.75	-0.06
Cy	10.5463	0.029			1.00	-0.05	-0.02	-0.37	0.31	-0.23	0.18	-0.07	-0.79
B1	0.369911	0.0087				1.00	0.00	-0.09	0.06	-0.03	0.02	-0.00	0.07
B2	-0.706793	0.0081					1.00	0.03	-0.03	0.02	-0.02	-0.14	0.01
K1	-0.272666	0.00014						1.00	-0.91	0.71	-0.59	0.08	0.36
K2	0.124851	0.00015							1.00	-0.94	0.86	-0.06	-0.30
K3	-0.0552419	0.00014								1.00	-0.98	0.04	0.21
K4	0.0128105	5.6e-05									1.00	-0.02	-0.17
P1	-4.61844e-05	1.3e-06										1.00	0.08
P2	0.000187568	1.3e-06											1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Camera Locations

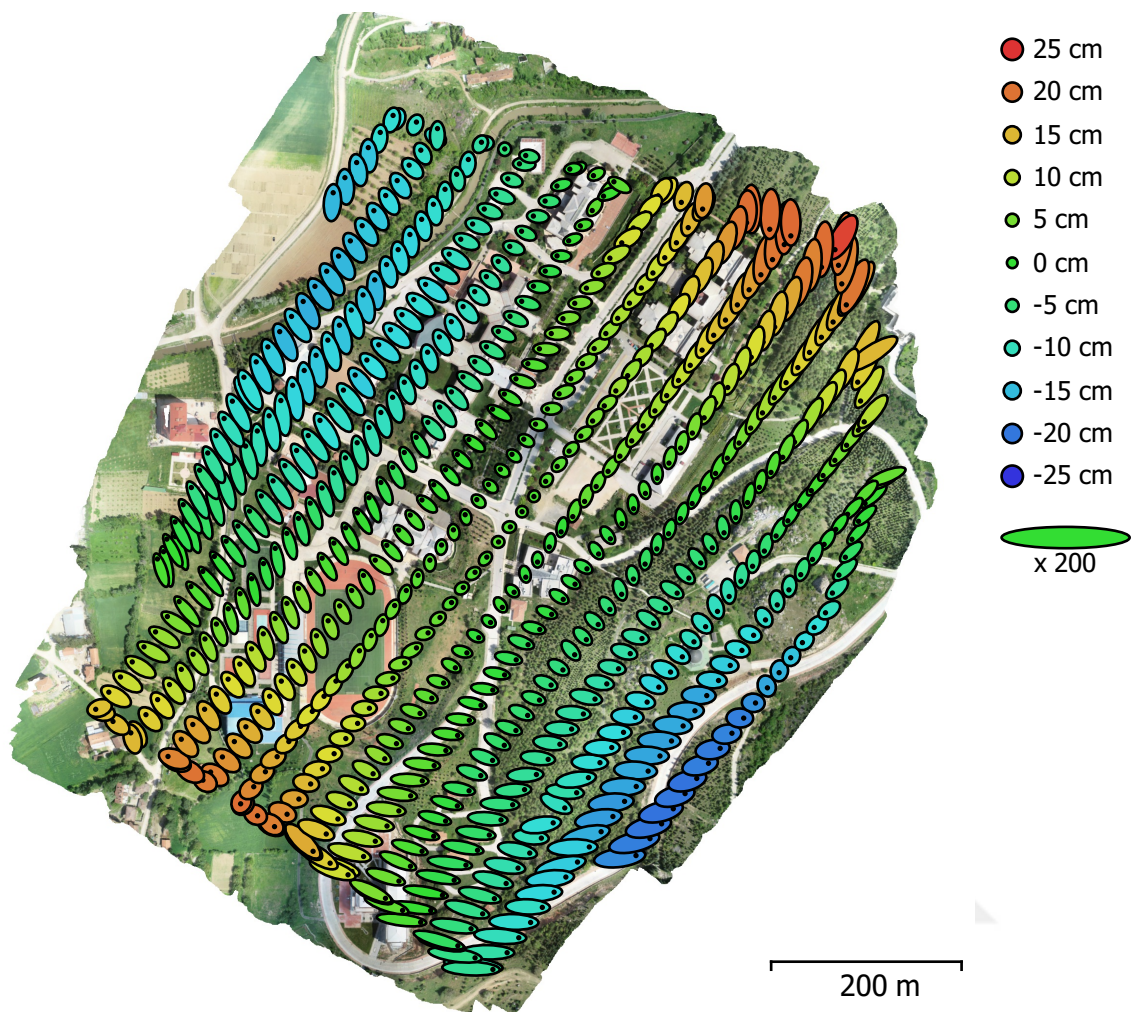


Fig. 3. Camera locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated camera locations are marked with a black dot.

X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total error (cm)
7.19353	7.13122	10.1179	10.1292	14.3169

Table 3. Average camera location error.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Digital Elevation Model

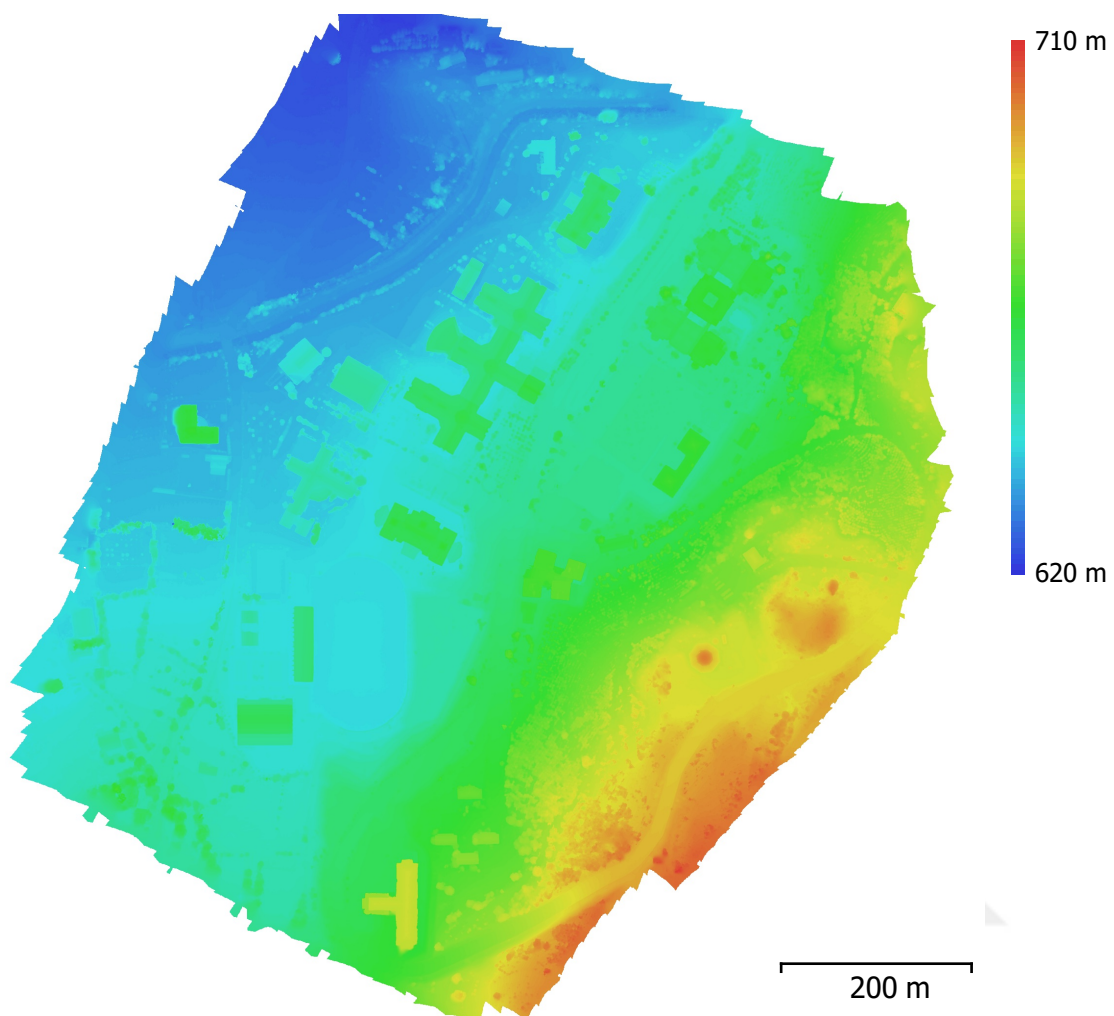


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 10.6 cm/pix
Point density: 89.6 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	588
Aligned cameras	588
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	463,171 of 519,277
RMS reprojection error	0.126928 (1.25344 pix)
Max reprojection error	0.529351 (41.0671 pix)
Mean key point size	7.76796 pix
Effective overlap	4.46602

Alignment parameters

Accuracy	Medium
Generic preselection	Yes
Reference preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Matching time	42 minutes 8 seconds

Optimization parameters

Parameters	f, b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Fit rolling shutter	No
Optimization time	32 seconds

Dense Point Cloud

Points	81,337,263
--------	------------

Reconstruction parameters

Quality	Medium
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	8 hours 57 minutes
Dense cloud generation time	40 minutes 47 seconds

Model

Faces	5,422,483
Vertices	2,717,311
Texture	4,096 x 4,096, uint8

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	Medium
Depth filtering	Aggressive
Face count	5,422,484
Processing time	1 hours 26 minutes

Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	23 minutes 59 seconds
Blending time	13 minutes 22 seconds

Tiled Model

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Tile size	4096
Processing time	6 hours 9 minutes

DEM

Size	13,190 x 13,516
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 51 seconds

Orthomosaic

Size	36,902 x 39,886
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Channels	3, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable hole filling	Yes
Processing time	59 minutes 50 seconds

Software

Version	1.4.0 build 5076
Platform	Windows 64



Agisoft PhotoScan

Processing Report
17 September 2020



Survey Data

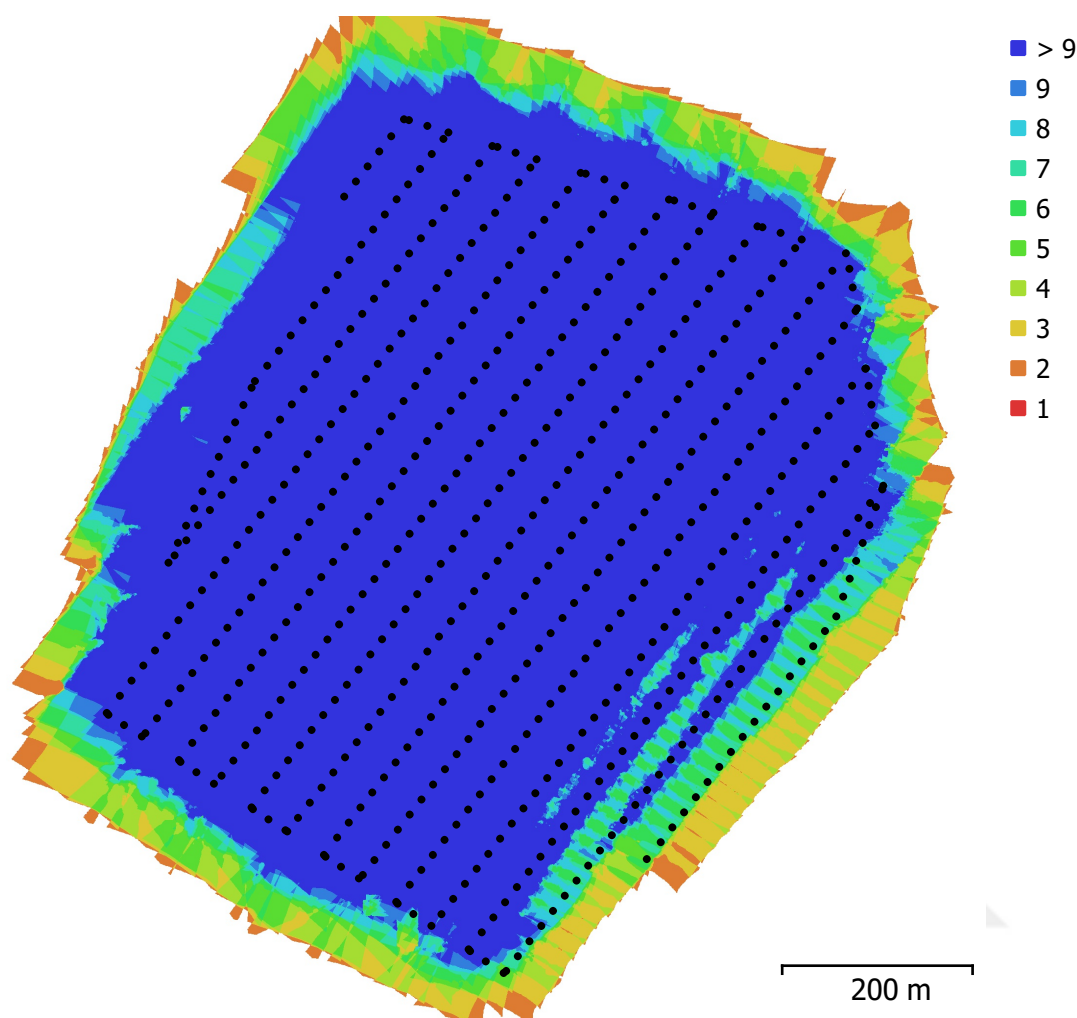


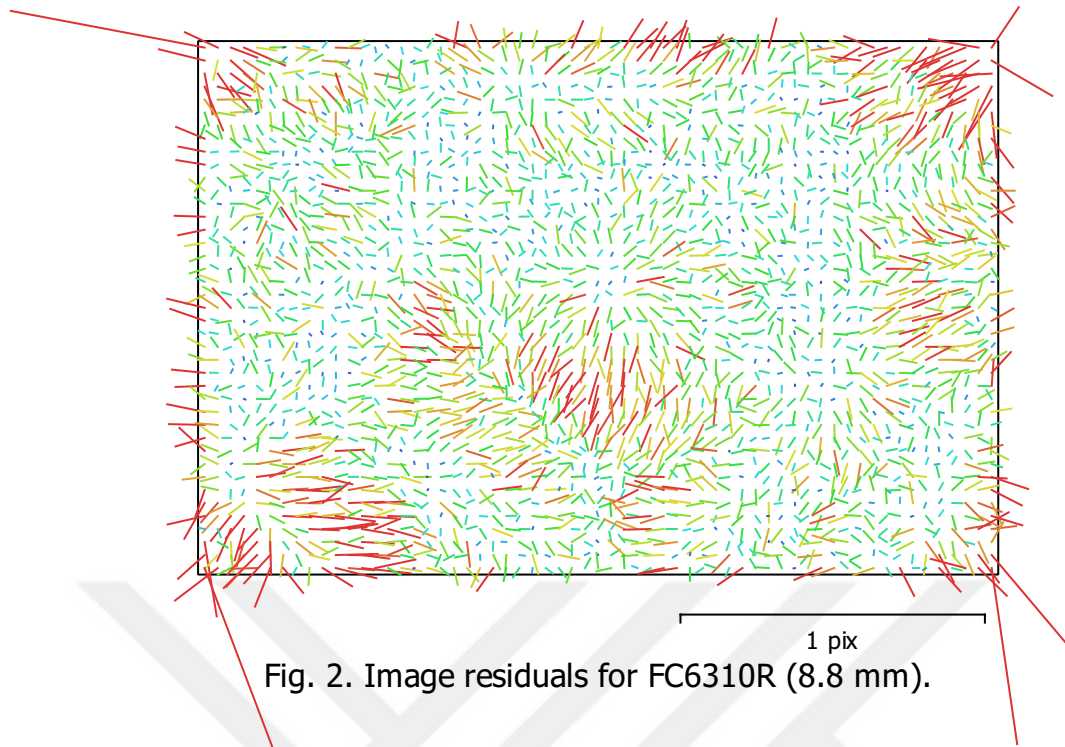
Fig. 1. Camera locations and image overlap.

Number of images:	588	Camera stations:	588
Flying altitude:	107 m	Tie points:	461,272
Ground resolution:	2.64 cm/pix	Projections:	1,814,140
Coverage area:	0.702 km ²	Reprojection error:	1.25 pix

Camera Model	Resolution	Focal Length	Pixel Size	Precalibrated
FC6310R (8.8 mm)	5472 x 3648	8.8 mm	2.41 x 2.41 μm	No

Table 1. Cameras.

Camera Calibration



FC6310R (8.8 mm)

588 images

Type
Frame

Resolution
5472 x 3648

Focal Length
8.8 mm

Pixel Size
2.41 x 2.41 μm

	Value	Error	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2
F	3648											
Cx	9.72563	0.032	1.00	0.04	0.00	0.06	-0.00	-0.00	0.00	-0.01	-0.75	-0.04
Cy	10.5103	0.026		1.00	-0.05	-0.02	0.00	0.00	0.00	-0.00	-0.06	-0.78
B1	0.756049	0.0055			1.00	0.01	0.02	-0.05	0.05	-0.05	-0.00	0.05
B2	-0.926013	0.005				1.00	-0.01	-0.00	0.00	-0.00	-0.07	0.01
K1	-0.271521	2.4e-05					1.00	-0.97	0.92	-0.87	-0.00	0.00
K2	0.123302	8.5e-05						1.00	-0.99	0.95	0.01	-0.00
K3	-0.0538345	0.00011							1.00	-0.99	-0.01	0.00
K4	0.0123132	4.9e-05								1.00	0.01	-0.00
P1	-3.77943e-05	1.3e-06									1.00	0.06
P2	0.000200149	1.2e-06										1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

Ground Control Points

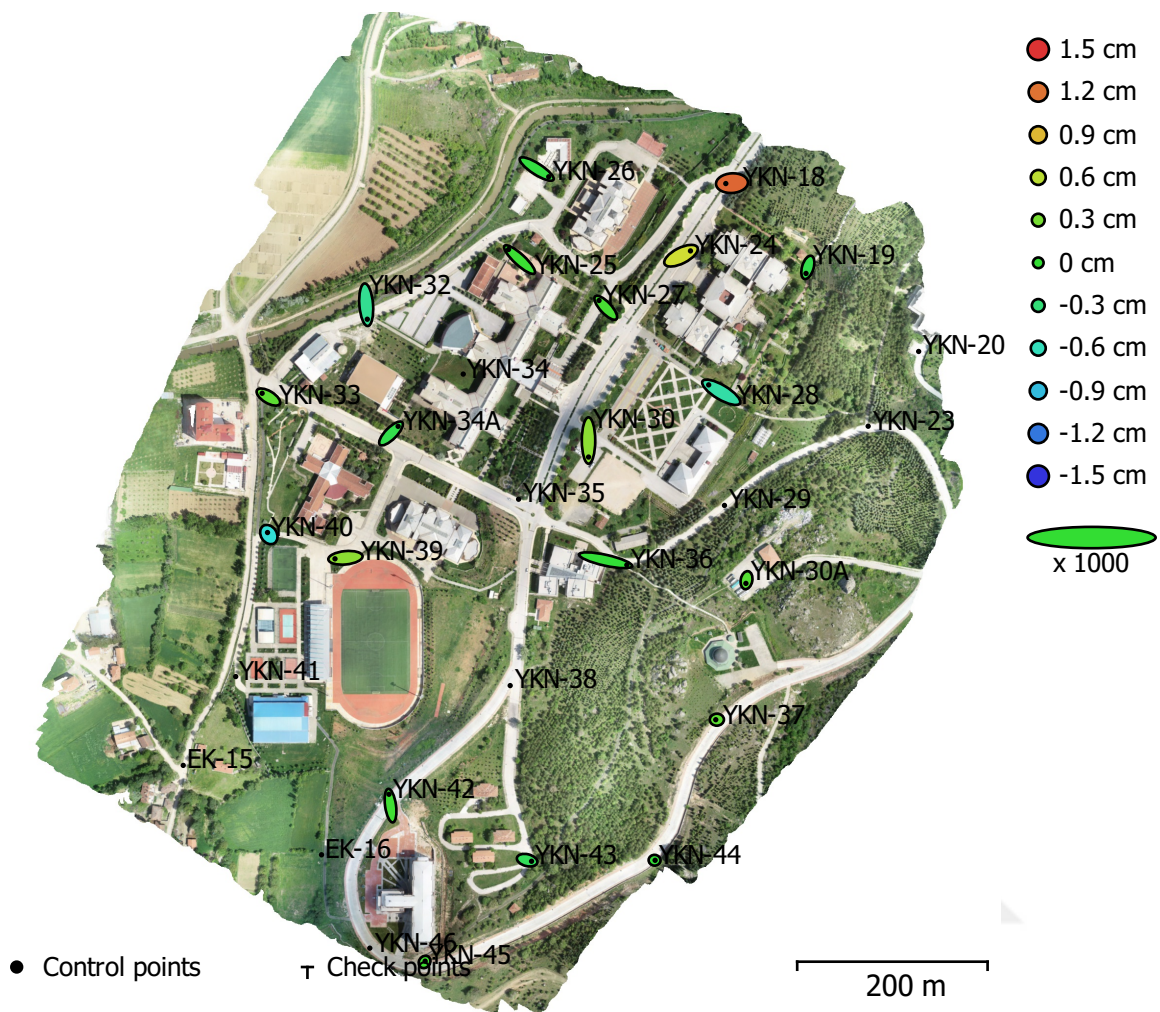


Fig. 3. GCP locations and error estimates.

Z error is represented by ellipse color. X,Y errors are represented by ellipse shape.

Estimated GCP locations are marked with a dot or crossing.

Count	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	XY error (cm)	Total (cm)
20	1.67864	1.51799	0.419404	2.26321	2.30174

Table 3. Control points RMSE.

X - Longitude, Y - Latitude, Z - Altitude.

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
EK-15					
EK-16					
YKN-18	-1.29791	-0.0859533	1.25999	1.81095	0.038 (4)
YKN-19	-0.385727	-1.26678	-0.125139	1.3301	0.055 (9)
YKN-20					
YKN-23					
YKN-24	1.98478	1.00499	0.693111	2.33019	0.076 (9)
YKN-25	-2.31763	2.12196	0.0313119	3.14247	0.108 (7)
YKN-26	2.53286	-1.62699	-0.0628817	3.01105	0.071 (8)
YKN-27	-1.42111	1.52304	0.08404	2.08477	0.040 (11)
YKN-28	-2.63016	1.55678	-0.523819	3.10092	0.044 (10)
YKN-29					
YKN-30	0.00691649	-3.46713	0.386728	3.48864	0.051 (9)
YKN-32	0.229026	-3.04025	-0.422824	3.07804	0.071 (12)
YKN-33	-1.31286	0.794662	0.184865	1.54572	0.063 (11)
YKN-34					
YKN-35					
YKN-36	4.46183	-0.989014	-0.0295415	4.57022	0.133 (8)
YKN-37	-0.229123	-0.00767843	0.186813	0.295728	0.033 (7)
YKN-38					
YKN-39	-2.19621	-0.213973	0.38206	2.23944	0.063 (10)
YKN-40	-0.270195	0.419053	-0.731018	0.884872	0.147 (5)
YKN-41					
YKN-42	-0.330864	2.38283	0.0404545	2.40604	0.047 (10)
YKN-43	0.92618	-0.230241	-0.171443	0.969646	0.056 (8)
YKN-44	0.116147	-0.00855727	-0.0194311	0.118072	0.019 (5)
YKN-45	0.118746	0.167129	0.0548217	0.212222	0.033 (3)
YKN-46					
YKN-30A	-0.126283	-0.677851	0.139896	0.703563	0.077 (7)
YKN-34A	1.4887	1.50234	-0.123913	2.11864	0.085 (12)
Total	1.67864	1.51799	0.419404	2.30174	0.072

Table 4. Control points.

Digital Elevation Model

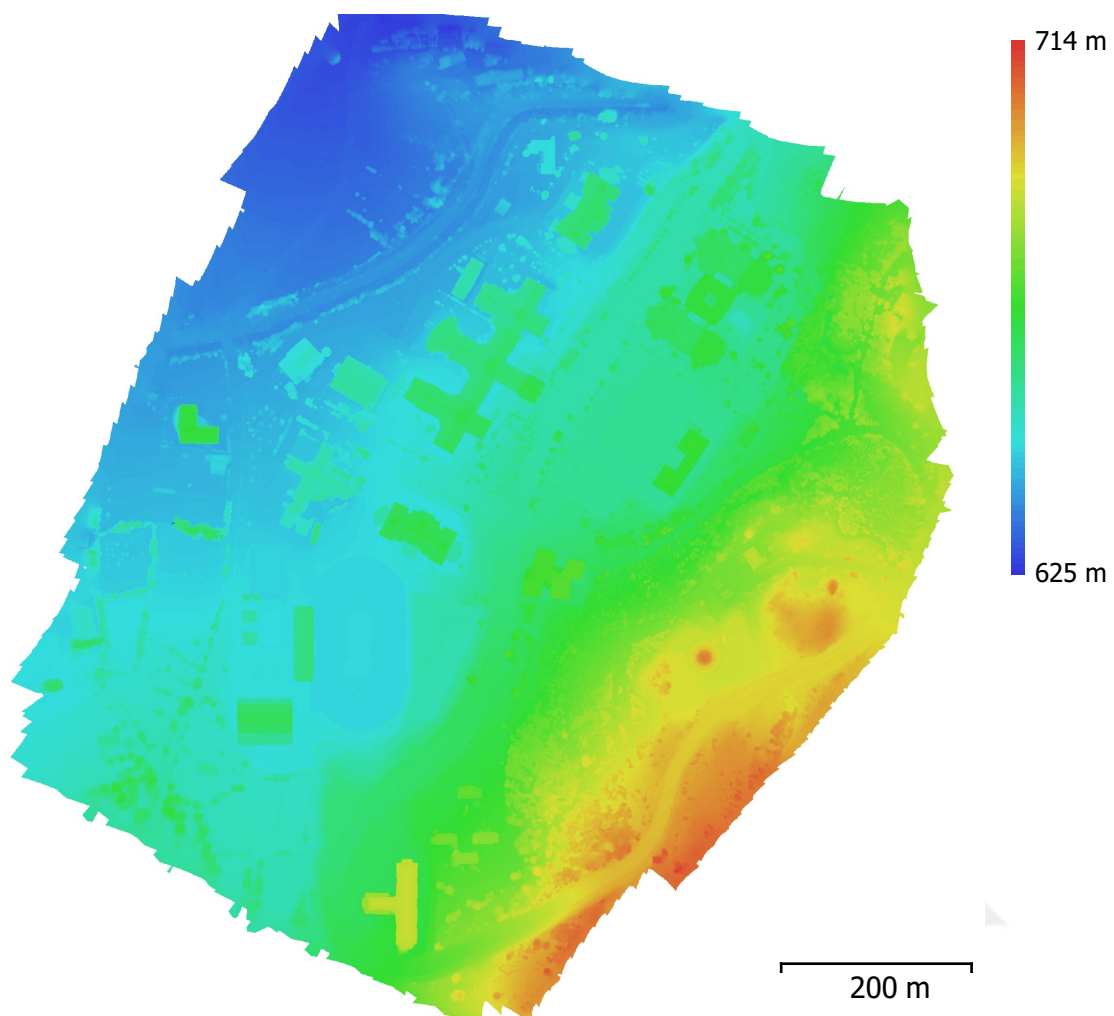


Fig. 4. Reconstructed digital elevation model.

Resolution: 10.6 cm/pix
Point density: 89.7 points/m²

Processing Parameters

General

Cameras	588
Aligned cameras	588
Markers	30
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Rotation angles	Yaw, Pitch, Roll

Point Cloud

Points	461,272 of 517,908
RMS reprojection error	0.12848 (1.25477 pix)
Max reprojection error	0.566615 (41.1485 pix)
Mean key point size	7.75945 pix
Effective overlap	4.47641

Alignment parameters

Accuracy	Medium
Generic preselection	Yes
Key point limit	40,000
Tie point limit	4,000
Matching time	1 hours 53 minutes

Optimization parameters

Parameters	b1, b2, cx, cy, k1-k4, p1, p2
Fit rolling shutter	No
Optimization time	14 seconds

Dense Point Cloud

Points	81,494,711
--------	------------

Reconstruction parameters

Quality	Medium
Depth filtering	Aggressive
Depth maps generation time	8 hours 30 minutes
Dense cloud generation time	39 minutes 51 seconds

Model

Faces	5,432,980
Vertices	2,722,874
Texture	4,096 x 4,096, uint8

Reconstruction parameters

Surface type	Arbitrary
Source data	Dense
Interpolation	Enabled
Quality	Medium
Depth filtering	Aggressive
Face count	5,432,980
Processing time	1 hours 28 minutes

Texturing parameters

Mapping mode	Generic
Blending mode	Mosaic
Texture size	4,096 x 4,096
Enable hole filling	Yes
UV mapping time	24 minutes 0 seconds
Blending time	12 minutes 48 seconds

Tiled Model

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Tile size	4096
Processing time	5 hours 58 minutes

DEM

Size	14,846 x 15,189
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)

Reconstruction parameters

Source data	Dense cloud
Interpolation	Enabled
Processing time	1 minutes 49 seconds

Orthomosaic

Size	36,889 x 39,900
Coordinate system	WGS 84 (EPSG::4326)
Channels	3, uint8

Reconstruction parameters

Blending mode	Mosaic
Surface	Mesh
Enable hole filling	Yes
Processing time	1 hours 16 minutes

Software

Version	1.4.0 build 5076
Platform	Windows 64

