

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ MEKANSAL PLANLAMA VE KENTSEL TASARIM
ARACI OLARAK İNSANSIZ HAVA ARACI İLE FOTOGRAMETRİK ÇÖZÜM
ARAŞTIRMASI VAN YYÜ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Emre GÜRAY
DANIŞMAN: Doç. Dr. Serkan KEMEÇ

VAN-2019

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
PEYZAJ MİMARLIĞI ANABİLİM DALI

**BÜYÜK ÖLÇEKLİ MEKANSAL PLANLAMA VE KENTSEL TASARIM
ARACI OLARAK İNSANSIZ HAVA ARACI İLE FOTOGRAMETRİK ÇÖZÜM
ARAŞTIRMASI VAN YYÜ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: EMRE GÜRAY

VAN-2019

KABUL VE ONAY SAYFASI

Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı'nda Doç. Dr. Serkan KEMEÇ'in danışmanlığında, Emre Güray tarafından sunulan "BÜYÜK ÖLÇEKLİ MEKANSAL PLANLAMA VE KENTSEL TASARIM ARACI OLARAK İNSANSIZ HAVA ARACI İLE FOTOGRAFETRİK ÇÖZÜM ARAŞTIRMASI YYÜ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ" isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 04/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan : Doç. Dr. Serkan KEMEÇ

İmza:

Üye : Doç. Dr. Onur ŞATIR

İmza:

Üye : Dr. Öğr. Üyesi Mahmut ÇAVUR

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun ...01.../...08.../2019 tarih ve
.....2019/41-I..... sayılı kararı ile onaylanmıştır.



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

(İmza)
Emre GÜRAY

ÖZET

BÜYÜK ÖLÇEKLİ MEKANSAL PLANLAMA VE KENTSEL TASARIM ARACI OLARAK İNSANSIZ HAVA ARACI İLE FOTOGRAMETRİK ÇÖZÜM ARAŞTIRMASI YYÜ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

GÜRAY, Emre
Yüksek Lisans Tezi, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Doç. Dr. Serkan KEMEÇ
Ağustos 2019, 99 sayfa

Günümüzde daha konforlu yaşam standartlarına erişebilmek adına, büyük ölçekli alanlar için yapılacak, kentsel tasarım, mekânsal planlama, afet yönetimi, güvenlik gibi mekânsal uygulama alanları için fotogrametrinin sağladığı 3 boyutlu mekânsal veriler hayati öneme sahiptir. Bunların elde edilmesi için hâlihazırda mevcut olan yöntemler (Uçak ve Uydu temelli), yüksek maliyet, düşük zamansal çözünürlük, düşük mekânsal çözünürlük, uzmanlaşmış insan gücü ihtiyacının fazlalığı gibi dezavantajlara sahiptir. Tüm dünyada hızla gelişmekte olan insansız hava aracı (İHA) tekniği, fotogrametrik anlamda özellikle büyük ölçeklerde (uygulama ölçekleri) yapılacak mekânsal uygulamalarda; düşük maliyet, yüksek zamansal çözünürlüklü, daha az insan gücü gibi avantajlar sağlamaktadır.

Tez kapsamında, İHA kullanılarak elde edilen görüntülerin işlenmesi ile üretilen fotogrametrik ürünlerinin (Nokta Bulutu, 3B Ağ Model, SYM, SAM, Ortofoto) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanında yapılacak Kentsel Tasarım ve Mekânsal Planlama çalışmaları için kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Fotogrametri, İnsansız hava aracı, Mekânsal planlama, Ortofoto, Sayısal yükseklik modeli.



ABSTRACT

A CASE OF PHOTOGRAMMETRIC SOLUTIONS BY HUMAN-FREE AIR VEHICLE AS A LARGE SCALE SPATIAL PLANNING AND URBAN DESIGN VEHICLE YYÜ CAMPUS SAMPLE

GURAY, Emre

M. Sc. Thesis, Landscape Architecture Department

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Serkan KEMEC

August 2019, 99 pages

Today, in order to reach more comfortable life standards, 3D spatial data provided by photogrammetry for vital applications such as urban design, spatial planning, disaster management, security for large scale areas have vital preservation. The existing methods (Aircraft and Satellite based) for achieving these have disadvantages such as high cost, low temporal resolution, low spatial resolution, and the need for specialized human power. Rapidly developing unmanned aerial vehicle (UAV) technique in the whole world is in photogrammetric spatial applications, especially on large scales (application scales); low cost, high temporal resolution and less human power.

Within the scope of the thesis, it is aimed to investigate the usability of the photogrammetric products (Point Cloud, 3D Network Model, SYM, SAM, Orthophoto) produced by the processing of the images obtained by using IPA for the Urban Design and Spatial Planning studies to be done on the campus area of Yüzüncü Yıl University.

Keywords: Digital surface model, Orthophoto, Photogrammetry, Spatial planning, Unmanned aerial vehicle.



ÖN SÖZ

Bu tez çalışmasında, her türlü ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Doç. Dr. Serkan KEMEÇ' e teşekkür ederim.

Tezimle ilgili olarak yapılan arazi çalışmalarında her türlü desteği sağlayan AR GE CBS Ltd. Şti. çalışanlarına şükranlarımı sunmak isterim.

Son olarak, maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen sevgili aileme teşekkürlerimi bir borç bilirim.

2019
Emre GÜRAY



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	ix
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xv
EKLER DİZİNİ.....	xvii
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Yöntemler ve Teknikler.....	1
1.1.1. Çalışma alanı	2
1.1.2. Problemler.....	2
1.1.3. Çalışmanın amacı.....	4
1.1.4. Çalışmanın kapsamı.....	4
1.1.5. Tez düzeni.....	5
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	7
2.1. Fotogrametri	11
2.2. Dar Temel Çizgi Fotogrametrisi.....	11
2.3. İnsansız Hava Araçları.....	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM	15
3.1. Arazi Çalışması	17
3.1.1. Uçuş tahdidi	17
3.1.2. Yer kontrol noktalarının tesisi ve ölçümleri	18
3.1.3. Uçuş planı	19
3.1.4. Hava fotoğraflarının çekimi.....	21
3.2. Büro Çalışması	23
3.2.1. Kamera kalibrasyonu	23
3.2.2. Fotoğrafların hizalanması	28
3.2.3. Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi	29

	Sayfa
3.2.4. Çalışma alanının işaretlenmesi	29
3.2.5. Yoğun nokta bulutunun oluşturulması.....	29
3.2.6. Nokta bulutunun sınıflandırılması	30
3.2.7. 3B ağ modeli oluşturma.....	30
3.2.8. 3B ağ modeline doku kaplanması.....	30
3.2.9. Sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modeli oluşturma.....	30
3.2.10. Ortofoto.....	31
3.3. Tez Kapsamında Kullanılan Cihaz ve Yazılımlar	31
3.3.1. İnsansız hava araçları, kamera ve GNSS alıcısı	31
3.4. Uygulama I	38
3.4.1. Arazi çalışması.....	38
3.4.2. Büro çalışması	39
3.5. Uygulama II.....	57
3.5.1. Arazi çalışması.....	57
3.5.2. Büro çalışması	58
3.6. Uygulama III	66
3.6.1. Arazi çalışması.....	67
3.6.2. Büro çalışması	68
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	81
5. SONUÇ.....	85
KAYNAKLAR.....	89
EKLER	91
ÖZ GEÇMİŞ.....	91

ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. İHA ve uçak görüntüleri ile yapılan fotogrametrik çalışmaların benzer ve farklı yönleri.....	3
Çizelge 3.1. Uygulama I FC200 kameradan çekilen görüntülerin parametreleri.....	41
Çizelge 3.2. Uygulama I FC200 kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi.	41
Çizelge 3.3. Uygulama I FC330 kameradan çekilen görüntülerin parametreleri.....	41
Çizelge 3.4. Uygulama I FC330 kalibrasyon katsayıları ve korelasyon matrisi.	41
Çizelge 3.5. Uygulama I yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.	46
Çizelge 3.6. Uygulama I yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik.....	46
Çizelge 3.7. Uygulama I dengeleme sonuç parametreleri.	50
Çizelge 3.8. Uygulama II yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.....	62
Çizelge 3.9. Uygulama II yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik.	62
Çizelge 3.10. Uygulama III yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.	72
Çizelge 3.11. Uygulama III yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik. ...	72
Çizelge 3.12. Uygulama III dengeleme sonuç parametreleri.	76



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Çalışma alanı	2
Şekil 3.1. Farklı uygulamalarda kullanılan çıktılar.	16
Şekil 3.2. Tez kapsamında önerilen çalışma metodolojisi.....	17
Şekil 3.3. Yer kontrol noktası.....	19
Şekil 3.4. Şerit geometri resim çekimi.	21
Şekil 3.5. Konvergent geometri resim çekimi.	22
Şekil 3.6. GPS-IMU donanımı.	23
Şekil 3.7. Kamera kalibrasyon parametreleri.	24
Şekil 3.8. İç yöneltme parametreleri.....	25
Şekil 3.9. Dijital iç yöneltme transformasyonu	26
Şekil 3.10. Piksel ve resim koordinat sistemi için dijital gösterim.....	27
Şekil 3.11. Resim ve cisim koordinat eksenleri arasındaki genel bağıntılar	28
Şekil 3.12. DJI phantom 2 vision +.	32
Şekil 3.13. JI phantom 4.	33
Şekil 3.14. FC200 dijital kamera (balıkgözü).....	33
Şekil 3.15. FC330 dijital kamera (frame).	34
Şekil 3.16. İnsansız hava aracına entegre parçalar.	34
Şekil 3.17. GNSS seti.	35
Şekil 3.18. Agisoft photoscan kalibrasyon diyagramı.	36
Şekil 3.19. Uygulama I çalışma sahası.	38
Şekil 3.20. Auto pilot ekranı – uçuş planlaması.	39
Şekil 3.21. Agisoft photoscan resim ekleme menüsü.	40

Şekil	Sayfa
Şekil 3.22. Hava fotoğrafları ön izleme menüsü.	40
Şekil 3.23. Uygulama I fotoğrafların hizalanması işlemi.	42
Şekil 3.24. Uygulama I align photos parametreleri.	42
Şekil 3.25. Uygulama I gradual selection işlemi.	43
Şekil 3.26. Nokta bulutlarının koordinat sistemi dönüşümü.	44
Şekil 3.27. Import edilen YKN koordinatları.	44
Şekil 3.28. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işaretlenmesi.	45
Şekil 3.29. Yer kontrol nokta yerleri ve hata tahminleri.	45
Şekil 3.30. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.	46
Şekil 3.31. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.	47
Şekil 3.32. 3B ağ modeline texture(doku) kaplama penceresi.	47
Şekil 3.33. Doku kaplanmış 3B ağ modelinin export penceresi.	48
Şekil 3.34. Sayısal yükseklik modeli oluşturma penceresi.	48
Şekil 3.35. Ortofoto oluşturma penceresi.	49
Şekil 3.36. Ortofoto export penceresi.	49
Şekil 3.37. Sketchup programında 3B model görüntüsü 1.	52
Şekil 3.38. Sketchup programında 3B model görüntüsü 2.	52
Şekil 3.39. Sketchup programında 3B model görüntüsü 3.	53
Şekil 3.40. Arcscene programında sayısal yükseklik modeli görüntüsü.	53
Şekil 3.41. Arcscene programında ortofoto görüntüsü.	54
Şekil 3.42. Arcscene programında 3B model görüntüsü 2.	54
Şekil 3.43. Video animasyon görüntüsü 1.	55
Şekil 3.44. Video animasyon görüntüsü 2.	55
Şekil 3.45. Video animasyon görüntüsü 3.	56

Şekil	Sayfa
Şekil 3.46. Video animasyon görüntüsü 4.....	56
Şekil 3.47. Uygulama II çalışma alanı.....	57
Şekil 3.48. Uygulama II uçuş planlaması.....	58
Şekil 3.49. Uygulama II gradual selection işlemi.....	59
Şekil 3.50. Import edilen uygulama II yer kontrol noktaları.....	60
Şekil 3.51. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işlenmesi.....	61
Şekil 3.52. Yer kontrol nokta yerleri.....	61
Şekil 3.53. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.....	62
Şekil 3.54. Bitki kanopisine ait noktaların işaretlenmesi.....	63
Şekil 3.55. Çalışmada kullanılacak nokta bulutlarının filtrelenmesi.....	63
Şekil 3.56. Nokta bulutlarının sınıflandırılması.....	64
Şekil 3.57. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.....	64
Şekil 3.58. 3B ağ modelindeki açıkların kapatılması.....	65
Şekil 3.59. Bitki hacminin hesaplanması.....	65
Şekil 3.60. Uygulama III çalışma alanı.....	66
Şekil 3.61. Uygulama III uçuş planlaması.....	67
Şekil 3.62. Uygulama III fotoğrafların hizalanması işlemi.....	69
Şekil 3.63. Uygulama III gradual selection işlemi.....	69
Şekil 3.64. Import edilen uygulama III YKN koordinatları.....	70
Şekil 3.65. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işaretlenmesi.....	71
Şekil 3.66. Uygulama III yer kontrol nokta yerleri.....	71
Şekil 3.67. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.....	72
Şekil 3.68. Nokta bulutlarının sınıflandırılması.....	73
Şekil 3.69. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.....	73

Şekil	Sayfa
Şekil 3.70. 3B ağ modeline texture (doku) kaplama penceresi.	74
Şekil 3.71. Shaded mesh.....	74
Şekil 3.72. Wireframe mesh.	75
Şekil 3.73. Sayısal yükseklik modeli oluşturma penceresi.....	75
Şekil 3.74. Ortofoto oluşturma penceresi.	76
Şekil 3.75. Video animasyon görüntüsü 1.....	78
Şekil 3.76. Video animasyon görüntüsü 2.....	79
Şekil 3.77. Video animasyon görüntüsü 3.....	79
Şekil 3.78. Video animasyon görüntüsü 4.....	79
Şekil 3.79. Video animasyon görüntüsü 5.....	80
Şekil 3.80. Video animasyon görüntüsü 6.....	80
Şekil 3.81. Video animasyon görüntüsü 7.....	80

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
σ_H	Ortalama Hata
çm	Santimetre
px, pix	Piksel
c	Odak uzaklığı
H_i	Hücrenin yüksekliği
k	Ölçek faktörü
L_i	Hücrenin uzunluğu
m	Lagrange sabiti
m_h	Karesel ortalama hata
n	Ölçme sayısı
p, P	Resim, cisim vektörleri
V_i	Hücrenin hacmi
W_i	Hücrenin genişliği
g	Gram
ϵ_h	Mutlak hata
λ_i	Atanan ağırlıklar
Δf	Sapma değeri
x_0, y_0	Ana nokta koordinatları
ω, ϕ, χ	Dönüklük değerleri

Kısaltmalar**Açıklama****BÖHHBÜY**Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretme
Yönetmeliği**CBS**

Coğrafi Bilgi Sistemi

CORS

Cross Origin Request Sharing

EPSG

European Petroleum Survey Group

GIS

Geographic Information System

GPS

Global Positioning System

GNSS

Global Navigation Satellite Systems

GSD

Ground Sample Distance

GSM

Global System for Mobile Communications

IMU

Inertial Measurement Unit

İHA

İnsansız Hava Aracı

RTK

Real Time Kinematik

SAM

Sayısal Arazi Modeli

SYM

Sayısal Yükseklik Modeli

TUREF

Türkiye Ulusal Referans Çerçevesi

TUSAGA

Türkiye Ulusal Sabit GPS İstasyonları Ağı

YKN

Yer Kontrol Noktası

WGS84

World Geodetic System 1984

EKLER DİZİNİ

Ekler	Sayfa
Ek 1. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA Talimatnamesi	91





1. GİRİŞ

Bu teknolojinin geliştirilmesine yönelik faaliyetler, akademik olarak sıcak bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, veri standartlarının oluşturulmasına, donanım ve yazılım geliştirmelerine ve uygulama alanlarının çeşitlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Ekonomik olarak gelişmekte olunması, hızlı kentleşmenin yaşanması ve doğal afet riskinin yüksek olması özellikleri ile Türkiye, dünyada bu konularda yürütülen çalışmalara paralel olarak benzer akademik faaliyetlerin yürütülmesine ihtiyaç duymaktadır.

1.1. Yöntemler ve Teknikler

Tez başlığından anlaşılacağı üzere, çalışma kapsamında İHA kullanılarak fotogrametrik ürünlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır. İHA çalışma metodolojisi iki temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar, Arazi Çalışması ve Ofis Çalışmasıdır. Arazi çalışması; öncelikle uçuş yapılacak çalışma alanına ait uçuş sınırının belirlenmesi, uçuş planlamasının yapılması (uçuş yüksekliği, uçuş hızı, bindirme oranlarının hesaplanması), uçuş yapılacak sahaya ait yer kontrol noktalarının aplikasyonu ve Real Time Kinematik GPS yöntemiyle ölçülmesi ve son olarak da hazırlığı yapılan alana ait otomatik pilot sistemiyle uçuş yapılarak hava fotoğraflarının elde edilmesi alt iş kalemlerini içermektedir. Ofis çalışması ise, hava fotoğraflarını çeken kamera ve fotoğrafların kalibrasyonunun yapılması, hava fotoğraflarının dengelenmesi, yer kontrol noktalarının hava fotoğraf çiftlerinde işaretlenmesi, çalışma alanı dışında kalan detayların temizlenerek sadece veri üretilecek alanın işaretlenmesi, nokta bulutlarının oluşturulması, oluşturulan bu nokta bulutlarının sınıflandırılması, üç boyutlu ağ modellerinin oluşturulması, oluşturulan bu ağlara doku kaplanması, sayısal yükseklik modeli (SYM) ve sayısal arazi modelinin (SAM) oluşturulması ve son olarak kıymetlendirme işleminde kullanılacak ortofotonun oluşturulması alt iş kalemlerini içermektedir.

1.1.1. Çalışma alanı

Çalışma alanları Van ilinin kuzeyinde bulunan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüsü içerisinde yer almaktadır. Çalışma kapsamında bulunan üç ayrı uygulama da Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi içerisinde gerçekleştirilmiştir. Bu üç uygulamanın detaylı çalışma alanı uygulamaların anlatıldığı bölümde ayrıca verilmiştir (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Çalışma alanı 38°33'51.35\"K - 43°16'52.22\"D.

1.1.2. Problemler

Büyük ölçekli alanlar için yapılacak, kentsel tasarım, mekânsal planlama, afet yönetimi, güvenlik gibi mekânsal uygulama alanları için fotogrametrinin sağladığı üç boyutlu mekânsal veriler hayati öneme sahiptir. Bunların elde edilmesi için hâlihazırda mevcut olan yöntemler (Uçak ve Uydu temelli), yüksek maliyet, düşük zamansal çözünürlük, düşük mekânsal çözünürlük, uzmanlaşmış insan gücü ihtiyacının fazlalığı gibi dezavantajlara sahiptir. Günümüzde, tüm dünyada hızla gelişmekte olan insansız hava aracı (İHA) tekniği, fotogrametrik anlamda özellikle büyük ölçeklerde (uygulama ölçekleri) yapılacak mekânsal uygulamalarda; düşük maliyet, yüksek zamansal çözünürlüklü, daha az insan gücü gibi avantajlar sağlamaktadır.

Bu teknolojinin geliştirilmesine yönelik faaliyetler akademik olarak sıcak bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, veri standartlarının oluşturulması, donanım ve yazılım geliştirmeleri ve uygulama alanlarının çeşitlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye, ekonomik olarak gelişmekte olması, hızlı kentleşmenin yaşanması ve doğal afet riskinin yüksek olması

özellikleri ile dünyada yürütülen çalışmalara paralel olarak benzer akademik faaliyetlerin yürütülmesine ihtiyaç duymaktadır. İHA ve uçak görüntüleri ile yapılan fotogrametrik çalışmaların benzer ve farklı yönleri mevcuttur. Zaman, maliyet ve çalışma alanı olarak farklılıklar ortaya çıkmaktadır. İki yöntemle elde edilen fotogrametrik çıktılarının değerlendirilmesi yapılmıştır (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1. İHA ve uçak görüntüleri ile yapılan fotogrametrik çalışmaların benzer ve farklı yönleri (Ayyıldız ve ark., 2015).

Uygulamalar	İHA görüntüleri ile fotogrametrik çalışmalar	Uçak görüntüleri ile fotogrametrik çalışmalar
Görüntü alımı donanımı	Ucuz	Pahalı
Görüntü işleme yazılımı	Ucuz	Pahalı
Fotogrametrik nirengi	Otomatik	Otomatik
Sayısal yükseklik modeli	Otomatik (Editleme için ek donanım ve yazılım gereklidir)	Otomatik (Düzeltilme imkanı vardır)
Ortofoto üretimi	Otomatik	Otomatik
Ortofoto mozaik üretimi	Otomatik (Düzeltilme imkanı yoktur)	Otomatik (Düzeltilme imkanı vardır)
Ortofoto üretim maliyeti	Bölge ve arazi yapısına bağlı olarak yaklaşık 1000 TL/Km ² – 4000 TL/Km ² arasında	Bölge ve arazi yapısına bağlı olarak yaklaşık 197.97 TL/Km ²
Asgari saha büyüklüğü	Asgari saha büyüklüğü batarya ömrüne göre değişiklik göstermektedir	100 Km ²
Kullanılabilirlik	Küçük alanlarda daha verimli	Büyük alanlarda daha verimli
Hassasiyet	BÖHNBÜY' ne uygun	BÖHNBÜY' ne uygun
Zaman	Küçük alanlarda daha kısa zamanda üretim imkanı sağlar	Belirli zaman gerektirir
İş yükü	Büyük alanlarda daha fazla görüntü ile çalışmak iş yükünü arttırmakta ve kontrolü azaltmaktadır	İş yükü daha azdır
Eğik görüntü eldesi	Gimbal sayesinde kolay ve düşük maliyetli	Hava kamerasına entegre edilecek parçalar sayesinde mümkündür yüksek maliyetlidir

Üç Boyutlu kent modelleri için kullanılan düşey ve eğik hava fotoğraflarının alımı birden çok uçuşta görüntülenebileceği gibi tek bir uçuşta da görüntülenebilir. Hava kameralarının değişen ve gelişen teknoloji sayesinde düşey ve eğik görüntü alımlarında algılayıcılardaki odak uzaklığının otomatik değişme imkânı sağlaması düşey ve eğik

fotoğrafların tek seferde istenilen Yer Örnekleme Aralığına sahip fotoğrafların elde edilmesine imkân sağlamıştır. Hava fotoğrafı alımlarında hassas bir üç boyutlu model ve doku kaplaması elde edilebilmesi için düşey hava görüntülerinde bindirme oranı boyuna % 80 ine % 60 olacak şekilde uçulması avantaj sağlayacaktır (Ayyıldız ve ark., 2015).

1.1.3. Çalışmanın amacı

Tez kapsamında, İHA kullanılarak elde edilen görüntülerin işlenmesi ile üretilen fotogrametrik ürünlerin (Nokta Bulutu, 3B Ağ Model, SYM, SAM, Ortofoto) Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanında yapılacak Kentsel Tasarım ve Mekânsal Planlama çalışmaları için kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

1.1.4. Çalışmanın kapsamı

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi kampüsü içerisindeki Mimarlık Tasarım Fakültesi Civarı ve Kütüphane Binasının olduğu bölge ile sınırlıdır. İnsansız Hava Aracı ve hava fotoğrafları ile elde edilen veriler Van Gölü' nün taşması durumunda Afet Yönetiminde nasıl bir senaryoyla karşı karşıya gelineceğini görmek için seçilmiştir. Bu kapsamda seçilen çalışma bölgesi Mimarlık Tasarım Fakültesinden başlayıp Van Gölüne uzanan koridordur. Bu araştırmanın asıl amacı, İnsansız Hava Araçlarına entegre kameralar sayesinde elde edilen hava fotoğrafları marifetiyle Fotogrametrik yöntemlerle oluşturulan çıktılarının birçok disiplinler arası meslek alanında farklı amaçlarla (üç boyutlu yoğun nokta bulutları, sayısal arazi modelleri, hassas ortofoto üretimi, üç boyutlu Kent Tasarımı vb.) düşük maliyet ve avantajlı zaman periyotlarında veriler oluşturduğunu irdelemektir.

1.1.5. Tez dzeneni

Araştırma beş blmnden oluşmuştur. Birinci bölümde, çalışma alanı, problemlerin neler olduğu, çalışmanın amacı, çalışmanın kapsamı gibi başlıklardan oluşan giriş bölümünü içermektedir. İkinci Bölümde ise, araştırılan literatürle ilgilidir. Literatür taramasının incelendiği konular, konu ile ilgili kavramları ve terimleri açıklamaktır. nc Bölüm, metodoloji ve yöntem ile ilgilidir. Dördüncü Bölüm, tez kapsamında araştırma çalışmalarındaki bulgular ve tartışması ile ilgilidir. Beşinci ve son bölüm ise araştırma çalışmalarındaki sonuç kısmını içerir.





2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Tez çalışmasına ışık tutacak, çalışma yöntemiyle alakalı birçok konu incelenmiş ve aralarından bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Türkiye’deki mekânsal planlama sistemindeki ölçek sorununu araştırmıştır. Bu çalışmada mekânsal planlamanın farklı uygulama araçları arasındaki ilişkileri çözümlenmiştir. Genel ve özel mekânsal planlar, uygulama araçlarının ana kategorilerini oluşturmuştur. Planlama mevzuatı, hiyerarşik ilişkiler, mekânsal ölçekler ve uygulama araçları, tezin ana araştırma alanlarını oluşturmaktadır. Türkiye’de planlama sisteminin ve kademelenmesinin sorunları, Sivas örneği ile irdelenmiştir. Çalışma, Sivas mekânsal planlama deneyimlerini detaylı olarak inceleyerek, mevcut mekân planlama mevzuatının ve kademelenmesinin sorunlarını ve zayıflıklarını ele almış ve Türkiye örneği için geliştirilebilecek yeni ve alternatif bir planlama kademelenmesi gerektiğini ortaya koymuştur (Aslan, 2010). Diğer taraftan Bülbül (2014) çalışmada süreç odaklı bir yaklaşım izlemiştir. Katılımcıların karar verme sürecinde, planlama aktörlerinin ve yerelin özgün yapısını ortaya çıkaracak, birlikte ortak bir vizyon oluşturup üzerinde uzlaşmış ortak kararlar üretebilecek yaklaşım ve yöntemler tartışılmıştır. TÜBİTAK KAMAG-KOKAP Projesi Salacık alan çalışması ile deneyimlenme şansı bulan bu uzun soluklu süreçte, yerel halk ile planlamanın birleştirici zemininde buluşmanın, ortak bir gaye için birlikte fikir üretmenin ve öğrenmenin hazzına varılmıştır. Katılımcı anlayışla yerel bağlam ortaya çıkartılmıştır. Stratejik mekânsal planlamada birlikte karar vermeyi kolaylaştıran karar destek sistemlerinden Stratejik Seçim Yaklaşımı kullanılarak yerel halkla birlikte eğitim alanına ilişkin stratejik mekânsal bir karar ortaya koymuştur.

Toprak (2014), çalışmada fotogrametrik tekniklerin İHA’lar ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin tespitini yapmıştır. İHA ile fotogrametrik teknikler kullanılarak, Afyonkarahisar ili merkezinde hâlihazır harita üretimi, hacim hesabı ve ortofoto harita üretimi, Konya ili Beyşehir ilçesinde kültürel mirasların dokümantasyonu ve Mersin ili Silifke ilçesinde arkeolojik dokümantasyon şeklinde farklı mühendislik projeleri üretilerek, gelişen teknolojinin bizlere sunmuş olduğu İHA’ların fotogrametrik teknikler ile birlikte, farklı mühendislik projelerinin üretiminde kullanılabilirliğini ortaya koymuştur. Yine birbirinden farklı birden çok insansız hava aracı yardımıyla yapılan tez

çalışmalarında; insansız hava araçlarına monte edilmiş alıcılardan elde edilen hava fotoğraflarının yeniden düzenlenmesi, işlenmesi ve lokal maksimum yöntemi ile filtrelmesi sonucunda konifer yapıya sahip ağaçların bulunduğu bir kent ormanındaki ağaçların tekil yüksekliklerinin bulunması gerçekleştirilmiştir. Doğruluk analizi için, seçilmiş olan ağaçların yükseklikleri yersel lazer-metre ile ölçülmüştür. Bu ölçümler ile İHA yardımıyla elde edilen ağaç yüksekliklerinin karşılaştırılması sonucunda %94 lük bir korelasyon ve 28 cm'lik karesel ortalama hata elde edilmiştir. Bu çalışma kullanılan yöntemin doğruluğunu desteklemekte ve diğer pahalı yöntemlere göre olumlu ve olumsuz yönleri ortaya koymaktadır (Birdal, 2016). İnsansız hava araçlarıyla elde edilen verilerden şeritvari harita yapımına yönelik bir araştırma yaptığı görülmektedir. Çalışma alanı güzergâhı üzerinde kullanılan İnsansız Hava Aracı (İHA) ile 70m yükseklikten %70 bindirme ile görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesiyle elde edilen Sayısal Yükseklik Modelinden (SYM) yararlanılarak halihazır harita oluşturulmuştur. Bu çalışma içerisinde yüksek doğrulukta elde edilen halihazır harita ile 1/1000'lik fotogrametrik olarak üretilen halihazır harita üzerinden ortak bir güzergâh belirlenmiştir. Belirlenen güzergahta enkesitler üretilerek kazı dolgu hacmi ve farkları araştırılmıştır. Aynı zamanda 100 m x 100 m'lik alan içerisinde 20 m aralıklarla grid ağı oluşturulmuştur. Bu alanda farklı yükseklik ve farklı bindirme oranlarında görüntüler alınarak nokta konum doğruluğu araştırması ortaya konulmuştur (Erdoğan, 2016). Derin kazıların bulunduğu şantiye sahasında insansız hava aracı kullanılarak görüntüler elde edilmesi, fotoğrafların doğası gereği geometrik bilgi içermemesi ve saha hakkında tam bir bilgi verememesi nedeniyle hareket tabanlı yapısal algılama, çoklu görünümlü stereo gibi algoritmaların kullanılması ve böylelikle oldukça yoğun ve renkli nokta bulutlarının oluşturulması önerilmiştir. Elde edilen nokta bulutunun, denetleme yapabilmek için yeterince etkileşimli olmaması nedeniyle, daha da işlenerek nokta ağı elde edilmiş ve bu ağ, oyun motorları aracılığı ile, sanal bir ortama katılmıştır. Bu sayede, mühendisler için etkileşimli bir ortam sağlanmıştır. Geliştirilen ürünün, Ankara ilinde iki derin kazı sahasında başarı ile test edildiği görülmüştür (Teke, 2016). İHA ile fotogrametri çalışması esas alınarak, farklı özelliklere sahip sabit kanatlı ve multikopter mini İHA sistemlerinin aynı uygulama alanı için kullanılabilirliğinin tespiti hedeflendiği görülmektedir. Bu sistemlerle elde edilen veriler fotogrametride sağlanan otomatik yöntemlerle

değerlendirilmiş ve doğruluklarının araştırılması yapılmıştır (Kılınçoğlu, 2016). Drone sistemi kullanılarak tarladan alınan görüntüler, geliştirilen görüntü işleme algoritmaları ile yaprak lekesi hastalığının olup olmadığı, hastalık var ise hangi aşamada olduğunun tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda, arazide farklı zamanlarda ve farklı doğal aydınlanma koşullarında çekilen ve hastalığın farklı gelişim düzeylerini gösteren 12 adet görüntü, MATLAB programının Image Processing Toolbox modülü kullanılarak görüntü işleme tekniğiyle işlenmiştir (Altaş, 2017). Tez çalışmasında metrik olmayan dijital kameraların hava fotogrametrisinde yere yakın yüksekliklerde kullanılabilirliğini çeşitli uygulamalar eşliğinde test edilmiştir. Elde edilen veriler sonucunda metrik olmayan kameraların İHA'lara monte edilerek, sayısal verilere ulaşmada başarılı bir seçenek olduğu görülmüştür (Ulvi, 2015). İnsansız hava aracına monte edilen dijital kamera ile alınan görüntülerden elde edilen ortofoto haritanın konum hassasiyetlerinin ortaya konulmasını amaçlamışlardır. Bu amaçla Gatewing X-100 insansız hava aracıyla bütünleşik olan dijital kamera kullanılarak pilot bölgede çekilen görüntüler yardımıyla ortofoto harita üretilmiştir. Üretilen bu ortofoto haritanın geometrik doğruluğunun belirlenmesi amacıyla yeryüzünde koordinatları RTK GPS yöntemiyle ölçülen noktalar kullanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda bu yöntemle elde edilen ortofoto haritanın yataydaki konum doğruluğunun yaklaşık olarak 7-8 cm olduğu ortaya konulmuştur (Yılmaz ve ark., 2015).

Teknolojik gelişmeleri yakından izleyen harita üretim çalışmalarında, öncü kurumlar arasında olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde bulunan Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü tarafından Bakanlık çalışmalarında ihtiyaç duyulan uzaktan algılama verisini elde etmeyi amaçlamışlardır. Bu çalışmada insansız hava aracı kullanılarak köy yerleşim alanlarının belirlenmesi, kıyı-kenar çalışmalarında kullanılması, kaçak yapılaşmanın takibi amacıyla 5 cm GSD doğruluğuna sahip ortofoto görüntüler oluşturulmuştur. Uydu görüntülerine nazaran daha kaliteli olup, konumsal ve işlevsel doğruluğu daha yüksek olan bu görüntüler, yenileme öncesinde karar destek süreçlerinde, projelendirme ve her türlü konumsal ihtiyaçları karşılamada havadan görüntü alımı, DSM, nokta bulutu, sayısal renkli true ortofoto üretimi kapsamında çalışmalar ortaya konmuştur (Ekinci ve ark., 2017). İnsansız hava araçlarını kullanım amaçları ve uçuş yeteneklerine göre incelemiştir (Eisenbeiss, 2009). Fotogrametrik

kameralara eğik algılayıcılar eklenerek görüntülerin değişik açılardan elde edilmesi sağlanmış ve yerleşim alanlarındaki yapıların 3 boyutlu yüksek çözünürlüklü verilerinin elde edildiği görülmüştür (Ayyıldız, 2016). Uydu görüntüleri ve fotogrametrik görüntülerden oluşturulacak Ortofoto görüntülerinde Yer Kontrol Noktalarının Dağılımı ve Konum doğruluğunun sonuç çıktılarındaki önemine değinmiştir (Topan ve ark., 2007). Osmanlı İmparatorluğu dönemine ait kervan yolu ve antik kentin bulunduğu Sarıhacılar mevkiinde otopilot destekli İnsansız Hava Aracı kullanılarak yüksek çözünürlüklü ortofoto ve sayısal arazi modeli çıktılarına değinmiştir (Tercan, 2017). Eskişehir Seyitgazi ilçesindeki bir maden sahasında yersel ve insansız hava aracı yardımıyla fotogrametrik ölçüm yöntemleriyle elde edilen verilerden hacim hesaplarının karşılaştırmasını yapmıştır (Seki, 2017).

Tez kapsamına benzer çalışmalarda, İTÜ Ayazağa kampüsü içerisindeki belirli bir bölgede İnsansız Hava Aracı yardımıyla farklı yüksekliklerde ve farklı açılarda çekilen görüntüler ile oluşturulan Ortofoto görüntüsünün doğruluğunu irdelemiştir (Öztürk, 2017). Aksaray Üniversitesi Kampüsünde İnsansız Hava Aracı yardımıyla elde edilen görüntülerden ortofoto üretimi elde ederek, İHA'ların küçük alanlardaki doğruluğuna değinmiştir (Yılmaz, 2018). Uygun çözünürlük ve özellikteki kameralara sahip İnsansız Hava Aracı ile büyük ölçekli fotogrametrik harita üretim olanaklarının araştırılmasına değinmiştir (Karakış, 2012). Tez çalışmasında otopilot özelliğine ve GPS-IMU desteğine sahip İnsansız Hava Aracı kullanarak fotogrametrik veri üretimi çıktılarına değinmiştir (Özemer, 2016). Farklı model İnsansız Hava Araçları kullanarak otomatik fotogrametrik kıymetlendirme programları aracılığıyla fotogrametrik çıktılar elde etmiş ve bu çıktıların doğruluk analizlerine değinmiştir (Kılınçoğlu, 2016). Otomatik uçuş özelliğine sahip İnsansız Hava Aracı kullanılarak elde edilen fotogrametrik çıktılarından inşaat projelerindeki imalat durumunun değişiminin gözlemlenmesini araştırmıştır (Gençerk, 2016). Konya Beyşehirde bulunan Bezariye Hanının İnsansız Hava Aracı yardımıyla fotogrametrik teknik kullanılarak yüksek çözünürlüklü üç boyutlu model oluşturmuştur (Yakar, 2015). İnsansız Hava Aracı kullanarak kısa zamanda yüksek çözünürlükte farklı yüksekliklerden sayısal yüzey modelleri oluşturmuş ve bu modeller arasındaki doğruluk analizini incelemiştir (Özcan, 2017). Yeni nesil ve yüksek çözünürlüklü kamera entegrasyonu yapılan insansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik

modelleri oluşturmuş ve bu modellerin ormancılık sektöründeki kullanım olanaklarına değinmiştir (Akgül ve ark., 2016).

2.1. Fotogrametri

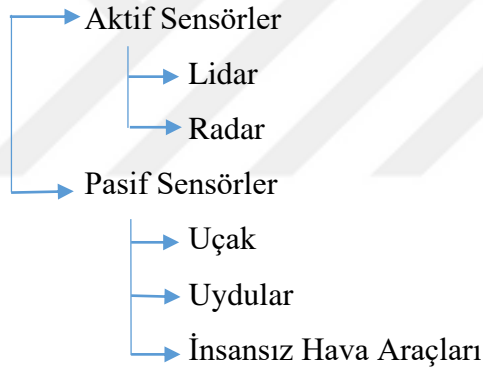
Tez başlığından anlaşılacağı üzere, çalışmamızda İHA kullanılarak fotogrametrik ürünlerin elde edilmesi amaçlanmaktadır.

“Fotogrametri eski Yunancadaki Photos+Grama+Metron (Işık+çizim+ölçme) kelimelerinden oluşan ve ışık ile çizerek ölçme anlamına gelen bir kelimedir.”

Fotogrametrik yöntem kullanılarak oluşturulan görüntüler, diğer birçok yöntemin kullanıldığı alanlarda maliyet, süre vb. gibi konularda büyük avantajlar sağlamaktadır.

Fotogrametrinin temel araştırma ve eğitim konularından bazıları şunlardır;

- Uzaktan Algılama



- Görüntü İşleme
- Görüntü Bazlı Mekânsal Veri Analizi
- Mekânsal nesne çıkartımı

2.2. Dar Temel Çizgi Fotogrametrisi

“İHA çıktılarının elde edilmesinde kullanılan, ilgili literatürdeki adı ile “Dar temel çizgi fotogrametrisi” (narrow baseline photogrammetry) yönteminin temel çalışma prensibi şu aşamaları içerir: Kamera kalibrasyonu ile elde edilen İç Yönelme Parametrelerinin (f, x_0, y_0) bulunması, normalize edilmiş bindirmeli görüntülerden alınan hücre parlaklık değerlerinin elde edilmesi, dış yöneltme parametrelerinin (m_{ij}, X_i, Y_i, Z_i) bulunması ve son olarak fark görüntülerden yükseklik (Z) değerlerinin elde edilmesi, elde

edilen bu bilgilerin girdisini teşkil ettiği ortak-doğrusallık (kolineerlik) denklemleri ile sonuç nokta bulutunu oluşturan her bir nokta için x , y , z pozisyon bilgisinin ve parlaklık değerlerinin hesaplanması (Eşitlik 1 ve 2).

$$x - x_0 = -f \frac{m_{11}(X - X_i) + m_{12}(Y - Y_i) + m_{13}(Z - Z_i)}{m_{31}(X - X_i) + m_{32}(Y - Y_i) + m_{33}(Z - Z_i)} \quad (2.1)$$

$$y - y_0 = -f \frac{m_{21}(X - X_i) + m_{22}(Y - Y_i) + m_{23}(Z - Z_i)}{m_{31}(X - X_i) + m_{32}(Y - Y_i) + m_{33}(Z - Z_i)} \quad (2.2)$$

Yukarıdaki eşitliklerde; f , x_0 , y_0 , iç yöneltme parametrelerini (ana nokta uzunluğu ve ana nokta koordinatları), m_{ij} , X_i , Y_i , Z_i , dış yöneltme parametrelerini (çekme noktasının koordinatları ve dönme parametreleri), X , Y , fotoğrafların kodlanmasında kullanılan kontrol noktaları koordinatları ve son olarak Z , fark görüntülerden alınan yükseklik değerlerini ifade etmektedir. Kullanılan yazılım vasıtası ile uygulanan bu yöntem sayesinde, tüm çıktuların (Nokta Bulutu, 3B Ağ Model, SYM, SAM ve Ortofoto) elde edilmesi mümkün olabilmektedir (Kemeç, 2010).”

2.3. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları;

- Özel amaçlarda kullanılan,
- Uygun alandan kalkış ve iniş yapabilen,
- Uzaktan kumandalı,
- Yarı otomatik veya tam otomatik seçeneğine sahip araçlardır.

Bu araçlar uçuş yeteneklerine göre kanat açıklıklı uçak, drone, helikopter veya balon olabilir (Eisenbeiss, 2009).

Günümüzde gelişen teknoloji ile birçok İHA otomatik pilot ve GPS/IMU sistemlerine sahiptir. Bu sistemler sayesinde;

- Uçuş öncesi hazırlanan uçuş planına göre otomatik uçuş yapılabilmekte,
- IMU sistemi sayesinde görüntü alımı esnasında İHA’larda meydana gelen dönüklükler belirlenebilmekte ve
- GPS sistemi sayesinde toplanan görüntülerin yaklaşık koordinatları tespit edilebilmektedir (Xian ve ark., 2011).

İHA'nın temel kullanım alanları:

1. Büyük ölçekli harita yapımı
2. Afet yönetimi
3. Orman alanlarına yönelik uygulamalar
4. Tarımsal uygulamalar
5. Arkeolojik uygulamalar

(Kemec ve ark., 2010; Şenkal ve ark., 2012)

Uzaktan algılama ve fotogrametri amaçlı kullanılan İHA'lara kullanım amaçlarına göre farklı algılayıcı sistemler yerleştirilebilmektedir. Bu algılayıcı sistemleri;

- Görünür bant kamera,
- Video kamera,
- Termal bant kamera,
- Yakın kızıl ötesi kamera sistemleri,
- LİDAR sistemleri veya bu sistemlerin birleşimi şeklinde sistemler olabilmektedir.

İnsansız hava araçları küçük araçlar olduğu için taşıyabilecekleri faydalı yük miktarları da sınırlı olmaktadır.

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte birçok İHA otomatik pilot ve GPS/IMU sistemlerine sahiptir. Bu sistemler sayesinde;

- Uçuş öncesi hazırlanan uçuş planına göre otomatik uçuş yapılabilen,
- IMU sistemi sayesinde görüntü alımı esnasında İHA'larda meydana gelen dönüklükler belirlenebilen,
- GPS sistemi sayesinde toplanan görüntülerin yaklaşık koordinatları belirlenebilmektedir (Xian, 2011).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu teknolojinin geliştirilmesine yönelik faaliyetler akademik olarak sıcak bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, veri standartlarının oluşturulmasına, donanım ve yazılım geliştirmeleri ve uygulama alanlarının çeşitlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye, ekonomik olarak gelişmekte olması, hızlı kentleşmenin yaşanması ve doğal afet riskinin yüksek olması özellikleri ile dünya da yürütülen çalışmalara paralel olarak benzer akademik faaliyetlerin yürütülmesine ihtiyaç duymaktadır.

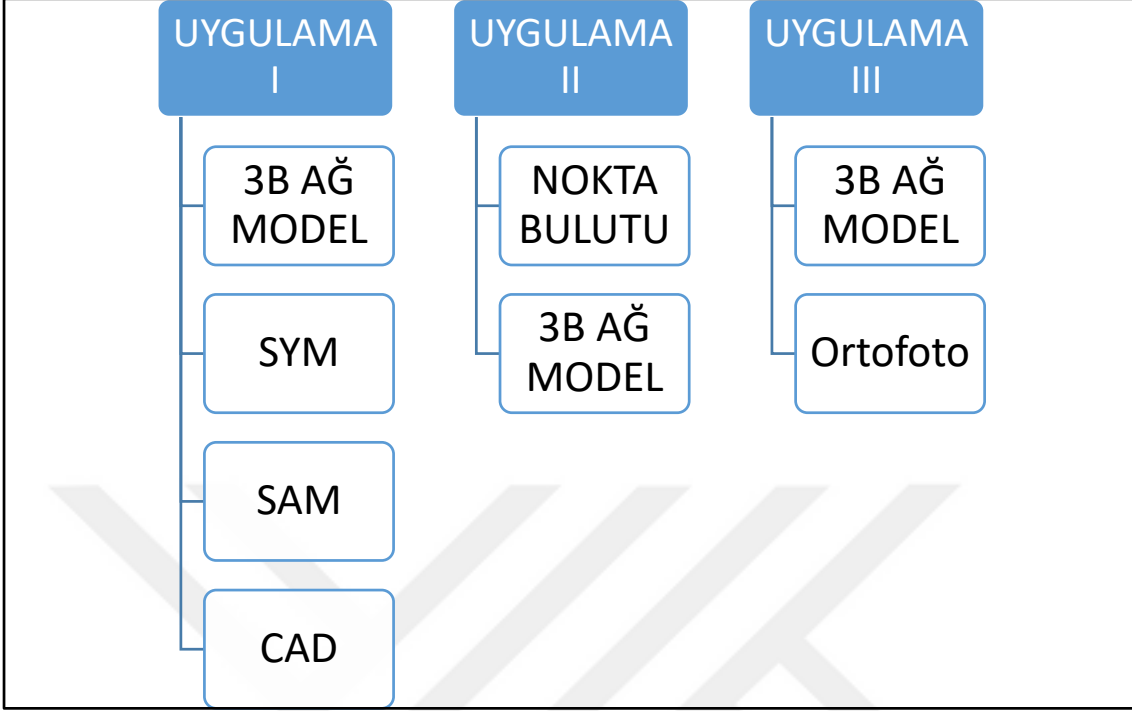
Tez kapsamında önerilen yöntem Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanında belirlenen farklı alt çalışma alanlarında İHA kullanılarak üretilen fotogrametrik ürünlerinin yapılacak Kentsel Tasarım ve Mekânsal Planlama çalışmaları için kullanılabilirliğinin araştırılması amacı doğrultusunda üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir.

Birinci uygulama kapsamında İHA kullanılarak üretilen; 3B Ağ Model, SYM, SAM, Ortofoto çıktılarının, hassas arazi modeli gereksinimi olan 3B taşkın modellemesinde altlık olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Aynı zamanda oluşturulan yüksek mekânsal çözünürlüklü SYM ile CAD ortamında hazırlanan bina modellerinin bütünleştirilmesine çalışılmıştır.

İkinci uygulamada kapsamında İHA kullanılarak üretilen Nokta Bulutu verisinin bitki kanopisinin hacminin tespitinde kullanımı ve hesaplanan bitki hacmi sonraki periyotlar da aynı yöntem kullanılarak tekrardan hesaplanarak bitkinin hacmindeki değişimin gözlenebilme potansiyeli araştırılmıştır.

Üçüncü uygulamada ise İHA'nın sağlayabildiği eğik görüntülerinde kullanılması ile elde edilebilecek detaylı düşey cephelere sahip 3B yapı modelinin oluşturulmasına çalışılmıştır.

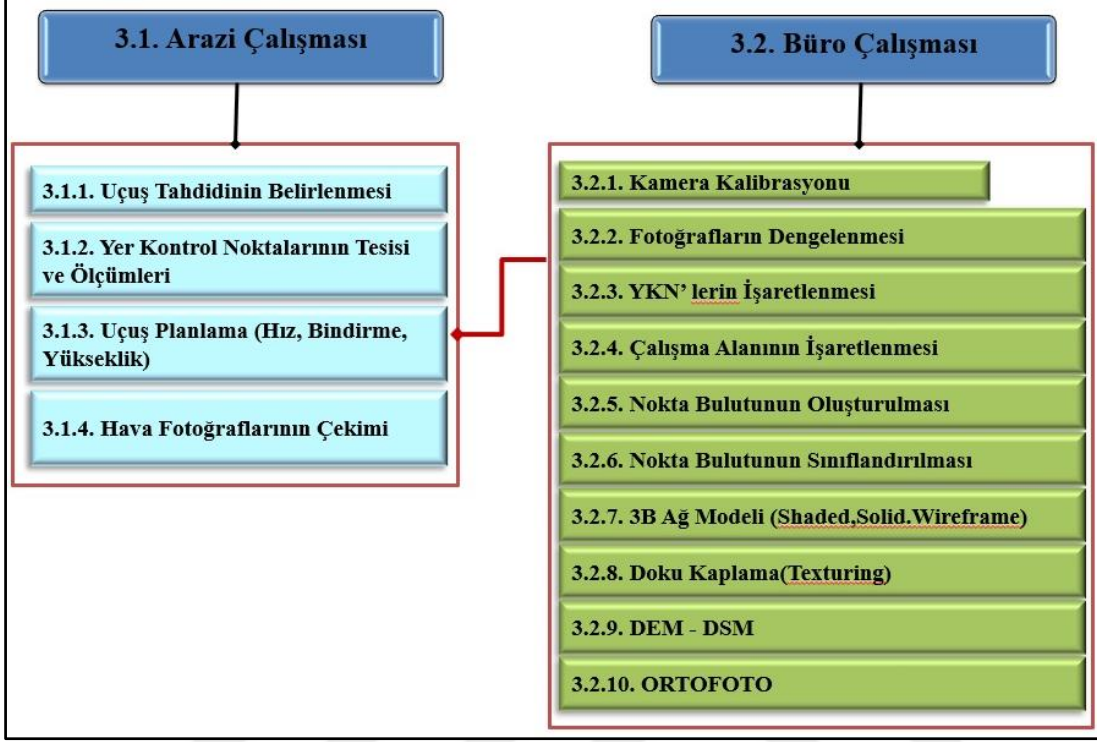
Bahsedilen üç uygulamanın her biri için farklı özelliklerde fotogrametrik çıktılarının kullanılması gerekmektedir (Şekil 3.1). Örneğin Uygulama I ve III'de nokta bulutu dolaylı yolla kullanılırken Uygulama II'de hacmin hesaplanacağı kütle seçimi nokta bulutu vasıtası ile uygulanabilmiştir.



Şekil 3.1. Farklı uygulamalarda kullanılan çıktılar.

Tez kapsamındaki İHA çalışma metodolojisi, Arazi Çalışması ve Ofis Çalışması olmak üzere iki temel aşamadan oluşmaktadır (Şekil 3.1). Arazi çalışmasında; öncelikle uçuş yapılacak çalışma alanına ait uçuş sınırının belirlenmesi, uçuş planlamasının yapılması (uçuş yüksekliği, uçuş hızı, bindirme oranlarının hesaplanması), uçuş yapılacak sahaya ait yer kontrol noktalarının Real Time Kinematik GPS yöntemiyle uygulasyonu ve ölçülmesi, son olarak da hazırlığı yapılan alana ait otomatik pilot sistemiyle uçuş yapılarak hava fotoğraflarının elde edilmesi alt iş kalemelerini içermektedir. Ofis çalışmasında ise, Hava fotoğraflarını çeken kamera ve fotoğrafların kalibrasyonunun yapılması, hava fotoğraflarının dengelenmesi, yer kontrol noktalarının hava fotoğraf çiftlerinde işaretlenmesi, çalışma alanı dışında kalan detayların temizlenerek sadece veri üretilecek alanın işaretlenmesi, nokta bulutlarının oluşturulması, oluşturulan bu nokta bulutlarının sınıflandırılması, üç boyutlu ağ modellerinin oluşturulması, oluşturulan bu ağlara doku kaplanması, sayısal yükseklik modeli (SYM) ve sayısal arazi modelinin (SAM) oluşturulması ve son olarak kıymetlendirme işleminde kullanılacak yüksek çözünürlüğe sahip ortofotonun oluşturulması işlemleri tamamlanmıştır (Şekil 3.2).

Aşağıdaki şekilde çalışmada kullanılan metodoloji sırasıyla belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Tez kapsamında önerilen çalışma metodolojisi.

3.1. Arazi Çalışması

Tez kapsamında değişik zamanlarda çalışma sahalarının bulunduğu alanlarda iki farklı İHA kullanılarak fotogrametrik ürünlerin elde edilmesi amaçlanmıştır.

3.1.1. Uçuş tahdidi

İnsansız Hava Araçları marifetiyle elde edilecek Fotogrametrik ürünlerin oluşturulma aşamasının başlangıcında yer alır ve uçuş yapılacak alanının sınırlandırılması gerekir. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA talimatnamesine göre;

“Türk hava sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İnsansız Hava Araçlarıyla ilgili talimatı 22 Şubat 2016 tarihinde yayımlanmıştır. İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA), insansız hava aracı 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

içermektedir. Talimat çerçevesinde, azami kalkış ağırlığı 500 gr ile 25 kg aralığında olan İHA'ların ve bunları kullanacak pilotların SHGM tarafından oluşturulan internet tabanlı "Kayıt Sistemi"ne kaydedilmesi gerekmektedir. Bunun dışındaki azami kalkış ağırlığı 25 kg ile 150 kg aralığında olan ikinci gruptaki İHA'lar ile azami kalkış ağırlığı 150 kg ve daha fazla olan İHA'ların Türk hava araçları tesciline kayıt yaptırmaları gerekmektedir. Kapalı alanlarda kullanılan İHA'lar, yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler, devlet insansız hava araçları ve azami kalkış ağırlığı 500 gr'dan daha az olan İHA'ları Talimat kapsamı dışındadır. SHGM'den izin almayı gerektiren operasyonlarda, izin alınmadan İHA uçuşu yapılması ve verilen yetkiler ile belirlenen hava sahaları dışında operasyon gerçekleştirilmesi hallerinde ilgili şahıs ve işletmeye 2920 sayılı Kanununun 5 inci kısmında yer alan ceza hükümleri uygulanacaktır."

Tez kapsamında gerçekleştirilen üç uygulamada da Uçuş Tahdidi ayrı ayrı belirlenmiş ve gerekli izinler alınarak uçuşa yasak olmayan alanlar seçilmiştir.

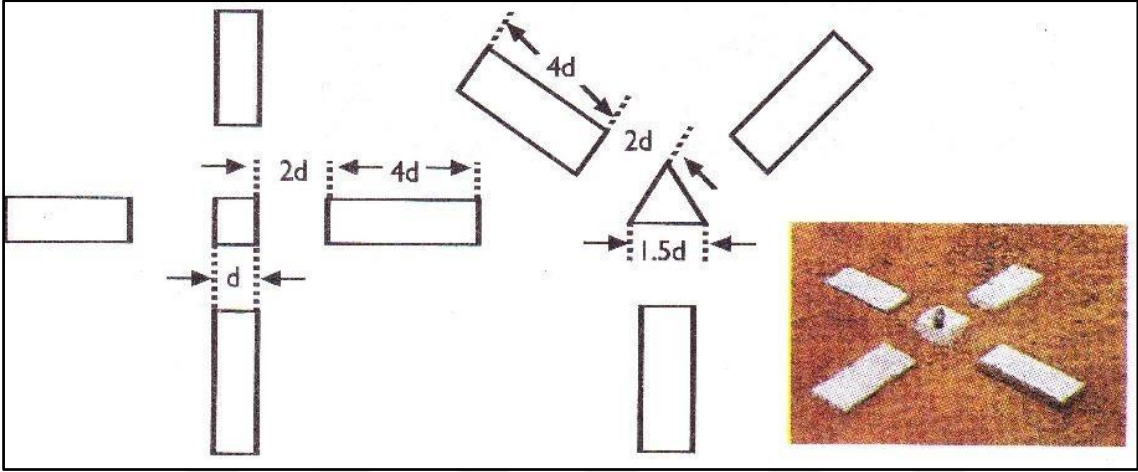
3.1.2. Yer kontrol noktalarının tesisi ve ölçümleri

Yer Kontrol Noktalarının BÖHKBÜY'ne göre tanımı şu şekildedir;

"Yer kontrol noktası (YKN): Yeryüzünde tesis edilen, koordinatları ve/veya yüksekliği jeodezik yöntemlerle belirlenen noktaların genel adıdır. Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri, elektronik takeometre, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; yatay konum doğruluğu ($\sigma_x^2 + \sigma_y^2$) $1/2 \pm 7$ cm (dahil)'den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu (σ_H) ± 7 cm (dahil)'den daha iyi olacak şekilde ölçülmelidir."

Yer kontrol noktalarının (YKN) tesisi ve ölçülmesi; İHA marifetiyle fotogrametrik yöntemlerle elde edilecek ürünlerin yeryüzündeki gerçek konumlarında olması ve ortaya çıkan hataların giderilmesi için uçuş planlanması yapılmadan önce belirlenen uçuş sınırı içerisinde kalacak bölgeye hava fotoğraflarından görülecek ölçülerde BÖHKBÜY mevzuatına uygun yer kontrol noktası tesis edilerek bu noktaların yine BÖHKBÜY mevzuatında bahsedildiği şekilde Real Time Kinematik GPS veya Tusaga-Aktif Cors yöntemiyle ölçülerek kesin koordinatlarına dengelenmeleri gerekir. Yer kontrol noktalarının dağılımı ve hata oranları sonuç çıktılarının konum doğruluğunu

etkilemektedir. Dijital kameralarla elde edilen GPS hataları ve konum doğruluğu hassasiyeti için yer kontrol noktalarının kullanımı önem arz etmektedir. Tez kapsamında uygulama yapılan alanlardaki sonuç çıktılarının, TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonuna dönüştürülebilmesi için çalışma sahalarında BÖHHBÜY mevzuatı dikkate alınarak YKN (Şekil 3.3) tesisleri yapılmış ve ölçümleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.3. Yer kontrol noktası.

3.1.3. Uçuş planı

Elde edilecek hava fotoğraflarının eğik ve düşey açıdan doğru ve yüksek çözünürlükte olması ve yönetmelikte belirtilen şartları sağlayabilmesi için aşağıda belirtilen hususlar dikkate alınarak tez kapsamındaki uygulamalardaki uçuş planları hazırlanmıştır.

“BÖHHBÜY MADDE 55- (1) Hava fotoğrafları, hazırlanacak bir uçuş planına uygun olacak şekilde çekilir. Uçuş planları sayısal ortamda hazırlanır. Bu planlarda bindirme oranlarının ve ölçek farklılıklarının denetlenebilmesi için sayısal arazi modelleri kullanılır.

(2) Uçuş planlarında aynı blok içerisindeki yer örnekleme aralığı farklılıklarının $\pm\%10$ 'u geçmesine izin verilmez. $\pm\%10$ 'u geçmesi durumunda o kolon bölünerek yeni bir kolon oluşturulur.

(3) Uçuş hatları doğu-batı ya da kuzey-güney doğrultusunda ve olabildiğince paftaların grid çizgilerine paralel olacak şekilde düzenlenir. Zorunlu durumlarda uçuş

hatları çapraz doğrultuda da olabilir. Kinematik GNSS destekli fotogrametrik nirengi uygulamalarında; deniz, göl ve benzeri detayların kıyılarında ve blok kenarlarında destek görevi yapacak, çapraz yönde veya normal kolonlara dik yönde ek kolonlar oluşturulur. GNSS-IMU kullanılması durumunda, çapraz kolon uygulanıp uygulanmamasına idare tarafından karar verilir.

(4) Sayısal uçuş planlarında, fotoğraf çekim noktalarının yaklaşık nesne uzay koordinatları bulunur.

(5) Uçuş planlanırken ileri bindirme oranı en az %70, enine bindirme oran en az %30 olarak planlanır.

(6) Topoğrafik durum nedeniyle ortaya çıkabilecek bindirme sorunları, uçuş planının hazırlandığı altlık üzerinde denetlenerek gerekli önlemler alınır ve uçuş planlarında düzeltmeler yapılır.

(7) Hazırlanan uçuş planı idare tarafından onaylandıktan sonra hava fotoğrafı çekimi gerçekleştirilir.

(8) Kinematik GNSS veya GNSS-IMU destekli uçuşlarda, kinematik GNSS ölçülerinde sabit yer istasyonu olarak hava fotoğrafı çekilen bölgenin ortasına yakın yerde belirlenen herhangi bir nokta kullanılabileceği gibi TUSAGA-Aktif istasyonları da kullanılabilir. Kullanılan sabit yer istasyonu veya TUSAGA-Aktif istasyonu ile uçak arasındaki baz mesafesi herhangi bir noktada 40 km'yi geçemez.

(9) Uçakta ve sabit yer istasyonundaki GNSS alıcıları en az çift frekanslı (L1 ve L2) olmalıdır ve bu alıcılarla gerçekleştirilecek GNSS ölçüleri eş zamanlı olarak yapılmalıdır. Sabit yer istasyonundaki GNSS ölçüleri hava fotoğrafı çekimine başlamadan en az 30 dakika önce başlatılır ve hava fotoğrafı çekimi tamamlandıktan en az 30 dakika sonra bitirilir. Uçaktaki GNSS alıcısı hava fotoğrafı çekimine başlamadan en az 15 dakika önce başlatılmalıdır. Uçaktaki ve yerdeki GNSS alıcılarının veri toplama sıklığı bir saniyeyi geçmemelidir.”

Uçuş yapılacak alanının sınırlandırılması yapıldıktan sonra, oto pilot marifetiyle elde edilecek hava fotoğraflarının arazi topoğrafyasına göre hangi yüksekliklerden çekilmesi gerektiği (Ülkemizde yasal max. irtifa 120m'dir.), oluşacak orto görüntüde enine ve boyuna bindirmelerin ne olması gerektiği, rüzgar ve sıcaklık faktörü göz önünde bulundurularak İHA' nın hangi hızda seyredeceği, alanın büyüklüğüne ve bindirme

oranlarına göre kaç adet hava fotoğrafının çekilmesi gerektiği, oto pilot tarafından çekilen görüntülerin kaplayacağı belleğin kapasitesi, uçuş alanında kullanılacak bataryaların süreleri, elde edilecek fotogrametrik ürünlerin amacına göre hava fotoğraflarının hangi açıdan çekileceği gibi birçok faktör hesaplanarak uçuş gerçekleştirilmesi gerekir. Tez kapsamında yapılan uygulamalarda tüm faktörler ayrı ayrı hesaplanarak uçuşlar gerçekleştirilmiştir.

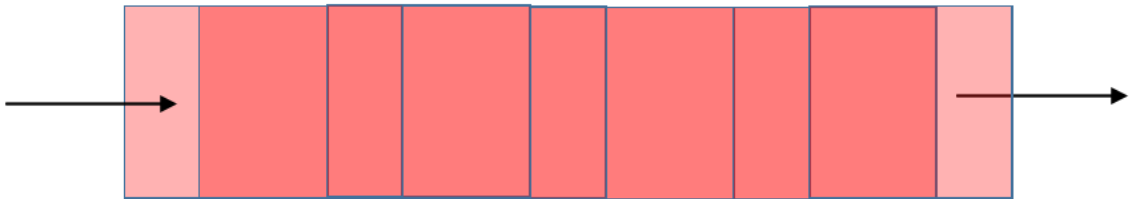
3.1.4. Hava fotoğraflarının çekimi

Dijital(Sayısal) Fotogrametri ile elde edilen çıktılarda geometrik yöntem olarak iki temel resim çekim tekniği uygulanır. Bunlar;

- Şerit Geometri Resim Çekim Tekniği
- Konvergent Geometri (Serbest) Resim çekim Tekniğidir.

Şerit geometri ile resim çekme tekniği:

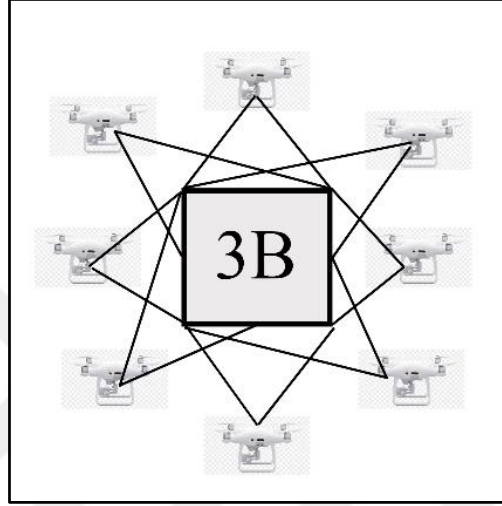
“Hava fotogrametrisinin temel resim çekme tekniğini oluşturan bu teknikte üç boyutlu olarak modellenen bölge ya da cisim üzerinde belli bir uzaklıktan örtü oranlarına uygun olarak stereo modellerin oluşturulması sağlanır (Şekil 3.4.). Bu teknikte cisme ya da bölgeye uzaklık (uçuş yüksekliği) resimlerin stereoskopik örtü oranları ve kullanılan kameranın odak uzaklığı belirleyici parametrelerdir (Ergün, 2019, Ders notları).”



Şekil 3.4. Şerit geometri resim çekimi.

Konvergent geometri resim çekme tekniği:

Konvergent geometri ile resim çekimi, daha çok üç boyutlu objelerin düşey cephelerinin modellenmesinde kullanılan bir resimleme tekniğidir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Konvergent geometri resim çekimi.

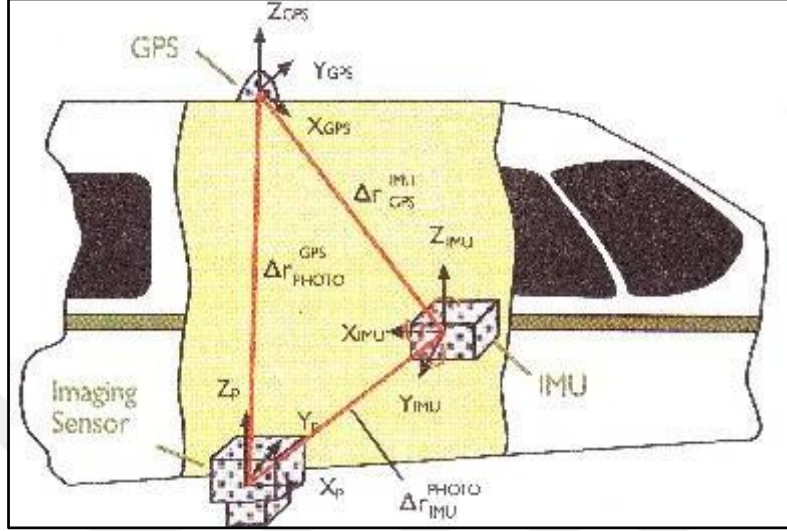
GPS ve IMU destekli hava triyangölasyonu:

Dar Temel çizgi fotogrametrisindeki parametrelerin bulunması için önemli bir araçtır.

“Hava triyangölasyonunda yeni donanımların kullanılması ile geliştirilen bir yöntem olan GPS (Global Positioning System) IMU (Inertial Measurement Unit) yöntemi (Şekil 3.6) triyangölasyon çalışmasını önemli ölçüde azaltmıştır.

Bu yöntemde uçuş sırasında her bir resim çekim anının dış yöneltme parametreleri ölçü değeri olarak kayıt edilmektedir. Dolayısıyla geo-referanslama için ayrı bir çalışma yapmaya gerek kalmamaktadır. Bu yöntemde kullanılan matematik yöntem bütünlük algılayıcı yöneltmesi olarak isimlendirilir. Bu yöntem çözüm olarak Işın demetleriyle dengeleme yöntemine çok benzer. Ancak dış yöneltme elemanları bilinmeyen değil ölçü değeri olarak alınır. Uçuş planlaması bakımından klasik yöntemle

göre tek farkı şeritler arası bağlantının ek uçuş ile sağlanmasıdır.” (Ergün, 2019, Ders Notları).



Şekil 3.6. GPS-IMU donanımı.

İHA üzerinde bulunan digital kameralar marifetiyle oluşturulacak fotogrametrik ürünler için oto pilot veya manuel modda uçuş planlamasında hesaplanan kriterlere göre gerekli görüntülerin elde edilmesi gerekir. Elde edilen bu görüntüler büro işlemlerinde iç ve dış yöneltme elemanları kullanılarak dengelenirler. Çalışmalarda kullanılan İHA üzerinde bulunan digital kameralarda GPS (Global Positioning System) ve IMU (Inertial Measurement Unit) birlikte kullanıldığı için dış yöneltme elemanları doğrudan belirlenmiştir. Tez kapsamında 1. ve 2. uygulamada fotoğraflar Şerit geometri ile resim çekim tekniği, 3. uygulamada ise konvergent geometri resim çekim tekniği kullanılarak hava fotoğrafları elde edilmiştir.

3.2. Büro Çalışması

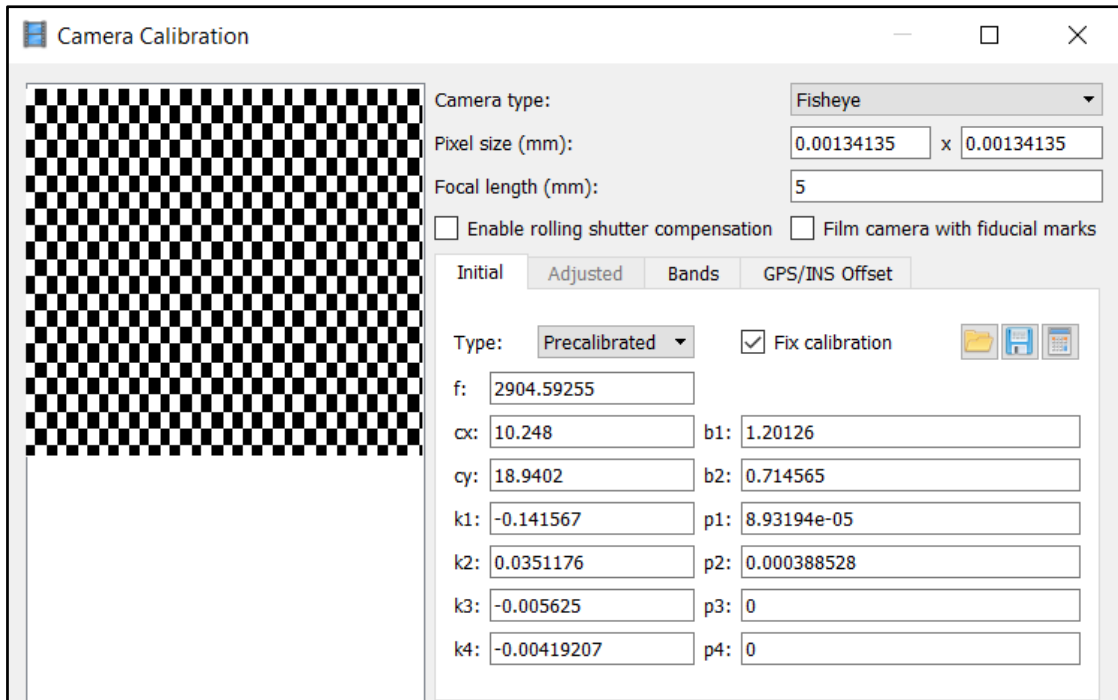
3.2.1. Kamera kalibrasyonu

Kamera kalibrasyonu görüntü bozukluklarını düzeltmek için gerekli bazı verilere ulaşmak için yapılır. Kamera kalibrasyonu, bozuk görüntü kaynağı yani kamera üzerinde uygulanır ve bu kalibrasyon verileri kameraya özeldir yani hangi kameradaki görüntü

düzeltilmek isteniyorsa kalibrasyon işlemi de o kamera üzerinde uygulanmalıdır. Kalibrasyon işlemi ile aşağıdaki verilere ulaşırız; <http://mesutpiskin.com/blog/goruntu-bozulmalari-ve-kamera-kalibrasyonu.html>. Erişim tarihi: 01.02.2019.

- Kamera Matrisi
- Bozulma katsayılarının çıkış vektörü (k_1, k_2, k_3, k_4).

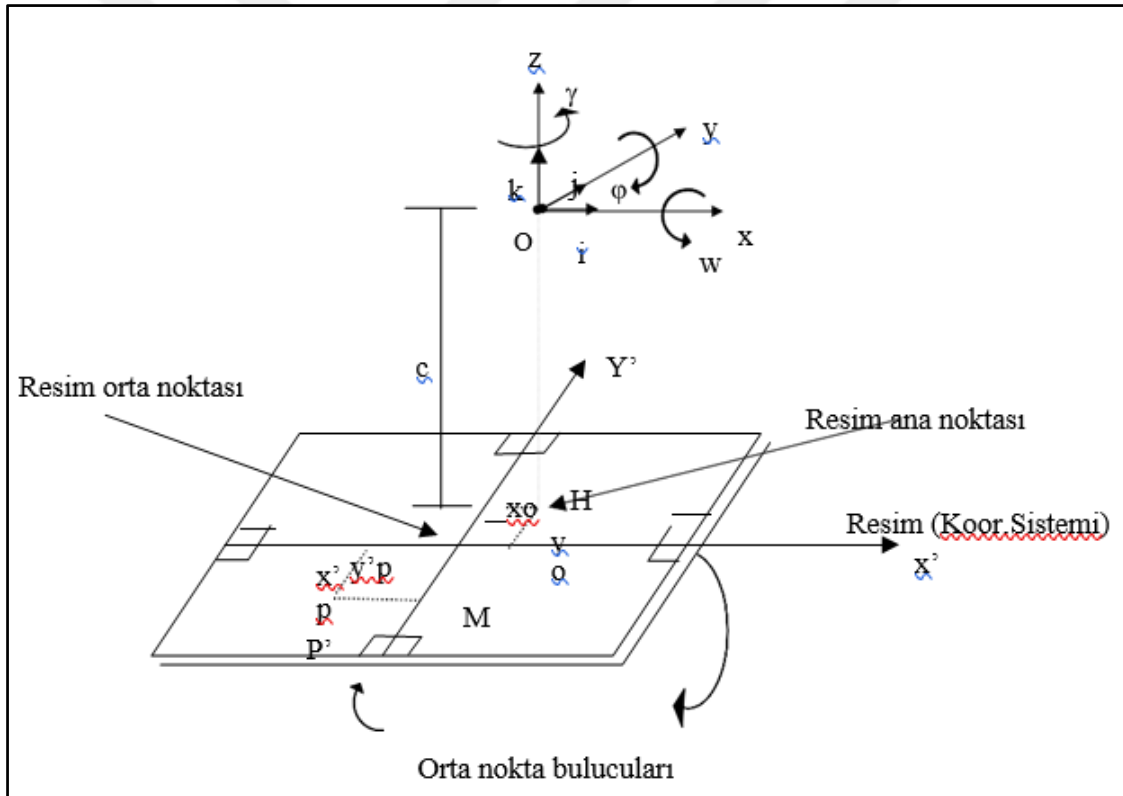
Kamera matrisi 3×3 boyutunda ve genellikle “K” olarak da adlandırılan bir matristir. Çıkış vektörü ise genellikle “D” olarak adlandırılır. Elde ettiğimiz bu veriler ile bozuk görüntüyü düzeltebiliriz. Kamera kalibrasyonu için birçok farklı algoritma geliştirilmiştir, bu algoritmalar referans noktaları kullanılarak oluşan bozulmayı hesaplamaya çalışır. Tez kapsamında kullanılan iki ayrı İnsansız Hava Aracında Frame ve Fisheye digital kameralar mevcuttur. Frame kamera kalibrasyonunu otomatik olarak oluşturmuş ancak Fisheye (Balıkgözü) kameradaki bazı görüntülerde bozukluklar olduğu gözlemlenmiştir. Bilgisayar ekranında satranç tahtası kullanılarak kalibrasyon ayarları yapılmış ve kalibrasyon parametreleri uygulamada kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Kamera kalibrasyon parametreleri.

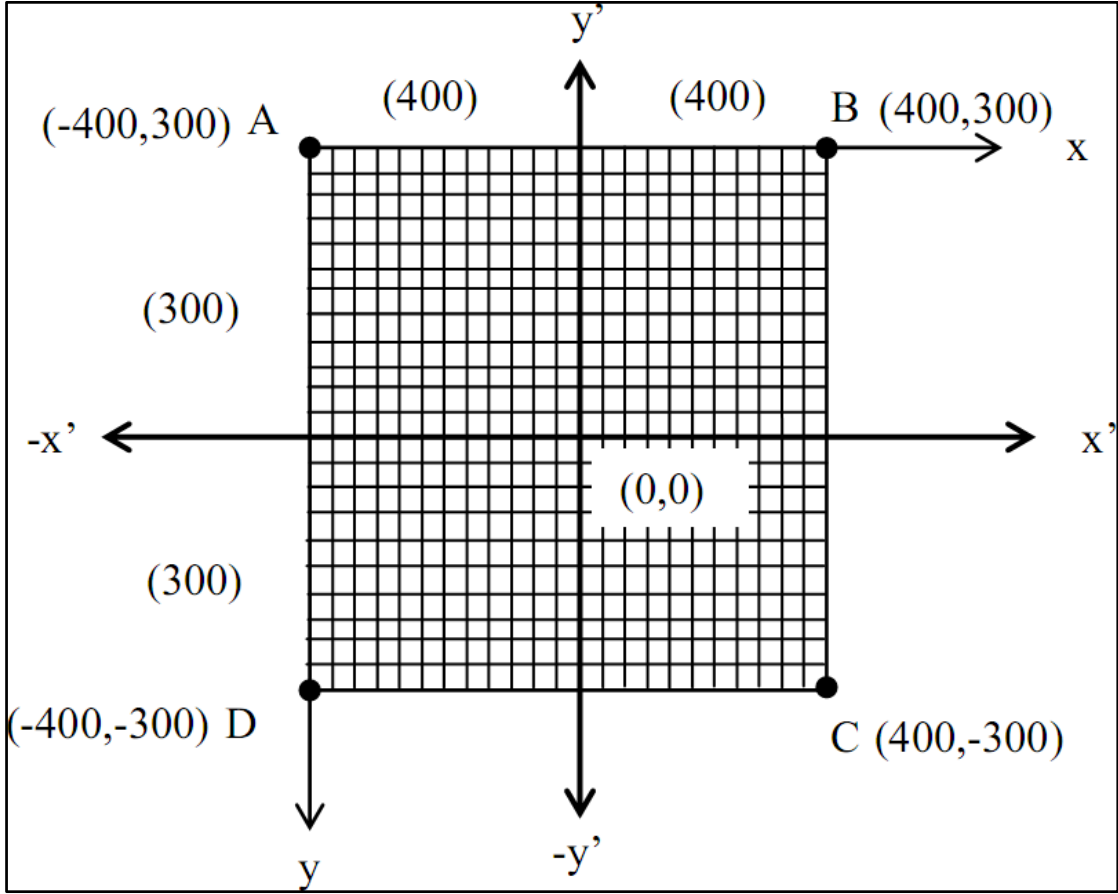
İç yöneltme:

“Resmi oluşturan ışınların, yani resim çekimi sırasında objektiften geçen ışınların küçültülmüş veya büyütülmüş olarak ışın demeti oluşturacak biçimde yeniden elde edilmesidir. İç yöneltme iz düşüm merkezine göre resim noktalarının konumunu esas olarak cisim uzayındaki ışınların aralarındaki açısal bağıntıyı ifade eder. Böylece resim koordinat sistemine göre, iz düşüm merkezinin konumu yöneltmenin geometrik elemanlarıyla ifade edilir. İç yöneltme ile resim çekim anındaki ışın demeti yeniden oluşur.” (Ergün, 2019, Ders Notları).



Şekil 3.8. İç yöneltme parametreleri (Marangoz, 2002).

“İç yöneltme elemanları, resim ana noktası H' nün orta noktaya göre konumu ve iz düşüm merkezinin resim düzlemine olan uzaklığıdır. Bu değerler hava fotogrametrisinde x_H' , y_H' , c yersel fotogrametride X_H' , Y_H' , c elemanlarıdır (Şekil 3.8).”



Şekil 3.9. Dijital iç yöneltme transformasyonu (Ergün, 2019, Ders notları).

“Sayısal ortamda iç yöneltme; kamera bilgilerindeki orta nokta bulucu koordinatlarının görüntü üzerindeki izleri ölçülür, bu ölçülere eşlenen görüntü üzerindeki pixellerin ortalaması alınarak asal nokta koordinatları pixel sisteminde koordinatlandırılmış olur.

Resim koordinatları hiçbir zaman doğrudan okunmaz, piksel koordinat sisteminden resim koordinat sistemine dönüşüm yapılarak elde edilen koordinatlar kullanılır. Koordinat eksenleri birbirine dik olduğu için Affine Koordinat Dönüşümü ortak noktalar vasıtasıyla yapılır (Şekil 3.9).

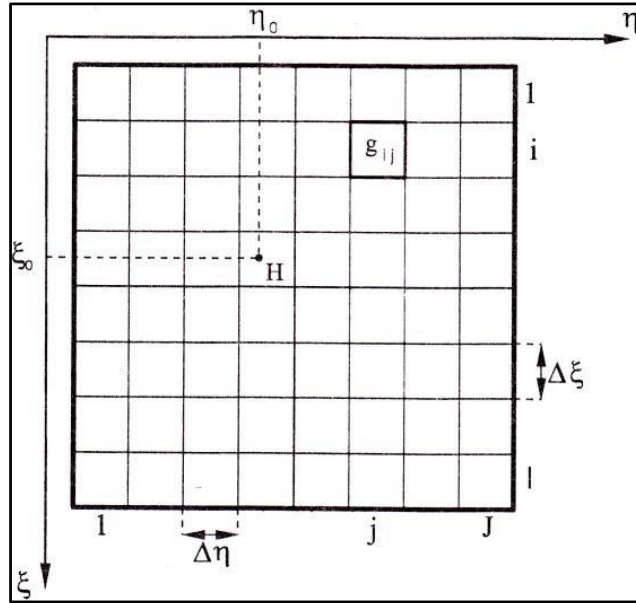
Kullanılan resmin ölçeğini dolayısıyla 1 pikselin büyüklüğünü bilmemiz gerekir. Kullandığımız sensörün 1 pikselinin büyüklüğünü bilmeliyiz.

Örneğin: 1 piksel = $4 \mu = 0.004 \text{ mm}$ iken;

$$\begin{array}{l}
 \underline{\mathbf{X}} \qquad \underline{\mathbf{Y}} \\
 \\
 A = \begin{Bmatrix} 0 & 0 \\ -400 \times 0.004 & 300 \times 0.004 \end{Bmatrix} \longrightarrow \text{Piksel koordinat } (x, y) \\
 B = \begin{Bmatrix} 800 & 0 \\ 400 \times 0.004 & 300 \times 0.004 \end{Bmatrix} \longrightarrow \text{Resim koordinat } (x', y') \\
 \\
 C = \begin{Bmatrix} 800 & 600 \\ 400 \times 0.004 & -300 \times 0.004 \end{Bmatrix} \qquad \begin{array}{l} x', y' = \text{Resim koordinat sis. (mm)} \\ x, y = \text{Piksel koordinat sis. (piksel)} \end{array} \\
 D = \begin{Bmatrix} 0 & 600 \\ -400 \times 0.004 & -300 \times 0.004 \end{Bmatrix} \qquad \begin{array}{l} x' = ax + y + c \quad y' = dx + ey + f \end{array}
 \end{array}$$

Metrik kameralarda iç yöneltme yapmak kolaydır. Çünkü resim orta nokta bulucuları resimler üzerinde mevcuttur. Fakat metric olmayan kameralarda orta nokta bulucuları bulunmadığından iç yöneltme işleminde sayısal olarak oluşturulan görüntünün köşe noktaları pixel koordinat sisteminde çözülerek sorun giderilir.

Piksel koordinat sisteminden resim koordinat sistemine dönüşümüne dijital fotogrametride iç yöneltme denir.



Şekil 3.10. Piksel ve resim koordinat sistemi için dijital gösterim (Ergün, 2019, Ders notları).

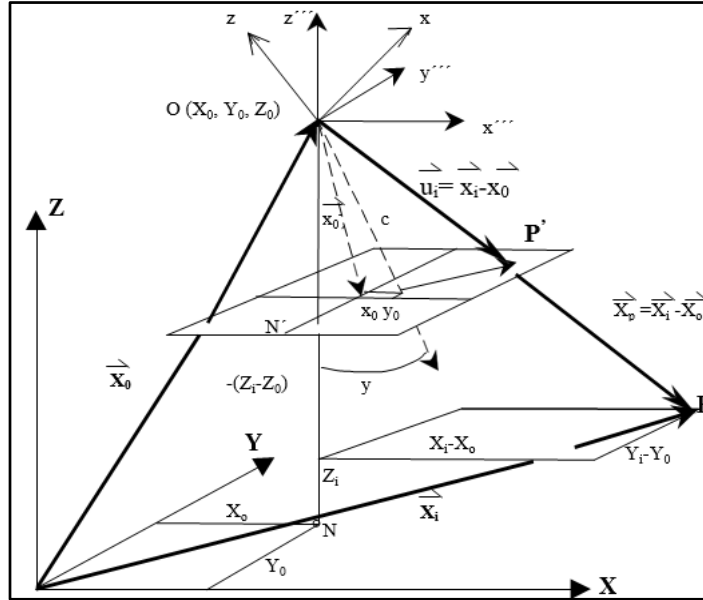
Bu geometrik düşünce yanında iç yöneltme parametrelerine optik izdüşümü belirleyen mercek hatalarının bilinmesi gerekir. İç yöneltme elemanlarının bilinmesi durumunda sabit değer olarak alınır. Dengeleme hesabında bilinen olarak kabul edilirler. Eğer bu değerler daha önceden laboratuvarında kalibrasyon ölçmeleriyle belirlenmiş iseler, o zaman düzeltme getirilecek bilinmeyen değerler olarak dengeleme hesabına katılırlar (Şekil 3.10).” (Ergün, 2019, Ders notları).

3.2.2. Fotoğrafların hizalanması

Dış yöneltme:

“Sayısal fotogrametride yöneltme işleminin son adımını oluşturan dış yöneltme işlemi fotogrametrik triyangülasyon olarak adlandırılan bütünleşik bir çalışmadır.

Fotogrametrik izdüşüm genel anlamda projektif izdüşümler içinde merkezi izdüşüm bağıntıları olan kolinearite (eş doğrusallık) ve koplenearete (eş düzlemlilik) koşullarını oluşturan lineer bağıntılar matematik temeller olarak kullanılır (Şekil 3.11).”



Şekil 3.11. Resim ve cisim koordinat eksenleri arasındaki genel bağıntılar (Marangoz, 2002).

Digital kameralarda bulunan GPS (Global Positioning System) ve IMU (Inertial Measurement Unit) özellikli 2 boyutlu dış yöneltme elemanları otomatik oluşmuş görüntüler, ışık, açı, boyut, bindirme gibi faktörler process edilerek Fotoğraflar olması gereken koordinatlara dengelenirler ve bu dengeleme neticesinde üç boyutlu seyrek nokta bulutları oluşur. Tez kapsamında yapılan tüm uygulamalarda ve İHA ile elde edilecek fotogrametrik ürün çıktılarında bu işlemin yapılması gerekmektedir.

3.2.3. Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi

BÖHHBÜY mevzuatına uygun bir şekilde ölçülen ve dengelendikten sonra kesinleşen yer kontrol noktaları, seyrek nokta bulutlarına göre hizalanmış fotoğraf çiftleri üzerinde işaretlenirler ve ilgili projeksiyona dönüşümleri gerçekleştirilir.

3.2.4. Çalışma alanının işaretlenmesi

Özellikle eğik açılardan elde edilmiş görüntülerin oluşturduğu geniş alanlı nokta bulutlarının çalışma kapasitesi, zamanı ve yoğunluğunu etkileyeceği düşünüldüğünde sadece çalışma yapılacak alanının seçilmesi daha kısa zamanda daha doğru bir ürün çıktısına imkân sunmaktadır. Çalışma alanının işaretlenmesi özellikle üç boyutlu objelerin elde edilmesinde önem arz etmektedir.

3.2.5. Yoğun nokta bulutunun oluşturulması

“Nokta Bulutu, çok boyutlu veriyi içinde tutan bir veri yapısına sahiptir. Nokta bulutları genelde üç- boyutlu verileri göstermek için kullanılır ve bunlar belirli bir çözünürlükte nesne yüzeyine ait her bir noktanın x, y ve z koordinatlarıdır.”

Yer Kontrol Noktalarına göre projeksiyon dönüşümü yapılan fotoğraflar process edilerek 3B Bina, Sayısal Arazi Modeli vb. çıktılarda kullanılmak üzere yoğun nokta bulutu oluşturulur.

3.2.6. Nokta bulutunun sınıflandırılması

Oluşan nokta bulutlarının RGB ve yükseklik değerlerine göre zemin, bitki, bina vb. objelerin sınıflandırılmasında kullanılır.

3.2.7. 3B ağ modeli oluşturma

Çokgenlerden oluşan 3 Boyutlu modelin yapısal yapısıdır. 3B kafesler, yükseklik, genişlik ve derinlikli şekilleri tanımlamak için X, Y ve Z eksenlerinde referans noktaları kullanır. Nokta Bulutundaki noktalar kullanılarak, 3 boyutlu kafesler oluşturulur.

3.2.8. 3B ağ modeline doku kaplanması

Objelerin gerçek boyut ve görüntülerinin dijital ortamda elde edilebilmesi için yüksek çözünürlüklü görüntülerden faydalanmak gerekir. Dijital olarak üç boyutlu obje modellerinin oluşturulmasında ki önemli detaylardan bir tanesi de Şerit Geometri Resim Çekim Tekniği ve Konvergent Geometri (Serbest) Resim Çekim Tekniği yöntemleriyle çekilen hava fotoğraflarının üç boyutlu modelde birlikte kullanılmasıdır. *Bunun için, sanal gerçeklik (virtual reality) tekniklerinden birisi olan görüntü kaplama tekniği kullanılır.*

Fotogrametrik yöntemle elde edilmiş görüntülerden oluşan doku mozaïği üç boyutlu ağ model üzerine kaplanır.

3.2.9. Sayısal yükseklik modeli ve sayısal arazi modeli oluşturma

Sayısal yükseklik modeli:

“Bir arazi yüzeyini üç boyutlu olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilmiş bir sayısal modeldir. Sayısal Yükseklik Modeli, kısaca Topoğrafyanın dijital gösterimidir. Bu model Arazi Analizleri gibi birçok üç boyutlu uygulamalar için veri kaynağıdır. Arazi eğimi, arazi bakışı, havza alanı, eğim uzunluğu gibi özellikler model üzerinden belirlenebilmektedir.”

Sayısal yükseklik modelini oluşturmak için üç boyutlu ağ modeli veya yoğun nokta bulutları kullanılır.

Sayısal arazi modeli:

“Yeryüzüne ait konum ve yükseklik bilgilerinden elde edilen, yalın arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, bina vb. diğer tüm objelerin de dâhil edildiği matematiksel bir yüzeydir. Bu modeller, üç Boyutlu kent modeli, sivil havacılık, siluet analizleri, rüzgar ve güneş enerjisi analizleri gibi çalışma alanlarının yanında topografya ile ilişkisi olan tüm birimlerin temel ihtiyacını oluşturmaktadır.”

Sayısal yüzey modelini oluşturmak için zemin detayları sınıflandırılmış yoğun nokta bulutları kullanılır.

3.2.10. Ortofoto

“Arazi topoğrafyasındaki yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmeler ile algılayıcı yöneltme hatası, mercekle bozulmaları ve yeryüzünün küreselliğinden kaynaklanan hataların giderildiği yer referanslı ortogonal görüntüdür.”

Ortofoto, hava fotoğraflarının çekilip distorsiyon, eğiklik ve yükseklik hataları giderildikten sonra, koordinatlı hale getirilen resimlerdir. Eğer Ortofoto true (doğru, gerçek) değil ise sadece bilgi amaçlı kullanılır. Alınan ölçüm ve koordinatlar kamera distorsiyon hatalarına farklılıklar gösterecektir. Ortofoto 1/1000 ölçekli olarak altlık kullanılacak ise mutlaka True ortofoto olmasına dikkat edilmesi gerekmektedir.

3.3. Tez Kapsamında Kullanılan Cihaz ve Yazılımlar

3.3.1. İnsansız hava araçları, kamera ve GNSS alıcısı

Çalışma alanında otomatik pilot uçuş yeteneğine sahip Dji Phantom 2 Vision + model insansız hava aracı ile üzerine monte edilmiş 14 MP çözünürlüklü FC200 digital camera (Fisheye) ve Dji Phantom 4 model insansız hava aracı ile üzerine monte edilmiş

12.4 MP çözünürlüklü FC330 digital camera kullanılarak görüntüler elde edilmiştir. Kamera ve İnsansız Hava Araçlarına ait teknik özellikler aşağıda açıklanmıştır.

DJI phantom 2 vision +

- Ağırlık: 1242 g
- Max hız: 15m/s
- Max Eğim Açısı: 35°
- Max Uçuş Süresi: 20 dak
- Cihaz Çalışma Sıcaklığı: 0° ile 40°C
- Kullanılan Uydu Sistemi: GPS



Şekil 3.12. DJI phantom 2 vision +.

DJI phantom 4

- Ağırlık: 1380 g
- Max hız: 16m/s
- Max Eğim Açısı: 35°
- Max Uçuş Süresi: 28 dak
- Cihaz Çalışma Sıcaklığı: 0° ile 40°C
- Kullanılan Uydu Sistemi: GPS/GLONASS



Şekil 3.13. JI phantom 4.

FC200 dijital kamera (Balıkgözü)

- Sensor: 1/2.3"
- Etkin Pikseller: 14 MP
- Çözünürlük: 4384×3288
- Lens: FOV 110° / 85°
- Kamera Çalışma Sıcaklığı: 0° ile 40°C

(Hava sıcaklığının 42⁰ olduğu bir bölgede (Khartoum) yapılan uçuş neticesinde nokta bulutunun yükseklik değerlerinde yaklaşık 1m. Hata ile karşılaşılmıştır.)



Şekil 3.14. FC200 dijital kamera (balıkgözü).

FC330 dijital kamera (Frame)

- Sensor: 1/2.3" CMOS
- Etkin Pikseller: 12.4 MP
- Çözünürlük: 4000×3000
- Lens: FOV 94 ° 20 mm (35 mm format eşdeğeri) f / 2,8 odaklama ∞
- Kamera Çalışma Sıcaklığı: 0° ile 40°C



Şekil 3.15. FC330 dijital kamera (frame).

Tez kapsamındaki uygulamalarda kullanılan insansız hava araçları ile fotogrametrik çıktılarının elde edilmesi için insansız hava araçlarının donanımında bazı parçaların olması gereklidir (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. İnsansız hava aracına entegre parçalar.

GNSS-IMU (Global navigation satellite systems):

“Hava fotoğrafı çekimi sırasında çekilen fotoğrafın izdüşüm merkezinin üç boyutlu koordinatlarını ve üç eksenindeki dönüklüklerini hesaplayan sistemdir,”

GNSS alıcısı:

- Vanguard Teknolojisi™ ile 226 universal uydu izleme kanalı
- Gelişmiş Fence Anten™ Teknolojisi
- 100Hz güncelleme hızı ile yüksek hassasiyetli RTK performansı
- Radyo modem ve GSM modem kombinasyonu
- 32GB SDHC harici hafıza desteği
- Çalışma esnasında çıkarılabilen çift batarya



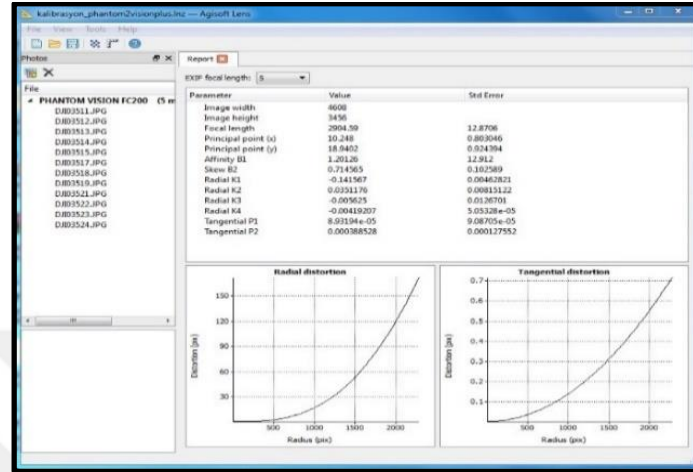
Şekil 3.17. GNSS seti.

3.3.2. Tez kapsamında kullanılan yazılımlar

Agisoft photoscan:

Fotoğraf makinesi ile elde edilen görüntüleri olması gereken konumlarına dengeleyerek 3 boyutlu nokta bulutu oluşturur. Oluşturulan bu noktalar ile, arazi yüzey modellemesi, kübaj hesapları, Ortofoto görüntüleri vb. çalışmalar yapılır. Agisoft Lens programı sayesinde FC200 Dijital Kamera ile elde edilen görüntüler kamera kalibrasyonu yapıldıktan sonra kalibrasyon dosyası kaydedilerek, Agisoft Photoscan Pro yazılımında

hava fotoğraflarının kalibrasyonu program üzerinden manuel, FC330 Dijital Kameradan alınan görüntüler ise otomatik olarak kalibre edilmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Agisoft photoscan kalibrasyon diyagramı.

Program tarafından fotoğraf çiftleri otomatik eşleşme yöntemiyle veya yer kontrol noktaları yardımıyla coğrafi bilgi sistemlerine altlık olacak şekilde (Nokta Bulutu, 3B Ağ Model, SYM, SAM, Ortofoto) fotogrametrik ürünler elde edilmiştir. Elde edilen bu ürünlerin, istenilen koordinat sisteminde birçok veri formatında export edilmesi mümkündür. Tez kapsamında yapılan projemizde 3B Ağ Model, Collada formatında Taşkın Analizi' ne altlık oluşturulacak şekilde dışa export edilerek Arc Scene programında kullanılmıştır.

Agisoft Photoscan Pro Trial versiyonunda çalışma alanlarıyla ilgili gerekli fotogrametrik ürünlerin elde edilmesi için aşağıda belirtilen işlemler sırasıyla yapılmıştır.

Pix4D mapper:

Pix4D Mapper programı, RGB, termal ve multispektral görüntüleri 3D haritalara ve 3B modele dönüştürmek için fotogrametri ve bilgisayarlı görüntü algoritmaları kullanan bir yazılımdır. Pix 4D programı da yine Agisoftla benzer özellikte, insansız hava araçlarıyla elde edilen hava fotoğraflarını kıymetlendirerek, Nokta Bulutu, 3B Ağ Modeli, Sayısal Yüzey Modeli, Ortofoto görüntüleri ve Agisoft programında farklı olarak

oluşan modelin Video Animasyonu oluşturma seçeneği sunmaktadır. Tez kapsamında Uygulama 3 içerisinde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kütüphane Binasının 3 Boyutlu Video Animasyonu oluşturma işlemi Pix4d programı ile oluşturulmuştur.

Sketchup:

Sketchup Mimarlar, mühendisler, film yapımcıları, oyun geliştiricileri ve üç boyutlu modelleme gerektiren hemen her alandaki kullanıcılar için tasarlanmış bir 3B Modelleme yazılımıdır. Aynı zamanda arayüzü diğer çizim programları kadar karmaşık olmayan, basit ama etkili bir 3D programıdır.

Tez kapsamında Uygulama 1 içerisinde Fotogrametrik yöntemlerle elde edilen 3 Boyutlu Bina Modellerinin dışında, Sketchup 3 boyutlu tasarım programı kullanılarak Mimarlık ve Tasarım Fakültesinin mevcut durumu modellenmiş ve collada formatında Arcscene programında kullanılmak üzere export edilmiştir.

Arcscene:

ArcScene, GIS verilerinizi üç boyutlu olarak görüntülemenizi sağlayan bir 3D görselleştirme uygulamasıdır.

ArcScene, 3B ortamındaki birçok veri katmanını kaplamamıza olanak tanır. Özellikler, geometri özellikleri, katman özellikleri veya tanımlanmış bir 3B yüzeyden yükseklik bilgisi sağlar ve 3B görünümündeki her katman farklı şekilde işlenebilir. Farklı mekansal referanslara sahip veriler ortak bir projeksiyona yansıtılarak veya veriler yalnızca göreceli koordinatlar kullanılarak görüntülenebilir. ArcScene, birçok analiz aracı ve fonksiyonuna erişim sağlayan coğrafi işlem ortamı ile tam olarak entegredir.

Arcscene programında, Agisoft programından ve Sketchup programlarından elde edilen veriler kullanılarak, Hassas Sayısal Yükseklik Modeli üzerinden yapay su taşkın modeli ile Mimarlık ve Tasarım Fakültesinin, Van Gölü' nün afet anında hangi su kotunda sular altında kalınacağı hesaplandı ve animasyonu oluşturulmuştur.

3.4. Uygulama I

Mimarlık Tasarım Fakültesi binası ile Van Gölü kıyısı arasında kalan bölge birinci uygulamanın çalışma alanını oluşturmaktadır. Güzergâh alanı içerisinde İller Bankası A.Ş.' ye ait nirengi taşına ilaveten on iki adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. On iki adet yer kontrol noktasının yönetmelik gereği hata oranları hesaplandıktan sonra, karesel ortalama hata miktarı tecviz dışında kalan dört adet nokta çalışmadan çıkarılmış, geriye kalan sekiz adet nokta çalışmada kullanılmıştır. Görüntüler üç farklı etapta çekilmiş ve bu çekimlerde iki farklı modelde insansız hava aracı kullanılarak, uçuş planı 120 m yükseklik %75 enine ve %80 boyuna bindirme şeklinde yapılmıştır.

Çalışma Alanı Şekil 3.19'da gösterilmiştir.

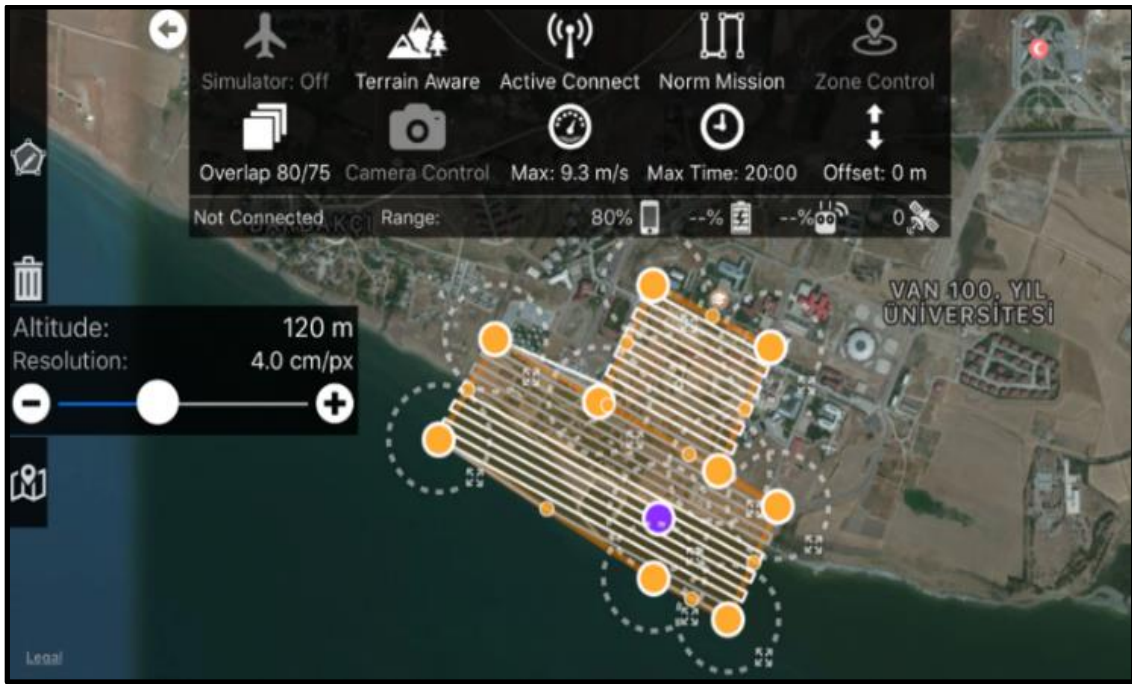


Şekil 3.19. Uygulama I çalışma sahası.

3.4.1. Arazi çalışması

Uçuş yapılacak bölgenin tahdit sınırları Google Earth programı üzerinde belirlenerek çalışma alanındaki bindirmeli görüntüler de kullanılmak üzere yer kontrol noktalarına ait kanava oluşturulmuş ve N.276 noktasına Sabit GPS istasyonu kurulduktan

sonra 12 adet 45x45 cm'lik levhalar yardımıyla yer kontrol noktası Real Time Kinematik GPS yöntemiyle zemine aplane edildikten sonra değişik periyotlarda ölçüleri yapılmıştır. Görüntülerin elde edilmesi işlemleri ile alakalı olarak IOS işletim sistemi uyumlu Maps Made Easy uygulaması yardımıyla uçuş alanının üç etapta iki değişik insansız hava aracı modeli kullanılarak toplam 406 hava görüntüsü çekilerek 120 metre yükseklikten enine %75 boyuna %80 bindirme kullanılarak (Şekil 3.20) max. 9.3 m/s hızla uçuşu gerçekleştirilmiştir.

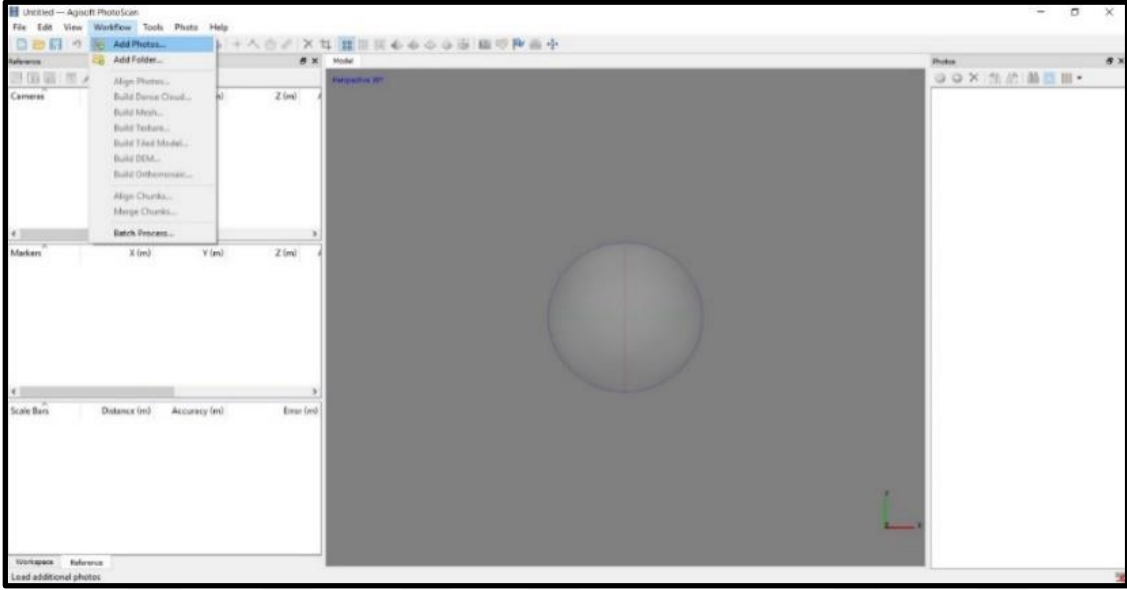


Şekil 3.20. Auto pilot ekranı – uçuş planlaması.

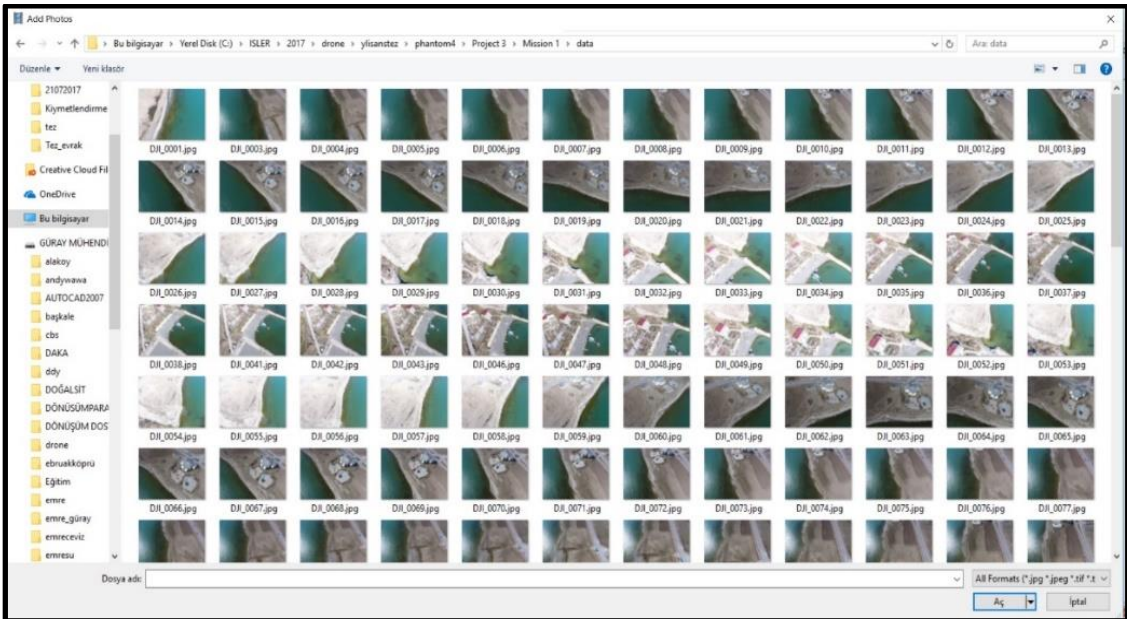
3.4.2. Büro çalışması

İki ayrı zamanda, Real Time Kinematik GPS yöntemi ile ölçülen Yer Kontrol Noktalarının dengeleme işlemleri bilgisayar ortamında Topcon Survey Tools programı yardımıyla yapılmış ve hatalı ölçümü belirlenen dört adet yer kontrol noktası çalışmadan çıkarılarak geriye kalan sekiz adet yer kontrol noktası Agisoft yazılımı içerisinde kıymetlendirme işleminde kullanılmak üzere *.Csv formatında çalışma klasörüne kaydedilmiştir.

Agisoft programı açıldıktan sonra, workflow bölümü içerisinde bulunan Add Photos sekmesi (Şekil 3.21) tıklandıktan sonra çalışma alanına ait insansız hava araçlarıyla elde edilen kıymetlendirme işlemlerinde kullanılacak hava fotoğrafları seçilmiştir (Şekil 3.22).

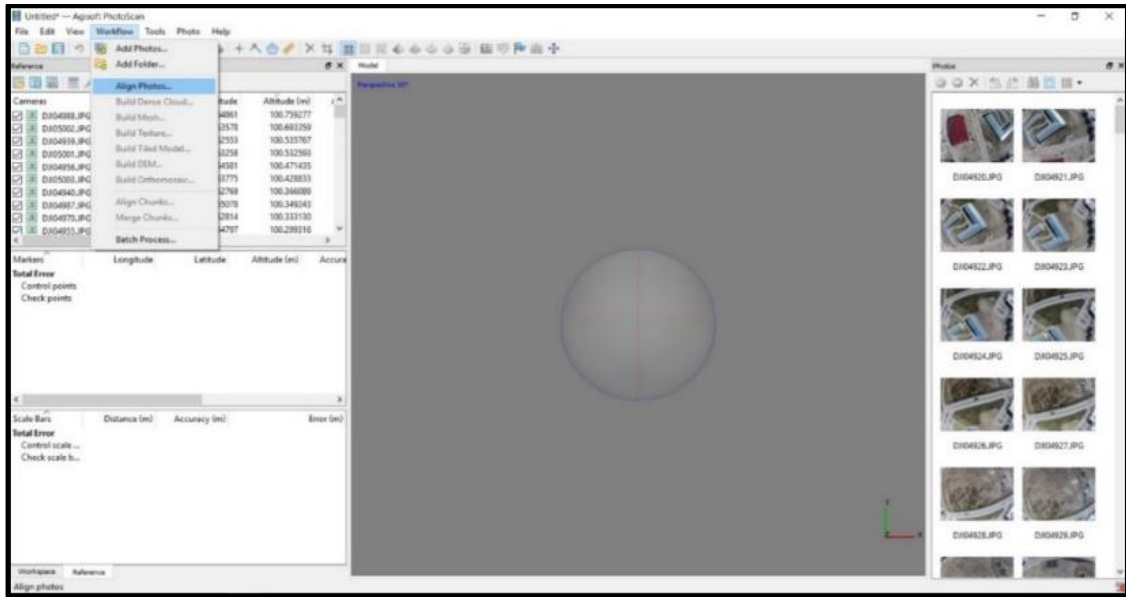


Şekil 3.21. Agisoft photoscan resim ekleme menüsü.

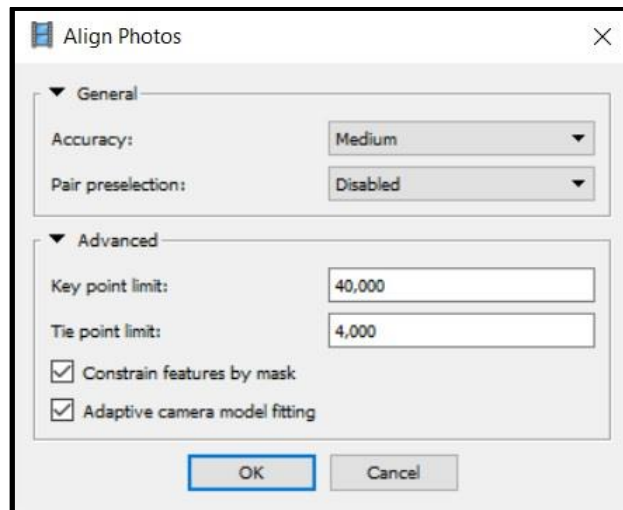


Şekil 3.22. Hava fotoğrafları ön izleme menüsü.

Kamera kalibrasyon işlemleri tamamlandıktan sonra, seçilen fotoğraf çiftlerinin hizalanması işlemini yapmak için, workflow bölümünde bulunan align photos sekmesinden (Şekil 3.24) gerekli ayarlar yapıldıktan sonra ok tuşuna tıklanmıştır. Nokta bulutu oluşturmak için uygulama I çalışmamızda hassasiyet olarak orta seviye ayarlandıktan sonra (Şekil 3.23) ilk aşamada yaklaşık olarak 319.097 nokta bulutu oluşturulmuştur.

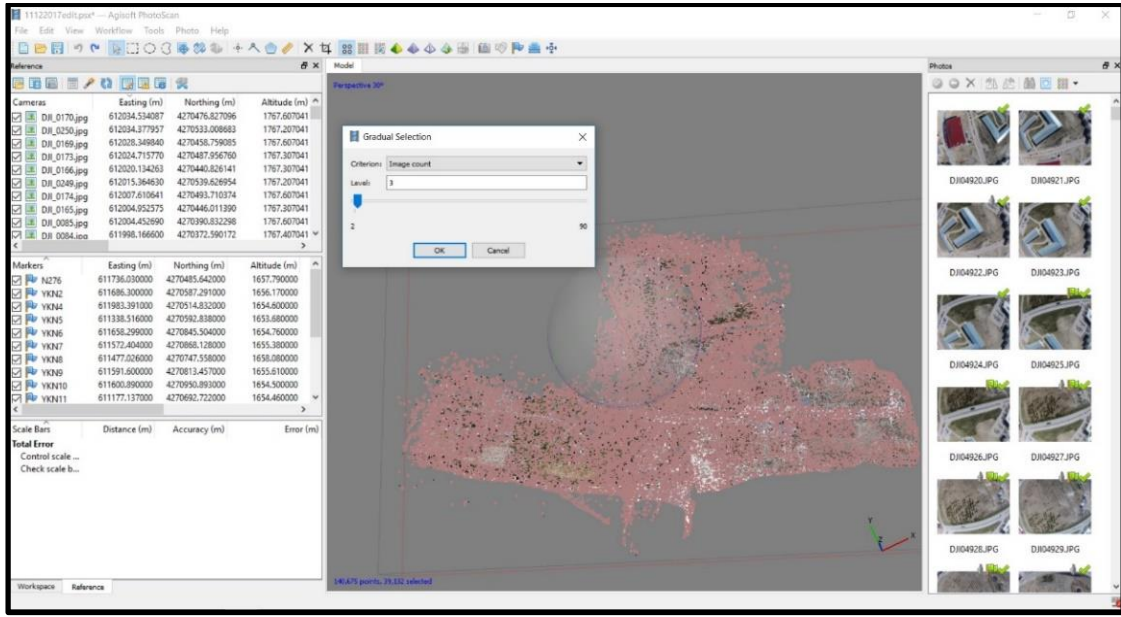


Şekil 3.23. Uygulama I fotoğrafların hizalanması işlemi.



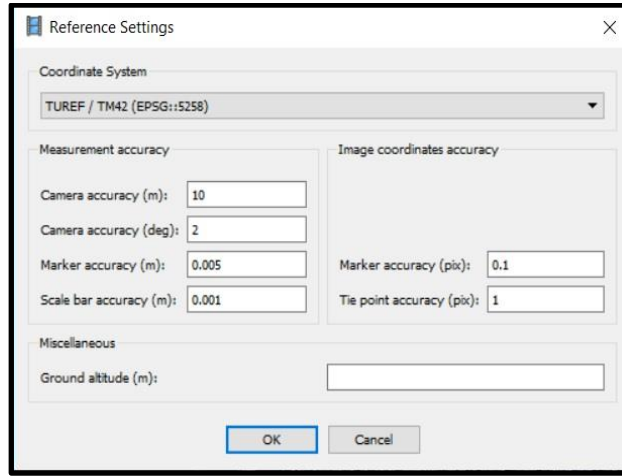
Şekil 3.24. Uygulama I align photos parametreleri.

Align photos işlemi tamamlandıktan sonra oluşturulan seyrek nokta bulutlarından, üst sekmede bulunan model kısmından gradual selection sekmesinden noise nokta bulutlarının temizlenme işlemi yapıldı. Bu temizleme neticesinde proje alanımızda 286.497 nokta bulutu sonra ki uygulama adımlarında kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 3.25).



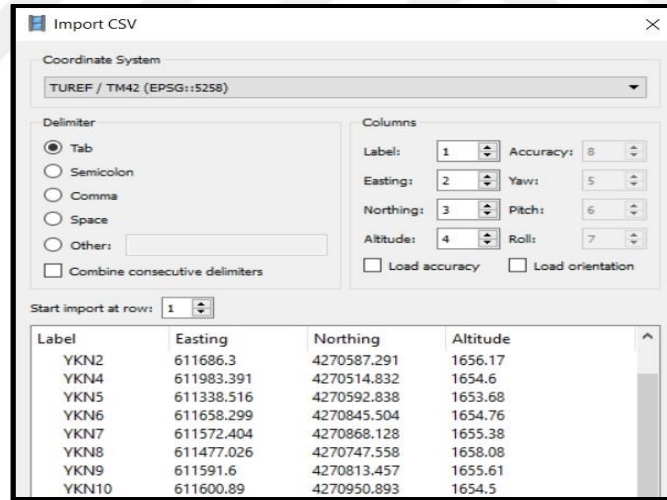
Şekil 3.25. Uygulama I gradual selection işlemi.

İnsansız hava aracında bulunan kamera yardımıyla elde edilen görüntülerin koordinat sisteminin WGS84 – EPSG: 4326 olarak tanımlı olduğu görülmüştür. Oluşturulan fotogrametrik çıktılarının bölgedeki mevcut verilerle ve GPS yardımıyla ölçülen Yer Kontrol Noktalarının koordinat sistemiyle uyumlu olması açısından Referanslar bölümünden çalışma yapılan alanın koordinat sistemi TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonuna dönüştürülmüştür (Şekil 3.26).



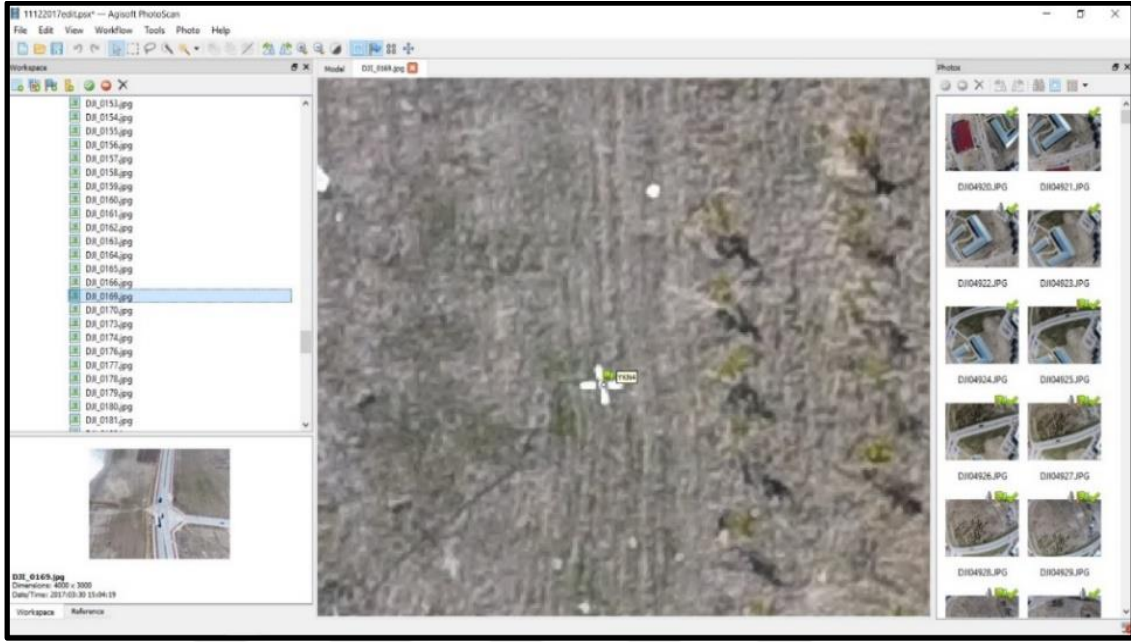
Şekil 3.26. Nokta bulutlarının koordinat sistemi dönüşümü.

Real Time Kinematik yöntemle ölçülen ve dengelenen *. Csv formatlı Yer Kontrol Noktaları program içerisine import edilmiştir (Şekil 3.27).



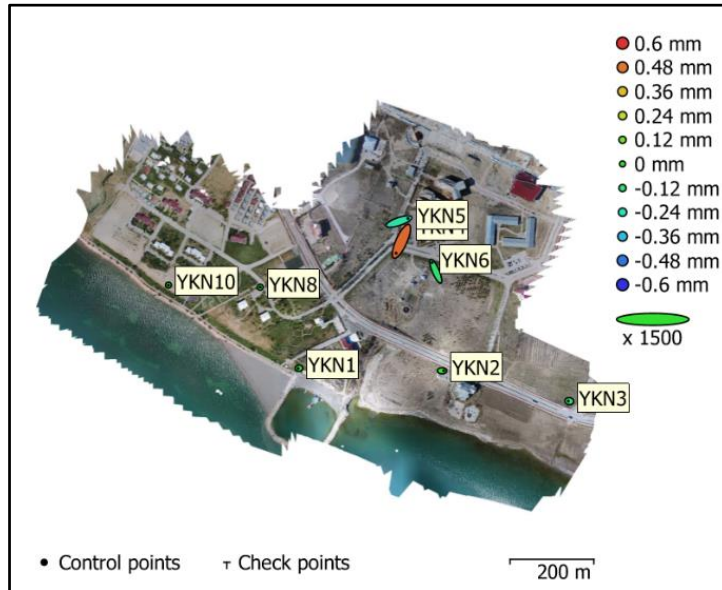
Şekil 3.27. Import edilen YKN koordinatları.

Markers bölümüne yüklenen Yer Kontrol noktalarının fotoğraflar üzerindeki gerçek yerleri ile eşleştirme yapılabilmesi için, koordinat tablosu üzerinde gerekli noktaya sağ tıklanarak Filter Photos by Markers işlemi seçildikten sonra, ilgili yer kontrol noktasının fotoğraf çiftlerinde işaretlenmeleri yapılmıştır (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işaretlenmesi.

Yer Kontrol Noktaları işaretlenmeleri tamamlandıktan sonra referans bölümünde Optimize Cameras işlemi yapılarak seyrek nokta bulutları WGS84 – EPSG: 4326 projeksiyonundan TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonunda olması gereken koordinata dengelenme işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29. Yer kontrol nokta yerleri ve hata tahminleri.

Fotoğraf çiftlerinde işaretleme işlemleri yapılan yer kontrol noktaları optimize edilerek karesel ortalama hataları tespit edilmiştir (Çizelge 3.5 ve Çizelge 3.6).

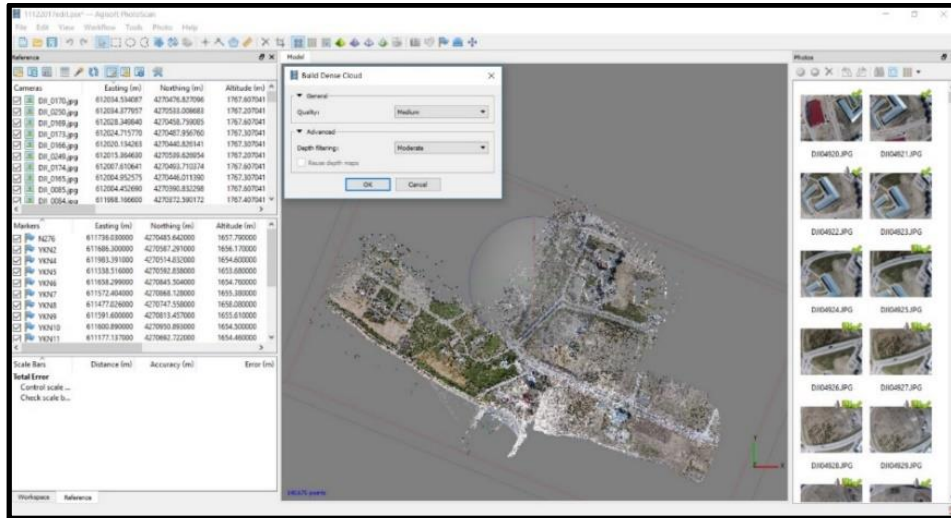
Çizelge 3.5. Uygulama I yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.

Toplam Nokta Sayısı	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
8	1.27462	1.67847	0.0200964	2.10759	2.10768

Çizelge 3.6. Uygulama I yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik.

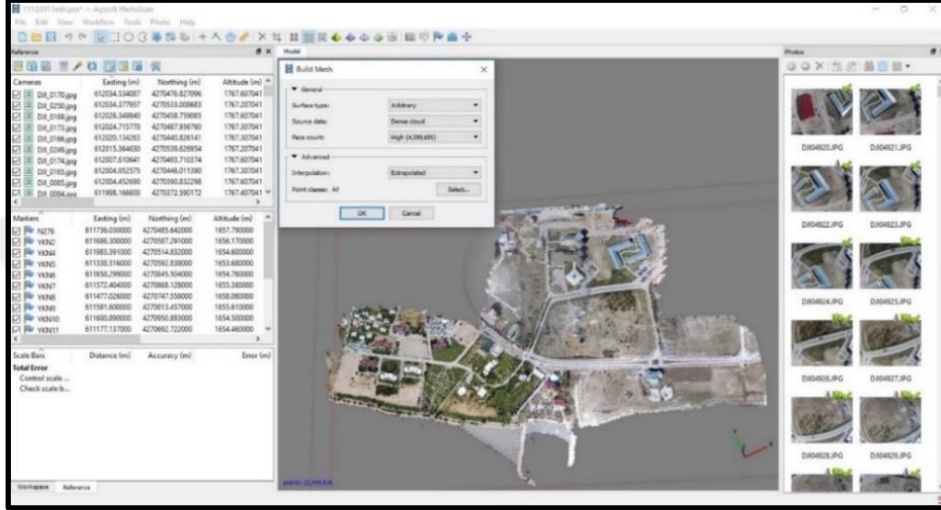
Noktalar	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
YKN 1	-0.264472	-0.0320666	-0.00307415	0.266427	0.189 (14)
YKN 2	0.55167	-0.00188753	0.00170889	0.551676	0.214 (96)
YKN 3	-0.304896	0.0373762	-0.0115789	0.307396	0.290 (16)
YKN 4	-1.69301	-3.74012	0.0505854	4.10577	0.221 (21)
YKN 5	2.87394	0.968659	-0.0204006	3.03286	0.166 (30)
YKN 6	-1.18496	2.75844	-0.0104605	3.0022	0.186 (22)
YKN 8	1.46604e-06	-4.39458e-07	1.47311e-06	2.12425e-06	0.225 (23)
YKN 10	4.98995e-07	5.50567e-07	9.61542e-07	1.21519e-06	0.249 (27)
Toplam	1.27462	1.67847	0.0200964	2.10768	0.217

Yer kontrol noktaları fotoğraf çiftlerinde işaretlendikten ve seyrek nokta bulutları ile dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra program üzerinde Workflow bölümü içerisinde bulunan build dense cloud sekmesi tıklanır ve çalışma alanına ait Orta çözünürlükte toplam 22 saat 40 dakika sürede 24.967.794 adet sıklaştırılmış yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur (Şekil 3.30).



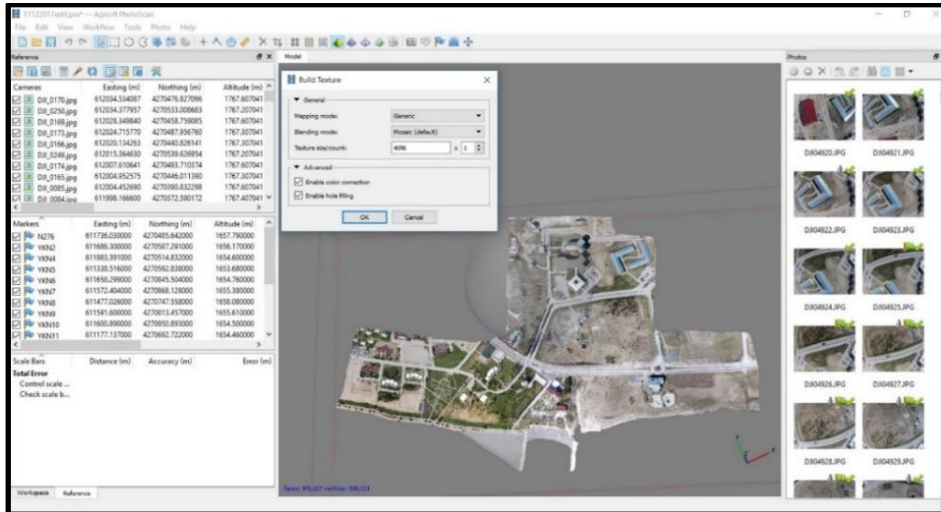
Şekil 3.30. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.

Sık Nokta Bulutu işlemi tamamlandıktan sonra, Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Mesh sekmesi tıklanır ve çalışma alanına ait 3B Ağ Modeli oluşturulur (Şekil 3.31). Çalışma alanında Yüksek çözünürlükte 4.993.555 adet yüzeyin bulunduğu bir model oluşturulmuştur.



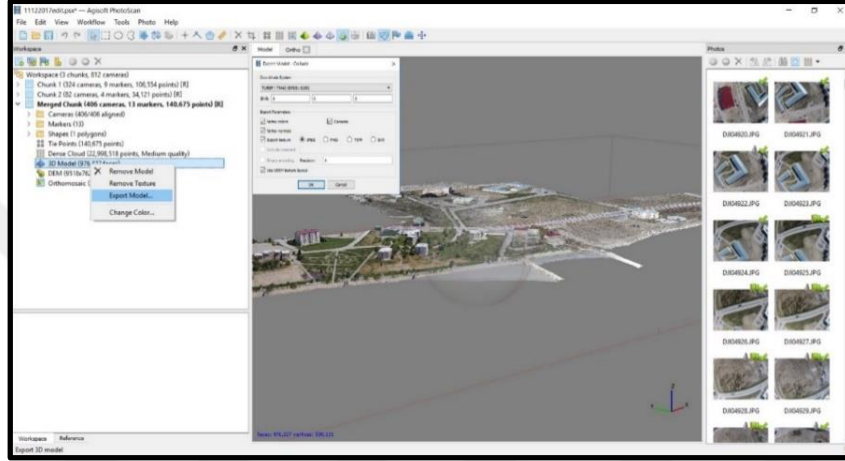
Şekil 3.31. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.

3B ağ model işlemi tamamlandıktan sonra, workflow bölümü içerisinde bulunan build texture sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 3B ağ modeline 4096*4096 piksel çözünürlükte doku kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.32).



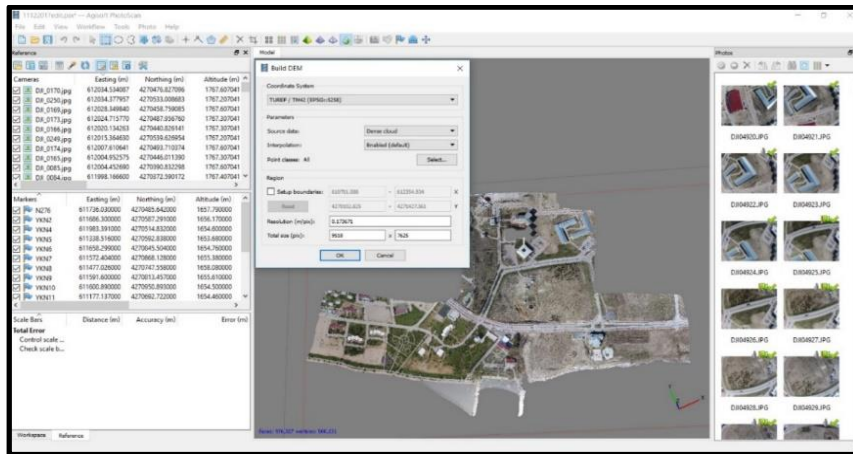
Şekil 3.32. 3B ağ modeline texture(doku) kaplama penceresi.

Yüksek çözünürlüklü doku kaplaması yapılan 3B Ağ Modeli Export edilerek daha sonra ki işlemlerde Taşkın Analizinde kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 3.33). Oluşturulan üç boyutlu modelin dışarı aktarılması esnasında üç bantlı doku kaplamanın da dışarı aktarılması unutulmamalıdır. Aksi takdirde model dışarıya gri skala olarak aktarılır.



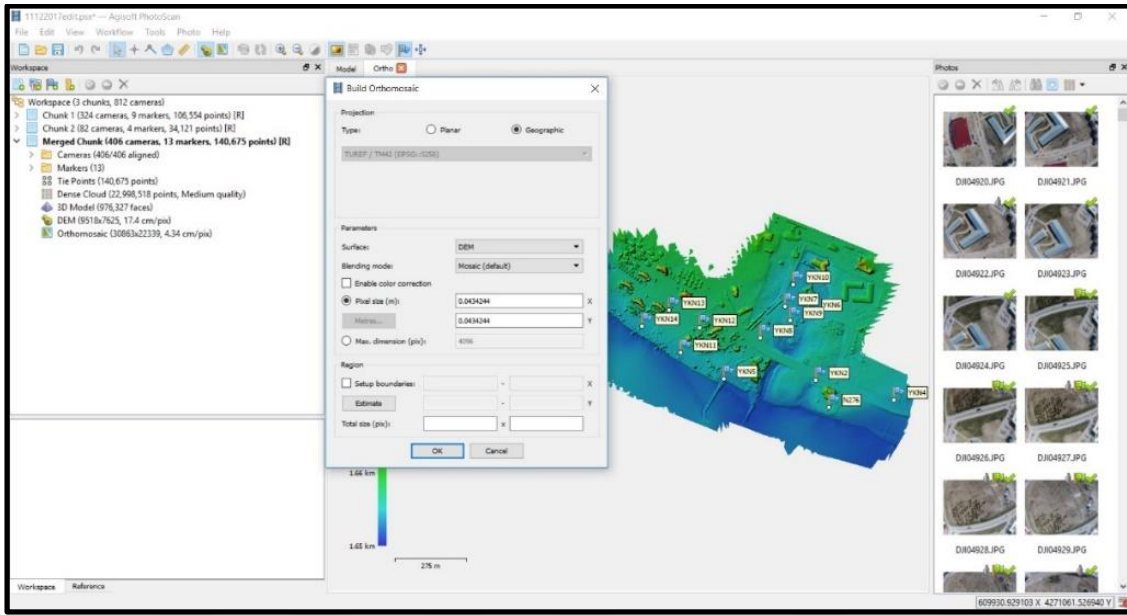
Şekil 3.33. Doku kaplanmış 3B ağ modelinin export penceresi.

Program üzerinde Workflow bölümü içerisinde bulunan Build DEM sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 9177*7342, 17.6 cm/pix çözünürlükte Sayısal Yükseklik Modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.34). Oluşturulan bu hassas sayısal yükseklik modeli taşkın analizinde kullanılmak üzere önemli bir fotogrametrik çıktıyı oluşturmuştur.

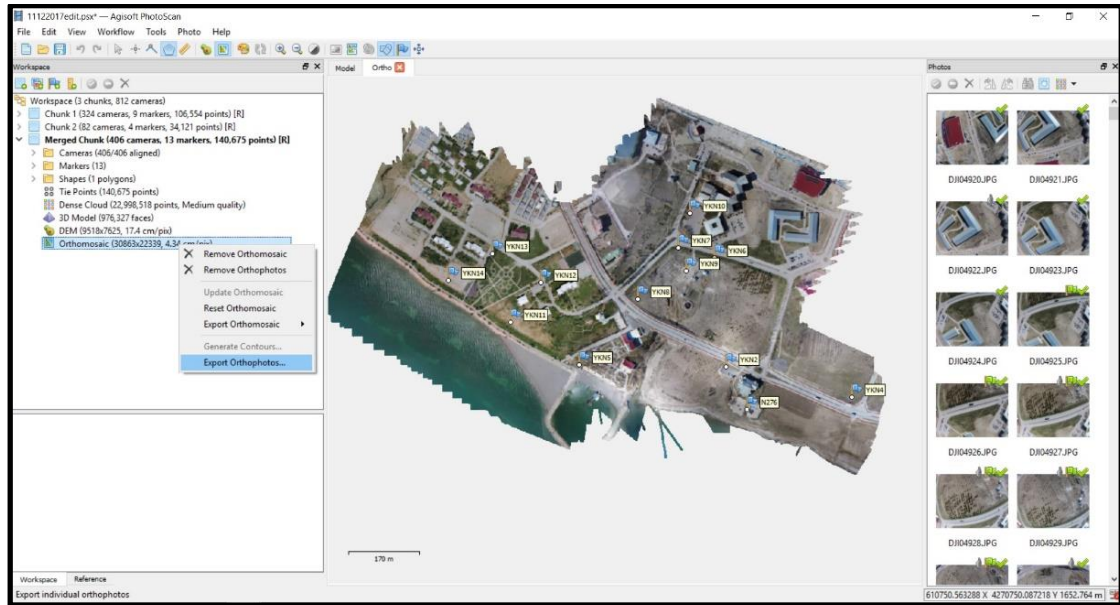


Şekil 3.34. Sayısal yükseklik modeli oluşturma penceresi.

Oluşan Sayısal Yükseklik Modelinden sonra, program üzerinde Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Orthomosaic sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 30791*22319, 4.4 cm/pix çözünürlükte Ortofoto görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 3.35).



Şekil 3.35. Ortofoto oluşturma penceresi.



Şekil 3.36. Ortofoto export penceresi.

Oluşturulan yüksek çözünürlüklü Ortofoto görüntüsü Export edilerek (Şekil 3.36) CAD ve CBS tabanlı yazılımlarda kullanılmıştır.

Tez kapsamında Agisoft programı ile yapılan kıymetlendirme işlemi neticesinde Uygulama I için aşağıdaki parametreler elde edilmiştir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7. Uygulama I dengeleme sonuç parametreleri.

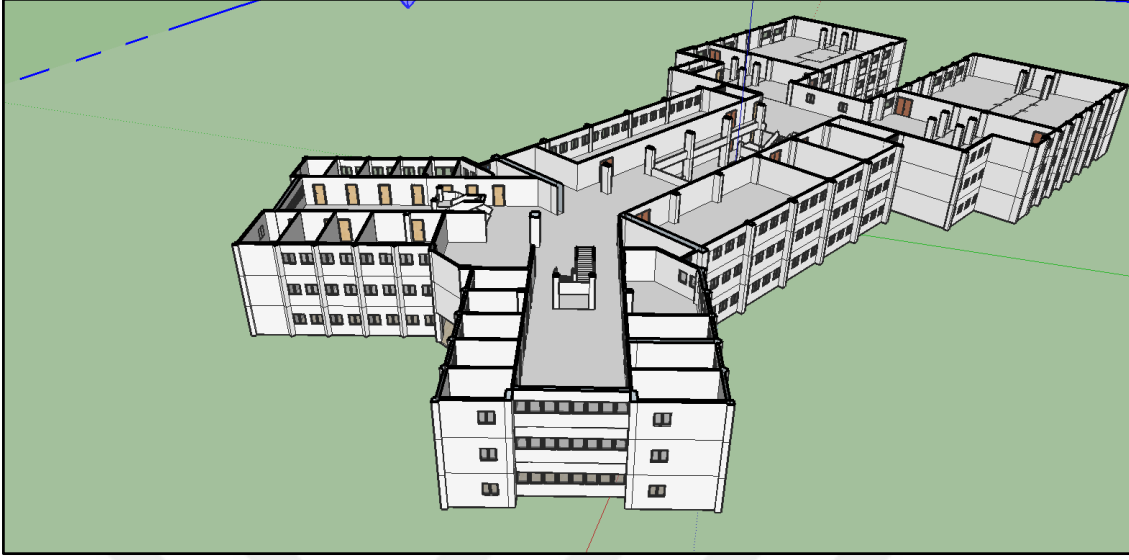
Özellik	Sonuç
Genel	
Fotoğraf sayısı	406
Hizalanmış fotoğraflar	406
YKN sayısı	8
Koordinat sistemi	TUREF / TM 42 (EPSG: 5258)
Dönme açıları	Yaw, pitch, roll
Nokta bulutu	
Noktalar	286.497 / 319.097
RMS yeniden yapılandırma hatası	0.221566 (1.97672 pix)
Max. Yeniden yapılandırma hatası	1.54337 (68.6666 pix)
Ortalama anahtar nokta boyutu	8.01927 pix
Nokta renkleri	3 bant, uint 8
Anahtar noktaları	Hayır
Ortalama bağlanma noktası çokluğu	5.08463
Optimizasyon parametreleri	
Parametreler	F, b1, b2, cx, cy, k1, k2, p1, p2
Optimizasyon zamanı	7 saniye
Yoğun nokta bulutu	
Noktalar	24.967.794
Nokta renkleri	3 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Kalite	Orta
Derinlik filtreleme	Agresif
Derinlik haritaları üretim zamanı	19 saat 59 dakika
Yoğun bulut üretim zamanı	2 saat 41 dakika
3B model	
Model yüzeyleri	4.993.555
Köşe	2.501.198
Köşe renkleri	3 bant, uint 8
Doku	4096 x 4096, 4 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Yüzey tipi	İsteğe bağlı
Kaynak veri	Yoğun
İnterpolasyon	Etkin
Kalite	Orta
Derinlik filtreleme	Agresif
Yüzey sayısı	4.993.556
İşlem süresi	1 saat 32 dakika
Doku kaplama parametreleri	
Karıştırma modu	Mozaik
Doku boyutu	4096 x 4096
Renk düzeltmeyi etkinleştir	Hayır

Çizelge 3.8. Uygulama I dengeleme sonuç parametreleri (devam).

Özellik	Sonuç
Boşluk doldurmayı etkinleştir	Evet
Uv haritalama zamanı	21 dakika 48 saniye
Harmanlama zamanı	7 dakika 37 saniye
Sayısal yükseklik modeli	
Boyut	9177 x 7342
Koordinat sistemi	TUREF / TM42 (EPSG: 5258)
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Kaynak veri	Nokta bulutu
İnterpolasyon	Etkin
İşlem zamanı	1 dakika 37 saniye
Ortomosaik	
Boyut	30791 x 22319
Koordinat sistemi	TUREF / TM42 (EPSG: 5258)
Renkler	3 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Karıştırma modu	Mozaik
Yüzey	Sayısal yükseklik modeli
Renk düzeltmeyi etkinleştir	Hayır
Boşluk doldurmayı etkinleştir	Evet
İşlem süresi	19 dakika 41 saniye
Yazılım	Agisoft photoscan
Versiyon	1.4.2 build 6185
Platform	Windows 64

Sketchup:

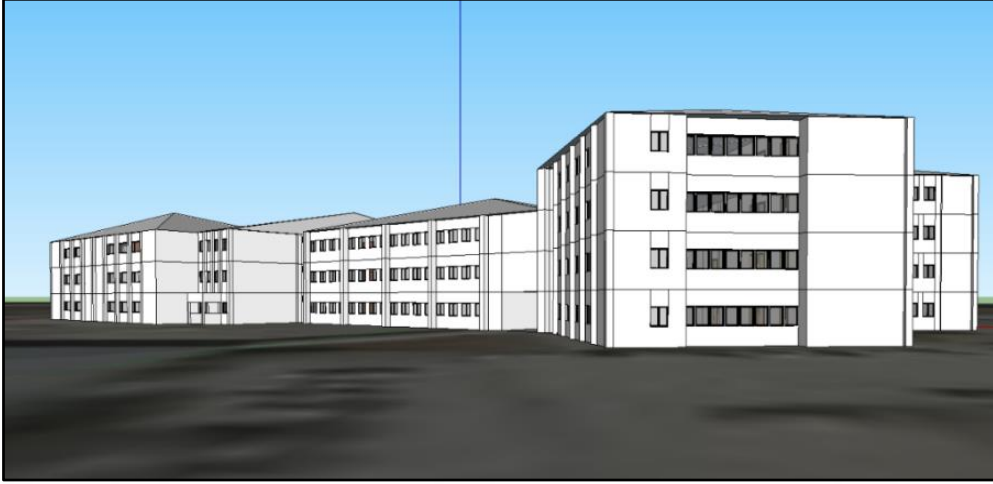
Sketchup üç boyutlu tasarım programında Cad ortamında çizilmiş veri üzerinden her katın üç boyutlu modeli oluşturulmuş, Google Earth programı yardımıyla model gerçek koordinatında dönüştürülmüş ve collada formatında Arcscene programında kullanılmak üzere dışa aktarılmıştır. Dışarıya aktarılan modele ait görüntüler Şekil 3.37, Şekil 3.38 ve Şekil 3.39'da verilmiştir.



Şekil 3.37. Sketchup programında 3B model görüntüsü 1.



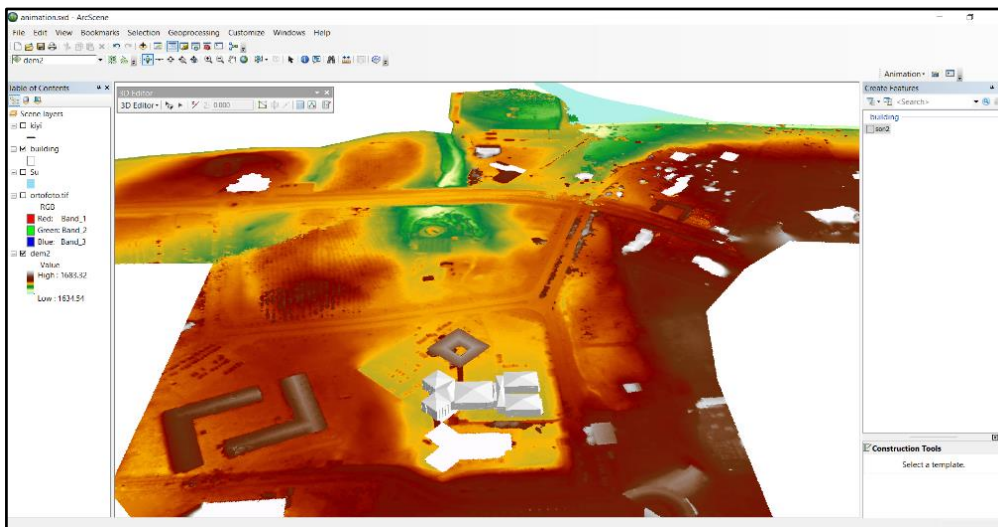
Şekil 3.38. Sketchup programında 3B model görüntüsü 2.



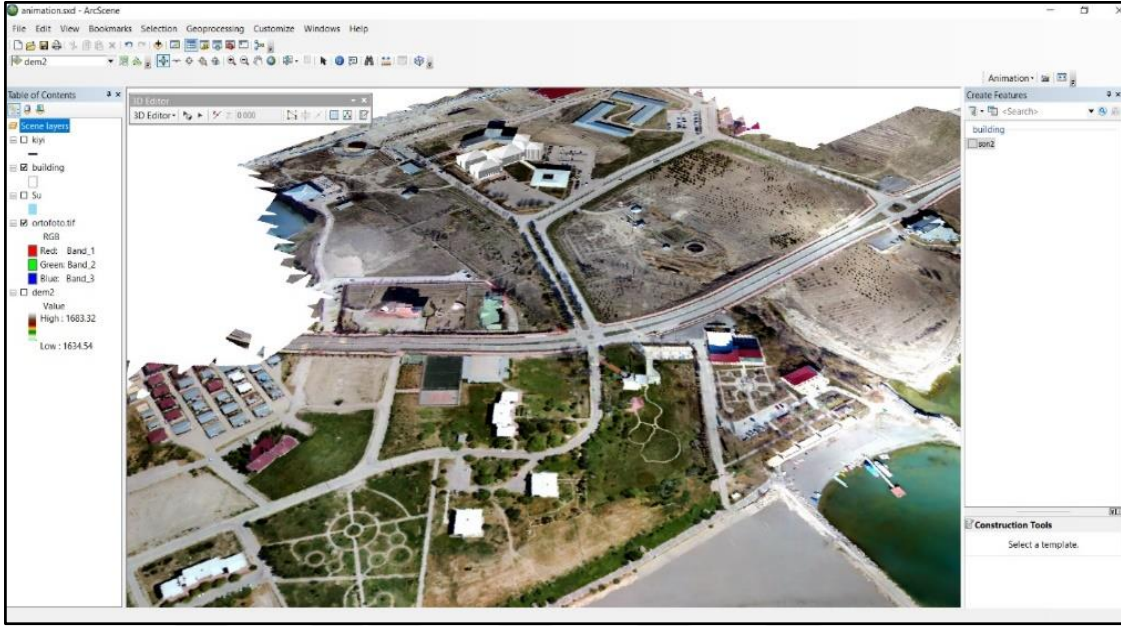
Şekil 3.39. Sketchup programında 3B model görüntüsü 3.

Arcscene:

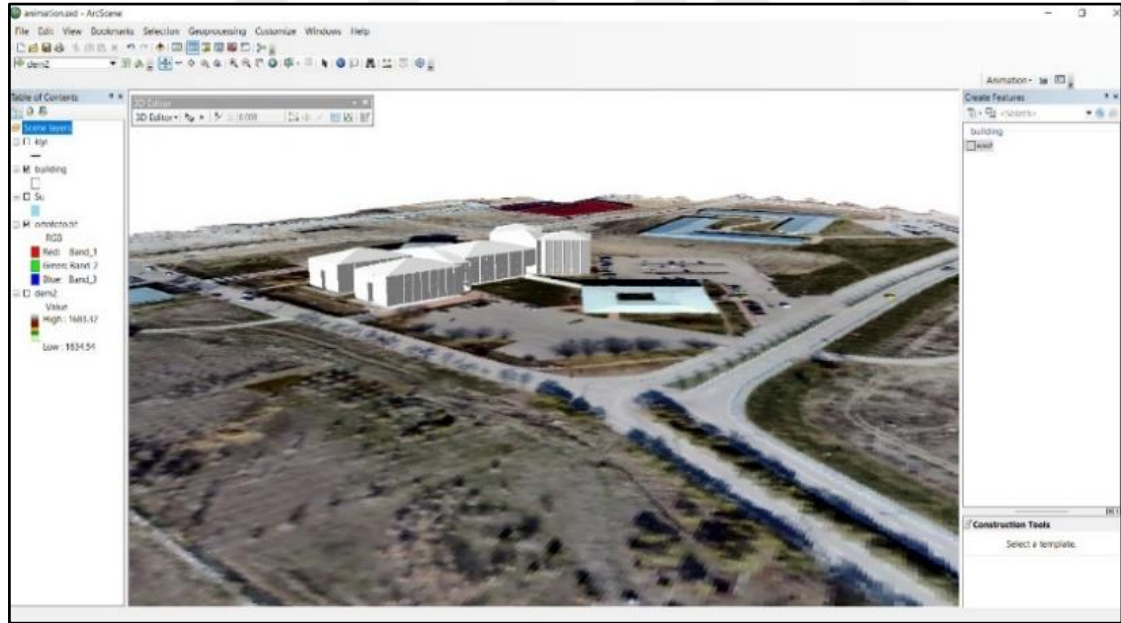
Arcscene programı üzerinde, agisoft programından sayısal yükseklik modeli (Şekil 3.40), ortofoto görüntüsü (Şekil 3.41) ve sketchup programlarından Mimarlık Tasarım Fakültesinin üç boyutlu modeli (Şekil 3.42) verileri ve hassas sayısal yükseklik modeli üzerinden yapay su taşkın modeli ile Mimarlık ve Tasarım Fakültesinin, Van Gölü'nün afet anında hangi su kotunda sular altında kalacağı hesaplanmış ve animasyon videosu yine Arcscene programı üzerinden oluşturulmuştur.



Şekil 3.40. Arcscene programında sayısal yükseklik modeli görüntüsü.



Şekil 3.41. Arcscene programında ortofoto görüntüsü.



Şekil 3.42. Arcscene programında 3B model görüntüsü 2.

İnsansız Hava Aracı marifetiyle elde edilen çıktılar ve Cad programları sayesinde oluşturulan üç boyutlu modellerin taşkın analizleri aşağıdaki şekillerde aşamalar halinde gösterilmektedir (Şekil 3.43, Şekil 3.44, Şekil 3.45 ve Şekil 3.46).



Şekil 3.43. Video animasyon görüntüsü 1.



Şekil 3.44. Video animasyon görüntüsü 2.



Şekil 3.45. Video animasyon görüntüsü 3.



Şekil 3.46. Video animasyon görüntüsü 4.

3.5. Uygulama II

Mimarlık Tasarım Fakültesi binası civarındaki orta refüjde bulunan bitki kanopisi ikinci uygulamanın çalışma alanını oluşturmaktadır. Çalışma alanı çevresinde İller Bankası A.Ş.'ye ait nirengi taşına ilaveten dört adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. Uçuş planı 120 m yükseklik %75 enine ve %80 boyuna bindirme şeklinde yapılmıştır.

Çalışma Alanı Şekil 3.47'de gösterilmiştir.

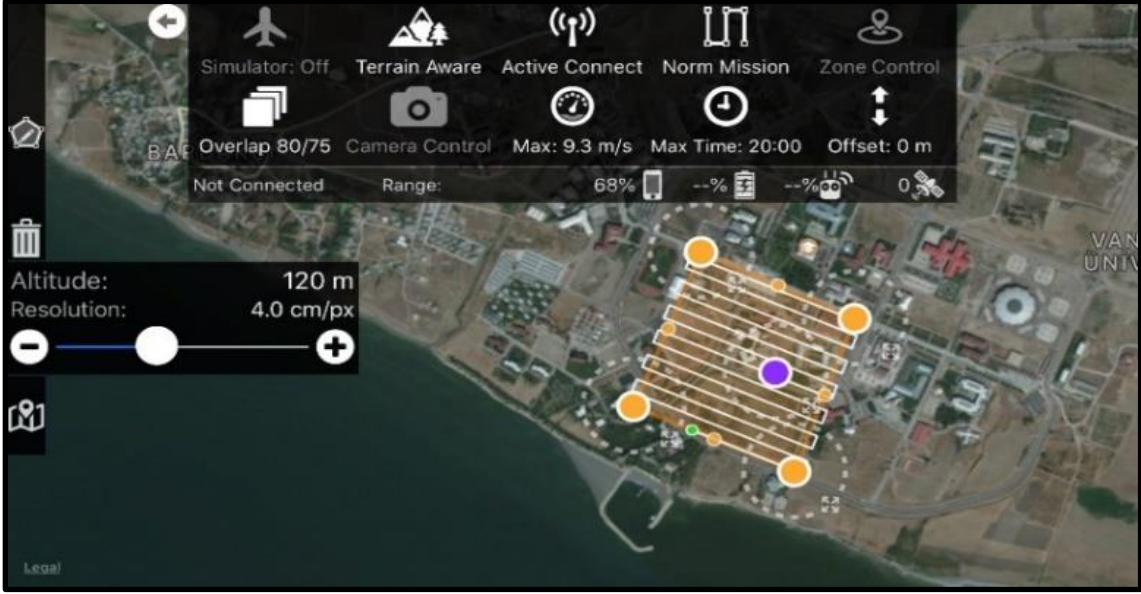


Şekil 3.47. Uygulama II çalışma alanı.

3.5.1. Arazi çalışması

Uçuş yapılacak bölgenin tahdit sınırları Google Earth programı üzerinde belirlenerek çalışma alanındaki bindirmeli görüntüler de kullanılmak üzere yer kontrol noktalarına ait kanava oluşturulmuş ve N.276 noktasına sabit GPS istasyonu kurulduktan sonra 4 adet 45x45 cm'lik levhalar yardımıyla yer kontrol noktası Real Time Kinematik GPS yöntemiyle zemine aplane edildikten sonra değişik periyotlarda ölçüleri yapılmıştır.

Görüntülerin elde edilmesi işlemleri ile alakalı olarak IOS işletim sistemi uyumlu Maps Made Easy uygulaması yardımıyla uçuş alanının insansız hava aracı modeli kullanılarak toplam 95 hava görüntüsü çekilerek 120 metre yükseklikten enine %75 boyuna %80 bindirme (Şekil 3.48) kullanılarak max. 9.3 m/s hızla uçuşu gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.48. Uygulama II uçuş planlaması.

3.5.2. Büro çalışması

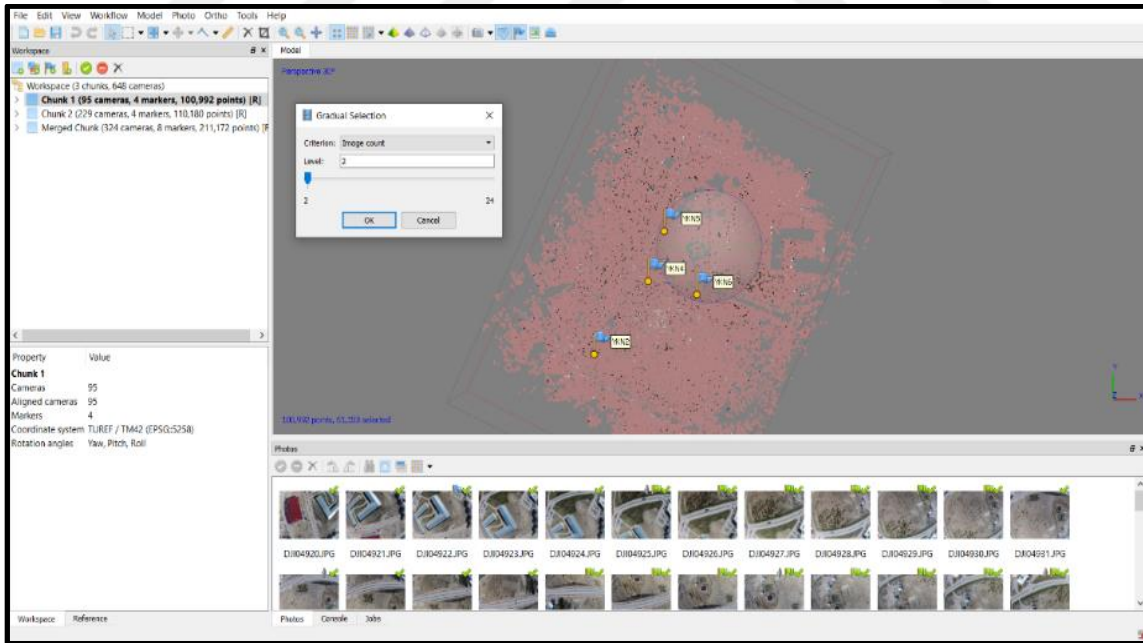
İki ayrı zamanda, Real Time Kinematik GPS yöntemi ile ölçülen Yer Kontrol Noktalarının dengeleme işlemleri bilgisayar ortamında Topcon Survey Tools programı yardımıyla yapılmış ve dört adet yer kontrol noktası Agisoft yazılımı içerisinde kıymetlendirme işleminde kullanılmak üzere *.Csv formatında çalışma klasörüne kaydedilmiştir.

Agisoft programı açıldıktan sonra, workflow bölümü içerisinde bulunan add photos sekmesi tıklandıktan sonra çalışma alanına ait insansız hava araçlarıyla elde edilen kıymetlendirme işlemlerinde kullanılacak 95 adet hava fotoğrafları seçilmiştir (Şekil 3.22). Fotoğraflar seçildikten sonra, Tools menüsü içerisinde bulunan Kamera

Kalibrasyonundan ilk aşamada çalışmada kullanılan balıkgözü kameranın (FC200) kalibrasyonu yapılmıştır.

Kalibrasyon parametrelerine göre oluşturulan rapor (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2)'de görüldüğü gibidir. Kamera kalibrasyon işlemleri tamamlandıktan sonra, seçilen fotoğraf çiftlerinin hizalanması işlemini yapmak için, workflow bölümünde bulunan align photos sekmesinden (Şekil 3.24)'deki gerekli ayarlar yapıldıktan sonra Ok tuşuna tıklanmıştır. Nokta bulutu oluşturmak için Uygulama II çalışmamızda hassasiyet olarak orta seviye ayarlandıktan sonra (Şekil 3.23)'de görüldüğü üzere ilk aşamada yaklaşık olarak 111.446 nokta bulutu oluşturulmuştur.

Align Photos işlemi tamamlandıktan sonra oluşturulan seyrek nokta bulutlarından, üst sekmede bulunan Model kısmından Gradual Selection sekmesinden noise nokta bulutlarının temizlenme işlemi yapılmıştır. Bu temizleme neticesinde proje alanımızda 100.992 nokta bulutu sonraki uygulama adımlarında kullanılmak üzere kaydedilmiştir (Şekil 3.49).



Şekil 3.49. Uygulama II gradual selection işlemi.

İnsansız hava aracında bulunan kamera yardımıyla elde edilen görüntülerin koordinat sisteminin WGS84 – EPSG: 4326 olarak tanımlı olduğu görülmüştür.

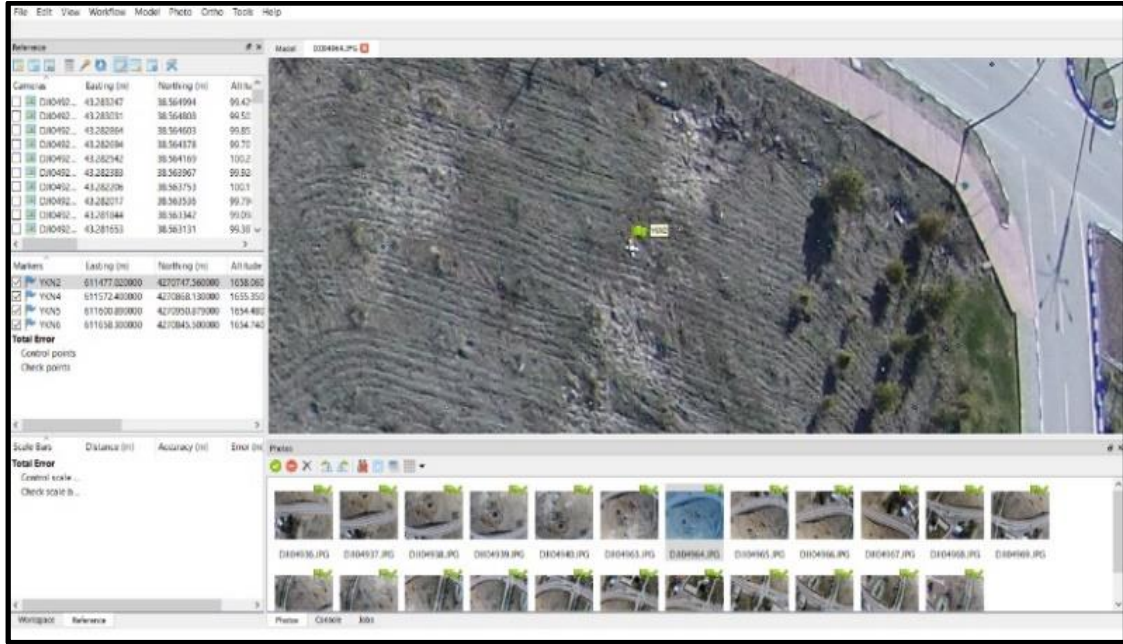
Oluşturulan fotogrametrik çıktılarının bölgedeki mevcut verilerle ve GPS yardımıyla ölçülen yer kontrol noktalarının koordinat sistemiyle uyumlu olması açısından referanslar bölümünden çalışma yapılan alanın koordinat sistemi TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonuna dönüştürülmüştür (Şekil 3.26).

Real Time Kinematik yöntemle ölçülen ve dengelenen *.Csv formatlı Yer Kontrol Noktaları program içerisine import edilmiştir (Şekil 3.50).

Label	Easting	Northing	Altitude	Yaw	Pitch
YKN2	611338.52	4270592.84	1653.66		
YKN4	611686.3	4270587.29	1656.15		
YKN5	611736.03	4270485.64	1657.79		
YKN6	611983.39	4270514.83	1654.58		

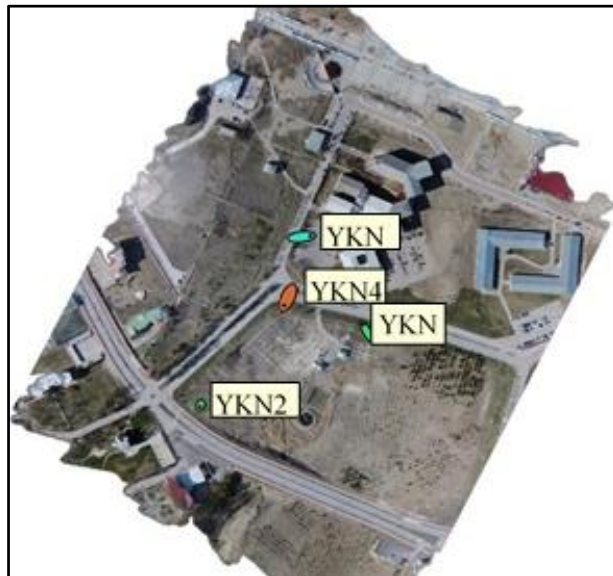
Şekil 3.50. Import edilen uygulama II yer kontrol noktaları.

Markers bölümüne yüklenen Yer Kontrol noktalarının fotoğraflar üzerindeki gerçek yerleri ile eşleştirme yapılabilmesi için, koordinat tablosu üzerinde gerekli noktaya sağ tıklanarak Filter Photos by Markers işlemi seçildikten sonra, ilgili yer kontrol noktasının fotoğraf çiftlerinde işaretlenmeleri yapılmıştır (Şekil 3.51).



Şekil 3.51. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işlenmesi.

Yer Kontrol Noktaları işaretlenmeleri tamamlandıktan sonra referans bölümünde Optimize Cameras işlemi yapılarak seyrek nokta bulutları WGS84 – EPSG: 4326 projeksiyonundan TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonunda olması gereken koordinata dengelenme işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.52).



Şekil 3.52. Yer kontrol nokta yerleri.

Fotoğraf çiftlerinde işaretleme işlemleri yapılan yer kontrol noktaları optimize edilerek karesel ortalama hataları tespit edilmiştir (Çizelge 3.8 ve Çizelge 3.9).

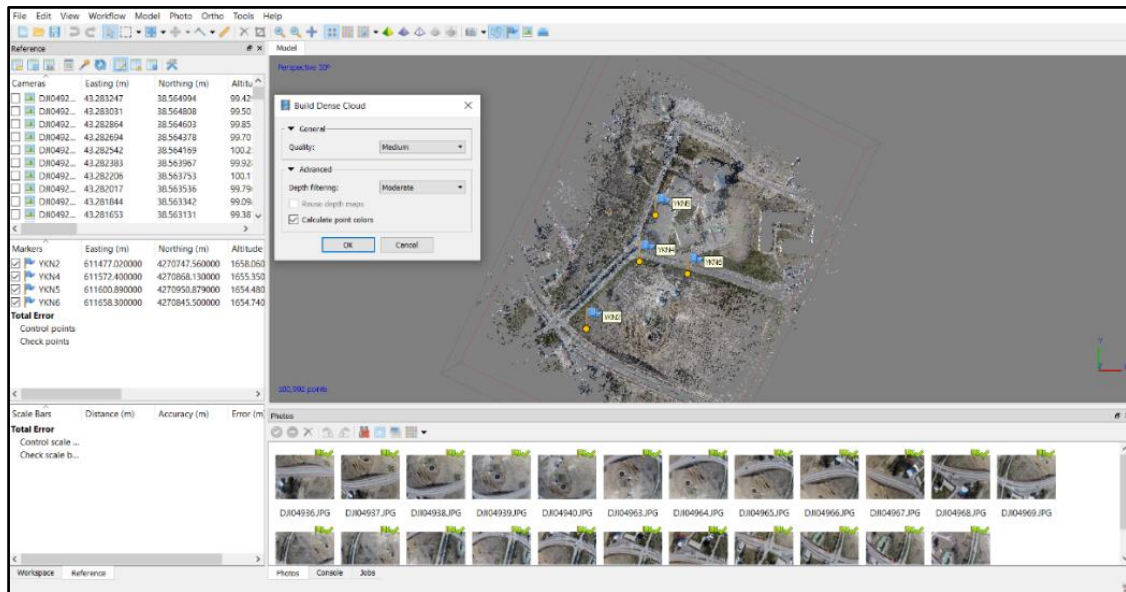
Çizelge 3.8. Uygulama II yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.

Toplam Nokta Sayısı	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
4	1.97873	2.19942	0.0723814	2.95851	2.9594

Çizelge 3.9. Uygulama II yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik.

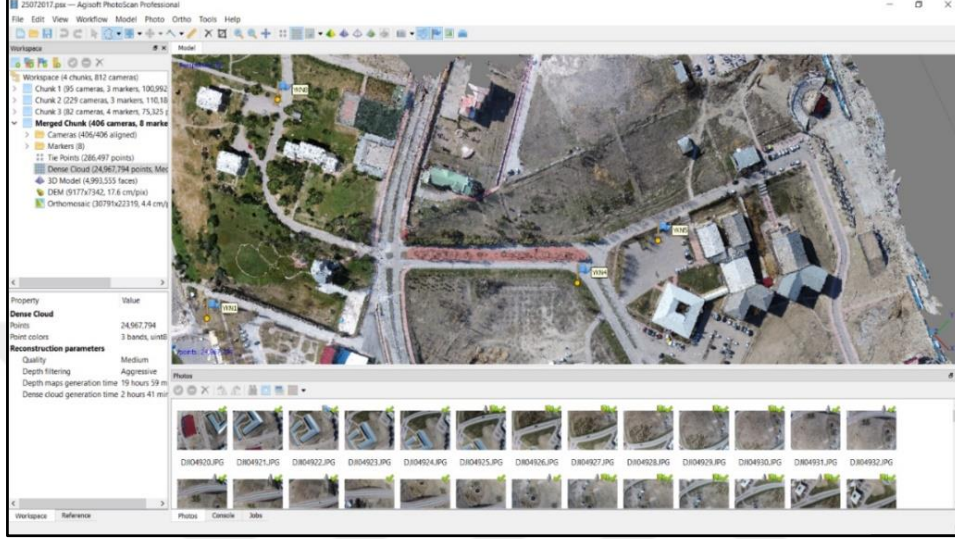
Noktalar	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
YKN 2	-0.202976	-0.565473	-0.0275583	0.60143	0.141 (23)
YKN 4	-1.37879	-2.99899	0.126409	3.30318	0.222 (21)
YKN 5	3.28673	0.419499	-0.0622488	3.31398	0.173 (30)
YKN 6	-1.70782	3.14007	-0.0185079	3.5745	0.189 (22)
Toplam	1.97873	2.19942	0.0723814	2.9594	0.182

Yer Kontrol Noktaları fotoğraf çiftlerinde işaretlendikten ve seyrek nokta bulutları ile dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra program üzerinde Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Dense Cloud sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur. Çalışma sahasında Orta çözünürlükte toplam 20 saat 34 dakika sürede 15.643.198 adet sıklaştırılmış nokta bulutları oluşturulmuştur (Şekil 3.53).



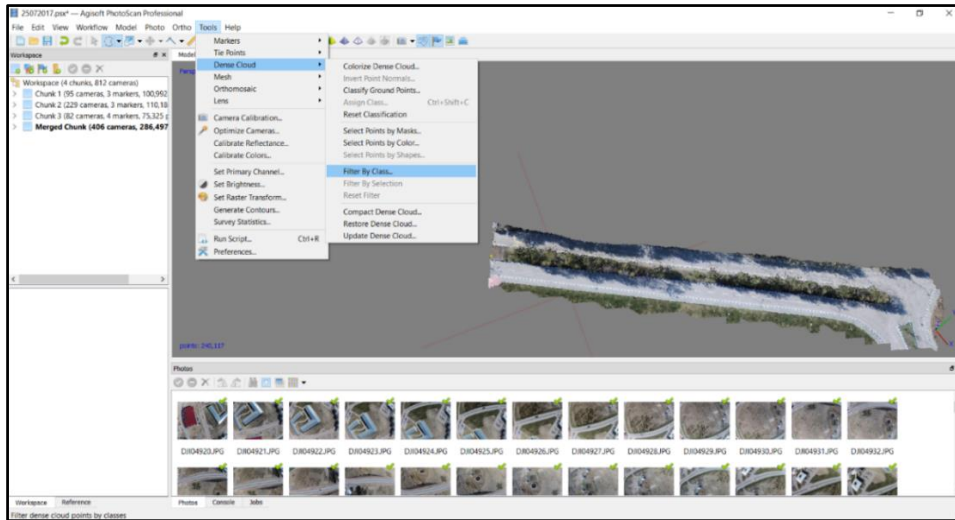
Şekil 3.53. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.

Oluşan Yoğun Nokta Bulutları arasından uygulamada kullanılacak Bitki Kanopisine ait nokta bulutları seçilmiştir (Şekil 3.54).



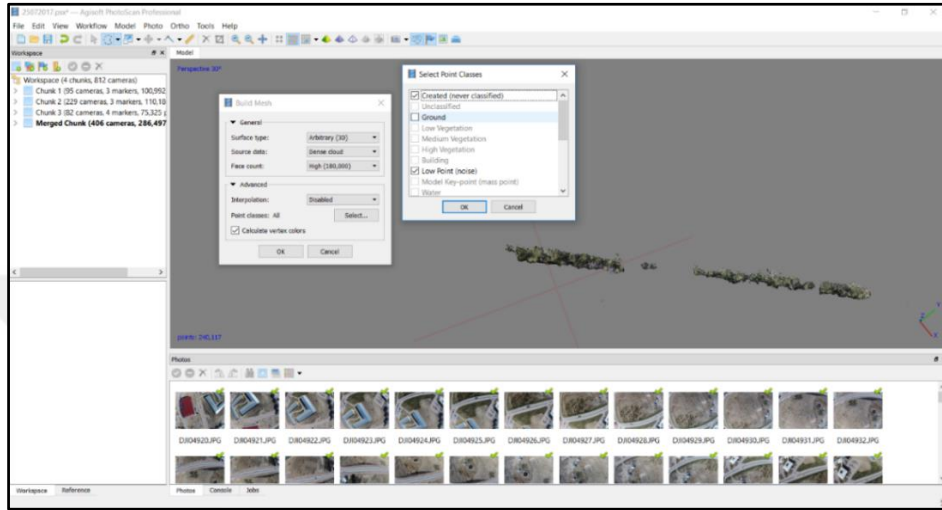
Şekil 3.54. Bitki kanopisine ait noktaların işaretlenmesi.

Tools bölümünde yer alan Dense Cloud sekmesi altında bulunan Filter By Selection seçeneği kullanılarak nokta bulutundan seçilen bölge filtrelenmiştir (Şekil 3.55).



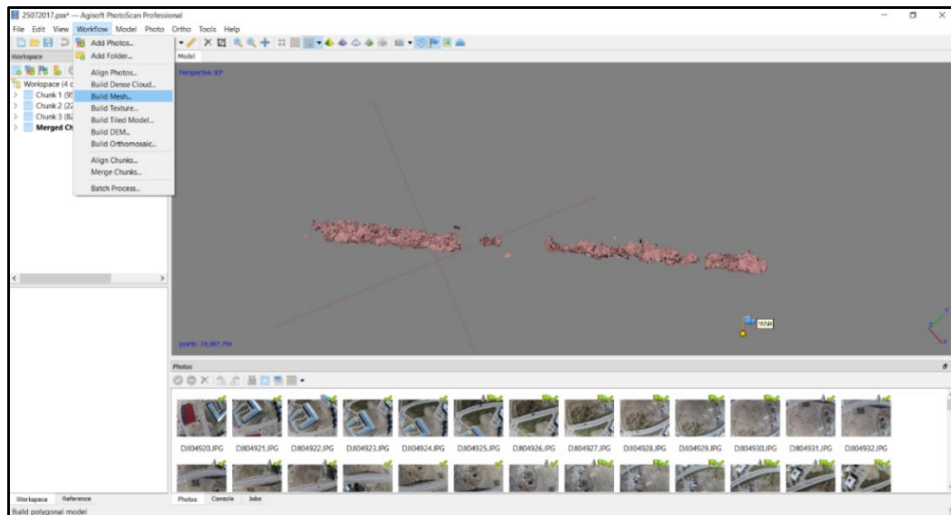
Şekil 3.55. Çalışmada kullanılacak nokta bulutlarının filtrelenmesi.

Seçili Nokta Bulutlarının Sınıflandırılması işlemi ile seçilen alanda yer alan bitki kanopisini oluşturan noktalardan zemin sınıfında olanların çıkarılması işlemi yapılmıştır (Şekil 3.56).



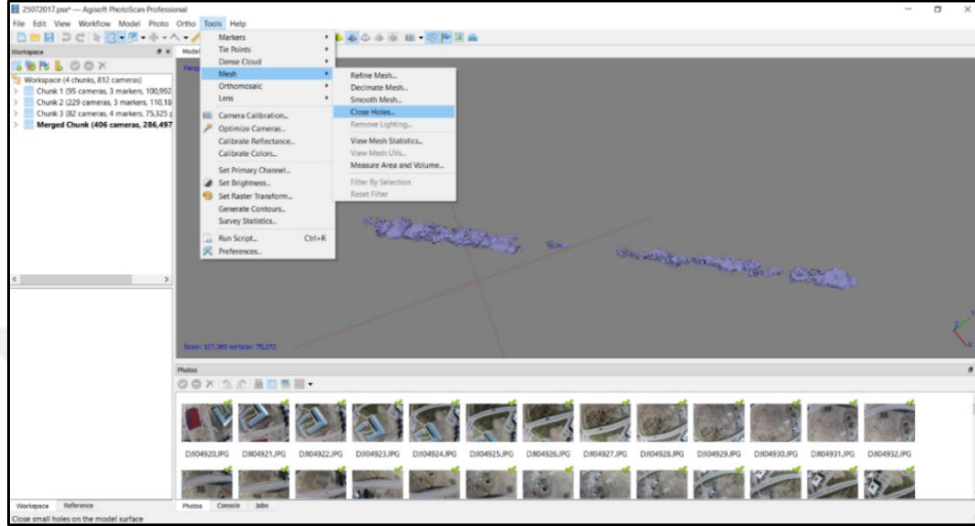
Şekil 3.56. Nokta bulutlarının sınıflandırılması.

Sınıflandırılmış ağaç nokta bulutlarından workflow bölümünde bulunan Build mesh sekmesi kullanılarak ağaç kanopisine ait 3B Model oluşturulmuştur (Şekil 3.57).



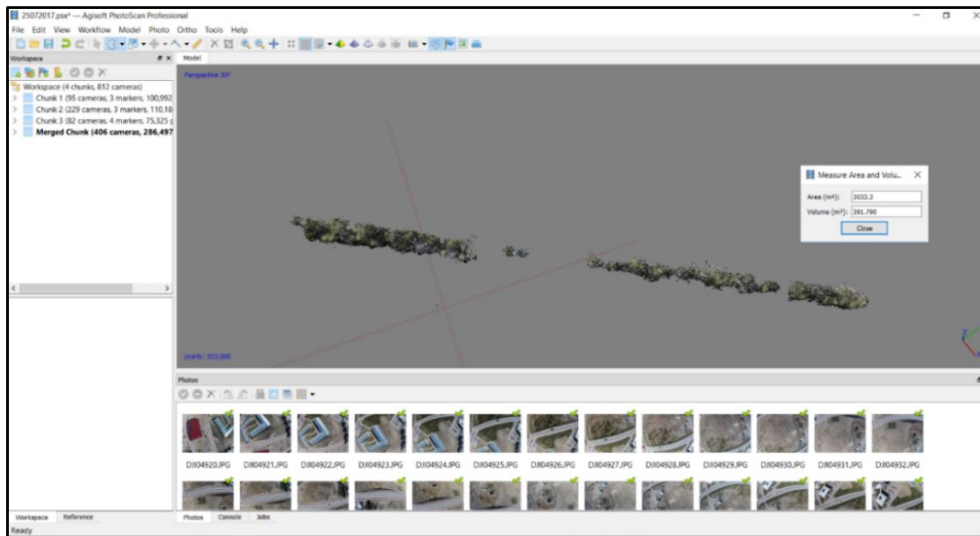
Şekil 3.57. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.

Tools bölümünde yer alan Mesh sekmesi altında bulunan Close Holes seçeneği (Şekil 3.58) kullanılarak Mesh üzerinde oluşan açık alanlar kapatılmıştır.



Şekil 3.58. 3B ağ modelindeki açıkların kapatılması.

Tools bölümünde yer alan Mesh sekmesi altında bulunan Measure Area and Volume seçeneği kullanılarak Mesh üzerinden bitki kanopisine ait toplam hacim hesaplanmıştır (Şekil 3.59). Hesaplanan toplam bitki hacmi 391.8 m^3 'dür.



Şekil 3.59. Bitki hacminin hesaplanması.

Uygulama II’de yapılan tüm bu işlemler neticesinde hesaplanan bitki hacmi, sonraki periyotlarda aynı yöntem kullanılarak tekrardan hesaplandığında bitki kanopisindeki değişimin izlenebileceği öngörülmektedir.

3.6. Uygulama III

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kütüphane binasının bulunduğu bölge 3. Uygulamanın çalışma alanını oluşturmaktadır. Güzergâh alanı içerisinde dört adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. Uçuş planı 40-80 m yükseklik aralığında %75 enine ve %80 boyuna bindirme ve bina cephelerine paralel olacak şekilde serbest uçuş şeklinde yapılmıştır.

Görüntülerin elde edilmesi işlemleri ile alakalı olarak IOS işletim sistemi uyumlu Pix4D Capture uygulaması yardımıyla uçuş alanının insansız hava aracı ile toplam 230 hava görüntüsü çekilmiştir.

Çalışma Alanı Şekil 3.60’de gösterilmiştir.

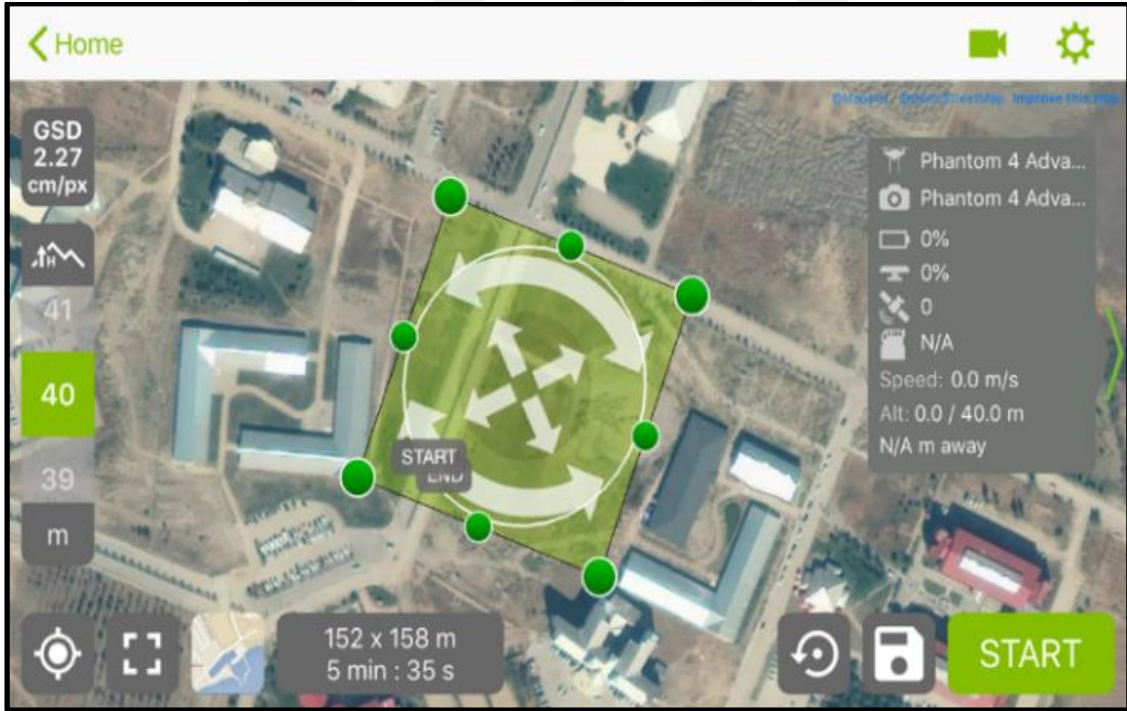


Şekil 3.60. Uygulama III çalışma alanı.

3.6.1. Arazi çalışması

Uygulama III'teki arazi çalışmalarında yapılan işlemler aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir:

1. Uçuş yapılacak bölgenin tahdidi belirlenmiştir (Şekil 3.61).
2. Yer kontrol noktaları zeminde işaretlendi ve TUSAGA-AKTİF CORS yöntemiyle belirli periyotlarda ölçülmüştür.
3. Uçuşa ait, hız, bindirmeler ve uçuş yüksekliği hesaplanmıştır.
4. Hava Fotoğraflarının ortofoto kısmında kullanılacak olanları yeryüzüne dik bakacak şekilde otomatik uçuş yöntemiyle, bina cephelerinin modellemesinde kullanılacak görüntüler ise cephelere paralel olacak şekilde manuel modda değişik açı (45-60°) ve yüksekliklerde fotoğraflar çekilmiştir.



Şekil 3.61. Uygulama III uçuş planlaması.

3.6.2. Büro çalışması

Uygulama III'teki büro çalışması aşağıdaki aşamalardan oluşmuştur:

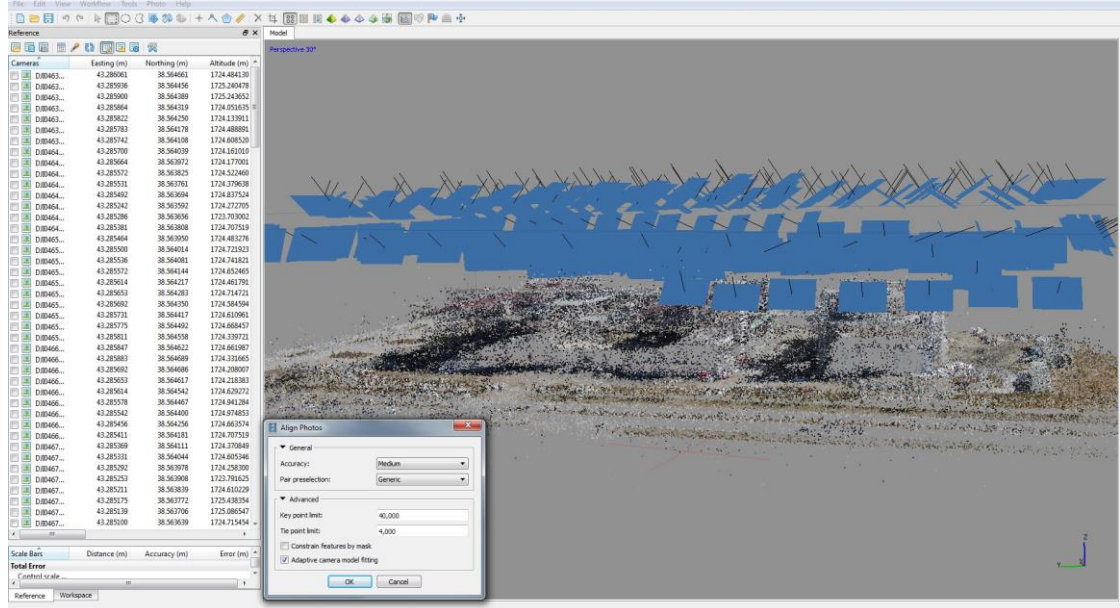
1. Cors yöntemiyle ölçülen Yer Kontrol Noktalarının dengelenmesi
2. Fotoğrafların kalibrasyonun yapılması.
3. Align photos (fotoğrafların hizalanması).
4. YKN'lerin fotoğraf çiftlerinde işaretlenmesi ve dengelenmesi.
5. Dense cloud (sık nokta bulutlarının) oluşturulması.
6. Mesh oluşturma (shaded, solid, wireframe).
7. Texture kaplama.
8. DEM / DSM oluşturma.
9. Ortofoto

Birer saat arayla TUSAGA-AKTİF CORS yöntemiyle ölçülen Yer Kontrol Noktaların dengeleme işlemleri bilgisayar ortamında Topcon Survey Tools programı yardımıyla yapılan dört adet yer kontrol noktası Agisoft yazılımı içerisinde kıymetlendirme işleminde kullanılmak üzere *.Csv formatında çalışma klasörüne kaydedilmiştir.

Agisoft programı açıldıktan sonra, workflow bölümü içerisinde bulunan add photos sekmesi tıklanmış ve çalışma alanına ait insansız hava araçlarıyla elde edilen kıymetlendirme işlemlerinde kullanılacak 230 adet hava fotoğrafı seçilmiştir (Şekil 3.22).

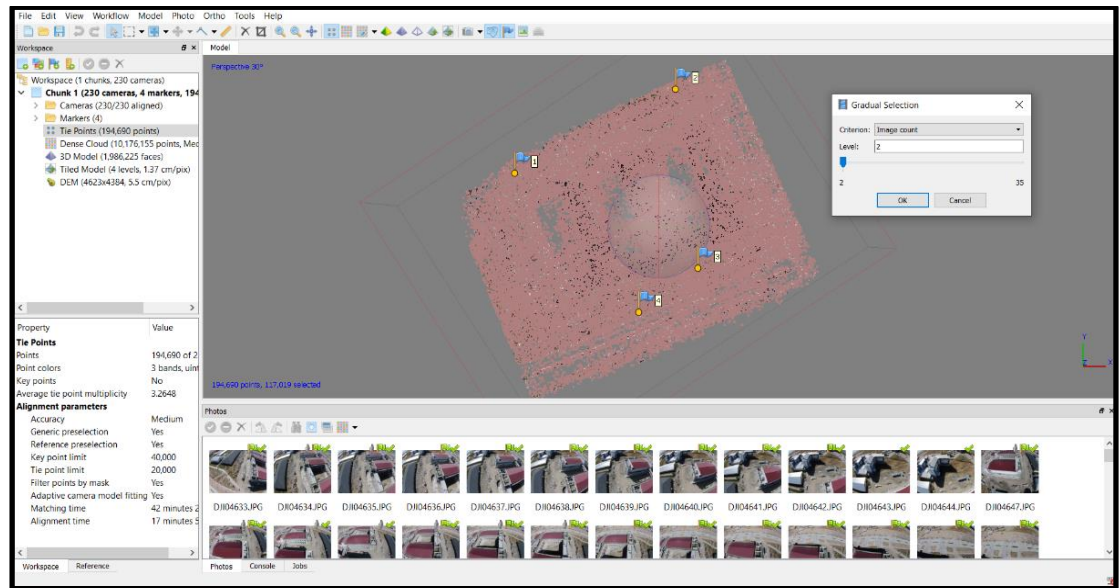
Fotoğraflar seçildikten sonra tools menüsü içerisinde bulunan kamera kalibrasyonundan ilk aşamada çalışmada kullanılan balıkgözü kameranın (FC200) kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon parametrelerine göre oluşturulan rapor (Çizelge 3.1 ve Çizelge 3.2)'de görüldüğü gibidir.

Kamera kalibrasyon işlemleri tamamlandıktan sonra, seçilen fotoğraf çiftlerinin hizalanması işlemini yapmak için, workflow bölümünde bulunan align photos sekmesinden (Şekil 3.24)'deki gerekli ayarlar yapıldıktan sonra ok tuşuna tıklanmıştır. Nokta bulutu oluşturmak için uygulama III çalışmamızda hassasiyet olarak orta seviye ayarlandıktan sonra (Şekil 3.23)'de görüldüğü üzere ilk aşamada yaklaşık olarak 223.658 nokta bulutu oluşturulmuştur (Şekil 3.62).



Şekil 3.62. Uygulama III fotoğrafların hizalanması işlemi.

Align Photos işlemi tamamlandıktan sonra oluşturulan seyrek nokta bulutlarından, üst sekmede bulunan Model kısmından Gradual Selection (Şekil 3.63) sekmesinden noise nokta bulutlarının temizlenme işlemi yapılmıştır. Bu temizleme neticesinde proje alanımızda 194.690 nokta bulutu sonraki uygulama adımlarında kullanılmak üzere kaydedilmiştir.



Şekil 3.63. Uygulama III gradual selection işlemi.

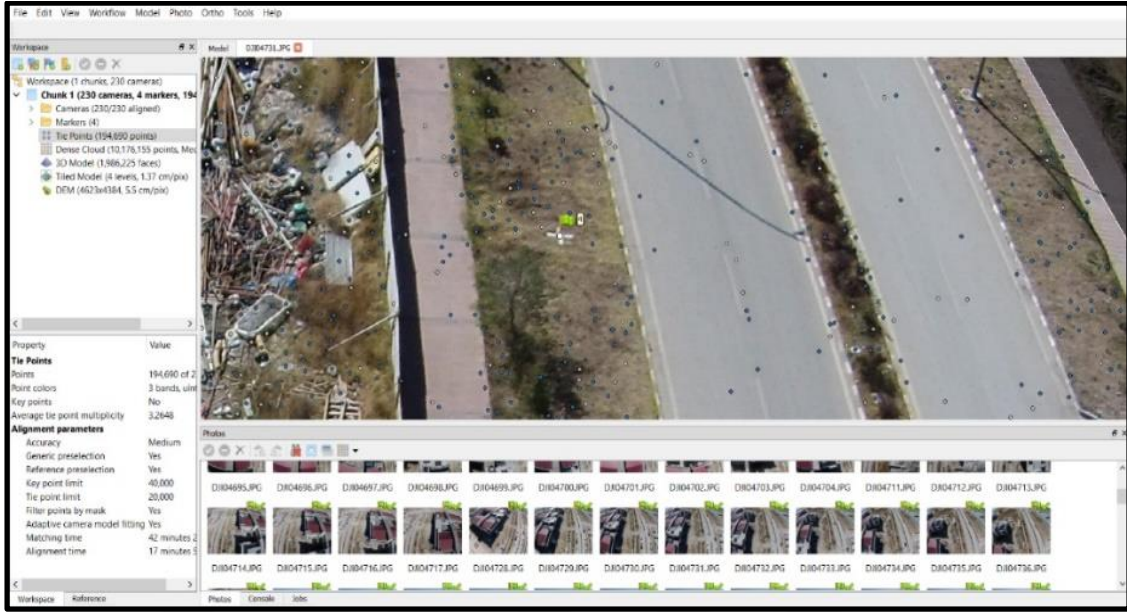
İnsansız hava aracında bulunan kamera yardımıyla elde edilen görüntülerin koordinat sisteminin WGS84 – EPSG: 4326 olarak tanımlı olduğu görülmüştür. Oluşturulan fotogrametrik çıktıların bölgedeki mevcut verilerle ve GPS yardımıyla ölçülen Yer Kontrol Noktalarının koordinat sistemiyle uyumlu olması açısından Referanslar bölümünden çalışma yapılan alanın koordinat sistemi TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonuna dönüştürülmüştür (Şekil 3.26).

Tusaga-Aktif Cors yöntemle ölçülen ve dengelenen *.Csv formatlı Yer Kontrol Noktaları program içerisine import edilmiştir (Şekil 3.64).

Label	Easting	Northing	Altitude	Yaw	Pitch
1	612047.157	4270851.210	1683.53		
2	612095.950	4270945.620	1684.43		
3	611991.540	4270958.880	1684.41		
4	611965.830	4270924.160	1684.05		

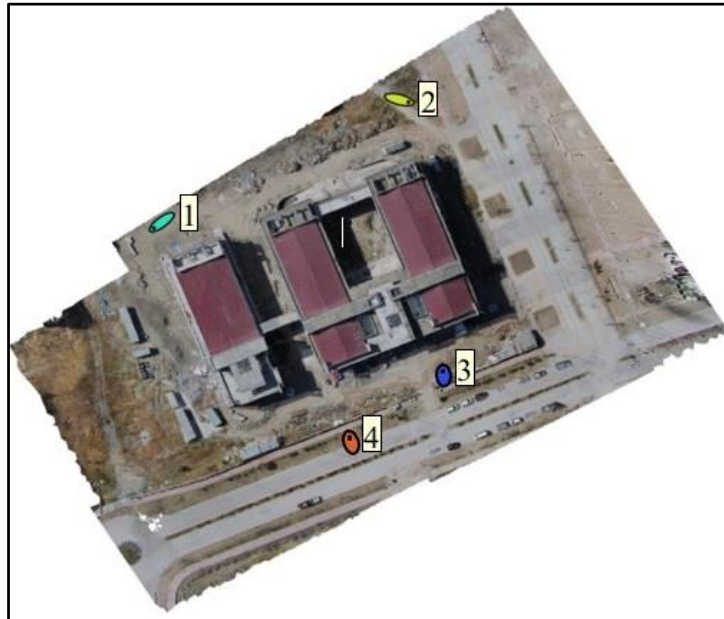
Şekil 3.64. Import edilen uygulama III YKN koordinatları.

Markers bölümüne yüklenen yer kontrol noktalarının fotoğraflar üzerindeki gerçek yerleri ile eşleştirme yapılabilmesi için, koordinat tablosu üzerinde gerekli noktaya sağ tıklandıktan ve filter photos by markers işlemi seçildikten sonra, ilgili yer kontrol noktasının fotoğraf çiftlerinde işaretlenmeleri yapılmıştır (Şekil 3.65).



Şekil 3.65. Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda işaretlenmesi.

Yer Kontrol Noktaları işaretlenmeleri tamamlandıktan sonra referans bölümünde Optimize Cameras işlemi yapılarak seyrek nokta bulutları WGS84 – EPSG: 4326 projeksiyonundan TUREF TM42 – EPSG: 5258 projeksiyonunda olması gereken koordinata dengelenme işlemleri yapılmıştır (Şekil 3.66).



Şekil 3.66. Uygulama III yer kontrol nokta yerleri.

Yer kontrol noktalarının fotoğraf çiftlerine işaretlenmesinden sonra oluşan hata miktarlarını gösteren durum (Çizelge 3.10 ve Çizelge 3.11)'de belirtilmiştir.

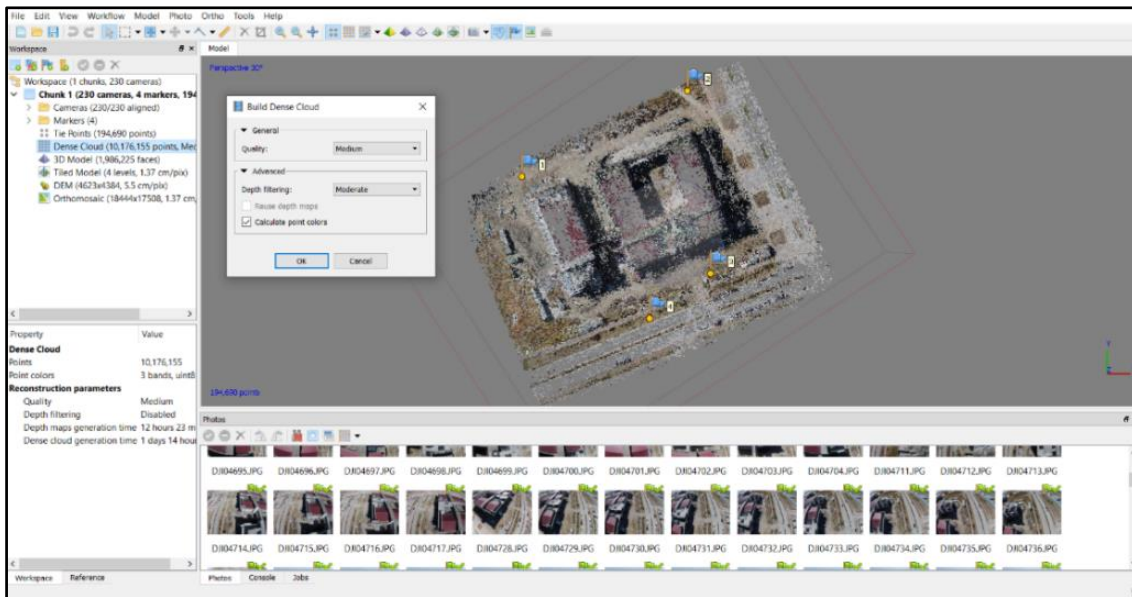
Çizelge 3.10. Uygulama III yer kontrol noktaları karesel ortalama hata.

Toplam Nokta Sayısı	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
4	7.49443	5.8795	1.38572	9.52549	9.62575

Çizelge 3.11. Uygulama III yer kontrol noktaları. X- doğu, Y- kuzey, Z- yükseklik.

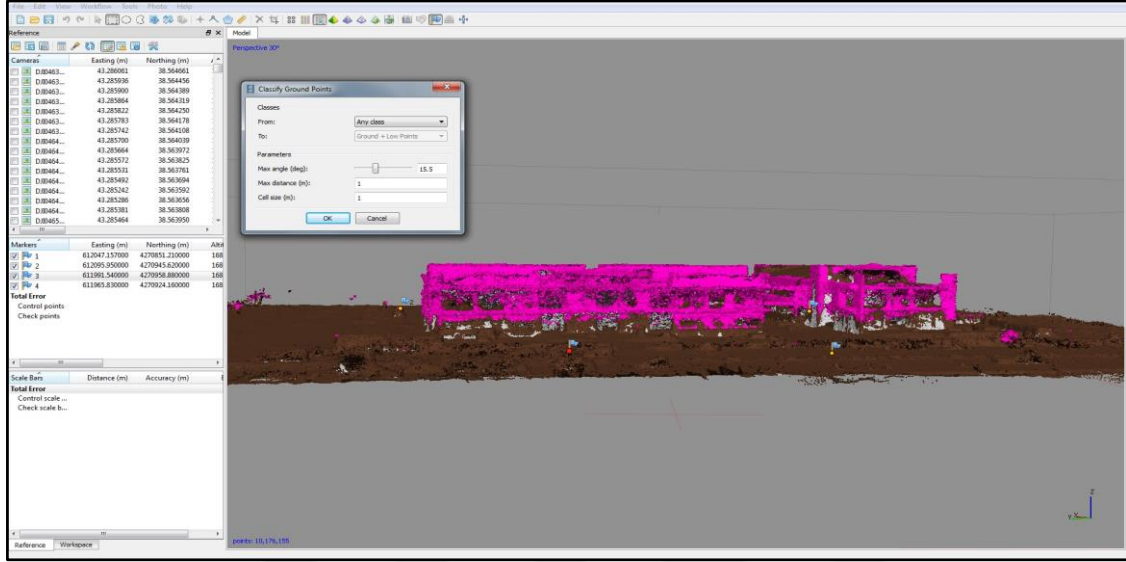
Noktalar	X hata (cm)	Y hata (cm)	Z hata (cm)	Toplam (cm)	Görüntü (pix)
1	-9.61429	-8.00521	-0.764284	12.534	5.588 (59)
2	11.3991	-3.24234	0.880809	11.8839	2.638 (51)
3	-0.318125	5.19544	-1.83987	5.52078	1.203 (55)
4	-1.48019	6.05683	1.7134	6.46621	1.121 (54)
Toplam	7.49443	5.8795	1.38572	9.62575	3.272

Yer Kontrol Noktaları fotoğraf çiftlerinde işaretlendikten ve seyrek nokta bulutları ile dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra program üzerinde Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Dense Cloud sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait orta çözünürlükte toplam 36 saat 37 dakika sürede 10.176.155 adet sıklaştırılmış yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur (Şekil 3.67).



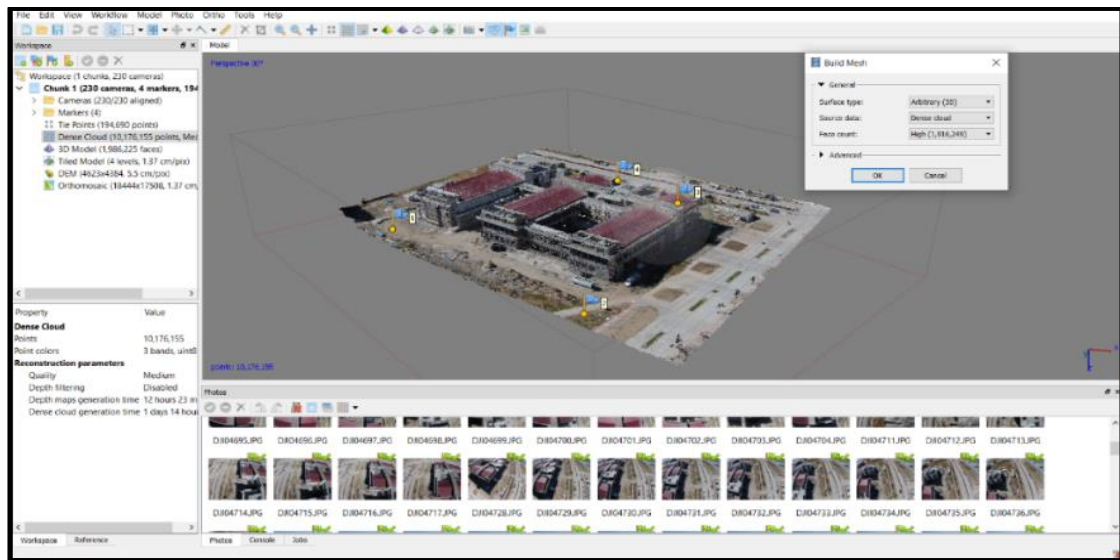
Şekil 3.67. Yoğun nokta bulutu oluşturma penceresi.

Binanın yan cephelerinde daha hassas üç boyutlu ağ modeli oluşturabilmek için modellemede kullanılacak nokta bulutları sınıflandırılmıştır (Şekil 3.68).



Şekil 3.68. Nokta bulutlarının sınıflandırılması.

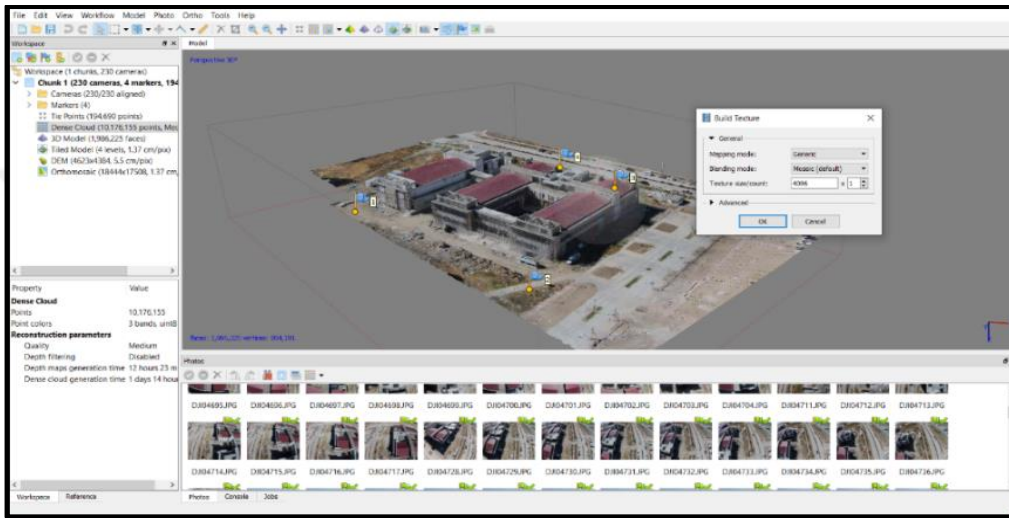
Sık nokta bulutu işlemi tamamlandıktan sonra Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Mesh sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 3B Ağ Modeli (Şekil 3.69) ve yüksek çözünürlükte 1.986.225 adet yüzeyin bulunduğu bir model oluşturulmuştur.



Şekil 3.69. 3B ağ modeli oluşturma penceresi.

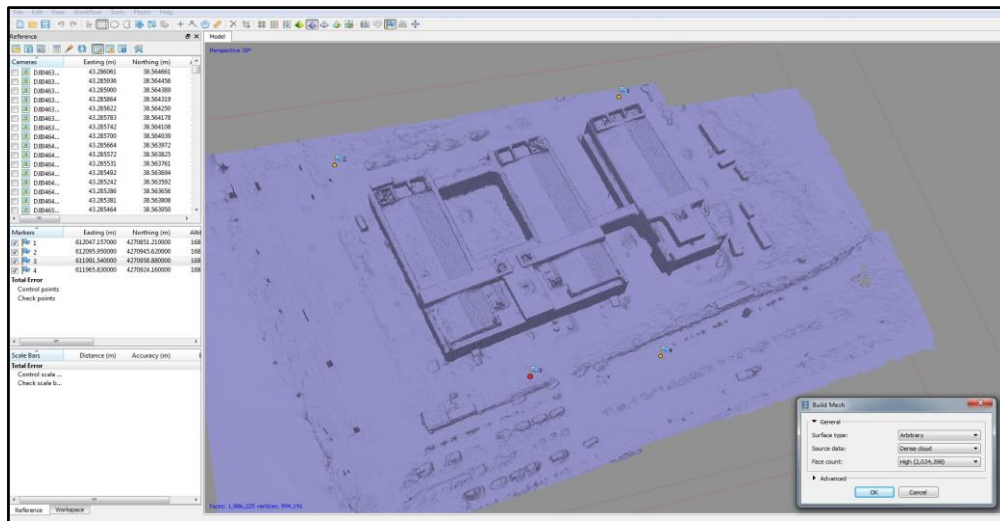
3B Ağ Model işlemi tamamlandıktan sonra Workflow bölümü içerisinde bulunan Build Texture sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 3B Ağ Modeline Yüksek Çözünürlüklü Doku kaplama işlemi gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.70).

Çalışma alanında 3 boyutlu ağ modeline 4096*4096 piksel çözünürlükte doku kaplaması işlemi gerçekleştirilmiştir.

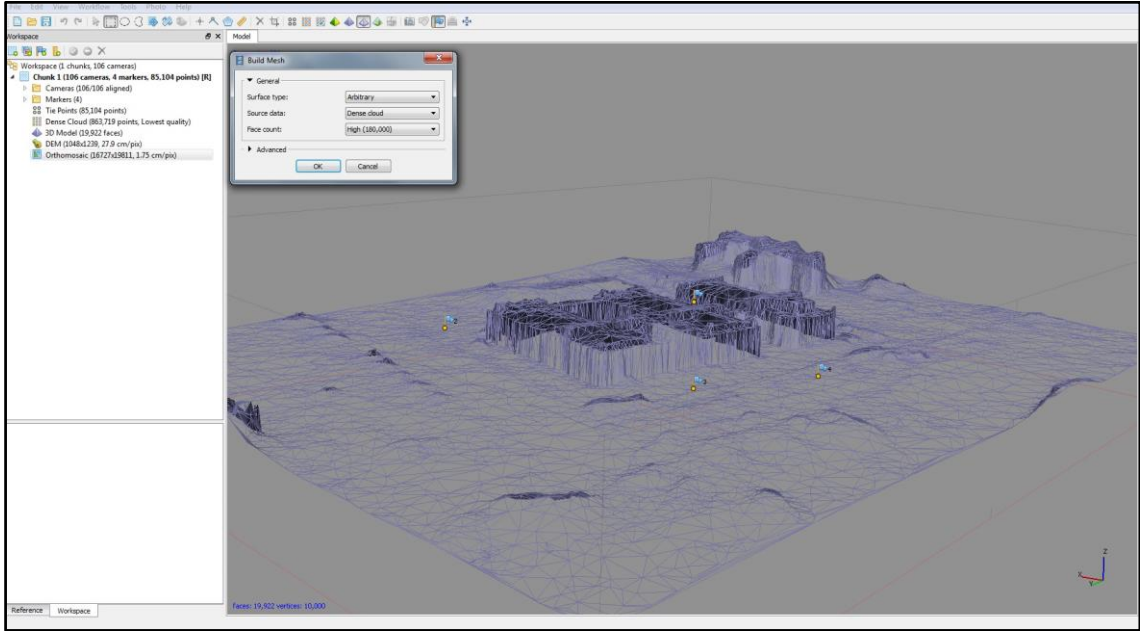


Şekil 3.70. 3B ağ modeline texture (doku) kaplama penceresi.

Çalışma kapsamında oluşan üç boyutlu ağ modellerinin farklı özelliklerde görüntülenmesi mümkündür (Şekil 3.71 ve Şekil 3.72).

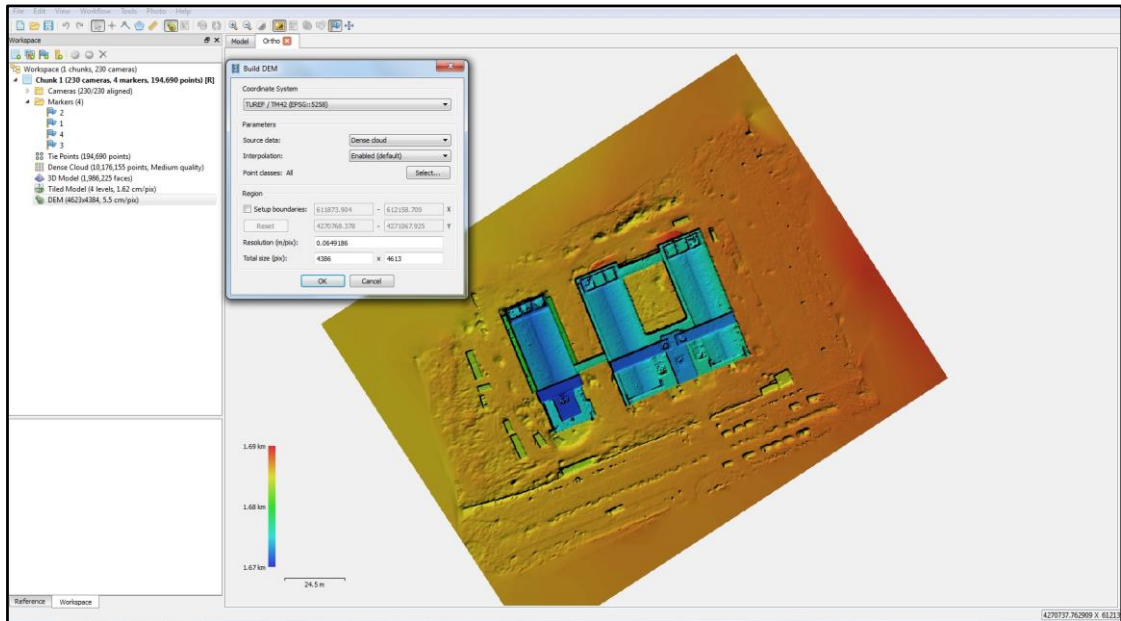


Şekil 3.71. Shaded mesh.



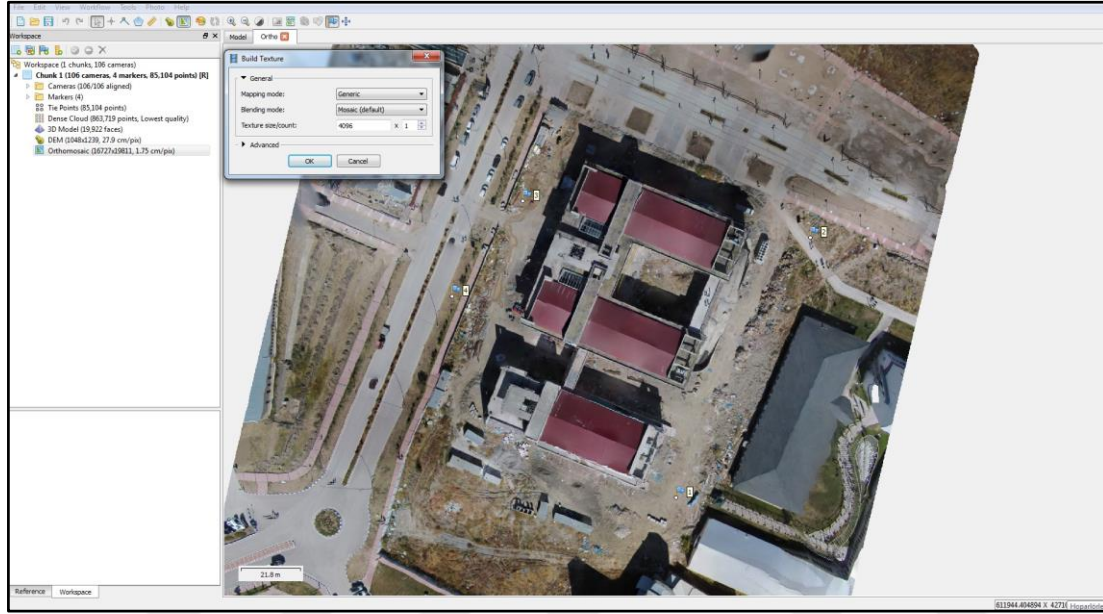
Şekil 3.72. Wireframe mesh.

Program üzerinde workflow bölümü içerisinde bulunan build DEM sekmesi tıklandıktan sonra çalışma alanına ait 4623*4384, 5.5 cm/pix çözünürlükte sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur (Şekil 3.73).



Şekil 3.73. Sayısal yükseklik modeli oluşturma penceresi.

Oluşan Sayısal Yükseklik Modelinden sonra program üzerinde workflow bölümü içerisinde bulunan build orthomosaic sekmesi tıklanarak çalışma alanına ait 18444*17508, 1.37 cm/pix çözünürlükte ortofoto görüntüsü oluşturulmuştur (Şekil 3.74).



Şekil 3.74. Ortofoto oluşturma penceresi.

Tez kapsamında Agisoft programı ile yapılan kıymetlendirme işlemi neticesinde Uygulama I için aşağıdaki parametreler elde edilmiştir (Çizelge 3.12).

Çizelge 3.12. Uygulama III dengeleme sonuç parametreleri.

Özellik	Sonuç
Genel	
Fotoğraf sayısı	230
Hızlanmış fotoğraflar	230
YKN sayısı	4
Koordinat sistemi	TUREF / TM 42 (EPSG: 5258)
Dönme açıları	Yaw, pitch, roll
Nokta bulutu	
Noktalar	194.690 / 223.658
RMS yeniden yapılandırma hatası	0.164715 (1.59418 pix)
Max. Yeniden yapılandırma hatası	0.50331 (52.8489 pix)
Ortalama anahtar nokta boyutu	8.07451 pix
Nokta renkleri	3 bant, uint 8
Anahtar noktaları	Hayır
Ortalama bağlanma noktası çokluğu	3.2648
Hızalama parametreleri	

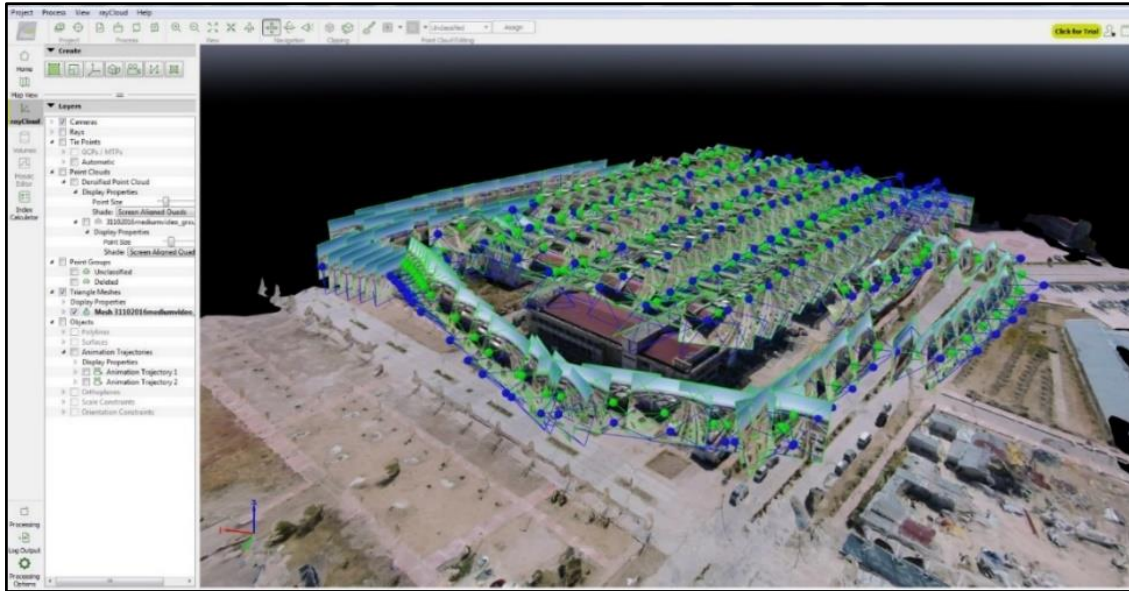
Çizelge 3.12. Uygulama III dengeleme sonuç parametreleri (devam).

Özellik	Sonuç
Doğruluk	Orta
Genel önseçim	Evet
Anahtar nokta sınırı	40.000
Bağlantı noktası sınırı	20.000
Noktaları maskeye göre filtrele	Evet
Uyarlanabilir kamera modeli montajı	Evet
Eşleşen zaman	42 dakika 25 saniye
Uyum süresi	17 dakika 54 saniye
Yoğun nokta bulutu	
Noktalar	10.176.155
Nokta renkleri	3 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Kalite	Orta
Derinlik filtreleme	Engellendi
Derinlik haritaları üretim zamanı	12 saat 23 dakika
Yoğun bulut üretim zamanı	1 gün 14 saat
3B model	
Model yüzeyleri	1.986.225
Köşe	994.191
Köşe renkleri	3 bant, uint 8
Doku	4096 x 4096, 4 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Yüzey tipi	Yükseklik alan
Kaynak veri	Yoğun
İnterpolasyon	Etkin
Kalite	Orta
Derinlik filtreleme	Engellendi
Yüzey sayısı	2.043.038
İşlem süresi	1 dakika 37 saniye
Karıştırma modu	Mozaik
Doku boyutu	4096 x 4096
Renk düzeltmeyi etkinleştir	Hayır
Boşluk doldurmayı etkinleştir	Evet
Uv Haritalama zamanı	6 dakika 30 saniye
Harmanlama zamanı	24 dakika 51 saniye
Döşenmiş model	
Doku kaplama	3 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Kaynak veri	Nokta bulutu
Karo boyutu	4096
İşlem zamanı	4 saat 44 dakika
Sayısal yükseklik modeli	
Boyut	4623 x 4384
Koordinat sistemi	TUREF/TM42 (EPSG: 5258)
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Kaynak veri	3 boyutlu ağ modeli
İnterpolasyon	Etkin

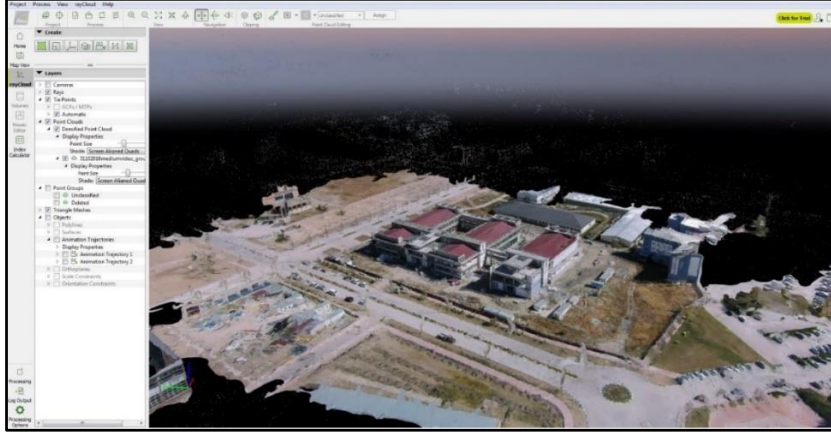
Çizelge 3.12. Uygulama III dengeleme sonuç parametreleri (devam).

Özellik	Sonuç
İşlem zamanı	1 dakika 36 saniye
Ortomozaik	
Boyut	18444 x 17508
Koordinat sistemi	TUREF/TM42 (EPSG: 5258)
Renkler	3 bant, uint 8
Yeniden yapılandırma parametreleri	
Karıştırma modu	Mozaik
Yüzey	Sayısal yükseklik modeli
Boşluk doldurmayı etkinleştir	Evet
İşlem zamanı	7 dakika 0 saniye
Yazılım	Agisoft Photoscan
Versiyon	1.2.6 build 2834
Platform	Windows 64

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kütüphane Binasının 3 Boyutlu modelinin animasyon videosunun elde edilebilmesi için Agisoft programında oluşturulan 3 Boyutlu Ağ modeli Pix4d içerisine import edildikten sonra Pix4d Mapper yazılımı yardımıyla sanal uçuş hattı belirlenmiş ve model etrafında 360⁰ animasyon videosu oluşturularak aşamalar halinde şekilleri aşağıda gösterilmiştir.



Şekil 3.75. Video animasyon görüntüsü 1.



Şekil 3.76. Video animasyon görüntüsü 2.



Şekil 3.77. Video animasyon görüntüsü 3.



Şekil 3.78. Video animasyon görüntüsü 4.



Şekil 3.79. Video animasyon görüntüsü 5.



Şekil 3.80. Video animasyon görüntüsü 6.



Şekil 3.81. Video animasyon görüntüsü 7.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen bulgular tez kapsamında önerilen yöntem Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs Alanında belirlenen farklı alt çalışma alanlarında İHA kullanılarak üretilen fotogrametrik ürünlerinin yapılacak Kentsel Tasarım ve Mekânsal Planlama çalışmaları için kullanılabilirliğinin araştırılması amacı doğrultusunda üç farklı uygulama gerçekleştirilmiştir. Öncelikle tez kapsamında yürütülen çalışmaların geneline ilişkin tartışma yürütülmüş daha sonra her bir uygulama altında karşılaşılan uygulamaya özel durum tartışılmıştır.

Tez kapsamındaki uygulamalarda değerlendirilen fotogrametrik çıktıların elde edilebilmesi için öncelikle bu kapsamda kullanılacak insansız hava aracı tercihinin yapılmasında, iç ve dış yöneltme parametrelerinin hesaplanabilmesi için gerekli, insansız hava araçlarına monte edilen GPS-IMU donanımlarının bulunduğu modellerin seçilmesi gereklidir (Özemer, 2016). Bu donanımlara sahip olmayan insansız hava araçlarından tez kapsamında önerilen yöntemle fotogrametrik çıktılar elde etmek mümkün değildir.

Çalışma sahasında kullanılacak yer kontrol noktaları çalışma alanına göre uygun ve yeterli miktarda tesis edilmelidir. Ayrıca yükseklik farkının fazla olduğu arazilerde detay noktalarından da ölçümler yapılmalıdır (Karakış, 2012).

Multikopter tipi insansız hava araçlarını kanatlı modellerden ayıran en önemli özelliklerin başında batarya ve uçuş menzili gelmektedir. Pervaneli insansız hava araçlarının ortalama uçuş süreleri gelişen teknoloji ile 20 dk. civarındadır. Ancak elverişsiz hava koşulları bu uçuş sürelerini çok fazla etkilediğinden rüzgarlı havalardaki fuçuşların verimliliğini azaltmakta ve uçuş planlamasında değişikliğe gidilmesini zaruri hale getirmektedir. Kanatlı model insansız hava araçlarında batarya süreleri ise 2-3.5 saat arasında değişmektedir (Kılınçoğlu, 2016).

Birinci uygulama kapsamında İHA kullanılarak üretilen; 3B Ağ Model, SYM, SAM, Ortofoto çıktılarının, hassas arazi modeli gereksinimi olan 3B taşkın modellemesinde altlık olarak kullanılabilme potansiyeli araştırılmıştır. Aynı zamanda oluşturulan yüksek mekânsal çözünürlüklü SYM ile CAD ortamında hazırlanan bina modellerinin bütünleştirilmesine çalışılmıştır.

Uygulama I kapsamında denenen CAD ortamında oluşturulmuş üç boyutlu Mimarlık Tasarım Fakültesi binasının fotogrametrik çıktılar ile entegrasyonu başarılı sonuçlar vermiştir. Bu yolla İHA kullanılarak elde edilecek hassas SAM ve 3B CAD modellerinin CBS ortamında birlikte kullanıldığı gerçekliği arttırılmış/sanal gerçeklik ortamlarının oluşturulması mümkün olabilecektir.

Bu uygulama kapsamında hassas sayısal yükseklik modeli elde edilmesi amaçlandığından normal ya da normale yakın görüntülerle ortofotonun oluşturulması gerekmektedir. Çalışma alanı yaklaşık 40 hektardır. Alanın tek batarya ile uçulamamasından ötürü toplam üç uçuş gerçekleştirilmiş, iki farklı kamera kullanılmıştır. Bu kameralardan biri balıkgözü diğeri ise çerçeve özelliğindedir. Kullanılan farklı kameralardan elde edilen görüntülerle oluşturulan fotogrametrik çıktılar karşılaştırılmıştır. Bu işlem sonucunda balıkgözü kamera ile çekilen hava fotoğrafları daha geniş bir görüntü alanı yakalamasına rağmen oluşturulan bindirmeli resimlerin özellikle kenar hatlarında daha geniş bozulmaların olduğu tespit edilmiştir. Bu tarz geniş alanlarda hassas sayısal yükseklik modeli elde edilmesi amaçlanan uygulamalarda kullanılacak batarya süresi insansız hava aracının belirlenmesinde en önemli parametrelerden biri durumuna gelmektedir.

Yukarıda belirtildiği gibi uygulamada üç farklı uçuş sonucunda görüntüler elde edilebilmiştir. Bu üç uçuşun görüntülerinin entegrasyonu yazılım ve donanımda büyük bir işlem yükü doğurmuştur.

İkinci uygulamada kapsamında İHA kullanılarak üretilen Nokta Bulutu verisinin bitki kanopisinin hacminin tespitinde kullanımı ve hesaplanan bitki hacmi sonraki periyotlar da aynı yöntem kullanılarak tekrardan hesaplanarak bitkinin hacmindeki değişimin gözlenebilme potansiyeli araştırılmıştır.

Nokta bulutunun elde edilmesinden sonra gerekli olan nokta bulutu sınıflandırma işlemi tespit edilmesi amaçlanan bitki kütlelerinin büyüklüğünün hassasiyeti açısından önemlidir.

Uygulama ile amaçlanan bitki kanopisi tespitine benzer farklı uygulama alanlarında açık maden sahaları, katı atık depolama alanları vb. kütle hesaplamaları için de kullanılabilir.

Üçüncü uygulamada ise İHA'nın sağlayabildiği eğik görüntülerinde kullanılması ile elde edilebilecek detaylı düşey cephelere sahip 3B yapı modelinin oluşturulmasına çalışılmıştır (Uçar, 2004).

İnsansız hava araçları kullanılarak özellikle objelerin yan cephe modellerinin hassas bir şekilde oluşabilmesi için serbest yükseklik ve açılarda konvergent resim çekme teknikleri kullanılarak hava fotoğraflarının elde edilmesi gerektiği izlenmiştir (Ergün, 2019).

Arazi topoğrafyasının oluşturulmasında kullanılacak DTM ve DSM'lerin hassas bir şekilde elde edilebilmesi için boyuna %80, enine %60 bindirme şeklinde hava fotoğraflarının çekilmesi gerektiği görülmüştür (Öztürk, 2017). Bindirmelerin eksik kaldığı kısımlarda yazılımlar interpolasyon yöntemi kullanmakta ve bu yöntemle geniş alanlarda hata oranı artmaktadır.

Çalışma kapsamında hassas nokta bulutları ve yazılımlar marifetiyle bitki kanopisindeki hacimlerin hesaplanabileceği görülmüştür. Farklı zamanlarda aynı yöntem kullanılarak oluşturulacak bitki kanopilerinden değişikliğin izlenebileceği düşünülmektedir.

Özellikle küçük alanlarda yüksek çözünürlüklü fotogrametrik çıktılarının oluşturulmasında zaman ve bütçe tasarrufu için İHA kullanılmalıdır (Ayyıldız, 2015).

Tez kapsamında kullanılan multikopter tipi insansız hava aracı modellerinin amacı özellikle yan cephe görüntülerinin elde edilmesidir. Kanatlı model bir insansız hava aracı kullanarak eğik fotogrametrik yöntemle objelerin yan cephelerinin hassas bir şekilde modellenmesi mümkün görünmemektedir. Ayrıca kanatlı insansız hava araçları her zeminden rahatça iniş kalkış yapamadıklarından dolayı küçük ve eğimin fazla olduğu alanlarda kanatlı insansız hava araçları değil de multikopter tipi hava araçlarının kullanılmasının daha doğru ve zaman açısından tasarruflu olduğu düşünülmektedir.

Tez kapsamında uygulama I ve uygulama III arasında uçuş planlamalarındaki farklardan biri ise uygulama III' te eğik fotogrametrik yöntemin kullanılması olmuştur. Sonuç çıktıları incelendiğinde uygulama I' de kullanılan hava fotoğraflarının zemine paralel olacak şekilde, uygulama III' te ise yan cepheleri de görüntüleyecek şekilde çekilmiş olması nokta bulutlarından oluşturulan üç boyutlu model çıktısının uygulama

III' te daha hassas ve doğru olduğu görülmüştür. Ancak uygulama III için TUSAGA AKTİF-CORS yöntemiyle tesis edilen yer kontrol noktaları BÖHKBÜY' nde bahsedilen hata değeriinin üstünde çıktığı için oluşturulan model ve nokta bulutları kendi içinde hassas ve doğru optimize edilmiş, yeryüzündeki referanslama noktasında ise yönetmelikte belirtilen hata sınırının yukarısında çıktığı için konum doğruluğu yetersiz kalmıştır.



5. SONUÇ

Bu teknolojinin geliştirilmesine yönelik faaliyetler akademik olarak sıcak bir araştırma alanını oluşturmaktadır. Dünyada ve ülkemizde, veri standartlarının oluşturulması, donanım ve yazılım geliştirmeleri ve uygulama alanlarının çeşitlendirilmesine yönelik çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye, ekonomik olarak gelişmekte olması, hızlı kentleşmenin yaşanması ve doğal afet riskinin yüksek olması özellikleri ile dünya da yürütülen çalışmalara paralel olarak benzer akademik faaliyetlerin yürütülmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Tez bu alandaki belirtilen ihtiyacın giderilmesi anlamında önemli bir işlev görecektir.

Mimarlık Tasarım Fakültesi binası ile Van Gölü kıyısı arasında kalan bölge 1. Uygulamanın çalışma alanını oluşturmuştur. Güzergâh alanı içerisinde İller Bankası A.Ş.' ye ait nirengi taşına (N.276) ilaveten 12 adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. Görüntüler 3 farklı etapta çekilmiş ve bu çekimlerde 2 adet farklı model de insansız hava aracı kullanılarak, uçuş planı 120 m yükseklik %75 enine ve %80 boyuna bindirme şeklinde yapılmıştır. Çalışmada DJI Phantom 2 Vision + ve DJI Phantom 4 olmak üzere iki farklı modelde drone kullanılmıştır. DJI Phantom 2 Vision + modelinde 12mp balıkgözü kamera ile görüntüler elde edilmiş ve her bir batarya ile yaklaşık olarak 14 dakikalık uçuş gerçekleştirilmiştir. DJI Phantom 4 modelinde ise 14 mp frame çerçeve kamera ile görüntüler elde edilmiş ve her bir batarya ile yaklaşık olarak 20 dakikalık uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuşlar neticesinde 406 adet hava fotoğrafı elde edilerek bu fotoğraflardan da kullanılan bilgisayar özelliklerine göre yaklaşık 23 saatlik bir süreden sonra yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur. Hesaplanan yer kontrol noktalarının toplam karesel ortalama hatası 2.10768 cm bulunmuştur. Ayrıca çalışma alanına ait taşkın analiz modellemesinde kullanılmak üzere 9177 * 7342, 17.6 cm/pix Sayısal yükseklik modeli, 30791 * 22319, 4.4 cm/pix çözünürlükte Ortofoto görüntüsü ve yaklaşık beş milyon üç boyutlu yüzey oluşturulmuştur.

Coğrafi Bilgi Sistemlerine entegre edilmek üzere CAD ortamında mimarlık tasarım fakültesine ait bina modellendikten sonra CBS ortamına aktarılmış ve insansız hava aracı ile elde edilen fotogrametrik çıktılar ile birleştirilmiştir. Sonrasında hassas

yükseklik modeline Van gölündeki su seviyesini kademeli bir şekilde arttırarak binanın hangi su kotunda afete maruz kalacağına ait animasyon elde edilmiştir.

Mimarlık Tasarım Fakültesi binası civarında bulunan orta refüjde bulunan bitki kanopisi 2. Uygulamanın çalışma alanını oluşturmuştur. Çalışma alanı çevresinde İller Bankası A.Ş.'ye ait nirengi taşına ilaveten 4 adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. Uçuş planı 120 m yükseklik %75 enine ve %80 boyuna bindirme şeklinde yapılmıştır. Sınıflandırıldıktan sonra filtrelenen nokta bulutlarından yapılan ölçümler neticesinde bitki kanopisindeki hacim 391.8 m³ olarak hesaplanmıştır.

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kütüphane binasının bulunduğu bölge 3. Uygulamanın çalışma alanını oluşturmuştur. Güzergâh alanı içerisinde 4 adet yer kontrol noktası (YKN) işaretlenmiştir. Uçuş planı 40-80 m yükseklik aralığında %75 enine ve %80 boyuna bindirme ve bina cephelerine paralel olacak şekilde serbest uçuş şeklinde yapılmıştır. Çalışma alanına ait eğik ve düşey olarak IOS işletim sistemi uyumlu Pix 4D Capture uygulaması yardımıyla 230 adet hava fotoğrafı elde edilerek bu fotoğraflardan da kullanılan bilgisayar özelliklerine göre yaklaşık 51 saatlik bir süreden sonra yoğun nokta bulutları oluşturulmuştur. Hesaplanan yer kontrol noktalarının toplam karesel ortalama hatası 9.62575 cm bulunmuştur. Ayrıca çalışma alanına ait taşkın analiz modellemesinde kullanılmak üzere 4623 * 4384, 5.5 cm/pix Sayısal yükseklik modeli, 18444 * 17508, 1.37 cm/pix çözünürlükte Ortofoto görüntüsü ve yaklaşık iki milyon üç boyutlu yüzey oluşturulmuştur. Sonrasında oluşturulan bu çıktılar Pix 4D Mapper uygulamasında export edilmiş ve burada kütüphane binasına ait yüksek çözünürlüklü üç boyutlu video animasyon dosyası elde edilmiştir.

Tez kapsamında, İHA kullanılarak elde edilen görüntülerin işlenmesi ile üretilen

- Nokta Bulutu,
- 3B Ağ Model,
- SYM,
- SAM ve
- Ortofoto

Yüzüncü Yıl Üniversitesi Kampüs alanındaki Kentsel Tasarım ve Mekânsal Planlama çalışmaları için önemli bir araç oluşturduğu tespit edilmiştir.

İnsansız Hava Aracı kullanılarak fotogrametrik yöntemlerle özellikle kentsel tasarım ve büyük ölçekli mekânsal planlamalarda çok daha düşük maliyet, zaman açısından avantajlı verilerin elde edildiği ve birçok farklı mesleki alanda kullanılabileceği izlenmiştir.

Tez kapsamında yürütülen farklı uygulama örneklerinin tümü görünür dalga boyundaki ışığın algılanması temellidir. Günümüzde İHA üzerine entegre edilebilecek termal, kızılötesi gibi farklı algılayıcılar radyometrik veya RTK sistemleri ile mekânsal hassasiyetin artırılabilmesi mümkündür. Bu tip araçların eklendiği komplike İHA sistemleri ile gerek ulusal gerekse de uluslararası akademik yazın gündeminde olan akıllı kentlerde yaşam kalitesinin tespitine yönelik gerekli girdilerin hızlı ve hassas şekilde elde edilmesine yönelik araştırmalar çalışmanın gelecek doğrultusunu oluşturmaktadır.



KAYNAKLAR

- Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., Öztürk, T., 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları, *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, **66** (1): 104-118.
- Ayyıldız, E., Özer, E., Özmüş, L., Erkek, B., Bakıcı, S., 2014. İnsansız hava aracı (İHA) ve uçak platformlarından elde edilen görüntülerin ortofoto üretiminde karşılaştırılması. **7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu**, Çorum
- Ayyıldız, E., 2016. *Eğik Resim Fotogrametri ile Veri Üretimi*, Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü, Harita Dairesi Başkanlığı, Ankara,
- Çömert, R., Avdan, U., Şenkal, E., 2012. İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler. **IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu**. 16-19 Ekim 2012, (UZAL-CBS 2012), Zonguldak
- Eisenbeiss, H., 2009. *UAV Photogrammetry*, (Doktora tezi). Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Zürich.
- El-Sheimy, N., Valeo, C., and Habib, A., 2005. *Digital Terrain Modeling: Acquisition, Manipulation, and Applications*. Artech House, Published July 2005, ISBN 1580539211
- Ergün, B., *Sayısal Fotogrametri Ders Notları*, Gebze Teknik Üniversitesi, Kocaeli
- Gençerk, E.Y., 2016. *İnsansız Hava Aracı Fotogrametrisi Uygulaması ile İnşaat Projesi İmalat Durumunun Araştırılması*. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Güntel, A., 2015. *Farklı GPS/IMU Sistemlerinin Havai Nirengiye Etkisi*. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya
- Karakış, S., 2012. İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Harita Dergisi* 147: 13-20.
- Kemeç, S., Duzgun, H.S.B., Kulakoğlu, F., 2010. Arkeolojik uygulamalar için düşük maliyetli 3b modelleme yaklaşımı: Kültepe örneği. *Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 32. Uluslararası Kazı, Araştırma ve Arkeometri Sempozyumu*, İstanbul, 24-28 Mayıs 2010, 1-13
- Kılınçoğlu, D.B., 2016. *Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi ve Doğruluk Analizi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Kraus, K., 1997. *Photogrammetry Volume II*, Advanced Methods and Applications (Ders Notları), Ferd. Dummlers Verlag, Bonn, Germany.
- Özbay, E., Çınar, A., 2016 Nokta Bulutu Verileri ile Nesne Modellerini Sınıflandırmak için Metriksel Bir Yaklaşım. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, Sayfa: 128-136.
- Özcan, O., 2017. İnsansız hava aracı (İHA) ile farklı yüksekliklerden üretilen sayısal yüzey modellerinin (SYM) doğruluk analizi. *Mühendislik ve Yer Bilimleri Dergisi*, **2**(1): 1-7.
- Özemir, I., Uzar, M., 2016. İha ile Fotogrametrik Veri Üretimi. **6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)**, 5-7 Ekim 2016, Adana

- Öztürk, O., Bilgilioğlu, B.B., Çelik, M.F., Bilgilioğlu, S.S., Uluğ, R., 2017 İnsansız hava aracı (İHA) görüntüleri ile ortogörüntü üretiminde yükseklik ve kamera açısının doğruluğa etkisinin araştırılması. *Geomatik Dergisi*. 2017; 2(3): 135-141.
- Seki, M., Tiryakioğlu, İ., Uysal, M., 2017. Farklı veri toplama yöntemleriyle yapılan hacim hesaplamalarının karşılaştırılması. *Geomatik Dergisi Geomatics*. 2(2):106-111.
- Tercan, E., 2017. İnsansız hava aracı kullanılarak antik kent ve tarihi kervan yolunun fotogrametrik belgelenmesi: Sarıhacılar örneği. *Journal of Engineering Sciences and Design*. 5(3):633 – 642.
- Topan, H., Oruç, M., Koçak, M.G., 2007. Ortogörüntü Üretiminde Yer Kontrol Noktası Seçimi ve Sonuçlara Etkisi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. 2 – 6 Nisan 2007, Ankara
- Uçar, E., Ergün, B., 2004. Fotogrametride üç boyutlu şehir modelleme teknikleri ve CBS kullanımı, 2004. *Harita Genel Komutanlığı Dergisi*, 132: 48-56.
- Xiang, H., Tian, L., 2011. Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). *Biosystems Engineering*. 108(2): 174-190.
- Yakar, M., Toprak, A.S., Ulvi, A., Uysal, M., 2015. Konya Beyşehir Bezariye Hanının (Bedesten) İha İle Fotogrametrik Teknik Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. 25 – 28 Mart 2015, Ankara.
- Yılmaz, H., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., Bilgilioğlu, S.S., 2018. İnsansız Hava Aracı ile Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği *Geomatik Dergisi Journal of Geomatics*. 3(2):129-13
- Yılmaz, V., Akar, A., Güngör, O., Karlı, F., Gökalp, E., 2013. İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu*. 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon

EKLER

Ek 1. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü İHA Talimatnamesi

BİRİNCİ BÖLÜM

Amaç, Kapsam, Dayanak ve Tanımlar

Amaç

MADDE 1 – (1) Bu Talimat, Türk Hava Sahasında işletilecek veya kullanılacak sivil İnsansız Hava Aracı (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 amacıyla hazırlanmıştır.

Kapsam

MADDE 2 – (1) Bu Talimat, Türk Hava Sahasında uçacak İHA'ları, ilgili sistemleri, bunları ithal edecek, satışını yapacak, işletecek ya da kullanacak gerçek ve tüzel kişileri, bu kapsamda görev alacak personeli, İHA ekibini ve hava sahası kullanımı ile verilecek hava trafik hizmetlerini kapsar.

(2) Aşağıdaki İHA ve sistemleri bu Talimatın kapsamı dışındadır:

- a) Devlet insansız hava araçları,
- b) Yalnızca kapalı alanlarda kullanılan İHA ve sistemleri,
- c) Yere veya herhangi bir platforma bağlı olan insansız balon ve benzeri sistemler, ç) Azami kalkış ağırlığı 500 gr'dan daha az olan İHA'lar.

Dayanak

MADDE 3 – (1) Bu Talimat, 10/11/2005 tarihli ve 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununa ve 14/10/1983 tarihli 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanununa dayanılarak hazırlanmıştır.

Tanımlar ve kısaltmalar

MADDE 4 – (1) Bu Talimatta geçen tanımlardan:

- a) Algıla ve sakın: Üzerinde pilot bulunan bir hava aracında olması beklenen görme ve sakınma işlevine eşdeğer bir şekilde görev yapan, pilota hava aracını ayırıştırma yeteneği kazandırabilecek İHA sisteminin işlevini,
- b) Ayrılmış hava sahası: İHA operasyonu için NOTAM ile yayımlanan sahayı,
- c) Çok kalabalık bölge: Meskûn mahaller veya şehir, kasaba ve banliyö gibi yerleşim sahaları, sanayi bölgesi, ticaret alanı, gümrük kapıları ve sahaları gibi içerisinde yüksek yoğunlukta insan bulunan bölgelerini,
- ç) Devlet insansız hava aracı: Devletin askerlik, güvenlik, istihbarat, gümrük ve orman yangınları ile mücadele hizmetlerinde kullandığı hava araçlarını,
- d) Faydalı yük operatörü: İHA'nın icra edeceği göreve uygun olarak üzerinde taşıdığı görev sistemlerini kullanan ve izleyen İHA pilotu dışındaki kişiyi,
- e) Genel Müdürlük: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nü,
- f) Görsel görüş hattı (VLOS): Optik ve/veya elektronik cihazların yardımı olmaksızın ilgili hava sahasında geçerli havacılık kurallarını uygulamak ve hava aracını yönetmek için uzaktaki pilotun hava aracı ile doğrudan görsel temasta kalarak operasyonları gerçekleştirdiği şartları,
- g) Görüş hattı dışı (BLOS): Operasyonların gerçekleştirilebilmesinde İHA'yı uzaktan kumanda eden pilota, hava aracı ile sürekli olarak doğrudan görsel temas halinde kalmaya veya kullanılan hava sahasının geçerli uygulanabilir kurallarına uymaya imkân vermeyen belirli bir mesafeyi,
- ğ) İHA işleticisi: İHA veya İHA sistemlerinin sahibi gerçek veya tüzel kişiyi,
- h) İHA pilotu: İşletici tarafından uçuşun idaresinden sorumlu olmak üzere tayin edilmiş, uçuş süresince İHA'nın her türlü harekâtında uçuş

kontrollerini çalıştıran veya otonom operasyonunu planlayan ve takip eden kişiyi,

ı) İHA ekibi: Bir İHA'nın uçuşulması için gerekli olan kontrol istasyonunda yürütülen faaliyetin tamamından sorumlu İHA pilotunu veya görev sorumlusunu, kumanda başındaki İHA pilotunu, faydalı yük operatörünü ve teknisyenlerini ve varsa muhabere görevlisi gibi diğer görevlileri içeren mürettebatı,

i) İHA gözlemcisi: İnsansız hava aracını görsel olarak izleyecek ve uçuşun yürütülmesinde pilota yardımcı olması için işletici tarafından belirlenen kişiyi,

j) İnsansız hava aracı (İHA) : İHAS'ın bir bileşeni olarak işletilen, aerodinamik kuvvetler aracılığıyla sürekli uçuş yapma yeteneğinde olan, üzerinde pilot bulunmaksızın uzaktan İHA pilotu tarafından kontrol edilerek veya otonom operasyonu İHA pilotu tarafından planlanarak uçuşulan ya da havada kalabilen hava aracını,

k) İnsansız hava aracı sistemi (İHAS): İHA ile kontrol istasyonu, komuta ve kontrol veri bağı, kalkış ve iniş sistemi gibi uçuşun sağlanması için gerekli olan, birbirinden ayrı sistem elemanlarının bütünü,

l) Kalabalık bölge: Yayla benzeri geçici yerleşim yerleri ile köy ve mezralar, yoğun olmayan insan varlığı bulunan turistik ve tarihi tesisler/alanlar, piknik, miting, konser, spor faaliyetleri gibi maksatlarla kullanılan bölgeler, yüzme, deniz sporları gibi amaçlarla kullanılan kıyı şeritleri ile iç sular, otoyollar ve demiryolları gibi içerisinde yoğun olmayan kalıcı veya geçici yoğunlukta insan ve taşıt bulunan bölgeleri,

m) Kalabalık olmayan bölge: Boş araziler, tarım alanları, ormanlar, denizler ve iç sular gibi içerisinde kalıcı insan yerleşimi ve taşıt bulunmayan bölgeleri,

n) Kontrol bağı: İHA ile kontrol istasyonu arasında, İHA'nın uçuşulması için kontrol istasyonundan gönderilen kontrol komutları ile İHA'dan alınan uçuş bilgilerinin kontrol istasyonuna aktarıldığı bağlantıyı,

o) Kontrol istasyonu: İHA'yı uzaktan kumanda ederek kullanmak veya otonom görevleri takip etmek, operasyonları süresince ve görüş alanı dışında iken, yer ve durumunu izlemek için kullanılan, yerde veya bir platformda bulunan cihaz veya sistemini,

ö) NOTAM: Uçuş harekâtı ile ilgili görevlileri, herhangi bir havacılık hizmetine, kolaylığına, yönetimine veya tehlikesinin varlığına, koşullarına ya da bunlardaki herhangi bir değişikliğe ilişkin bilgilerden zamanında haberdar etmek amacıyla özel bir formatta hazırlanmış havacılara uyarı yayını,

p) Otonom operasyon: Pilot kontrolü olmadan otomatik uçuş kontrol sistemi ile gerçekleştirilen operasyonları,

r) Uçuş planı: Bir hava aracının planlanan uçuşuna ilişkin bilgileri içeren, ICAO tarafından yayınlanan DOC.4444'e ve/veya EUROCONTROL IFPS kullanıcı el kitabına uygun olarak özel formatta hazırlanmış bilgi formunu, ifade eder.

(2) Bu Talimatta geçen kısaltmaların karşılıkları aşağıda verilmiştir:

a) AGL: Yer Yüzeyinden Yükseklik,

b) AIP: Havacılık Bilgi Yayını,

c) ATC:

Hava

Trafik

Kontrolü,

ç) CTR:

Kontrol

Bölgesi,

d) EASA: Avrupa Havacılık Emniyeti Ajansı,

e) GTİP: Gümrük Tarife İstatistik Pozisyonu,

f) ICAO: Uluslararası Sivil Havacılık Organizasyonu,

g) IMC: Aletli Uçuş

Meteoroloji Şartları,

ğ) PPL: Hususi Pilot

Lisansı,

h) SHGM: Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü,

ı) SHT-7 Talimatı: 11/09/2014 tarihinde yayımlanan Hava Aracı
Milliyeti ve Tescil İşaretleri Talimatı,

i) SHY-İPC: 29/01/2013 tarihli ve 28543 sayılı Resmi Gazetede
yayımlanan Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Tarafından Verilecek İdari
Para Cezaları Hakkında Yönetmeliği,

j) TCAS: Trafik Uyarı ve Çarpışma Önleme Sistemi,

k) TMA: Terminal Kontrol Sahası.

l) EUROCONTROL IFPS : Avrupa Seyrüsefer Hava Emniyeti
Teşkilatı Entegre Uçuş Plan İşleme Sistemi,

m) IR : Aletli Uçuşa Yetkili,

n) AR-GE: Araştırma Geliştirme,

o) ADS-B: Otomatik

Bağımlı Gözetim Yayını,

ö) AMM: Hava aracı

Bakım El Kitabı,

p) MPD: Bakım Programı Dokümanı,

r) R/T: Alıcı/Verici,

s) VFR:

Görerek

Uçuş

Kuralları, ş)

IFR: Aletli

Uçuş

Kuralları,

t) VHF: Çok Yüksek Frekans,

u) UHF: Ultra Yüksek Frekans,

ü) Mode-S Transponder: Mod-S Vericisi,

v) SHY-21: 20/08/2013 tarihli ve 28741 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Hava Aracı Ve İlgili Ürün, Parça Ve Cihazın Uçuşa Elverişlilik Ve Çevresel Sertifikasyonu Yönetmeliği.

(3) Bu Talimatta belirtilmeyen tanımlar için 2920 sayılı Kanun, 5431 sayılı Kanun ve diğer sivil havacılık mevzuatı ile ülkemizin üyesi olduğu uluslararası sivil havacılık kuruluşları tarafından yayımlanan dokümanlarda belirtilen tanım ve kısaltmalar geçerlidir.

İKİNCİ BÖLÜM

Sınıflandırma, İthal Teknik Uygunluk, Zorunlu Teçhizat, Uçuşa Elverişlilik ve Özel Uçuş İzni, Bakım ve Onarım

Sınıflandırma

MADDE 5 – (1) Azami kalkış ağırlıkları referans alınarak İHA'lar 4 ayrı sınıfa ayrılır:

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

(2) AR-GE çalışmaları kapsamında yapılacak test uçuşlarında, başvuru sahibi, test uçuşlarının kapsamını, uçulacak bölgenin koordinatlarını, irtifasını, üçüncü şahıs mali mesuliyet sigortasını ve ilgili kategoriye uygun pilot bilgilerini Genel Müdürlüğe bildiririr, doğruluğunu taahhüt eder ve uçulacak bölge için izin alır.

a) AR-GE çalışmaları için üretilen İHA0 ve İHA1 kategori hava araçları Genel Müdürlük tarafından oluşturulan internet tabanlı “Kayıt Sistemi”ne kayıt edilir.

- b) Bu tip test uçuşları için bu Talimatta belirlenmiş diğer gereklilikler aranmaz.

İthal teknik uygunluk

MADDE 6 – (1) İHA0 ve İHA1 sınıfındaki İHA için ithal teknik uygunluk yazısı düzenlenebilmesi için aşağıdaki bilgi ve belgeler aranır:

- a) İHA ve sistemlerine ait teknik özellikleri içeren ürün kataloğu,
- b) İHA ve sistemleri üretim yılı ve üretici ülke,
- c) Marka, model, seri numarası bilgilerini içeren proforma fatura ve GTİP'e uygunluk durumu,
- ç) İHA ve sistemlerini ithal eden kişinin arşiv kayıtlı adli sicil kaydı belgesi,
- d) İHA ve sistemlerini ithal eden gerçek/tüzel kişinin iletişim bilgileri,
- e) İmalatçı veya ithal eden/satın alan tarafından düzenlenmiş İHA ve sistemlerinin imalatında kullanılan standartların gösterildiği Uygunluk Beyanı. “İnsansız Hava Aracı Uygunluk Beyanı” örneğine Genel Müdürlük resmi internet sayfasından erişilebilir.

(2) İHA2 sınıfındaki İHA için ithal teknik uygunluk yazısı düzenlenirken İHA1 sınıfı için istenen belgelere ek olarak aşağıdakiler aranır:

- a) İHA ve sistemlerin, başvurusu tarihi itibariyle en fazla 5 yıl önce üretilmiş olduğunu gösterir belge,
- b) Kullanılabilecek faydalı yükler dâhil İHA ve sistemlerinde yer alan donanımların teknik bilgisi,
- c) İthal edilen ülkenin tescilinde bulunuyor ise İthal Uçuşa Elverişlilik Sertifikası veya eşdeğer bir doküman ya da Tahditli Tip Sertifikası veya Uçuşa Elverişlilik Sertifikası /Özel Uçuş İzni Belgesi.

(3) İHA3 sınıfındaki İHA için ithal teknik uygunluk yazısı düzenlenirken İHA2 sınıfında istenen belgeler ile birlikte aşağıdakiler aranır:

- a) Genel Müdürlük veya ilgili ülkenin otoritesi tarafından

yayınlanmış Tahditli Tip Sertifikası ve teknik veri listesi,

b) İthal edilen ülkenin yetkili otoritesi tarafından en çok 2 ay öncesinden tanzim edilmiş İthal Uçuşa Elverişlilik Sertifikası

c) Bağımsız bir belgelendirme kuruluşu tarafından yapılmış, İHA ve sistemlerinin imalatında kullanılan standartların testlerinin sonuçları.

(4) İHA ithal edeceklerden, 12/04/1991 tarih ve 3713 sayılı Terörle Mücadele Kanuna, 21/03/2007 tarih ve 5607 sayılı Kaçakçılıkla Mücadele Kanunu, 13/11/1996 tarih ve 4208 sayılı Karaparanın Aklanmasının Önlenmesi Kanununa, 657 Sayılı Devlet Memurları Kanununda ve 178 Sayılı Maliye Bakanlığının Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnamede Değişiklik Yapılmasına Dair Kanuna, 12/06/1933 tarih ve 2313 sayılı Uyuşturucu Maddelerini Murakabesi Hakkında Kanuna, 10/07/1953 tarih ve 6136 sayılı Ateşli Silahlar ve Bıçaklar ile Diğer Aletler Hakkında Kanuna, 21/07/1983 tarih ve 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanununa, 20/02/1930 tarih ve 1567 sayılı Türk Parasının Kıymetini Koruma Hakkında Kanuna muhalefet suçlarından dolayı ve 26/09/2004 tarih ve 5237 sayılı Türk Ceza Kanunu'nda yer alan zimmet, ihtilas, irtikap, rüşvet, hırsızlık, dolandırıcılık ve sahtecilik gibi yüz kızartıcı suçlardan mahkum edilmemiş olduğunu gösteren arşiv kayıtlı Adli Sicil Belgesi istenir.

ÖZ GEÇMİŞ

Lisans eğitimini Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü'nde 2006 yılında tamamladı. Yüksek lisans eğitimini 2019 yılında Van YYÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programında tamamladı. 2006 yılından bugüne AR GE CBS LTD. ŞTİ. firmasında şirket müdürü olarak çalışmaktadır. Evli ve bir çocuk babasıdır.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 01/08/2019

Tez Başlığı / Konusu: "Büyük Ölçekli Mekansal Planlama ve Kentsel Tasarım Aracı Olarak İnsansız Hava Aracı İle Fotogrametrik Çözüm Araştırması Van YYÜ Kampüsü Örneği"


Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 99 sayfalık kısmına ilişkin, 01/08/2019 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezimin benzerlik oranı % 0 (sıfır) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.


Tarih ve İmza
01.08.2019

Adı Soyadı : Emre GÜRAY
Öğrenci No : 159101108
Anabilim Dalı : Peyzaj Mimarlığı
Programı : Tezli Yüksek Lisans
Statüsü : Y. Lisans Doktora

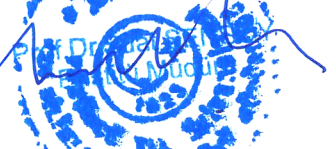
DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Doç. Dr. Serkan KEMEÇ



(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR



(Unvan, Ad Soyad, İmza)