



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



ŞEHİR MODELLERİ ÜRETİMİNDE EĞİK
HAVA FOTOĞRAFLARININ KULLANIMI VE
KÜTAHYA İL MERKEZİ ÖRNEĞİ

İbrahim Enes SAĞLAM

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Şubat-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İbrahim Enes SAĞLAM tarafından hazırlanan “Şehir Modelleri Üretiminde Eğik Hava Fotoğraflarının Kullanımı ve Kütahya İl Merkezi Örneği” adlı tez çalışması 07/02/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ferruh YILDIZ

.....

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Lütfiye KARASAKA

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışması tarafından nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İbrahim Enes SAĞLAM

Tarih: 07.03.2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

ŞEHİR MODELLERİ ÜRETİMİNDE EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARININ KULLANIMI VE KÜTAHYA İL MERKEZİ ÖRNEĞİ

İbrahim Enes SAĞLAM

**Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Lutfiye KARASAKA

2022, 85 Sayfa

**Jüri
Dr. Öğr. Üyesi Lutfiye KARASAKA
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN**

Teknoloji ve bilimin gelişmesiyle fotogrametrik veri üretiminde kullanılan metot ve yöntemler gelişmiş ve bununla birlikte elde edilen sonuç ürünlerde farklılıklar meydana gelmiştir. 3B modeller birçok alanda, özel sektör ve kamu kurum ve kuruluşlarının kalkınma ve ülke güvenliğine yönelik savunma alanlarında ihtiyaç duyduğu bir ürün haline gelmiştir. Bu gelişmelerden en yeni olanı da eğik resim fotogrametrisidir. Eğik resim fotogrametrisinin kullanıldığı alanlardan biri de 3B şehir modellerinin üretimidir. Bu yöntemin tercih edilmesindeki sebep şehrin bütün detaylarına sahip olacak şekilde farklı açılardan fotoğraflar elde edilmesidir. Bu sayede elimizde çok yoğun bir veri seti olup üretilen veri setlerinin detay seviyesi, hassasiyeti ve çeşitliliği artmaktadır.

Tez kapsamında TKGM tarafından 2019 yılında 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi kapsamında çekilen hava fotoğrafları kullanılmıştır. Yürütülen bu proje ile amaç Türkiye genelinde belirlenen yerleşim alanlarında; kadastro ve mülkiyet bilgisinin 2 boyuttan 3 boyuta taşınması, akıllandırılması hatta 3B şehir modeli verileri ile entegre edilip geliştirilip güncellenebilmesi ve üretilen bu bilgilerin şehirleri yönetme, plan ve projelere altlık teşkil etmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın amacı hızla gelişen teknoloji ile beraber kullanımı giderek artan eğik resim fotogrametrisi ve buna bağlı olarak üretilen şehir modelleri veri setlerinin farklı yazılımlarda üretimi ve sonuçların veri setlerine etkisini incelemek ve sonuçları paylaşmaktır. Tez çalışması için belirlenen alan Kütahya Merkez olup veri üretimleri bu alanda yapılmıştır.

Tez çalışması kapsamında elde edilen nadir hava fotoğraflarından vektörel çatı detay çizimleri yapılmıştır. Bu çizimlerden kütle modeller oluşturulup nadir ve eğik hava fotoğrafları ile yüzey ve cephe kaplamaları yapılmıştır. Nadir ve eğik hava fotoğrafları farklı ticari yazılımlarda dengelenmiş ve dengeleme sonuçları paylaşılmıştır. Bu dengeleme işlemlerinden sonra aynı ticari yazılımlarda önce sadece nadir sonra nadir ve eğik hava fotoğrafları beraber kullanılarak nokta bulutu, mesh model, sayısal yükseklik modeli ve true ortofoto üretimi yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: 3B Şehir Modeli, CityGML, Eğik Resim Fotogrametrisi, Veri Üretimi

ABSTRACT

MS THESIS

THE USE OF OBLIQUE AERIAL PHOTOS IN THE PRODUCTION OF CITY MODELS AND THE EXAMPLE OF KÜTAHYA PROVINCIAL CENTER

İbrahim Enes SAĞLAM

**Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatic Engineering**

Advisor: Asst. Prof. Dr. Lütfiye KARASAKA

2022, 85 Pages

**Jury
Asst.Prof. Dr. Lütfiye KARASAKA
Prof. Dr. Ferruh YILDIZ
Asst.Prof. Dr. Osman ORHAN**

With the development of technology and science, the methods and methods used in the production of photogrammetric data have developed, and there have been differences in the resulting products. 3D models have become a product that private sector and public institutions and organizations need in the fields of development and defense for national security. The most recent of these developments is oblique photogrammetry. One of the areas where oblique image photogrammetry is used is the production of 3D city models. The reason for choosing this method is to obtain photos from different angles with all the details of the city. Thus, we have a very dense data set and the level of detail, sensitivity and diversity of the produced datasets increases.

Within the scope of the thesis, aerial photographs taken by TKGM within the scope of 3D City Models Production and Creation of 3D Cadastre Bases Project in 2019 were used. It is aimed to move the cadastre and property information from 2D to 3D, to make it smart, even to be integrated with the 3D city model data, to be developed and updated, and to form a basis for the management of cities, plans and projects.

The aim of this study is to examine the production of oblique picture photogrammetry and the city model datasets produced accordingly, in different software, the effects of the results on the datasets, and to share the results with the rapidly developing technology. The area determined for the thesis study is Kütahya City Center and data productions were made in this area.

Vectorial roof detail drawings were made from rare aerial photographs obtained within the scope of the thesis. Mass models were created from these drawings and surface and facade coatings were made with rare and oblique aerial photographs. Nadir and oblique aerial photographs were adjustment in different commercial software and the bundle adjustment results were shared After these processes, point cloud, mesh model, digital elevation model and true orthophoto were produced by using only nadir images and then nadir and oblique images together in the same commercial software.

Keywords:3D City Model,Citygml,Oblique Photos Photogrammetry,Data Production

ÖNSÖZ

Mesleki hayatım boyunca bilgi ve tecrübelerini paylaşmayı hiç esirgemeyen mesleki gelişimimde büyük katkıları olan Küre Mühendislik Harita Ltd.Şti. kurucusu Sayın Bülent ER'e ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Tez çalışmam boyunca desteğini ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Dr.Öğr. Üyesi Lutfiye KARASAKA'ya teşekkürü borç bilirim.

Tüm hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

İbrahim Enes SAĞLAM
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
1.GİRİŞ	1
2.KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3.MATERYAL VE YÖNTEM.....	6
3.1.Fotogrametri.....	6
3.1.1.Hava Fotogrametrisi	6
3.1.2.Eğik Hava Fotogrametrisi	7
3.2.Temel Kavramlar	9
3.2.1.Proje Planlaması	9
3.2.Uçuş Planlaması ve Havadan Görüntü Alımı	10
3.3.Yer Kontrol Noktası.....	13
3.4.Fotogrametrik Nirengi	14
3.4.1.Nadir Fotoğrafların Dengelenmesi	15
3.4.2.Eğik Fotoğrafların Dengelenmesi	15
3.5.Nokta Bulutu.....	16
3.6.Sayısal Yükseklik ve Arazi Modeli	17
3.7.True Ortofoto	18
3.8. 3B Modelleme, Katı Model ve Mesh Model Üretimi.....	19
3.9. 3B Modellerin Kaplanması.....	21
3.10.CityGML ve Ayrıntı Düzeyi (LOD).....	22
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	25
4.1.YKN Tesis, Ölçü ve Hesabı.....	28
4.2.Görüntü Alımı ve Ham Fotoğrafların İşlenmesi.....	29
4.3. Fotogrametrik Nirengi	31
4.3.1. Nadir Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi	32
4.3.2 Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi	41
4.4.Nokta Bulutu Üretimi	55
4.4.1. Nadir Hava Fotoğraflarından Nokta Bulutu Üretimi	56
4.4.2.Eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi.....	60
4.5.Mesh Model Üretimi.....	64
4.5.1.Agisoft Metashape ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi	64
4.5.2.Pix4D ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi	66
4.5.3.ContextCapture ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi	67

4.6. Sayısal Yükseklik Modeli	68
4.6.1. Agisoft Metashape ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi.....	69
4.6.2. Pix4D ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi.....	71
4.6.3. ContextCapture ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi.....	72
4.7. True Ortofoto	74
4.7.1. Agisoft Metashape ile true ortofoto üretimi	74
4.7.2. Pix4D ile true ortofoto üretimi.....	76
4.7.3. ContextCapture ile true ortofoto üretimi	77
4.8. Yapılara Ait 3B Obje Modellerinin Üretimi ve Kaplama.....	78
5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER	82
6.KAYNAKLAR	84

KISALTMALAR

BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemleri
FIG	: International Federation of Surveyors
GML	: Geography Markup Language
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPS	: Global Positioning System
IMU	: Inertial Measurement Unit
LOD	: Level of Detail
OGC	: Open Geospatial Consortium
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
SGM	: Semi-Global Matching
SYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TIC	: Terrain Intersection Curve
TUSAGA-Aktif	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı Aktif
YKN	: Yer Kontrol Noktası
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Ultracam Osprey teknik özellikler	7
Şekil 3.2. Ultracam Osprey oblik kamera sistemi(https://cbs.tkgm.gov.tr/3d/html/2UretimIsAkislari.html)	8
Şekil 3.3. Oblik fotoğraflarda bindirme görünümüleri(Ewelina Rupnik et al., 2015)	8
Şekil 3.4. Nadir,oblik ve mobil fotoğraf çekim açıları (Tütüneken,2017)	9
Şekil 3.5. Uçuş planı örneği.....	10
Şekil 3.6. Örnek bir uçuş simülasyonu	11
Şekil 3.7. Eğik hava fotoğraflarının arazide kapladığı alanlar	12
Şekil 3.8. Bindirme oranları	13
Şekil 3.9. ÖrnekYKN tesisi (BÖHHBÜY,2018).....	14
Şekil 3.10. Eğik dengeleme	15
Şekil 3.11. Şehir içi nokta bulutu	17
Şekil 3.12. Sayısal arazi ve yüzey modeli	18
Şekil 3.13. True ortofoto ve klasik ortofoto farkı	19
Şekil 3.14. Katı model	20
Şekil 3.15. Mesh model	21
Şekil 3.16. Görünürlük analizi.....	21
Şekil 3.17. Lod seviyeleri	23
Şekil 3.18. LOD seviyeleri ve temsil ettiği geometriler	24
Şekil 3.19. Bir binanın farklı LOD seviyelerinde görünümü(Löwner et al., 2012)	24
Şekil 4.1. Proje planlaması akış şeması.....	26
Şekil 4.2. Kütahya proje alanı	27
Şekil 4.3. Üretim alanı.....	27
Şekil 4.4. GPS hesap kanavası.....	28
Şekil 4.5. Statik ölçüm.....	29
Şekil 4.6. TKGM bünyesinde bulunan fotogrametrik amaçlı kullanılan uçak	29
Şekil 4.7. UltraMap programı fotogrametrik iş akış şeması (Halıcı, 2019)	31
Şekil 4.8. UltraCam Osprey Premium 3 nadir kamera kalibrasyon parametreleri	33
Şekil 4.9. Agisoft nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi.....	34
Şekil 4.10. Trimble İnpho yazılımı nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi	36
Şekil 4.11. Pix4D nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi	38
Şekil 4.12. ContextCapture nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi	40
Şekil 4.13. Ultracam eğik kamera kalibrasyon parametreleri	41
Şekil 4.14. Agisoft Geri ve İleri kamera kalibrasyon parametreleri.....	42
Şekil 4.15. Agisoft sol kamera kalibrasyon ayarları.....	43
Şekil 4.16. Agisoft geri ve ileri fotoğraflarda YKN işaretlenmesi	43
Şekil 4.17. Pix4D sol ve sağ kamera kalibrasyon parametreleri	46
Şekil 4.18. ContextCapture geri ve ileri kamera kalibrasyon ayarları.....	49
Şekil 4.19. İnpho geri ve ileri kamera kalibrasyon ayarları.....	52
Şekil 4.20. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm	56
Şekil 4.21. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri.....	57
Şekil 4.22. Pix4D nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm	57
Şekil 4.23. Pix4D nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri	58
Şekil 4.24. ContextCapture nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm	59
Şekil 4.25. ContextCapture nadir fotoğraflarından üretilen nokta bulutu kesit örnekleri	59

Şekil 4.26. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm.....	60
Şekil 4.27. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri.....	61
Şekil 4.28. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu genel görünüm.....	61
Şekil 4.29. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu kesit örnekleri.....	62
Şekil 4.30. ContextCapture eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm	63
Şekil 4.31. ContextCapture eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri.	63
Şekil 4.32. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen mesh model	65
Şekil 4.33. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen mesh model.....	65
Şekil 4.34. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model	66
Şekil 4.35. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen mesh model.....	67
Şekil 4.36. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model	67
Şekil 4.37. Eğik hava fotoğraflarından üretilen mesh model	68
Şekil 4.38. Agisoft nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli	69
Şekil 4.39. Agisoft eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli.....	69
Şekil 4.40. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli	71
Şekil 4.41. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli.....	71
Şekil 4.42. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli	73
Şekil 4.43. ContextCapture eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli	73
Şekil 4.44. Agisoft nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto	75
Şekil 4.45. Agisoft eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto	75
Şekil 4.46. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto.....	76
Şekil 4.47. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto	77
Şekil 4.48. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto.....	77
Şekil 4.49. ContextCapture eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto.....	78
Şekil 4.50. Stereo fotoğraflardan çizilen bir bina	79
Şekil 4.51. Kütle model oluşumu	79
Şekil 4.52. Fotoğrafların veritabanına aktarılması için kurgulanan FME Workspace ...	80
Şekil 4.53. Otomatik kaplama için model fotoğraf uyumu kontrol	80
Şekil 4.54. CityGRID ile nadir ve eğik fotoğraflardan kaplanmış bir bina.....	81

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4. 1. Agisoft yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	35
Çizelge 4.2. İnpho yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	37
Çizelge 4.3. Pix4D yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	39
Çizelge 4.4. ContextCapture yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	40
Çizelge 4. 5. Nadir hava fotoğraflarından elde edilen KOH'lar	41
Çizelge 4.6. Agisoft yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	44
Çizelge 4.7. Pix4D yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	47
Çizelge 4.8. ContextCapture yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları.....	50

Çizelge 4.9. İnpho yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları	53
Çizelge 4. 10. Eğik Fotoğraflardan dengelenen KOH.....	55
Çizelge 4. 11. Nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu raporları.....	64
Çizelge 4.12. Nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri.....	70
Çizelge 4. 13. Pix4D nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri	72
Çizelge 4. 14. ContextCapture nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri	74



1.GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknolojik gelişmeler ile kentlerin yönetilmesi, 3B şehir modelleri, 3B kadastro gibi çalışmalar giderek yaygınlaşmakta olup bu çalışmalarda eğik resim fotogrametrisiyle üretilen veriler aktif olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra şehirlerin büyüüp gelişmesiyle beraber şehirleri yönetmek için coğrafi ve sözel verilere ihtiyaç artmaktadır. 3B şehir modeli çalışmaları ile birlikte şehirlerin 1/1 ölçekte dijital ikiz modelleri oluşturulmaktadır. 3B şehir modelleri üretiminde en çok kullanılan yöntemlerden birisi de eğik resim fotogrametrisidir.

Eğik resim fotogrametrisinde kullanılan sistemlerin ve kameraların gelişmesiyle beraber de şehirlere ait detaylar hakkında bilgi edinmek daha kolay hale gelmiştir. Elde edilen veriler şehre ait imar planları , kentsel dönüşüm çalışmaları , tabela vergilendirme çalışmaları , kaçak yapılaşma tespiti , kadastro, yol projeleri ve bunun gibi bir çok projeye de altlık oluşturmaktadır.

Ülkemizde de Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılından itibaren başlanan “3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi” başlamıştır.Bu proje kapsamında üretilen veriler de eğik resim fotogrametrisi kullanılmaktadır.

Eğik resim fotogrametrisi ile birlikte yapıların cepheleri kaplanabilir, daha hassas bir sayısal yükseklik modeli elde edilebilir, mesh modeller ve true ortofotolar üretilebilir. Bu tez çalışması kapsamında test alanı seçilen bölgede nadir ve eğik hava fotoğrafları yardımıyla farklı yazılımlarda aşağıdaki veri setleri üretilmiştir.

- Vektörel çatı detay çizimleri
- Nokta Bulutu
- Dsm(Sayısal Yükseklik Modeli)
- Mesh model
- Katı model ve kaplama
- True Ortofoto

Bu çalışma sonucunda ;

4 farklı ticari yazılım olan Agisoft Metashape, Pix4D, ContextCapture ve İnpho yazılımları ile nadir ve eğik hava fotoğraflarının dengelenmesi yapılmıştır.Sonuçların şehir modelleri üretimine etkisi ve sonuçlar araştırılmıştır.

3 farklı ticari yazılım olan Agisoft Metashape,Pix4D,ContextCapture yazılımları ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi yapılmıştır.Sonuçlar şehir modelleri standartları açısından irdelenmiş ve kıyaslanmıştır.

3 farklı ticari yazılım olan Agisoft Metashape,Pix4D,ContextCapture yazılımları ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından mesh model üretimi yapılmıştır.Sonuçlar şehir modelleri standartları açısından irdelenmiş ve kıyaslanmıştır.

3 farklı ticari yazılım olan Agisoft Metashape,Pix4D,ContextCapture yazılımları ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi yapılmıştır.Tez çalışma alanına düşen yer kontrol noktaları ile model arasındaki ilişki kıyaslanmış ve sonuçlar raporlanmıştır.

3 farklı ticari yazılım olan Agisoft Metashape,Pix4D,ContextCapture yazılımları ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından true ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir.Sonuç ürünler incelenmiştir.

CityGRID yazılımı yardımıyla üretilen kütle katı modeller nadir ve eğik hava fotoğraflarından kaplanmıştır. Sonuç ürünlerin şehir modellerine etkisi araştırılmıştır.

Bu araştırmalar sonucunda farklı ticari yazılımların şehir modelleri üretiminde kullanılabileceği birbirlerine göre farklı üstünlük ve yetenekleri olduğu ve gelişen teknolojiyle beraber üretilen algoritmaların veri setlerinin doğruluğunu daha da geliştireceği öngörülmüştür.

Eğik hava fotoğraflarının şehir modelleri üretimi açısından vazgeçilmez olduğu üretilen veri setlerinin şematik ve geometrik olarak doğruluk ve hassasiyetini artırdığı gözlemlenmiştir.

2.KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bilim ve teknolojide her gün yaşanan yeniliklere bağlı olarak fotogrametri biliminde de önemli değişiklik ve yenilikler meydana gelmektedir. Bu gelişmeler üretilen verilerin niteliğini çeşitliliğini de önemli oranda etkilemektedir.

Fotogrametri de en büyük amaç araziye mümkün olabildiğince gerçeğe yakın olarak matematiksel olarak modellemektir. Bu modelleri gerçekleştirmek ve iyileştirmek için fotogrametrik araçlar geliştirilmektedir. Bununla beraber her türlü coğrafi bilgi niteliği taşıyan veri kullanıcıya daha doğru daha hızlı ve daha nitelikli aktarılmaktadır. Bu nedenle şehirler için üretilen 3B şehir modelleri bu ihtiyacı karşılayacak en önemli coğrafi veri havuzlarından birisidir.

Gelişen teknoloji ile fotogrametrik araçlar da gelişmiş farklı algılayıcı sistemler ,kayıt üniteleri ve görüntü işleme algoritmaları ortaya çıkmıştır ve çıkmaya devam edecektir. Bu araçlardan biri olan kamera sistemlerine düşeyin yanında eğik hava resimleri çekme olanağı sağlayan sistemler geliştirilmiş bu sayede şehre ait her bir detayın görüntülenmesine olanak sağlamıştır.

Özmüş ve arkadaşları 2013 yılında yaptıkları çalışmada son yıllarda teknoloji alanındaki gelişmeler, fotogrametrik algılayıcılarda, kayıt ünitelerinde ve görüntü işleme donanımlarında da yeni imkânlar sağladığını, fotogrametrik kameralara eğik algılayıcılar eklenerek objelerin farklı açılardan görüntülenmesi sağlandığını, kayıt ünitelerindeki gelişmeler sayesinde, uçuş maliyetini arttırmadan aynı süre zarfında anlık görüntü alım kapasitesi arttırıldığını ve yazılımlardaki güncellemeler sayesinde fotogrametri alanında üretim yelpazesi genişlediğini belirtmişlerdir. Bu konuda üretilen 3 Boyutlu Kent Modelleri sadece kent planlamasında değil, kent tasarımında, şehir mobilyalarının tanziminde, altyapı planlarının uygulamalarında, gayrimenkul değerlemesinde, 3 Boyutlu Kadastrada, güvenlik operasyonlarında, kısacası şehre ait tüm hizmetlerde ve planlamalarda kullanıldığını araştırmışlardır.

Schubiger Banz 2014 yılında yaptıkları çalışmada 2 boyutlu şekilde sunulan arazi ve gayrimenkullerin gelişen teknoloji ile beraber daha gerçekçi ve 3 boyutlu olarak sunulması gerektiği üzerine çalışmışlardır. Günümüzde birçok kent probleminin 3B şehir modelleri sayesinde çözüleceğini ifade etmişlerdir.

Bakula ve Ostrowski 2016 yılında yaptıkları çalışmada oryantasyon stratejisinin fotogrametrik 3D ürünlerin hem işlem süresi hem de doğruluğu üzerindeki etkisini değerlendirmektedir. Çok popüler iki yazılım: Pix4D ve Agisoft Photoscan test edildi ve

görüntü blokları için iki yaklaşım değerlendirildi. Yalnızca dört yönde toplanan eğik görüntülere dayanan ilk yaklaşım ve ikinci yaklaşım nadir görüntüleri içeriyordu. Bu çalışmada, üç test alanı için bloklar analiz edilmiştir. GNSS ve INS verilerinin kaydı ile çapraz konfigürasyonunda orta format kameralarla eğik görüntüler toplandı. Referans olarak hem kontrol noktaları hem de havadan lazer taramadan elde edilen dijital yüzey modelleri kullanıldı.

Nakada 2016 yılında yaptığı çalışmada eğik kameralarla 3B modeller oluşturulması amaçlanmış olsa da, onlarla çekilen 5 yöndeki dijital hava fotoğraflarının 3B model üretimiyle sınırlı kalmamalı, Japonya'da dijital haritalama ve gerekli kamuoyu araştırması doğruluğuna sahip fotoğraf haritaları için de kullanabilirliğini araştırmıştır.

Ayyıldız 2017 yılında yaptığı çalışmada ülkemizde fotogrametrik yöntemler ile üretilen veriler ve eğik hava fotoğraflarının bina cephe kaplaması ve 3B şehir modellerinin kadastro verileri ile entegrasyonunu araştırmıştır. 3B şehir modeli üretiminden elde edilen verilerin kadastro çalışmalarında kullanılabilirliği ve ek yapılacak çalışmalara katkısını araştırmıştır.

Kavlak 2017 yılında yaptığı çalışmada eğik hava fotoğraflarıyla 3B şehir modeli üretimini araştırmıştır. Proje Bursa ili Nilüfer ilçesinde 142 hektar alanda gerçekleştirilmiştir. Üretilen 3B modelin hassasiyeti araştırılmış olup mühendislik projelerine atlık oluşturup oluşturamayacağı araştırılmıştır.

Bakıcı ve arkadaşları 2017 yılında yaptığı çalışmada sürdürülebilir kalkınmanın bilindiği gibi etkin arazi yönetimi ile sağlandığını, günümüzde hızlı nüfus artışının bir sonucu olarak arazi kullanımı daha yoğun hale geldiğini, toprak mülkiyetinin önemi de buna bağlı olarak arttığını ve bu noktada kadastro gerekliliği ortaya çıktığını öne sürmüşlerdir. Türkiye'de kadastro tescili parsel tespiti ile yapılmaktadır. Başka bir deyişle, arazi yüzeyinin 2B sınırlara bölünmesi ve haritalanması yoluyla elde edilir. Ancak mevcut arazi yönetim sistemleri, her geçen gün daha karmaşık hale gelen araziye ait haklar, kısıtlamalar ve sorumluluklar ile başa çıkarken etkinliğini kaybetmeye başlamıştır. Özellikle konutların yoğun olduğu kentsel alanlarda üst üste binen ve iç içe geçen yapılar ortaya çıkmakta ve buna bağlı olarak bu yapıların 2B kadastro sistemlerinde yüzeye nasıl yansıtılacağı sorunu ortaya çıkmıştır. Burada 3B kadastro kavramı ve 3B mülkiyet verilerinin gerekliliği ile karşılaşılmaktadır. Son yıllarda uygulamaları giderek yaygınlaşan eğik fotogrametri, 3 boyutlu veri üretmede etkin bir yöntem olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada, eğik fotogrametri uygulamaları ve eğik görüntülerin 3B Kadastro ve Tapu İdaresi projelerine altlık olarak kullanılabilirliği incelenmiştir.

Büyükdemircioğlu 2018 yılında yaptığı çalışmada BÖHYY'ye göre Türkiye'de üretilen halihazır harita verileri ve stereo hava fotoğraflarının kullanarak yarı otomatik 3B şehir modeli üretim olanaklarını araştırmıştır. Yöntemin uygulaması için Çeşme / İzmir bölgesine ait geniş formatlı dijital hava kamerası görüntüleri ve bu projeden üretilmiş halihazır harita verileri yardımıyla 3 boyutlu şehir modeli üretimi LoD2 seviyesinde yarı-otomatik olarak gerçekleştirilmiştir. Üretilen model otomatik olarak fotoğraflardan giydirilmiş, öznitelik bilgileri ve sayısal arazi modeli ile birlikte web üzerinde görselleştirilmiştir.

Şimşek 2019 yılında yaptığı çalışmada metrik olmayan kamera düzenekli İHA yardımıyla çekilen eğik hava fotoğraflarının 3B kent modeli üretiminde kullanılmasını araştırmıştır. Çalışma Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi Çaycuma kampüsü alanını kapsayacak şekilde yapılmıştır. Üretilen model içinde dolaşmanın mümkün olduğu sanal gerçeklik ortamına aktarılmaya çalışılmış olup bu süreçteki karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerilerine yer verilmiştir.

Tuna 2019 yılında yaptığı çalışmada fotogrametri çalışmalarında sıkça kullanılmaya başlayan eğik hava fotogrametrisinin, elde edilen verilerin 3B şehir modelleri üretim aşamalarını ve kullanım alanlarını incelemiştir. Proje Tokat ili Turhal ilçesinde gerçekleştirilmiş olup true ortofoto, katı model, katı model kaplanması çalışmaları yapılmıştır.

3.MATERYAL VE YÖNTEM

3.1.Fotogrametri

Fotogrametri, görüntü algılama sistemleri ile beraber yeryüzüyle ve çevresiyle ilgili güvenilir bilgilerin elde edilmesi, işlenmesi, kaydı, ölçümü, analizi ve sunumunu içeren bir teknolojidir. Bu yöntem ile çekilen resimler başta harita olmak üzere birçok mühendislik disiplininde altlık olarak kullanılmaktadır(Bilgi, 2007).

Fotogrametrinin analitik ve geometrik esasları, 1800'lü yıllarda S.Finsterwalder tarafından geliştirilmeye başlamıştır. Elektronik çağında bulunan tüm yöntemler kendisi ve öğrencilerinin 20.yy başında yaptığı çalışmalara dayanmaktadır.(Toprak, 2014)

Fotogrametri köken olarak Yunanca Photos+Gramma+Metron kelimelerinden oluşur.Photos kelimesi ışık, gram kelimesi bir şeyin çizimi metron ise ölçmek anlamına gelir. Burdan yola çıkarak fotogrametri ışık yardımıyla çizerek ölçmek anlamına gelir (Yaşayan ve ark.,2011).

3.1.1.Hava Fotogrametrisi

Teknolojinin gelişmesinden önce yerden çekilen fotoğraflar ile klasik jeodeziye çözüm üreten fotogrametri, teknolojinin zamanla gelişmesiyle beraber resim çekme noktasının havaya çıkması üzerine, büyüyen bir görüntü alanı ve sabit fotoğraf ölçeğinin verdiği avantaj ile beraber harita ve planların elde edilmesinde ekonomik ve hassasiyet yönünden tercih edilen yöntem olmuştur. Günümüzde uçaklardan, balonlardan, helikopterlerden fotoğraf çekimi yapılabilmektedir. Fotoğraf çekimi yapılacak bölgeye ait uçuş planı, istenilen ölçekli haritaya bağlı olarak hazırlanır.(Avşar, 2006)

Hazırlanan uçuş planı ile birlikte uçuş yönü, şerit sayısı, doğrultu ve konumu, örtü oranları, poz süresi ve aralığı, rüzgâr yönü ve etkisi göz önüne alınarak uçağın rotası, hızı, kamera ve tipi belirlenir. Fotogrametrik çalışmalarda kullanılacak yer kontrol noktaları havadan görülebilecek şekilde işaretlenir. Uçuş yapılacak bölgedeki yer kontrol noktalarının jeodezik yöntemlerle koordinatlarının belirlenir. Havai nirengi için kullanılacak yer kontrol noktalarının dağılımı ve sıklığı havai nirengi özelliklerine göre seçilir. Çekilen resimlerden oluşturulan modellerin fotogrametrik değerlendirilmesi yapılarak amaçlanan ölçekte topoğrafik veya tematik haritalar ve sayısal arazi modelleri elde edilir.(Avşar, 2006)

3.1.2.Eğik Hava Fotogrametrisi

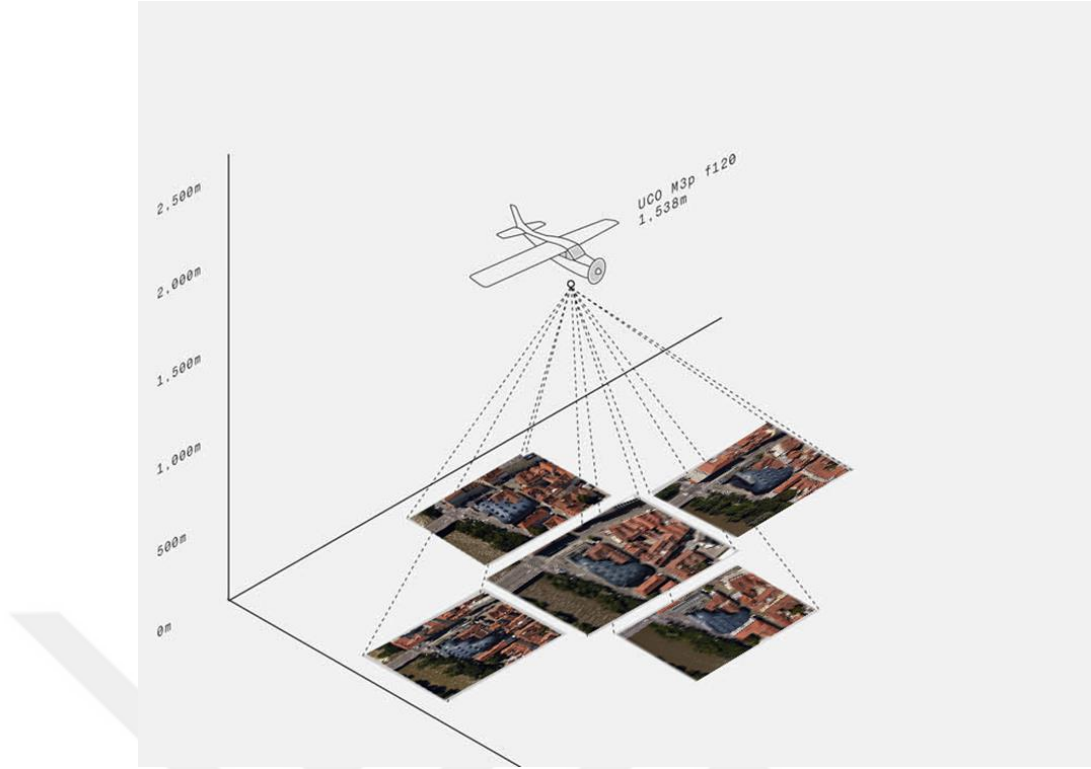
Son zamanlarda dünyada yaygınlaşan ve kullanılan düşey hava fotoğraflarına ek olarak aynı anda farklı açılardan çekilmiş hava fotoğraflarından oluşan veri setleri fotogrametrik yöntemlerle beraber yeni ürünler ortaya çıkarmıştır.

Üretilen verinin çeşitliliği, kullanıcı gereksinimlerini karşılamak amacıyla gelişen yazılım ve donanımlar eğik resim fotogrametrisinin kullanım alanlarını her geçen gün artırmaktadır.(Ayyıldız, 2016) En çok tercih edilen eğik kamera sistemi ise beşli kamera sistemleridir. Bu kamera sistemlerinde düşeyde bir adet ve 4 farklı yönde eğik olarak konumlandırılmış 5 adet kamera mevcuttur.



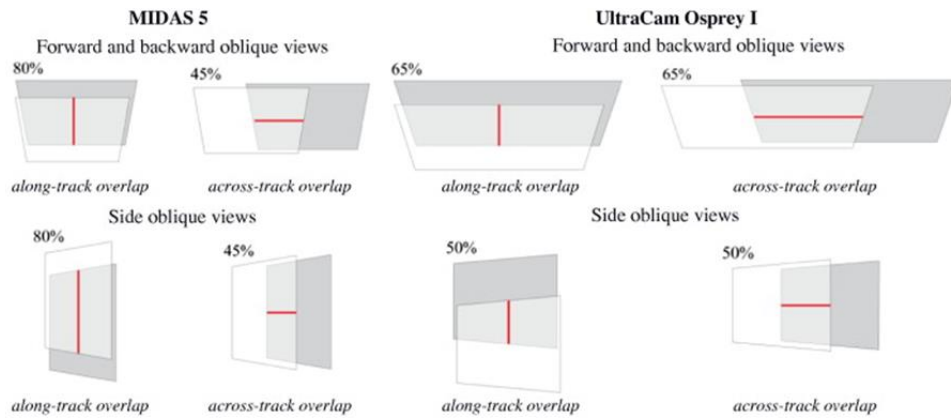
Şekil 3.1. Ultracam Osprey teknik özellikler

Klasik fotogrametriden farklı olarak bulunan eğik kameraların açılış değerleri uçuş esnasında yeryüzünde bulunan objelere ait yan yüzeylerin görüntülerinin alımında etkilidir. Eğik fotoğrafların arazide kapladığı alanda farklılık gösterir. Nadir fotoğrafların dışında kalan fotoğraf setlerinde fotoğraflar uzadığı için bozulmalar çok daha fazladır. Bu bozulmalar bu fotoğrafların dengelenmesi sırasında karşımıza sorun olarak çıkabilmektedir.



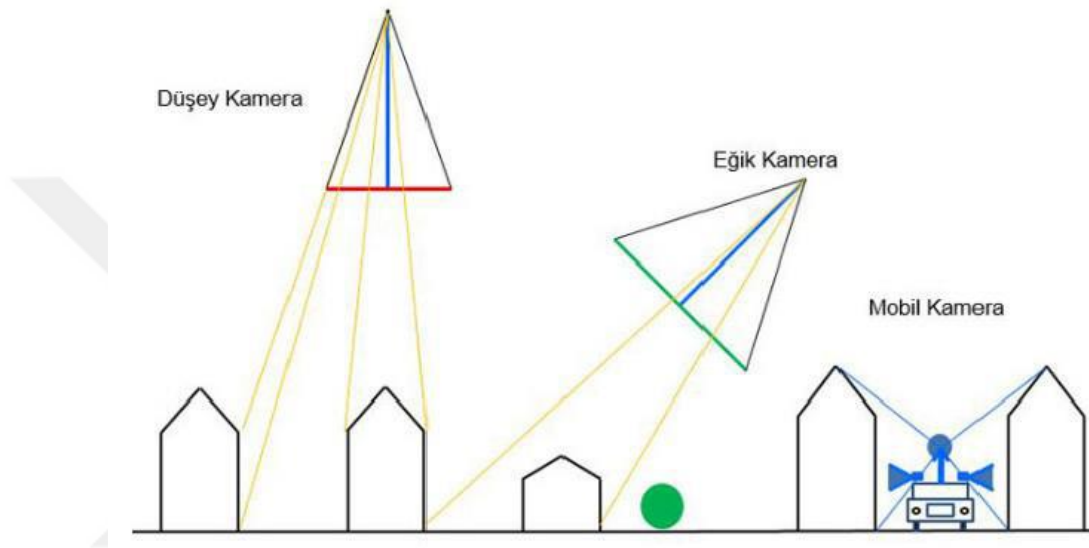
Şekil 3.2. Ultracam Osprey oblik kamera sistemi(<https://cbs.tkgm.gov.tr/3d/html/2UretimIsAkislari.html>)

3B şehir modeli üretimi için ana kriterlerden biri birbirine yakın modeller oluşturmaktır. Hem geometride hem de görünüşte gerçeğe (görsel uygunluk) yakın olmalıdır. Elde edilen görüntüler, modellerin hızlı ve ekonomik bir şekilde sağlanması için kullanılır. Ayrıca dokusuz bina modellerinin kullanıldığı durumlar da vardır ancak 3B şehir modelleri görselleştirmenin önemli olduğu yerde binalar dokulu olmalıdır. Geometrilerindeki detay seviyesi ne olursa olsun dokusuz 3B şehir modelleri her zaman görsel olarak eksik kalacaktır.



Şekil 3.3. Oblik fotoğraflarda bindirme görünüşleri(Ewelina Rupnik, Nex, Toschi, & Remondino, 2015)

Nadir ve eğik kamera sistemlerinin beraber kullanılmasıyla beraber 3B şehir modellerinin otomatik kaplanması oldukça mümkün hale geldi. Nadir kameralar, binaların çatılarını kaplamak için en ideal olanıdır. Eğik kameralar bina cephelerini kaplamada daha iyidir. Benzer şekilde, mesh model oluşumu için en iyi strateji en düşük değerden çatı dokularını seçmektir. Eğik görüntülerden cephelerin görünümü daha nettir ve bu yaklaşımla uzamsal çözünürlük de daha yüksek olur.



Şekil 3.4. Nadir, oblik ve mobil fotoğraf çekim açıları (Tütüneken, 2017)

3.2. Temel Kavramlar

Bu bölümde fotogrametrik yöntemle veri üretim süreçleri içerisinde yer alan uygulamalar ve kavramlar hakkında bilgi verilecektir.

3.2.1. Proje Planlaması

Fotogrametrik projelerde proje planı yapılırken veri üretilecek tahdit alanı belirlenir. Proje kapsamında tahdit içinde kalan alanlar meskûn ve gayri meskun olarak ayrılır. Meskûn, yerleşim alanların yoğun olduğu yerleri ifade etmektedir. Gayri meskun ise yerleşimin az olduğu yerleri ifade eder.

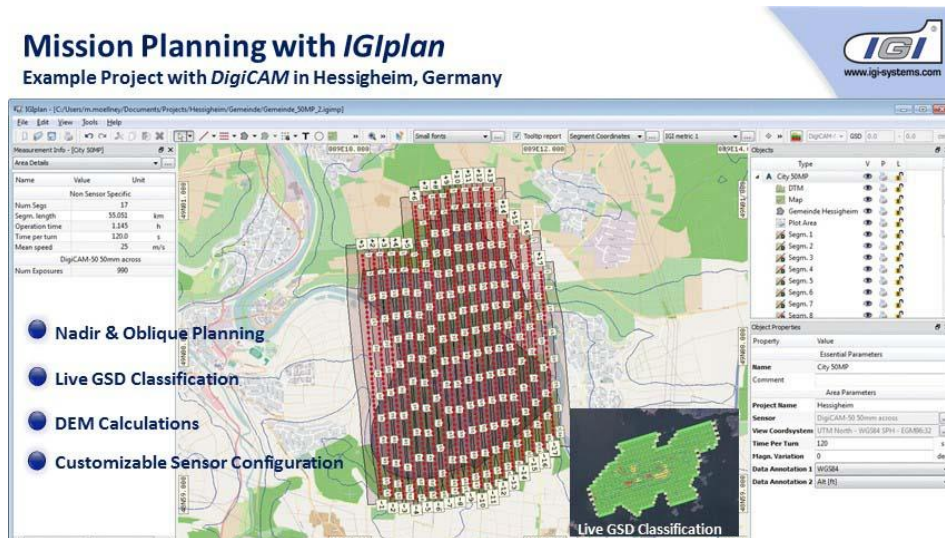
İşin tanımına göre projenin girdi verileri ve sonuç ürünler değişkenlik göstermekle beraber bunu projeden beklenen doğruluk ve hassasiyet belirlemektedir. Projeden beklenen hassasiyete göre ölçüm ve uçuşlar gerçekleştirilir. Proje sonuç ürünlerinin doğruluğu maliyeti etkileyen en büyük etkenlerden biridir. Uçuştaki hassasiyete göre

değişecek olan uçuş yüksekliği, bindirme oranları gibi değerler çekilen fotoğraf sayısını doğal olarak uçağın havada kalma süresini etkiler. Bu da ekstra maliyet anlamına gelir. Aynı şekilde tesis edilen jeodezik noktalar ve ölçümleri maliyeti değiştirmektedir.

3.2.Uçuş Planlaması ve Havadan Görüntü Alımı

Uçuş planları 1/25000 ölçekli haritalar üzerinde ve/veya sayısal ortamda düzenlenir. Gelişen teknoloji ile beraber uçuş planları sayısal ortama taşınmış olup planlarda fotoğraf alım noktaları, tahdit alanı, uçuş yüksekliği ve bindirme oranları gibi parametreler ayarlandıktan sonra otomatik bir uçuş planı elde edilebilmektedir. Ayrıca bunun yanında elimizde bulunan güncel bir arazi modeli kullanılarak uçuş arazi takibi moduyla gerçekleştirilebilir bu sayede yer örnekleme aralığındaki değişimler minimum seviyeye indirilebilir (Ayyıldız, 2017).

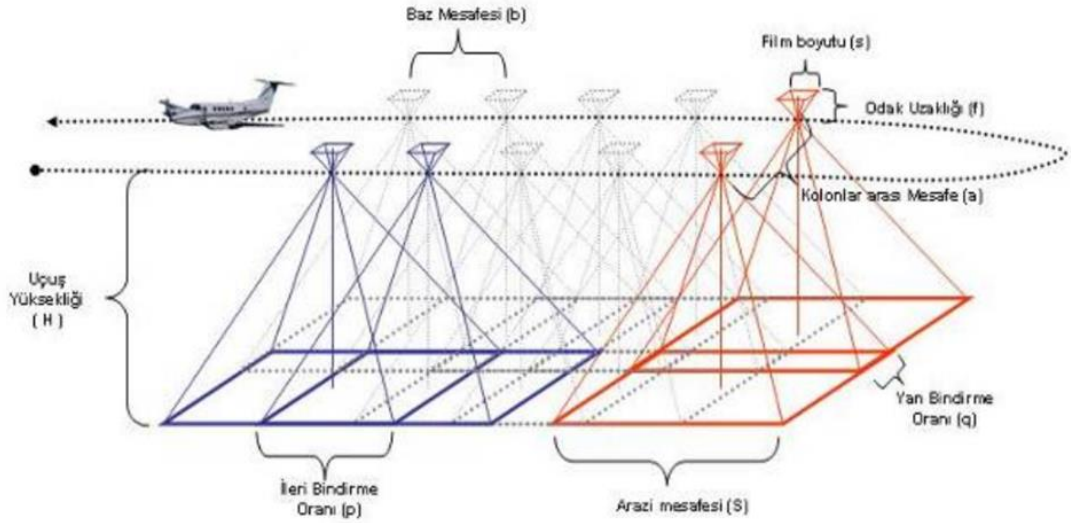
Uçuş planı BÖHHBÜY’de “Uçuş plânı Madde 55 – Uçuş plânlarında, yapılacak haritaların pafta sınırları, uçuş çizgileri, uçuş yükseklikleri gösterilir. Sayısal uçuş plânlarında ise fotoğraf çekimi noktalarının yaklaşık X,Y,Z koordinatları bulunur.” şeklinde ifade edilmektedir. Uçuş planında belirtilen doğrultular ve görüntü alım konum bilgileri üretimi gerçekleştirilecek fotogrametrik ürüne yani alımı gerçekleştirilecek hava fotoğrafının ölçeğine, alımda kullanılacak kameranın odak uzaklığına ve görüntü boyutuna ve üretimde kullanılacak görüntülerin bindirme miktarına göre hesaplanır” maddesiyle açıklanmıştır.



Şekil 3.5. Uçuş planı örneği

Uçuş Doğrultusunun Belirlenmesi

Uçuş planlamaları yaparken doğrultu genel olarak doğu-batı ve kuzey-güney olarak tercih edilmekte olup çarpaz kolon oluşumundan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Ülke sınırları, deniz sınırları gibi uçuş planı yapmanın ve doğrultu belirlemenin kısıtlı olduğu bölgelerde ise operasyonu tamamlayacak en optimum uçuş doğrultusu ve planı yapılmaya çalışılır. Uçuşlarda farklı nedenlerden dolayı fotoğraflar arasında boşluk kalan yerlerde bindirme oranı artırılmalı bu çözüm yetersiz kaldığı takdirde çarpaz uçuş ile boşluk bulunan bölge desteklenmelidir. Genel olarak uçuş doğrultusunun pafta ortasına denk gelmesine dikkat edilmelidir. Uçuş doğrultusunun belirlenmesi BÖHHBÜY’de “Uçuş plânı Madde 55 – Uçuş çizgileri doğu-batı ya da kuzey-güney doğrultusunda ve olabildiğince paftaların orta çizgileri ile çakışacak şekilde düzenlenir. Zorunlu durumlarda uçuş çizgileri çarpaz doğrultuda da olabilir. Sahillerde ve kinematik GPS uygulamalarında destek görevi yapacak, çarpaz yönde ve normal kolonlara dik yönde ek kolonlar oluşturulur.” geçmektedir.

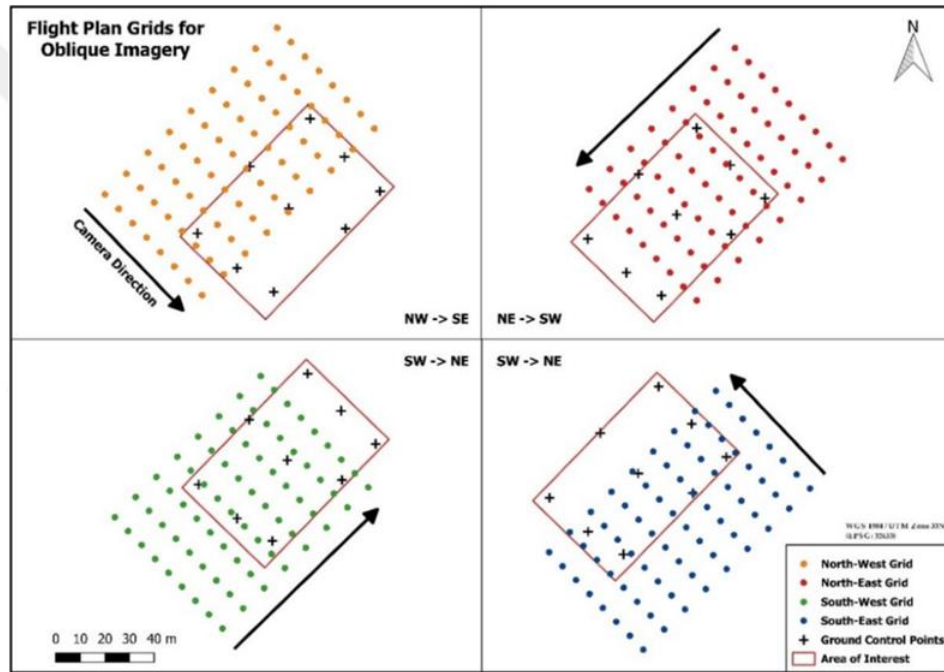


Şekil 3.6. Örnek bir uçuş simülasyonu

Havadan Görüntü Alımı

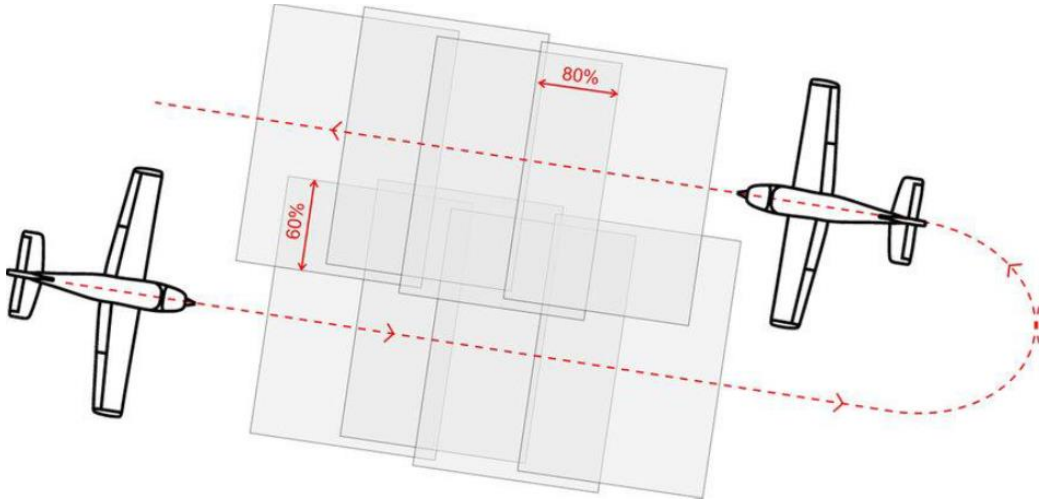
Görüntü alımı gerçekleşmeden önce kamera kalibrasyonu yapılmış olmalı ve kameranın çalışır vaziyette hazır olduğu test edilmelidir. GPS ve IMU sensörleri de ayrıca kontrol edilmelidir. Görüntü alımı gerçekleşeceği mevsim yaz mevsimi, Nisan-Eylül ayları arası olmalı ve gölge boyunun en az olduğu güneşli, bulutsuz havalarda uçuş yapılmalıdır. Geniş yapraklı bitkiler ve sık ormanlık arazilerin olduğu bölgelerde ise ağaçların yaprak dökme periyotlarını takiben uçuş gerçekleştirilmelidir. Havadan görüntü

alımı BÖHHBÜY’de “Fotoğraf çekimi Madde 58 – Uçuş görevi, nisan ilâ eylül döneminde uçuş plânına uygun olarak bulutsuz bir havada, yerel öğle zamanından yaklaşık iki saat önceki ve sonraki zaman aralığında gerçekleştirilir. Bu dönemin dışında zorunlu hâllerde, ilgili idarenin onayı alınarak fotoğraf çekimi yapılabilir. Fotoğraf çekimi arasında güneşin yükseklik açısı 30° den daha büyük olmalıdır. Uçuşların plânlanan biçimde gerçekleştirilmesi için GPS denetimli, uçuş sisteminden de yararlanır. Fotoğraf çekim noktalarının plânlanan durumdan olan farkları fotoğraf ölçeğinde 2 cm’yi geçmemelidir. Kamera ekseninin düşey doğrultudan sapmaları da 5 gradı geçmemelidir.” açıklaması ile bulunmaktadır.



Şekil 3.7. Eğik hava fotoğraflarının arazide kapladığı alanlar

Enine ve boyuna bindirme oranlarında uçuş kolonları oluşturulduktan sonra yaklaşık fotoğraf sayısı, uçuş süresi gibi parametreler hesaplanabilmektedir. Eğik fotogrametrik uçuş planlaması yapılırken dikkat edilmesi gereken önemli bir detay ise projesi yapılacak alana ait eğik görüntüler omega veya phi açıları ekseninde yaklaşık 45° ’lik eğimle yapılmaktadır.



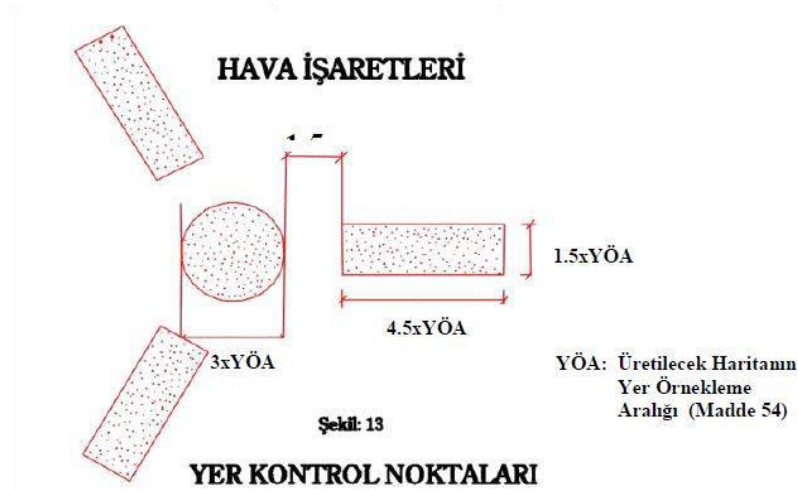
Şekil 3.8. Bindirme oranları

3.3.Yer Kontrol Noktası

Yer kontrol noktaları zeminde fotoğraflarda açık ve net gözükecek şekilde ayırt edici renkler ile tesis edilmelidir. İşaretler en 60° görüş açısına sahip olmalı ve bina, ağaç gibi engellerden kaçınılmalıdır.

Yer kontrol noktaları fotoğraflar ile arazi arasındaki matematiksel ilişkiyi kurmak ve çözmekte kullanılan en önemli parametredir. Bu nedenle YKN'lerin doğruluğu ve dağılımı; stereo kıymetlendirme ve oluşturulacak modellerin kaplanması önemli rol alacaktır.(Ayyıldız, 2017)

“YKN'lerinin yerlerinin belirlenmesi BÖHKBÜY'de “Madde 52 -Kinematik GNSS ve GNSS-IMU destekli fotogrametrik nirengi yöntemi kullanılması durumunda ise; blok köşelerinde ve çapraz kolonların baş ve sonlarında en az 2' şer adet YKN tesis edilir. Bu noktalara ek olarak, bloğun kenarlarında ve içerisinde idarece belirlenen yerlerde ve sayıda YKN oluşturulur. Bu noktaların koordinatları ve yükseklikleri, C3 derece ağ noktaları niteliğindedir.” şeklinde açıklanmıştır.”



Şekil 3.9. Örnek YKN tesisi (BÖHHBÜY, 2018)

3.4. Fotogrametrik Nirengi

Fotogrametrik nirengi süreci fotogrametrik blokların oluşturulması ile başlamakta, buna uygun olarak jeodezik çalışmalar ve uçuş planlarının yapılması süreçleri ile birbirine bağlantılı olarak devam etmektedir. Fotoğraflar dengelenirken yöneltme işlemleri uygulanır.

Elde edilen fotoğrafların dengeleme aşamasında çekildiği andaki konumunun hesaplanmasına yöneltme işlemi denir (Yaşayan ve ark, 2011). Yöneltme işlemi iç ve dış yöneltme olarak ikiye ayrılır. İç yöneltme işlemi; kamera kalibrasyon raporunun dengeleme yapılacak sisteme tanıtılması işlemidir. Bu değerler asal nokta koordinatları(x,y) ve kamera odak uzaklığıdır(c). Karşılıklı yöneltme de fotoğraflardan elde edilen ışın demetleri fotoğrafların çekim anındaki konumlarını belirlenir. Fotoğraflar dönüklük ve eğiklik hatalarından arındırılarak tekrar konumlandırılır. Bu sayede arazinin 3B modeli elde edilir. Elde edilen bu model ölçekten bağımsız ve araziye paralel değildir.

Mutlak yöneltme de karşılıklı yöneltmeden sonra oluşturulan modelin bir ölçeğe bağlanması ve arazi koordinatları ile model koordinatlarının çakıştırılması gerekmektedir. Bunun için bir öteleme ve dönüklük düzeltmesi gerekir. Dönüşüm sonucu model ölçekli ve araziye paralel konuma getirilmiş olur. Böylece; model çalışmaya hazır duruma gelmiş olur ve stereo çizim aşamasına geçilir.

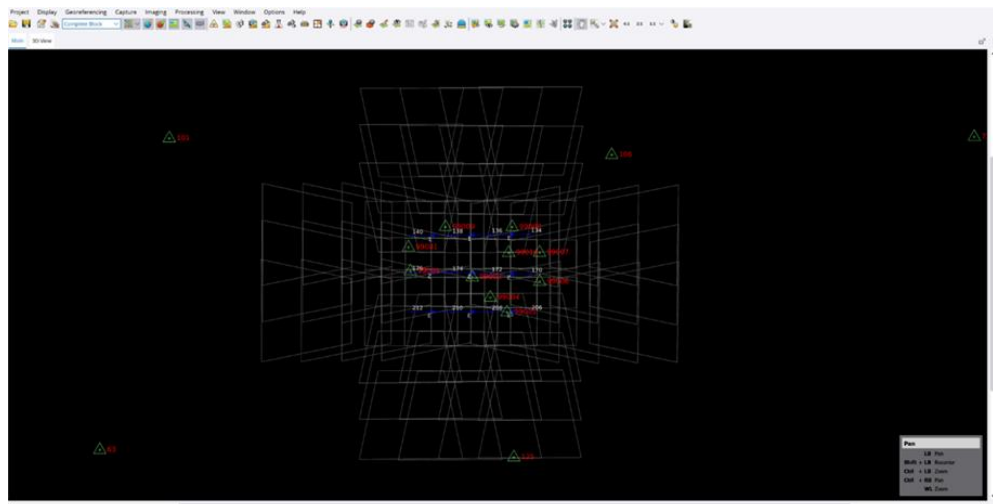
3.4.1.Nadir Fotoğrafların Dengelenmesi

Nadir fotoğraflar, nirengi ve dengeleme işlemleri sonrasında yapılara ait çatıların stereo kıymetlendirilmesinde kullanılacağından, bu fotoğraflara ilişkin fotogrametrik nirengi ve dengeleme işlemlerinin; 10 cm yer örnekleme aralığına sahip stereo hava fotoğraflarından 1:1.000 ölçekli harita ve gerçek ortofoto üretimleri için Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHÜY)'nin ilgili maddelerinde belirtilen geometrik doğruluklarda ve yöntemlerle yapılması gerekmektedir.

3.4.2.Eğik Fotoğrafların Dengelenmesi

Eğik fotoğraflar ise 3B Bina kaplamasında kullanılacağından bu fotoğrafların fotogrametrik nirengi ve dengeleme işlemlerinin sonucunda elde edilecek geometrik doğruluklar, nadir fotoğrafların geometrik doğruluk değerlerinin ± 3 katı aralığında kalmalıdır. Bu değerler hiçbir şekilde ± 3 yer örnekleme aralığını (± 30 cm) geçmemelidir.

Nadir fotoğrafların ayrı olarak fotogrametrik nirengi ve dengeleme işlemlerinin tamamlanmasından sonra eğik fotoğrafların işlemlere dahil edilmesinin faydalı bir uygulama olacağı değerlendirildiğinden yüklenici firmalara tavsiye olarak verilebilir. Bu yöntemin seçilmesi durumunda oblik fotoğrafların bozucu etkilerinden de kaçınılmış olunur.



Şekil 3.10. Eğik dengeleme

3.5.Nokta Bulutu

Nokta bulutu verisi lazer tarama yardımıyla veya görüntü eşleme methodları kullanılarak elde edilebilir. Hava fotoğraflarının eşlenmesi ile elde edilen nokta bulutu, stereo görüntülerden çıkarılan derinlik bilgisi temeline dayanmaktadır. Bu işleme Structure From Motion (SFM) tekniği denir. SFM, Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve ortofoto harita yapımında kullanılmaktadır (Isawi, 2016). SFM, Türkçeye Hareket Tabanlı Yapısal Algılama olarak çevrilmektedir. Burada stereo görüntülerdeki eşlenik pikseller bulunur ve fotoğraf çekimi sırasında kullanılan kameranın iç ve dış yöneltme elemanları kullanılarak eşlenen piksellerin 3B (XYZ) koordinatları hesaplanır. Nokta bulutu üretimi için günümüzde birçok yazılım bulunmaktadır. Bunlar Local Matching (LM), Region Growing (RG) veya Semi Global Matching (SGM) algoritmalarını kullanmaktadır.

Structure-from-Motion (SfM) fotogrametri; son yıllarda kullanılmaya başlayan, yüksek çözünürlüklü veri kümeleri üzerinde geniş ölçekte çalışmayı mümkün kılan, devrimsel nitelikte, düşük maliyetli ve kullanıcıya avantaj sağlayan bir fotogrametrik tekniktir. SFM tekniği, biyolojik görüntü algılamadaki insanların (ve diğer canlıların) çevrelerindeki 3 boyutlu ortamı, göz içindeki retina tabakasında oluşan 2 boyutlu hareketli görüntülerden algılamasına karşılık gelmektedir. Structure-from-Motion (SfM), fotoğrafların kamera parametrelerinin, pozisyonlarının ve görüntülerdeki obje üç boyutlu geometrilerinin otomatik olarak düzenlenmesini sağlayarak üç boyutlu model oluşturulmasını sağlayan görüntü temelli modelleme tekniğidir. SfM, fotogrametrik ölçüm işlemlerini temel alarak belirli örtüşme oranı ile farklı konumlarda çekilen fotoğraf serilerindeki objelerin eşleştirilmesine dayalı objelerin üç boyutlu modellenmesini sağlamaktadır (Snavely, Seitz, & Szeliski, 2007). Görüntüler arasındaki ilişkilerin bulunabilmesi için, görüntüde algılanan köşeler kenarlar vs gibi özelliklerin (features), bir görüntüden diğerine izlenmesi gerekmektedir. Son yıllarda SfM tekniği, ticari yazılımlar aracılığıyla İHA araçlarından elde edilen görüntülerin işlenerek yüksek çözünürlüklü sayısal yeryüzü modeli ve ortofoto haritaların üretilmesinde kullanılmaktadır (Lucieer, Turner, King, & Robinson, 2013).



Şekil 3.11. Şehir içi nokta bulutu

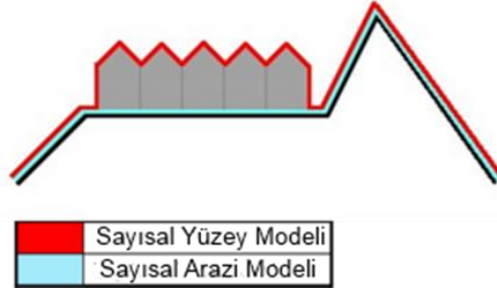
3.6.Sayısal Yükseklik ve Arazi Modeli

Sayısal Yükseklik Modeli, arazi yapısını 3 boyutlu olarak belirten ve araziye ait yükseklik bilgilerinin bulunduğu yüksek konumsal çözünürlüklü sayısal verisidir. DEM sınıflandırmasında 2 ana tip model vardır. Birincisi binaların, bitki örtüsünün kısaca doğal ve yapay tesislerin yükseklik ile konum bilgisinin olduğu Sayısal Yüzey Modeli (SYM), ikincisi ise yeryüzünün bir parçasına ait insan yapısının (bina vb.) ve bitki örtüsünün (ağaç, orman vb.) olmadığı tabii zemin detaylarının bulunduğu Sayısal Arazi Modeli (SAM)'dir (Höhle, 2011).

Sayısal yükseklik modellerinden faydalanarak, haritacılık faaliyetleri, eş yükselti eğrileri, üç boyutlu görüş, kübaj hesabı, jeomorfolojik yapının gösterilmesi, yüzey analizi gibi işlemler yapılabilmektedir. Bu anlamda sağladığı olanaklar sayesinde kullanımı giderek artmıştır.(Çiçekli, 2015)

Sayısal Yükseklik Modeli, bir arazi yüzeyini 3B olarak tanımlayan ve araziye ait yükseklik verilerinden elde edilmiş bir sayısal modeldir.

Sayısal Arazi Modeli ise bir arazinin yapay bütün unsur ve objelerden arındırılmış(bina,araba vb.) çıplak topografyadan elde edilen bir sayısal modeldir.

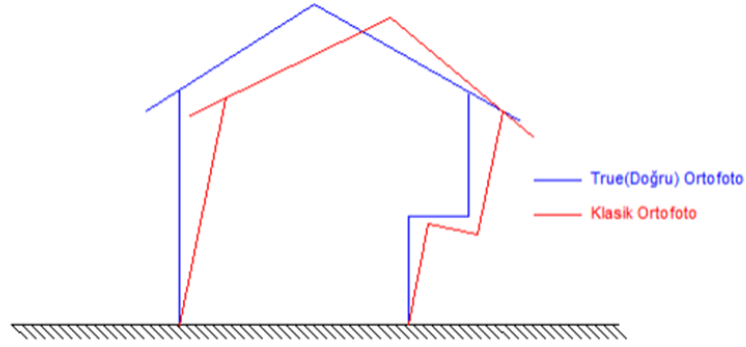


Şekil 3.12. Sayısal arazi ve yüzey modeli

3.7.True Ortofoto

Geleneksel Ortofoto üretiminde Sayısal Arazi Modeli'nin (SAM) kullanılması sonucu, binalar ve arazi üzerinde kalan diğer objeler, perspektif iz düşümden kaynaklanan görüntü ötelemesinden dolayı Ortofoto üzerinde doğru olarak konumlandırılmamaktadır. Ortofoto üretiminin, SYM kullanılarak gerçekleştirilmesiyle bu sorunlar büyük ölçüde aşılmakta ve elde edilen Ortofoto "True Ortofoto" olarak adlandırılmaktadır. Fotogrametri tekniğiyle fotoğraftaki optik hatalar giderilerek , gerçek düzlemdeki objenin 3Boyutlu koordinatlarının merkezel iz düşüm yöntemine göre otomatik olarak hesaplanıp, birim alanda yapılan yataylama sonrası oluşan , ölçekli ortogonal fotoğrafa doğru (true) ortofoto denir.(Günay, 2007)

Ortofoto; harita yapımı, güncellenmesi, arazi kullanım haritalarının üretilmesi ve coğrafi analizler gibi birçok uygulamada kullanılabilen, havadan çekilmiş, eğiklik ve yükseklik hataları giderilmiş, üzerinde ölçüm yapılan koordinatlı fotoğraflardır. Arazi örtüsünün ve objelerin tümünün renk bilgileriyle görünmesiyle, çizgisel haritalara kıyasla birçok mühendislik dalının uygulamalarında yer bulmuştur. Analog ve dijital olarak ikiye ayrılan ortofotolar 2000'li yıllardan itibaren ülkemizde yaygınlaşmış olup dijital kameraların gelişmesiyle teknolojisini dijital ortofoto olarak devam ettirmektedir.



Şekil 3.13. True ortofoto ve klasik ortofoto farkı

3.8. 3B Modelleme, Katı Model ve Mesh Model Üretimi

Yapıya ilişkin vektör verilerin fotogrametri yöntemiyle üretiminde düşey ve eğik hava fotoğrafları kullanılır. Bu esnada proje tahditine giren 10 m²'den daha büyük alana sahip tüm yapılara ait vektörel veriler üretilir. Yapılara ilişkin vektörel verilerin fotogrametrik yöntemle 3B ortamda üretiminde çatı sınırı çizilirken çatı dış sınırındaki bütün yükseklik farklılıkları çizime yansıtılır, mevcut çatı yapısının LOD 3 model geometrisi tanımını modele aktarmada kullanılacak detaylar çizilir. Bina modellemesini ve modellerin kaplamasını etkileyecek bütün detaylar çizilir. (Tütüneken, 2015).

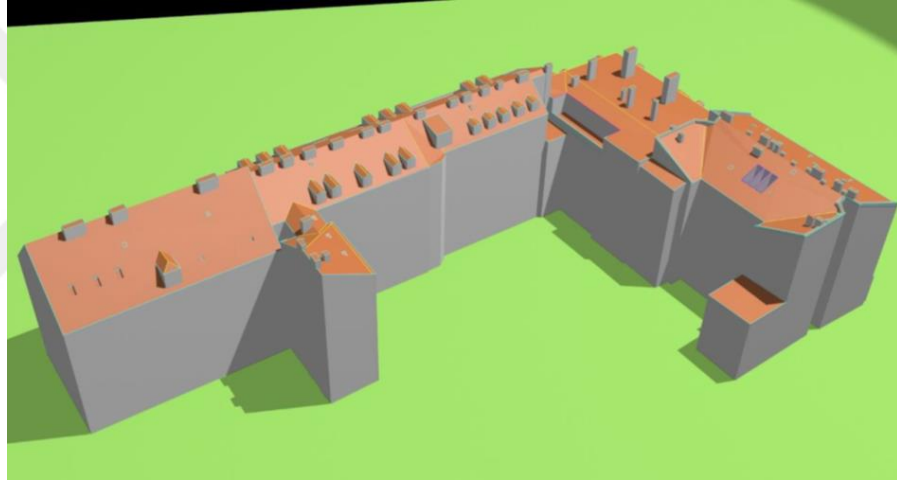
Vektörel veriler üretilirken belirli çizim yöntemleri ve metodları vardır. Kullanılacak modelleme programının okuyup dönüştüreceği ve işleyebileceği bir cad formatı ve tabaka yapısına ihtiyaç vardır. Hazırlanan her bir yapıya ait 3B modeller OGC standardı olan CityGML formatında ve sadece geometrisini içerecek *.obj formatlarında üretilir. 3 Boyutlu kent modellerini oluşturan katı modellerin oluşturulmasında çatı detaylarından ve çatı çizgilerinden referans alınır. 3B şehir modellerinde gerçekçiliği yakalamak ve binaların dijital ikizlerinin oluşturulması için bina çatılarının tam ve ayrıntılı bir şekilde çizilmesi gerekmektedir. (Tütüneken, 2015).

3 Boyutlu kent modellerinin elde edilmesinde önemli rol oynayan katı model üretimi birkaç farklı yöntem ile gerçekleştirilebilir. Bu üretim aşamaları şu şekildedir;

- Bina çatısının sayısallaştırılması İle 3 boyutlu obje modeli üretimi
- Bina zemin oturumu ve çatı kırıklarının çizilmesi İle 3B obje modeli üretimi
- Model tabanlı kıymetlendirme İle 3B obje modeli üretimi (Tütüneken, 2015).

Bina çatısının vektörelleştirilmesinde operatör çizimi ile 3B kıymetlendirme yazılımında çatı üzerinde gerekli detaylara kırık verilerek çatının karakteristik noktaları belirtilir. Çatılara ait vektör çizimler, sayısal yüzey modeli ile yazılıma aktarılarak katı modeller oluşturulur.

Kentsel binaların mesh modeli çok önemli bir rol oynamaktadır.Şehir planlaması, güneş radyasyonu hesaplamaları, gürültü emisyonu gibi birçok alanda simülasyonlar, sanal gerçeklik, sürdürülebilir kalkınma araştırması ve afet simülasyonu yapılabilir. Bina cephelerinin otomatik çıkarılması her zaman önemli bir araştırma olmuştur. Fotogrametri ve uzaktan algılama alanlarında kentsel sahnelerin karmaşıklığı nedeniyle, otomatik kentsel bina cephelerinin yeniden inşası hala zorlu bir iştir.(Zhang, Zhang, Chen, & Chen, 2021)



Şekil 3.14. Katı model



Şekil 3.15. Mesh model

3.9. 3B Modellerin Kaplanması

Üretilen 3B modellerin çatı yüzeyleri nadir hava fotoğraflar, cephe yüzeyleri eğik hava fotoğrafları yardımıyla kaplanır. Bu kaplamalar yapılırken cepheye ait olabilecek fotoğraflardan cepheyi en iyi teslim edecek fotoğraf seçilmelidir. Bunun için genelde kaplama yazılımlarında görünürlük analizi yapılmakta olup cepheye denk gelen fotoğraflara çeşitli kriterlere göre puan verilir ve aralarından en çok puana sahip olan fotoğraf cephe kaplamasında kullanılır. Buradaki diğer bir durum bu seçilen fotoğrafın ağaç ve yan bina görüntüsü gibi istenmeyen objeler içermesidir. Bu tarz durumlarda ise cepheye denk gelen birkaç fotoğraf mozaiklenerek cepheyi temsil edecek en iyi görüntü oluşturulmaya çalışılır.



Şekil 3.16. Görünürlük analizi

3.10.CityGML ve Ayrıntı Düzeyi (LOD)

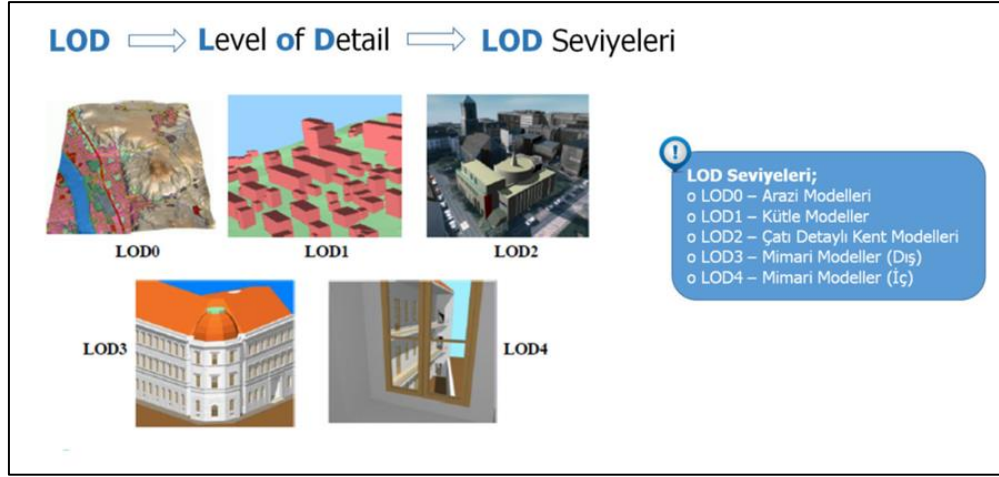
CityGML , 3B şehir modellerini depolamak ve yönetmek için xml tabanlı bir açık kaynak veri modelidir. Bu format Açık Coğrafya Konsorsiyumu (OGC) tarafından standartları belirlenmiş ve şehirleri daha iyi yönetmek adına oluşturulmuştur. CityGML veri modelinin geliştirilmesinde ana amaç 3B şehir modelleriyle ilgili nesneler, özellikler ve ilişkiler konusunda ortak bir standart oluşturmaya çalışmaktır. Bu bağlamda farklı amaç ve uygulamalarda aynı verinin kullanılabilir, geliştirilebilir ve güncellenebilir olması sürdürülebilirlik ve maliyet açısından da çok önemlidir. CityGML şehirlerde hemen hemen her türlü detay ve nesnenin tasarım sınıfları, ilişkileri, geometrileri; topolojik ve semantik açıdan tanımlanmaktadır. CityGML esnek ve eklenebilir yapısı ile basitten karmaşığa pek çok ihtiyaca göre şekillendirilebilir. Geometrinin yanında semantik bir yapıya sahip olması sayesinde geometriden bağımsız sorgulama ve analizlere olanak sağlamaktadır.

CityGML’de;

- Sayısal Yüzey Modelleri, Morfoloji Verileri, Sayısal Üçgen Modelleri
- Bina, Köprü, Tünel
- Bitki Örtüsü
- Su Kütleleri
- Ulaşım Tesisleri
- Arazi Kullanımı
- Kent Modelleri
- Kullanıcı Tarafından Tanımlanan Gruplar

veri seti olarak kullanılabilir.

CityGML 5 detay seviyesi bulunmakta olup her seviye bir önceki seviyeden daha detaylıdır. CityGML aynı nesneleri farklı detay seviyelerinde görselleştirebilir böylece farklı detay seviyelerinde ayrı ayrı sorgulama ve analiz yapılabilir.



Şekil 3.17. Lod seviyeleri

LOD seviyeleri

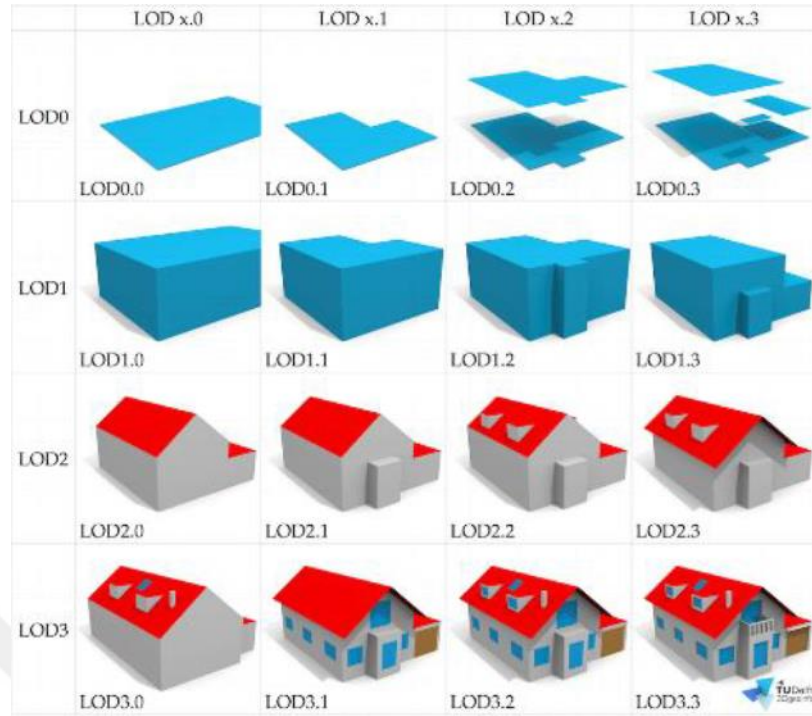
LOD 0: En az detaya sahip seviyedir. Bu seviye sayısal arazi modeline hava görüntülerinin veya haritaların ilişkilendirilmiş halidir. Binalar zemin oturumları veya çatı çizgileri ile temsil edilir.

LOD 1: Objeler düzgün 3 boyutlu modeller ile temsil edilir. Obje çatıları düz tabaka şeklindedir.

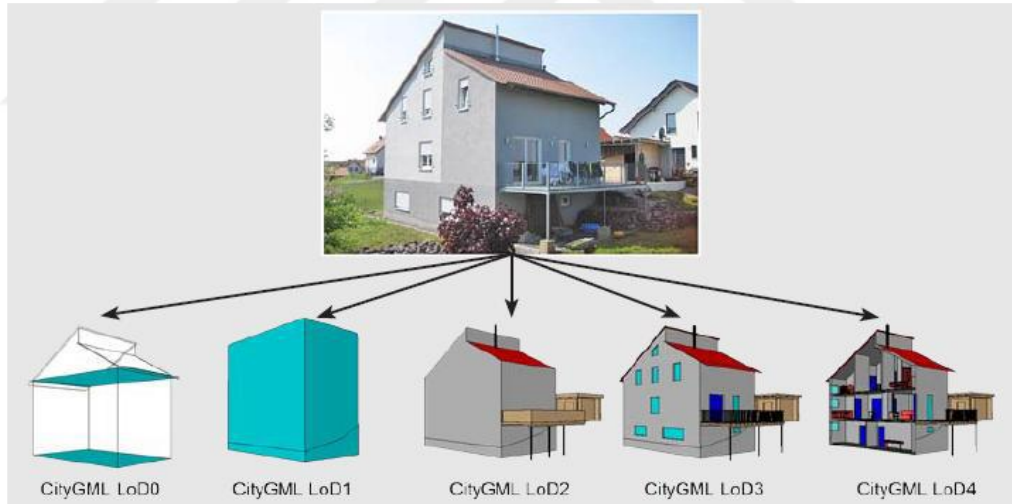
LOD 2: Objelerin gösteriminde Lod 1 in aksine objelerin üst ve yan yüzeylerindeki derinlikleri farklı kısımlarda model üzerine işlenmiştir.

LOD 3: Duvardaki detayalar pencere ve kapı detayları dâhil olmak üzere çatı yapıları ile mimari modeller gösterir

LOD 4: Lod 3 seviyesine ek olarak odalar, iç kapılar, merdivenler, mobilyalar vb. gibi objenin içyapısına ait detaylarda eklenir.(Tagarró & Sorribas, 2017)



Şekil 3.18. LOD seviyeleri ve temsil ettiği geometriler



Şekil 3.19. Bir binanın farklı LOD seviyelerinde görünümü(Löwner et al., 2012)

CityGML, 3B kent modellerine GML formatını kullanarak veri depolamaları, veri dönüşümleri ve veri değişimleri için XML-tabanlı bir ortamın oluşmasını sağlamaktadır. CityGML dili ayrıntı seviyeleri kavramına bir standart koymak adına geliştirilmiştir. Bir CityGML veri setinde, nesnenin farklı çözünürlükteki görünümü dikkate alınarak gösterimi, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı ayrıntı düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir(Metin, 2016).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

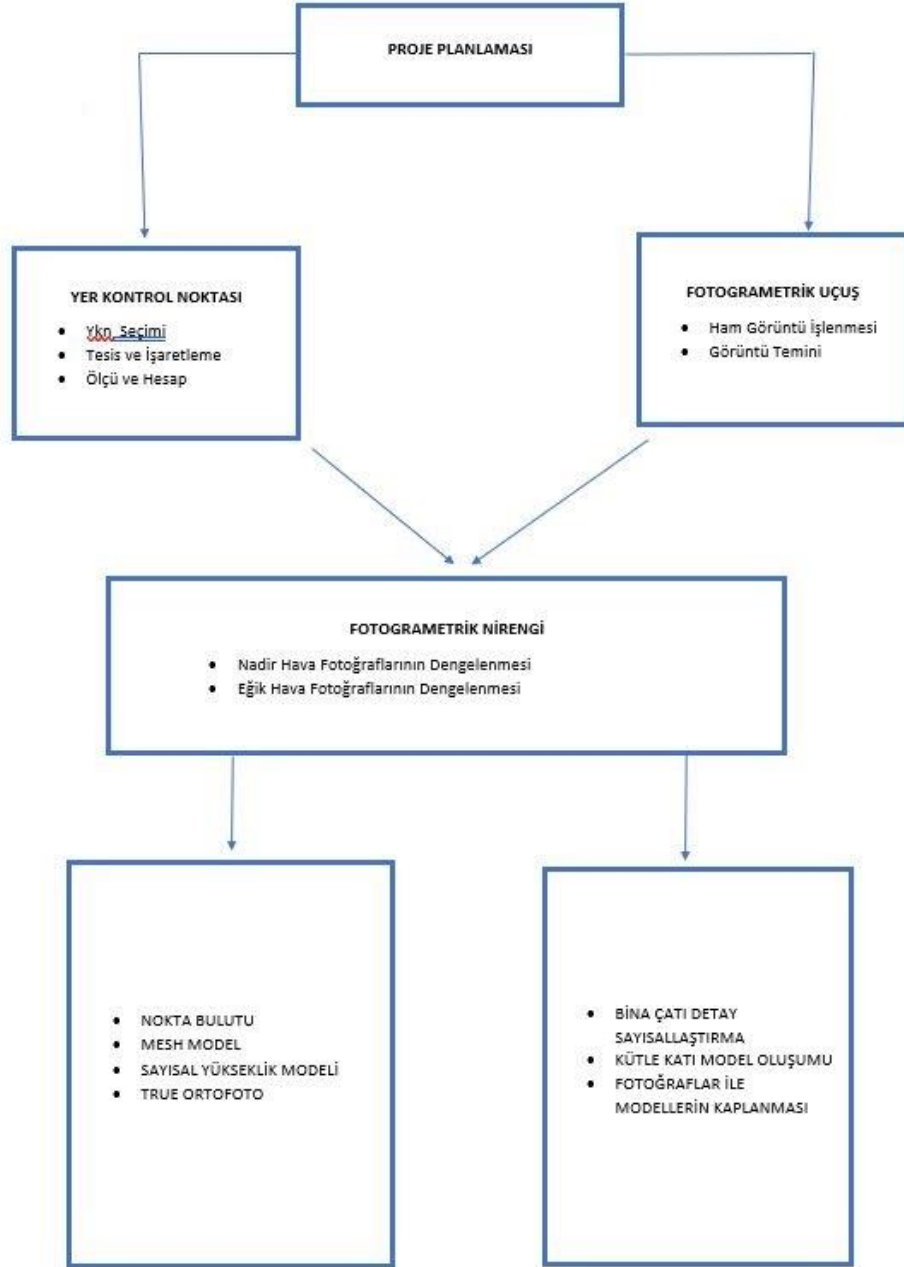
3B şehir modeli üretiminde proje planlaması istenen sonuç ürünlere göre çeşitlilik gösterebilir. Bu çalışmada proje planlaması yapılırken öncelikle araziye homojen dağılımda bir jeodezik ağ tasarlanmış bu ağa göre Yer Kontrol Noktaları konumları seçilmiştir. Seçilen bu konumlara mümkün olduğunca bağlı kalarak tesis ve işaretleme işlemleri yapılmıştır. Sonrasında bu noktalar projede istenen hassasiyet ve doğruluğu karşılayacak yöntemlerle ölçülmüş ve kesin koordinatlar hesaplanmıştır.

Aynı zamanda bu jeodezik ağ ve proje tahditini kapsayacak şekilde bir fotogrametrik uçuş planı hazırlanmıştır. Bu fotogrametrik uçuş nadir ve eğik resimleri aynı anda elde edebilme yeteneğine sahip kameralar ile gerçekleştirilmiştir. .Uçuştan elde edilen ham resimler radyometrik olarak işlenmiş ve çalışmada kullanılacak hale getirilmiştir.

Yer kontrol noktaları ve elde edilen resimler kullanılarak fotogrametrik nirengi işlemi yapılmıştır. Fotogrametrik nirengi işlemi nadir ve eğik resimler için ayrı ayrı yapılmış ve 4 farklı ticari yazılım (Agisoft Metashape,Pix4D,İnpho,Contextcapture) kullanılmıştır.

Dengelenmiş fotoğraflar ve kamera kalibrasyon raporları kullanılarak 3 farklı ticari yazılımda (Agisoft Metashape, Pix4D, Contextcapture) nokta bulutu, mesh model , sayısal yükseklik modeli ve true ortofoto üretilmiştir.

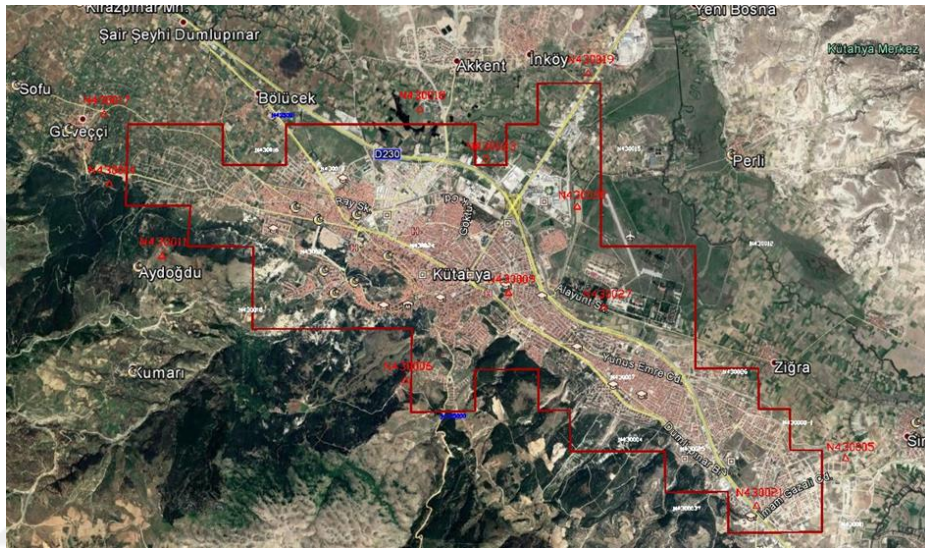
Dengelenmiş nadir hava fotoğrafları kullanılarak bina çatı detayları sayısallaştırılmış ve bu çizimlerden CityGRID yazılımı yardımıyla katı modeller elde edilmiştir. Bu modeller nadir ve eğik hava fotoğraflarından CityGRID yazılımı yardımıyla kaplanmış ve sonuç ürünler elde edilmiştir.



Şekil 4.1. Proje planlaması akış şeması

4.1.Çalışma Alanı

Kütahya ili Merkez ilçesini kapsamakta olup çalışma alanını oluşturan fotogrametrik blok 108 adet, 1/1000 ölçekli pafta içermektedir. Uçuş yüksekliği yaklaşık 1250 metre olup YÖA 8cm'dir.Fotogrametrik blok sınırı yaklaşık 5.000 hektar alan kaplamaktadır. Eğik kamera sistemiyle her bir kamera 946 fotoğraf çekmiş olup toplam fotoğraf sayısı 4730 adettir.



Şekil 4.2. Kütahya proje alanı

Tez çalışması 3B şehir modeli veri üretimi için seçilen alan 700 hektar olup merkezde binaların yoğun olduğu bölgeler seçilmeye çalışılmıştır.



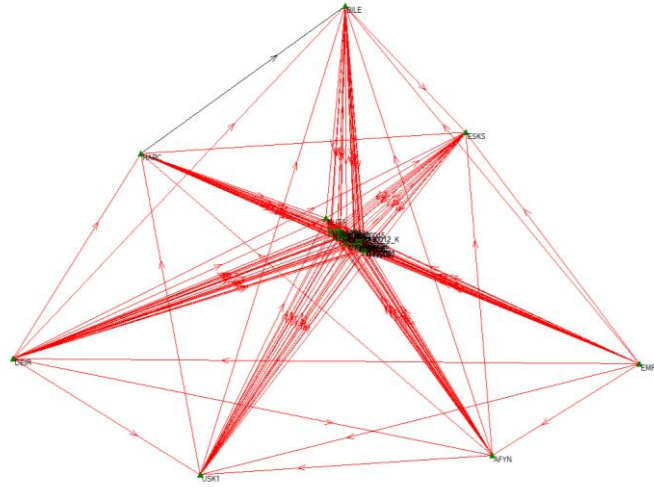
Şekil 4.3. Üretim alanı

4.1.YKN Tesis, Ölçü ve Hesabı

Yer Kontrol Noktaları (YKN), fotogrametride fotoğrafların ortorektifikasyonu aşamasında fotoğraf koordinat sistemi ile arazi koordinat sistemi arasındaki ilişkinin kurulmasını sağlamaktadır. Bu nedenle YKN'lerin doğruluğu ve dağılımı; stereo kıymetlendirme ve oluşturulacak modellerin kaplanması önemli rol alacaktır (Ayyıldız, 2017).

Proje alanı kapsamında 30 adet YKN tesis edilmiş olup her bir noktada en az 2'şer saat statik oturum yapılmıştır. Ölçü yapılan tarihlere denk gelen TUSAGA-Aktif 30 sn RINEX verileri TUSAGA-Aktif sisteminden indirilmiş ve aynı zaman dilimine ait hassas efemeris verileri de indirilerek programa dengeleme için dahil edilmiştir.

Proje ölçü hesap koordinatlarında dengelenip daha sonra hız vektörleri hesabıyla tekrar referans epok koordinatları elde edilmiştir. Yükseklik ölçme yöntemi olarak GPS nivelmanı yöntemi seçilmiş olup ortometrik kot hesabı yapılmıştır.



Şekil 4.4. GPS hesap kanavaşı

“YKN’lerinin yerlerinin belirlenmesi BÖHHBÜY’de “Madde 52 -Kinematik GNSS ve GNSS-IMU destekli fotogrametrik nirengi yöntemi kullanılması durumunda ise; blok köşelerinde ve çapraz kolonların baş ve sonlarında en az 2’şer adet YKN tesis edilir. Bu noktalara ek olarak, bloğun kenarlarında ve içerisinde idarece belirlenen yerlerde ve sayıda YKN oluşturulur. Bu noktaların koordinatları ve yükseklikleri, C3 derece ağ noktaları niteliğindedir.” şeklinde açıklanmıştır.”



Şekil 4.5. Statik ölçüm

Bu jeodezik hesaplardan elde edilen kesin koordinatlar fotogrametrik dengeleme işleminde kullanılmak üzere kayıt edilmiştir.

4.2.Görüntü Alımı ve Ham Fotoğrafların İşlenmesi

TKGM bünyesinde bulunan **Beechcraft King Air 350i** model uçağı ve **UltraCam Osprey Mark 3 Premium** kamerasıyla alınan nadir ve eğik hava fotoğraflarının çekimi ve prosesleri tamamlanarak ham fotoğraflar Level 3 seviyesinde radyometrik dengeleme yapılarak projede kullanılacak fotoğraflar elde edilmiştir.



Şekil 4.6. TKGM bünyesinde bulunan fotogrametrik amaçlı kullanılan uçak

Ultracam Osprey Mark 3 Premium yenilikçi bir kamera olup aynı zamanda 5 farklı açıdan fotoğraf çekebilmesi yeteneği sayesinde 3B şehir modelleri üretim aşamalarında en çok tercih edilen dijital kameralardan biri olmuştur. Sınıfının en iyisi, uçuş toplama verimliliği, geniş nadir ayak izi sayesinde daha ekonomik bir uçuş planlamasına da katkı sağlamaktadır.

45°'lik ideal eğik görüş açısı, cepheler gibi dikey yüzeylerde bile tüm görüntü boyunca iyi dengelenmiş bir çözünürlüğü garanti eder. Özel dizayn edilmiş elektronik aksamlar sayesinde kare başına 1,75 saniyelik bir kare hızı sağlayarak 10 cm YÖA'de 192 knot maksimum uçuş hızına ve %80 ileri bindirme oranına izin verir.

Uçuş sırasında kaydedilen görüntüler RAW formatında olup direkt olarak görüntülenemezler. Ancak proses sonrası görüntüler TIFF ya da diğer bir raster formatta kullanılabilir. Görüntüler **Level 0**, **Level 2** ve **Level 3** olarak 3 temel formatta işlenmiştir.

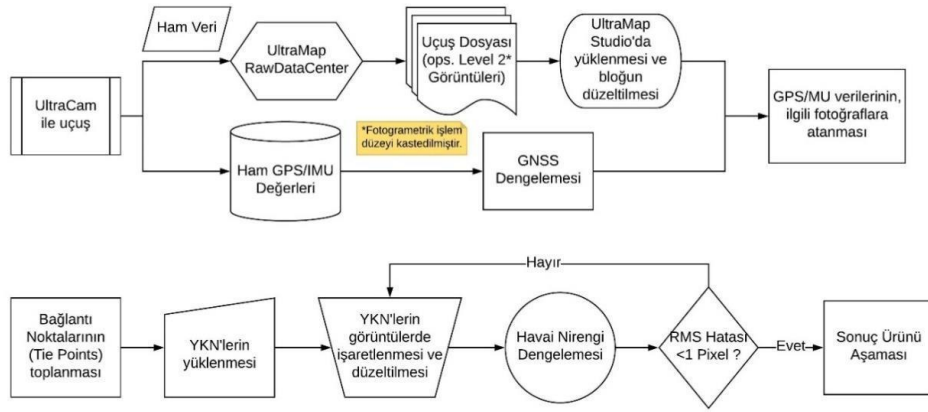
Level 0: Uçaktaki diskten alınan ham dataların işlem bilgisayarlarına indirilmesi (Dump işlemi) işlemidir.

Level 2: 9 parçada çekilen 9 cm YÖA değerine sahip pankromatik görüntünün ve 3 bantta çekilen Renkli RGB görüntünün birleştirilerek tek resim haline getirilmesi işlemidir.

Level 3: 9 cm'lik pankromatik görüntünün 18 cm'lik RGB görüntü ile kullanılarak "Pan Sharphening" yöntemi ile renklendirilmesi, radyometrik dengelemelerinin yapılması ve resmin TIFF formatına dönüştürülmesi işlemidir (Sayar, 2021).

Level 0 formatında alımı yapılan hava fotoğrafları Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Dairesi tarafından radyometrik düzeltmeleri yapılarak görüntülenebilir fotoğraf haline getirilmiştir. Bu sayede elde edilen görüntü kalitesi yüksek fotoğraflarla, hem stereo kıymetlendirme (üç boyutlu değerlendirme) esnasında görüntü bozukluğu nedeniyle görülemeyen ve çizilemeyen detayların kaybı engellenmiş; hem de oluşturulan ortofotolarda renk, ton, kontrast ve parlaklık bütünlüğü sağlanmıştır. Bu süreçte kullanılan hava kamerasının kendi görüntü işleme yazılımı olan "Ultramap" yazılımı kullanılmıştır.

3 boyutlu şehir modellerinin üretimi için gerekli olan görüntü işleme ve görüntülerden veri elde edilmesi işlemi için veri setleri boyutları oldukça büyük olmaktadır. Bunun yanı sıra çalıştırılacak algoritmalar kapsamlı ve çoklu işlemciye ihtiyaç duymasından dolayı gelişmiş donanımlarla çalışmak gerekmektedir(Ayyıldız, 2017).



Şekil 4.7. UltraMap programı fotogrametrik iş akış şeması (Halıcı, 2019)

4.3. Fotogrametrik Nirengi

Fotogrametrik nirengi; kamera kalibrasyonu, dış yöneltme ve görüntü alımının kalitesine bağlıdır. Yukarıdaki faktörlerin herhangi birinin yanlışlığı, dengelemenin nihai doğruluğunu bozar ve bu eğik görüntülerde daha da belirgindir. İç ve dış yöneltme parametreleri, sırasıyla önceden bir kalibrasyon prosedürü ile alındığı veya doğrudan yerleşik sensörler (GNSS/IMU) ile ölçüldüğü için günümüzde genellikle önceden bilinmektedir. Bununla birlikte, metrik ve otomatik uygulamalar düşünüldüğünde, bu parametreler genellikle yaklaşık olarak kabul edilir, bu nedenle en küçük kareler metodu uygulamak şarttır.(E. Rupnik, Nex, & Remondino, 2013)

On yıldan fazla bir süredir, fotogrametrik nirengide homolog noktaları otomatik bağlama ve bu gözlemleri son iyileştirme aşamasında ışın demet blok ayarında kullanma yeteneği ile birçok güvenilir fotogrametrik iş akışı ortaya çıkmıştır. Bağlantı noktası çıkarma için mevcut olan popüler yazılımlar, olası yanlış eşleşmeleri önlemek için alan tabanlı eşleme teknikleri (Normalize Çapraz Korelasyon ve En Küçük Kare Eşleştirme gibi) veya özellik tabanlı yöntemleri (SIFT, SURF, vb.) kullanır.(E. Rupnik et al., 2013)

Eğik sistemler, nadir görünümlemlerle karşılaştırıldığında içerik açısından daha zengindir. Nadirde gözükmeyen cepheleri ve bina ayak izleri görülebilir ama bunun yanında ciddi bozulmalar, ölçek ve radyometrik değişiklikleri getirirler.

Daha önce yapılan deneyimler, geleneksel hava fotogrametrik yazılımları ile dengelenmeye çalışılan eğik görüntülerin, dikey görüntülerin kullanıldığı şekilde doğru

sonuçlar vermediğini de göstermiştir. Bu yazılımların eğik fotoğrafları tanıyamadığı ve dengeleme de birçok problemle karşılaştığı görülmüştür.

Dolayısıyla, dengelemede aşılması gereken ana engel, görüntüler arasında varsayılan benzerliklerin üretilmesidir. Bunun için uygun görüntü kümeleri (çiftler, üçlüler vb.) birbiriyle eşleştirilmelidir.(E. Rupnik et al., 2013)

Fotogrametrik bloklar için, GNSS/IMU verileri, büyük veri kümelerinin görüntüleri arasındaki bağlantıyı kurmak için gerekli bir girdidir. Bir bağlantı grafiği, görüntü eşleniklerinin çıkarılmasını hızlandırmaya ve olası aykırı değerlerin sayısını azaltmaya yardımcı olur. Bir görüntü çiftinin uyumlu olarak kabul edilebilmesi için yerine getirilmesi gereken üç koşul vardır:

- a. Fotoğrafların arazide kapladığı alanların bindirme oranının yüzdesinin yüksek olması
- b. Kameraların bakış yönleri benzer veya kameralardan birinin nadir olması
- c. Çift için çıkarılan eşlenik noktaların sayısı belirli bir eşiğin üzerinde olmalıdır.

4.3.1. Nadir Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

Tez çalışmasında nadir hava fotoğraflarının dengelenmesi için Agisoft Metashape, Trimble İnpho, Pix4D ve ContextCapture ticari yazılımları kullanılmıştır. Şekil 4.7 de nadir kamerasına ait kalibrasyon teknik özellikleri yer almaktadır. Bu teknik özellikler kamera kalibrasyon raporunda iç yöneltme değerleridir ve fotogrametrik nirengi işlemlerinde bilinen değer olarak girilir. Uygulamada, nadir fotoğraflara ait kamera kalibrasyon parametreleri her bir yazılıma tanıtılmış olup metrik ve kamera kalibrasyonu onaylı olan UltraCam Osprey Premium 3'a ait kamera parametreleridir. Proje kapsamında çalışma alanına 30 adet YKN noktası tesis edilmiştir. Kinematik GNSS destekli fotogrametrik nirengi çalışmalarında YKN olan ihtiyaç oldukça azalmıştır. GNSS/IMU destekli sayısal hava kamera sistemleri ile dış yöneltme elemanları olarak bilinen resim orta noktası koordinatları ile resim dönüklük değerleri bilinmeyen parametre olarak değil yaklaşık değer olarak dengelemeye dahil edilmektedir. GNSS/IMU entegrasyonu ile elde edilen yöneltme elemanlarının yaklaşık değerleri ve yer kontrol noktaları kullanılarak otomatik toplanan bağlama noktaları ve sonrasında gerçekleşen dengeleme sonucu stereo modeller elde edilmektedir.

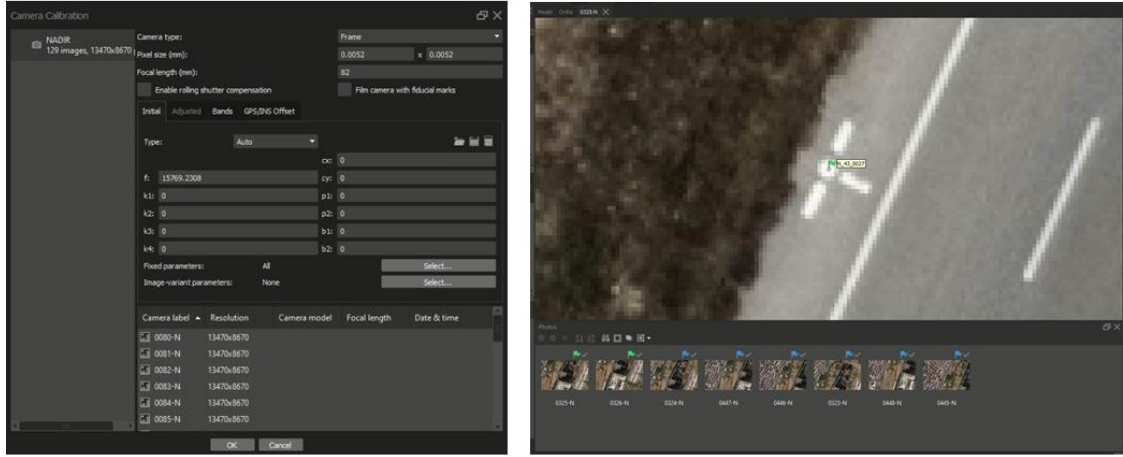
Image Format	long track	45.084mm	8670pixel
	cross track	70.044mm	13470pixel
Image Extent		(-22.542, -35.022)mm	(22.542, 35.022)mm
Pixel Size		5.200 μ m*5.200 μ m	
Focal Length	ck	82.000mm	$\pm$ 0.002mm
Principal Point (Level 2)	X_ppa	0.000mm	$\pm$ 0.002mm
	Y_ppa	0.000mm	$\pm$ 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Şekil 4.8. UltraCam Osprey Premium 3 nadir kamera kalibrasyon parametreleri

4.3.1.1 Agisoft Metashape yazılımı ile nadir hava fotoğraflarının dengelenmesi

Agisoft Metashape, özellikle 3 boyutlu modelleme alanında uzmanlaşan bir yazılım olup fotogrametrik veri üretim alanında da kullanıcılarına her geçen gün geniş bir yelpaze yaratmaya çalışmaktadır. Yazılımın bazı özellikleri aşağıda verilmiştir.

- İnsansız hava aracı, uçak ve uydu fotoğraflarının dengelenmesi
- Nadir ve eğik hava fotoğraflarının dengelenmesi
- Nokta bulutu üretimi, editlenmesi ve sınıflandırma
- Dijital arazi ve yüzey modeli üretimi
- Ortofoto üretimi
- Yersel lazer tarayıcı verisi okuma ve dengelenmesi
- Yer kontrol noktası ve ölçek bar desteği
- Uzunluk, alan, hacim hesabı
- Stereo görünüm ve çizim
- 3B model üretimi ve kaplanması



Şekil 4.9. Agisoft nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi

Nadir hava fotoğrafları programa aktarıldıktan sonra kamera kalibrasyon parametreleri tanımlanır. Burada piksel boyutu 5.2 mikron ve odak uzaklığı 82 mm olarak girilmiştir. Işınsal ve teğetsel distorsiyon parametreleri ihmal edilmiştir. Fixed parameters seçeneğinde tüm parametreler işaretlenip sabit kabul edilmiştir.

Fotoğrafların kendi aralarındaki ilişkinin kurulması için fotoğraf eşleme seçeneğine geçilmiştir. 129 fotoğrafın olduğu blok, 5 dakikalık sürede 110 bin bağlama noktası toplamıştır. Bu işlemden sonra onaylı yer kontrol noktaları yazılıma dahil edilmiş ve fotoğraflarda işaretleme yapılmıştır. Tüm fotoğraflarda yer kontrol noktaları işaretlendikten sonra dengeleme aşamasına geçilmiştir. Daha sonra oluşturulan stereo modeller üzerinden yer kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.1)

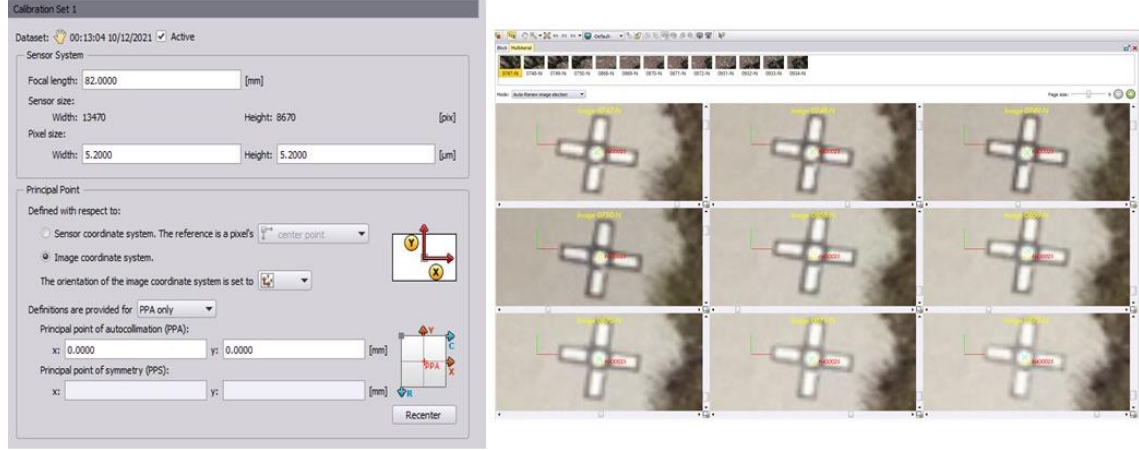
Çizelge 4. 1. Agisoft yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				DENGELENMİŞ PROJE KOORDİNATLARI			FARK		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	(m)	X(m)	Y(m)	(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.813	4361161.393	955.294	-0.067	0.023	-0.102
N_43_0002	503340.900	4360784.908	1012.936	503340.844	4360784.881	1012.786	0.056	0.027	0.150
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.048	4361454.534	1031.015	0.012	0.056	0.165
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.223	4362550.356	992.440	-0.045	-0.043	0.320
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.678	4362239.928	946.918	0.102	0.012	0.262
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.114	4363562.425	1195.417	-0.034	0.015	0.123
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.877	4363536.342	947.037	0.042	0.064	0.254
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.298	4362900.224	960.350	-0.058	-0.054	-0.220
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.033	4364920.658	940.200	0.067	0.052	0.090
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.542	4364647.923	1163.925	0.082	0.065	0.092
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.147	4365520.227	1334.605	0.053	0.063	0.075
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.848	4365691.300	919.740	0.021	0.052	-0.054
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.960	4366908.525	934.594	0.012	-0.044	0.023
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.823	4366675.372	1049.167	0.016	0.032	0.123
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.036	4367224.926	932.160	0.045	0.051	0.236
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.231	4367211.540	940.482	0.055	0.051	-0.161
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.866	4367806.637	977.820	-0.043	0.012	0.235
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.398	4367892.917	936.808	0.032	0.013	0.052
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.696	4368471.764	921.993	0.044	0.056	-0.043
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.034	4366313.358	923.146	0.056	0.052	0.024
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.793	4361486.966	976.538	-0.053	0.024	0.032
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.832	4365567.426	994.777	0.065	0.054	0.024
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.597	4367106.391	926.088	0.023	-0.041	0.042
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.368	4365664.480	942.231	0.054	0.048	-0.125
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.066	4362396.003	985.203	0.031	0.065	0.167
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.133	4363620.715	932.880	0.042	-0.056	0.155
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.281	4364679.548	927.033	0.019	0.062	-0.143
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.345	4362963.671	1142.493	-0.023	0.053	0.162
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.310	4367773.937	936.375	0.034	-0.023	-0.053
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.763	4360317.634	978.221	0.043	0.047	0.042
KARESEL ORTALAMA HATA							0.0488	0.046822	0.148786

4.3.3.2. Trimble İnpho yazılımı ile nadir hava fotoğraflarının dengelenmesi

İnpho yazılımı yüksek performanslı görüntü işleme algoritmaları kullanmak suretiyle hava fotoğraflarını dengelemek, nokta bulutu oluşturmak, yüzey modeli ve ortofoto üretimi için tasarlanmış bir sayısal hava triangülasyon programıdır. İçerisinde birçok modülü aynı anda barındırmaktadır. İnpho yazılımı son teknolojik fotogrametrik ürünlere uyumlu olup özel çözümler sunmaktadır. Piyasadaki farklı firmaların metrik kameralar ile (vexcel,leica vb.) uyumludur.

İnpho yazılımına fotoğraflar, GPS/IMU değerleri, yer kontrol noktaları ve kamera kalibrasyon parametreleri tanımlandıktan sonra fotoğraflarda yer kontrol noktaları işaretlenmiştir.



Şekil 4.10. Trimble İnpho yazılımı nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi

Daha sonra otomatik bağlama noktası toplama işlem adımına geçilir. Burada programın birçok farklı algoritması ve seçeneği mevcuttur. Yazılım dengeleme sırasında boresight kalibrasyonunu, kayıklık (shift) ve sürüklenme (drift) düzeltmelerini (self-kalibrasyon) de içeren GPS/IMU verisini desteklemektedir. Boresight kalibrasyonu kamera ve IMU sistemi arasındaki dönüklüğü ifade etmektedir. Normal koşullarda kamera ve IMU sensörleri arasındaki dönüklüğün fiziksel olarak ölçülmesi mümkün olmadığı için dönüklük değerleri boresight kalibrasyonu ile belirlenir. Boresight kalibrasyon değerleri dönüklük açı farkları ($d\omega$, $d\phi$, $d\kappa$) ve GPS drift parametreleridir (dx , dy , dz). Bu değerler blok dengeleme sonuçları ile GPS/IMU entegrasyonu sonucunda elde edilen sonuçlar arasındaki farklardan elde edilmektedir. 12 ve 44 parametrelilik olmak üzere iki farklı self kalibrasyonu seçeneği bulunmaktadır. Self kalibrasyon, yöneltmede modellenemeyen parametrelerin, odak uzaklığı, distorsiyon hatası gibi hataların dengeleme esnasında hesaplanması ve sonuçlara düzeltme olarak yansıtılması işlemidir (Akabalı, 2010). Bu çalışmada 44 parametrelilik self kalibrasyon seçeneği tercih edilmiştir.

Otomatik nokta toplama işlemi tamamlandıktan sonra dengeleme işlemine geçilerek proje dengelenir. Okunmayan yer kontrol noktaları kaldıysa tekrar işaretleme yapılarak dengeleme işlemi tekrarlanır. Oluşturulan stereo modeller üzerinden yer

kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

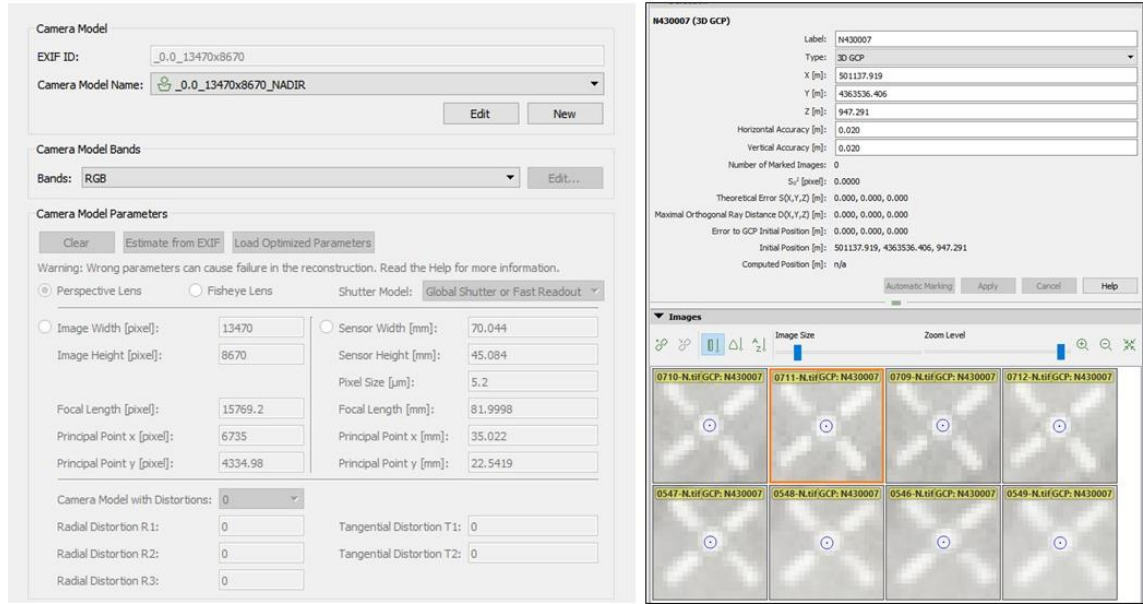
Çizelge 4.2. İnpho yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				DENGELENMİŞ PROJE KOORDİNATLARI			FARK		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	(m)	X(m)	Y(m)	(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.823	4361161.407	955.262	-0.077	0.009	-0.070
N_43_0002	503340.900	4360784.908	1012.936	503340.854	4360784.895	1012.828	0.046	0.013	0.108
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.058	4361454.548	1031.057	0.002	0.042	0.123
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.233	4362550.370	992.622	-0.055	-0.057	0.138
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.688	4362239.942	947.000	0.092	-0.002	0.180
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.124	4363562.439	1195.459	-0.044	0.001	0.081
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.887	4363536.356	947.209	0.032	0.050	0.082
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.308	4362900.238	960.308	-0.068	-0.068	-0.178
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.043	4364920.672	940.242	0.057	0.038	0.048
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.552	4364647.937	1163.967	0.072	0.051	0.050
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.157	4365520.241	1334.647	0.043	0.049	0.033
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.858	4365691.314	919.782	0.011	0.038	-0.096
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.970	4366908.539	934.636	0.002	-0.058	-0.019
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.833	4366675.386	1049.209	0.006	0.018	0.081
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.046	4367224.940	932.252	0.035	0.037	0.144
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.241	4367211.554	940.440	0.045	0.037	-0.119
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.876	4367806.651	977.892	-0.053	-0.002	0.163
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.408	4367892.931	936.850	0.022	-0.001	0.010
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.706	4368471.778	922.035	0.034	0.042	-0.085
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.044	4366313.372	923.188	0.046	0.038	-0.018
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.803	4361486.980	976.580	-0.063	0.010	-0.010
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.842	4365567.440	994.819	0.055	0.040	-0.018
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.607	4367106.405	926.130	0.013	-0.055	0.000
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.378	4365664.494	942.189	0.044	0.034	-0.083
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.076	4362396.017	985.245	0.021	0.051	0.125
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.143	4363620.729	932.922	0.032	-0.070	0.113
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.291	4364679.562	926.991	0.009	0.048	-0.101
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.355	4362963.685	1142.535	-0.033	0.039	0.120
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.320	4367773.951	936.417	0.024	-0.037	-0.095
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.773	4360317.648	978.263	0.033	0.033	0.000
KARESEL ORTALAMA HATA							0.0450	0.0407	0.0981

4.3.3.3 Pix4D ile Nadir Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

Pix4D insansız hava aracı fotoğraflarının işlenmesi ve 3 boyutlu modeller oluşturmak için tasarlanmış daha sonradan geliştirilen algoritmalar sayesinde büyük

formatlı hava kameralarını da desteklemeye başlamıştır. İçerisinde birçok modül olmakla beraber buluttan çalışma sistemi sayesinde kullanıcılara birçok farklı özellik ve seçenek sunmaktadır. Kamera kalibrasyon değerleri, fotoğraflar ve GPS/IMU değerleri yazılıma yüklenir.



Şekil 4.11. Pix4D nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi

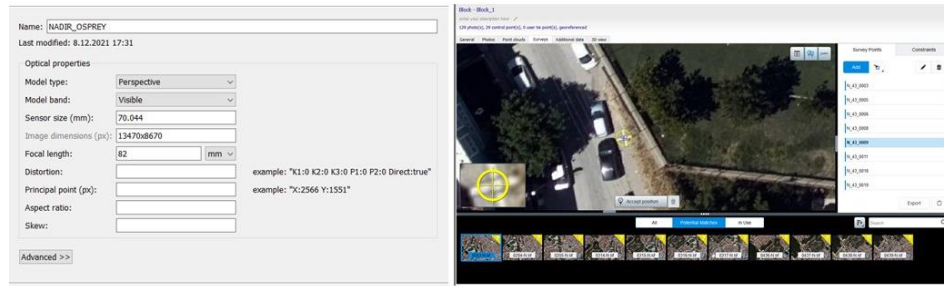
Kamera kalibrasyon parametreleri tanımlandıktan sonra fotoğrafların eşlenmesi işlemine geçilir. Tüm fotoğraflarda yer kontrol noktaları işaretlenir ve nadir fotoğrafların dengelenmesi yapılır. Dengeleme işlemi yapıldıktan sonra istatistik değerler ve raporlar kontrol edilir. Oluşturulan stereo modeller üzerinden yer kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Pix4D yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				DENGELENMİŞ PROJE KOORDİNATLARI			FARK		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	(m)	X(m)	Y(m)	(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.790	4361161.377	955.283	-0.044	0.039	-0.091
N_43_0002	503340.900	4360784.908	1012.936	503340.821	4360784.865	1012.775	0.079	0.043	0.161
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.025	4361454.518	1031.004	0.035	0.072	0.176
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.200	4362550.340	992.429	-0.022	-0.027	0.331
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.655	4362239.912	946.907	0.125	0.028	0.273
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.091	4363562.409	1195.406	-0.011	0.031	0.134
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.854	4363536.326	947.026	0.065	0.080	0.265
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.275	4362900.208	960.339	-0.035	-0.038	-0.209
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.010	4364920.642	940.189	0.090	0.068	0.101
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.519	4364647.907	1163.914	0.105	0.081	0.103
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.124	4365520.211	1334.594	0.076	0.079	0.086
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.825	4365691.284	919.729	0.044	0.068	-0.043
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.937	4366908.509	934.583	0.035	-0.028	0.034
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.800	4366675.356	1049.156	0.039	0.048	0.134
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.013	4367224.910	932.149	0.068	0.067	0.247
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.208	4367211.524	940.471	0.078	0.067	-0.150
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.843	4367806.621	977.809	-0.020	0.028	0.246
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.375	4367892.901	936.797	0.055	0.029	0.063
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.673	4368471.748	921.982	0.067	0.072	-0.032
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.011	4366313.342	923.135	0.079	0.068	0.035
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.770	4361486.950	976.527	-0.030	0.040	0.043
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.809	4365567.410	994.766	0.088	0.070	0.035
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.574	4367106.375	926.077	0.046	-0.025	0.053
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.345	4365664.464	942.220	0.077	0.064	-0.114
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.043	4362395.987	985.192	0.054	0.081	0.178
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.110	4363620.699	932.869	0.065	-0.040	0.166
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.258	4364679.532	927.022	0.042	0.078	-0.132
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.322	4362963.655	1142.482	0.000	0.069	0.173
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.287	4367773.921	936.364	0.057	-0.007	-0.042
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.740	4360317.618	978.210	0.066	0.063	0.053
KARESEL ORTALAMA HATA							0.0629	0.0573	0.1539

4.3.3.3 ContextCapture yazılımı ile nadir hava fotoğraflarının dengelenmesi

ContextCapture fotoğrafların işlenmesi ve 3 boyutlu modeller oluşturmak için tasarlanmış bir çok yazılım ile entegre olabilen 3 boyutlu veri setleri üretmeye imkan veren bir yazılımdır. Diğer uygulamalarda olduğu temel işlemler tekrarlanarak dengeleme yapılır ve stereo modeller oluşturulur. Elde edilen stereo modeller üzerinden yer kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).



Şekil 4.12. ContextCapture nadir kamera kalibrasyon ayarları ve YKN işaretlenmesi

Çizelge 4.4. ContextCapture yazılımı ile nadir dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				DENGELENMİŞ PROJE KOORDİNATLARI			FARK		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	(m)	X(m)	Y(m)	(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.804	4361161.395	955.298	-0.058	0.021	-0.106
N_43_0002	503340.900	4360784.908	1012.936	503340.835	4360784.883	1012.790	0.065	0.025	0.146
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.039	4361454.536	1031.019	0.021	0.054	0.161
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.214	4362550.358	992.444	-0.036	-0.045	0.316
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.669	4362239.930	946.922	0.111	0.010	0.258
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.105	4363562.427	1195.421	-0.025	0.013	0.119
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.868	4363536.344	947.041	0.051	0.062	0.250
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.289	4362900.226	960.354	-0.049	-0.056	-0.224
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.024	4364920.660	940.204	0.076	0.050	0.086
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.533	4364647.925	1163.929	0.091	0.063	0.088
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.138	4365520.229	1334.609	0.062	0.061	0.071
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.839	4365691.302	919.744	0.030	0.050	-0.058
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.951	4366908.527	934.598	0.021	-0.046	0.019
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.814	4366675.374	1049.171	0.025	0.030	0.119
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.027	4367224.928	932.164	0.054	0.049	0.232
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.222	4367211.542	940.486	0.064	0.049	-0.165
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.857	4367806.639	977.824	-0.034	0.010	0.231
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.389	4367892.919	936.812	0.041	0.011	0.048
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.687	4368471.766	921.997	0.053	0.054	-0.047
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.025	4366313.360	923.150	0.065	0.050	0.020
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.784	4361486.968	976.542	-0.044	0.022	0.028
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.823	4365567.428	994.781	0.074	0.052	0.020
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.588	4367106.393	926.092	0.032	-0.043	0.038
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.359	4365664.482	942.235	0.063	0.046	-0.129
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.057	4362396.005	985.207	0.040	0.063	0.163
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.124	4363620.717	932.884	0.051	-0.058	0.151
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.272	4364679.550	927.037	0.028	0.060	-0.147
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.336	4362963.673	1142.497	-0.014	0.051	0.158
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.301	4367773.939	936.379	0.043	-0.025	-0.057
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.754	4360317.636	978.225	0.052	0.045	0.038
KARESEL ORTALAMA HATA							0.0536	0.0457	0.1471

Nadir hava fotoğraflarının dengelenmesi sonucu oluşan stereo modellerden okunan yer kontrol noktalarının koordinatları onaylı koordinatları ile kıyaslanmış ve sonuçlar Çizelge 4.5 de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Nadir hava fotoğraflarından elde edilen KOH'lar

NADİR HAVA FOTOĞRAFLARINDAN DENGELENEN YER KONTROL NOKTALARI ÖZET RAPOR			
YAZILIM	KOH X(m)	KOH Y(m)	KOH Z(m)
Trimble İnpho	0.0450	0.0407	0.0981
Pix4dMapper	0.0629	0.0573	0.1539
ContextCapture	0.0536	0.0457	0.1471
Agisoft Metashape	0.0488	0.0468	0.1488

4.3.2 Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

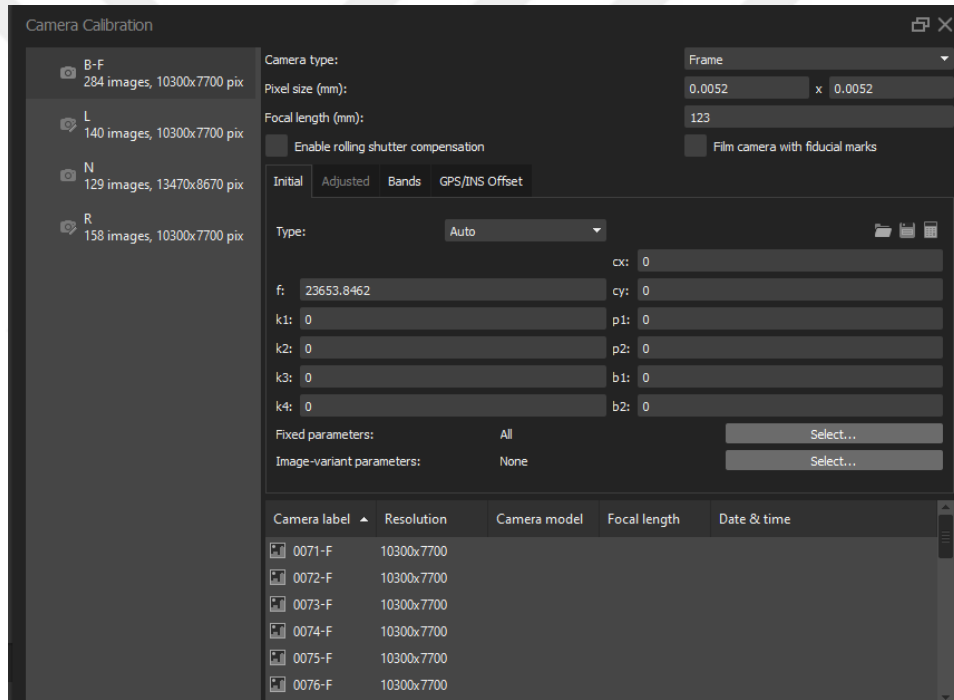
Tez çalışmasında kullanılan UltraCam Osprey Premium 3 sayısal hava kamerası düşeyde bir adet, farklı açılarda konumlandırılmış 4 adet eğik kameraya sahiptir. Eğik hava fotoğraflarının dengelenmesi için Agisoft Metashape, Trimble İnpho, Pix4D ve ContextCapture ticari yazılımları kullanılmıştır. Şekil 4.19 de eğik hava kamerasına ait teknik özellikleri yer almaktadır. Kalibrasyon parametreleri her bir kamera için ayrı ayrı tanımlanmıştır. Eğik hava fotoğrafların bozucu etkilerinden kaçınılmak için dengelenmiş nadir hava fotoğrafları kullanılmış ve eğik hava fotoğrafları dengelenirken aynı alana ait nadir hava fotoğrafları dengeli dış yöneltme parametreleri de kullanılarak dış yöneltme parametreleri hesaplanmıştır.

Image Format	long track cross track	40.040mm 53.560mm	7700pixel 10300pixel
Image Extent		(-20.020, -26.780)mm	(20.020, 26.780)mm
Pixel Size		5.200µm*5.200µm	
Focal Length	C4 (Backward)	ck	123.000mm ± 0.002mm
	C5 (Right)	ck	123.000mm ± 0.002mm
	C6 (Left)	ck	123.000mm ± 0.002mm
	C7 (Forward)	ck	123.000mm ± 0.002mm
Principal Point (Level 2)	C4 (Backward)	X_ppa	0.000mm ± 0.002mm
		Y_ppa	0.000mm ± 0.002mm
	C5 (Right)	X_ppa	-6.750mm ± 0.002mm
		Y_ppa	0.000mm ± 0.002mm
	C6 (Left)	X_ppa	6.750mm ± 0.002mm
		Y_ppa	0.000mm ± 0.002mm
	C7 (Forward)	X_ppa	0.000mm ± 0.002mm
		Y_ppa	0.000mm ± 0.002mm
Lens Distortion	Remaining Distortion less than 0.002mm		

Şekil 4.13. Ultracam eğik kamera kalibrasyon parametreleri

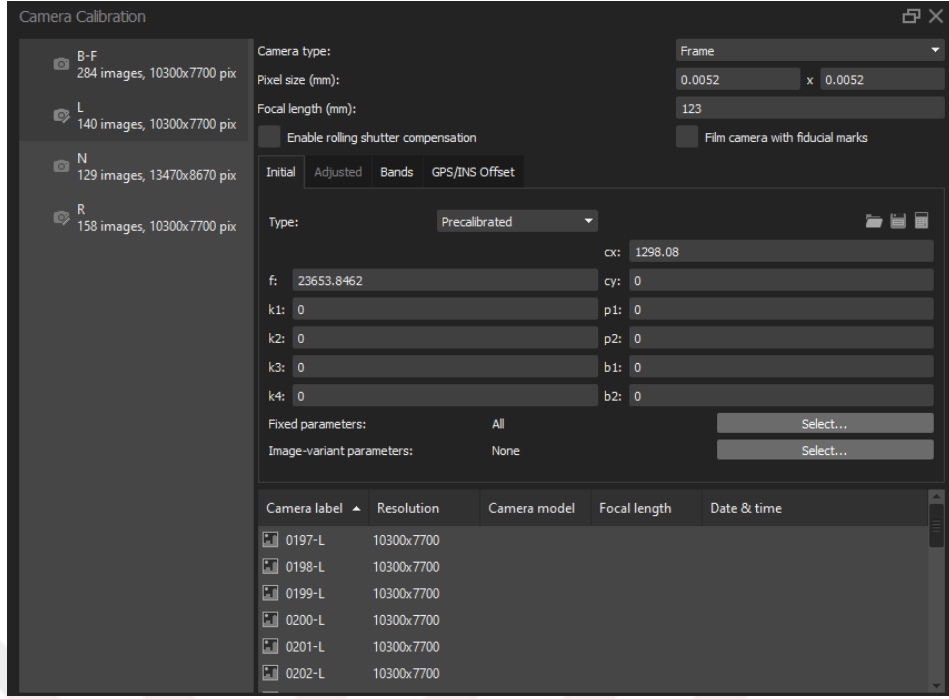
4.3.2.1 Agisoft Metashape ile eğik hava fotoğraflarının dengelenmesi

Eğik hava fotoğrafları kamera parametreleri; Backward (Geri) ve Forward (İleri) için aynı olup Left(sol) Right(sağ) için farklıdır. Tüm eğik kameraların odak uzaklık değeri 123 mm piksel boyutu 5.2 mikrondur. Sayısal hava kameraları için üretim esnasındaki kalibrasyonlarına ilaveten test uçuşları sonrasında da bir kamera kalibrasyon raporu oluşturulmaktadır. Bu işlemler sırasında her bir kamera merceğine ait radyal distorsiyonlar düzeltilmektedir (Akabalı,2010). Her bir kamera merceğinin radyal distorsiyon değeri 2 mikrondan küçük olduğu için ihmal edilmiştir. Geri ve ileri kameralar için resim merkez noktasında bir kayma olmadığı için asal nokta koordinatları cx ve cy 0 olarak girilmiştir.



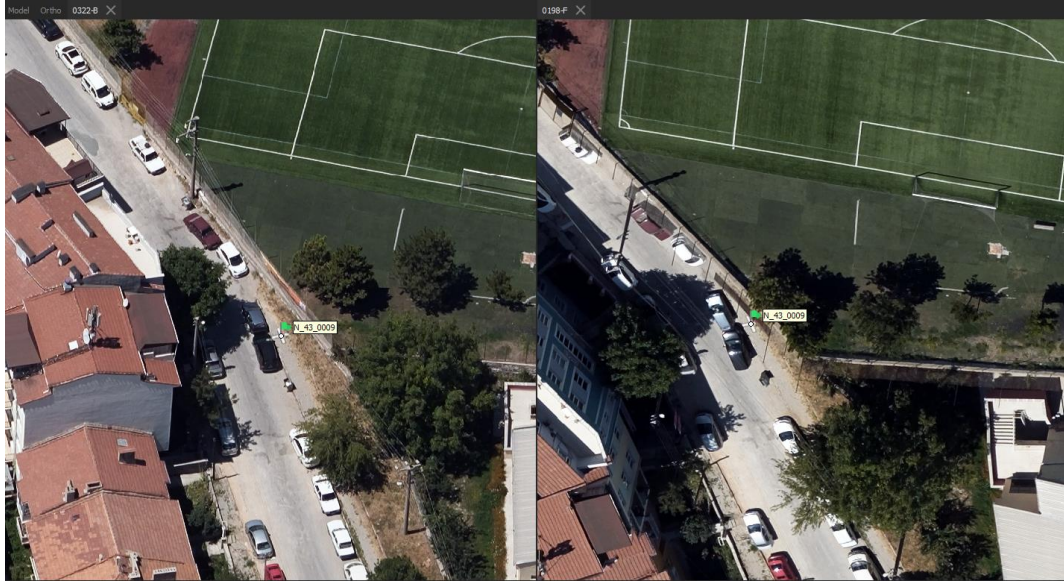
Şekil 4.14. Agisoft Geri ve İleri kamera kalibrasyon parametreleri

Sol ve Sağ kameraların resim merkez noktası piksellerinde x yönünde -6.75 mm ve +6.75mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan cx sütununa mm cinsinden tanımlanmıştır. Bu değer 1 pikselin 0.0052 mm olduğundan yola çıkılarak $6.75:0.0052=1298.08\text{mm}$ hesaplanmıştır.



Şekil 4.15. Agisoft sol kamera kalibrasyon ayarları

Tüm yer kontrol noktaları fotoğraflarda işaretlenmiştir. Tahrip olan ve işaretleme yapacak kadar net gözükmeyen yer kontrol noktaları işaretlenmemiştir.



Şekil 4.16. Agisoft geri ve ileri fotoğraflarda YKN işaretlenmesi

Dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra 4 farklı kamera için oluşturulan stereo modeller üzerinden yer kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Agisoft yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				SAĞ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.086	4363562.39	1195.559	-0.006	0.051	-0.019
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.965	4363536.38	947.338	-0.046	0.023	-0.047
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.25	4362900.06	960.132	-0.010	0.106	-0.002
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.669	4364648.02	1164.08	-0.045	-0.036	-0.063
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.114	4367225.02	932.494	-0.033	-0.038	-0.098
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.298	4367211.61	940.399	-0.012	-0.014	-0.078
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.876	4367806.82	977.859	-0.053	-0.170	0.196
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.462	4367892.92	936.841	-0.032	0.008	0.019
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.71	4368471.78	922.007	0.030	0.042	-0.057
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.612	4367106.39	926.098	0.008	-0.041	0.032
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.164	4363620.65	933.093	0.011	0.005	-0.058
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.283	4364679.65	926.927	0.017	-0.038	-0.037
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.314	4362963.57	1142.507	0.008	0.158	0.148
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.384	4367773.92	936.419	-0.040	-0.002	-0.097
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.788	4360317.75	978.274	0.018	-0.068	-0.011
KARESEL ORTALAMA HATA							0.029	0.073	0.082

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				SOL KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.786	4361161.42	955.215	-0.040	-0.003	-0.023
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.051	4361454.58	1031.231	0.009	0.008	-0.051
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.212	4362550.3	992.824	-0.034	0.010	-0.064
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.788	4362239.94	947.124	-0.008	0.004	0.056
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.355	4362900.1	960.143	-0.115	0.066	-0.013
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.079	4364920.76	940.285	0.021	-0.046	0.005
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.247	4365520.16	1334.699	-0.047	0.131	-0.019
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.869	4365691.47	919.616	0.000	-0.116	0.070
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496432.002	4366908.46	934.624	-0.030	0.018	-0.007
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.802	4366675.38	1049.244	0.037	0.020	0.046
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.115	4367225.04	932.417	-0.034	-0.066	-0.021
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.101	4366313.49	923.129	-0.011	-0.084	0.041
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.746	4361486.94	976.617	-0.006	0.046	-0.047
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.885	4365567.45	994.864	0.012	0.031	-0.063
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.39	4365664.62	942.131	0.032	-0.096	-0.025
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.111	4362396.02	985.385	-0.014	0.051	-0.015
KARESEL ORTALAMA HATA							0.039	0.063	0.041

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				GERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.181	4362550.24	992.805	-0.003	0.071	-0.045

N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.99	4363536.42	947.318	-0.071	-0.013	-0.027
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.182	4362900.17	960.132	0.058	0.005	-0.002
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499470.7	4364920.78	940.068	0.400	-0.066	0.222
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.618	4364647.95	1163.907	0.006	0.035	0.110
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.159	4365520.25	1334.69	0.041	0.036	-0.010
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.189	4367224.97	932.313	-0.108	0.010	0.083
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.454	4367211.61	940.206	-0.168	-0.021	0.115
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.568	4367892.92	936.723	-0.138	0.014	0.137
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.712	4368471.82	922.031	0.028	0.000	-0.081
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.132	4366313.44	923.179	-0.042	-0.025	-0.009
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.804	4365567.48	994.841	0.093	0.005	-0.040
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.795	4367106.33	925.982	-0.175	0.016	0.148
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.268	4362396.1	985.296	-0.171	-0.028	0.074
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.276	4363620.68	933.038	-0.101	-0.022	-0.003
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.066	4364679.56	926.769	0.234	0.050	0.121
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.538	4367773.92	936.216	-0.194	-0.004	0.106
KARESEL ORTALAMA HATA							0.154	0.032	0.098

ONAYLI YER KONTROL NOKTASI KOORDİNATLARI				İLERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.121	4362550.33	992.77	0.057	-0.015	-0.010
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.863	4362239.94	947.053	-0.083	-0.002	0.127
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497820.959	4363562.41	1195.383	0.121	0.035	0.157
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.863	4363536.41	947.281	0.056	-0.001	0.010
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.351	4362900.13	960.129	-0.111	0.040	0.001
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.053	4364920.82	940.329	0.047	-0.113	-0.039
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.893	4365691.34	919.64	-0.024	0.016	0.046
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.732	4366908.48	934.465	0.240	0.003	0.152
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.703	4366675.37	1049.159	0.136	0.032	0.131
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.122	4367211.57	940.255	0.164	0.024	0.066
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.704	4367806.65	977.822	0.119	-0.005	0.233
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.398	4367892.92	936.825	0.032	0.014	0.035
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.796	4368471.78	921.934	-0.056	0.040	0.016
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.11	4366313.42	923.211	-0.020	-0.005	-0.041
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.784	4361487.01	976.566	-0.044	-0.015	0.004
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496126.006	4365567.5	994.738	-0.109	-0.016	0.063
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.422	4367106.39	925.946	0.198	-0.039	0.184
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.528	4365664.54	942.149	-0.106	-0.010	-0.043
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.31	4362396.08	985.271	-0.213	-0.010	0.099
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.119	4363620.66	933.066	0.056	-0.002	-0.031
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.505	4364679.59	926.765	-0.205	0.025	0.125
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.228	4362963.74	1142.47	0.094	-0.017	0.185
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.513	4367773.92	936.25	-0.169	-0.005	0.072
KARESEL ORTALAMA HATA							0.125	0.031	0.105

4.3.2.2. Pix4D ile Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

Eğik hava fotoğrafların bozucu etkilerinden kaçınmak amacıyla dengelemeye dengelenmiş nadir hava fotoğrafları da dahil edilmiştir. 4 farklı kamera için kalibrasyon değerleri, fotoğraflar ve GPS/IMU değerleri yazılıma yüklenir. Merceklerin radyal distorsiyon değeri 2 mikrondan küçük olduğu için ihmal edilmiştir. Resim merkez noktasında bir kayma olmadığı için c_x ve c_y 0 kabul edilmiştir. Sol kamera resim merkez noktası piksellerinde x yönünde +6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan c_x sütununa mm cinsinden tanımlanmıştır. Pix4D resim merkezinin asal noktadan ne kadar kayık olduğuyla değil asal nokta koordinatıyla ilgilenir. x yönündeki resim merkez noktası koordinatları 53.56 mm'nin ikiye bölünmesiyle elde edilir. Bu değere 6.75 mm değeri eklenir. c_x 33.53 mm c_y 20.02 mm olarak hesaplanmıştır.

The image shows two side-by-side screenshots of the Pix4D camera calibration interface. The left screenshot is for the 'LEFT' camera and the right is for the 'RIGHT' camera. Both interfaces have a 'Camera Model' section with 'EXIF ID' and 'Camera Model Name' fields. Below this is a 'Camera Model Bands' section with a 'Bands' dropdown set to 'RGB'. The main section is 'Camera Model Parameters', which includes a warning message and a 'Shutter Model' dropdown set to 'Global Shutter or Fast Readout'. The parameters are organized into two columns: Image Width [pixel], Image Height [pixel], Focal Length [pixel], Principal Point x [pixel], and Principal Point y [pixel] on the left; and Sensor Width [mm], Sensor Height [mm], Pixel Size [μm], Focal Length [mm], Principal Point x [mm], and Principal Point y [mm] on the right. At the bottom, there is a 'Camera Model with Distortions' section with a dropdown set to '0' and fields for Radial Distortion R1, R2, R3, Tangential Distortion T1, and T2. The values for the parameters are as follows:

Parameter	LEFT Camera	RIGHT Camera
Image Width [pixel]	10300	10300
Image Height [pixel]	7700	7700
Focal Length [pixel]	23653.8	23653.8
Principal Point x [pixel]	6448.08	3851.92
Principal Point y [pixel]	3850.02	3850.02
Sensor Width [mm]	53.56	53.56
Sensor Height [mm]	40.04	40.04
Pixel Size [μm]	5.2	5.2
Focal Length [mm]	123	123
Principal Point x [mm]	33.53	20.03
Principal Point y [mm]	20.0201	20.0201
Radial Distortion R1	0	0
Radial Distortion R2	0	0
Radial Distortion R3	0	0
Tangential Distortion T1	0	0
Tangential Distortion T2	0	0

Şekil 4.17. Pix4D sol ve sağ kamera kalibrasyon parametreleri

Sağ kamera resim merkez noktası piksellerinde x yönünde -6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan c_x sütununa piksel cinsinden tanımlanmıştır. Pix4D resim merkezinin asal noktadan ne kadar kayık olduğuyla değil asal nokta koordinatıyla ilgilenir. X yönündeki resim merkez noktası koordinatları 53.56 mm'nin ikiye bölünmesiyle elde edilir. Bu değere 6.75 mm değeri çıkarılır. c_x 20.03 mm c_y 20.02 mm olarak hesaplanmıştır. Üm yer kontrol noktaları fotoğraflarda işaretlenmiştir. Eğik fotoğraflarda fotoğrafın başında ve sonunda yer örnekleme aralığı farklı olduğu için ve bozulmalar arttığı için fotoğraf köşesine gelen yer kontrol noktaları ve bozulma fazla olan fotoğraflarda dengelemeyi bozacağı için işaretleme yapılmamıştır.

Dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra 4 farklı kamera için oluşturulan stereo modeller üzerinden yer kontrol noktalarının arazi koordinatları ölçülerek jeodezik olarak belirlenen koordinatları ile olan farkları ve karesel ortalama hataları (KOH) hesaplanmıştır (Çizelge 4.7).

Çizelge 4.7. Pix4D yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

YKN KOORDİNATLARI				SAĞ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.072	4363562.347	1195.477	0.008	0.093	0.063
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.951	4363536.341	947.256	-0.032	0.065	0.035
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.236	4362900.022	960.050	0.004	0.148	0.080
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.655	4364647.982	1163.998	-0.031	0.006	0.019
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.100	4367224.973	932.412	-0.019	0.004	-0.016
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.284	4367211.563	940.317	0.002	0.028	0.004
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.862	4367806.777	977.777	-0.039	-0.128	0.278
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.448	4367892.880	936.759	-0.018	0.050	0.101
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.696	4368471.736	921.925	0.044	0.084	0.025
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.598	4367106.349	926.016	0.022	0.001	0.114
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.150	4363620.612	933.011	0.025	0.047	0.024
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.269	4364679.606	926.845	0.031	0.004	0.045
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.300	4362963.524	1142.425	0.022	0.200	0.230
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.370	4367773.874	936.337	-0.026	0.040	-0.015
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.774	4360317.707	978.192	0.032	-0.026	0.071
KARESEL ORTALAMA HATA							0.026	0.084	0.108

YKN KOORDİNATLARI				SOL KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.772	4361161.395	955.148	-0.026	0.021	0.044
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.037	4361454.558	1031.164	0.023	0.032	0.016
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.198	4362550.279	992.757	-0.020	0.034	0.003
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.774	4362239.912	947.057	0.006	0.028	0.123
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.341	4362900.080	960.076	-0.101	0.090	0.054
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.065	4364920.732	940.218	0.035	-0.022	0.072
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.233	4365520.135	1334.632	-0.033	0.155	0.048
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.855	4365691.444	919.549	0.014	-0.092	0.137
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.988	4366908.439	934.557	-0.016	0.042	0.060
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.788	4366675.360	1049.177	0.051	0.044	0.113
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.101	4367225.019	932.350	-0.020	-0.042	0.046
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.087	4366313.470	923.062	0.003	-0.060	0.108

N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.732	4361486.920	976.550	0.008	0.070	0.020
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.871	4365567.425	994.797	0.026	0.055	0.004
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.376	4365664.600	942.064	0.046	-0.072	0.042
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.097	4362395.993	985.318	0.000	0.075	0.052
KARESEL ORTALAMA HATA							0.036	0.067	0.071

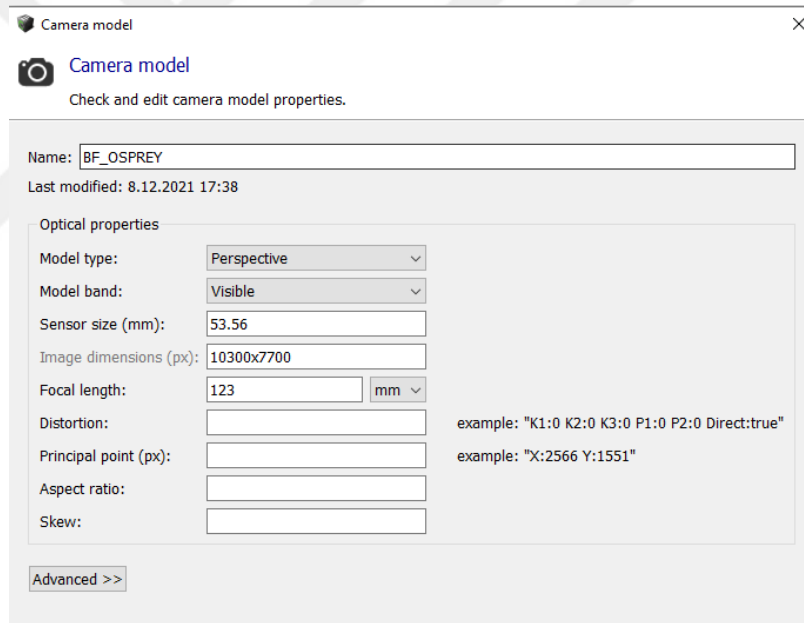
YKN KOORDİNATLARI				GERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.149	4362550.230	992.736	0.029	0.083	0.024
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.958	4363536.407	947.249	-0.039	-0.001	0.042
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.150	4362900.153	960.063	0.090	0.017	0.067
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499470.668	4364920.764	939.999	0.432	-0.054	0.291
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.586	4364647.941	1163.838	0.038	0.047	0.179
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.127	4365520.242	1334.621	0.073	0.048	0.059
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.157	4367224.955	932.244	-0.076	0.022	0.152
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.422	4367211.600	940.137	-0.136	-0.009	0.184
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.536	4367892.904	936.654	-0.106	0.026	0.206
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.680	4368471.808	921.962	0.060	0.012	-0.012
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.100	4366313.423	923.110	-0.010	-0.013	0.060
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.772	4365567.463	994.772	0.125	0.017	0.029
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.763	4367106.322	925.913	-0.143	0.028	0.217
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.236	4362396.084	985.227	-0.139	-0.016	0.143
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.244	4363620.669	932.969	-0.069	-0.010	0.066
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.034	4364679.548	926.700	0.266	0.062	0.190
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.506	4367773.906	936.147	-0.162	0.008	0.175
KARESEL ORTALAMA HATA							0.153	0.036	0.147

YKN KOORDİNATLARI				İLERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.163	4362550.361	992.846	0.015	-0.048	-0.086
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.905	4362239.975	947.129	-0.125	-0.035	0.051
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.001	4363562.438	1195.459	0.079	0.002	0.081
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.905	4363536.440	947.357	0.014	-0.034	-0.066
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.393	4362900.163	960.205	-0.153	0.007	-0.075
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.095	4364920.856	940.405	0.005	-0.146	-0.115
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.935	4365691.369	919.716	-0.066	-0.017	-0.030
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.774	4366908.511	934.541	0.198	-0.030	0.076
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.745	4366675.405	1049.235	0.094	-0.001	0.055
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.164	4367211.600	940.331	0.122	-0.009	-0.010
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.746	4367806.687	977.898	0.077	-0.038	0.157
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.440	4367892.949	936.901	-0.010	-0.019	-0.041
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.838	4368471.813	922.010	-0.098	0.007	-0.060
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.152	4366313.448	923.287	-0.062	-0.038	-0.117
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.826	4361487.038	976.642	-0.086	-0.048	-0.072

N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496126.048	4365567.529	994.814	-0.151	-0.049	-0.013
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.464	4367106.422	926.022	0.156	-0.072	0.108
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.570	4365664.571	942.225	-0.148	-0.043	-0.119
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.352	4362396.111	985.347	-0.255	-0.043	0.023
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.161	4363620.694	933.142	0.014	-0.035	-0.107
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.547	4364679.618	926.841	-0.247	-0.008	0.049
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.270	4362963.774	1142.546	0.052	-0.050	0.109
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.555	4367773.952	936.326	-0.211	-0.038	-0.004
KARESEL ORTALAMA HATA							0.129	0.046	0.081

4.3.2.3.ContextCapture ile Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

Geri ve ileri kameraları için odak uzaklığı 123 mm olup piksel boyutu 5.2 mikrondur. Diğer değerler mm'nin altında olduğu için 0 kabul edilmiştir. Resim merkez noktasında bir kayma olmadığı için cx ve cy 0 kabul edilmiştir.



Şekil 4.18. ContextCapture geri ve ileri kamera kalibrasyon ayarları

Sol kamerası için odak uzaklığı 123 mm ve piksel boyutu 5.2 mikrondur. Resim merkez noktası piksellerinde x yönünde +6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. ContextCapture resim merkezinin asal noktadan ne kadar kayık olduğuyla değil asal noktanın piksel koordinatıyla ilgilenir. X yönündeki resim merkez noktası koordinatları 5150 pikseldir. Bu değere 6.75 mm değerinin piksel cinsinden değeri 1298.07 eklenir. cx:6448.08 cy:3850 olarak hesaplanmıştır.

Sağ kamerası için odak uzaklığı 123 mm ve piksel boyutu 5.2 mikrondur. Resim merkez noktası piksellerinde x yönünde -6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan cx sütununa mm cinsinden tanımlanmıştır. ContextCapture resim merkezinin asal noktadan ne kadar kayık olduğuyla değil asal nokta piksel koordinatıyla ilgilenir. X yönündeki resim merkez noktası koordinatları 5150 pikseldir. Bu değere 6.75 mm değerinin piksel cinsinden değeri 1298.07 çıkarılır. cx:3851.92 cy:3850 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.8. ContextCapture yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

YKN KOORDİNATLARI				SAĞ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.086	4363562.373	1195.531	-0.006	0.067	0.009
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.965	4363536.367	947.310	-0.046	0.039	-0.019
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.250	4362900.048	960.104	-0.010	0.122	0.026
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.669	4364648.008	1164.052	-0.045	-0.020	-0.035
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.114	4367224.999	932.466	-0.033	-0.022	-0.070
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.298	4367211.589	940.371	-0.012	0.002	-0.050
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.876	4367806.803	977.831	-0.053	-0.154	0.224
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.462	4367892.906	936.813	-0.032	0.024	0.047
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.710	4368471.762	921.979	0.030	0.058	-0.029
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.612	4367106.375	926.070	0.008	-0.025	0.060
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.164	4363620.638	933.065	0.011	0.021	-0.030
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.283	4364679.632	926.899	0.017	-0.022	-0.009
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.314	4362963.550	1142.479	0.008	0.174	0.176
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.384	4367773.900	936.391	-0.040	0.014	-0.069
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.788	4360317.733	978.246	0.018	-0.052	0.017
KARESEL ORTALAMA HATA							0.029	0.075	0.083

YKN KOORDİNATLARI				SOL KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.804	4361161.416	955.202	-0.058	0.000	-0.010
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.069	4361454.579	1031.218	-0.009	0.011	-0.038
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.230	4362550.300	992.811	-0.052	0.013	-0.051
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.806	4362239.933	947.111	-0.026	0.007	0.069
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.373	4362900.101	960.130	-0.133	0.069	0.000
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.097	4364920.753	940.272	0.003	-0.043	0.018
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.265	4365520.156	1334.686	-0.065	0.134	-0.006
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.887	4365691.465	919.603	-0.018	-0.113	0.083
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496432.020	4366908.460	934.611	-0.048	0.021	0.006
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.820	4366675.381	1049.231	0.019	0.023	0.059

N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.133	4367225.040	932.404	-0.052	-0.063	-0.008
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.119	4366313.491	923.116	-0.029	-0.081	0.054
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.764	4361486.941	976.604	-0.024	0.049	-0.034
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.903	4365567.446	994.851	-0.006	0.034	-0.050
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.408	4365664.621	942.118	0.014	-0.093	-0.012
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.129	4362396.014	985.372	-0.032	0.054	-0.002
KARESEL ORTALAMA HATA							0.048	0.063	0.041

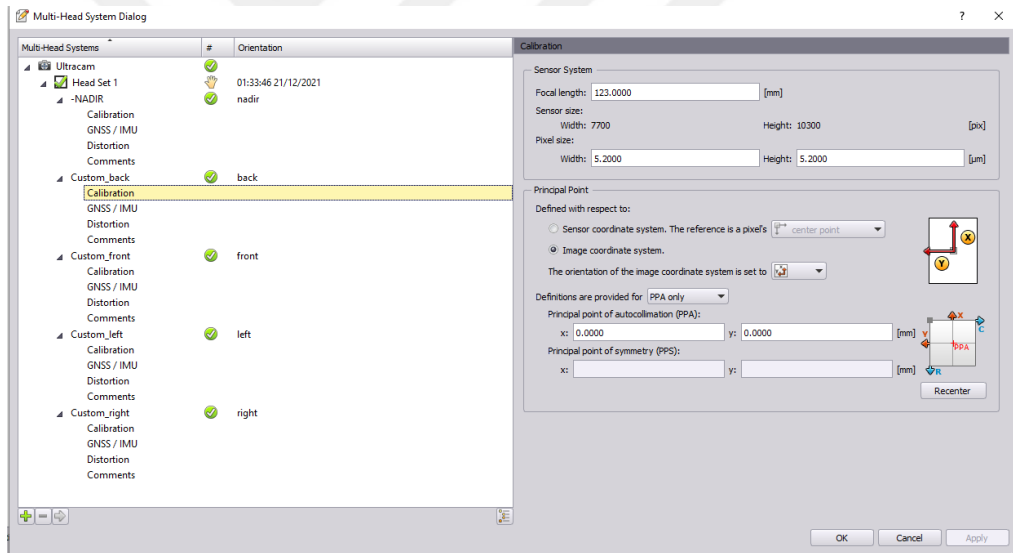
YKN KOORDİNLARI				GERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.175	4362550.243	992.779	0.003	0.070	-0.019
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.984	4363536.420	947.292	-0.065	-0.014	-0.001
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.176	4362900.166	960.106	0.064	0.004	0.024
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499470.694	4364920.777	940.042	0.406	-0.067	0.248
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.612	4364647.954	1163.881	0.012	0.034	0.136
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.153	4365520.255	1334.664	0.047	0.035	0.016
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.183	4367224.968	932.287	-0.102	0.009	0.109
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.448	4367211.613	940.180	-0.162	-0.022	0.141
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.562	4367892.917	936.697	-0.132	0.013	0.163
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.706	4368471.821	922.005	0.034	-0.001	-0.055
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.126	4366313.436	923.153	-0.036	-0.026	0.017
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.798	4365567.476	994.815	0.099	0.004	-0.014
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.789	4367106.335	925.956	-0.169	0.015	0.174
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.262	4362396.097	985.270	-0.165	-0.029	0.100
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.270	4363620.682	933.012	-0.095	-0.023	0.023
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.060	4364679.561	926.743	0.240	0.049	0.147
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.532	4367773.919	936.190	-0.188	-0.005	0.132
KARESEL ORTALAMA HATA							0.153	0.032	0.114

YKN KOORDİNLARI				İLERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.179	4362550.329	992.800	-0.001	-0.016	-0.040
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.921	4362239.943	947.083	-0.141	-0.003	0.097
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.017	4363562.406	1195.413	0.063	0.034	0.127
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.921	4363536.408	947.311	-0.002	-0.002	-0.020
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.409	4362900.131	960.159	-0.169	0.039	-0.029
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.111	4364920.824	940.359	-0.011	-0.114	-0.069
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.951	4365691.337	919.670	-0.082	0.015	0.016
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.790	4366908.479	934.495	0.182	0.002	0.122
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.761	4366675.373	1049.189	0.078	0.031	0.101
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.180	4367211.568	940.285	0.106	0.023	0.036
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.762	4367806.655	977.852	0.061	-0.006	0.203
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.456	4367892.917	936.855	-0.026	0.013	0.005
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.854	4368471.781	921.964	-0.114	0.039	-0.014
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.168	4366313.416	923.241	-0.078	-0.006	-0.071
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.842	4361487.006	976.596	-0.102	-0.016	-0.026
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496126.064	4365567.497	994.768	-0.167	-0.017	0.033

N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.480	4367106.390	925.976	0.140	-0.040	0.154
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.586	4365664.539	942.179	-0.164	-0.011	-0.073
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.368	4362396.079	985.301	-0.271	-0.011	0.069
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.177	4363620.662	933.096	-0.002	-0.003	-0.061
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.563	4364679.586	926.795	-0.263	0.024	0.095
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.286	4362963.742	1142.500	0.036	-0.018	0.155
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.571	4367773.920	936.280	-0.227	-0.006	0.042
KARESEL ORTALAMA HATA							0.134	0.031	0.089

4.3.2.4. İnpho ile Eğik Hava Fotoğraflarının Dengelenmesi

İleri ve Geri kameraları için odak uzaklığı 123 mm olup piksel boyutu 5.2 mikrondur. Diğer değerler mm'nin altında olduğu için 0 kabul edilmiştir. Resim merkez noktasında bir kayma olmadığı için cx ve cy 0 kabul edilmiştir.



Şekil 4.19. İnpho geri ve ileri kamera kalibrasyon ayarları

Sol kamerası için odak uzaklığı 123 mm ve piksel boyutu 5.2 mikrondur. Resim merkez noktası piksellerinde x yönünde +6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan ppx sütununa tanımlanmıştır.

Sağ kamerası için odak uzaklığı 123 mm ve piksel boyutu 5.2 mikrondur. Resim merkez noktası piksellerinde x yönünde -6.75 mm bir kayıklık mevcuttur. Bu değer yazılımda bulunan ppx sütununa tanımlanmıştır.

Çizelge 4.9. İnpho yazılımı ile eğik hava fotoğraflarının dengeleme sonucu stereo model üzerinden okunan koordinat farklarının karesel ortalama hataları

YKN KOORDİNATLARI				SAĞ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.098	4363562.360	1195.552	-0.018	0.080	-0.012
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.977	4363536.354	947.331	-0.058	0.052	-0.040
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.262	4362900.035	960.125	-0.022	0.135	0.005
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.681	4364647.995	1164.073	-0.057	-0.007	-0.056
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.126	4367224.986	932.487	-0.045	-0.009	-0.091
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.310	4367211.576	940.392	-0.024	0.015	-0.071
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.888	4367806.790	977.852	-0.065	-0.141	0.203
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.474	4367892.893	936.834	-0.044	0.037	0.026
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.722	4368471.749	922.000	0.018	0.071	-0.050
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.624	4367106.362	926.091	-0.004	-0.012	0.039
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.176	4363620.625	933.086	-0.001	0.034	-0.051
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.295	4364679.619	926.920	0.005	-0.009	-0.030
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.326	4362963.537	1142.500	-0.004	0.187	0.155
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.396	4367773.887	936.412	-0.052	0.027	-0.090
N_43_5002	504703.806	4360317.681	978.263	504703.800	4360317.720	978.267	0.006	-0.039	-0.004
KARESEL ORTALAMA HATA							0.036	0.079	0.082

YKN KOORDİNATLARI				SOL KAMERADAN OKUNAN KOORDİNATLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0001	504867.746	4361161.416	955.192	504867.792	4361161.395	955.217	-0.046	0.021	-0.025
N_43_0003	502120.060	4361454.590	1031.180	502120.057	4361454.558	1031.233	0.003	0.032	-0.053
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.218	4362550.279	992.826	-0.040	0.034	-0.066
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.794	4362239.912	947.126	-0.014	0.028	0.054
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.361	4362900.080	960.145	-0.121	0.090	-0.015
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.085	4364920.732	940.287	0.015	-0.022	0.003
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.253	4365520.135	1334.701	-0.053	0.155	-0.021
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.875	4365691.444	919.618	-0.006	-0.092	0.068
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496432.008	4366908.439	934.626	-0.036	0.042	-0.009
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.808	4366675.360	1049.246	0.031	0.044	0.044
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.121	4367225.019	932.419	-0.040	-0.042	-0.023
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.107	4366313.470	923.131	-0.017	-0.060	0.039
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.752	4361486.920	976.619	-0.012	0.070	-0.049
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.891	4365567.425	994.866	0.006	0.055	-0.065
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.396	4365664.600	942.133	0.026	-0.072	-0.027
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.117	4362395.993	985.387	-0.020	0.075	-0.017
KARESEL ORTALAMA HATA							0.041	0.067	0.042

YKN KOORDİNLARI				GERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.083	4362550.255	992.833	0.095	0.058	-0.073
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.892	4363536.432	947.346	0.027	-0.026	-0.055
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.208	4362900.178	960.160	0.032	-0.008	-0.030
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.058	4364920.789	940.096	0.042	-0.079	0.194
N_43_0010	495196.624	4364647.988	1164.017	495196.582	4364647.966	1163.935	0.042	0.022	0.082
N_43_0011	494038.200	4365520.290	1334.680	494038.146	4365520.267	1334.718	0.054	0.023	-0.038
N_43_0015	501252.081	4367224.977	932.396	501252.091	4367224.980	932.341	-0.010	-0.003	0.055
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.356	4367211.625	940.234	-0.070	-0.034	0.087
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.470	4367892.929	936.751	-0.040	0.001	0.109
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.664	4368471.833	922.059	0.076	-0.013	-0.109
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.034	4366313.448	923.207	0.056	-0.038	-0.037
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.833	4365567.488	994.869	0.064	-0.008	-0.068
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.697	4367106.347	926.010	-0.077	0.003	0.120
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.170	4362396.109	985.324	-0.073	-0.041	0.046
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.178	4363620.694	933.066	-0.003	-0.035	-0.031
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.279	4364679.573	926.797	0.021	0.037	0.093
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.440	4367773.931	936.244	-0.096	-0.017	0.078
KARESEL ORTALAMA HATA							0.058	0.033	0.087

YKN KOORDİNLARI				İLERİ KAMERADAN OKUNAN KOORDİNLAR			FARKLAR		
NOKTA NO	X(m)	Y(m)	Z(m)	X(m)	Y(m)	Z(m)	DX(m)	DY(m)	DZ(m)
N_43_0004	501246.178	4362550.313	992.760	501246.179	4362550.342	992.832	-0.001	-0.029	-0.072
N_43_0005	504945.780	4362239.940	947.180	504945.812	4362239.956	947.115	-0.032	-0.016	0.065
N_43_0006	497821.080	4363562.440	1195.540	497821.017	4363562.419	1195.445	0.063	0.021	0.095
N_43_0007	501137.919	4363536.406	947.291	501137.921	4363536.421	947.343	-0.002	-0.015	-0.052
N_43_0008	503854.240	4362900.170	960.130	503854.282	4362900.144	960.191	-0.042	0.026	-0.061
N_43_0009	499471.100	4364920.710	940.290	499471.111	4364920.837	940.391	-0.011	-0.127	-0.101
N_43_0012	503411.869	4365691.352	919.686	503411.951	4365691.350	919.702	-0.082	0.002	-0.016
N_43_0013	496431.972	4366908.481	934.617	496431.960	4366908.492	934.527	0.012	-0.011	0.090
N_43_0014	493064.839	4366675.404	1049.290	493064.761	4366675.386	1049.221	0.078	0.018	0.069
N_43_0016	495371.286	4367211.591	940.321	495371.254	4367211.581	940.317	0.032	0.010	0.004
N_43_0017	492940.823	4367806.649	978.055	492940.762	4367806.668	977.884	0.061	-0.019	0.171
N_43_0018	498035.430	4367892.930	936.860	498035.456	4367892.930	936.887	-0.026	0.000	-0.027
N_43_0019	500773.740	4368471.820	921.950	500773.772	4368471.794	921.996	-0.032	0.026	-0.046
N_43_0020	500595.090	4366313.410	923.170	500595.168	4366313.429	923.273	-0.078	-0.019	-0.103
N_43_0021	503481.740	4361486.990	976.570	503481.761	4361487.019	976.628	-0.021	-0.029	-0.058
N_43_0022	496125.897	4365567.480	994.801	496125.913	4365567.510	994.800	-0.016	-0.030	0.001
N_43_0023	499111.620	4367106.350	926.130	499111.577	4367106.403	926.008	0.043	-0.053	0.122
N_43_0024	497880.422	4365664.528	942.106	497880.455	4365664.552	942.211	-0.033	-0.024	-0.105
N_43_0025	502248.097	4362396.068	985.370	502248.153	4362396.092	985.333	-0.056	-0.024	0.037
N_43_0026	502961.175	4363620.659	933.035	502961.177	4363620.675	933.128	-0.002	-0.016	-0.093
N_43_0027	501024.300	4364679.610	926.890	501024.367	4364679.599	926.827	-0.067	0.011	0.063
N_43_5000	498403.322	4362963.724	1142.655	498403.286	4362963.755	1142.532	0.036	-0.031	0.123
N_43_5001	495637.344	4367773.914	936.322	495637.375	4367773.933	936.312	-0.031	-0.019	0.010
KARESEL ORTALAMA HATA							0.045	0.035	0.081

Eğik hava fotoğraflarının dengelenmesi sonucu oluşan stereo modellerden okunan Yer Kontrol Noktaları'nın koordinatları onaylı koordinatları ile kıyaslanmış ve 4 yazılım için aşağıdaki özet tablolar ortaya çıkmıştır.

Çizelge 4. 10. Eğik Fotoğraflardan dengelenen KOH

EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARINDAN DENGELENEN YER KONTROL NOKTALARI ÖZET RAPOR(SAĞ KAMERA)			
YAZILIM	KOH X(m)	KOH Y(m)	KOH Z(m)
Trimble İnphe	0.0359	0.0786	0.0816
Pix4dMapper	0.0264	0.0841	0.1077
ContextCapture	0.0291	0.0749	0.0831
Agisoft Metashape	0.0291	0.0734	0.0822

EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARINDAN DENGELENEN YER KONTROL NOKTALARI ÖZET RAPOR(SOL KAMERA)			
YAZILIM	KOH X(m)	KOH Y(m)	KOH Z(m)
Trimble İnphe	0.0411	0.0672	0.0416
Pix4dMapper	0.0357	0.0672	0.0714
ContextCapture	0.0481	0.0633	0.0406
Agisoft Metashape	0.0385	0.0633	0.0411

EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARINDAN DENGELENEN YER KONTROL NOKTALARI ÖZET RAPOR(GERİ KAMERA)			
YAZILIM	KOH X(m)	KOH Y(m)	KOH Z(m)
Trimble İnphe	0.0583	0.0332	0.0866
Pix4dMapper	0.1534	0.0356	0.1474
ContextCapture	0.1533	0.0320	0.1144
Agisoft Metashape	0.1539	0.0321	0.0984

EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARINDAN DENGELENEN YER KONTROL NOKTALARI ÖZET RAPOR(İLERİ KAMERA)			
YAZILIM	KOH X(m)	KOH Y(m)	KOH Z(m)
Trimble İnphe	0.0447	0.0348	0.0806
Pix4dMapper	0.1289	0.0464	0.0809
ContextCapture	0.1341	0.0315	0.0885
Agisoft Metashape	0.1246	0.0314	0.1047

4.4.Nokta Bulutu Üretimi

Kamera parametreleri GPS/IMU verileri ve fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametrik dengelemeden sonra nokta bulutu üretimine geçilir. Nokta bulutu üretimi, önce sadece nadir fotoğraflardan ikinci olarak da oblik fotoğraflardan yapılmıştır. Agisoft Metashape,Pix4D ve Context Capture programları ile her programda medium ayarlarda üretimler yapılmış olup sonuçlar paylaşılmıştır.

Yoğun nokta bulutlarının performanslarını değerlendirmek için; nokta sayıları, nokta sıklık aralığı, Fiziki yüzey ve cephe kontrolü, profil çıkarma, hata oranları, süre gibi parametreler dikkate alınmıştır.

4.4.1. Nadir Hava Fotoğraflarından Nokta Bulutu Üretimi

4.4.1.1. Agisoft Metashape ile nadir hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

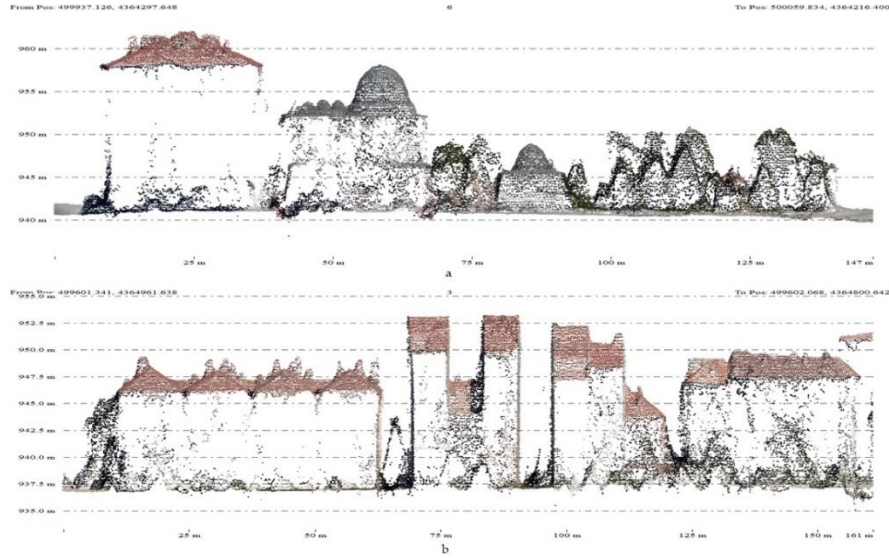
Yazılımda öncelikle dengelenmiş nadir hava fotoğraflarıyla nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Nokta bulutu üretimi yaparken medium ayarlarda üretim metodu seçilmiş olup ,filtreleme yöntemi olarak keskin hatları belirginleştirmek adına aggressive seçilmiştir. Ayrıca noktaların RGB değerlerinin de hesaplanması istenmiştir. Bu seçenek sayesinde renkli nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Nokta bulutu .las olarak çıktı alınmıştır.

Üretilen nokta bulutuna bakıldığı zaman cephelerde büyük kayıpların olduğu göze çarpmıştır. Ayrıca çatı yüzeylerinde de gözle görülecek derece de bozulmalar mevcuttur. Sonuçta üretim süreci 1 saat 10 dakika sürmüş olup 196 milyon nokta üretilmiştir.



Şekil 4.20. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm

2 farklı bölgede alınan kesitler neticesinde nadirden üretilen nokta bulutlarının cephelerde çok boşluklu olduğu ve keskin detayların üretilemediği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.21. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

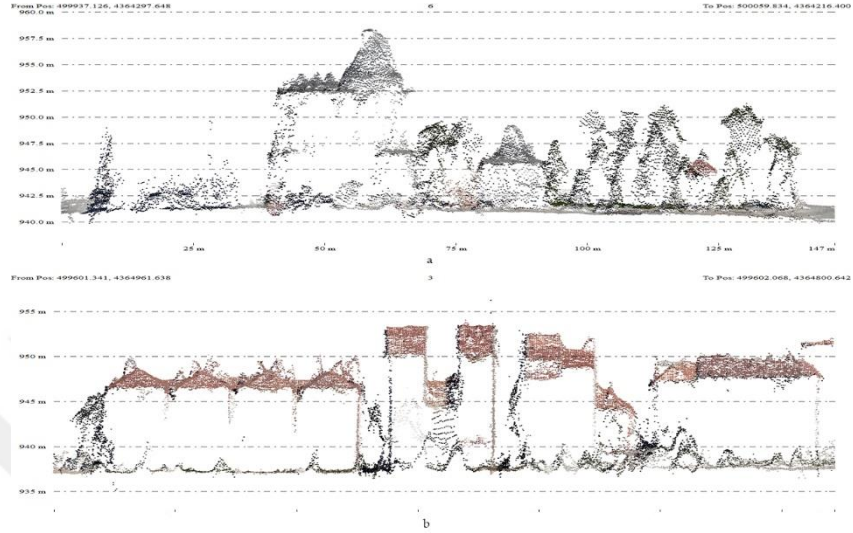
4.4.1.2.Pix4D ile nadir hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

Yazılımda dengelenmiş nadir hava fotoğrafları ile üretim yapılmıştır. Nokta bulutu üretim ayarları orta ayarlarda seçilmiş olup nokta yoğunluğu medium seçilmiştir. Üretilen nokta bulutu .las formatında çıktı alınmıştır. Üretilen nokta bulutu cephelerde ve çatılar da eksik ve boşluklu olup gerçeği yansıtmaktan uzaktır. Sonuçta üretim 40 dakika sürmüş olup 111 milyon nokta üretilmiştir.



Şekil 4.22. Pix4D nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm

2 farklı bölgeden alınan kesitler neticesinde nadirden üretilen nokta bulutlarının cephelerde çok boşluklu olduğu ve çatı yüzeylerdeki keskin hatların üretilemediği gözlemlenmiştir.

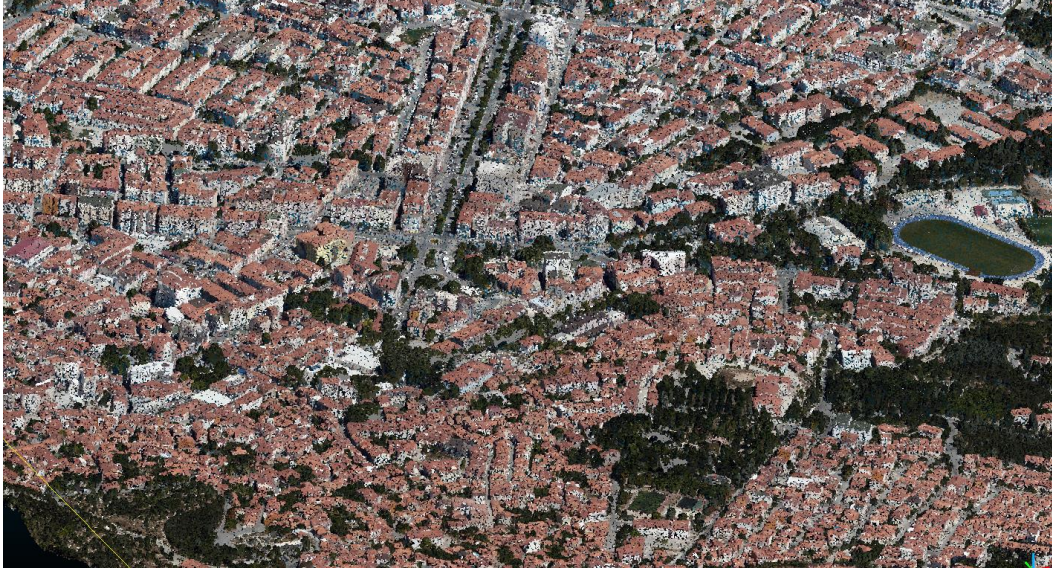


Şekil 4.23. Pix4D nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

4.4.1.3.ContextCapture ile nadir hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

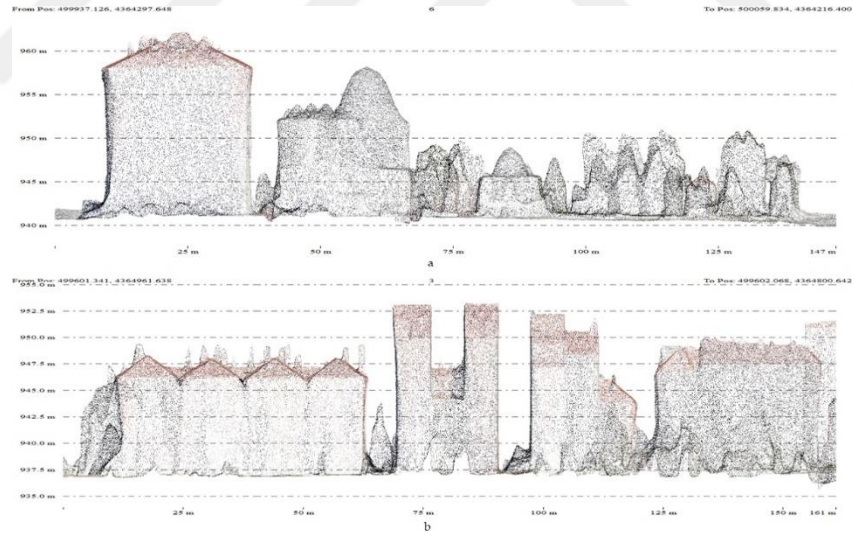
Yazılımda dengelenmiş nadir hava fotoğrafları ile üretim yapılmıştır. Orta ayarlarda üretim yapılmış olup nokta aralığı olarak 1 piksel seçilmiştir. Sıkıştırma yöntemi olarak .laz seçilmiştir. Laz formatı las formatının sıkıştırılmış halidir.Nokta bulutu verisine renk bilgisi atamak için fotoğraflar kullanılmıştır.

Üretilen nokta bulutunda çatılardaki detaylar keskin detaylar hariç iyi seviyede gözükmemekte olup, cephelerde nokta toplanmasına rağmen çok fazla bozulmalar olduğu görülmüştür. Sonuçta üretim 3 saat sürmüş olup 380 milyon nokta üretilmiştir.



Şekil 4.24. ContextCapture nadir fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm

2 farklı bölgede alınan kesitler neticesinde nadirden üretilen nokta bulutlarının cephelerde çok boşluklu olduğu ve keskin detayların üretilemediği gözlemlenmiştir.



Şekil 4.25. ContextCapture nadir fotoğraflarından üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

4.4.2.Eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

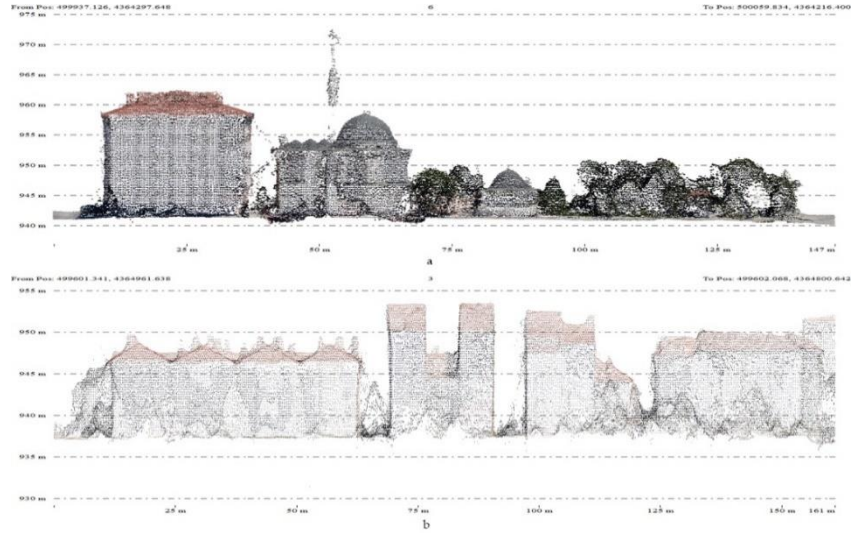
4.4.2.1.Agisoft Metashape ile eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

Yazılımda öncelikle dengelenmiş eğik hava fotoğraflarıyla nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Nokta bulutu üretimi yaparken medium ayarlarda üretim metodu seçilmiş olup ,filtreleme yöntemi olarak keskin hatları belirginleştirmek adına aggressive seçilmiştir. Ayrıca noktaların RGB değerlerinin de hesaplanması istenmiştir. Bu seçenek sayesinde renkli nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Nokta bulutu .las olarak çıktı alınmıştır.



Şekil 4.26. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm

Üretilen nokta bulutu incelendiğinde cephelerde ve keskin yüzeylerde başarılı sonuçlar elde edilmiş olup cephelerin önünü bitki örtüsünün kapattığı durumlarda yer yer boşluklar oluşmaktadır. Çatı yüzeylerinin gerçeğe çok yakın olduğu gözlenmiştir. Sonuçta üretim süreci 7 saat 30 dakika sürmüş olup 383 milyon nokta üretilmiştir. 2 farklı bölgede kesit görünüşü alınmış olup cephelerde nokta bulutunun üretim oranının fazla olduğu gözlemlenirken minare gibi keskin detaylar tam anlamıyla ortaya çıkmamıştır.



Şekil 4.27. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

4.4.2.2. Pix4D ile eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

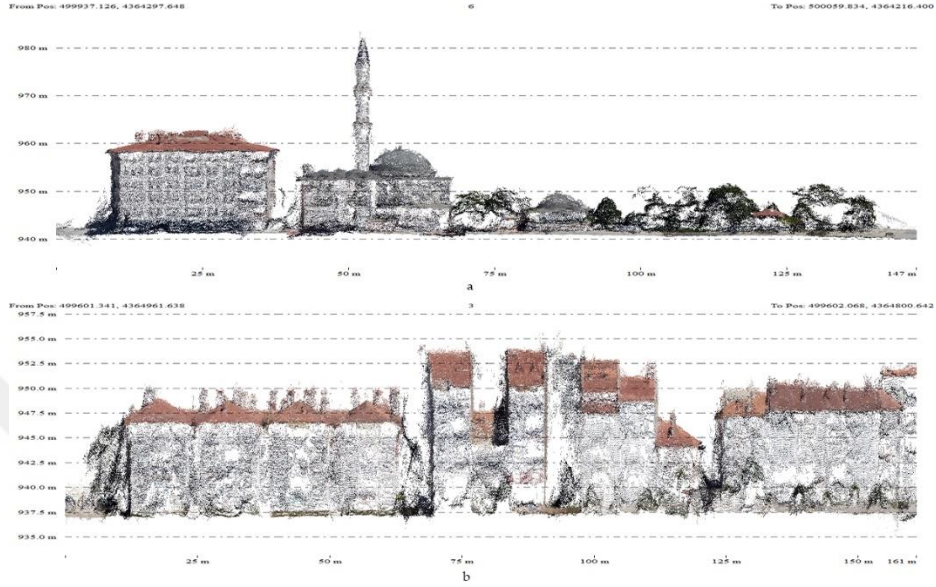
Yazılımda dengelenmiş eğik hava fotoğrafları ile üretim yapılmıştır. Nokta bulutu üretim ayarları orta ayarlarda seçilmiş olup nokta yoğunluğu optimal seçilmiştir. Minimum eşleşme sayısı 3 seçilmiştir. Üretilen nokta bulutu .las formatında çıktı alınmıştır.



Şekil 4.28. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu genel görünüm

Üretilen nokta bulutu incelendiğinde cephelerde, keskin yüzeylerde başarılı sonuçlar elde edilmiş olup cephelerin önünü bitki örtüsünün kapattığı durumlarda yer yer

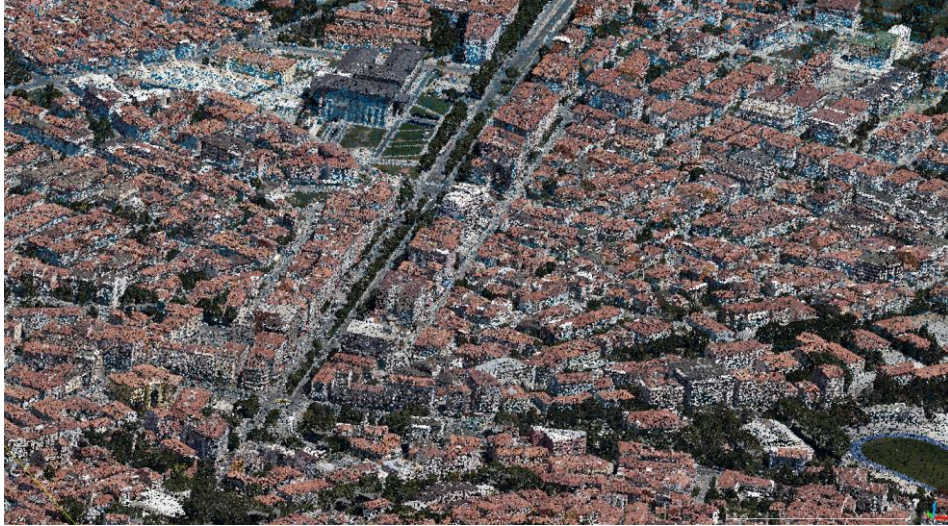
boşluklar oluşmaktadır. Çatı yüzeylerinin gerçeğe çok yakın olduğu gözlenmiştir. Sonuçta üretim süreci 5 saat 30 dakika sürmüş olup 343 milyon nokta üretilmiştir. 2 farklı kesit görünüşünden alınan verilere göre hem cephe yüzeylerde hem de keskin detaylarda oldukça başarılı nokta toplandığını söylemek mümkündür.



Şekil 4.29. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

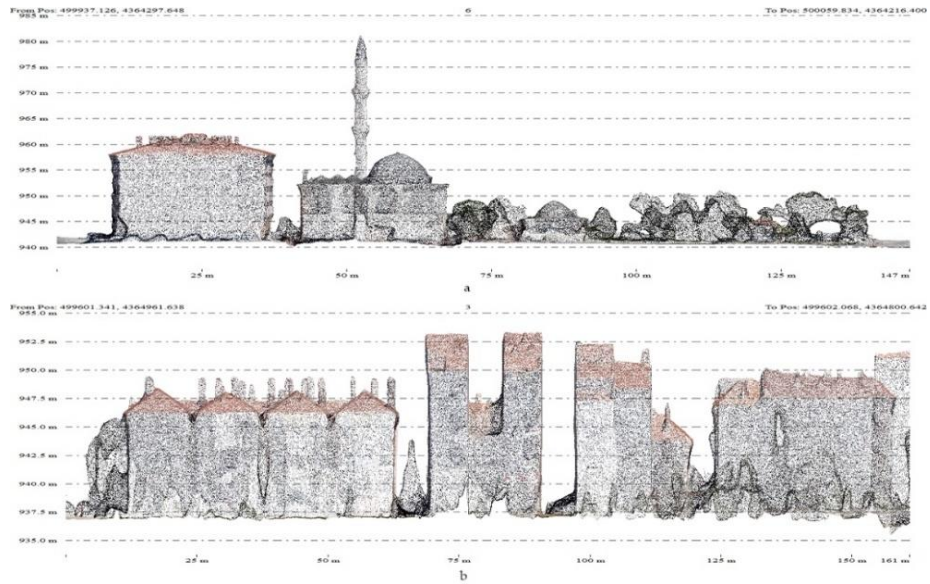
4.4.2.3.ContextCapture ile eğik hava fotoğraflarından nokta bulutu üretimi

Yazılımda dengelenmiş eğik hava fotoğrafları ile üretim yapılmıştır. Orta ayarlarda üretim yapılmış olup nokta aralığı olarak 3 piksel seçilmiştir. Sıkıştırma yöntemi olarak .laz seçilmiştir.



Şekil 4.30. ContextCapture eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu genel görünüm

Üretilen nokta bulutu incelendiğinde cephelerde,keskin yüzeylerde ve minare ve kubbe gibi detaylı ve dik yapılarda başarılı sonuçlar elde edilmiş olup cephelerin önünü bitki örtüsünün kapattığı durumlarda yer yer boşluklar oluşmaktadır. Çatı yüzeylerinin gerçeğe çok yakın olduğu gözlenmiştir. Sonuçta üretim süreci 7 saat 30 dakika sürmüş olup 586 milyon nokta üretilmiştir. 2 farklı bölgede alınan kesit görüşlere bakıldığı zaman çok başarılı bir nokta toplama algoritması olduğu gözlemlenirken, bina cephelerinde doluluk yüksek olup ayrıca minare gibi keskin detayların da bütün ayrıntıları ile üretildiği görülmüştür.



Şekil 4.31. ContextCapture eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutu kesit örnekleri

Nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutları nokta bulutu, metre kareye düşen nokta sayısı ve üretim zamanına göre aşağıdaki tablolarda gösterilmiştir.

Çizelge 4. 11.Nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutu raporları

NADİR HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN NOKTA BULUTU			
YAZILIM	Nokta Bulutu	m ² /nokta	Üretilen Zaman
Agisoft Metashape	106 milyon	20.23	1 saat 10 dakika
Pix4dMapper	111 milyon	12.85	40 dakika
ContextCapture	380 milyon	40.99	3 saat

NADİR+EĞİK HAVA FOTOĞRAFLARINDAN ÜRETİLEN NOKTA BULUTU			
YAZILIM	Nokta Bulutu	m ² /nokta	Üretilen Zaman
Agisoft Metashape	383 milyon	26.15	7 saat 30 dakika
Pix4dMapper	343 milyon	33.56	5 saat 30 dakika
ContextCapture	586 milyon	75.32	7 saat 30 dakika

4.5.Mesh Model Üretimi

Yapılan tez çalışması araştırmasında 3 farklı programda mesh model üretimi yapılmıştır. İlk olarak nadir hava fotoğraflarından üretim yapılmış olup sonrasında nadir ve eğik fotoğrafların beraber kullanılmasıyla mesh üretim gerçekleştirilmiştir. Mesh modellerde cephe ve çatı yüzeyleri kontrol edilmiştir ve sonuçlar paylaşılmıştır.

4.5.1.Agisoft Metashape ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model medium ayarlarda üretilmiş ve tamamlanması 7 saat 10 dakika sürmüştür.



Şekil 4.32. Agisoft nadir fotoğraflardan üretilen mesh model

Sonuç ürün incelendiği zaman bina cephelerinde çok büyük bozulmalar olduğu gözlemlenmiş ayrıca dik ve keskin detayların geometrik olarak çok fazla bozulmaya uğradığı tespit edilmiştir. Nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen mesh model medium ayarlarda üretilmiş ve tamamlanması 16 saat sürmüştür.



Şekil 4.33. Agisoft eğik fotoğraflardan üretilen mesh model

Sonuç ürün incelendiği zaman bina cephelerinin oldukça net ve keskin gözüktüğü her türlü detayın rahatlıkla seçilebildiği görülmüştür. Çatı yüzeylerinde keskin köşeler başarılı bir şekilde oluşmuş geometrik olarak bir bozulma görülmemiştir. Bazı bölgelerde

bitki örtüsünden dolayı gözükmeyen cepheler de bozulma mevcut olup fotoğraf açısı ve bitişik nizam yapıların çatı ve cephelerinde de bazı yerlerde bozulmalar meydana gelmiştir.

4.5.2.Pix4D ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model orta ayarlarda 2 saat 50 dakikada üretilmiştir.



Şekil 4.34. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model

Sonuç ürüne bakıldığında zaman çok fazla boşluk ve yanlış yüzey mevcut olup bina cephelerinde detay seviyesi ve doğruluğu oldukça yetersizdir. Çatı yüzeylerinde ise basit yapılarda doğru sonuçlar elde edilmiş olup karmaşık ve kompleks çatılarda detay seviyesi ve yüzey doğruluğu istenen seviyede değildir. Nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen mesh model orta ayarlarda üretilmiş ve 1 gün 12 saat sürmüştür.



Şekil 4.35. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen mesh model

Sonuç ürün incelendiği zaman bina cephelerinin oldukça net ve keskin gözüktüğü her türlü detayın rahatlıkla seçilebildiği görülmüştür. Çatı yüzeylerinde keskin köşeler başarılı bir şekilde oluşmuş geometrik olarak bir bozulma görülmemiştir. Bazı bölgelerde bitki örtüsünden dolayı gözükmeyen cepheler de bozulma mevcut olup fotoğraf açısı ve bitişik nizam yapıların çatı ve cephelerinde de bazı yerlerde bozulmalar meydana gelmiştir.

4.5.3.ContextCapture ile nadir hava fotoğraflarından mesh model üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model medium ayarlarda 10 saat 50 dakikada üretilmiştir.



Şekil 4.36. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh model

Sonuç ürüne bakıldığı zaman çok fazla boşluk ve yanlış yüzey mevcut olup bina cephelerinde detay seviyesi ve doğruluğu oldukça yetersizdir. Çatı yüzeylerinde ise basit yapılarda doğru sonuçlar elde edilmiş olup karmaşık ve kompleks çatılarda detay seviyesi ve yüzey doğruluğu istenen seviyede değildir. Nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen mesh model orta ayarlarda üretilmiş ve 1 gün 16 saat sürmüştür.



Şekil 4.37. Eğik hava fotoğraflarından üretilen mesh model

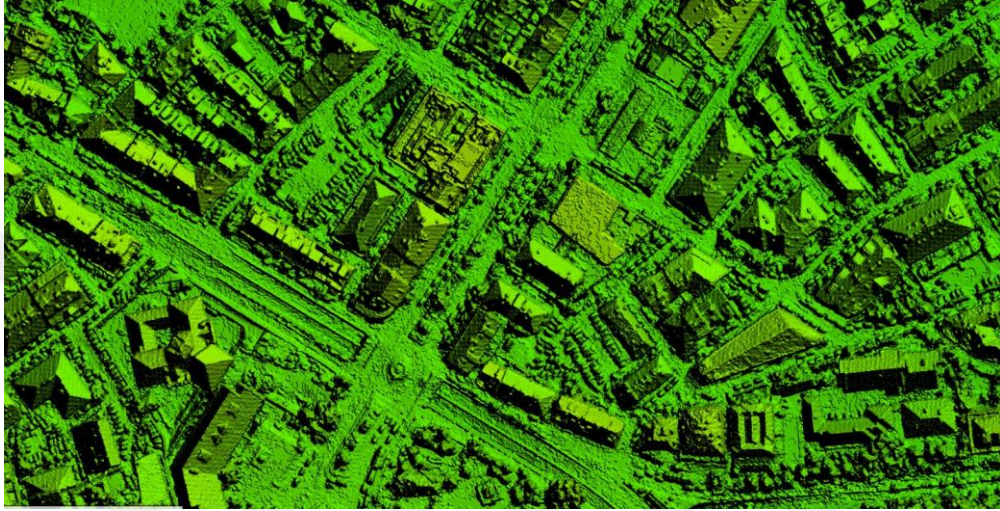
Üretilen model incelendiği zaman bina cephelerinin çok net olduğu ve her türlü detayın net olarak gözüktüğü ve rahatlıkla seçilebildiği görülmüştür. Hatta bina cephelerinde asılı olan büyük reklam afişlerinin bile net olarak okunabildiği görülmüştür. Cami gibi kompleks yapılarda minare detayının bile modellendiği ve geometrik olarak doğru olduğu gözlemlenmiştir. Bitki örtüşünün yoğun olup bina cephelerini kapattığı bölgelerde ufak tefek bozulmalar mevcuttur.

4.6. Sayısal Yükseklik Modeli

Yapılan tez çalışması kapsamında 3 farklı programda sayısal yükseklik modeli üretimi yapılmıştır. Sayısal yükseklik modeli doğruluğu yer kontrol noktalarının kotlarıyla kıyaslanmış ve orta ayarlarda yakalanan yer örnekleme aralığı, üretim süreleri gibi parametreler hesaplanmıştır.

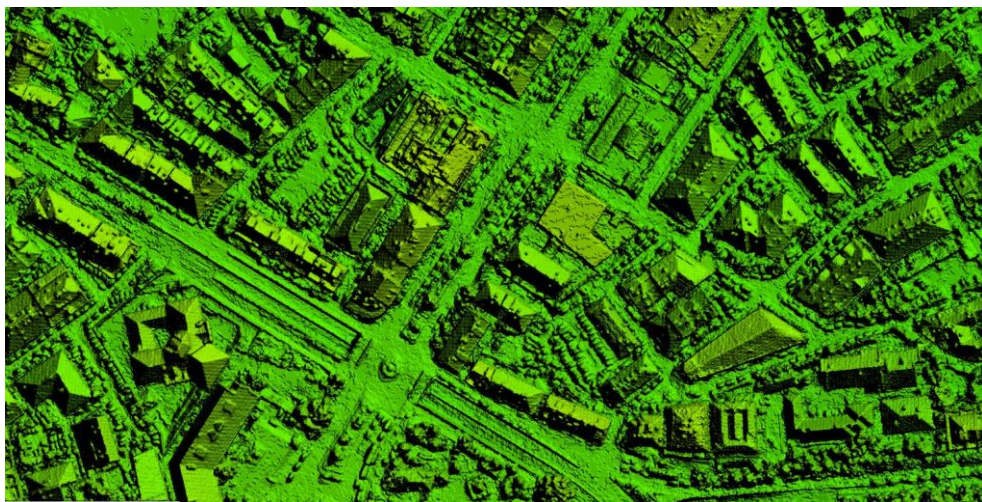
4.6.1. Agisoft Metashape ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 5 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA:30.3 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.38. Agisoft nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 10 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA:28.7 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.39. Agisoft eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Tez proje alanına düşen 3 adet yer kontrol noktasının yüksekliği hem nadir hem de eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinden hesaplanmış ve gerçek yükseklik değerleri ile karşılaştırılmıştır.

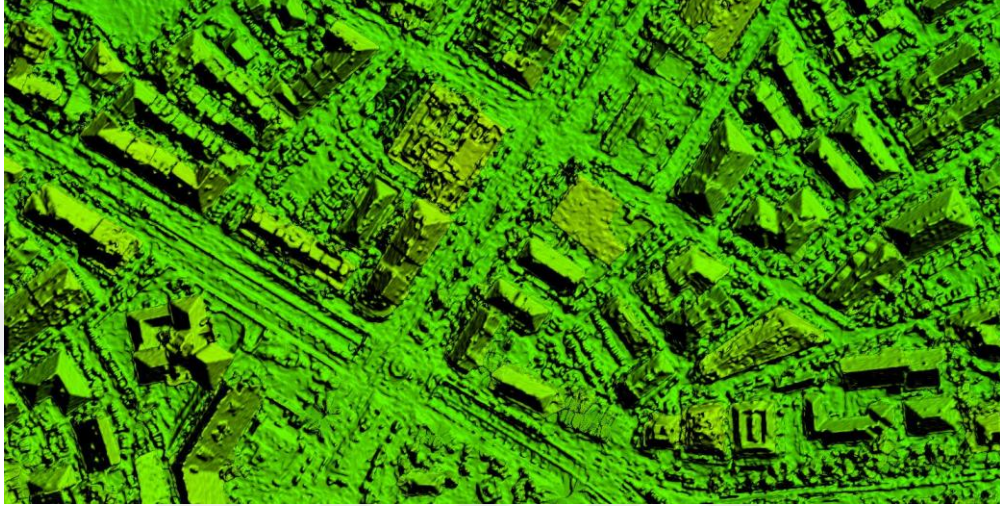
Çizelge 4.12. Nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri

Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	NADİR	AGISOFT	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m²)
N_43_0007	947.291	946.991	0.300	0.090
N_43_0009	940.290	940.046	0.244	0.060
N_43_0027	926.890	926.591	0.299	0.089
			Toplam	0.239
			Ortalama	0.080
			RMSEz	0.282
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.55	%95 Güven Aralığında	
Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	EĞİK	AGISOFT	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m²)
N_43_0007	947.291	947.382	-0.091	0.008
N_43_0009	940.290	940.454	-0.164	0.027
N_43_0027	926.890	927.038	-0.148	0.022
			Toplam	0.057
			Ortalama	0.019
			RMSEz	0.138
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.27	%95 Güven Aralığında	

Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinin nadirden üretilen modele göre daha hassas olduğu ve YÖA olarak daha hassas olduğu görülmüştür.

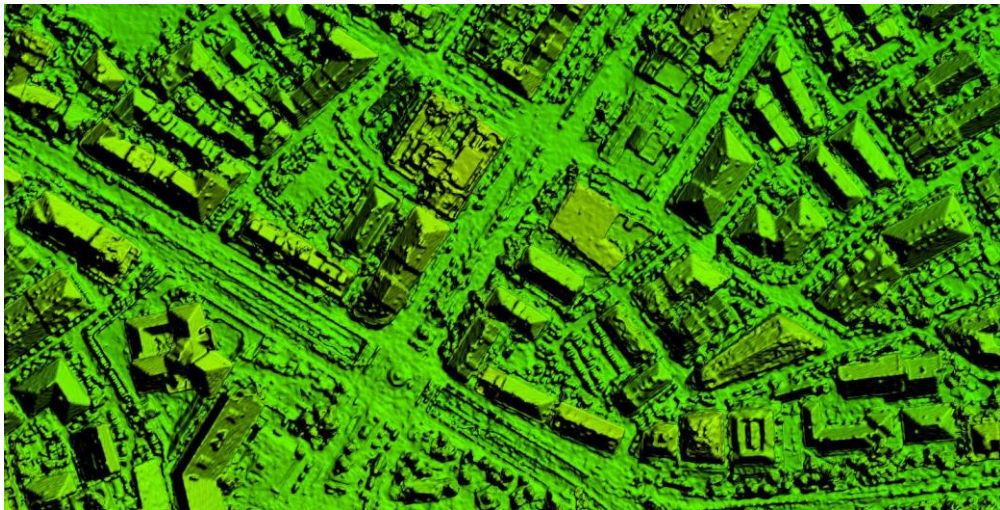
4.6.2.Pix4D ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 23 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA:8.01 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.40. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 4 saat sürmüştür. Ortalama YÖA:7.68 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.41. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Tez proje alanına düşen 3 adet yer kontrol noktasının yüksekliği hem nadir hem de eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinden hesaplanmış ve gerçek yükseklik değerleri ile karşılaştırılmıştır.

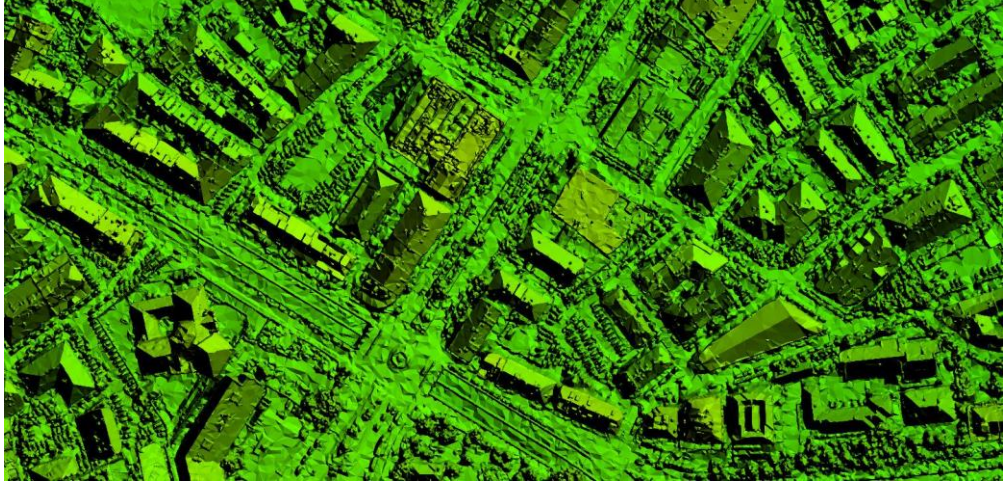
Çizelge 4. 13. Pix4D nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri

Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	NADİR	PIX4D	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m²)
N_43_0007	947.291	947.503	-0.212	0.045
N_43_0009	940.290	940.530	-0.240	0.058
N_43_0027	926.890	927.098	-0.208	0.043
			Toplam	0.146
			Ortalama	0.049
			RMSEz	0.220
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.43	%95 Güven Aralığında	
Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	EĞİK	PIX4D	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m²)
N_43_0007	947.291	947.515	-0.224	0.050
N_43_0009	940.290	940.345	-0.055	0.003
N_43_0027	926.890	926.926	-0.036	0.001
			Toplam	0.054
			Ortalama	0.018
			RMSEz	0.135
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.26	%95 Güven Aralığında	

Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinin nadirden üretilen modele göre daha hassas olduğu ve YÖA olarak da daha yüksek çözünürlükte olduğu görülmüştür.

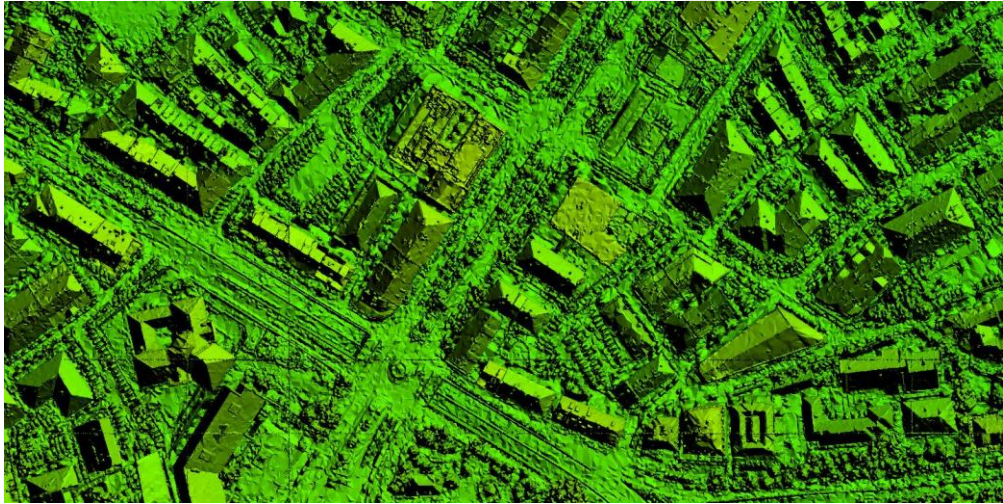
4.6.3.ContextCapture ile nadir ve eğik hava fotoğraflarından sayısal yükseklik modeli üretimi

Nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 18 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA:7.7 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.42. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli nokta bulutundan üretilmiş ve 30 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA:7.2 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.43. ContextCapture eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli

Tez proje alanına düşen 3 adet yer kontrol noktasının yüksekliği hem nadir hem de eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinden hesaplanmış ve gerçek yükseklik değerleri ile karşılaştırılmıştır. Eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modelinin nadirden üretilen modele göre daha hassas olduğu ve YÖA olarak da daha yüksek çözünürlükte olduğu görülmüştür.

Çizelge 4. 14. ContextCapture nadir ve eğik hava fotoğraflarından üretilen sayısal yükseklik modeli doğruluk testleri

Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	NADİR	CONTEXTCAPTURE	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m ²)
N_43_0007	947.291	947.054	0.237	0.056
N_43_0009	940.290	940.078	0.212	0.045
N_43_0027	926.890	926.595	0.295	0.087
			Toplam	0.188
			Ortalama	0.063
			RMSEz	0.250
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.49	%95 Güven Aralığında	
Sayısal Yükseklik Modeli Kontrol Testi				
Blok Numarası=	KÜTAHYA	EĞİK	CONTEXTCAPTURE	
Nokta Numarası	YKN H (m)	Yükseklik Modelinde H (m)	Yük. Farkı	Farkların Karesi
			(m)	(m ²)
N_43_0007	947.291	947.128	0.163	0.027
N_43_0009	940.290	940.154	0.136	0.018
N_43_0027	926.890	926.655	0.235	0.055
			Toplam	0.100
			Ortalama	0.033
			RMSEz	0.183
Yükseklik Doğruluğu = 1.96 * RMSEz		0.36	%95 Güven Aralığında	

4.7.True Ortofoto

Tez çalışması kapsamında true ortofoto üretimi Kütahya merkezdeki Adliye Sarayı örnek olarak ele alınmıştır. 3 farklı yazılımda nadir ve eğik fotoğraflardan üretilmiştir. Ortofoto üretimi için üretilen sayısal yükseklik modelleri kullanılmıştır.

4.7.1.Agisoft Metashape ile true ortofoto üretimi

Nadir fotoğraflardan üretilen true ortofoto üretimi 30 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 7.58 cm hesaplanmıştır. Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında büyük piksel kayıpları meydana gelmiştir.



Şekil 4.44. Agisoft nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

Eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto üretimi 2 saat 10 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 7.16 cm hesaplanmıştır. Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında nadir üretimi kadar bozukluk olmasa da piksel kayıplarının mevcut olduğu görülmüştür.



Şekil 4.45. Agisoft eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

4.7.2.Pix4D ile true ortofoto üretimi

Nadir fotoğraflardan üretilen true ortofoto üretimi 1 saat 20 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 8.01 cm hesaplanmıştır. Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında genellikle düzgün olup keskin hat geçişlerinde yanlış piksel eşlemeleri mevcut olduğu görülmüştür



Şekil 4.46. Pix4D nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

Eğik fotoğraflardan üretilen true ortofoto üretimi 9 saat 10 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 7.68 cm hesaplanmıştır. Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında nadir üretimi ile neredeyse aynı piksel hatalarının mevcut olduğu görülmüştür.



Şekil 4.47. Pix4D eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

4.7.3.ContextCapture ile true ortofoto üretimi

Nadir fotoğraflardan üretilen true ortofoto üretimi 25 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 7.7 cm hesaplanmıştır.



Şekil 4.48. ContextCapture nadir hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında ve bina boşluğunda çok büyük piksel hataları tespit edilmiştir. Eğik fotoğraflardan üretilen true ortofoto üretimi 30 dakika sürmüştür. Ortalama YÖA 7.2 cm hesaplanmıştır.

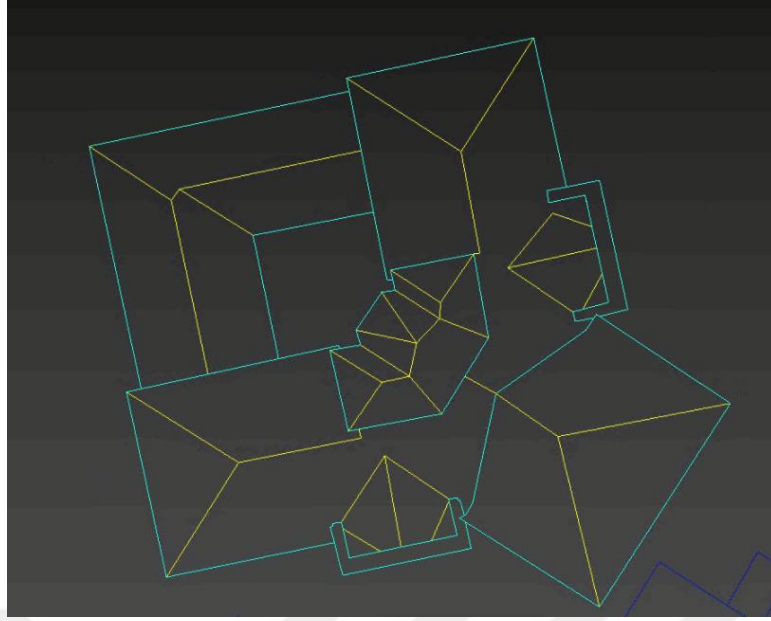


Şekil 4.49. ContextCapture eğik hava fotoğraflarından üretilen true ortofoto

Bina sırt çizgileri true ortofoto ile uyumlu gözükürken bina dış sınırında nadir üretimi ile neredeyse aynı piksel hatalarının mevcut olduğu görülmüştür. Ayrıca yol ve duvar gibi keskin detaylarda da çok fazla piksel hatalarının mevcut olduğu gözlemlenmiştir.

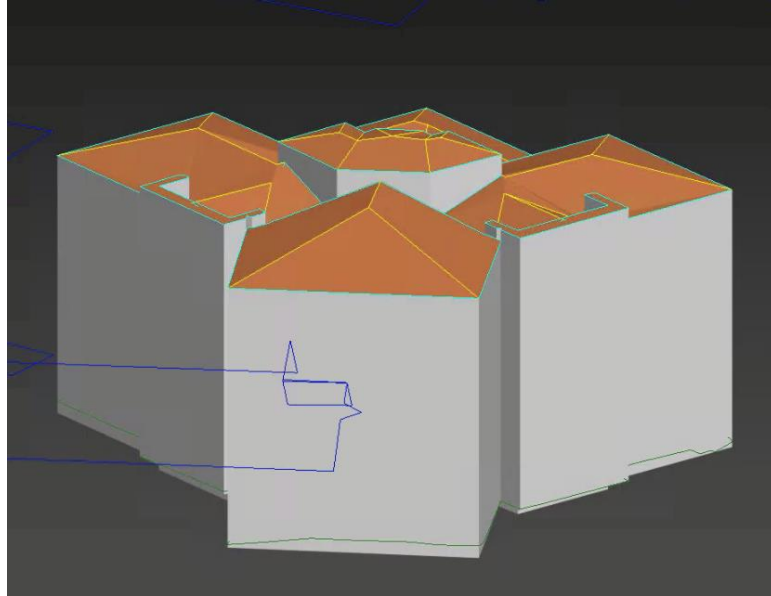
4.8. Yapılara Ait 3B Obje Modellerinin Üretimi ve Kaplama

Bina çatısının vektörelleştirilmesinde operatör çizimi ile 3B kıymetlendirme yazılımında çatı üzerinde gerekli detaylara kırık verilerek çatının karakteristik noktaları belirtilir. Çatılara ait vektör çizimler, sayısal yüzey modeli ile yazılıma aktarılarak katı modeller oluşturulur. Bu modeller eğik hava fotoğrafları yardımıyla kaplanır. Üretimi gerçekleştirilen her bir yapıya ait ada, parsel, bina numaraları modellerle ilişkilendirilerek öznitelik verileri CityGML formatında hazırlanır. Böylece fotogrametrik olarak üretilen kaplanmış bina modellerinin Tapu ve Kadastro verileri ile entegrasyonu yapılarak 3B sunum, sorgulama, analiz için veritabanı altyapısı oluşturulmuş olur.



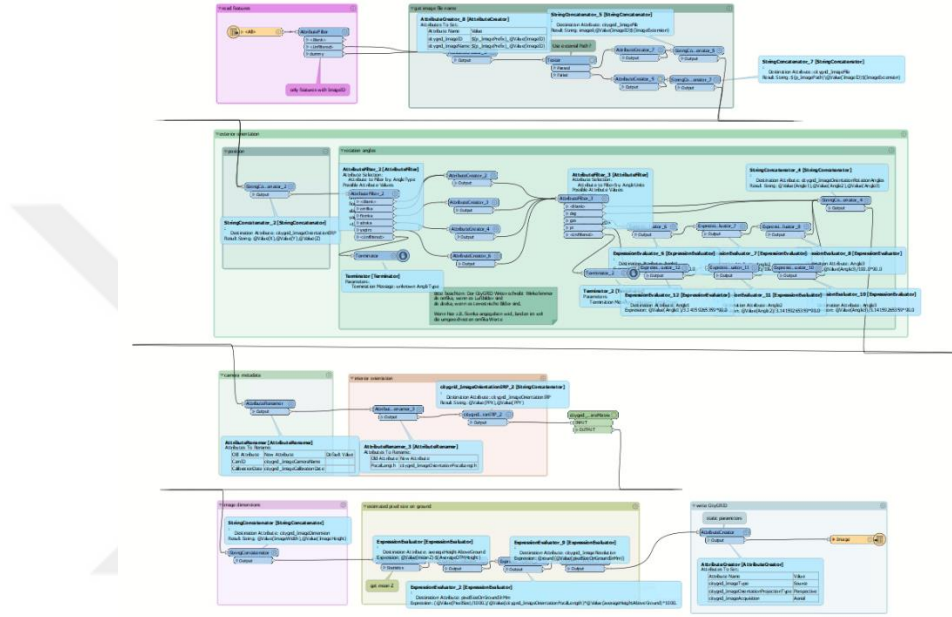
Şekil 4.50. Stereo fotoğraflardan çizilen bir bina

Operatör tarafından üretilen çizimler CAD formatından XML formatına dönüştürülür ve kütle model oluşumu sağlanır. Kütle modeli oluşan modellere detayların entegrasyonu sağlanır. Detaylar da model ile ilişkilendirilip geometrik hatalar giderildikten sonra binalar parseller ile ilişkilendirilir, akıllandırılır ve sayısal arazi modeli ile kesişiminden TIC eğrisi üretilir.

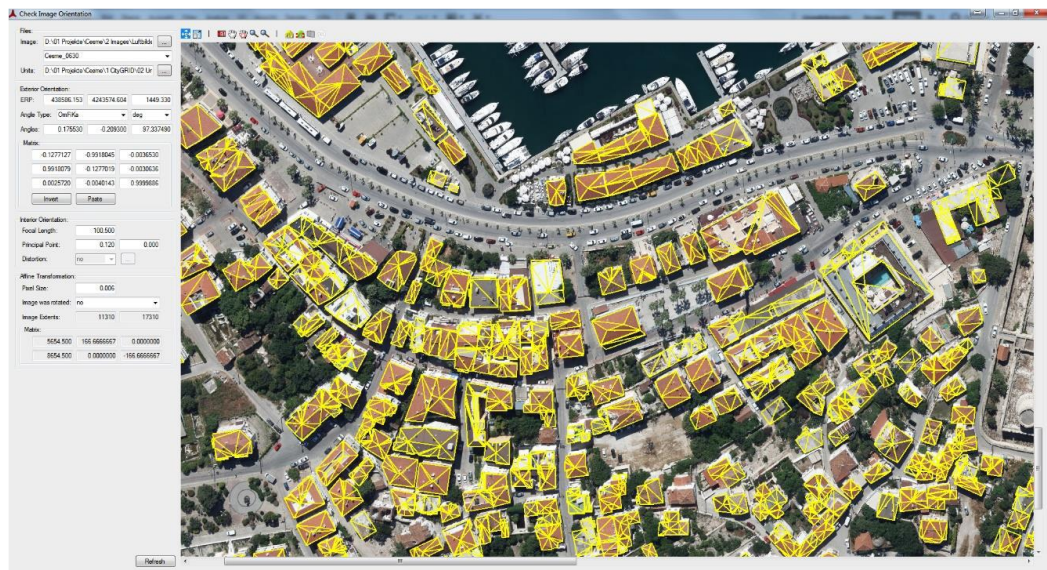


Şekil 4.51. Kütle model oluşumu

Üretilen modeller kaplama için veri tabanına aktarılır. Kaplama için gerekli olan fotoğrafların dengelenmiş koordinatları ve fotoğraf yollarıdır. Dengelenmiş koordinatlar CityGRID yazılımına uygun hale getirilmelidir. Excel formatında olan koordinatlar FME Safe Software yazılımında kurgulanan iş şeması sayesinde xml formatında CityGRID'e aktarılacak şekle getirilir. Veri tabanına modeller ve fotoğraflar içeri aktarıldıktan sonra model ve fotoğraf uyuşumunu görmek amacıyla ImageOrientation yazılımı ile kontrol edilir.



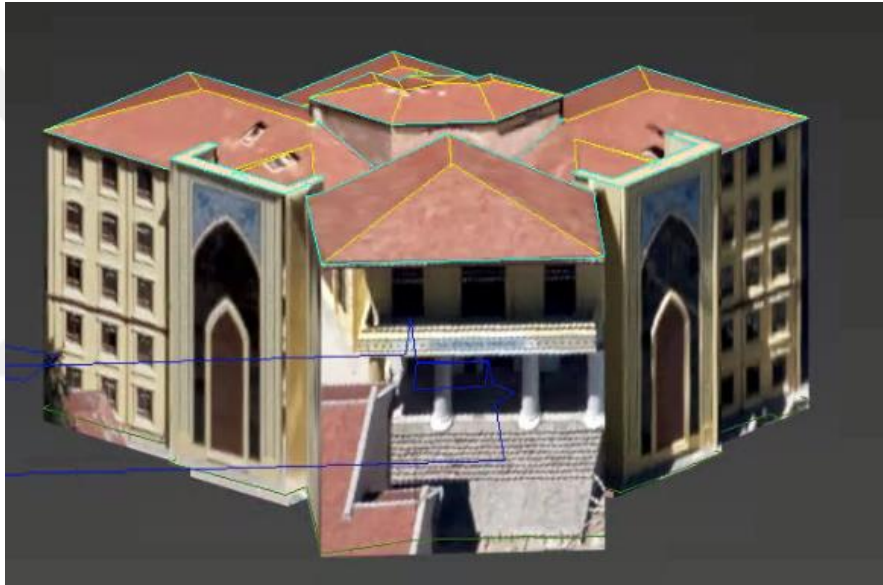
Şekil 4.52. Fotoğrafların veritabanına aktarılması için kurgulanan FME Workspace



Şekil 4.53. Otomatik kaplama için model fotoğraf uyuşum kontrol

Kontrol sonucunda sorun olmadığı anlaşıldıktan sonra otomatik kaplama sürecine geçilir. Otomatik kaplama yapılırken en önemli detay görünürlük analizi yapılmasıdır. Bu analiz sayesinde bir yüzeye düşen bütün fotoğraflara verim puanı verilir ve o yüzeyi temsil ettiği düşünülen en büyük verim puanını alan fotoğraf seçilerek kaplama yapılır. Bu analiz kaplama süresini önemli süre uzatsa da kaplama kalitesini artırmaktadır.

Kaplama ayarlarında binalar element olarak çatılar çatı detayları işaretlenmiş, yüzey normali ve fotoğraf arasındaki en büyük açı 85 derece seçilmiş ve detay seviyesi LOD 3 seçilmiştir. Üretilen kaplamalar veritabanına kayıt edilir. Kayıt edilen veri versiyon-1 olarak kaydedilir. Bunun amacı yanlış bir kaplama olduğu zaman sadece yanlış olan binaları versiyon-2 olarak tekrar kaplayarak zamandan tasarruf etmektir.



Şekil 4.54. CityGRID ile nadir ve eğik fotoğraflardan kaplanmış bir bina

5.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Kütahya ili Merkez ilçesinde 700 hektarlık alanda nadir ve eğik fotoğraflar yardımıyla şehir modellerinde kullanılan veri setleri üretilmiştir. Proje alanının tamamında fotogrametrik dengeleme işlemi yapılmış olup 4 farklı yazılım kullanılmıştır.

İlk olarak nadir hava fotoğrafları dengelenmiş sonuçlar referans alınarak eğik hava fotoğraflarının dengeleme işlemine geçilmiştir. Sonuçlara bakıldığı zaman 4 yazılımda da fotoğrafların dengelendiği karesel ortalama hataların BÖHYY'e göre tecviz sınırı içinde kaldığı gözlemlenmiş , en doğru ve hassas sonucun İnpho yazılımında elde edildiği görülmüştür.

Nokta bulutu üretimi nadir ve eğik fotoğraflar ile 3 farklı yazılım kullanarak üretilmiştir.Nadir hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutlarının 3 yazılım içinde şehir modelleri için yetersiz detay seviyesinde olduğu özellikle cephe yüzeylerde nokta üretiminin çok az olduğu görülmüştür.

Eğik hava fotoğraflarından üretilen nokta bulutları ise çatı ve cephe yüzeylerde şehir modelleri için yeterli detay seviyesinde nokta toplamış olup nokta yoğunluğu, m²'ye düşen nokta sayısı üretim hızı gibi parametreler dikkate alındığı zaman en başarılı yazılımın ContextCapture olduğu belirlenmiştir.

Mesh model üretimi 3 farklı yazılımda nadir ve eğik fotoğraflardan üretilen nokta bulutları yardımıyla üretilmiştir.Nadir hava fotoğraflarından üretilen mesh modellerin oldukça yetersiz olduğu çok fazla üçgenleme hatasının bulunduğu ve keskin detaylarda boşluklar mevcut olduğu görülmüştür.Eğik hava fotoğraflarından üretilen mesh modellerin çatı detaylarında ve cephe yüzeylerinde oldukça başarılı olduğu üçgenleme ve doku kaplamaların genellikle doğru olduğu görülmüştür.Mesh model üretim süresi ,üçgenleme hataları,doku kaplamaları dikkate alındığı zaman en başarılı yazılımın ContextCapture olduğu görülmüştür.

Sayısal yükseklik modelleri nadir ve eğik hava fotoğraflarından 3 farklı yazılım ile üretilmiştir.Nadir hava fotoğraflarından üretilen modellerin eğik hava fotoğraflarından üretilen modellere göre daha hatalı olduğu gözlemlenmiştir.Eğik hava fotoğraflarından üretilen modellerin yer kontrol noktası hataları,yer örnekleme aralığı ve üretim hızı dikkate alındığı zaman ContextCapture en başarılı yazılım olmuştur.

True ortofoto üretimi nadir ve eğik hava fotoğraflarından 3 farklı yazılımda üretilmiştir.Üretilen tüm ortofotolarda piksel kaymaları ,hataları ve yanlış eşleşmeler

olduğu görülmüş olup yetersiz kalmıştır. Kameranın üreticisi olan firmanın kendi yazılımı olan Ultramap yazılımında üretilen true ortofotonun en doğru sonucu verdiği bilgisi edinilmiştir.

Katı model üretimi nadir hava fotoğraflarından yapılmış olup kaplamalar nadir ve eğik fotoğraflar kullanılarak CityGRID yazılımında yapılmıştır. Sonuçların oldukça başarılı olduğu görülüp bina bazlı citygml üretimi sonucu oluşan binaların kaplamaları şehir modelleri için yeterli seviyededir.

Araştırma tez çalışması sonucunda eğik hava fotoğraflarının şehir modellerinde üretilen veri setleri için vazgeçilmez olduğu görülmüş bina cephelerinin modellenmesi ve kaplanması için gerekli olduğu görülmüştür.

Bu sayede şehire ait tüm üretilen veri setlerinde yüksek hassasiyetli veri üretilmiş olup sorgulama, planlama ve proje yapımına altlık olacak bu verilerin ;

- Kaçak yapılaşma
 - Yapılara ait detayların analizi tespiti
 - Bina cephelerinde bulunan detayların tespiti ve ölçümü
 - Bina üzerine kurulacak güneş enerji santrallerinin güneş alma açısı tespiti
 - Tarihi yapıların modellenmesi ve belgelenmesi
 - Turizm ve reklam amaçlı yüksek detay seviyeli model üretimi
- gibi işlemler eğik hava fotoğraflarının yardımıyla yapılabilecektir.

İstenen detay seviyesine göre dengelenmiş eğik fotoğraflardan stereo modeller oluşturulup Lod 4 seviyesinde bina cephelerinde bulunan pencere, kapı, tente gibi detaylar vektörel olarak üretilip modellenebilir bu verilerde şehir modelleri için kullanılabilir.

6.KAYNAKLAR

- Akabalı, O. A. (2010). Sayısal Hava Kameralarının Topografik Harita Üretim Sürecine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.*
- Avşar, E. Ö. (2006). Tarihi Köprülerin Digital Fotogrametri Tekniği Yardımıyla Modellenmesi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
- Ayyıldız, E. (2016). Eğik Resim Fotogrameti ile Veri Üretimi. *6.Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu.*
- Ayyıldız, E. (2017). *Fotogrametri Yöntemiyle Oluşturulan 3 Boyutlu Şehir Modellerinin Kadastral Verilerle İlişkilendirilmesi.* (Yüksek Lisans), Selçuk Üniversitesi,
- Bilgi, S. (2007). Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri. *Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 96, 48-55.
- Çiçekli, S. Y. (2015). Hava Fotogrametrisinde Otomatik ve Operatör Tarafından Toplanan Sayısal Yükseklik Verilerinin Harita Üretim Doğruluğuna Etkisi. *Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.*
- Günay, A. (2007). Lıdar Verisi Kullanarak Yarı Otomatik Gerçek Ortofoto Üretimi. *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Lisansüstü Programı, Yüksek Lisans Tezi.*
- Höhle, J. (2011). Assessment of the Quality of Digital Terrain Models. *European Spatial Data Research*, 60.
- Isawi, M. Y. N. (2016). Structure From Motion Using a Single Camera. *Çankaya Üniversitesi, Master Thesis.*
- Löwner, M.-O., Joachim, B., Gröger, G., U, G., K.-H, H., & Schlüter, S. (2012). CityGML 2.0 - ein internationaler Standard für 3D-Stadtmodelle, Teil 1: Datenmodell. *ZFV - Zeitschrift für Geodasie, Geoinformation und Landmanagement*, 2012, 340-349.
- Lucieer, A., Turner, D., King, D., & Robinson, S. (2013). Using an Unmanned Aerial Vehicle (UAV) to capture micro-topography of Antarctic moss beds. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 27. doi:10.1016/j.jag.2013.05.011
- Metin, A. (2016). Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi Kavramı İnce Minareli Medrese(KONYA) Örneği. *Yüksek Lisans Tezi, Necmettin Erbakan üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.*
- Rupnik, E., Nex, F., & Remondino, F. (2013). Automatic Orientation of Large Blocks of Oblique Images. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-1/W1, 299-304. doi:10.5194/isprsarchives-XL-1-W1-299-2013
- Rupnik, E., Nex, F., Toschi, I., & Remondino, F. (2015). Aerial multi-camera systems: Accuracy and block triangulation issues. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 101. doi:10.1016/j.isprsjprs.2014.12.020
- Sayar, İ. (2021). Eğik Fotogrametrik Yöntem ve Klasik Yöntemle Fotogrametrik Veri Üretimlerinin Karşılaştırılması. *Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü.*
- Snavely, N., Seitz, S. M., & Szeliski, R. (2007). Modeling the World from Internet Photo Collections. *International Journal of Computer Vision*, 80(2), 189-210. doi:10.1007/s11263-007-0107-3

- Tagarró, S. D., & Sorribas, J. (2017). Bedform Mapping: Multibeam Data Processing, Metadata and Spatial Data Services. In: Springer.
- Toprak, A. S. (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi*.
- Zhang, Y., Zhang, C., Chen, S., & Chen, X. (2021). Automatic Reconstruction of Building Façade Model from Photogrammetric Mesh Model. *Remote Sensing*, 13(19). doi:10.3390/rs13193801
- Yaşayan, A., Uysal M., Varlık A., Avdan U. (2011). Fotogrametri, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No:2295, Eskişehir. Tütüneken, A. “3 Boyutlu Kent Modeli Üretimi.” Ankara, 2015.

