



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



YAPILAŞMIŞ ALANLARDA İNSANSIZ HAVA
ARACI YARDIMIYLA EĞİK RESİM
FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI

Mehmet ERDÖNMEZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Eylül-2018
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet ERDÖNMEZ tarafından hazırlanan “YAPILAŞMIŞ ALANLARDA İNSANSIZ HAVA ARACI YARDIMIYLA EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Murat UYSAL

.....

Danışman

Yrd. Doç. Dr. Abdullah VARLIK

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Üye

Unvanı Adı SOYADI

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Ahmet COŞKUN
FBE 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.

İmza

Mehmet ERDÖNMEZ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YAPILAŞMIŞ ALANLARDA İNSANSIZ HAVA ARACI YARDIMIYLA EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ UYGULAMASI

Mehmet ERDÖNMEZ

**Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

2018, xv+112 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. İbrahim KALAYCI

Doç. Dr. Murat UYSAL

Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

Son yıllarda gelişen teknoloji ile birlikte yeryüzünün en iyi ve doğru şekilde temsil edilebileceği yeni teknolojiler ortaya çıkmıştır. Bu çalışmamızda son zamanlarda fotogrametri tekniğindeki gelişmeler ile birlikte hayatımıza giren eğik resim fotogrametrisi üzerine bir inceleme yapılmıştır. Çalışmamızda klasik İnsanlı hava araçları ile yapılan eğik resim fotogrametrisi yerine İHA(İnsansız Hava Araçları) ile yapılabilecek çalışmalar araştırılmıştır. Çalışma neticesinde klasik fotogrametrik teknik ve oblik fotogrametrik teknik arasında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametri, İHA, İHA Fotogrametrisi, Oblik Fotogrametri.

ABSTRACT

MS THESIS

**APPLICATION OF OBLIQUE PHOTOGRAMMETRY WITH THE HELP OF
UNMANNED AERIAL VEHICLES IN STRUCTURED AREAS**

Mehmet ERDÖNMEZ

**The graduate school of natural science of necmettin erbakan university
The degree of master of science in survey engineering**

Advisor: Asst. Prof. Abdullah VARLIK

2018, xv+112 Pages

Jury

**Prof. İbrahim KALAYCI
Assoc. Prof. Murat UYSAL
Asst. Prof. Abdullah VARLIK**

The earth with developing technology in recent years can be represented correctly and in the best new technologies have emerged. In this study, an analysis was performed on the oblique photogrammetry entered our lives with recent developments in photogrammetry techniques. In our work, we have researched the works that can be done with UAV (Unmanned Aerial Vehicles) instead of the oblique picture photogrammetry made with classical human air vehicles. As a result of the study, comparisons were made between classical photogrammetric technique and oblique photogrammetric technique.

Keywords: Photogrammetry, UAV, UAV Photogrammetry, Oblique Photogrammetry.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması boyunca bana rehberlik eden, bilgisi ve tecrübesini paylaştan tez danışmanım Sayın Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK 'a en içten şükranlarımı sunar ve bana desteklerini esirgemeyen Necmettin Erbakan Üniversitesi Harita Mühendisliği Bölümü öğretim elemanlarına teşekkür ederim.

Bunun yanında bütün eğitim hayatım boyunca beni destekleyen ve yüreklendiren aileme sonsuz minnetlerimi sunarım.

Mehmet ERDÖNMEZ
KONYA-2018



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİSİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİSİ.....	xv
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	9
3.1. Fotogrametri.....	9
3.1.1. Fotogrametrinin Özellikleri	10
3.1.2. Türkiye'de Fotogrametri	11
3.2. Hava Fotogrametrisi	12
3.2.1. Hava Kameraları	14
3.3. İHA Fotogrametrisi.....	16
3.3.1. İnsansız Hava Araçlarının Genel Kullanım Alanları	18
3.3.2. İnsansız Hava Araçlarından Gelecekte Beklenen Gelişmeler	21
4. EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ (OBLİK FOTOGRAMETRİ).....	24
4.1. Eğik Resim Fotogrametrisinin Tarihsel Gelişimi	25
4.2. Eğik Resim Fotogrametrisinin Genel Kullanım Alanları	26
4.3. Eğik Resim Fotogrametrisinde Kullanılan Kameralar.....	36
4.4. Eğik Resim Fotogrametrisinin avantaj ve dezavantajları	39
4.5. 3 Boyutlu Kent Modelleri	41
4.5.1. 3 Boyutlu Kent Modelinde Kullanılan Veri Türleri	42
4.5.2. 3 Boyutlu Kent Modelinde Detay Düzeyi Kavramı	43
5. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA	47
5.1. Çalışma Alanı ve Kullanılan Ekipmanlar	47
5.2. Tasarımı Düşünülen Sistem Tanıtımı	49
5.3. Fotogrametrik Görüntü Alımı	50
5.3.1. Düşey Görüntü Alım Yöntemi.....	50
5.3.2. Eğik Görüntü Alım Yöntemi	52
5.4. Jeodezik Çalışmalar	53
5.5. Fotogrametrik Değerlendirme.....	54
5.6. Vektörel Çizim İşlemleri	72

5.7. Nokta Bulutlarının Sınıflandırılması	73
5.8. Röleve Çizim İşlemleri ve Bina silüetlerinin Çıkartılması	76
5.9. Bina ve Ağaç yükseklik Karşılaştırma verileri	81
5.10. Görüş Hattı (Görünürlük) verileri üretimi	82
5.11. Ağaç Kutur Ölçümleri	84
5.12. Karşılaştırma ve Analiz	86
5.12.1. Yer Kontrol Noktaları ve Denetim Noktaları Karşılaştırılması.....	86
5.12.2. DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) Karşılaştırılması.....	88
5.12.3. Ortofoto Görüntülerin Karşılaştırılması.....	93
5.12.4. Bina Silüet ve cephe röleve çizimlerinin karşılaştırılması.....	98
5.12.5. Vektörel Karşılaştırılması	100
5.12.6. Nokta Bulutu Verilerinin Karşılaştırılması.....	105
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	107
KAYNAKLAR	115
ÖZGEÇMİŞ	119

KISALTMALAR

LiDAR	: Light Detection and Ranging
sYM	: Sayısal Yükseklik Modeli
SYM	: Sayısal Yüzey Modeli
SAM	: Sayısal Arazi Modeli
2B	: 2 Boyut
3B	: 3 Boyut
GPS	: Global Positioning System
ISP	: International Society for Photogrammetry
ISPRS	: International Society for Photogrammetry and Remote Sensing
STK	: Standart Topografik Kadastral
HGK	: Harita Genel Komutanlığı
HGM	: Harita Genel Müdürlüğü
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
OGM	: Orman Genel Müdürlüğü
KGM	: Karayolları Genel Müdürlüğü
DSİ	: Devlet Su İşleri
MTA	: Maden Teknik Arama
İHA	: İnsansız Hava Araçları
IUVSA	: International Unmanned Vehicle Systems Association
NIR	: Near Infrared Reflection
HTPP	: Bitki Fenotipleme
AVM	: Alışveriş Merkezi
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
IGI	: Integrated Geospatial Innovations
MIDAS	: Multi-cameras Integrated Digital Acquisition System
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
LOD	: Level of Detail
CityGML	: City Geography Markup Language
OGC	: Open Geospatial Consortium
GML	: General Markup Language
YÖA	: Yer Örnekleme Aralığı/Mesafesi
KOH	: Karesel Ortlama Hata

GLONASS	: Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GALILEO	: The European Global Satellite-Based Navigation System
COMPASS	: Chinese Global Navigation System
CMOS	: Complementary Metal Oxide Semiconductor
YKN	: Yer Kontrol Noktası
TUSAGA	: Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
GRS1980	: Geodetic Reference System 1980
ITRF96	: International Terrestrial Reference Frame 1996
EPSG	: The European Petroleum Survey Group
GNSS	: Global Satellite Navigation System
DEM	: Digital Elevation Models
TUREF	: Türkiye Ulusal Referans Sistemi

ŞEKİLLER DİZİSİ

Şekil 3.1 Yeryüzünden gelen ışık demetinin resim (fotoğraf) yüzeyinde yeryüzü şekillerini oluşturması.

Şekil 3.2 Siyah-beyaz hava fotoğrafı örneği

Şekil 3.3 Renkli hava fotoğrafı örneği

Şekil 3.4 Kızılötesi (infrared) hava fotoğrafı örneği

Şekil 3.5 İnsansız hava araçları örnekleri

Şekil 4.1 Bir Bölgeye Ait düşey ve eğik sisteme ait (5 kameralı) görüntü

Şekil 4.2 (a) 1960 yıllarında Boston eyaletinde çekilmiş görüntü, (b) 1943 ve askeri amaçlı çekilmiş eğik bir görüntü

Şekil 4.3 Eğik Görüntülerden Kadastral ölçümler

Şekil 4.4 Eğik resimler üzerinde yükseklik ve mesafe ölçümleri

Şekil 4.5 Şehrin Planlamasına yönelik çekilmiş bir eğik görüntü

Şekil 4.6 Askeri bir operasyon Yönetimi için alınmış bir eğik görüntü

Şekil 4.7 (a) ABD'nin St. Louis Bölgesinde bir stadyumun eğik sistem ile çekilmiş bir görüntüsü, (b) Polonya'nın Cracow bölgesinde bir pazar yerinin eğik sistem ile çekilmiş bir görüntüsü

Şekil 4.8 Sol Resim Amerika Birleşik devletlerinin New York eyaletinde yaşanan Sany kasırgası öncesi ve sonrası çekilmiş eğik bir görüntü; Sağ resim Haiti'de yaşanan Carolina Kasırgası öncesi ve sonrası görüntü çekilmiş eğik bir görüntü

Şekil 4.9 Almanya'nın Dortmund şehrinde IGI DigCAM Penta ile eğik olarak çekilmiş görüntüler ile oluşturulmuş nokta bulutu

Şekil 4.10 Binalarda meydana gelen değişimlerin takibi

Şekil 4.11 Tarımsal Alanlarda Eğik görüntü örneği

Şekil 4.12 Nant-y Moch barajında 2012 yılında çekilmiş eğik bir görüntü

Şekil 4.13 Brezilya'nın colinas bölgesinde 2011 yılında yaşanmış olan bir heyelandan eğik bir görüntü

Şekil 4.14 San Francisco'nun Fort Funston bölgesinde 2002-2004 yıllarında yapılan heyelan izleme çalışması

Şekil 4.15 2, 3, 4 ve n kameralı Eğik sistemlere örnekler

Şekil 4.16 5 Kameralı Eğik Sistemlere örnekler

Şekil 4.17 Farklı amaçlar doğrultusunda üretilmiş 3B şehir modelleri

Şekil 4.18 CityGML dili kapsamında detay seviyesi tanımları gösterimi

- Şekil 5.1** Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü
- Şekil 5.2** Yapılması Planlanan sisteme ait genel bir çizim
- Şekil 5.3** Düşey sistem için uçuş planı örneği
- Şekil 5.4** Eğik sistem için uçuş planı örneği
- Şekil 5.5** Kullanılan kontrol noktalarının araziye dağılımları
- Şekil 5.6** Düşey ve Eğik Çalışmalarda görüntülerin durumunu gösterir bir örnek
- Şekil 5.7** Kamera Kalibrasyon değerlerinin Programa girilmesi
- Şekil 5.8** Çalışmalarımızda Koordinat sistemi ayarlamasına örnek
- Şekil 5.9** Kontrol noktalarının Agisoft Photoscan a yüklenmesi
- Şekil 5.10** (a) Düşey sistem çalışmamızdaki görüntülerin hizalanmış şekli, (b) Eğik sistem çalışmamızdaki görüntülerin hizalanmış şekli
- Şekil 5.11** (a) Düşey Sistem ile üretilen nokta bulutu, (b) Eğik Sistem ile üretilen nokta bulutu
- Şekil 5.12** (a) Düşey Sistem ile üretilmiş olan nokta bulutlarının üçgenlenmiş hali, (b) Eğik Sistem ile üretilmiş olan nokta bulutlarının üçgenlenmiş hali
- Şekil 5.13** (a) Düşey çalışmamızdan bir bölgeye ait katı model görüntü, (b) Eğik çalışmamızdan bir bölgeye ait katı model görüntü
- Şekil 5.14** (a) Düşey çalışmamız neticesinde yaklaşık renkleri atanmış 3 boyutlu model, (b) Eğik çalışmamız neticesinde yaklaşık renkleri atanmış 3 boyutlu model
- Şekil 5.15** (a) Düşey sistem ile üretilmiş ve anlaşılır hale getirilmiş görüntü, (b) Eğik sistem ile üretilmiş ve anlaşılır hale getirilmiş görüntü
- Şekil 5.16** (a) Düşey sistem için 3 boyutlu modelin son halini gösterir görüntü, (b) Eğik sistem için 3 boyutlu modelin son halini gösterir görüntü
- Şekil 5.17** (a) Düşey sistem ile üretilmiş gölgelendirilmiş DEM, (b) Eğik sistem ile üretilmiş gölgelendirilmiş DEM
- Şekil 5.18** (a) Düşey sistem ile üretilmiş Ortofoto Görüntü, (b) Eğik sistem ile üretilmiş Ortofoto Görüntü
- Şekil 5.19** Ortofoto Görüntülerin NetCAD e aktarılması
- Şekil 5.20** (a) Raster veri ve Vektör verinin üst üste çakıştırılmış gösterimi, (b) Sayısallaştırılmış Vektör verinin gösterimi
- Şekil 5.21** Nokta bulutlarının Global Mapper yazılımına yüklenmesi
- Şekil 5.22** Binalar, Ağaçlar ve Yeryüzü ayrımının yapıldığı sınıflandırma verisi
- Şekil 5.23** Nokta bulutu dosyamızın AutoCAD ReCap yazılımından bir görüntü

Şekil 5.24 (a) Bakış yönümüze göre önde kalan yüzeyden geçirilmiş düzlem, (b) Bakış yönümüze göre arkada kalan yüzeyden geçirilmiş düzlem

Şekil 5.25 AutoCAD formatında çizilmiş olan çizgisel röleve görüntüsü

Şekil 5.26 Bina cephe rengine göre taranmış röleve görüntüsü

Şekil 5.27 Eğik nokta bulutundan sokak silüeti görüntüsüne örnek

Şekil 5.28 (a) Yapıların referans bir kota göre yükseklik durumlarının gösterimi, (b) Yapıların yerden yüksekliklerinin gösterimi

Şekil 5.29 Düşey nokta bulutundan sokak silüeti görüntüsüne örnek

Şekil 5.30 Çalışma alanımızda bulunan ağaçların yükseklik farklılıklarını gösterir bir görüntü

Şekil 5.31 Çalışma alanımızda bulunan yeşil alanların yoğunluğunu gösterir bir çalışma

Şekil 5.32 (a) Belirlenen konumda 10 m yükseklikten ve 200 m yarıçapta yapılan görünürlük analizi verisi, (b) Belirlenen konumda 30 m yükseklikten ve 200 m yarıçapta yapılan görünürlük analizi verisi.

Şekil 5.33 Eğik Nokta bulutundan kutur ölçümü

Şekil 5.34 Eğik Nokta bulutundan kutur ölçümü

Şekil 5.35 (a),(b),(c) Medium, High ve Ultra High seviyesinde üretilmiş olan DEM görüntüler

Şekil 5.36 Çalışma alanımızın tümü için üretilmiş Düşey ve Eğik sistem gölgelendirilmiş DEM görüntüler

Şekil 5.37 Düşey ve Eğik sistem ile üretilen DEM karşılaştırması

Şekil 5.38 Karesel Ortalama Hata Hesaplama Formülü

Şekil 5.39 (a),(b),(c) Medium, High ve Ultra High seviyesinde üretilmiş olan Ortofoto görüntüler

Şekil 5.40 Çalışma alanımızın tümü için üretilmiş Düşey ve Eğik sistem Ortofoto görüntüler

Şekil 5.41 Düşey ve Eğik sistem ile üretilen Ortofoto karşılaştırması

Şekil 5.42 (a) Düşey nokta bulutu cephe görünümü, (b) Eğik nokta bulutu cephe görünümü

Şekil 5.43 (a) Düşey nokta bulutu silüet görünümü, (b) Eğik nokta bulutu silüet görünümü

Şekil 5.44 Referans olarak seçilen 2006 yılında üretilmiş olan halihazır harita

Şekil 5.45 Raster veri üzerinden çizim yapılmış bir görünüm

Şekil 5.46 Karşılaştırma işlemlerinde kullanılan çizgi ve alanlar

Şekil 5.47 Seçilen binaya ait uzunluk değerleri ölçüm örneği

Şekil 5.48 Seçilen binaya ait alan değerleri ölçüm örneği

Şekil 5.49 (a) Düşey nokta bulutundan bir görüntü, (b) Eğik nokta bulutundan bir görüntü

Şekil 6.1 Test alanımızın Lod seviyelerinin gösterimi



ÇİZELGELER DİZİSİ

- Çizelge 3.1** Fotogrametri Tekniğinin olumlu ve olumsuz yönleri
- Çizelge 3.2** Kurumsal olarak Fotogrametrinin Kullanım Alanları
- Çizelge 3.3** İnsanlı hava araçları ile veri alımında karşılaşılan problemler
- Çizelge 3.4** İHA Kullanım alanları
- Çizelge 3.5** İHA'nın Sivil ve Askeri Kullanım alanları
- Çizelge 4.1** Bazı Eğik Kameralar ve Özellikleri
- Çizelge 4.2** CityGML'de ayrıntı düzeyleri ve veri çözünürlükleri
- Çizelge 5.1** Kullanılan ekipmanlar ve özellikleri
- Çizelge 5.2** Nokta yoğunluklarına göre nokta sayıları
- Çizelge 5.3** Nokta yoğunluklarına Üretim Zamanları
- Çizelge 5.4** Düşey sistem YKN ile gerçek koordinat karşılaştırılması
- Çizelge 5.5** Düşey sistemde kullanılan YKN ler için hata değerleri
- Çizelge 5.6** Eğik sistem YKN ile gerçek koordinat karşılaştırılması
- Çizelge 5.7** Eğik sistemde kullanılan YKN ler için hata değerleri
- Çizelge 5.8** Düşey sistem için seçilmiş olan denetim noktaları hata değerleri
- Çizelge 5.9** Eğik sistem için seçilmiş olan denetim noktaları hata değerleri
- Çizelge 5.10** Düşey ve Eğik DEM ve gerçek yükseklik karşılaştırması
- Çizelge 5.11** Düşey ve Eğik DEM verilerinin doğruluk ve KOH değerleri
- Çizelge 5.12** Düşey Ortofoto doğruluk analizi
- Çizelge 5.13** Eğik Ortofoto doğruluk analizi
- Çizelge 5.14** Vektör ve raster uzunlukların karşılaştırılması
- Çizelge 5.15** Vektör ve raster alanların karşılaştırılması
- Çizelge 6.1** YKN ve denetim noktaları hata miktarları
- Çizelge 6.2** Sayısal Yükseklik Modellerinin (DEM) Hassasiyet Kontrolü
- Çizelge 6.3** DEM Verilerinin Doğruluk Kontrolü
- Çizelge 6.4** Ortofoto Verilerinin Doğruluk Kontrolü
- Çizelge 6.5** Çizgi Uzunlukları Karşılaştırılması
- Çizelge 6.6** Alan Karşılaştırmaları

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesine bağlı olarak gelişen görüntüleme aygıtları yeryüzünün haritalanmasına/fotoğraflanmasına çeşitlilik ve zenginlik katmıştır. Geçmiş dönemlerle kıyaslanamayacak ölçüde zenginleşen materyaller aynı zamanda doğruluk ve güncellik açısından da seviyeyi oldukça yükseltmiştir. Sürekli gözlenen bu gelişim süreci insanların daha iyi ve kaliteli görüntüleme teknolojilerinde bitmek bilmeyen bir beklenti oluşmasına sebep olmaktadır.

En iyi temsil edilebilecek üç boyutlu yeryüzü modellemeleri kaliteli ve güncel veriler ile yapılabilmektedir. Bu verilerin aynı zamanda ekonomik, doğru ve ayrıntılı olması da gerekmektedir. Tüm bu parametrelerin birlikte değerlendirilmesi farklı yöntemlerin ortaya çıkmasına sebep olmuştur.

Son zamanlarda geliştirilen eş zamanlı farklı ve açılardan çekilen hava görüntüleri süregelen düşey (nadir) hava görüntülerine çok kuvvetli bir alternatif oluşturmuştur. Bu yöntemle oluşturulan veriler fotogrametrik haritalamada çok daha yeni ürünler ortaya çıkmasını sağlamıştır. Yazılım desteğiyle ve geliştirilen uygun donanımlar ile kullanım sahası sürekli genişleyen eğik resim fotogrametrisi haritalamada kendine çok geniş bir uygulama alanı bulmuştur. Bu çalışmada eğik resim fotogrametrisinin insansız hava araçları ile uyumundan, hava kameralarından, kayıt ünitelerinden ve diğer teknolojik gelişmelerden bahsedilecektir.

Bununla beraber; insansız hava araçları üzerine monte edilebilen özel üretilmiş eğik kamera sistemleri veya eğik açılı olarak yerleştirilebilecek mevcut kameralar ile eğik resimler çekilmesi ve bu resimler yardımıyla üretilen 3 boyutlu modellerin klasik fotogrametrik teknikler ile üretilmiş 3 boyutlu modeller ile karşılaştırılması ve bunun sonucunda da kentsel tasarım yapacak disiplinlerin ihtiyaç duydukları verilerin uygunlaştırılarak, sunulmasıdır. Bu verilerin nasıl oluşturulacağı, yapılacak işlemler neticesinde hangi kalitede ürün elde edileceği (verilerin) kullanılabilirliği ve uygunluğu irdelenecektir.

Bu çalışma sonunda elde edilen veriler için (doğruluk payı sınırları çerçevesinde) "üç boyutlu sunum detayları" temel karşılaştırma kriteri olarak kabul edilmiştir. Çalışmada seçilen yer Konya İli Köyceğiz mevkiidir. Çalışma sonunda elde edilen ürün(ler) gerçek ölçeğinde, fotogrametrik verilerin kullanıldığı üç boyutlu modellemelerdir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Çalışma konumuz ile ilgili daha önce yapılan bazı çalışmaları sıralayacak olursak;

Yetişen, 2007 yılında yaptığı “ Hava Fotogrametrisi Kullanılarak Tasman Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi” çalışmasında yeraltı madencilik faaliyeti sonucunda yeryüzeyinde oluşan tasmanın, hava fotogrametrisi kullanılarak belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışma için uygulama alanı olarak Çayırhan Park Teknik Linyit İşletmesi seçilmiştir. Bu işletmede yeraltı üretimi tamamlanmış B sektörünü kapsayan topoğrafyanın iki farklı yılda, üretim öncesini (1996) ve sonrasını (2001) temsil edecek şekilde, stereo hava fotoğrafları temin edilmiştir. Bu fotoğraflar bilgisayar ortamında fotogrametrik ölçüm ve değerlendirme işlemlerinden geçirilerek, topoğrafyanın sayısal yükseklik modelleri oluşturulmuş ve bu modellerden bölgedeki tasman miktarları hesaplanmıştır. Bu hesaplama sonucunda, düşey yönde oluşan tasman miktarlarının 4,47 metreye kadar ulaştığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, uzaktan algılama tekniği kullanılarak tasmanların hızlı, güvenilir ve verimli bir şekilde incelenebileceği ortaya konulmuştur.

Özemer ve Uzar’ın 2016 yılında yaptığı “İha İle Fotogrametrik Veri Üretimi” çalışmasında İHA ile Gaziantep 5. Organize Sanayi Bölgesinde fotogrametrik veri üretimi için veriler işlenmiş ve doğruluk analizi yapılmıştır. Bu çalışmadaki veriler, 78.3 hektar alanda kamera kalibrasyonu yapılmış 16.3644 mm odak uzaklığı ve 14.2 MP mekansal çözünürlüğe sahip Sony NEX-5 marka kamera monte edilmiş İHA ile elde edilmiştir. İHA platformu kullanılarak 435 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir. elde edilen hava fotoğrafları işlenmiş ve Yer Örnekleme Mesafesi (YÖM) 3.53 cm olan ortofoto ve YÖM 7.06 cm olan Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilmiş olan fotogrametrik verilerin doğruluğunun araştırılması için GNSS ölçme tekniği ile elde edilen veriler işlenmiş ve doğruluk analizi yapılmıştır. Çalışma alanına ait 2007 yılında üretilmiş olan halihazır harita referans olarak kullanılarak verilerin kalitesi ve doğruluğu araştırılmıştır. Referans veri eski tarihli olmasına karşın raster veri ile referans veri arasındaki farkın cm aralığında olması sonuçların güvenilir olduğunu kanıtlamıştır. Çalışma alanına ait giydirilmiş 3 boyutlu model kent ve arazi yönetimi için gerekli olan analizlerin yapılması mümkün olmuştur. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda fotogrametrik veri üretimi için İHA' ların yüksek doğruluk sunma, kısa sürede veri elde edebilme, tekrarlı ölçü imkanı ile yüksek zamansal çözünürlüğe sahip

olma, düşük maliyet ile uygulama gerçekleştirme gibi avantajlara sahip olduğu kanısına varılmıştır.

Ayyıldız ve Ark, 2015 yılında yaptıkları “İnsansız Hava Aracı (İha) Ve Uçak Platformlarından Elde Edilen Görüntülerin Ortofoto Üretiminde Karşılaştırılması” çalışmasında İHA teknolojisi kullanılarak Tapu ve Kadastro Müdürlüğü Oran Yerleşkesinin havadan görüntü alımı yapılmıştır. Yaklaşık 40 hektarlık bir alanda yarım saat süren bir uçuş gerçekleştirmiş, 387 adet görüntü toplanmış ve bölgenin ortofoto haritası üretilmiştir. Aynı alanın yüksek çözünürlüklü dijital kamera donanımına sahip uçak platformu ile görüntüleri çekilerek ortofoto haritası üretilmiş; sonuçlar maliyet, zaman, hassasiyet ve kullanım alanları bakımından karşılaştırmalı olarak irdelemiştir. Sonuç olarak; Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHKBÜY) geniş formatlı hava kameraları ile 5 gradı geçmeyen düşey resimlerin kullanılmasını öngörmekte ise de İHA kullanılarak metrik olmayan kameralar ile alınan görüntülerin uygun yüksekliklerde YÖA $\approx 3\text{cm}$ sağladığı ve yine uygun yazılımlar ve yeterli YKN kullanımı ile daha hassas sonuç ürünler alınabileceği gözlemlenmiştir. Ayrıca İHA yardımı ile yapılan fotogrametrik çalışmaların olumsuz meteorolojik şartlardan etkilendiği ve bunun yanında sistemin küçük alanlarda harita yapımı amaçlı kullanılabilmesi değerlendirilmektedir. İHA’lardan faydalanılarak küçük alanlardaki haritaların üretilmesi, maliyet düşüklüğü, zaman ve kullanım kolaylığı açısından tercih edilebileceği görülmüştür. Teknolojinin ilerlemesi ile orta ve geniş formatlı dijital kamera türlerinin de İHA’lar ile kullanılabilmesi düşünülmektedir.

Gürbüz, 2016 yılında yaptığı "Kentsel Alanlarda İha Görüntülerinden Ortofoto Oluşturma Ve Otomatik Ağaç Tespiti" çalışmasında insansız hava araçlarından elde edilen çok yüksek çözünürlüklü renkli (Kırmızı, Yeşil, Mavi) görüntülerden ağaç tespiti yapmaktır. Bunun için öncelikle Hacettepe Üniversitesi Beytepe Yerleşkesinde insansız hava araçları (İHA) ile havadan alınan görüntülerden ortofoto ve otomatik eşleştirme tekniği ile sayısal yüzey modeli (SYM) elde edilmiştir. Oluşturulan ortofotodan ağaç yoğunluğuna göre 4 adet test alanı seçilmiş ve bu test alanlarında ağaçların nesne tabanlı yöntemle segmentasyonu ve sınıflandırması yapılmıştır. Bir sonraki adımda sınıflandırması yapılan görüntülerdeki ağaçların zirve noktaları otomatik olarak tespit edilmiştir. Son olarak ağaçların gerçek konumları (geometrik merkez noktaları) manuel yöntemle elde edilerek bir referans veri oluşturulmuş ve otomatik yöntemle elde edilen ağaçların zirve noktaları (lokal maksimum) ile referans veri karşılaştırılarak doğruluk analizleri yapılmıştır. Sonuç olarak ise sunulan yöntem ile özellikle homojen yapıda

olan ormanlık alanlarda, ağaç tespiti başarılı bir şekilde yapılabilmekte olduğu ve önerilen yöntemin yersel ölçme metodlarına nazaran daha etkin ve düşük maliyetli olma avantajına sahip olduğu tespit edilmiştir.

Erdoğan, 2016 yılında yaptığı "Şeritvari Haritaların İnsansız Hava Araçları İle Üretimi" çalışmasında İnsansız Hava Araçlarıyla elde edilen verilerden şeritvari harita yapımına yönelik bir araştırma yapılmıştır. Çalışma alanı olarak Karayolları 3. Bölge Müdürlüğü çevre yolu projesi üzerinde yaklaşık 2 km'lik bir güzergah seçilmiştir. Bu güzergah üzerinde İnsansız Hava Aracı (İHA) ile 70m yükseklikten %70 bindirme ile görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesiyle elde edilen Sayısal Yükseklik Modelinden (SYM) yararlanarak halihazır harita oluşturulmuştur. Bu çalışma içerisinde yüksek doğrulukta elde edilen halihazır harita ile 1/1000'lik fotogrametrik olarak üretilen halihazır harita üzerinden ortak bir güzergah belirlenmiştir. Belirlenen güzergahta en kesitler üretilerek kazı dolgu hesabı ve farkları araştırılmıştır. Aynı zamanda 100 m x 100 m'lik alan içerisinde 20 m aralıklarla grid ağı oluşturulmuştur. Bu alanda farklı yükseklik ve farklı bindirme oranlarında görüntüler alınarak nokta konum doğruluğu araştırması da yapılmıştır. Sonuç olarak belirli bir alan seçilerek 70 m yükseklikten %70 bindirme oranı ile görüntüler alınmıştır. Bu görüntülerin dengelenmesinin ardından yapılan değerlendirme çalışmasında bir halihazır harita oluşturulmuştur. Bu harita ile 1/1000'lik Fotogrametrik olarak üretilmiş halihazır harita karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma da hem fotogrametrik olarak üretilen halihazır haritada hem de İHA aracılığıyla ürettiğimiz halihazır harita üzerinde 100 m genişliğinde koridor oluşturularak 1250 taban kotuna göre kazı ve dolgu hacim hesabı yapılmıştır. Kazı ve dolgu hacimlerinin %99 doğrulukla uyum sağladığı görülmüştür.

Kılınçoğlu, 2016 yılında yaptığı " Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi Ve Doğruluk Analizi" çalışmasında İHA ile fotogrametri çalışması esas alınarak, farklı özelliklere sahip sabit kanatlı ve multikopter mini İHA sistemlerinin aynı uygulama alanı için kullanılabilirliğinin tespiti hedeflenmiştir. Bu sistemlerle elde edilen veriler fotogrametride sağlanan otomatik yöntemlerle değerlendirilmiş ve doğruluklarının araştırılması yapılmıştır. Bu amaç doğrultusunda, Altoy Savunma Sanayi ve Havacılık A.Ş.'nin Kayseri Şeker Fabrikası A.Ş. ile 2015 yılında yürütmüş oldukları "Boğazlıyan Bölgesindeki Pancar Arazilerinde Hasat Optimizasyonu ve Silo Yönetimi Pilot Projesi"nin bir bölümü olan "Silo Yönetimi" kısmından yararlanılmıştır. Yapılan çalışmada sabit kanatlı olarak Puma- AV insansız hava aracı ve DJI phantom advanced

multikopter insansız hava aracı kullanılmıştır. Bu çalışma doğrultusunda, Pix4d programında otomatik olarak oluşturulan SYM ile ölçüm yapılmak isteniyorsa, Puma İHA' sının özellikleri doğrultusundaki veriler ile minimum bağıl hata sağlanabileceği görülmüştür.

Ayyıldız, 2016 yılında yaptığı “Eğik Resim Fotogrametrisi ile Veri Üretimi” çalışmasında Dünyamızda ki teknolojik gelişmeler sonucunda ortaya çıkan; fotogrametrik üretimde kullanılan donanımları, veri setlerini, sonuç ürünleri ve kullanım alanları hakkında araştırmalar yaparak bilgi vermektir. Bu çalışma ile eğik resim fotogrametrisinin tanıtılması işlemi yapılarak matamatiksel modeline değinilmiştir. Daha sonra eğik resim fotogrametrisi ile üretilebilecek verilerden bahsedilmiş ve bunlardan bir tanesi olan 3 boyutlu kent modeli üretilmesinin işlem adımları anlatılmıştır. Sonuç olarak Eğik Düşey Görüntüler emek yoğun bir işlem süreci gerektirmeden aynı objenin farklı açılardan çekilmiş görüntülerini sunarak konum, alan, yükseklik ve eğim sorgulama imkanı sağladığı görülmüştür.

Remondino ve Gerke, 2015 yılında yaptığı “Oblique Aerial Imagery – A Review” çalışmasında Dünyada ticari amaçlı en yaygın olarak kullanılan çok kameralı fotogrametrik sistemler incelenmiştir. Sonuç olarak bu makale ile haritalama amaçlı 3 boyutlu veri elde etmede kullanılan sistemler olan eğik sistemlere genel bir bakış yapıldı ve eğik görüntülerin kentsel alanların modellenmesinde güçlü bir coğrafi veri kaynağı olduğu anlaşılmıştır.

Grenzdörffer ve ark, 2012 yılında yaptığı “Development Of Four Vision Camera System For A Micro-Uav” çalışmasında günümüzde en çok tercih edilen eğik kamera sistemleri yerine daha az maliyet yükü ve zaman kazandırabilecek bir sistem olan eğik sistemlerin insansız hava araçlarına uyarlanması ele alınmıştır. Bu çalışma ile 5 kameralı bir eğik sistem bir insansız hava aracına monte edilmiştir. Bu kameraların diğer pahalı sistemlere oranla kamera çözünürlükleri bir hayli az olduğu bilinmesine karşın elde edilen kamera kalibrasyon sonuçlarının kötü olmadığı görülmüştür. Bu çalışma ile insansız hava araçları üzerine tasarlanan eğik sistemler yardımıyla da eğik resim fotogrametrisinin yapılabileceği ve iyi sonuçlar elde edileceği anlaşılmıştır.

Özerbil ve ark, 2014 yılında yaptığı “ Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik (Oblique) Görüntü Alımı, 3 Boyutlu Kent Modeli Ve 3 Boyutlu Kent Rehberi Projesi” çalışmasında Türkiye’de ilk kez gerçekleştirilen 3 boyutlu kent modeli ve kent rehberi oluşturma projesinde kazanılan bilgi ve deneyimlerin paylaşılması amaçlanmıştır. Proje alanı, Çalışma Alanı-1 ve Çalışma Alanı-2 olmak üzere iki bölgeden oluşmakta ve

toplam 300 km² genişliğindedir. Eğik görüntü alımı proje alanının tamamında gerçekleştirilmiştir. 20 km² büyüklüğündeki Çalışma Alanı-1’de 3B bina modelleri LoD2, geri kalan 280 km² büyüklüğündeki Çalışma Alanı-2’de ise LoD1 detay düzeyinde üretilmiştir. Tüm sahaya yayılmış 3400 adet bina LoD3, 5 adet simge yapı (landmark) ise LoD4 detay düzeyinde modellenmiştir. Konya projesinde 3B bina modellerinin eğik görüntülerle kaplanmasında otomatik kaplama yöntemi uygulandığından, 300 km² iş bölgesinde 42 adet YKN’nın tesis ve ölçümü yapılmıştır. Proje kapsamında, kaynakların en iyi şekilde kullanımı hedef alınmış, yüksek maliyetli ve dış kaynaklı yazılımlardan kaçınılarak öz kaynaklarımıza yönelinmiş, bunun sonucunda da 2 yeni yazılım geliştirilerek ülkemizin kullanımına sunulmuştur. Bu projede elde edilen başarılı sonuçların ve edinilen deneyimlerin, 3B kent modellemesi konusunda yeni projelerin önünü açacağı değerlendirilmektedir.

Toschi ve Ark, 2017 yılında yaptığı “Oblique Photogrammetry Supporting 3d Urban Reconstruction of Complex Scenarios” Çalışması ile 3 boyutlu karmaşık şehir modellerinin çıkartılması ve şehirlerin yeniden inşası amacıyla yapılan çalışmalarda eğik görüntülerin kullanılabilirliği araştırılmaktadır. Proje bölgesi olarak İtalyanın 120000 nüfuslu bergama kenti tercih edilmiştir. Çalışmalarda kullanılan kamera platformu Microsoft Ultracam Osprey Prime eğik kamerasıdır. Çekimler yapılırken enine %60 ve Boyuna %80 bindirmeli çekilmiş ve toplamda 1073 düşey ile 4292 eğik görüntü alınmıştır. Görüntüleri değerlendirme yazılımı olarak Pix4d kullanılmıştır. Teknolojideki gelişmelere bağlı olarak bilim dünyasındaki önemli gelişmelere rağmen tarihsel şehir merkezleri gibi karmaşık kent seneryolarının 3 boyutlu modellenmesinde halen zorlanılmaktadır. Bu çalışmada LOD2 uyumlu bina modellerini üretmek için havadan çekilen fotoğraflar yardımıyla üretilen nokta bulutlarından yararlanıldı. Etkileşimli modelleme için geliştirilen modern bir ticari yazılım ile parametrelendirilmiş ortak çatı şekillerinin kullanılabilirliği görülmüştür. Fakat, bir ortaçağ kent merkezi ile ve karmaşık çetü şekillerine sahip olan yapılarla uğraşırken sonuçların önemli ölçüde düzenlenmesi gerektiği ve eğik görüntülerin kullanımı bu düzenlemeler için şart olduğu anlaşılmıştır. Nokta bulutu yoğunluğu ve kalitesi de bu tür yaklaşımlar için kısmen etkili olduğu anlaşılmıştır. Son olarak hava platformundan çekilen görüntüler yardımıyla elde edilen yoğun nokta bulutları ve yerden ölçüm verilerinin kullanılması ile karmaşık kent yapısının 3 boyutlu modelinin elde edilmesi çalışmasında umut verici bir çözüm olduğu kanıtlandı. Bu iki veri türünün entegrasyonu, tarihi kent merkezlerinin

tamamen modellemek ve LOD3 yapı modelleri üretmek için zorunludur. Ancak bu devasa veri kümelerinin yönetimi hala sorunludur.

Rupnik ve Ark, 2014 yılında yaptığı “Oblique Multi-Camera Systems - Orientation And Dense Matching Issues” çalışması ile ticari amaçlı kullanılan eğik kamera sistemleri hakkında genel bir bilgi sunulmaktadır. Ayrıca makalede büyük görüntü bloklarının otomatik yönlendirme ve yoğun eşleştirme çalışmaları için iş akışı sunulmaktadır. Bunlarla birlikte, tatmin edici sonuçlar elde etmek için öneriler sunulmakta ve dikkat edilmesi gereken noktalara değinilmektedir. Ayrıca makalede kentsel alanlar üzerine iki farklı kamera sistemi ile edinilen iki veri kümesi üzerine yapılan testler de rapor edilmiştir. Bahs edilen ticari bir çok sisteme malta çapraz konfigürasyonunun öncülük ettiği görülmüştür. Makale ile bahs edilen uygun yaklaşımlar kullanıldığında fan ve/veya malta çapraz konfigürasyonuna sahip birçok büyük formatlı görüntünün en doğru şekilde Post-Process ve üçgenleme işlemlerinin mümkün olacağı görülmüştür.

Gerke ve Ark, 2016 yılında yaptığı “Orientation Of Oblique Airborne Image Sets - Experiences From The ISPRS/EUROSDR Benchmark On Multi-Platform Photogrammetry” çalışmasında hem ticari olarak üretilmiş (Pix4d Pix4dmapper, Agisoft Photoscan) olan hem de prototip olarak geliştirilen (BLUH, OrientAL) görüntü işleme yazılımlarının incelenmesi ve karşılaştırılması yapılacaktır. Ayrıca bu incelemeler yapılırken şu konulara da ışık tutulması planlanmaktadır. Kontrol noktalarının dağılımının nesne doğruluğuna etkisi, görüntülerdeki bindirmelerin doğruluk üzerine etkisi ve görüntüler üzerinde eşleştirilen kontrol noktalarının doğruluğa etkisi araştırılmıştır. Makale sonucu olarak; nesnelere oluşan sistematik hataların iyi bir kontrol noktası dağılımı ve kalibrasyon değerlerine ilave parametreler girilerek engellenebileceği görüldü. Ayrıca görüntülerin %80 ve daha çok bindirmeli olarak kullanılması daha iyi bir nesne doğruluğu ortaya çıkardığı, %60 bindirmeli çekimlere oranla rastgele hataların 2-3 kat azalma gözlemlenmiştir. Farklı görüntüleme yönlerinin görüntüleri arasında tamamen perspektiften kaynaklanan eşleşme noktası uyumsuzlukları gözlemlendi. Araştırmamızda ayrıca tüm görüntüler için paket bloğu ayarlarının kullanılması elde edilebilir yükseklik doğruluğunun daha iyi olduğu kanıtlanmıştır. Düzensiz küçük görüntü blokları için kullanılması amaçlanan ticari yazılımların, prototip olarak geliştirilen ticari yazılımlara kıyasla çok daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Remondino ve Ark, 2016 yılında yaptığı “Oblique Aerial Imagery For Nma – Some Best Practices” çalışmasında seçilmiş farklı ulusal harita oluşturma ajansları tarafından elde edilen ve işlenen eğik görüntüler üzerinde araştırmalar yapılarak öngörülen avantaj ve faydalar ile edinilen tecrübeler paylaşılacaktır. Araştırma da İngiltere, İrlanda ve İspanya harita oluşturma ajansları tarafından gerçekleştirilen çalışmalar incelenmiştir. Veri setlerinin alındığı 3 farklı harita oluşturma ajansının ortak kanısı şudur ki; veri işleme ve yönetiminde halen zayıflık ve zorluklar olsa da havadan çekilen eğik görüntülerin çeşitli kent uygulamalarını hızlandıracağı düşünülmektedir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Fotogrametri

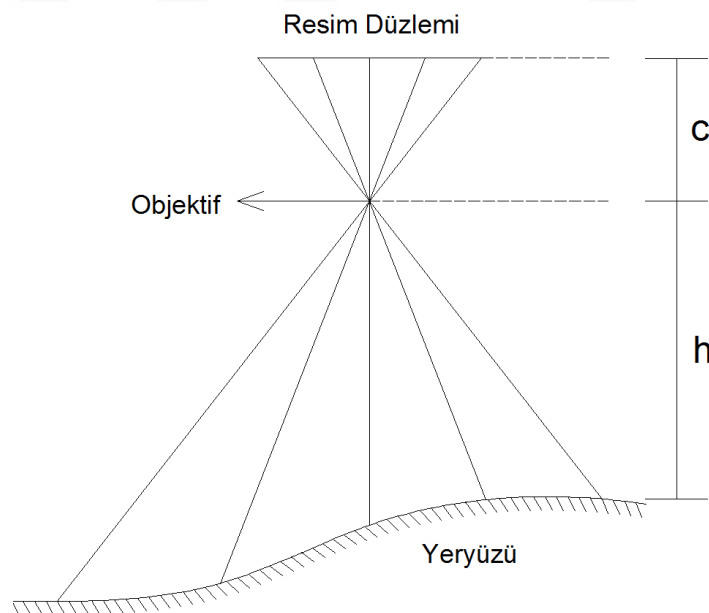
Eski Yunanca'dan batı dillerine giren fotogrametri kelimesi üç kök sözcükten oluşur:

Photos (ışık) + Grama (çizim) + Metron (ölçme)

Buna göre fotogrametri, ışık yardımı ile çizerek ölçme anlamına gelmektedir.

Temel olarak ölçülmek istenen materyalin, çevresinin ve/veya arazinin 3 boyutlu modellenmesi işlemi fotogrametri tekniği olarak adlandırılmaktadır. Bu teknik ile farklı açılardan çekilen fotoğraflardan elde edilen model üzerinde ölçümler yapılabilir ve bu bilgilerle istenilen dönüşümler (harita veya plan) yapılabilir.

Geniş kapsamda Fotogrametri, fotoğraf makinesi, algılayıcı, LİDAR gibi özel bir araçla uçak, uydu, yeryüzü noktası gibi herhangi bir yerden yüzeyin ve/veya nesnenin yapısı hakkında bilgi edinmektir. Uygulamanın görseli Şekil 3.1'de verilmiştir. Yapılan tanımlamalardan da anlaşılacağı üzere fotogrametri ve uzaktan algılama bilimleri içi içe girmiş uygulama şekilleridir.



Şekil 3.1: Yeryüzünden gelen ışık demetinin resim (fotoğraf) yüzeyinde yeryüzü sekillerini oluşturma süreci.

Fotogrametrinin matematiksel modeli, merkezsiz izdüşümdür. Merkezi izdüşümün matematiksel ve geometrik özellikleri kullanılarak fotoğraftaki nesnelerin;

şekil, konum, büyüklük, görünüş gibi özellikleri kolayca belirlenebilir. Ayrıca fotoğrafta görülen nesnelere renk ya da gri tonlarındaki değişimlerin incelenmesi ve bunların yorumlanması sayesinde nesnelere ilgili topolojik bilgiler de elde edilebilir (Yetişen, 2007).

3.1.1. Fotogrametrinin Özellikleri

Fotogrametri tekniğinde yapılan ölçme ve gözlemler gerçek cisimler yerine bunların 3 boyutlu modeli üzerinde yapıldığından dolayı bir ölçme tekniği olarak da sınıflandırılabilir. Bu tekniğin olumlu ve olumsuz yönlerinin belirtildiği genel bir değerlendirmesi Çizelge 3.1'de yer almaktadır.

Çizelge 3.1:Fotogrametri Tekniğinin olumlu ve olumsuz yönleri

<i>Olumlu Yönleri</i>	<i>Olumsuz Yönleri</i>
<p>1. Bilgiler fotoğraf veya tarama yöntemi ile alındığından modellenen cisim/yüzey üzerinde herhangi bir etkisi bulunmamaktadır.</p> <p>2. Bu teknikte herhangi bir sebepten dolayı (askeri yasaklamalar, sağlık riski bulunan radyasyonlu alanlar gibi) yakınına gidilemeyen yerlerin, cisimlerin modellemeleri de yapılabilmektedir.</p> <p>3. Toplanan bilgiler arşiv niteliğindedir. Üzerinden istenildiği kadar yeniden değerlendirme yapılabilir.</p> <p>4. Diğer yöntemlere göre bilgi toplama süresi (görel olarak) daha kısadır.</p> <p>5. Veri toplanan yerin, materyalin zamansal olarak değişimi de bu yöntemle gözlemlenebilir.</p> <p>6. Bu teknikte görünür ışıkla elde edilemeyen (kızılötesi, morötesi, termal) veriler de toplanabilir</p>	<p>1. Özellikle havadan yapılan ölçümlerde maliyet oldukça yükselebilmektedir.</p> <p>2. Diğer yöntemlerde de görülebilen olumsuz hava koşullarından etkilenmektedir.</p> <p>3. Büro çalışması sırasında daha güçlü teknolojik donanım gerektirmektedir.</p> <p>4. Değerlendirme için teknik personel gerektirmektedir.</p>

3.1.2. Türkiye'de Fotogrametri

Ülkemizde fotogrametri tekniğinin kronolojik sıralaması:

1925 : Harita Umum Müdürlüğü kuruldu.

1926 : Kayseri Uçak Fabrikası kuruldu.

1927 : Ankara'nın 1/2.000 ölçekli haritaları yapıldı.

1928 : Türkiye, Kısa adı (ISP) olan Uluslararası Fotogrametri Kongresine ilk kez katıldı.

1937 : Hava fotogrametrisi tekniği 1/25.000'lik haritaların yapımında kullanılmaya başlandı.

1945 : Hava fotogrametrisi tekniği ile 1/5.000 ölçekli Standart Topografik Kadastral (STK) haritaları yapılmaya başlandı.

1969 : Fotogrametrik Nirengi yöntemi geliştirildi.

1983 : Analitik yöntemle ortafoto harita üretimine geçildi.

Bu kronolojik sıraya ek olarak; Ülkemizde Mehmet Şevki Paşa haritacılığın kurucusu, Ömer Kadri Koray ise fotogrametrinin geliştiricisi olarak bilinir. Fotogrametri tekniği; Harita Umum Müdürlüğü (Yakın geçmişteki adıyla Harita Genel Komutanlığı) HGK ve şimdiki adıyla Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından hazırlanan 1/25.000 ölçekli haritaların yapımında (yersel resimlerden de yararlanarak) kullanılmaya başlanmıştır. Ankara'nın ilk hava fotoğrafları 1927 yılında 5 ve 7 km. uçuş yüksekliklerinden çekilmiştir. Türkiyenin hava fotogrametrisi ile yapılan, 5557 paftadan oluşan 1/25.000 ölçekli haritası 1968 yılında tamamlanmıştır. Türkiyede haritalama ve fotogrametrik ölçümler ile veri toplama/bulundurma yetkisi kanunlar ile belirlenmiş ve bu görev Harita Genel Komutanlığı (HGK) şimdiki adıyla Harita Genel Müdürlüğü (HGM) ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'ne (TKGM) verilmiştir. Uluslararası Fotogrametri Topluluğu (ISP) uzaktan algılama (Remote Sensing) alanındaki gelişmelere bağlı olarak ismini ISPRS olarak değiştirmiştir.

Günümüzdeki teknolojik gelişmelerine bağlı olarak;

- 1/1.000 ölçekli haritalar da fotogrametrik yöntem ile üretilebilmektedir.

- Ulaşım güzergahlarındaki yarma ve dolgu hesaplamalarında kullanılan enine kesitler yine bu yöntem ile elde edilmektedir.

- İnternetin gelişmesi ve yaygınlaşması ile bireysel veya kurumsal kullanıcılar gecikmeli veya anlık olarak dünyanın herhangi bir yerinden alınmış görüntülere ulaşabilmektedir ki bu yöntemin temelinde fotogrametrik teknik vardır. Genel olarak

bakacak olursak kurumsal anlamda fotogrametrinin kullanım alanları çizelge 3.2 de gösterilmiştir.

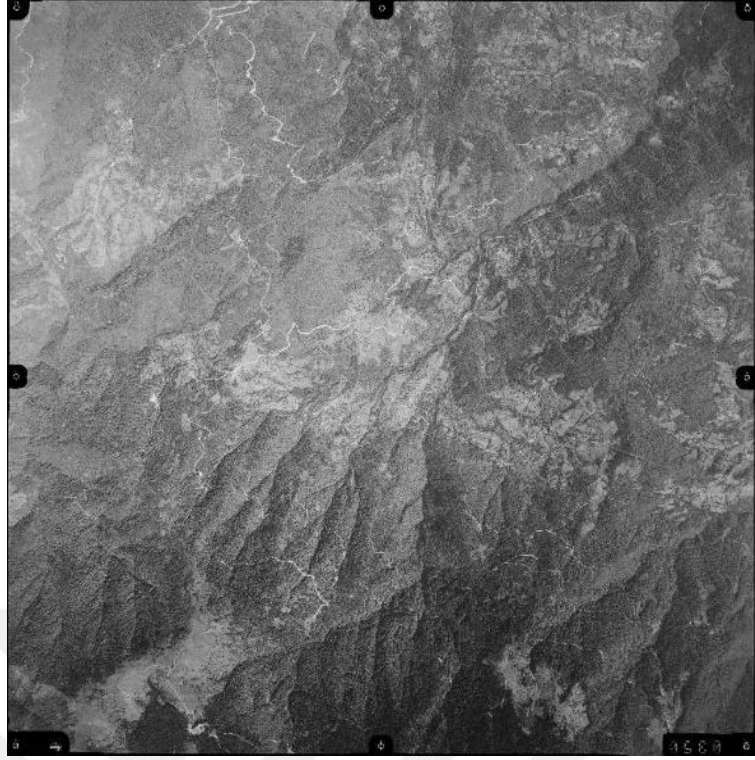
Çizelge 3.2: Kurumsal olarak Fotogrametrinin Kullanım Alanları

Kurumsal olarak değerlendirildiğinde fotogrametri tekniği kullanım alanları:	
Orman Genel Müdürlüğü (OGM)	Ekosistem (amenajman) haritalarının yapılması
Karayolları Genel Müdürlüğü (KGM)	Yol güzergahları belirlenmesi
DSİ Genel Müdürlüğü	Sulama sistemleri ve planlaması, Su toplama sahaları ve bunların topografik ve jeolojik incelemeleri
MTA	Maden sahaları belirleme ve arama çalışmaları
Zirai çalışmalar	Ekili alanlar, ürün türlerinin ve miktarlarının tespitleri ve araştırmaları
Tarihsel doku çalışmaları	Tarihi eserler ve sit alanları tespitleri ve restorasyon planlamaları
Şehir ve Bölge Planlama	Şehirleşme ve yerleşim yerleri tespiti ve planlaması

3.2. Hava Fotogrametrisi

Hava fotoğrafları yeryüzünden belli bir yükseklikte bulunan platformlara entegre edilmiş kameralar yardımıyla çekilen ve güncel bilgiler taşıyan ham görüntülerdir. Geniş alanların haritalanmasında ucuz ve etkin bir yöntemdir. Genel olarak siyah beyaz (Şekil 3.2), renkli (Şekil 3.3) ve kızılötesi (Şekil 3.4) olarak çekilen görüntüler kullanılır. Fotoğraf ölçekleri üretilecek haritanın ölçeğine ve yapılacak uygulamaya göre değişkenlik gösterir.

Siyah-beyaz ve renkli hava fotoğrafları, foto yorumlama (foto-interpretasyon) ve fotogrametrik harita üretiminde kullanılmaktadır. Renkli alınan hava fotoğrafları kullanıcıya, fotoğraftaki detayları daha kolay yorumlama ve tanımlama imkanı sağlar. Uygulayıcının isteğine göre renkli hava fotoğrafı alımı, siyah-beyaz olanlara göre daha pahalı olmasına rağmen, kazandıracığı yarar sonucunda daha büyük ekonomi sağlayabilir (Yetişen, 2007).

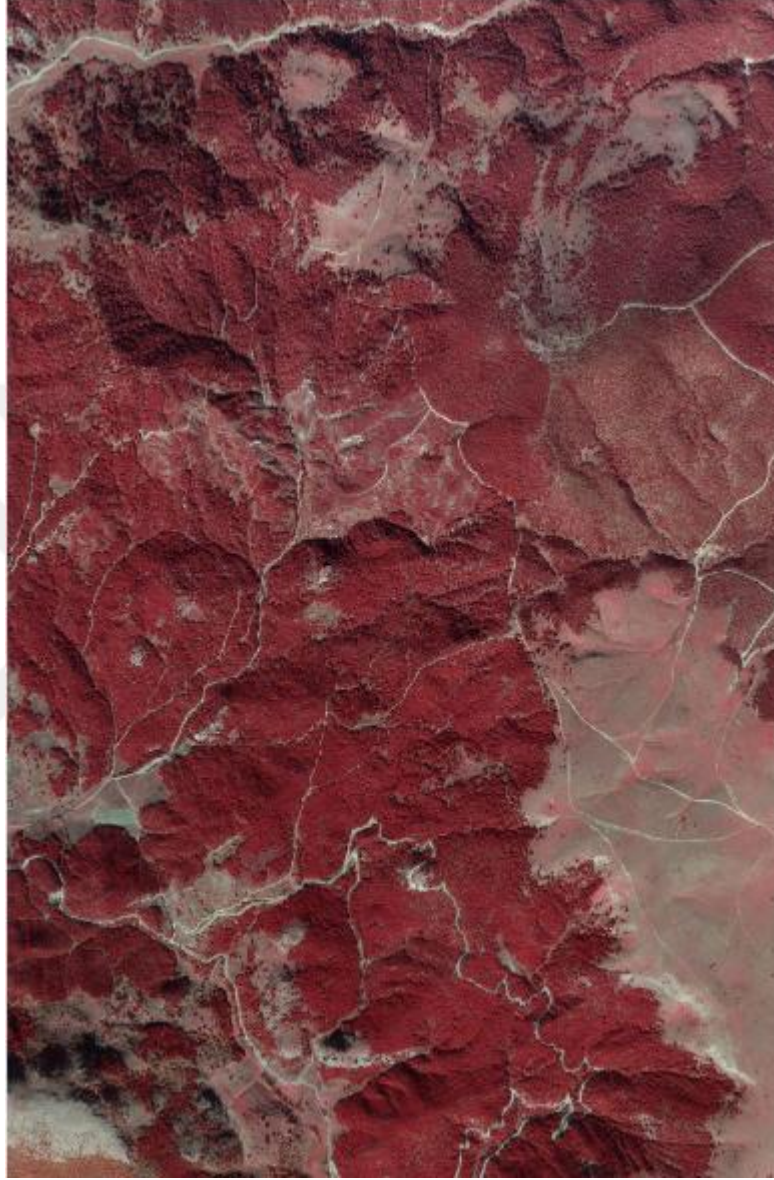


Şekil 3.2. Siyah-beyaz hava fotoğrafı örneği (URL1)



Şekil 3.3. Renkli hava fotoğrafı örneği (URL1)

Kızılötesi çekilen hava fotoğrafları ise tarımsal amaçlı uygulamalarda kullanılmaktadır. Bu tür fotoğraflarda renk tonu farklılığı çok iyi olduğu için ağaç türlerinin ayırımı kolaylıkla yapılabilmektedir (Yetişen 2007).



Şekil 3.4. Kızılötesi (infrared) hava fotoğrafı örneği (URL1)

3.2.1. Hava Kameraları

Yeryüzünün doğal ve yapay objelerinden yansıyan enerjinin doğrudan doğruya fotografik bir algılayıcı üzerine iz düşürülebilmesi için gereken uygun ortamı sağlayan cihazlara kamera denir (Selçuk, 2008).

Hava fotogrametrisinde kullanılan kameralar metrik kameralar olup, başlıca özellikleri iç yöneltme elemanlarının bilinmesidir. Hava kameraları objektifleri çok sayıda mercekten oluşan bir sistemdir. İzdüşüm merkezinden geçen ışınlar sapmadan fotoğraf düzlemine ulaşır.

Hava fotogrametrisi için resim çekiminde kullanılan kameralar (hava kameraları), görüntü düzlemi sabit olan yani mesafe ayarı yapılamayan kameralardır. Objektifleri hassas, ayırma derecesi yüksek ve distorsiyonları küçüktür. Özel yapıdaki bir uçağa, bir helikoptere ve bazen bir uyduya monte edilerek kullanılırlar (Ersoy, 2006).

Bu kameralar analog ve dijital hava kameraları olarak iki ana sınıfta incelenebilir:

- Analog kameralar; Film şerit üzerine çekim yapan özel kameralardır. Mekanik ve optik bozulma seviyeleri en aza indirilerek kalibre edilmişlerdir. Analog fotogrametrik kameralar Perspektif ve kamera temelli bozulmaları en aza indirirler ve bunların haricinde oluşabilecek bozulmalar da yazılımlar ile düzeltilebilir.
- Dijital Fotogrametrik Kameralar ise son 20 yıldan bu yana kullanılmaya başlanmışlardır. Bu tür kameralarda görüntü oluşumu, dedektörlerin duyarlanmasından doğan fotonların elektrik voltajına çevrilmesi ile gerçekleşmektedir.

Dijital fotogrametrik kameralar doğrudan bilgisayar uyumlu olması, banyo-tarama-sayısallaştırma işlemlerinin daha pratik olması, gerçek zamanlı, portatif ve kolay kullanımlı olması, doğrudan bilgisayar bağlantısına geçilebilmesi gibi özelliklerinden dolayı yüksek çözebilirliği ve daha fazla geometrik doğruluğu olan analog kameralara oranla daha çok tercih edilmektedir. Ayrıca dijital kameralar analog kameraların algılama aralığı (görünür ve yakın kızılötesi alanların) dışındaki aralıkta da algılama yapabilir.

Selçuk (2008), Marangoz (2002) de Bütün bu olumlu yönlerine karşın analog kameralarının sağlamış olduğu çözünürlüğe ve geniş açisal kaplama alanına erişememiş olması, maliyetinin yüksek oluşu dijital kameralarının fotogrametrik kullanılmalarını sınırlamıştır. Ancak teknolojideki hızlı gelişmeler ve artan talep ihtiyacı sebebiyle dijital kameralar hızla gelişmekte, fiyatları ucuzlamaktadır.

3.3. İHA Fotogrametrisi

İnsansız Hava Araçları (İHA) otomatik veya yarı otomatik uçuş prensibine sahip başlangıçta askeri amaçlar için kullanılan motorlu veya motorsuz hava araçlarıdır. Bu araçların genel örnekleri şekil 3.5 de gösterilmiştir. Bu araçlar son dönemlerde teknolojiye meydana gelen gelişmelere bağlı olarak birçok ticari (film ve reklam çalışmaları), bilimsel(soyu tükenme tehlikesinde olan canlıların takibi, tarımsal alanların planlanması, halihazır harita yapımı ve kadastro ölçmeleri, arazinin 3 boyutlu modellemelerinin üretilmesi), istatistiksel(yol, nehir, baraj gözlemleri, trafik kontrolü ve planlaması, şehir ve bölge planlaması) ve afet durumlarında (arama kurtarma çalışmaları, afet alanlarının gözlemlenmesi ve hızlı müdahale sağlanması) yaygın şekilde kullanılmaya başlanmıştır. İHA'lardan analog yöntemle elde edilen görüntülerin işlenmesi süreci zaman alıcı ve zor olmasına rağmen digital kameraların gelişmesi ve İHA'lara entegrasyonu sonucunda yüksek çözünürlüklü görüntülere hızlı bir şekilde ulaşılması kolaylaşmıştır. İHA'lara entegre edilen digital kameralar sayesinde arazinin (veya herhangi bir objenin) nokta bulutu, sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortofoto görüntülerinin üretilmesi mümkün olmuştur.



Şekil 3.5. İnsansız hava araçları örnekleri (URL2)

İHA'lar haricinde hava fotoğraflarının üretilmesinde diğer hava araçlarının kullanılması da mümkündür. Maliyet/üretim dengesi incelendiğinde geniş ölçeklerde fayda sağlamalarına rağmen dar alanlarda tüm hava araçları kullanılamamaktadır. Hava araçları ile veri toplamada karşılaşılabilecek problemler basitçe aşağıdaki Çizelge 3.3 'de yer almaktadır.

Çizelge 3.3. İnsanlı hava araçları ile veri alımında karşılaşılan problemler

Araç	Karşılaşılabilecek problemler
Uydular	<ul style="list-style-type: none"> - Yüksek Fırlatma Ve Uçuş Maliyetine sahiptir. - Çalışma prensipleri gereği görüntüsü alınacak alandan geçiş periyotları beklenmelidir. Bu da anlık görüntü alımına olanak vermemektedir. - Hava koşullarından oldukça yüksek oranda etkilenmektedir. - Tekrarlı ölçüm yapılamamaktadır. - Yüzeve olan mesafelerinden ve hava koşullarından dolayı hassas görüntüler elde edilmesi oldukça zor ve maliyetlidir. - Afet durumlarında hızlı ve tekrarlı görüntülere ulaşılması çok zor olmakla birlikte yüksek maliyet gerektirmektedir.
Uçaklar ve helikopterler	<ul style="list-style-type: none"> - Hava koşullarından etkilenmektedir. - Tekrarlı ölçüm yapılması oldukça güçtür. - Uçuş öncesi hazırlık aşaması zaman almaktadır. - Oluşturulması zaman alıcı ve maliyet gerektiren yer kontrol noktalarının uçuş öncesinde tesis edilmesi gerekmektedir.

Algılayıcı platform olarak kullanılan uydular, uçaklar, helikopterler v.b insanlı hava araçlarındaki bu kısıtlamalar dolayısıyla küçük alanları içeren çalışmalarda bu sistemlere alternatif olarak İHA'lar geliştirilmiştir. Görüntü almada kullanılan diğer araçlara göre İHA'ların önemli avantajları bulunmaktadır. İHA'lar:

- Diğer araçlara göre daha düşük maliyetle işletilmektedir.
- Fotoğrafi alınacak yüzeye ya da objeye daha yakın mesafeden görüntü alabilmektedir.
- Yersel fotogrametrideki hassasiyete yakın (yer yer daha iyi) görüntüler üretebilmektedir.
- Uçuş öncesi hazırlık süreci daha kısa ve daha az maliyetlidir.
- Diğer araçların kullanılmasının zor olduğu ve ulaşımın mümkün olmadığı bazı durumlarda avantaj sağlarlar.
- Klasik hava fotoğrafları yüksek çözünürlükte fotoğraf çektiğinden dosya boyutları çok büyük olmakta ve bu da büyük veri saklama kapasitesi gerektirmektedir. İHA'lar dijital kameralar kullandıkları için daha küçük kapasiteli veri saklama alanları yeterli olmaktadır.

Bu avantajların yanında İHA'ların dezavantajlarının da bilinmesinde fayda vardır. İHA'ların dezavantajları şunlardır:

- İHA'lar genelde hafif olmaları sebebiyle hava koşullarından oldukça etkilenmekte özellikle rüzgarlı havalarda stabiliteyi sağlayamamaktadır. Bu durum da elde edilen görüntüleri ve verileri etkilemektedir.
- Olası bir bağlantı kaybında araçların güzergahlarından sapması hatta kontrolün kaybedilerek İHA'nın kullanılamaz hale gelmesi de gözlemlenebilmektedir.
- Bu araçların taşıyabilecekleri faydalı yük miktarı sınırlıdır. Yük miktarının artışına bağlı olarak havada kalma süreleri sınırlıdır.
- Geniş alanlarda uçuş süreleri kısıtlı olduğu için diğer araçlara göre avantajları azalmaktadır.

İHA görüntüleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli (sYM) oluşturma ve objenin 3B modellenmesi çalışmalarında kullanılabilir. Fotogrametrik işlemler yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesiyle birlikte mozaik görüntüler ve ortofoto haritalar üretilebilmekte, bu haritalar üzerinden çizim ve görüntü yorumlama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir (Öztürk ve ark, 2017).

3.3.1. İnsansız Hava Araçlarının Genel Kullanım Alanları

Uydu ve/veya insanlı hava araçları ile yapılan ölçümler maliyet/performans açısından değerlendirildiğinde avantajlarını büyük oranda yitirmektedirler. Bu noktada insansız hava araçları (kamera taşıma kabiliyeti ve düşük bütçeli olması sebebiyle) sıklıkla tercih edilmektedir. Bununla beraber Çizelge 3.4 'de görüleceği üzere insansız hava araçları pek çok farklı alanda (meteorolojide veri toplanması ve aktarılması, afet durumlarında gerçek zamanlı görüntü aktarımları gibi) kullanım imkanı bulmuştur.

Çizelge 3.4. İHA Kullanım alanları

Faaliyet		Uygulama alanı
Afet	Risk Yardımı	Afet Alanlarının Haritalanması, Bilgilendirme Yayınları, Yangın Yayılmasının İzlenmesi
	Risk Yönetimi	Sel, Toprak Kayması, Volkan Patlama Riskleri
Değişimlerin gözlenmesi		Nehir Erozyonu, Orman Alanları Değişimi, Şehirleşme Alanları Değişimi
İzleme		Göç Yolları, Tarımsal Verimlilik ve Çeşitlilik, Yabani Hayvan Türlerinin Durumu
Yasadışı Faaliyetler		Kaçak Avlanma, Sınır İhlali, Yasadışı Ticaret

İHA kullanım alanları ile ilgili daha detaylı bilgi vermek gerekirse şu ana kategorilere ayırmak mümkündür.

- **Tarım**

Uluslararası İnsansız Araç Sistemleri Birliği (IUUSA) raporlarına göre İHA kullanımının en çok yoğunlaşacağı alan tarım amaçlı operasyonlar olacaktır. Tüm İHA faaliyetleri içinde tarımın payının %80 olması tahmin edilmektedir. Bu yüksek oranın sebebi, tarımsal gelişim izlemesinin İHA ile daha düzenli ve ucuz bir şekilde takip edilebilmesinin mümkün olmasıdır. Yakın kızılötesi (NIR) sensörlerin bitki sağlığının ölçmede etkili olması ve çiftçilere tarım arazilerinin verimli gelişimi için erken aksiyon alma fırsatı tanıyacak çıktılarını üretebilmesi İHA'ları vazgeçilmez hale getirmektedir (URL3).

- **Madencilik**

Güvenlik ve ölçümleme amacı ile madenlerde kullanım alanı bulan İHA'lar, maden ocağı koşullarının takip edilmesi, istinat duvarlarının sağlamlığının takip edilmesi, madenden elde edilecek cevherin ölçümlenmesi, üç boyutlu haritalama gibi amaçlar için kullanılmaktadır (URL3).

- **İnşaat Alanları**

İnşaat projelerinin yukarıdan izlenmesi, proje yaşam döngüsünün tüm fazlarına yeni katkılar sağlamaktadır. Havadan fotoğrafçılık şimdiye kadar sadece büyük ölçekli projeler için yapıyor olsa da, elde edilen veriler geniş bir kullanım alanına sahiptir. Örneğin, elde edilen veri sıklığına bağlı olarak çözünürlüğü artan oranda 3 boyutlu modelleme yapmak mümkündür. Bu şekilde proje uygulama aşamasında ortaya çıkan 3 boyutlu modeller ile proje planında öngörülmüş olan modeller arasındaki karşılaştırma olanağı artmaktadır (URL3).

- **Altyapı Denetimi**

Petrol boru hatları, güç aktarım hatları, kuleler, santraller, rafineriler vb. bir çok yüksek güvenlik gerektiren ya da stratejik önemi olan kompleks yapılar havadan gözetim imkanlarından yararlanabilmektedir. Üç boyutta algılama, termal veri okuma, metal gerilimini okuma gibi İHA'lar aracılığı ile elde edilen veriler, altyapıların denetiminde önemli rol oynayabilmektedir (URL3).

- **Yabani Hayat Araştırmaları**

Hayvan davranışlarının daha yakından ve düzenli takibine olanak sağlayan İHA'lar, doğal yaşama dair daha detaylı bilgi edinme olasılığı sağladığı gibi, bu

hayvanları yasadışı avlanma tehdidine karşı da korumaktadır. Termal kamera sensörleri ile gece süresince de operasyon yapma kabiliyeti sunması yaban araştırmaları için bulunmaz bir fırsat sunmaktadır (URL3).

- **Mineral ve Enerji Kaynağı Araştırmaları**

Petrol ve doğalgaz arama faaliyetleri ve mineral keşifleri, İHA kullanımı için en uygun alanlardan biridir. İHA üzerindeki sensörler yardımı ile, keşiflerin doğrulanması ve genişletilmesi mümkün olabilmektedir. Örneğin İHA'ye entegre olan manyetometreler sayesinde demir bazlı metaller ve yerçekimsel alanlar daha düşük hata payı ile tespit edilmektedir (URL3).

- **Fırtına Takibi ve Tahmini**

İHA'ların kasırğa ve hortum alanlarına gönderilerek, davranış ve güzergahlarına dair çıkarımların yapılması mümkün olmaktadır. İnsanlı araçlarla hayati tehlike oluşturacak misyonlarda İHA kullanılması önemli bir avantaj sağlamaktadır. Ayrıca, hava durumunu ölçümlemesinde de İHA üzerindeki sensörlerden yararlanılmaktadır (URL3).

- **Acil Durumlar**

Doğal afet ve kazalardan sonra, İHA'lar hasar tespit ve keşif çalışmalarında hızlı aksiyon alınmasını sağlayan önemli araçlardan olabilmektedir. Enkaz aramalarında da yardımcı araç olarak kullanılması mümkün olmaktadır (URL3).

- **Doğal Çevre İzlemesi**

İnsanlı araçlarla erişilmesi mümkün olmayan ya da çok zor olan alanlara erişim olanağı sağlaması ile insan sağlığına tehdit oluşturacak alanların tespit edilmesi, anlık ölçümlmelerin yapılması ve ıslah çalışmalarına gerek olan alanların tespit edilmesi bakımından geleneksel araçların yetmediği noktalarda İHA'lar önemli avantaj sağlamaktadır. Ayrıca çeşitli kızıl ötesi, termal vb. sensörler yardımı ile çevresel sağlığın ölçülmesi, problemlili alanların tespit edilmesi ve iyileştirilmesi için gerekli tedbirlerin alınması, İHA'lardan elde edilen verilerle sağlanmaktadır (URL3).

- **Arama Kurtarma**

Arama Kurtarma faaliyetleri çoğu kez zamana karşı yarış şeklinde olmaktadır. Böyle durumlarda hızlı aksiyon alınması açısından İHA'lar önemli bir avantaj sağlamaktadır. Örneğin, kayıp kişilerin gece gündüz fark etmeksizin zorlu doğa koşullarında kolayca bulunması İHA'lar sayesinde mümkün olabilmektedir (URL3).

Bu kullanım alanlarının yanında İnsansız hava araçlarının kullanım alanları sivil ve askeri amaçlı olarak çizelge 3.5 de gösterilmiştir.

Çizelge 3.5. İHA'nın Sivil ve Askeri Kullanım alanları

Sivil Amaçlı Kullanım Alanları	Askeri Amaçlı Kullanım Alanları
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Arkeolojik çalışma alanlarının ölçümü ✓ Baraj havzalarının ölçümü ve haritalanması ✓ Bataklık alanlarının ölçümü ✓ Büyük sanayi bölge ve tesislerin ölçümü ✓ Çöp atık alanlarının ölçümü ✓ Doğal afet bölgelerinin acil durum haritalarının yapılması ✓ Erozyonların izlenmesi ✓ Hacim hesaplamaları ✓ Hâlihazır harita üretimleri ✓ Hava fotoğrafı ve ortofoto harita üretimleri ✓ İnşaat alanlarının takibi ✓ Kentsel dönüşüm alanlarının ölçümü ✓ Maden sahalarının ölçümü ✓ Mera alanlarının ölçümü ✓ Orman amenajman planı altlıklarının belirlenmesi ✓ Orman yangın alanlarının ölçümü ✓ Sayısal arazi modeli üretimi ve üç boyutlu şehir modellemesi ✓ Tarımsal faaliyetler ✓ Tarihi yapıların tespiti ✓ Üç boyutlu modelleme çalışmaları 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Elektronik harp ✓ Gözetleme çalışmaları ✓ İstihbarat çalışmaları ✓ Keşif çalışmaları ✓ Taarruz <p><i>* Bu tür amaçlar için hava taşıtında görsel ya da ısı algılayıcılar kullanılmaktadır. Keşif ve gözetleme faaliyetleri için kullanılan hava taşıtlarının yaklaşık 10 km ila 200 km menzilde ve 1 ila 8 saat arasında görev yapması mümkündür.</i></p>

3.3.2. İnsansız Hava Araçlarından Gelecekte Beklenen Gelişmeler

İnsansız hava araçlarının uzaktan algılama ve fotogrametri amaçlı olarak kullanılması ile ilgili mevcut İHA'ların geliştirilmesi, uçuş güçlerinin, uçuş sürelerinin

ve faydalı yük taşıma kapasitelerinin artırılması ve iniş kalkışlardaki sorunların çözülmesi ile birlikte gelecekteki beklentileri kapsamında aşağıdaki sıralamayı yapmamız mümkün olabilmektedir (Çömert ve ark, 2012).

- Bitki fenotipleme (HTPP = Bitkinin yüksekliği, yaprak sayısı, boyutu, şekli, açısı, rengi, solgunluğu, sap kalınlığı gibi bitkiye ait bir çok fiziksel verinin analizi)'nin yakın gelecekteki en önemli tarımsal faaliyetlerden birisi olacağı düşünülmektedir. Bu kadar çeşitli bilgiyi hızlı, düzenli, doğru ve güvenilir şekilde analiz edip veritabanı oluşturabilmek için İHA'lerden faydalanılması yüksek ihtimal dahilindedir. İHA'lar bu işlemleri farklı sensör kombinasyonları (kızılötesi ve termal kameralar entegre edilerek) yapabilecek kapasitededir.

- Gelecekte teknolojik yeniliklere bağlı olarak sera etkisi ölçümlendirilmesinde İHA'lar kullanılabilir. Uygun sensörler yardımıyla atmosferdeki sera etkisini (karbondioksit salınımı, sıcaklık, ışık yayılma oranı, nem miktarı gibi verileri ölçümleyerek) tespit etme imkanı sağlayacaktır.

- Gelecekte bilgisayar ve internet teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak ucuz internet erişimi sağlama amaçlı İHA'lar kullanılabilir. Günümüzde üçüncü dünya ülkelerine internet erişimi sağlama ile ilgili bazı teknoloji şirketlerinin girişimleri vardır. Modifiye edilmiş İHA'lar uzun süreli havada kalabilme yetenekleri ile geniş bölgelere veri transferi yapmak suretiyle internet erişimini sağlayabileceklerdir.

- İnsanlık tarihi boyunca dünyanın fiziksel gelişimine bağlı olarak çok çeşitli afetler meydana gelmiştir. Günümüzde var olan bu gerçek gelecekte de aynı etkileri gösterecektir. Bu noktada İHA'ların anlık veri elde etme imkanları ile afet durumlarında büyük yararları olmaktadır/olacağı düşünülmektedir. Can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi için afet yönetim sistemlerinde hızlı, doğru ve güvenilir verileri toplama ve işleme, haritalama işlerinde kullanılabilir. Bunun sonucu olarak da afet sonrası yapılacak olan kurtarma sevkiyatları ve görev dağılımı işleri daha hızlı yapılabilecektir.

- Karayolu, demiryolu gibi mühendislik yapılarının imal edilmesi işlerinde baştan sona izleme, kazı ve dolgu miktarının belirlenmesi gibi işler farklı algılayıcı sistemlere sahip İHA'larla yapılabilecektir.

- İHA'lar envanter oluşturma işlerinde (kentsel alanlarda yapı envanteri oluşturulması, haritalama işleri, arkeoloji alanların tespiti vb.) daha yoğun olarak kullanılabilir.

- Kaçak yapıların ortaya çıkarılması, kaçak katların ve çarpık yapılaşmanın ortaya çıkarılması gibi işler İHA'ların kullanım alanlarından olabilecektir.
- Halihazır harita üretim çalışmalarında daha fazla rol oynaması beklentiler arasındadır.
- Yer altında bulunan nesnelerin yer üstündeki imzalarını uzaktan algılama teknikleri ile belirlemede, yeni arkeolojik alanların belirlenmesinde kullanılabileceği düşünülmektedir.



4. EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ (OBLİK FOTOGRAMETRİ)

Fotogrametride amaç yüzeyi/objeyi en iyi temsil edecek görüntülerin elde edilmesi ve bunun için gereken araçların geliştirilmesidir. Teknolojik gelişmeler ile birlikte üretilen görüntülerin/bilgilerin kullanıcılara daha doğru, hızlı ve güvenilir şekilde ulaşması mümkün olmuştur. Böylece insanların günlük hayatlarında kullanabilecekleri veriler geliştirilmiş, bu verilerin çeşitli ara yüzler ile farklı alanlarda uygulanması imkanı doğmuştur.

Bu kapsamda yerleşim yerleri için üretilecek 3 Boyutlu Modeller ve bu modellere entegre edilecek uygulamalar, insanların yaşam kalitesini yükseltmek için atılacak her adımda, bu alanlarda yapılacak tüm istatistiksel çalışmalarda ve bu bölgelere sunulacak her hizmette önemli bir veri kaynağı olacaktır (Ayyıldız, 2016).

Son yıllarda tüm dünyada yaygınlaşmış olan geleneksel düşey hava görüntülerine ek olarak eş zamanlı farklı açılardan çekilmiş hava görüntülerinden oluşan veri setleri fotogrametrik yöntemler ile yeni ürünler üretmeye imkan sağlamıştır. Bir bölgeye ait 4 farklı açıdan çekilmiş eğik görüntüler ve düşey görüntü şekil 4.1 de gösterilmiştir. Üretimde kullanılan verilerin çeşitlilikleri, kullanıcıların gereksinimlerini karşılamak amacı ile geliştirilen yazılımlar ve donanımlar sonuç ürünler eğik resim fotogrametrisinin kullanım alanlarını her geçen gün daha da genişletmektedir (Ayyıldız, 2016).



Şekil 4.1. Bir Bölgeye Ait düşey ve eğik sisteme ait (5 kameralı) görüntü (Cavegn, 2014)

Eğik resim fotogrametrisi, geleneksel düşey hava görüntülerinin yüksek açılardan elde edilen eğik görüntüler ile birleştirildiği ve eğik görüntülerden alınan doku verisinin giydirilerek 3B şehir modellerinin elde edildiği bir yöntemdir. Bu yöntemde uçak, helikopter ya da insansız hava aracı üzerine yerleştirilmiş tekli kamera veya çoklu lens/kamera sistemleri kullanılabilir (Özer ve ark, 2014).

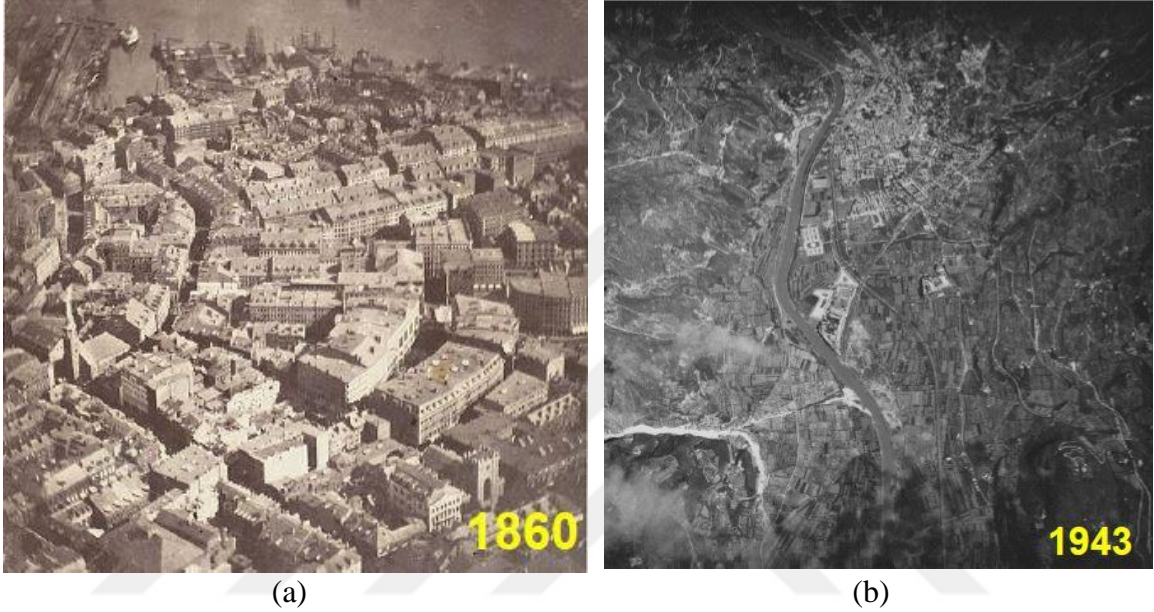
4.1. Eğik Resim Fotogrametrisinin Tarihsel Gelişimi

Eğik resim fotogrametrisi tarihi fotogrametri kadar eski olmamakla birlikte hatırı sayılır bir geçmişe sahiptir. Eğik resim fotogrametrisinin tarihsel gelişim sıralamasını kabaca yapacak olursak;

➤ Eğik resim olarak kayıt altına alınmış olan ilk hava fotoğrafı balon yardımıyla 1860 yılında ABD'nin Boston eyaletinde J.W. Black ve S.King tarafından çekilmiştir (Şekil 4.2-a).

➤ 1906 yılında San Francisco da gerçekleşen ve büyük bir yıkıma yol açan depremin ardından hasar tespiti amacıyla G. R. Lawrence tarafından büyük bir uçurtmaya kamera monte edilerek görüntüler alındı.

➤ (Uçakların kullanılmaya başlanması ile birlikte) 1. ve 2. dünya savaşları sırasında uçaklar yardımıyla askeri amaçlı çekilen eğik görüntüler yoğun bir şekilde kullanılmaya başlandı (Şekil 4.2-b).



Şekil 4.2. (a) 1960 yıllarında Boston eyaletinde çekilmiş görüntü, (b) 1943 ve askeri amaçlı çekilmiş eğik bir görüntü (Nex, 2016)

➤ 1980 li yıllardan sonra değişik firmalar tarafından profesyonel olarak uçaklara monte edilerek kullanılan eğik sistemler üretilmeye ve kullanılmaya başlanmıştır.

➤ Günümüzde gelişen teknolojik değişiklikler dikkate alınarak geliştirilen İnsansız hava araçları üzerine monte edilebilecek ve pratik bir şekilde kullanılacak pratik sistemler oluşturulmaya başlandı.

4.2. Eğik Resim Fotogrametrisinin Genel Kullanım Alanları

Eğik resim fotogrametrisi çok geniş uygulama alanlarına sahiptir. Bu uygulama alanları genel olarak sıralayacak olursak:

- **Üç boyutlu kadastru yapımı, yönetimi ve parsel sınırlarının belirlenmesi**

Eğik fotogrametri 3B kadastru projeleri için mükemmel bir araçtır. Daha önce de belirttiği gibi, 3 boyutlu olarak yapılabilen ölçümler, hassas harita üretimi ve kırsal

kesimlerdeki kadastral faaliyetlerin gerçekleştirilmesini mümkün kılar (Erkek ve ark, 2013). Eğik resim fotogrametrisi ile yapılmış olan bir kadastral ölçüm işlemi şekil 4.3 de gösterilmiştir.



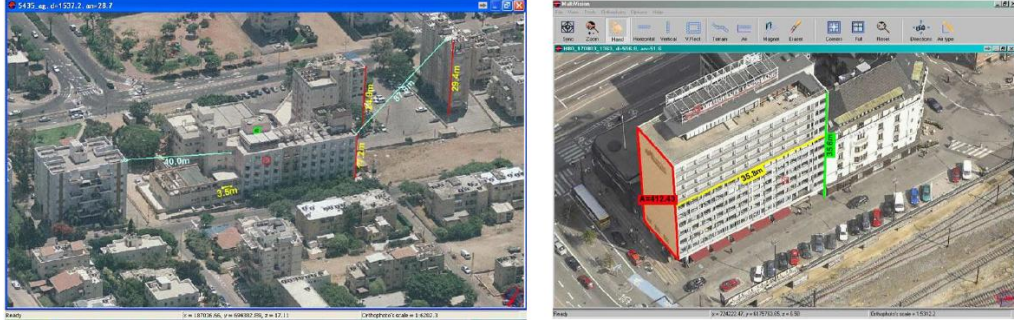
Şekil 4.3. Eğik Görüntülerden Kadastral ölçümler (Erkek ve Ark, 2013), (URL4)

- **Gayrimenkul değerlendirme ve pazarlama**

Güçlü ölçüm özelliği sayesinde binaların ve diğer yapıların kıyaslanması, gayrimenkul değerlemesi ve yer tayini yapılması işlerinde kullanılabilir. Özellikle emlakçılık sektöründe işleri kolaylaştırmaktadır.

- **Vergi değerlendirmesi çalışmaları**

Mesafe, yükseklik ve alan ölçümlerindeki hassasiyeti sebebiyle vergi değerlendirmesi için kullanılabilir. Bu sayede şehir ve bölge planlaması hassas bir şekilde yapılabilir, yerleşim yerleri, ticaret alanları gibi bölgesel planlamalara gerçek değerinde farklı vergilendirme prosedürleri uygulanabilir. Şekil 4.4 de bir binaya ait olan genişlik ve yükseklik verilerinin eğik resim fotogrametrisi yardımıyla ölçümü verilmiştir.



Şekil 4.4. Eğik resimler üzerinde yükseklik ve mesafe ölçümleri (Özer ve ark, 2014)

- **Kayıt dışı binaların tespiti, tanımlanması ve bina tescili çalışmaları**

Klasik fotogrametri teknikleri ile ayırım yapılması çok zor olan bina farklılıkları (gecekondu, bina, lüks bina, spor kompleksi, kongre binaları vb) belirlenemez iken, eğik resim fotogrametrisi ile bu binaların ayırımı kolayca yapılabilmektedir. Bu sayede özellikle gecekondu türündeki binalar ayırt edilebilir ve kaçak yapılaşma kontrol altına alınabilir.

- **Kent, altyapı planlaması ve sınıflandırılması**

Düzenli bir yapılaşmanın temel yapı taşlarından en başında düzenli bir imar yapısına sahip olmaktan geçmektedir. Düzenli planlar sayesinde kentte yaşayan insanların daha iyi hizmet alabileceği yerleşim yerleri oluşturulabilir. Eğik görüntüler yardımıyla planlanacak alanların görünebilirlik alanları artmakta ve daha kullanışlı planlar ortaya çıkmaktadır. Kavşak ve Köprülü kavşak gibi düşey görüntüden tek bir obje olarak görülen yerlerde eğik bakış şarttır. Eğik görüntüler ile kavşak alanları, kurp dönüş çapları, kurp uzunlukları gibi veriler elde edilebilmektedir. Bir kavşağa ait çekilmiş eğik görüntü ve alınabilecek ölçüler şekil 4.5’ de göstermiştir.



Şekil 4.5. Şehrin Planlamasına yönelik çekilmiş bir eğik görüntü (Petrie G., 2008)

- **Askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi**

Eğik resim fotogrametrisi kriz zamanlarında hassas ve hızlı bilgi sağlamak suretiyle askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimini güçlendiren bir rol oynar. Sağlanan bilgiler kriz bölgesi bilgileri ile çevre alan ve altyapı bilgilerini içerir. Kriz anlarında, erişim ve tahliye güzergahları oldukça büyük bir öneme sahiptir. Eğik resim fotogrametrisi bu güzergahların planlanmasının yanı sıra, giriş ve açıklıkların belirlenmesi konusunda harika bir araçtır (Erkek ve ark, 2013). Askeri bir operasyona ait olan eğik bir görüntü örneği şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Askeri bir operasyon Yönetimi için alınmış bir eğik görüntü (Petrie G., 2008)

- **Kritik tesislerinin izlenmesi/korunması**

Kritik tesislerin (Havaalanı, liman, terminal, AVM, elektrik santrali, su kaynakları, askeri tesisler, devlet binaları, hastane, hapishane, nüfus yoğunluğu yüksek olan yerler ve kompleks yapılar) koruma amaçlı izlenmesi eğik fotogrametri teknolojisinin sağladığı çoklu-görüş özelliğinden faydalanılarak rahatça gerçekleştirilebilir.



(a)



(b)

Şekil 4.7. (a) : ABD'nin St. Louis Bölgesinde bir stadyumun eğik sistem ile çekilmiş bir görüntüsü (URL5), **(b) :** Polonya'nın Cracow bölgesinde bir pazar yerinin eğik sistem ile çekilmiş bir görüntüsü (URL6)

Şekil 4.7 de İnsan nüfusunun yoğun olarak bulunduğu Pazar alanı ve stadyum gibi kritik öneme sahip iki tesisin eğik çekilmiş görüntülerini görmekteyiz.

- **Afet yönetimi ve hasar tespiti ve değerlendirmesi**

Herhangi bir sebeple meydana gelen afetlerde (deprem, kasırga, tsunami, sel, erozyon, heyelan vb.) hızlı ve doğru bir şekilde değerlendirme ve haritalama yapılmasında eğik resim fotogrametrisinin önemi büyüktür.



Şekil 4.8. Sol Resim Amerika Birleşik devletlerinin New York eyaletinde yaşanan Sany kasırgası öncesi ve sonrası çekilmiş eğik bir görüntü(URL7); Sağ resim Haiti’de yaşanan Carolina Kasırgası öncesi ve sonrası görüntü çekilmiş eğik bir görüntü (URL8)

Afet durumlarında anlık veri üretimi, verilerin hızlı değerlendirilmesi, afet sonrasında mevcut durumun ve afet alanlarının izlenmesi/değerlendirilmesi, arama ve kurtarma operasyonlarının planlanması eğik resim fotogrametrisi ile yapılabilmektedir. Amerika birleşik devletlerinde ve Haiti de meydana gelen 2 farklı kasırganın öncesinde ve sonrasında çekilmiş olan görüntüleri şekil 4.8 da görmekteyiz.

- **3 boyutlu şehir modellemeleri çıkarılması ve güncelleme çalışmaları**

Doku verisinin giydirilmesi ile elde edilen yüksek çözünürlüklü eğik görüntülerden elde edilen gerçekçi 3B şehir modelleri, 3B kadastro projelerinde önemli bir altlık görevi görmekte ve kentsel planlama işlerinde büyük kolaylık sağlamaktadır (Özer ve ark, 2014). Kentsel alanlarda bina cepheleri önem arz ettiğinden eğik resim fotogrametrisi yoğun olarak kullanılacak alanların başında gelmektedir. Şekil 4.9 de Almanya da gerçekleştirilen bir eğik çekimden oluşturulan model örneğini görmekteyiz.



Şekil 4.9. Almanya'nın Dortmund şehrinde IGI DigCAM Penta ile eğik olarak çekilmiş görüntüler ile oluşturulmuş nokta bulutu (URL9)

Ayrıca üretilen bu 3B şehir modelleri gayrimenkul değerlemesinde, kat mülkiyeti gibi üç boyutlu mülkiyetin gösteriminde, gayrimenkul pazarlamada, çevresel etmenlerin etkisini hesaba katma noktasında yardımcı bir rol oynamaktadır. Arazi kullanımının tespitinde ise, topografik haritalar ya da ortofotolar kullanılarak elde edilemeyen bilgilere eğik resimler kullanılarak ulaşılabilir (Özer ve ark, 2014).

Bununla birlikte havadan çekilmiş olan eğik görüntüler yardımıyla Şekil 4.10 den de görülebileceği gibi zamanla şehirlerde meydana gelen değişimler izlenebilmektedir.



Şekil 4.10. Binalarda meydana gelen değişimlerin takibi (Vetrivel V. ve ark., 2016)

- **Arazi örtüsü güncelleme çalışmaları**

Tarımsal alanların büyüklükleri, ekilen ürün cinsleri, sağlıklı ve hastalıklı ürün alanlarının belirlenebilmesinin yanı sıra aynı alanların verimli kullanımı için ürün planlaması, nadas alanlarının tespiti gibi çalışmalarda da verimli olarak kullanılabilir. Şekil 4.11 da tarımsal bir alana ait eğik çekilmiş bir görüntüyü görmekteyiz.



Şekil 4.11. Tarımsal Alanlarda Eğik görüntü örneği (URL10)

Tarımsal alanlara yönelik yapılan çalışmalar incelendiğinde yetiştirilen tarım ürününe göre farklı uygulamaların yapıldığı görülmektedir. Bunlar kahve tohumlarının olgunluklarının izlenmesi (Herwitz, ve ark., 2003), farklı gübreler kullanılarak yetiştirilen kışlık buğday tarlalarının izlenmesi (Hunt, ve ark., 2010), pirinç alanlarının verimliliğinin ve toplam canlılık alanlarının belirlenmesi ve izlenmesi (Swain ve ark., 2010), farklı algılayıcı sistemler kullanılarak üzüm bağlarının izlenmesi, sağlıklı ve hastalıklı alanların belirlenmesi gibi farklı uygulamalar olarak karşımıza çıkmaktadır (Çömert ve ark, 2012).

- **Kıyı şeridi belirlenmesi çalışmaları**

Kıyı şeritlerinin belirli zamanlarda alınan görüntülerinin kıyaslanması ile fiziki kıyı sınırlarının güncel hallerinin belirlenmesinin yanı sıra kıyı şeridi şekil değişiklikleri ve toprak kayıpları hakkında da yorum yapılabilir.

- **Tarihi eserlerin ve arkeolojik alanların tespiti ve 3 boyutlu modellenmesi çalışmaları**

Bir milletin tarihsel geçmişi, hem güncel yaşayışına etki eden hem de geleceği planlamasında önemli rol oynayan kültürel mirasıdır. Önceki dönemde yaşayan insanlardan kalan yapıların/objelerin ortaya çıkarılması için arkeoloji biliminden faydalanılmaktadır. Bu yöntem Arkeolojik alanların belirlenmesi, tarihi eserlerin korunması ve ortaya çıkan tarihi yapıların izlenmesinde kullanılabilir.

- **Barajlarda su seviyesi ve su toplama havzalarındaki değişimin izlenmesi**

Eğik resim fotogrametrisi su toplama havzalarında ve su birikme alanlarında meydana gelen değişimin izlenmesi ile barajların yönetiminde ve izlenmesinde şu şekillerde kullanılabilir:

- Barajların güncel halleri gözlemlenebilir.
- Barajlardaki su seviyesi tespiti yapılabilir.
- Su toplama havzasının durumu ve olası tehlikeler tespit edilebilir.

Bu çalışmalara bir örnek olması açısından; İngiltere’de bulunan Nant-y Moch barajında su seviyesinin ve baraj havzasının tespiti amacıyla 1984, 2001 ve 2012 yıllarında ölçümler yapılmış ve değişimler gözlemlenmiştir. Şekil 4.12 'da 2012 yılında yapılmış olan çalışmaya ait eğik görüntü yer almaktadır.



Şekil 4.12. Nant-y Moch barajında 2012 yılında çekilmiş eğik bir görüntü (URL11)

- **Heyelan bölgelerinin tespiti ve yönetimi**

Heyelanlar yeryüzünde çok sık meydana gelen ve çok yaygın olan bir kütle hareketi çeşididir ve aşınmada önemli rol oynarlar. Büyük heyelanlar aynı zamanda topografyada derin izler bırakırlar. 2011 yılında Brezilya da gerçekleşen bir heyelandan sonra çekilmiş olan eğik resim şekil 4.13 de gösterilmiştir.

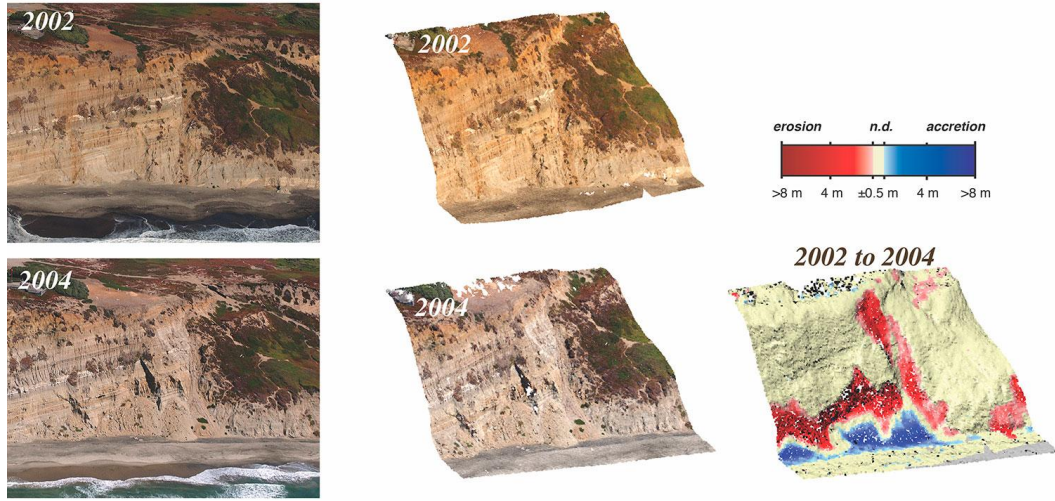


Şekil 4.13. Brezilya'nın colinas bölgesinde 2011 yılında yaşanmış olan bir heyelandan eğik bir görüntü (URL12)

Ülkemizde de her yıl özellikle yağışın çok olduğu Karadeniz Bölgesi başta olmak üzere çok sayıda heyelan meydana gelmektedir. Heyelanların izlenmesi ve öncesinde önlem alınması can ve mal kayıplarının önlenmesi açısından çok önemlidir. Heyelan alanlarının izlenmesinde eğik resim fotogrametrisi ile elde edilen görüntülerin önemi fazladır.

- **Erozyon bölgelerinin tespiti ve izlenmesi**

Erozyon kelime anlamıyla (daha çok) rüzgar ve güneş etkisi ile toprağın aşınarak yer değiştirmesi olarak ifade edilebilir. Erozyonlar; heyelanlar kadar tehlikeli olmamakla birlikte zamanla toprak kayıpları meydana gelmektedir.



Şekil 4.14. San Francisco'nun Fort Funston bölgesinde 2002-2004 yıllarında yapılan heyelan izleme çalışması (URL13)

San Francisco da yapılan bir heyelan izleme çalışması şekil 4.14 de gösterilmiştir. Bu heyelan izleme çalışması 2002 ve 2004 yılları arasında farklı zamanlarda görüntü alınması suretiyle yapılmıştır.

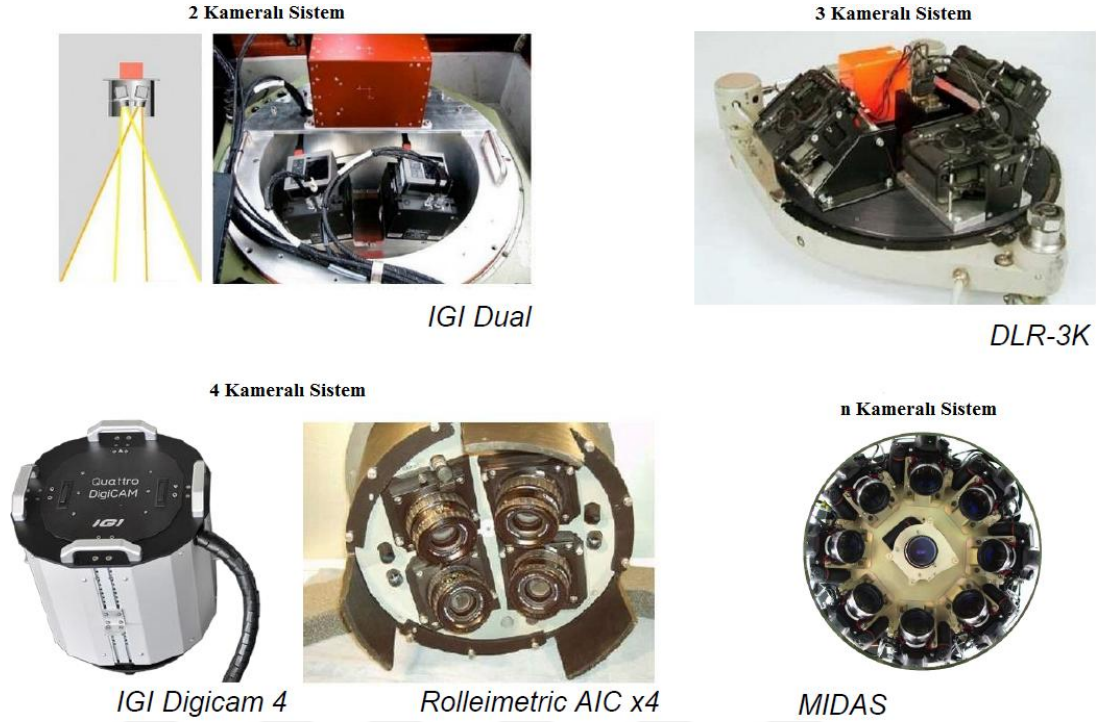
- **Bina cephe rölelevelerinin ve sokak silüetlerinin oluşturulması**

Genelde arşivleme ve reklam amaçlı özelde ise restorasyon işlerinde kullanılacak bina cephe rölelevelerinin ve sokak silüetlerinin oluşturulmasında eğik görüntüler kullanılabilir.

4.3. Eğik Resim Fotogrametrisinde Kullanılan Kameralar

Eğik resim fotogrametrisini klasik fotogrametriden ayıran en büyük fark görüntü alımında kullanılan algılayıcıların sayısı ve konumlanış şeklidir. Eğik resim kameralarını algılayıcı sayılarına göre tekli, ikili, üçlü, dördü, beşli ve altılı olarak sınıflandırmak mümkündür (Ayyıldız, 2016).

Eğik resim fotogrametrisinde birçok kamera sistemi kullanılmaktadır. Yukarıda da belirtildiği gibi, tekli kameradan, çoklu lens ve çoklu kamera sistemlerine kadar farklı yaklaşımlar mevcuttur (Özer ve ark, 2014). Bu kamera sistemlerine ait bazı seçilmiş örnekler şekil 4.15 de gösterilmiştir.



Şekil 4.15. 2, 3, 4 ve n kameralı Eğik sistemlere örnekler (Nex, 2016)

En çok tercih edilen ve en efektif sistem, düşeyde ve 4 farklı yönde eğik olarak konumlandırılan kameraların bulunduğu sistemler olarak kabul edilmektedir. Bu sistemler arasında, Track'Air Aerial Survey Systems - MIDAS, Pictometry – PENTA DigiCam, Hexagon Geosystems - Leica RCD30 ve Microsoft - UltraCam Osprey gibi sistemler bulunmaktadır (Özer ve ark, 2014). 5 lensli kameralara ait seçilmiş örnekler şekil 4.16 de verilmiştir.



Şekil 4.16. 5 Kameralı Eğik Sistemlere örnekler (Nex, 2016)

Bu sistemde, eğik kameralar kuzey, güney, doğu ve batı yönlerinde yaklaşık 40°- 45°'lik açılarla konumlandırılır. Düşey kamera ortada yer alır. Ortalama uçuş

yüksekliği 1.000 m olup, düşey görüntüler yaklaşık 15 cm, eğik görüntüler ise yaklaşık 12-18 cm çözünürlüğe sahiptir. Bu sistemler genel olarak her bir noktaya ait minimum 12, maksimum 24 görüntü sağlar. Fotogrametrik işlemlerin tamamlanmasının ardından kalite standartlarını karşılayan görüntüler kullanılarak görüntü kütüphaneleri oluşturulur (Özer ve ark, 2014).

Çizelge 4.1. Bazı Eğik Kameralar ve Özellikleri

Sistem Adı	Sensör Tipi	Sensör Sayısı	Geometrik Çözünürlük (px)	Piksel Büyüklüğü (µm)	Spektral Band	Odak Uzaklığı (mm)
Leica RCD30 Oblique	Malta Çapraz	4+1	10320 x 7752	5.2	RGB, NIR	50 / 80
Vexcel Osprey 2	Malta Çapraz	4+1	11674 x 7514 8900 x 6650	6.0	RGB, NIR	80/120
Dimac Oblique	Malta Çapraz	4+2	(2x) 13000 x 8900 (4x) 7600 x 8900	6.0	RGB	55/210
Pictometry	Malta Çapraz	4+1	2672 x 4008	9.0	RGB	65/80
Midas 5	Malta Çapraz	4+1	5616 x 3744 (Canon EOS-1D) 7360 x 4912 (Nikon D800E)	6.4 4.8	RGB	27/90
IGI DigiCAM Penta	Malta Çapraz	4+1	7304 x 5487 8176 x 6132 8959 x 6708 (Hasselblad)	6.8 6.0 6.0	RGB, CIR	50/80
IGI Quattro DigiCam Oblique	Blok	4	7304 x 5487 8176 x 6132 8959 x 6708 (Hasselblad)	6.8 6.0 6.0	RGB, CIR	80/300
Optron/Trimble AIC	Blok	4	7228 x 5428 (RolleiMetric)	6.8	RGB, CIR	60/100
VisionMap A3 Edge	Fan	2	4864 x 3232 (Kodak)	7.4	RGB, CIR	300
IGI Dual DigiCam Oblique	Fan	2	7304 x 5487 8176 x 6132 8959 x 6708 (Hasselblad)	6.8 6.0 6.0	RGB, CIR	80-150
Leica RCD30 Trio	Fan	3	8956 x 6708	6.0	RGB(CH61) RGBN(CH62)	50/80

Eğik kameralı sistemler (görüntü formatı, sensör sayısı, spektral duyarlılığı, görüntü alma yöntemi vb.) özelliklerine göre farklı gruplarda sınıflandırılabilirler. Çizelge 4.1 de bazı eğik resim çekebilen kameralara ait genel özellikler verilmiştir.

Eğik kameralı sistemler sensör sayısı, görüntü formatı, görüntü düzeni ve edinim tarzına, spektral duyarlılığı v.b. özellikler ile farklı sınıflandırma alanlarına girerler. eğik kamera sistemlerinin sınıflandırmalarına bir göz atacak olursak;

✓ Malta çapraz konfigürasyonunu günümüzde en yaygın olarak kullanılan sistem olarak tanımlayabiliriz. Bu sistem 1 adet düşey görüntü ve dört adet 40-50° lik açılar ile yerleştirilmiş eğik kameralardan oluşmaktadır (Remondino ve ark, 2015). Bu sistem küçük orta ve büyük format çerçeve kameralar içerir. Malta çapraz konfigürasyonunda gözlenen iki temel gelişme vardır. Bu gelişmelerden ilki; küçük ve orta format kameralarda bulunur ve modülerlik konseptini ve esnekliği vurgular(IGI, Midas TRACK’AIR, Leica). bir diğer gelişme ise daha büyük yatırımlar yaparak geliştirilmiş olan güçlü sensörlere sahip kapalı sistemdir (Microsoft, CICADE, Icaros) (Rupnik ve ark, 2014).

✓ Fan konfigürasyonu ise esas olarak ikiz kamera sistemlerinden oluşur. Bu sistemlerde sensör boyutunu iki katına çıkartmak için iki ayrı çerçeve tek bir çerçeve olarak birleştirilebilmektedir. Bu tarz sensörler modüler olarak imal edildiğinden montaj sırasında düşey veya eğik kamera sistemleri olarak düzenlenebilmektedir (Rupnik ve ark, 2014).

✓ Blok konfigürasyonunda ise kameralar fan konfigürasyonuna benzer şekilde bir blok içerisinde düzenlenir ve çerçeveler arasında gerekli çakışma ve düzeltmeleri sağlayarak doğrusal tek bir çerçeve oluşmasına olanak sağlar. Bu sistemi oluşturan kameralar eğik yerleştirilmiş olmayıp eğik sistemler haline getirilebilmektedir (Remondino ve ark, 2015).

4.4. Eğik Resim Fotogrametrisinin avantaj ve dezavantajları

Eğik resim fotogrametrisinin avantaj ve dezavantajlarını sıralayacak olursak:

Avantajlar

- Eğik hava fotoğraflarından yükseklik belirlemeleri düşey görüntülerden belirlenen yüksekliklere oranla daha doğrudur.
- Bir eğik hava fotoğrafı, aynı yükseklikten ve aynı odak uzaklığından alınan düşey bir hava fotoğrafına oranla arazide daha fazla alanı kapsar.
- Bulutlu alanların fotoğraflarının çekiminde düşey görüntülerden istenilen bilgiye ulaşılamamasına karşın aynı alanların fotoğraf çekimlerinde eğik görüntüler bize yardımcı olacaktır.

➤ İnsan doğası gereği zemin özelliklerini eğik olarak görmeye alışkın olduğu için eğik hava fotoğrafları daha doğal görünüme sahiptir. Örneğin, köprüler, yüksek binalar gibi uzun nesnelerin silüetleri görünür olduğundan daha tanınabilir olacaktır.

➤ Eğik resim fotogrametrisi ile bir ağacın altında veya diğer bazı uzun nesnelerin altında bulunan nesneler, yukarıdan bakıldığında düşey hava fotoğrafı üzerinde görünmeyebilir. Bu gibi kör noktaların açığa çıkarılmasında eğik fotoğraflar tercih edilebilecek bir sistemdir. Ayrıca, aynı yansımadaki sırtlar, uçurumlar, mağaralar gibi bazı nesneler kameranın doğrudan altındaysa düşey hava fotoğrafında görünmeyecektir.

➤ Eğik resim fotogrametrisi ile arazi üzerinde mesafe, yükseklik, eğim ve alan ölçümleri daha hassas bir şekilde gerçekleştirilebilmektedir.

➤ Düşey görüntüler ile fark edilemeyen nesnelerin (sokak lambası, telefon direği vb.) ayırt edilmesi eğik resim fotogrametrisi ile oldukça kolay ve zahmetsizdir.

➤ CBS veritabanı ile entegrasyon sağlanarak CBS verilerinin 3B olarak görüntülenmesi sağlanabilir.

➤ Eğik resim fotogrametrisinin de bina cepheleri görülebilir olduğundan vektör veri üretilmesi mümkün olmakta ve böylece binaların çatı paylarının ve çevre duvarların vektörel verileri daha doğru bir şekilde üretilebilmektedir.

Dezavantajlar

➤ Eğik fotogrametri teknolojisi ile geniş alanlarda çalışılması düşünüldüğünde uçak platformlarına yerleştirilen sistemlerin düşey sistemlere oranla biraz daha maliyetli olduğu görülmektedir.

➤ Eğik ve düşey hava resimlerinin arazi çalışmalarında zaman olarak bir fark olmamasına karşın, eğik görüntülerin işlenmesinde büro çalışmaları daha uzun sürebilmektedir.

➤ Eğik fotogrametri ile çekilen görüntülerin sayısı düşey olarak çekilen görüntü sayısından çok daha fazla olduğundan dolayı büro çalışmaları için gereken donanım (bilgisayar, yazıcı, çizici vb) istekleri de o derece fazladır.

➤ Ülkemizde Eğik fotogrametri henüz çok fazla kabul gören bir teknoloji olmadığından hakkında bir yönetmelik bulunmamaktadır.

➤ Uçak platformlarına yerleştirilen düşey ve Eğik sistemleri kıyasladığımız zaman eğik sistemlerin düşey sistemlere oranla çok daha maliyetli olduğu görülmektedir.

4.5. 3 Boyutlu Kent Modelleri

Fotogrametri alanında çalışan kişilerin en büyük amaçlarından birisi yeryüzünü en iyi şekilde temsil edecek fotogrametrik araçların geliştirilmesidir. Teknolojideki gelişmelerin fotogrametri anabilim dalında uygulanması fotogrametri yöntemi ile üretilen her türlü coğrafi bilginin kullanıcıya daha doğru, daha estetik ve daha nitelikli bir şekilde sunma imkânı sağlamıştır. Bu kapsamda yerleşim yerleri için üretilecek 3 Boyutlu Modeller ve bu modellere entegre edilecek uygulamalar insanların yaşam kalitesini yükseltmek için atılacak her adımda bu alanlarda yapılacak tüm istatistiksel çalışmalarda ve bu bölgelere sunulacak her hizmette önemli bir veri kaynağı olacaktır (Ayyıldız, 2016).



Şekil 4.17. Farklı amaçlar doğrultusunda üretilmiş 3B şehir modelleri (Löwner, 2013)

3 Boyutlu kent modelleri genellikle gelecek ile ilgili olarak, şehir verileri üzerinde keşif, analiz ve sentez gibi kestirimler yapmak için kullanılmaktadır. 3B kent modellerinin en önemli özelliği farklı mekânsal bilgilerin aynı ortamda bütünleştirilip gösterimine ve karmaşık kent modellerinin oluşturulup bunların yönetimine olanak sağlamasıdır. 3B kent modelleri; mimari tasarımların, şehrin sunumunda ve değerlendirilmesinde sıkça kullanılmaktadır. Kent planlaması karmaşık ve çok boyutlu bir işittir. Çünkü 3B ortamda kentsel mekânlar planlanmış, dikkate alınmış ve çalışılmış olmalıdır. 3B sanal kent modelleri, arazi modelleri, bina modelleri, bitki modelleri,

yollar gibi ulaşım sistemlerini içeren 3B ortamlar, coğrafi tabanlı şehir verilerinin gösterimini içermektedir (Metin, 2016). Şekil 4.15 de farklı amaçlar doğrultusunda üretilmiş olan 3B kent modellerinin örnekleri gösterilmiştir.

Metin, (2016) nın atıfta bulunduğu Lange ve Ark., (2004) çalışmasında; 3B jeoinformasyon teknolojilerinin getirdiği görselleştirme kapasiteleri ve animasyon desteği ile mimarlar, şehir plancıları ve karar vericiler, tasarımları mevcut durum içinde görüp değerlendirme yapabilmektedirler. Bu değerlendirmelerin yapılabilmesi için ilk aşamada, 3B kent modelinin oluşturulması gerekmektedir. İkinci aşamada, mimari tasarımlar modele eklenmektedir. Eş zamanlı olarak yapılacak olan 3B kent modellemesi ve tasarım çalışmaları, bölgenin daha iyi anlaşılmasını sağlayıp olası tasarım hatalarının önlenmesine yardımcı olmaktadır. Ayrıca, düşünülen tasarımların birbirleri ile karşılaştırılmasına olanak sağlamaktadır.

4.5.1. 3 Boyutlu Kent Modelinde Kullanılan Veri Türleri

3B kent modellerinin oluşturulması ve sürdürülmesi birbirinden bağımsız veri kaynaklarından yapılabilmektedir. Bu da veritabanları arasındaki güçlü bağlantılar ile sağlanabilmektedir. Burada önemli olan konu, verilerin sistematik ve doğru olarak birleştirilmesidir. 3B kent modellemede kullanılan veriler şunlardır (Yücel, 2009).

- **Kadastral Veriler:** Kadastral veritabanları bina, arsa ve tarla sınırlarını, adres ve iyelik bilgilerini içermektedir. Bu bilgilerin doğruluğu devlet güvencesi altındadır. Kadastral veritabanları 3B verileri içermemelerine rağmen 3B bina modellerinin oluşturulmasında önemli bir yer tutmaktadır (Yücel, 2009).

- **Hâlihazır Haritalar :** Hâlihazır harita içinde bulunulan durumu gösteren harita anlamına gelmektedir. Hâlihazır harita 'da nirengi, poligon noktaları, RS noktaları, binalar, binaların kat adedi, kaldırımlar, yollar, sokaklar, dışında kalan yerlere ait yükseklik eğrileri, ağaçlar, elektrik direkleri, ada ve parsel numaraları ve sınırları vb. çalışılan alanda bulunan her şey gösterilir. Hâlihazır haritalar, " 1/2500 ve Daha Büyük Ölçekli Harita ve Planların Yapımına ait Yönetmelik " esaslarına göre 1/1000 veya 1/2000 ölçekli olarak yapılır. 2B hâlihazır haritalardan 3B bina modellerinin oluşturulması, bina sınırlarının gerçek yükseklikleri kadar yüksekliğe kaldırılması ile gerçekleştirilmektedir (Metin, 2016).

- **Sayısal Arazi Modelleri ve Hava Fotoğrafları:** Bu veri kaynakları grid verilerden veya LIDAR verilerinden türetilen sayısal arazi modellerini ve ortofotoları

içerir. Sayısal arazi modelleri 3B kent modellerindeki bütün geometrik nesnelere için referans yüzey olarak kullanılmaktadır. Hava fotoğrafları ise fotorealistik görselleştirmede arazi yüzeylerinin ve bina çatı dokularının çatı yüzeylerine eklenmesinde kullanılan önemli veri kaynaklarıdır (Yücel, 2009).

- **3B Bina Modelleri:** 3B bina geometrileri yersel veya havadan laser tarama ve fotogrametrik yöntemler ve yersel ölçmelere dayanan jeodezik yöntemler ile elde edilmektedir. Binalar çeşitli ayrıntı düzeyleri ile gösterilmektedir, (Kolbe ve ark., 2005). Bu düzeyler blok modeller (LoD1), geometrik modeller (LoD2), mimari modeller (LoD3) ve ayrıntılı iç mekan modelleridir (LoD4), (Döllner and Buchholz, 2005). Binaların detaylı olarak gösterimine olan gereksinimin artması bina ayrıntı düzeylerinin önemini arttırmıştır. 3B mekansal verinin elde edilmesi ve kullanımında maliyetleri en aza indirilmesi gibi amaçlar için bu çalışmalar yapılmaktadır (Yücel, 2009).

- **Mimari Modeller:** Tarihi yapılardan oluşan bölgelerde ve şehir gelişim planlarında basit gösterimli 3B bina modelleri ile mimari modeller birleştirilmektedir. Bu modeller genellikle binaların dış görünümünün yanı sıra bina içi nesnelere ve dış mekan nesnelere de ayrıntılı olarak göstermektedir (Yücel, 2009).

4.5.2. 3 Boyutlu Kent Modelinde Detay Düzeyi Kavramı

3 Boyutlu binalar için ölçek kavramı, LoD (Level of Detail) ayrıntı düzeyleriyle ifade edilmektedir. Her bir LoD belirli bir geliştirme düzeyini gösterir. LoD derecesinin artması, 3B geometrinin detay içeriğinin zenginleşmesi anlamına gelir. LoD azaldıkça geliştirme yoluyla detay seviyesi düşük geometrik görseller elde edilir. Böylece ihtiyaç doğrultusunda ayrıntılandırılmış mekansal veriler üretilerek maddi anlamda tasarruf sağlanırken aynı zamanda ideal veri üretimi ile zamandan tasarruf edilir ve kullanıcılar için daha işlevsel modeller elde edilebilir. Standart olarak belirli ölçeklerdeki 2B topoğrafik haritaların aksine, 3B binalar için genel olarak kabul edilmiş ayrıntı düzeyleri yoktur (Koç, 2017).

Aşağıdaki açıklandığı gibi şu anda geçerli olan LoD çoğunlukla veri çözünürlüğü, semantik bilgilerin içeriği ve uygulamalara bağlı olarak belirlenmiştir. Ayrıntı düzeyleri ile 3B kent modelleme 3B mekansal verinin elde edilmesi ve kullanımında maliyetlerin en aza indirilmesine de katkıda bulunmaktadır (Metin, 2016). Yerleşim yerleri ve binalar için üç ayrıntı düzeyi önerilmiştir; (Kolbe ve ark., 2007)

- LoD-1: Binayı haritalardaki sınırların mevcut yüksekliği kadar yükseltme,

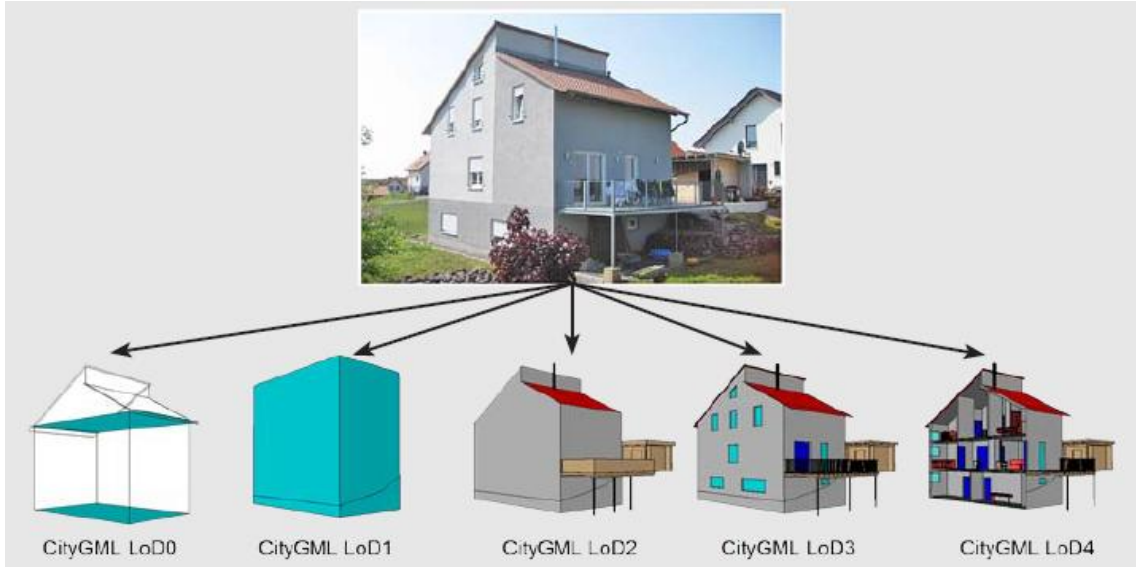
- LoD-2: Düz çatılı ve duvar dokusu ile zenginleştirilmiş LoD-1,
- LoD-3: Ayrıntılı çatılar, bina yüzeyindeki çıkıntıların gösterildiği ve fotoğraflarla zenginleştirilmiş LoD-2'den oluşmaktadır.

Sayısal arazi modellerini de içeren beş ayrıntı düzeyi önermiştir; (Gröger ve ark., 2004)

- LoD-0: Uydu görüntüsü, ortofoto gibi görüntülerin sayısal yükseklik modeli yüzeyine giydirilmesi,
- LoD-1: Binayı haritalardaki sınırlarından mevcut yüksekliği kadar yükseltme,
- LoD-2: Çatı türleri, elemanları ve önemli ağaçlar ile zenginleştirilmiş LoD-1,
- LoD-3: Bitki örtüsü, sokak nesnelere (sokak lambaları, elektrik direkleri vb.) ve mimari özellikleri ile modellenmiş binalar,
- LoD-4: LoD-3'e ek olarak bina içi ayrıntıların da modele eklenmesinden oluşmaktadır.

Bu tanımlamalar karşılaştırıldığında, aralarındaki bazı farklılıklara rağmen hepsi, düşük çözünürlüklü alt düzey LoD, daha yüksek çözünürlüklü daha üst düzey LoD'lere doğru bir geçiş içermektedir. Bu konuda 3B bina veri paylaşımını kolaylaştırmak için ilk standartlar CityGML (City Geography Markup Language) modelleme dili kapsamında OGC (Open Geospatial Consortium) tarafından aşağıdaki gibi oluşturulmuştur (Metin, 2016).

- Ayrıntı düzeyleri ile oluşturulacak 3B bina modelleri için CityGML dilinin kullanılması,
- 3B mimari bina modelleri için 3D-Studio MAX ve VRML dosya biçiminin kullanılması,
- 2B parsel ve 2B bina sınırlarını ve binaların yükseklik bilgilerini içeren 2B Coğrafi Bilgi Sistemi(CBS) verileri için "ESRI Shape" dosya biçiminin kullanılması,
- Bina sınırları arasındaki geometrik ilişkileri (topoloji) içeren veriler için "ESRI Shape" dosya biçiminin kullanılmasıdır.



Şekil 4.18. CityGML dili kapsamında detay seviyesi tanımları gösterimi (Löwner, 2012)

CityGML, 3B kent modellerine GML dilini kullanarak veri depolama, veri dönüşümü ve veri değişimi için XML-tabanlı ortamların oluşturulmasını sağlar. CityGML dili ayrıntı düzeyleri kavramına bir standart getirmek için geliştirilmiştir. Bir CityGML veri setinde, nesnenin farklı çözünürlükteki görünümü dikkate alınarak gösterimi, analizi ve görselleştirilmesi aynı anda farklı ayrıntı düzeylerinde birlikte gerçekleştirilebilir (Metin, 2016).

CityGML’de, Şekil 4.18 da gösterildiği üzere LoD-0, LoD-1, LoD-2, LoD-3, LoD-4 adı verilen beş farklı ayrıntı düzeyi tanımlanmıştır. Bunlardan LoD-0 ayrıntının en az olduğu düzeydir ve yalnız 3B sayısal arazi modelini içerir. İlgili model alanına ait hava fotoğrafı ya da harita, sayısal yükseklik modeli ile ilişkilendirilebilir. Bu düzeyde arazi modeli 3B olmasına rağmen kent modeli 2.5B’dir. Çünkü binalar 3B olarak gösterilmemektedir. LoD-1 ayrıntı düzeyi, 3B kent modellemede sık olarak kullanılan ve 3B bina modellerinin en basit olduğu düzeydir. Bu ayrıntı düzeyinde binalar dikdörtgen prizmalar ile çatılar da düz olarak gösterilir. LoD-2 ayrıntı düzeyinde ise bina çatı tipleri, dış cephe ayrıntıları ve bitkiler belirli oranda gösterilmektedir. LoD-3 ayrıntı düzeyinde binaların balkonları, duvar ayrıntıları, çatılar gibi özelliklerinin gösterildiği mimari özellikli modeller ile oluşturulur. Yüksek çözünürlüklü fotoğraflar, bu ayrıntı düzeyinde yapıların dış yüzeylerine yerleştirilmektedir (Metin, 2016).

Ayrıca ayrıntılı bitki modelleri ve taşınabilir nesnelere LoD-3 modellerinde gösterilir. LoD-3 ayrıntı düzeyindeki yapılara, odalar, merdivenler, iç duvarlar,

mobilyalar gibi bina içinde bulunan nesnelerin eklenmesi ile LoD-4 ayrıntı düzeyine ulaşılır (Yücel ve Ark., 2008).

Ayrıntı düzeyleri ile nesne gösterimleri, her düzeyde gösterilebilir en küçük nesne boyutlarına bağlıdır. Metin (2016), Kolbe (2006), tarafından bahsedilen ve Çizelge 4.2’de gösterilen sayısal değerler kesin değildir, üzerinde tartışılabilir ve uygulamadan uygulamaya farklı olabilir. 3B kent modeli veri tabanlarının kalitesinin belirlenmesinde bu beş ayrıntı düzeyi kullanılabilir. Çizelgedeki sınıflandırmalar ile 3B kent modelinin veri tabanındaki veri kalitesinin değerlendirilmesi için kullanılabilir (Metin, 2016).

Çizelge 4.2. CityGML’de ayrıntı düzeyleri ve veri çözünürlükleri(Metin, 2016, Kolbe, 2006)

	LOD-0	LOD-1	LOD-2	LOD-3	LOD-4
Modelin Kullanıldığı Alan	Bölge, İl	Kent Şehir	İlçe Mahalle	Mimari Modeller (Bina Dışı)	Mimari Modeller (Bina İçi)
Model Çözünürlük Düzeyi	Çok Düşük	Düşük	Orta	Yüksek	Çok Yüksek
3B Mutlak Doğruluk (Konum/Yükseklik)	LOD-1 den daha düşük	5m/5m	2m/2m	0.5m/0.5m	0.2m/0.2m
Yapı Donatıları	-	-	-	Dış Elemanların Gösterimi	İç Elemanların Gösterimi
Çatı Tipleri	-	Düz	Basit Yapıda	Basit Yapıda	Gerçek Görünüm
Çatı Çıkıntıları	-		Henüz Yok	Henüz Yok	Var
Dış Mekan Nesneleri	-	Önemli Nesneler	Prototipler	Prototipler	Gerçek Görünüm
Ağaçlar Büyük Bitkiler	-	Önemli Nesneler	Prototipler (6m den Yüksek)	Prototipler (2m den Yüksek)	Prototipler Gerçek Görünüm
Bitki Örtüsü	-	>50m*50m	>5m*5m	<LOD-2	<LOD-2

5. UYGULAMA VE ARAŞTIRMA

5.1. Çalışma Alanı ve Kullanılan Ekipmanlar



Şekil 5.1. Çalışma alanının Google Earth Görüntüsü

Test alanı olarak Konya'nın Meram ilçesinde yapılaşmanın yer aldığı, bu yapıların bahçe sınırları ve bahçelerdeki ağaçların yoğun olduğu kısım tercih edilmiştir. Çalışma alanımız $37^{\circ} 86' 84.01''$ - $37^{\circ} 87' 18.31''$ Kuzey enlemleri ile $32^{\circ} 42' 26.40''$ - $32^{\circ} 42' 51.43''$ Doğu boylamları arasında kalan kısımdır. Test alanımızın büyüklüğü yaklaşık olarak 7,5 hektar olup çalışma alanımızın kenar ölçüleri 234 m x 332 m.dir. Test alanımız tespit edilirken arazinin topografik yapısı olarak eğimli bir arazi tercih edilmiştir.

Uzun kenar (kuzey-güney doğrultusu) boyunca arazideki kot farkı yaklaşık olarak 5,5 m iken kısa kenar (doğu-batı doğrultusu) boyunca bu fark yaklaşık olarak 27 m.dir. Çalışma alanımıza ait genel bir Google Earth görüntüsü şekil 5.1 de verilmiştir.

Bu çalışma sırasında Çizelge 5.1. 'de gösterilen DJI Firması ürünü olan, tam otomatik uçuş sistemli (özellikleri aşağıda detaylı verilmiş olan) insansız hava aracı kullanılmıştır. Belirlenen güzergah üzerinden otomatik uçuş/çekim yapılarak görüntüler elde edilmiştir. Fotoğraflar araca sabitlenmiş dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir. Georeferanslama için ise yer kontrol noktaları ölçümü Stonex Firması üretimi olan GNSS alıcısı ile yapılmıştır.

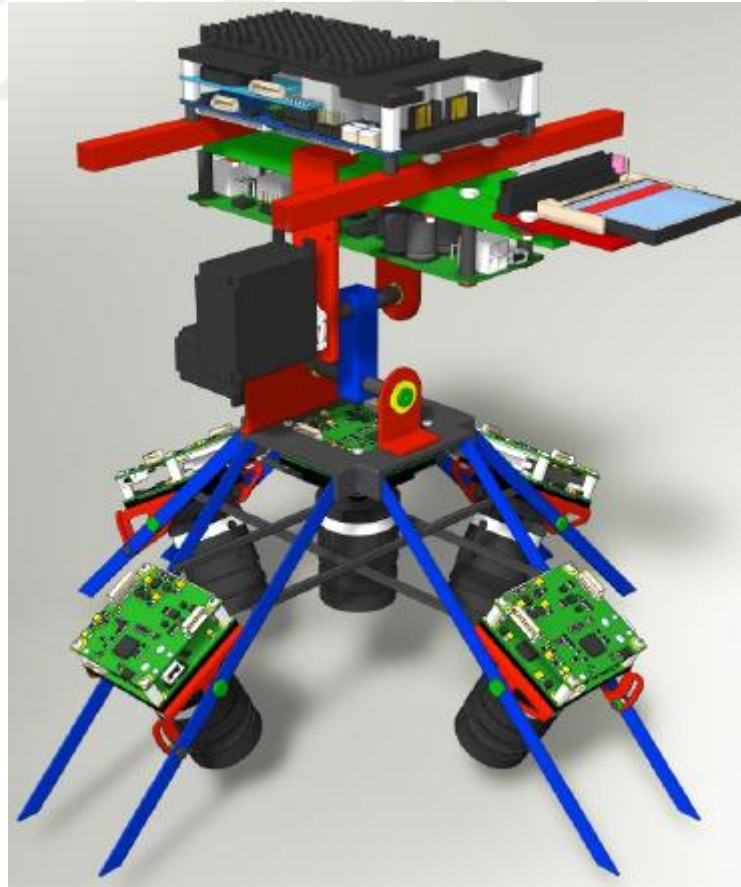
Çizelge 5.1. Kullanılan ekipmanlar ve özellikleri

DJI Phantom Professional 3	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Batarya dahil 1280 gr ✓ Maksimum Hız 16 m/sn ✓ Maksimum Tırmanış Hızı 5 m/sn ✓ Maksimum İniş Hızı 3 m/sn ✓ Havada Kalma Süresi 23 dk (4480 mAh Batarya) ✓ Maksimum Yükseklik 6000 m ✓ Çalışma Sıcaklığı (0° ile 40° arası) ✓ Konum Desteği GPS/GLONASS 	
Kamera Özellikleri	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ 1/2.3 CMOS Sensör ✓ 12.4 Mp Kamera ✓ 4000x3000 Piksel Çözünürlük ✓ Shutter Hızı 8-1/8000 sn ✓ Odak Uzaklığı 2.8 	
GNSS alıcısı	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Son derece hafif ve dayanıklı tasarlanmış, su geçirmez yapı ✓ GPS, GLONASS, GALILEO ve COMPASS uydu sinyallerine tam uyum ✓ Yatay/Düşey Hassasiyet 5 mm+0.5 ppm/10 mm+0.5 ppm ✓ Çalışma Sıcaklığı (-30° ile 60° arası) 	
Kullanılan Bilgisayar/Work Station Özellikleri	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ HP Z6 G4 İş İstasyonu ✓ Intel® Xeon® Gold 5118 (2,3 GHz taban frekansı, Intel® Turbo Boost Teknolojisi ile 3,2 GHz'e kadar, 16,5 MB önbellek, 12 çekirdek) ✓ 16 GB DDR4-2666 ECC SDRAM ✓ NVIDIA® Quadro® P4000 (8 GB GDDR5 ayrılmış) ✓ 1 TB 7200 rpm SATA Enterprise 	

5.2. Tasarımı Düşünülen Sistem Tanıtımı

Yeni gelişen teknolojiler ile birlikte eğik resim fotogrametrisine olan ilgi ve alaka artmakta ve kullanımı gitgide yaygınlaşmaktadır. Eğik resim fotogrametrisinin uçaklar, uydular v.b. insanlı araçlar ile uygulamalarında maliyet yönünden büyük sıkıntılar yaşanmaktadır. Ayrıca eksik bir ölçü ile karşılaşıldığında özellikle tekrarlı ölçülerde sorunlar ile karşılaşmaktadır. Bu sebeple eğik resim fotogrametrisinin İHA teknolojisine entegrasyonunun yapılması ihtiyacı gün yüzüne çıkmıştır.

Çalışmamız başlangıcında İHA aracımıza monte edilebilecek bir sistem oluşumu için çalışmalar yapılmıştır. Bu yeni sistem İnsansız hava aracımıza monte edilebilecek bir taşıma sistemi yaptırılarak üzerine eş zamanlı fotoğraf çektirebilecek bir sistem ile birlikte 5 kameranın yerleştirilmesidir. Bu kameralardan 4 tanesi istenilen açıya göre ayarlanabilir olması ve 1 tanesinin ise düşey ekseninde fotoğraf çekecek şekilde yerleşimi planlanmıştır. Planlanan bu sisteme ait örnek gösterim şekil 5.2' de ayrıntılı bir şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.2. Yapılması Planlanan sisteme ait genel bir çizim (Grenzdörffer G. ve Ark.)

Planlanan sistem konusunda teknik olarak yeterli destek bulunamadığından ve bununla birlikte maddi yetersizliklerden dolayı İHA aracımıza monte edilecek planlanan sistemin tasarımı iptal edilmiştir. Bu sistemin iptal edilmesi İHA lar ile yapılacak olan çalışmamızın değiştirmemize sebep olmuştur. Çalışmamız esnasında kullanmış olduğumuz DJI Phantom Professional 3 İHA üzerinde entegre bulunan tek kamera ile 2 farklı uçuşta düşey ve eğik resimler çekilerek eğik resim fotogrametrisi ile veri üretimi gerçekleştirilmiştir.

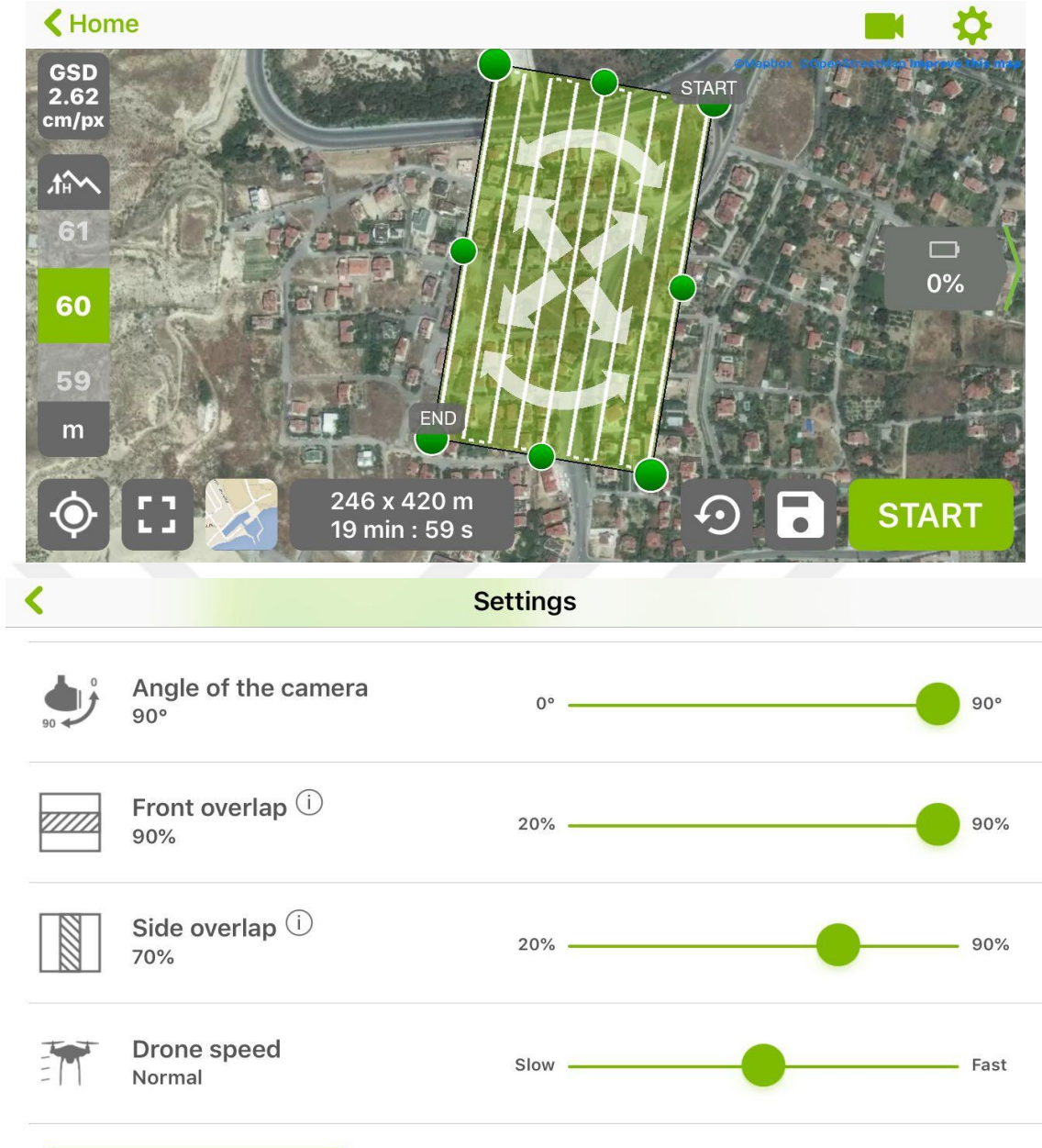
5.3. Fotogrametrik Görüntü Alımı

Çalışma alanı tanımlandıktan sonra bu alana ait tüm fotoğrafların elde edilmesi gereken noktalardan geçecek şekilde uçuş planı hazırlanmıştır. Fotoğraf elde etme aşamasında, noktalardan geçerken bindirme oranları ile oluşturulmuş bloklar üzerinde uçuş gerçekleştirilmiştir. Her iki çalışmada, enine %90 ve boyuna %70 bindirme oranları kullanılmıştır. Bir diğer proje parametresi olan uçuş yüksekliği ise 60 metredir (Özemir ve ark, 2016).

Düşey ve eğik uçuşlar aynı proje parametreleri ile iki farklı oturumda yapılmıştır. Fotoğraflarımızda en az yürüme olması amacıyla tam otomatik olarak uçuş gerçekleştirebilen İnsansız Hava Aracımızın (Dji Phontom 3 Pro) hızı 5 m/sn olarak ayarlanmıştır. Ayrıca eğik uçuş için uçuş planı hazırlanırken düşey uçuş planından farklı olarak kamera açısı 45° dönük olarak ayarlanmıştır. Uçuş Planının hazırlanması ve uçuşun yönetimi aşamasında Google Earth tabanlı olarak çalışan "Pix4d Capture" mobil yazılımı kullanılmıştır. Uçuş planı düşey ve eğik uçuşlar için ayrı ayrı hazırlanmıştır.

5.3.1. Düşey Görüntü Alım Yöntemi

Otonom uçuş işlemi, (önceki bölümlerde belirtilen) kullanılacak ekipmanın kararlaştırılması ve uçuş planı hazırlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Uçuş yapılırken yer kontrol istasyonu olan mobil cihazımıza yüklediğimiz Pix4d Capture yazılımı ile uçuşun takibi gerçekleştirilmiştir (Özemir ve ark, 2016). Düşey uçuş için hazırlanan uçuş planları ve uçuş parametreleri şekil 5.3 'de gösterilmiştir.

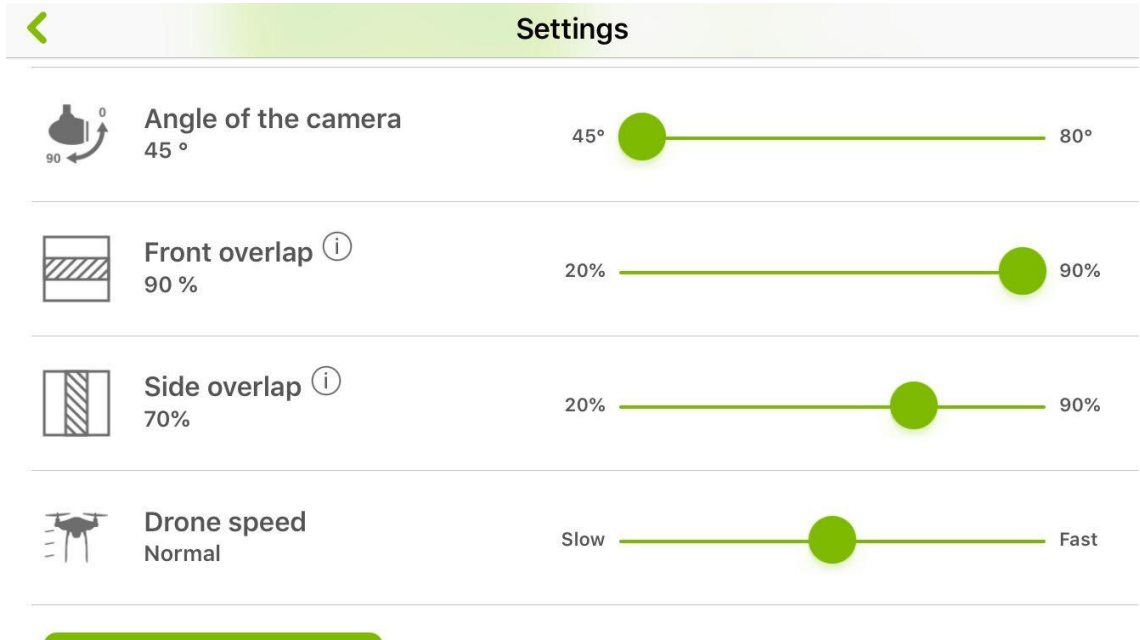


Şekil 5.3. Düşey sistem için uçuş planı örneği

Otonom uçuş sırasında fotoğraf orta noktalarının koordinatları kaydedilmiştir. Çalışma alanından toplam 149 adet düşey hava fotoğrafı çekilmiştir (Özemer ve Ark., 2016).

5.3.2. Eğik Görüntü Alım Yöntemi

Uçuş planının ve gerekli ekipmanın hazırlanmasının ardından otomatik uçuş özelliklerine sahip insansız hava aracımız yardımıyla uçuş planımıza uygun şekilde eğik görüntü alım işlemi gerçekleştirilmiştir. Eğik uçuş için hazırlanan uçuş planları ve uçuş parametreleri şekil 5.4 'de gösterilmiştir.



Şekil 5.4. Eğik sistem için uçuş planı örneği

Uçuş parametrelerimiz düşey uçuşumuzda kullanılan parametreler ile aynıdır. Düşey uçuş sisteminden farklı olarak; kamera açısı 45° olarak ayarlanarak arazinin fotoğrafları çekilmiş ve düşey uçuş sisteminde arazimiz bir kez taranırken eğik uçuşumuzda arazimiz 2 kez taranmıştır. Çalışma alanımızda toplam 274 adet eğik görüntü alınmıştır.

5.4. Jeodezik Çalışmalar

Düşey ve Eğik uçuşlarımız neticesinde elde ettiğimiz görüntülerin georeferanslama işlemleri için çalışma alanımıza 46 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Bu Yer kontrol noktalarının çalışma alanımıza dağılımı Şekil 5.5 'de görülmektedir. Yer kontrol noktalarının tesisi yapılırken noktaların çalışma alanını tamamen kaplayacak şekilde dağıtımının yapılmasına özen gösterilmiştir. Yer kontrol noktalarının koordinatlandırma işlemi Stonex firması tarafından üretilen GNSS alıcısı ile yapılmıştır



Şekil 5.5. Kullanılan kontrol noktalarının araziye dağılımları

Çekilen fotoğraflar üzerinden çalışma alanımızda net görülebilen keskin noktaların (menhol, bina ve duvar köşeleri veya görüntüler üzerinden net görülebilen sabit nokta) koordinatları alınmıştır. Test alanımıza herhangi bir YKN (Yer Kontrol Noktası) tesisi yapılmamıştır. YKN olarak doğal noktalar tercih edilmiştir. Test

alanımızda seçilen bu yer kontrol noktalarının koordinatlandırma işlemi TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak GRS1980 elipsoid datumunda 3 derecelik ve 33. dilimde Türkiye Ulusal Referans Sistemi'nde, epok 2005'te projeksiyonlanmış (ITRF96 evrensel olarak EPSG:5255) koordinatlarının ölçümü yapılmıştır. Koordinat ölçümü gerçekleştirilen bu yer kontrol noktalarının standart sapmaları bu noktaların kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Her iki çalışma içerisinde de Yer kontrol noktalarından bazıları seçilerek dokümantasyonun hassasiyet araştırması için kullanılmıştır. Bu seçilen denetim noktaları dengeleme işlemine dahil edilmemiştir.

5.5. Fotogrametrik Değerlendirme

Verilerin kontrolü tamamlandıktan sonra fotogrametrik veri üretimi için Agisoft PhotoScan Pro yazılımı kullanılmıştır.

Yazılım yüksek çözünürlükte ortofoto ve son derece detaylı DEM /dokulu poligonal model oluşturmasına olanak sağlar. Tam otomatik iş akışı profesyonel fotogrametrik veri üretmek için bir masaüstü bilgisayar ile havadan binlerce görüntü işlemeyi sağlar (Erdoğan, 2016).

Koordinatlandırma görevini yerine getirmek için; programın kamera ile ilişkilendirilmiş GPS koordinatlarına EXIF / düz metin dosyasına, ya da daha yüksek doğrulukta (en fazla 5 cm kadar) elde etmek için, kullanılabilir YKN koordinatları ile birlikte koordine ihtiyacı var. Kamera kalibrasyon verileri program tarafından hesaplanır (ve gerekirse dışarı verilir) veya dış kaynaktan alınabilir. Agisoft PhotoScan Pro JPEG, TIFF, PNG gibi bir dizi giriş giriş formatlarını destekler. Çıkış biçimleri geniş bir yelpazede (GeoTiff, xyz, Google KML, Wavefront, OBJ, VRML, COLLADA, PDF) fotogrametrik analiz için herhangi bir GIS sistemi kolay çıkış formatı sağlar (Erdoğan, 2016).

Agisoft PhotoScan Yazılımı yardımıyla aşağıda sayılan fonksiyonlar ayarlanabilir:

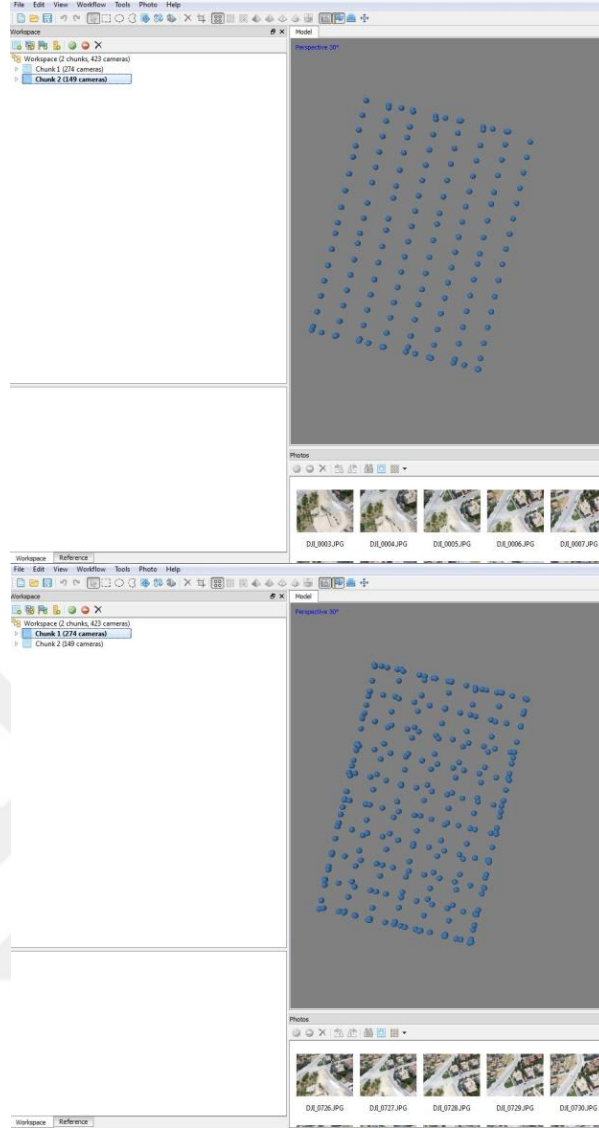
- Havai Nirengi
- Poligon Model Oluşturma (dokulu / düz)
- Koordinat Sistemi Ayarlanması
- Jeoreferanslı Dijital Yükseklik Modeli (DEM) Üretimi
- Jeoreferanslı Ortofoto Oluşturma

İHA ile elde edilen verilerin ve hava fotoğraflarının bir vektör harita ile aynı ölçümleri sunulabilmesi için işlenmesi zorunlu bir gerekliliktir. Giriş kısmında açıklanmış olan ortofoto, vektör harita ile aynı ölçümleri sunmaktadır. Ayrıca bu çalışmada ortofoto üretimi için gerekli olan Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve 3 boyutlu nokta bulutu üretimi de yapılmıştır. Elde edilen hava fotoğraflarının işlenmesine ilgili fotoğrafların iş istasyonunda programa yüklenilmesi ile başlanılmıştır (Özemir ve ark, 2016).

Yapmış olduğumuz çalışmada düşey ve eğik uçuşlarımız için gerçekleştirilmiş fotogrametrik değerlendirme işlemleri ve bu çalışmalar sonucu elde edilen veriler başlıklar halinde anlatılmıştır.

5.5.1. Gerekli Görüntülerin Yüklenmesi

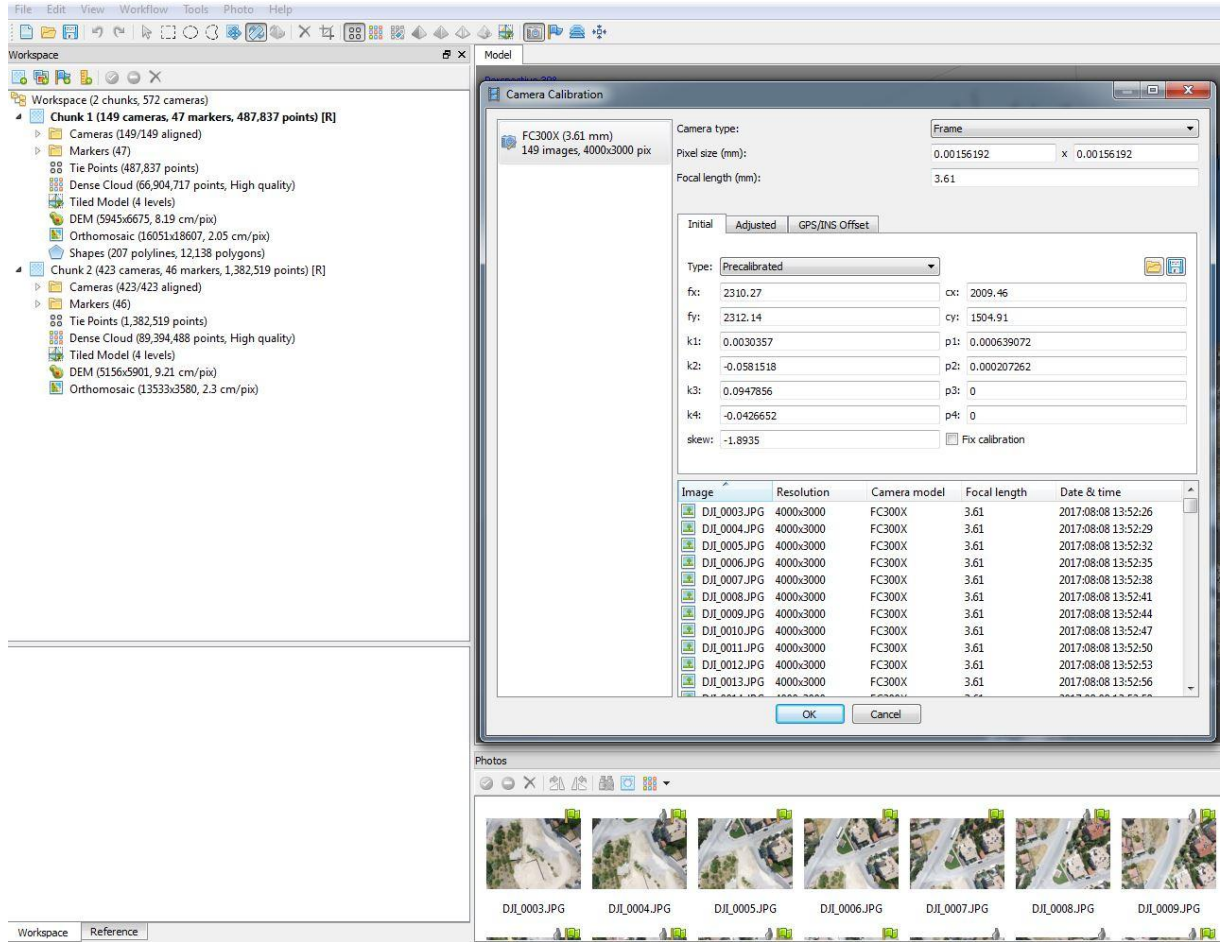
İlk olarak Agisoft Photoscan Pro yazılımında yeni bir çalışma dosyası açılarak çalışma alanımız ile ilgili çekmiş olduğumuz hava fotoğraflarının yüklenmesi işlemleri gerçekleştirilir. Düşey uçuş çalışması için toplam 149 fotoğraf eklenirken eğik uçuş sistemi için toplam 423 (149 düşey +274 eğik) adet fotoğraf eklenmiştir (Şekil 5.6).



Şekil 5.6. Düşey ve Eğik Çalışmalarda görüntülerin durumunu gösterir bir örnek

Şekil 5.6 'de görüntülerin yükleme işlemlerinin bittiğini, düşey ve eğik sistem için resim çekim noktalarını görmekteyiz.

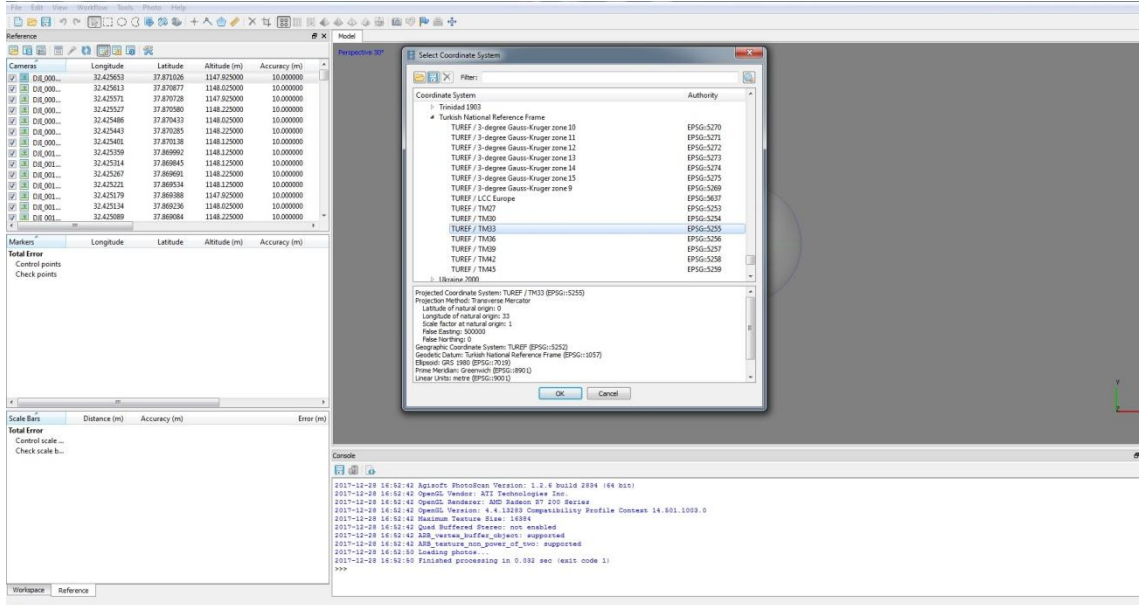
Ayrıca kullanılan kamera için iç yöneltme işlemlerinin yapılabilmesi için proje başlangıcında üretilmiş olan .XML dosyası şeklinde saklanan ve şekil 5.7 da görülen kamera kalibrasyon değerleri projemize tanıtılmıştır.



Şekil 5.7. Kamera Kalibrasyon değerlerinin Programa girilmesi

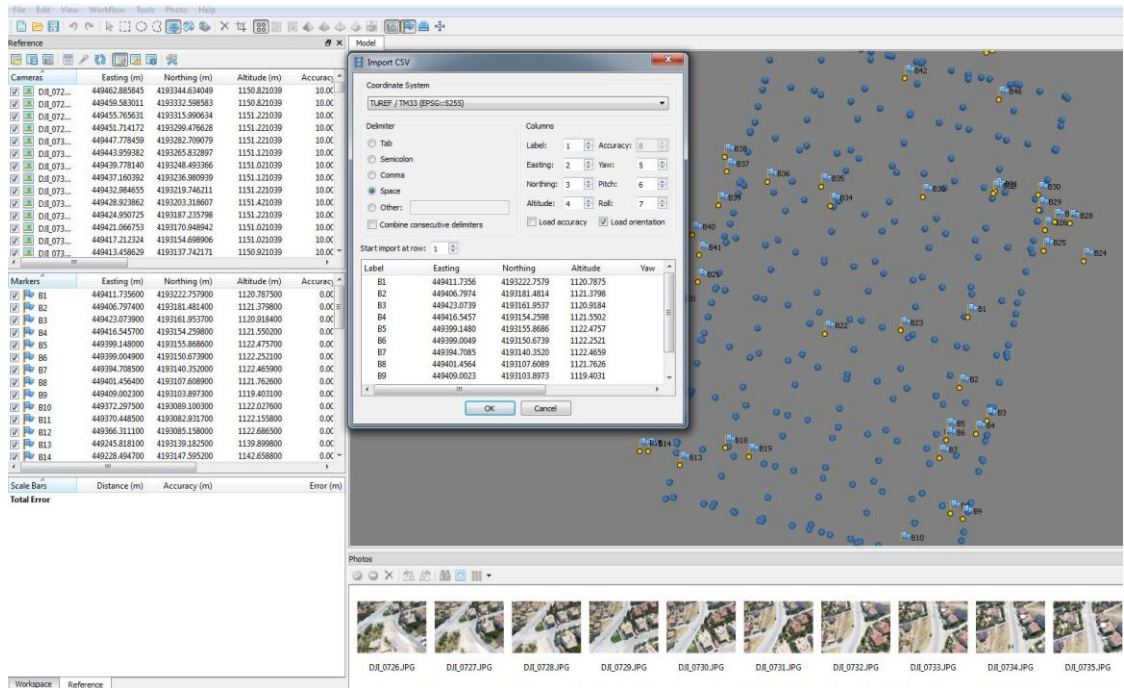
5.5.2. Koordinat Sistemi Dönüşümleri ve Kontrol Noktalarının Yüklenmesi

Uçuşu gerçekleştirilen bölge ile ilgili objelerin matematiksel hesaplanabilmesi ve ölçülmesi için, şekil 5.8 de gösterilen bir referans sistemi içinde tanımlanmıştır. Tanımlanan bu referans sistemi GRS1980 elipsoid datumunda 3 derecelik ve 33. dilimde Türkiye Ulusal Referans Sistemidir.



Şekil 5.8. Çalışmalarımızda Koordinat sistemi ayarlamasına örnek

GPS koordinatlarına sahip görüntülerimiz bu işlemde sonra artık yersel ölçümler için kullanıyor olduğumuz koordinat sistemine dönüşmüş oluyor. Bu işlemin ardından arazide almış olduğumuz ve değerlendirme işlemlerinde kullanılacak olan yer kontrol noktalarımızı programımıza atıyoruz (Şekil 5.9).

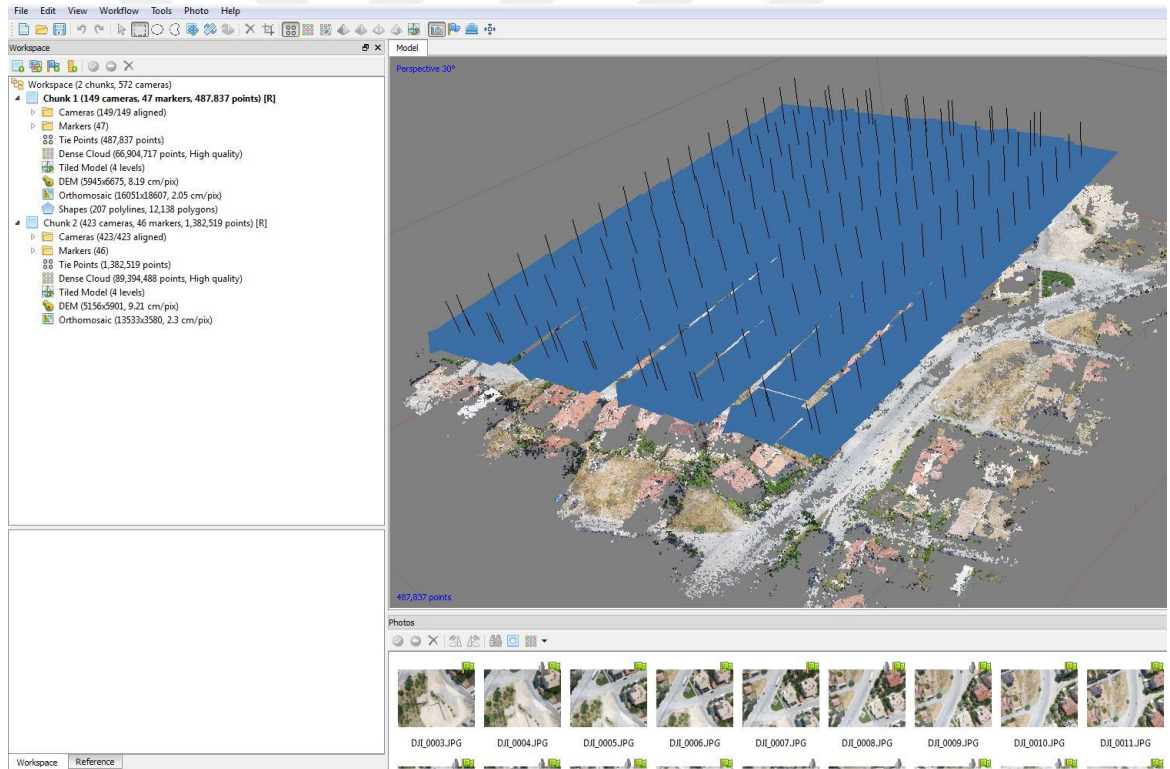


Şekil 5.9. Kontrol noktalarının Agisoft Photoscan a yüklenmesi

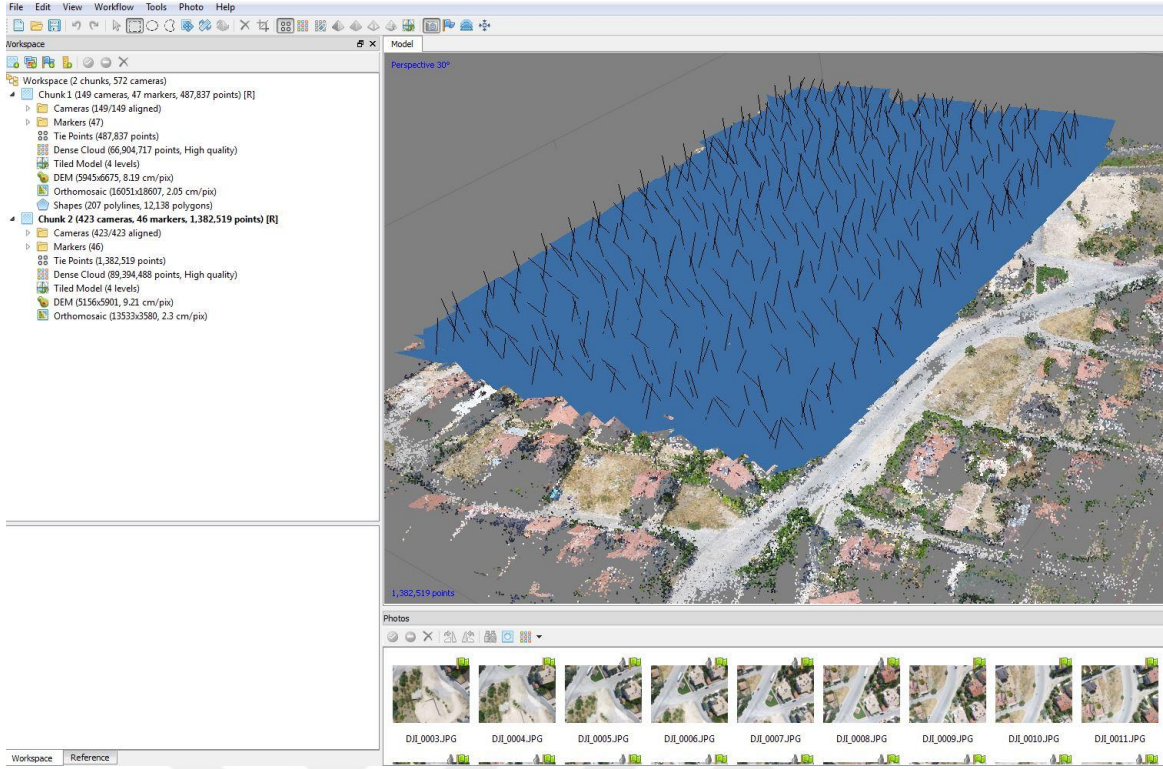
Kontrol noktalarımızı Agisoft Photoscan yazılımına yüklediğimiz zaman kontrol noktalarımız şekil 5.8 'de görüldüğü üzere yaklaşık olarak yerlerinde görülmektedir. gerekli küçük düzeltmelerin ardından "Update "ve "Optimize " diyerek yer kontrol noktalarının ve Kontrol noktalarının karesel ortalama hataları elde edilmiştir.

5.5.3. Görüntülerin Hizalanması İşlemleri

Yukarıda sayılan aşamaların ardından Agisoft PhotoScan Professional programıyla her bir görüntüdeki koordinat ve dönüklük değerleri ile fotoğrafları 3 boyutlu uzay koordinat sistemine yerleştirilmiştir. Girilmiş olan parametre ve veriler ile hava fotoğraflarının karşılıklı yöneltmesini yapılmıştır (Özemir ve ark, 2016). Yapılan yöneltme çalışması neticede oluşan görüntü Şekil 5.10 'da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.10. (a) : Düşey sistem çalışmamızdaki görüntülerin hizalanmış şekli, (b) : Eğik sistem çalışmamızdaki görüntülerin hizalanmış şekli

Bu işlemi yaparken Agisoft PhotoScan Professional programı hava fotoğraflarındaki ortak pikselleri bularak yoğun görüntü eşleme yöntemini kullanmaktadır. Yoğun görüntü eşleme yöntemi her fotoğraftaki ortak pikselleri kendisine komşu fotoğraflarda eşlemektedir. Mevcut işleme aşamasında her görüntüdeki özellik içeren noktaların üst sınırını dikkate alan ve görüntülerde eşlenen piksellere “key point” adı verilmektedir. Bu değere sıfır girilmesi en fazla key point hesaplanmasını sağlarken, “key point” güvenilirliğinin düşmesine sebep olur. Bir diğer parametre olan “tie point” ise her pikseldeki bağlama noktalarının maksimum sayısını temsil etmektedir. Bunu takiben, YKN'lerin programda ölçülmesi YKN'lerin bulunduğu hava fotoğrafları filtrelenerek yapılmıştır (Özemer ve ark, 2016).

Görüntülerimizin hizalanması işlemleri tamamlandıktan sonra; öncesinde programımıza atmış olduğumuz kontrol noktalarımızın yerlerinin kontrol ederek hassas bir şekilde tekrar konumlandırıyoruz. Görüntülerimize denk gelen kontrol noktalarımızın yerlerinin düzeltilmesinin ardından Optimize et diyerek yerleri düzeltilen noktalarımızı kullanıma hazır hale getirmiş oluyoruz.

5.5.4. Nokta Bulutlarının Üretilmesi

Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretimi ve fotoğrafların giydirilmesi ile oluşturulacak olan ortofotoya altlık oluşturması amacı ile yoğun nokta bulutu üretimi gerçekleştirilmiştir. Nokta bulutu üretimi Medium, .high ve ultra High olmak üzere üç farklı yoğunlukta yapılmıştır. Nokta bulutu üretimi neticesinde milyonlarca 3 boyutlu koordinatlara sahip ve renk değerlerinin de bulunduğu noktalar elde edilmiştir. Seçilen nokta bulutu yoğunluklarına göre üretilmiş nokta sayıları çizelge 5.2 de gösterilmiştir.

Çizelge 5.2. Nokta yoğunluklarına göre nokta sayıları

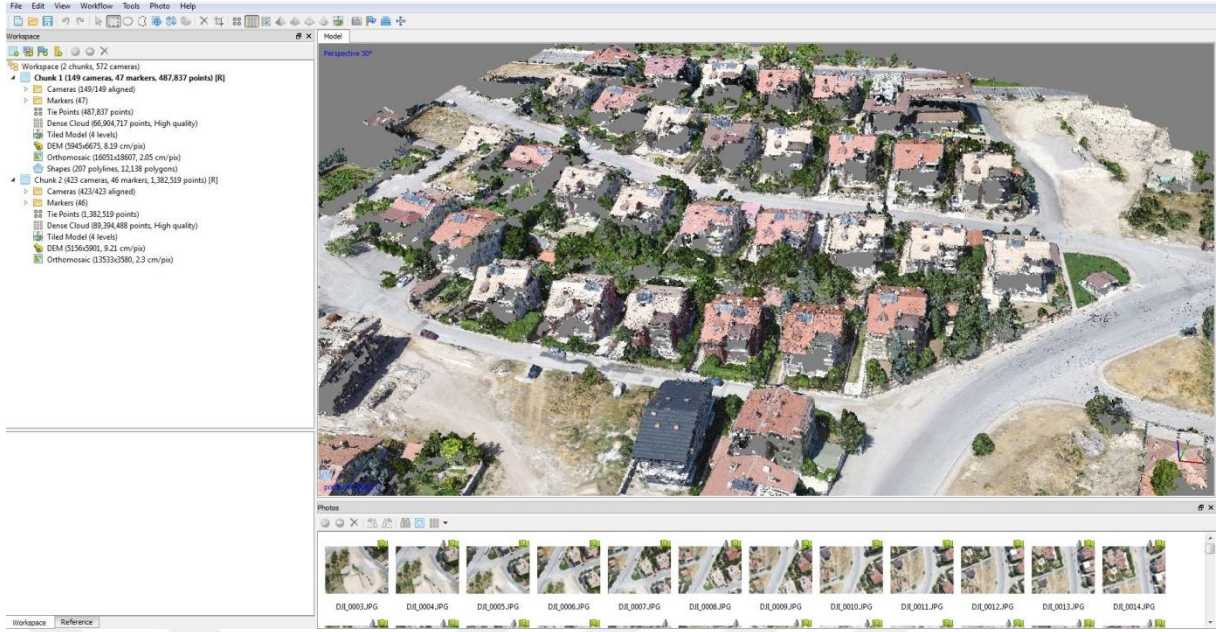
	Alım Sistemlerine Göre Nokta Sayıları	
	Düşey Sistem	Eğik Sistem
Medium	16.853.758	22.936.722
High	66.904.717	89.394.488
Ultra High	242.384.105	Üretilmedi

Çalışmalarımızda sırasında Eğik sistem için ultra high seviyesinde üretim yapılamamıştır. Üretim yapılabilmesi için daha güçlü bilgisayar özelliklerine ihtiyaç duyulmuştur. Nokta bulutlarının üretim zamanları ile ilgili bilgiler Çizelge 5.3 de verilmiştir.

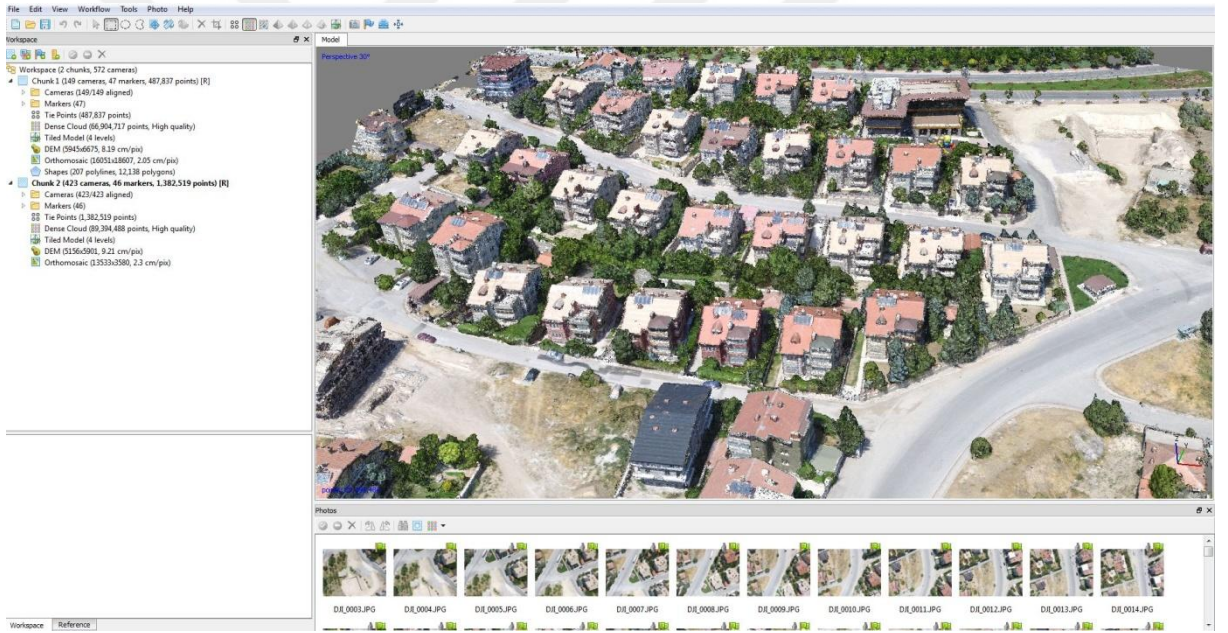
Çizelge 5.3. Nokta yoğunluklarına Üretim Zamanları

	Alım Sistemlerine Göre Üretim Süreleri	
	Düşey Sistem	Eğik Sistem
Medium	55 Dakika 17 Saniye	3 Saat 6 Dakika 26 Saniye
High	1 Saat 29 Dakika 1 Saniye	13 Saat 31 Dakika
Ultra High	6 Saat 45 Dakika	Üretilmedi

Çalışmalarımızda en çok faydalanılan ve genel görüntüsü olarak arazimizin en iyi temsil edebilecek veri olarak High seviyesinde üretilen nokta bulutu verisi tercih edilmiştir. Çalışma alanımızın bir bölümüne ait ekran görüntüleri şekil 5.11 da gösterilmiştir.



(a)



(b)

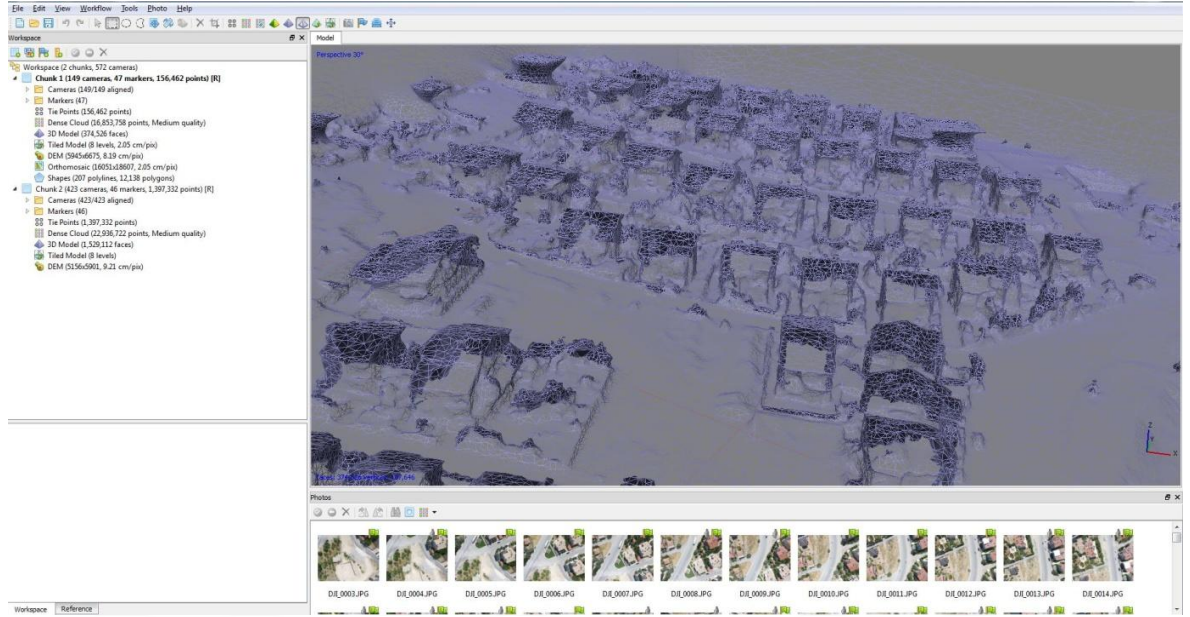
Şekil 5.11. (a) : Düşey Sistem ile üretilen nokta bulutu, (b) : Eğik Sistem ile üretilen nokta bulutu

Yukarıda görülen görüntülerden de anlaşılacağı üzere düşey uçuş ile üretilmiş olan nokta bulutlarında özellikle bina cephelerinde eksiklikler yaşanırken eğik sistem ile üretilen nokta bulutlarının çalışma alanımızı komple eksiksiz kapadığı görülmektedir.

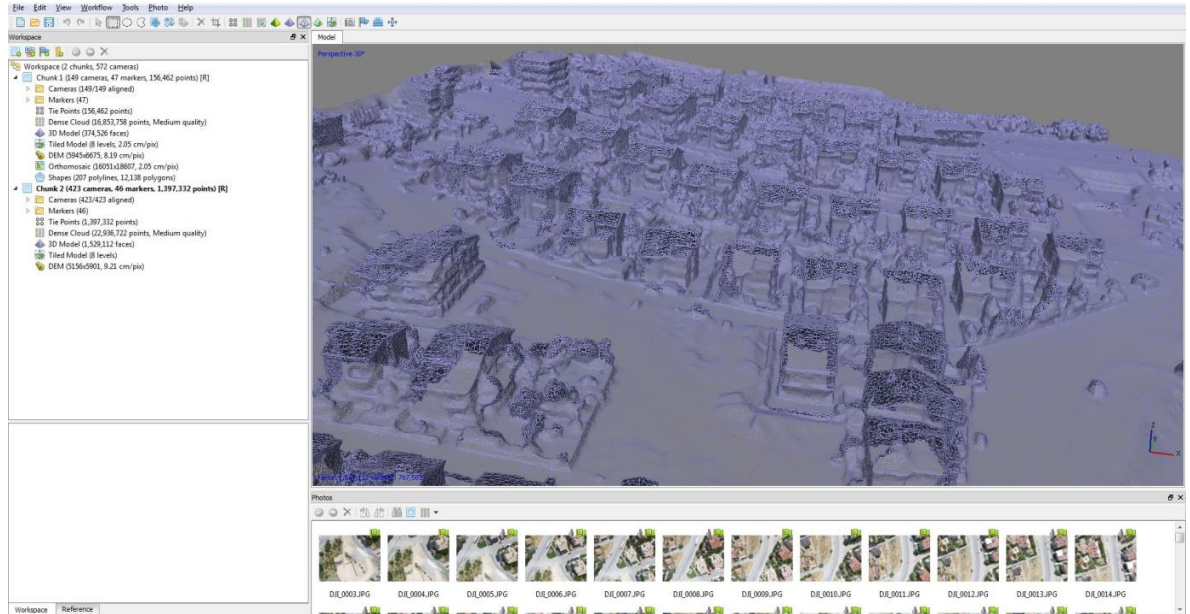
Ayrıca şekil 5.11 'da görüldüğü üzere çalışma alanımızın kenar kısımlarına denk gelen yerlerde düşey sistem ile üretilen verilerde eksiklikler olduğu, Eğik sistemde ise bu eksikliklerin olmadığı görülmektedir.

5.5.5. Nokta Bulutlarının Üçgenlenme, Katı Model Oluşumu ve Doku kaplanması

Nokta bulutu kümeleriyle elde edilen nesnel noktaları birleştiren üçgenler, çizgiler ve yüzeyler gibi geometrik varlıkların bağdaştırılması ile anlamlı hale getirilmektedir (Özbay ve ark, 2016). Nokta bulutlarının üretiminin ardından 3 boyutlu koordinatlara sahip noktalar arasında üçgenleme işlemleri yapılmıştır (şekil 5.12).



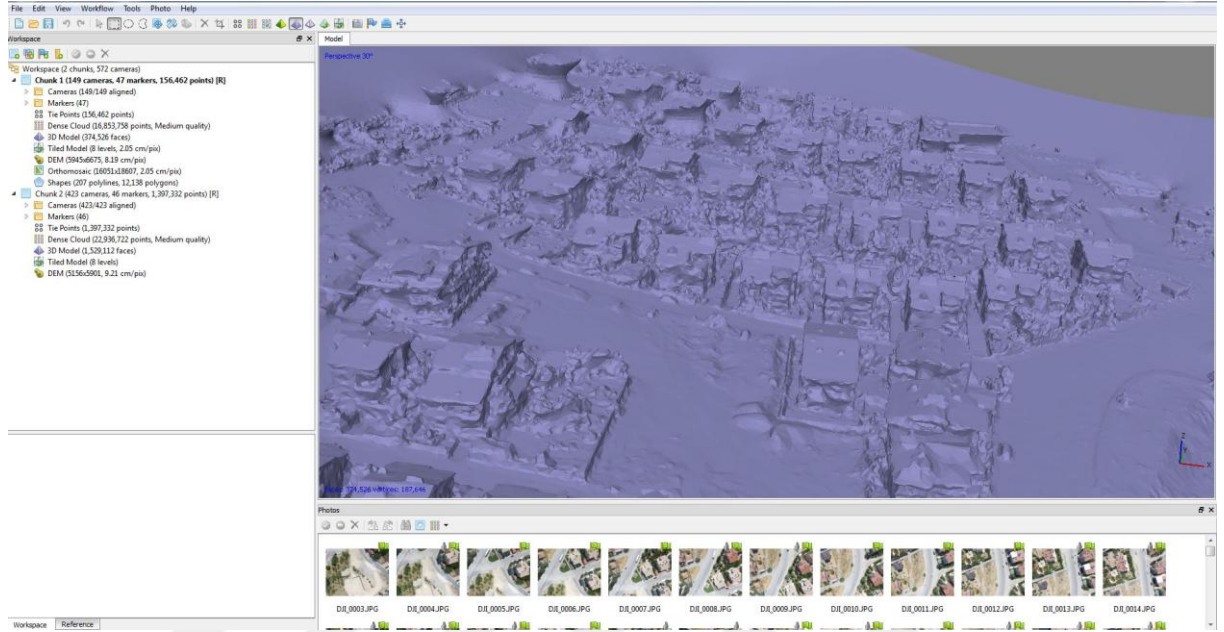
(a)



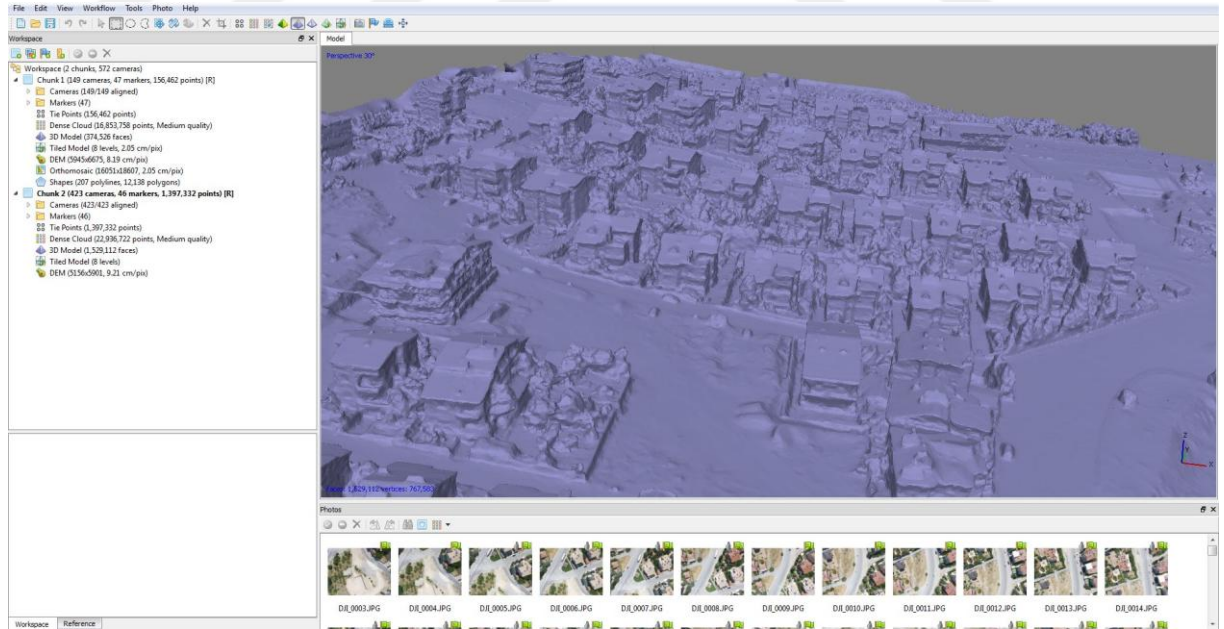
(b)

Şekil 5.12. (a) : Düşey Sistem ile üretilmiş olan nokta bulutlarının üçgenlenmiş hali, (b) : Eğik Sistem ile üretilmiş olan nokta bulutlarının üçgenlenmiş hali

Bu işlem aşamasında ayrıca çalışma alanımıza ait ve doku kaplamalarına altlık olacak olan katı model oluşturulmuştur (Şekil 5.13). oluşan katı modelim genel görüntüsünden de anlaşılacağı üzere eğik sistem ile gerçekleştirilmiş çalışmada katı modelin daha düzgün ve gerçeği yansıttığını görmekteyiz.



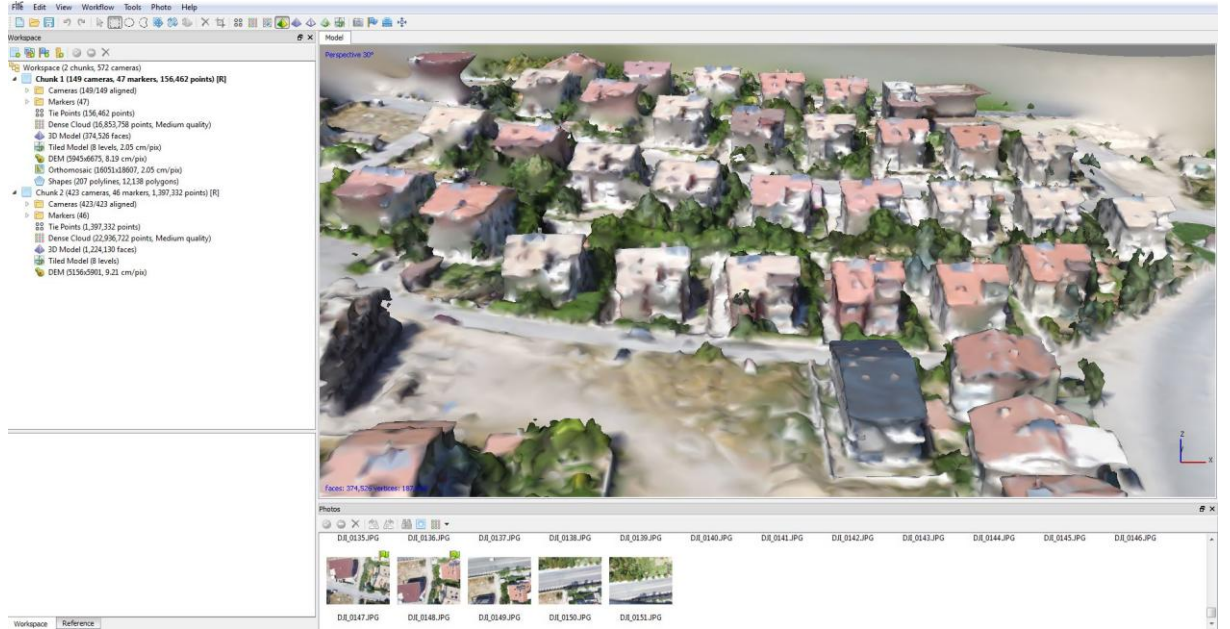
(a)



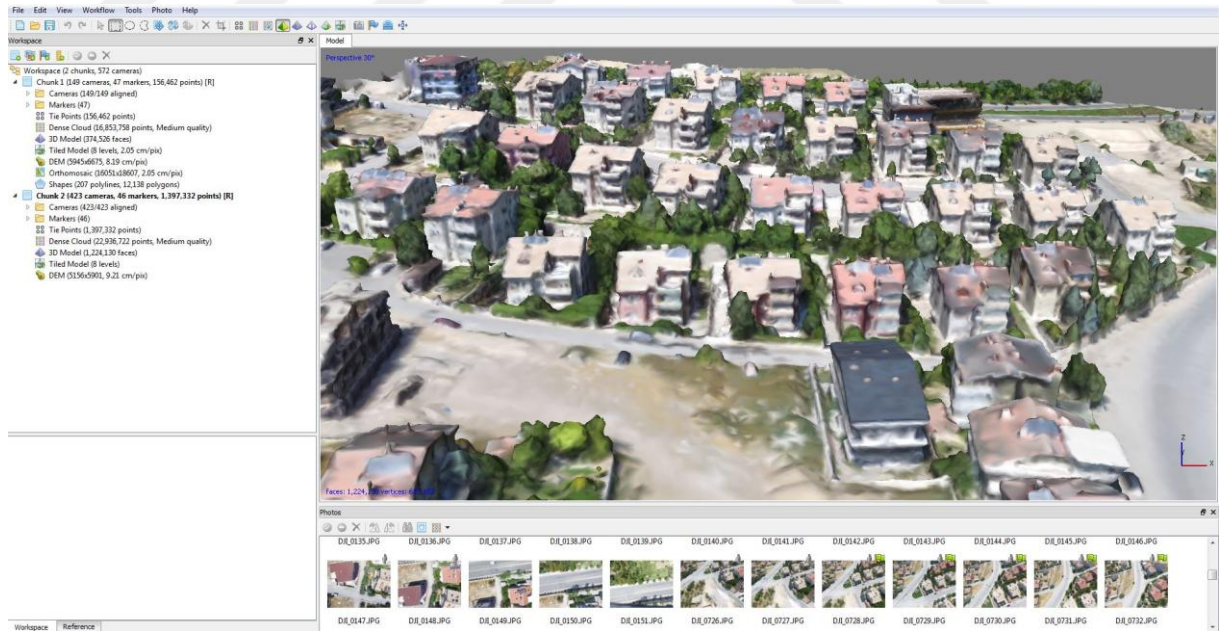
(b)

Şekil 5.13. (a) : Düşey çalışmamızdan bir bölgeye ait katı model görüntü, (b) : Eğik çalışmamızdan bir bölgeye ait katı model görüntü

Çalışma alanımıza ait üçgen model ve katı modellerimiz yardımı ile gerçek renk değerlerine sahip doku kaplama işlemleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 5.14). Gerçek doku kaplamaları 3 boyutlu modele geçiş aşamasında en temel işlemlerdendir. Bu oluşturulan doku kaplamaları yaklaşık renk değerlerinden oluşturulmuş geçici 3B modeldir.



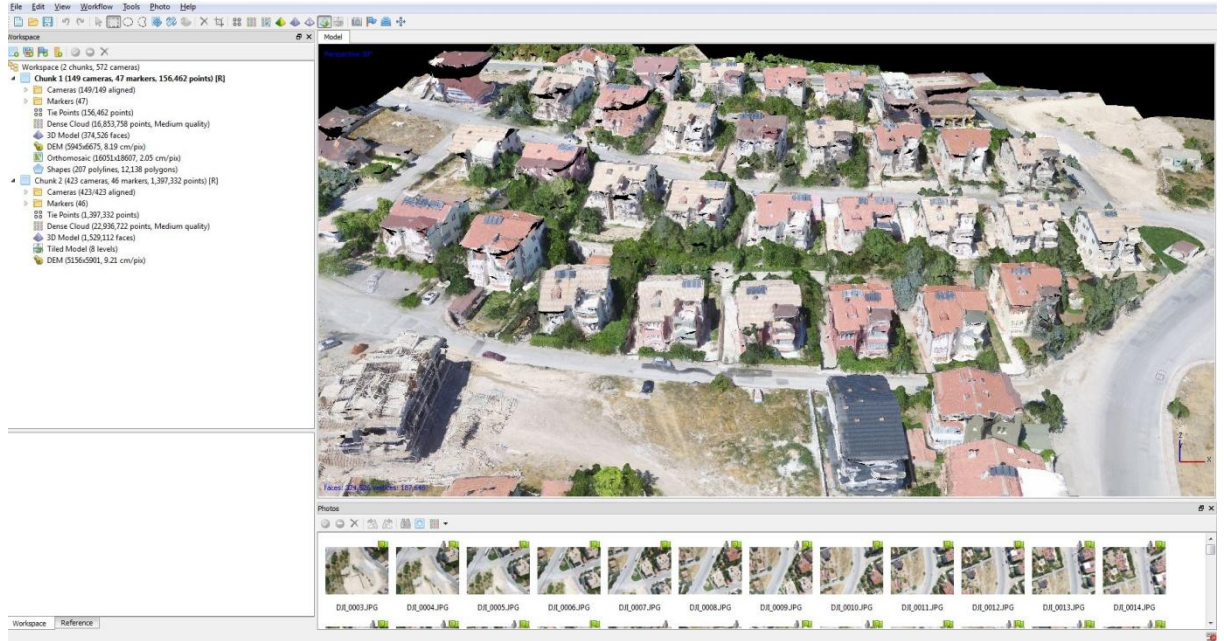
(a)



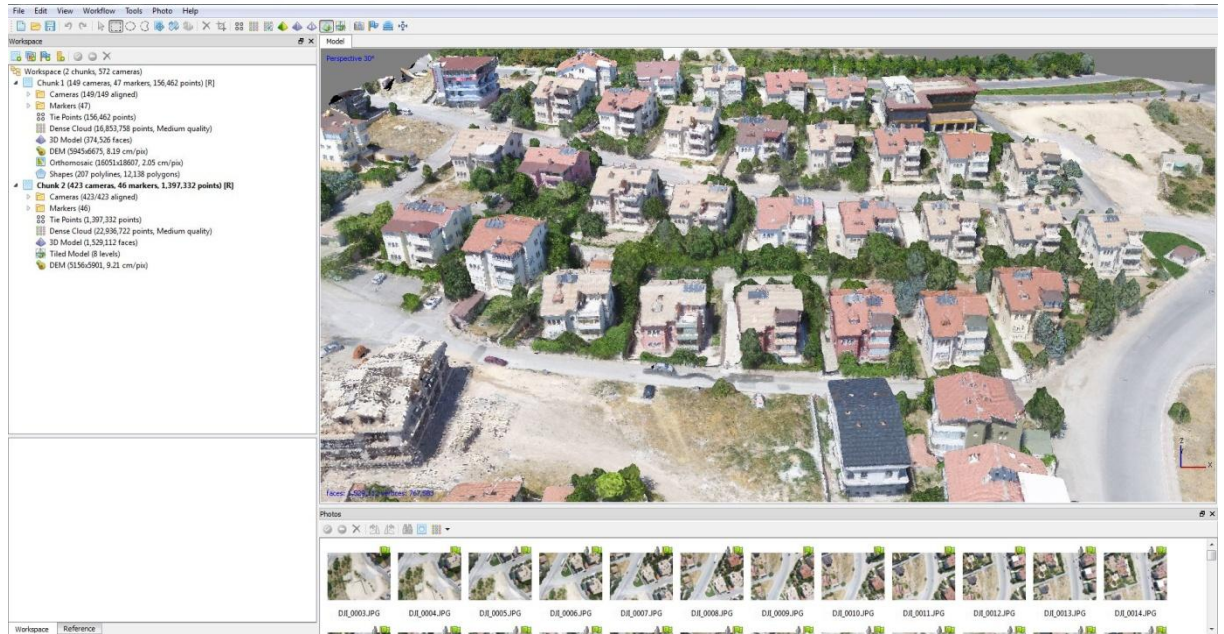
(b)

Şekil 5.14. (a) : Düşey çalışmamız neticesinde yaklaşık renkleri atanmış 3 boyutlu model, (b) : Eğik çalışmamız neticesinde yaklaşık renkleri atanmış 3 boyutlu model

Bu işlemlerin ardından yaklaşık olarak çalışma alanımızın 3 boyutlu katı modelini oluşturmuş oluyoruz. Bu katı modeli biraz daha anlaşılır hale getirmek için kenarların köşeli halde düzenlenmesi gerekmektedir. bu işlemi ise "Build Texture" komutu ile yapıyoruz. Daha anlaşılır olan model Şekil 5.15 'de gösterilmiştir.



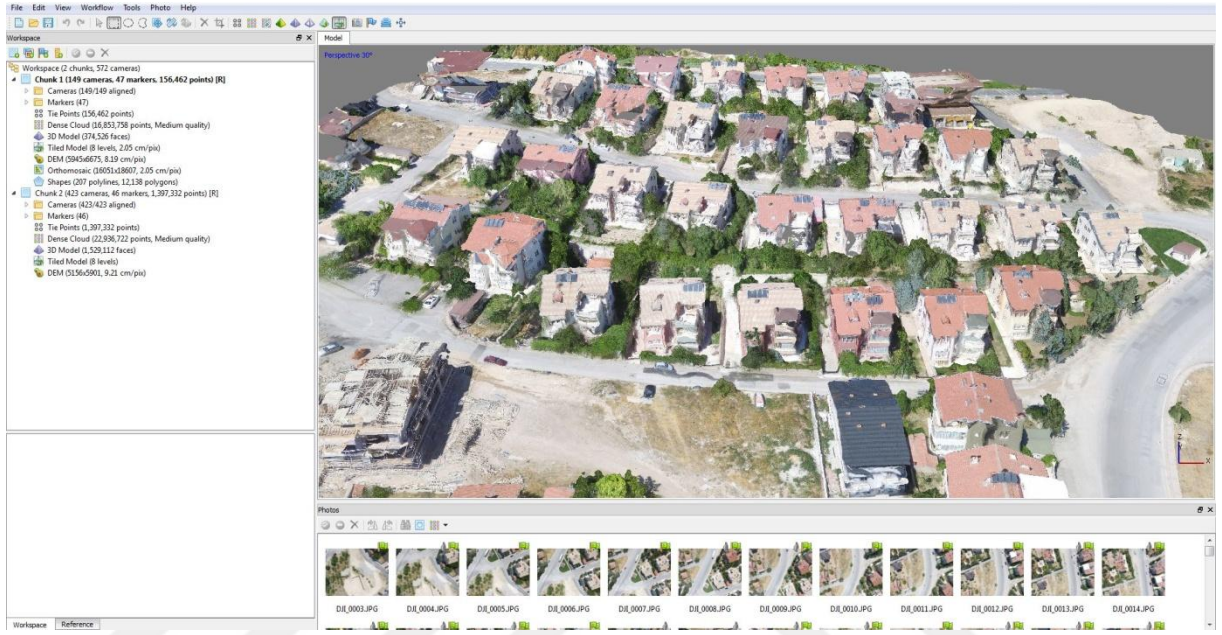
(a)



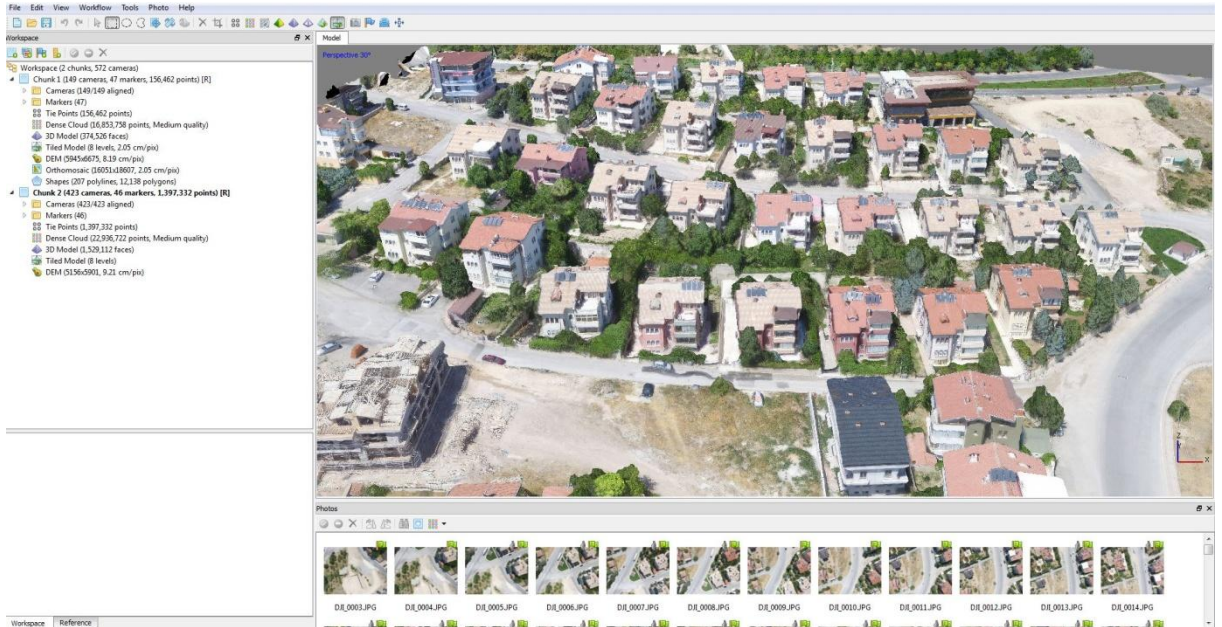
(b)

Şekil 5.15. (a) : Düşey sistem ile üretilmiş ve anlaşılır hale getirilmiş görüntü, (b) : Eğik sistem ile üretilmiş ve anlaşılır hale getirilmiş görüntü

Bu işlemlerin ardından çalışma bölgemize ait 3 boyutlu katı modelimize gerçek resim değerleri giydirilerek ve bazı kenarlarda ve köşe noktalarında kalmış olan gereksiz renk değerleri düzeltilerek test alanımıza ait tam bir 3 boyutlu görüntüsü elde edilmiştir (Şekil 5.16). Bu model ise Agisoft yazılımında Bulunan "Tiled Model" komutu ile yapılmıştır.



(a)

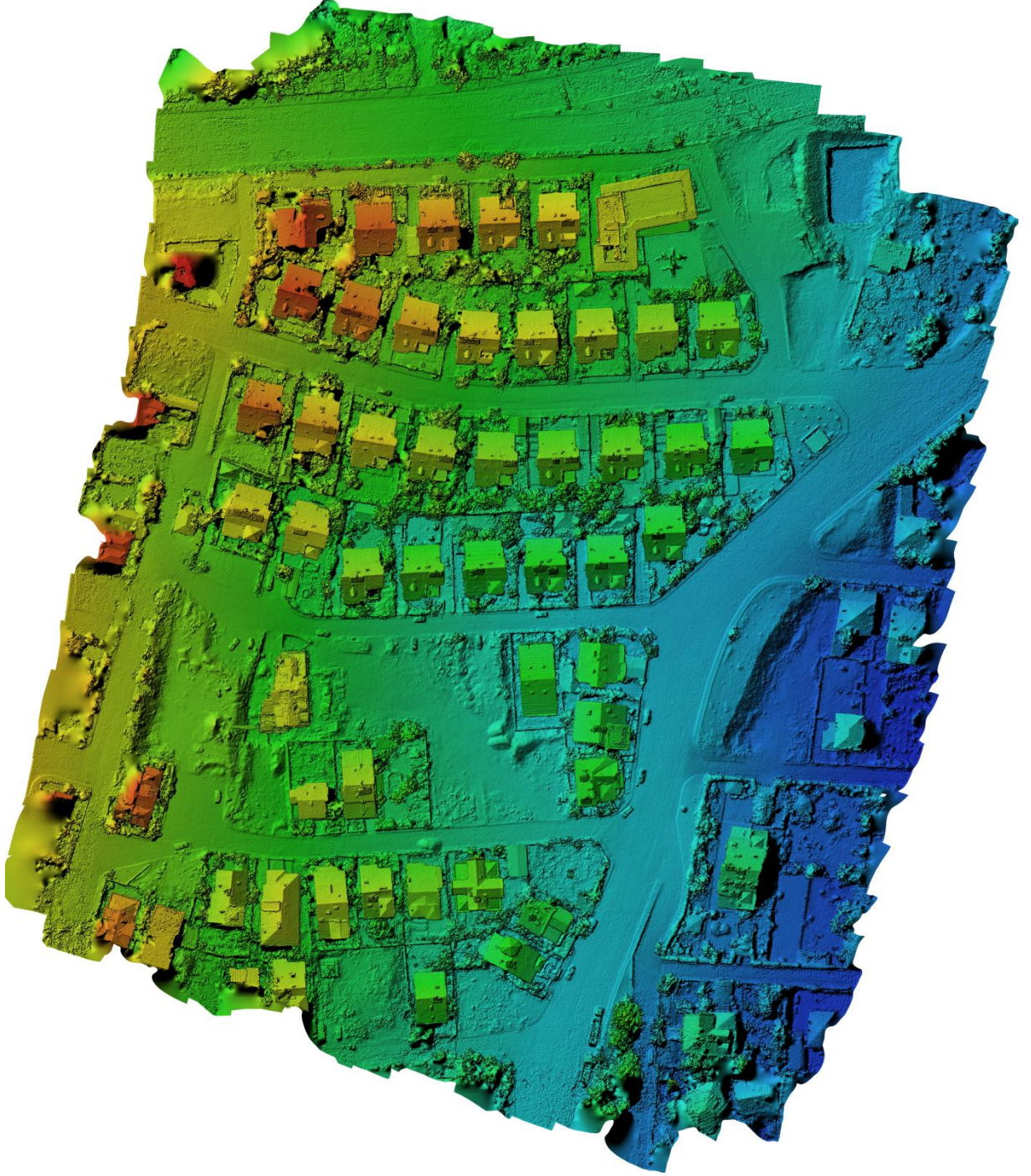


(b)

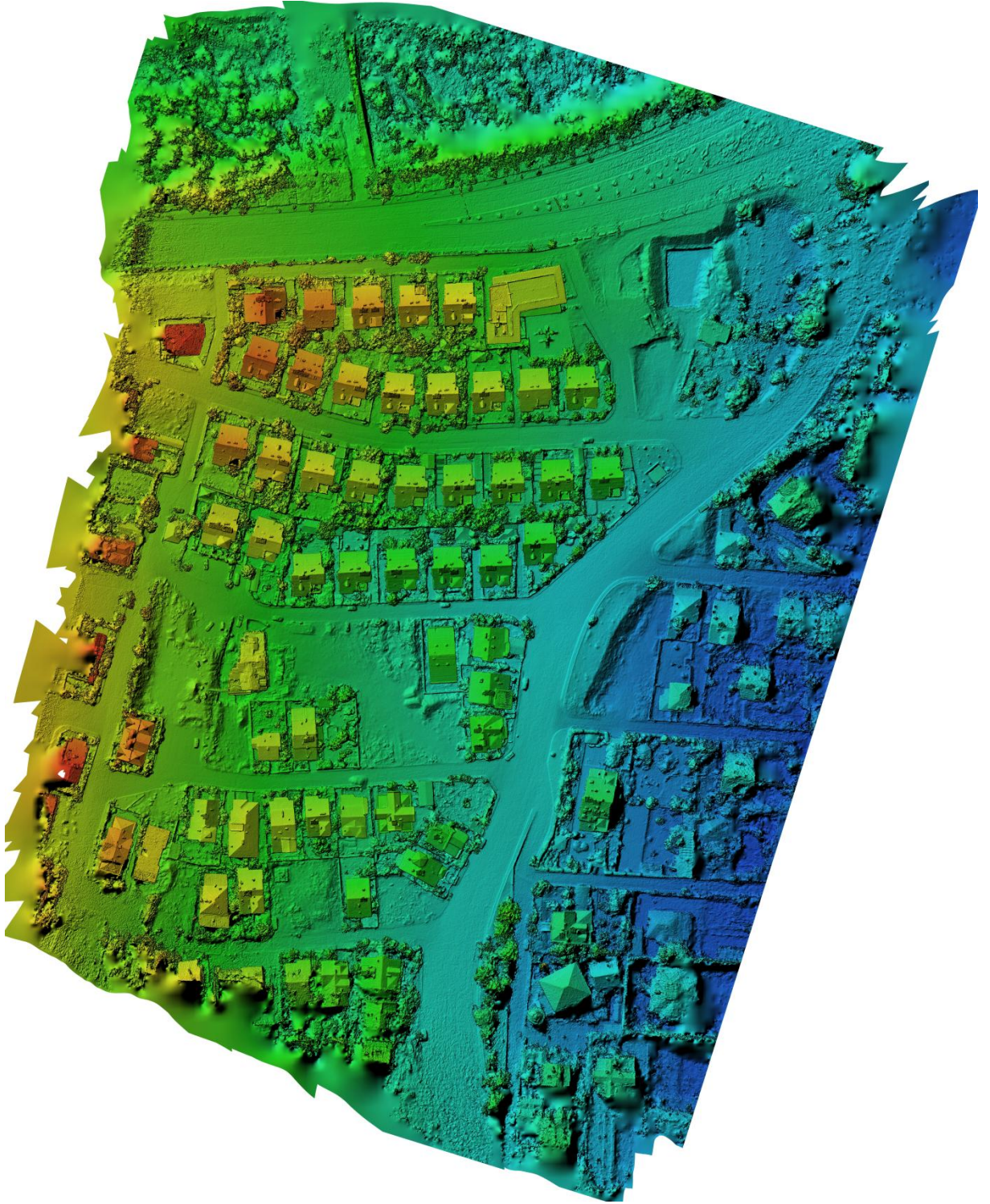
Şekil 5.16. (a) : Düşey sistem için 3 boyutlu modelin son halini gösterir görüntü, (b) : Eğik sistem için 3 boyutlu modelin son halini gösterir görüntü

5.5.6. Ortofoto Haritalarım ve DEM Verilerinin Üretilmesi

3 boyutlu katı modellerimizin oluşumunu bitirmemizi takiben artık bizim çıktı ürünlerimiz olarak kabul ettiğimiz DEM ve Ortofoto verilerinin oluşturulması işlemlerine sıra gelmiş oldu. Arazimizin topoğrafik yapısını en iyi şekilde temsil eden ve yükseklik farklarının da üzerinde gösterildiği DEM şekil 5.17 'da gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.17. (a) : Düşey sistem ile üretilmiş gölgelendirilmiş DEM, (b) : Eğik sistem ile üretilmiş gölgelendirilmiş DEM

Sayısal Yüzey Modeli ve 3 boyutlu nokta bulutunun üzerine, elde edilen hava fotoğraflarının giydirilmesi ile elde edilmiş ve EPSG: 5255 TUREF 33. dilimde projeksiyonlandırılmış ortofoto harita Şekil 5.18 'de gösterilmiştir.



(a)

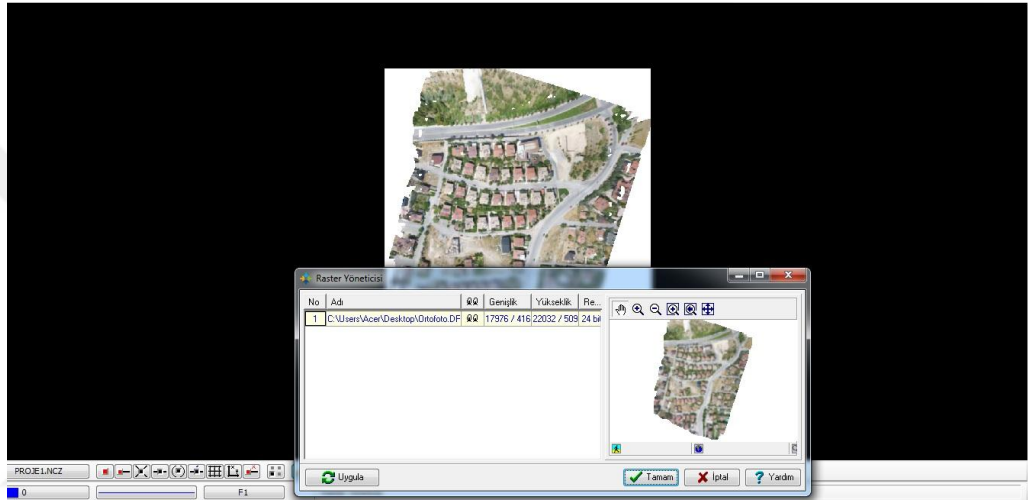


(b)

Şekil 5.18. (a) : Düşey sistem ile üretilmiş Ortofoto Görüntü, (b) : Eğik sistem ile üretilmiş Ortofoto Görüntü

5.6. Vektörel Çizim İşlemleri

Agisoft Photoscan yazılımı yardımı ile düşey ve eğik uçuş sistemleri için üretmiş olduğumuz ortofoto görüntülerin program çıktılarını .tif formatlı olacak şekilde aldık. TIF uzantılı almamızın sebebi koordinatlı resimlerin vektörel çizim işlemleri için lazım oluşudur. Daha sonra raster görüntü formatı şeklinde elimizde bulunan ortofoto görüntülerimizi ayrı ayrı şekil 5.19 da gösterildiği şekilde NetCAD yazılımımıza koordinatlı bir şekilde atıyoruz.

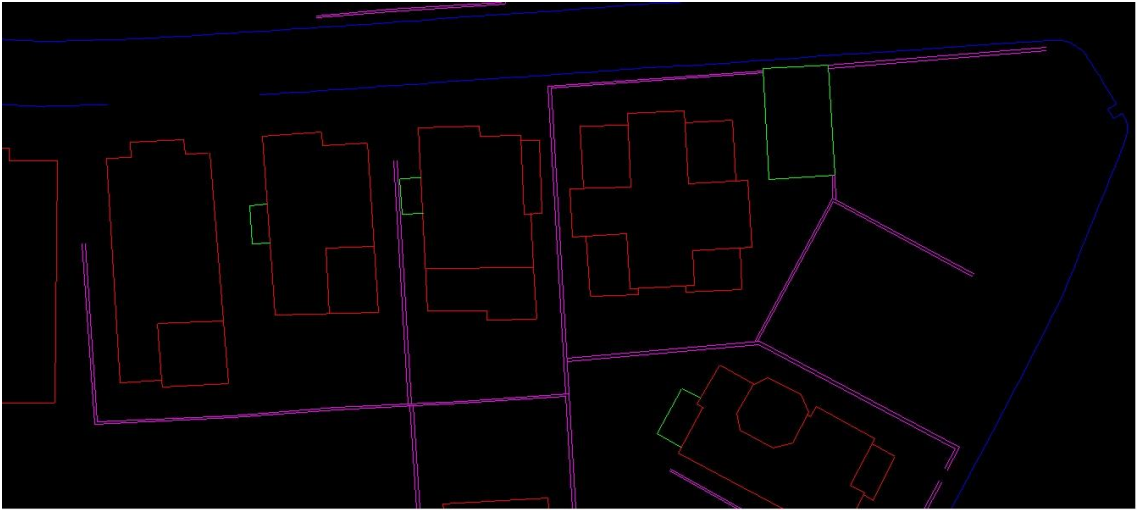


Şekil 5.19. Ortofoto Görüntülerin NetCAD e aktarılması

NetCAD programına atmış olduğumuz raster veri üzerinden çizim işlemlerine geçiyoruz. Çizim işlemleri yapılırken bölgemizde bulunan tüm görebildiğimiz ayrıntıların (Binalar ve sundülmeler, bahçe duvarları, yol-kaldırım kenarları, üstü kapalı otoparklar v.b.) sayısallaştırılmasına dikkat edilmiştir (Şekil 5.20).



(a)

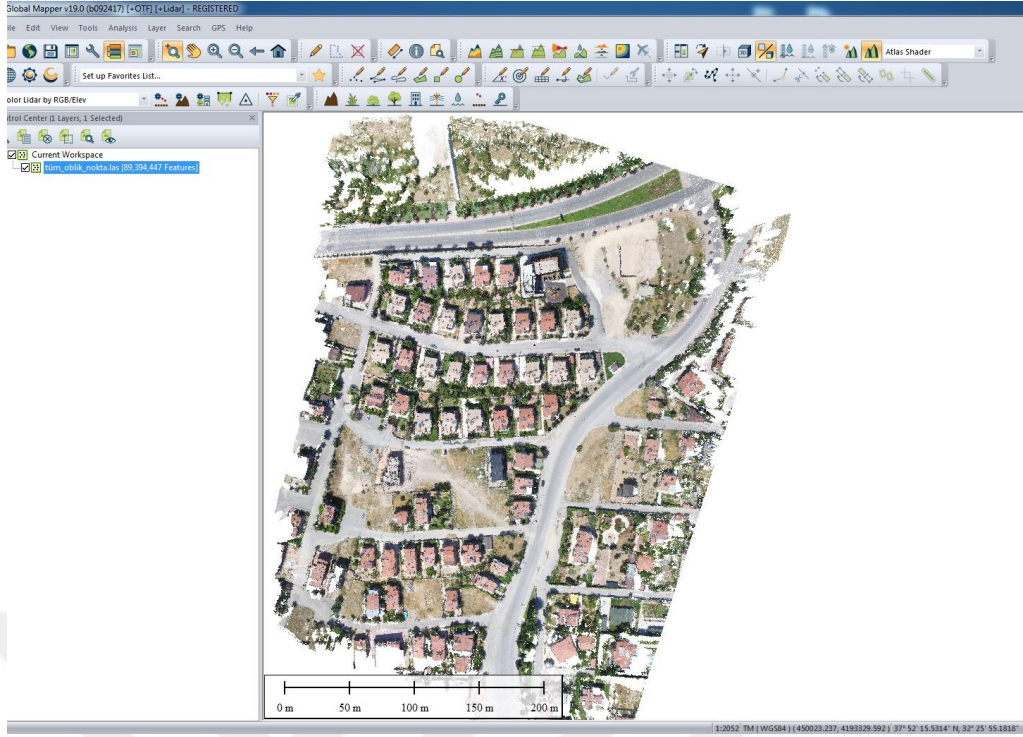


(b)

Şekil 5.20. (a) : Raster veri ve Vektör verinin üst üste çakıştırılmış gösterimi (b) : Sayısallaştırılmış Vektör verinin gösterimi

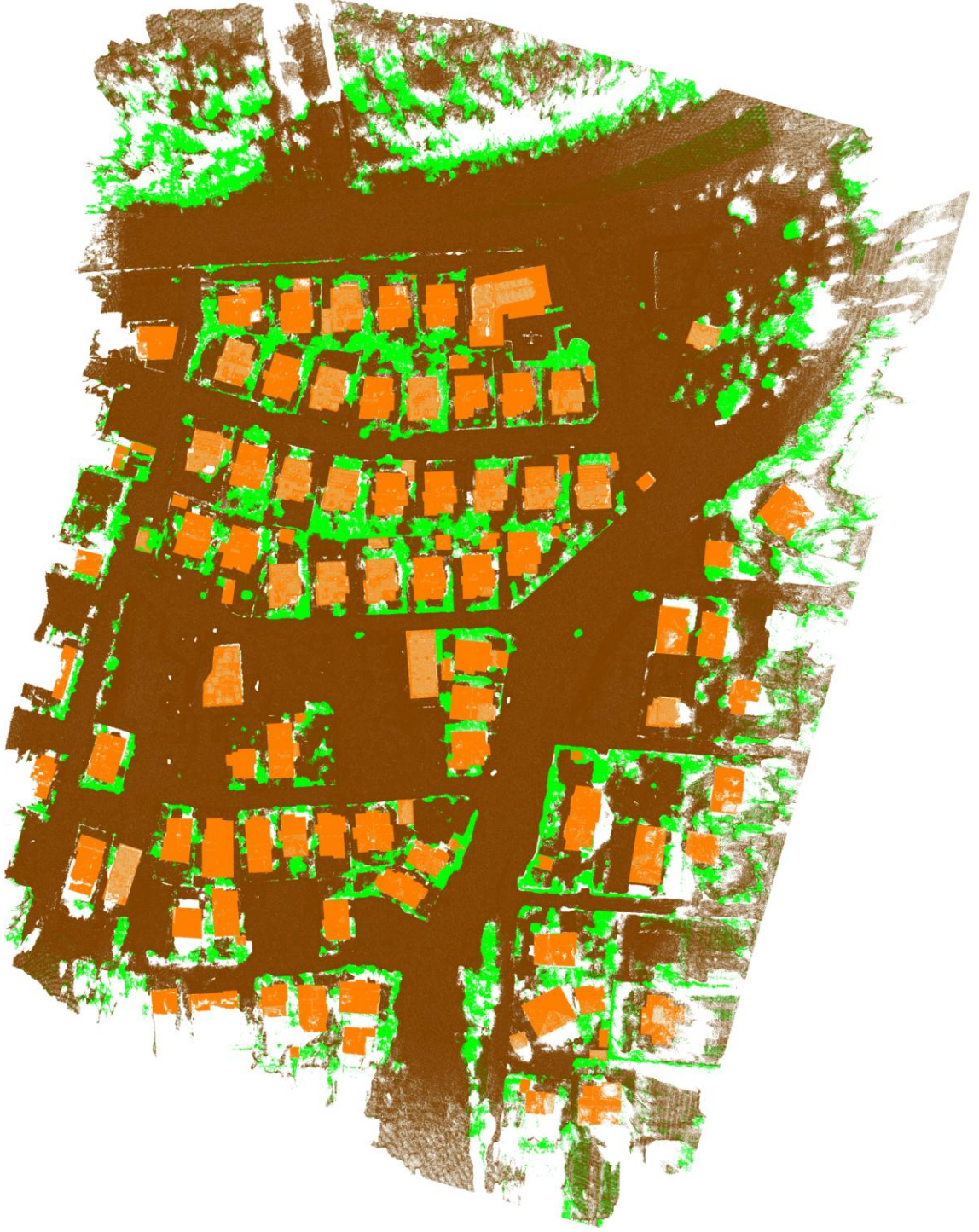
5.7. Nokta Bulutlarının Sınıflandırılması

Nokta bulutu verilerinin sınıflandırılması için Agisoft yazılımı vasıtasıyla üretmiş olduğumuz nokta bulutu dosyalarının çıktısı almamız gerekmektedir. Nokta bulutu verilerinin çıktısı alınırken uzantının .LAS formatında olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca Agisoft programından çıktı verisi alırken noktalarımızın orijinal renklerinde olması gerekmektedir. Daha sonra LAS formatında olan nokta dosyalarımızı Global Mapper adlı programında açıyoruz (Şekil 5.21).



Şekil 5.21. Nokta bulutlarının Global Mapper yazılımına yüklenmesi

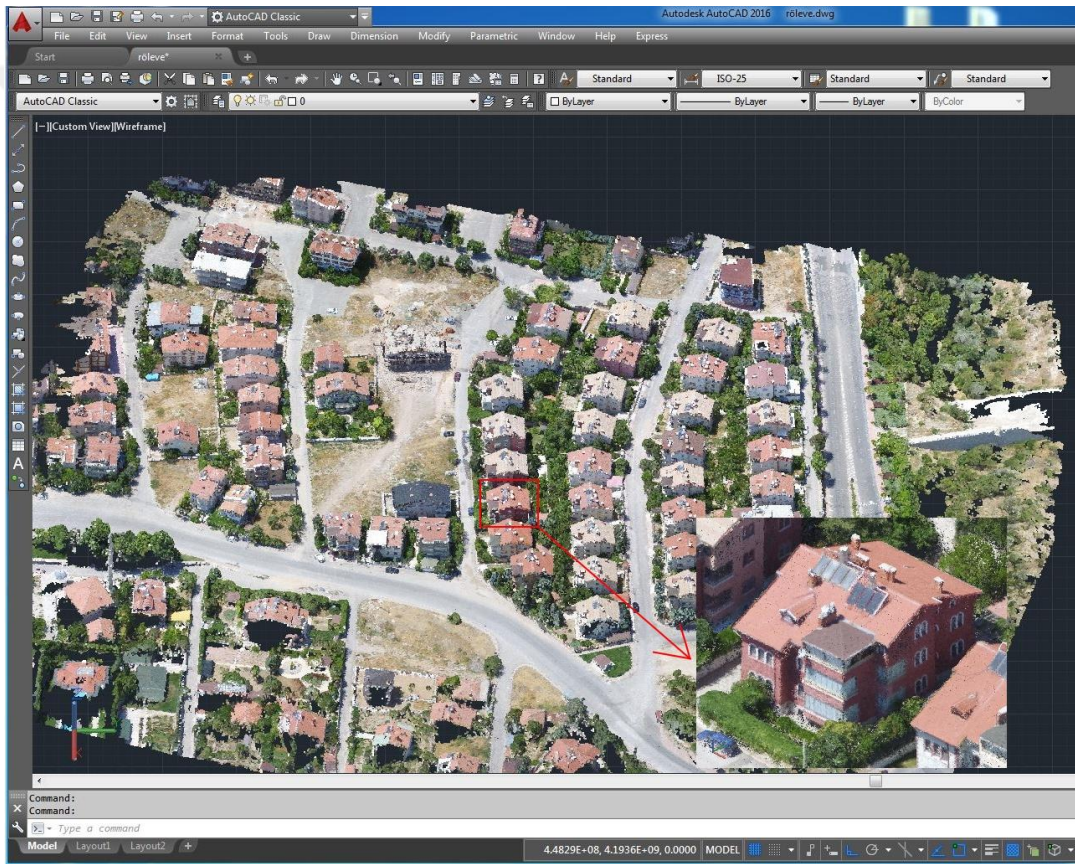
Global Mapper yazılımı ile açılmış olan nokta bulutu verilerinin sınıflandırma işlemi için ilk olarak yapılar, ağaçlık alanlar ve yer yüzeyi için farklı nokta sınıfları oluşturulmuştur. Bu sınıflandırılmış verilerin içerisinde gürültülü noktalar ayıklanmıştır. Oluşturulan bu sınıflandırma üzerinden orijinal renkler dikkate alınarak küçük düzeltmeler yapılarak çalışma bölgemize ait şekil 5.22 de gösterilen genel bir sınıflandırma verisi elde edilmiştir.



Şekil 5.22. Binalar, Ağaçlar ve Yeryüzü ayrımının yapıldığı sınıflandırma verisi

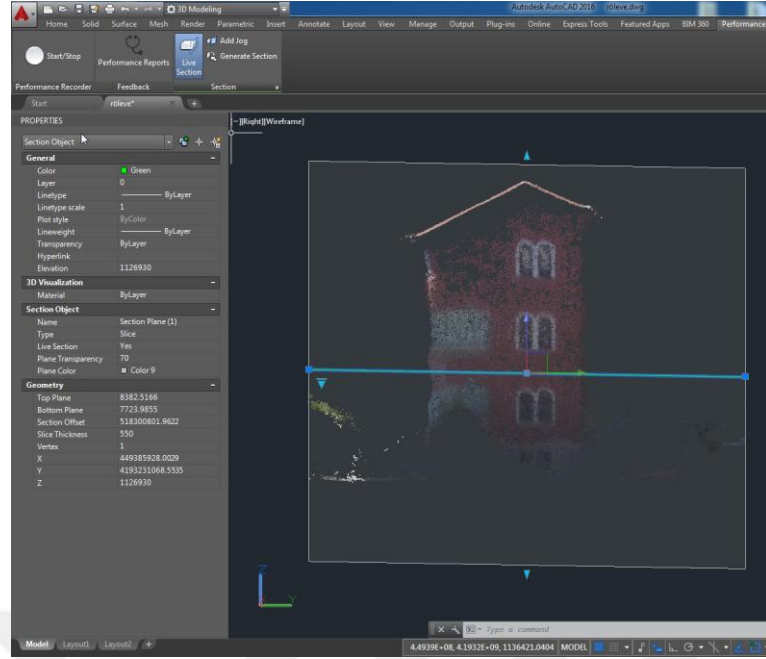
5.8. Röleve Çizim İşlemleri ve Bina silüetlerinin Çıkartılması

Agisoft Photoscan yazılımı ile üretilmiş olan nokta bulutu verilerinin dışarıya alınmasıyla oluşan LAS uzantılı dosyamızı Autodesk ReCap ara programı sayesinde açıyoruz. Açtığımız nokta bulutu dosyamızın direk kayıt işlemini gerçekleştiriyor ve uzantısını .RCP olarak değiştirmiş oluyoruz. Uzantısını .RCP olarak kayıt ettiğimiz nokta bulutu dosyası artık Autocad programının açabileceği bir dosya haline almış oldu. Oluşan dosyayı Autocad programı ile açıyoruz ve rölevesini çıkartmayı düşündüğümüz binanın ve binanın hangi cephesinin yapılacağını tespitini yapıyoruz (Şekil 5.23).

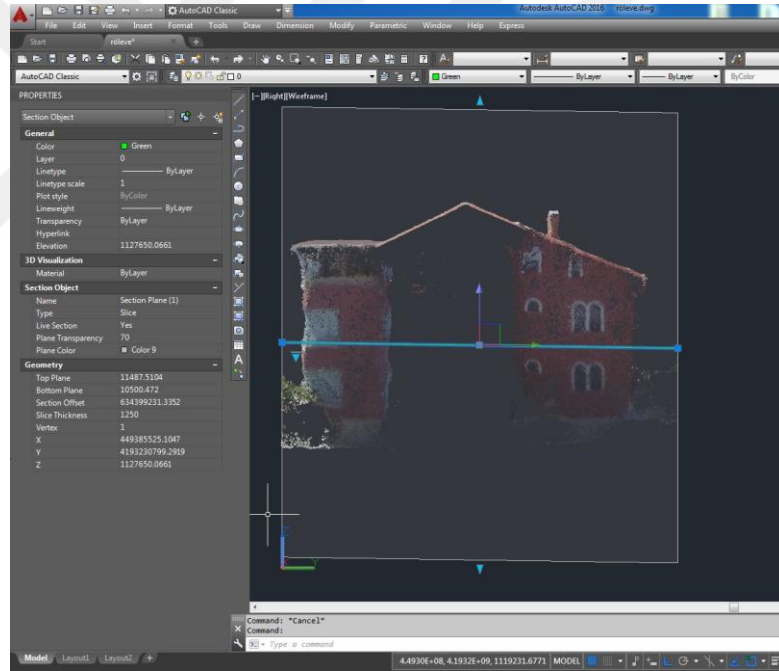


Şekil 5.23. Nokta bulutu dosyamızın AutoCAD ReCap yazılımından bir görüntü

Açılan nokta bulutu dosyamızdan çizim işlemi yapmaya başlıyoruz. Çizim işlemlerini belirli bir düzlemde yapabilmemiz için ilk olarak kesit tanımı yapmamız gerekmektedir. Çizeceğimiz cephenin tamamı tek bir düzlemde yapılamayacağı için şekil 5.24 de gösterilen iki farklı düzlem tanımlayarak yapmamız gerekmektedir.



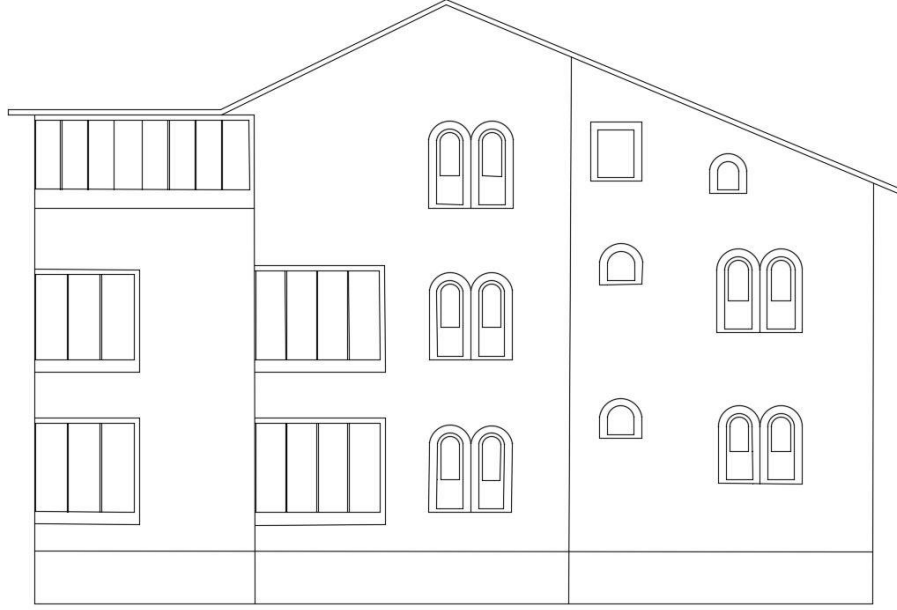
(a)



(b)

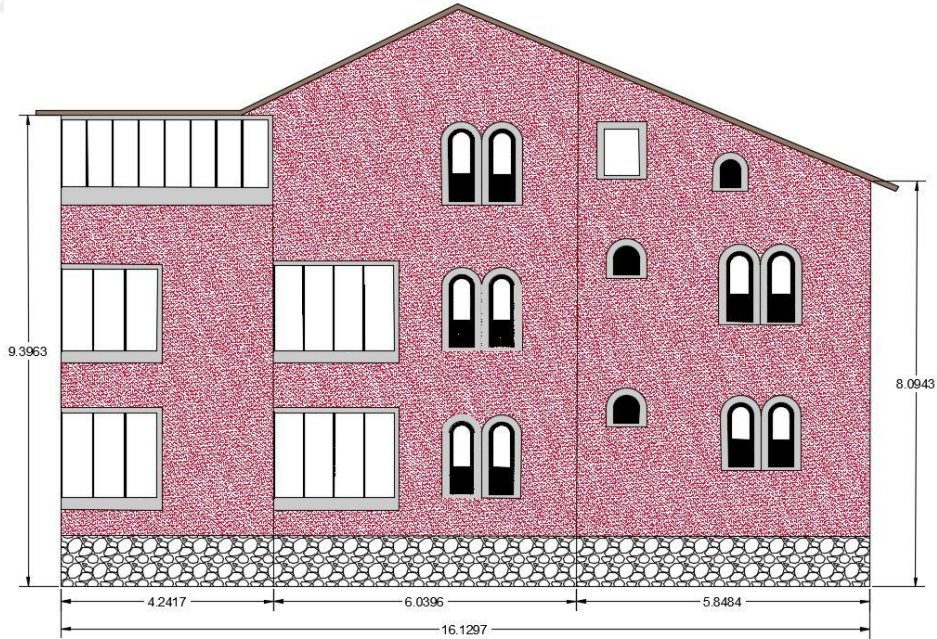
Şekil 5.24. (a) : Bakış yönümüze göre önde kalan yüzeyden geçirilmiş düzlem, (b) : Bakış yönümüze göre arkada kalan yüzeyden geçirilmiş düzlem

Daha sonra Şekil 5.24 'de (a) ve (b) de oluşturulan düzlemlerden ayrı ayrı çizimler yapılarak Şekil 5.25 'de görülen çizgisel anlamda cephe rölevesi oluşturuluyor.



Şekil 5.25. AutoCAD formatında çizilmiş olan çizgisel röleve görüntüsü

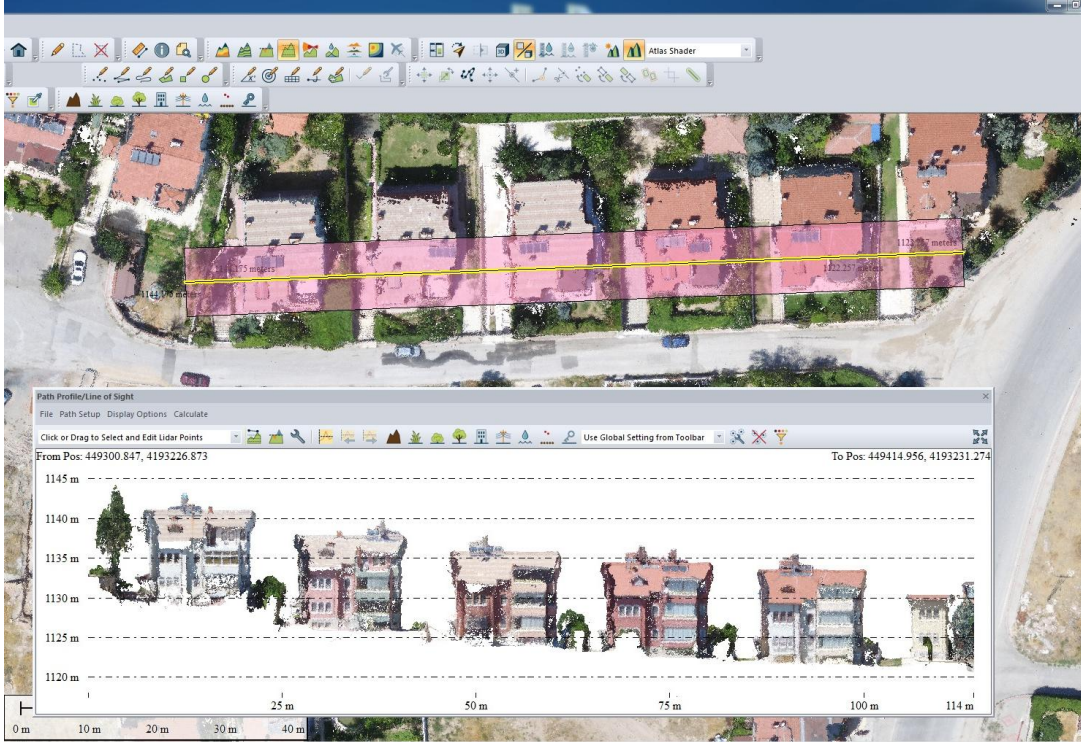
Çizimi yapılan cephe rölevesinde taramalar yapılarak cephe çalışmamızın en son hali olan ve yaklaşık renk değerleri ile taramaları yapılmış olan şekil 5.26 deki görüntü elde edilmiş oluyor.



Şekil 5.26. Bina cephe rengine göre taranmış röleve görüntüsü

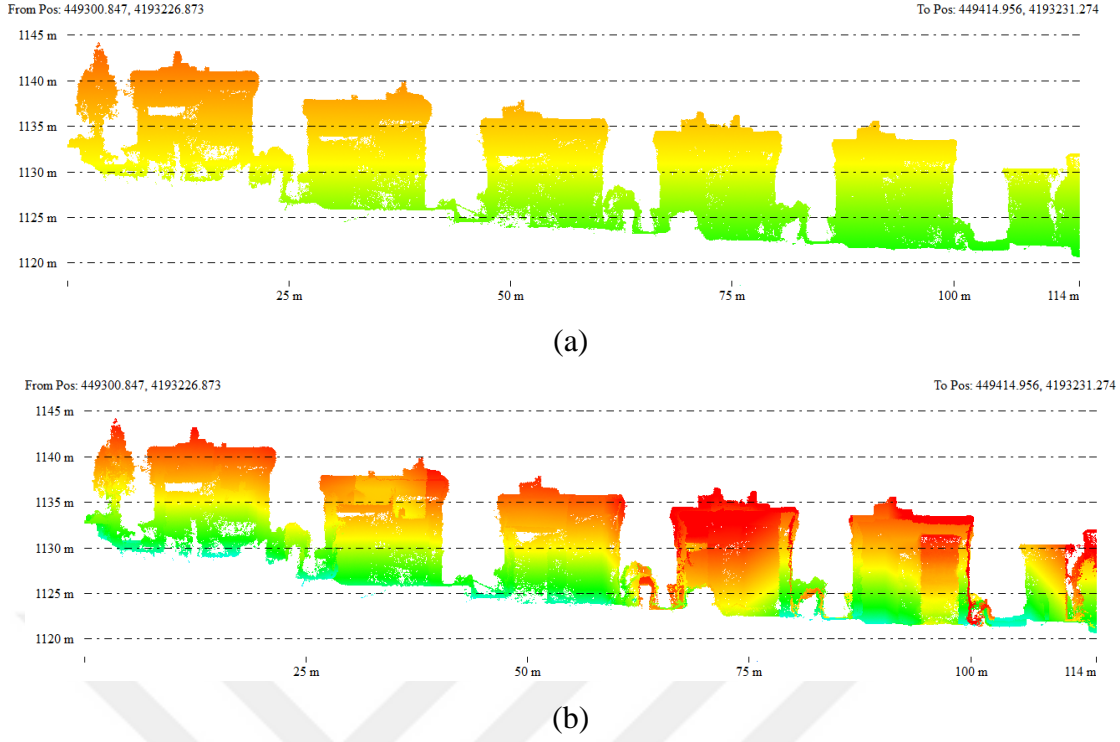
Oluşturulan cephe röleve çizimleri ölçekli ve koordinatlı olduğundan dolayı üzerinden istediğimiz şekilde ölçülendirme yapılabilmektedir.

Röleve çizimlerinin yanında nokta bulutlarımız yardımıyla bina ve/veya sokak silüetleri de çıkarılabilmektedir. Biz çalışmamızda belli bir doğrultuda bulunan 5-6 adet binanın silüetlerini çıkartma işlemlerini gerçekleştirmeye çalıştık. Sokak silüetlerinin çıkartılmasında Global Mapper programından faydalanılmıştır. Global Mapper programı ile açılan nokta bulutu dosyası üzerinden silüetlerini almayı istediğimiz doğrultuda kesit çizimimizi çekerek görünüşü elde ediyoruz (Şekil 5.27).



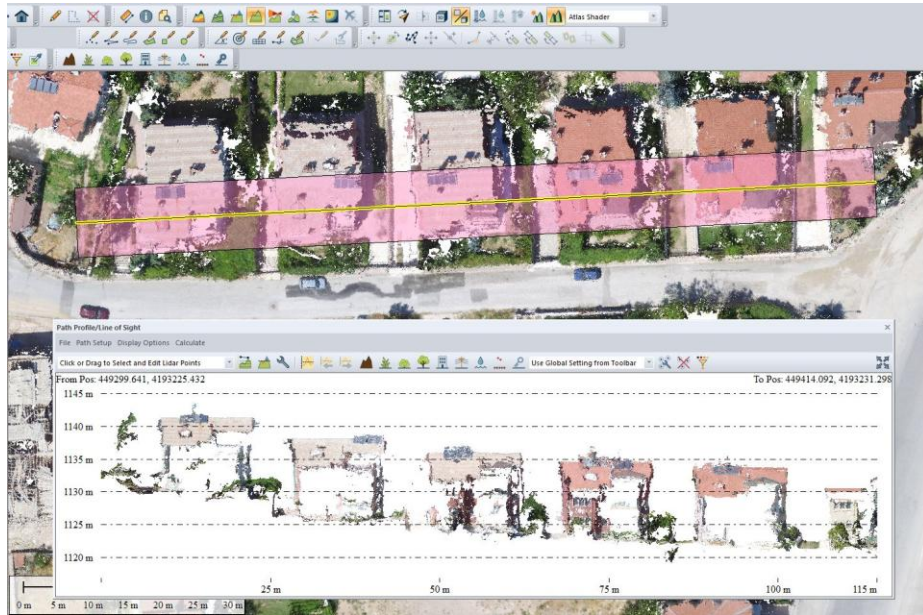
Şekil 5.27. Eğik nokta bulutundan sokak silüeti görüntüsüne örnek

Kesit geçirilirken kesit genişliği belirlenerek istenilen bölgeye ait noktalarında silüet görüntüsüne dahil olması sağlanabilmektedir. Şekil 4.26 'da görülen orijinal silüet görüntüsü elde edilebilirliğin yanında çeşitli analizler yapılabilmesi amacıyla farklı amaçlarla da veriler üretilebilmektedir (Şekil 5.28).



Şekil 5.28. (a) :Yapıların referans bir kota göre yükseklik durumlarının gösterimi (b) : Yapıların yerden yüksekliklerinin gösterimi

Düşey sistem ile elde edilen nokta bulutu verilerinde cephe yüzeylerinde noktalarımız eğik sisteme göre çok daha azdır. Bu nedenle bina cephelerinde şekil 5.29 de görüldüğü üzere eksiklikler meydana gelmiştir.



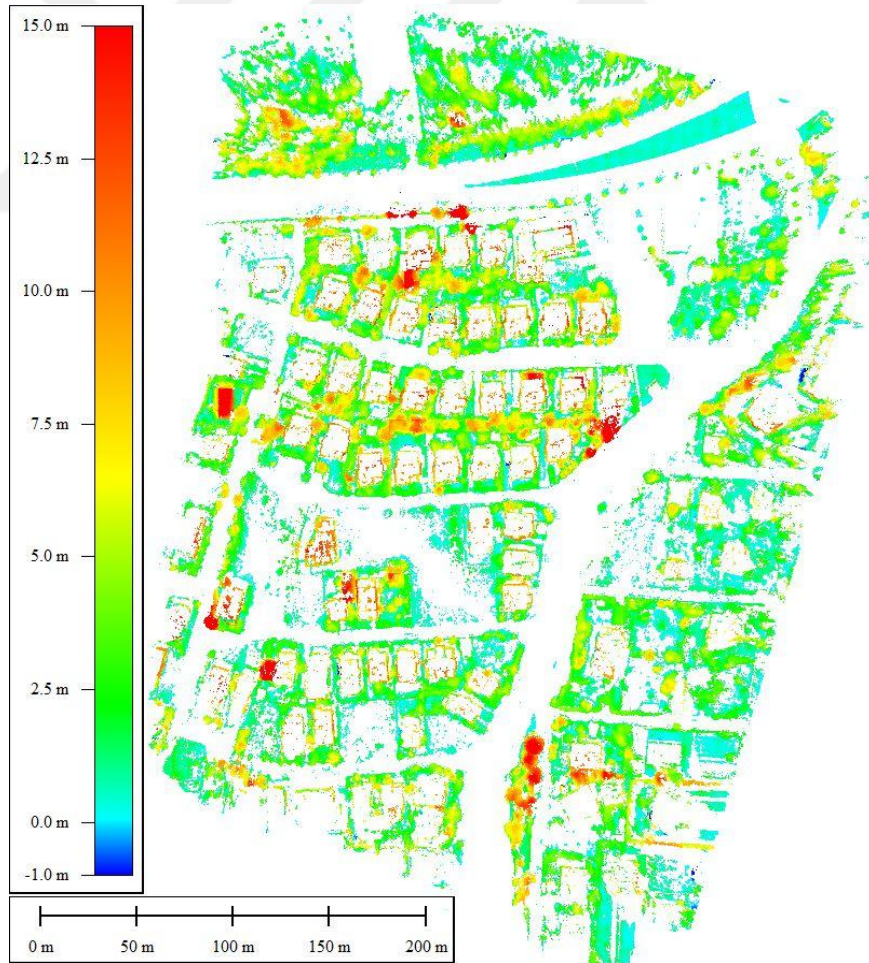
Şekil 5.29. Düşey nokta bulutundan sokak silüeti görüntüsüne örnek

Bu nedenle düşey sistem ile cephe rölevesi ve silüet çalışması yapılamamıştır. Cephe röleve ve Sokak silüetlerinin çıkartılması çalışmalarında eğik sistem ile üretilmiş nokta bulutu verileri kullanılmıştır.

5.9. Bina ve Ağaç yükseklik Karşılaştırma verileri

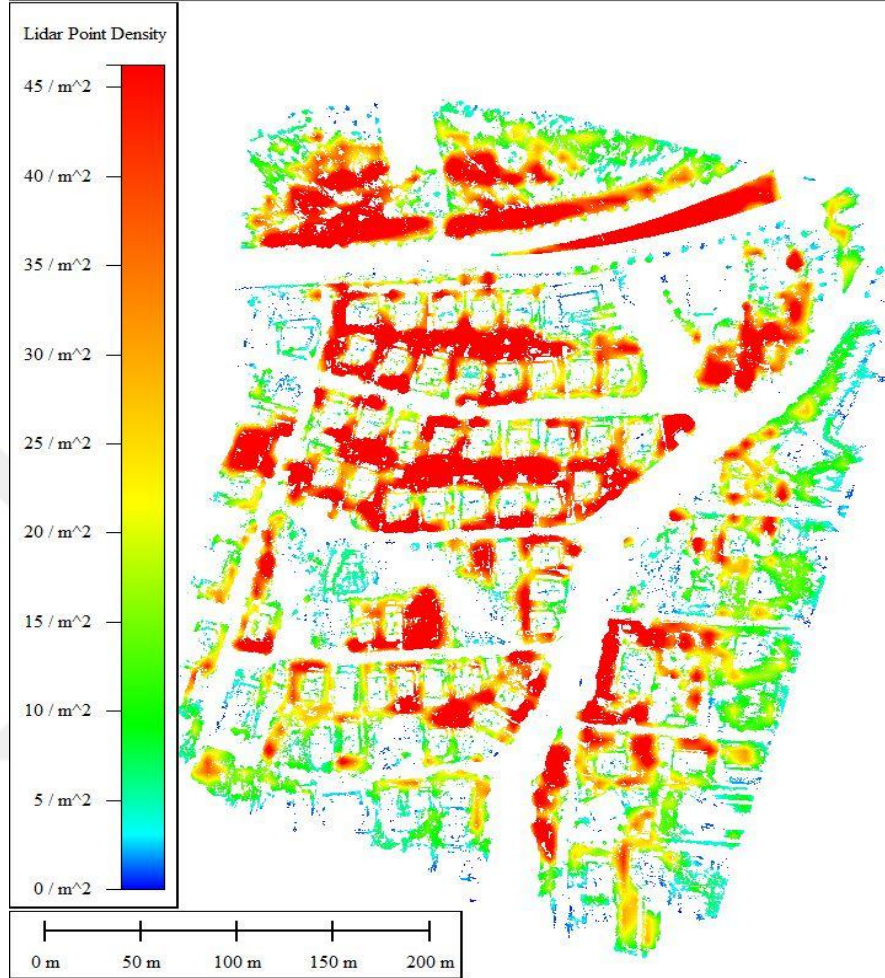
Kentlerde gerçekleştirilen dönüşüm çalışmaları için toplumun bina kullanım şekillerinin tespiti ve kentlerde bulunan binaların yükseklik farklarının tespiti büyük önem arz etmektedir. Aynı şekilde orman alanlarında ağaç çeşitliliğinin tespiti amaçlı ağaç yüksekliklerinin tespiti ve orman alanlarındaki ağaç yoğunlukları da önemlidir.

Çalışma bölgemiz için oluşturulmuş olan nokta bulutu verileri yardımıyla ağaç ve bina yükseklik farklarının tespiti yapılabilmektedir. Ağaç yükseklik farkları ile ilgili yapılmış olan çalışma şekil 5.30 'da gösterilmiştir.



Şekil 5.30. Çalışma alanımızda bulunan ağaçların yükseklik farklılıklarını gösterir bir görüntü

Aynı çalışma bölgemize ait ağaçlık alanların yoğunluk haritası da çıkarılmıştır (Şekil 5.31). Ağaçlık alanların yoğunluk haritası renk değerleri yardımıyla çıkarıldığından ağaç niteliği olmayan küçük çalılarda ağaçlık alan olarak gösterilmiştir.



Şekil 5.31. Çalışma alanımızda bulunan yeşil alanların yoğunluğunu gösterir bir çalışma

5.10. Görüş Hattı (Görünürlük) verileri üretimi

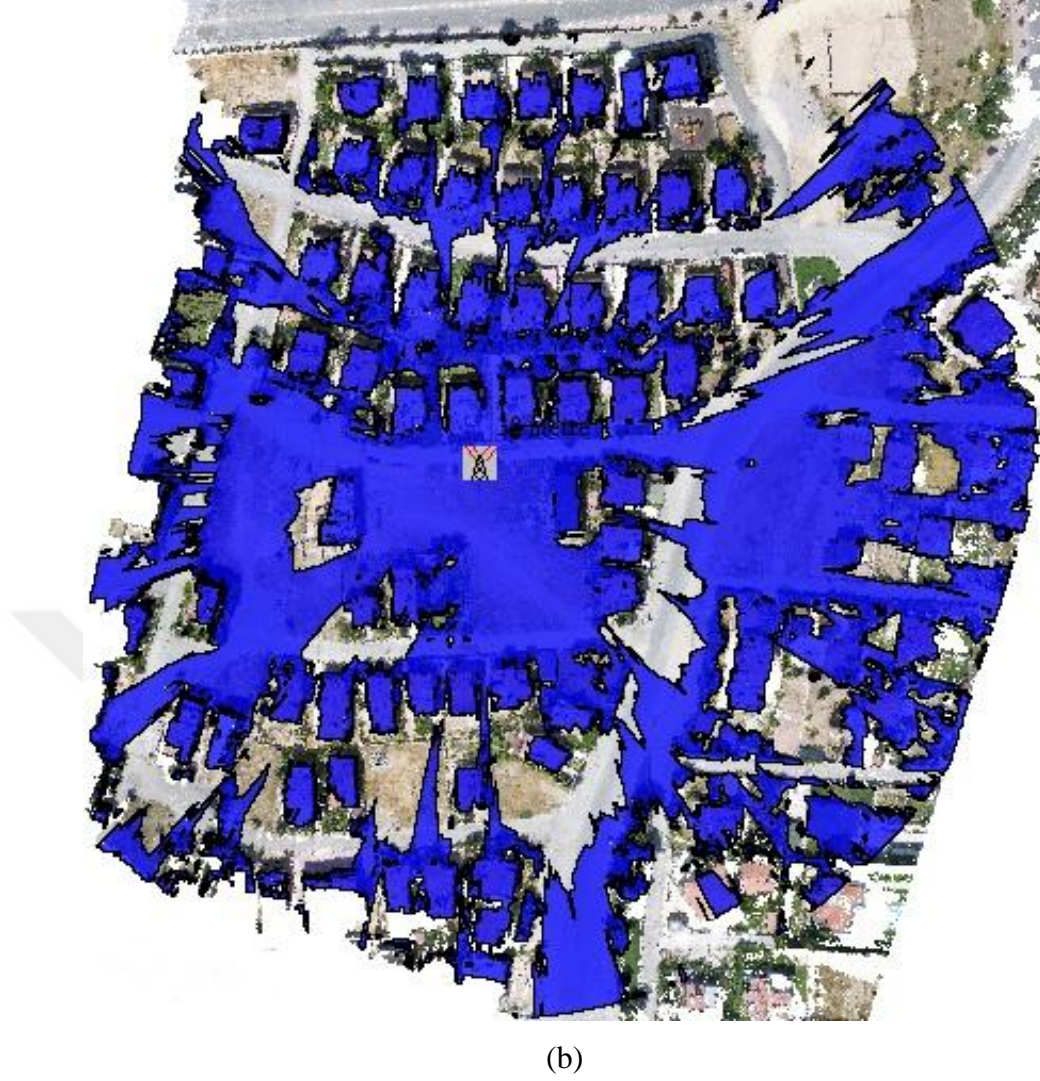
Görünürlük analizi kullanıcı tarafından belirlenen konum, yükseklik ve yarıçap değerleri ile yüklenen sayısal yükseklik modelini kullanarak, o noktadan görünen alanların hesaplayarak görüntü üzerinde işaretlemesi işlemine denmektedir. Görünürlük analizleri iki nokta arasındaki bir çizgi boyunca olabildiği gibi bir noktadan belli bir bölgeyi kapsayacak şekilde de yapılabilmektedir. Ülkemizde orman alanı yangınları ve askeri bölgelerin güvenliği önde gelen sorunlar arasında yer almaktadır. Bu sebeple ormanlık alanlarda kurulacak olan yangın kuleleri ve askeri bölgelerde kurulacak olan

nöbetçi kulübelerinin yerlerinin tespitinde görüş hattı analizlerinin kullanımı oldukça faydalı olacaktır. bununla beraber görünürlük analizleri turistik amaçla oluşturulacak manzara izleme alanlarının görüş alanlarının belirlenmesinde, baz istasyonlarının ve Radyo/TV verici istasyonlarının yerlerinin tespitinde, trafik radar ve kameralarının görüş açıların ne kadar alanı görebileceğinin tespitinde kullanılabilir.

Çalışma bölgemizde gerçekleştirdiğimiz görüş hattı analizinde çalışma alanımızın orta bölümlerinde bir nokta belirlenmiş ve bu noktadan 2 farklı yükseklik girilerek görüş hattı verisi elde edilmiştir (Şekil 5.32).



(a)



Şekil 5.32. (a) Belirlenen konumda 10 m yükseklikten ve 200 m yarıçapta yapılan görünürlük analizi verisi, (b) Belirlenen konumda 30 m yükseklikten ve 200 m yarıçapta yapılan görünürlük analizi verisi.

Veri üretilirken Agisoft yazılımından elde edilen nokta bulutu (.LAS) çıktısı Global Mapper yazılımında açılarak sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve sonrasında Görünürlük analizi yapılacak nokta seçilmiş ve analiz verisi üretilmiştir. Üretilmiş olan verilerden anlaşılacağı gibi belirlenen bir konumda yüksekliğin artırılması görünür alanı arttırmaktadır.

5.11. Ağaç Kutur Ölçümleri

Ağaç kutur ölçümleri anıt ağaçların tescillenmesi işleminde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ayrıca kutur ölçümleri şehir trafiğinin düzenlenmesi gerekli yerlerde kutur büyüklükleri dikkate alınarak imalatlar yapılmalıdır. Agisoft Photoscan yazılımı

ile üretmiş olduğumuz nokta bulutu dosyamızın üzerinden ağaçların kutur ölçümleri rahatça yapılabilir. Şekil 5.33 'de eğik sistem ile üretilmiş nokta bulutu verilerinden faydalanılarak ağaç kutur ölçümlerinin yapılabilirliği gösterilmiştir.



Şekil 5.33. Eğik Nokta bulutundan kutur ölçümü

Eğik sistemde kutur ölçümleri rahat ve düzgün bir şekilde yapılabilmesine karşın düşey sistem ile üretilmiş olan nokta bulutu verilerinden bu ölçümler sağlıklı bir şekilde yapılamamaktadır (Şekil 5.34).



Şekil 5.34. Eğik Nokta bulutundan kutur ölçümü

5.12. Karşılaştırma ve Analiz

Karşılaştırma ve doğruluk araştırması çalışmaları hesaplanan ve gerçek arasındaki farklar göz önüne alınarak yapılmıştır. yapılan karşılaştırma ve doğruluk analizleri sonucunda Karesel Ortalama Hata değerleri elde edilmiştir.

5.12.1.Yer Kontrol Noktaları ve Denetim Noktaları Karşılaştırılması

Kullanılan teknikler neticesinde hesaplanan yer kontrol noktalarının bazılarının arazide ölçülen koordinatları ile karşılaştırılması işlemi Çizelge 5.4 ve Çizelge 5.6 'da gösterilmiştir. Ayrıca bu başlık altında her iki sistem için kullanılmış olan YKN larının tamamından oluşturulan hata değerlerine de değinilmiştir.

Çizelge 5.4. Düşey sistem YKN ile gerçek koordinat karşılaştırılması

N.N	Gerçek Koordinatlar			Düşey Sistem Koordinatlar					
	Y	X	Z	Y	ΔY	X	ΔX	Z	ΔZ
B1	449411.736	4193222.758	1120.788	449411.745	0.009	4193222.747	-0.011	1120.826	0.038
B2	449406.797	4193181.481	1121.380	449406.823	0.025	4193181.501	0.020	1121.425	0.045
B6	449399.005	4193150.674	1122.252	449399.026	0.021	4193150.723	0.049	1122.232	-0.020
B9	449409.002	4193103.897	1119.403	449408.996	-0.007	4193103.879	-0.018	1119.380	-0.023
B18	449271.121	4193148.597	1136.759	449271.133	0.012	4193148.625	0.028	1136.744	-0.015
B19	449284.598	4193143.308	1134.979	449284.607	0.009	4193143.260	-0.047	1134.930	-0.049
B25	449456.155	4193261.808	1120.498	449456.136	-0.019	4193261.834	0.027	1120.531	0.034
B43	449421.370	4193375.908	1129.320	449421.351	-0.018	4193375.874	-0.033	1129.324	0.005
				$m_0 = 1,62 \text{ cm}$		$m_0 = 3,17 \text{ cm}$		$m_0 = 3,20 \text{ cm}$	

Düşey sistem çalışmamız sırasında dengelemeye girmiş olan bütün noktalarımız dikkate alınarak hesaplanan hata değerlerimiz ise çizelge 5.5 de verilmiştir.

Çizelge 5.5. Düşey sistemde kullanılan YKN ler için hata değerleri

Toplam Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata	Y Yönünde Hata	Z Yönünde Hata	XY Yönünde Hata	Toplam Hata
32	2,2244	2,5575	2,2006	3,3895	4,0412

Çizelge 5.6. Eğik sistem YKN ile gerçek koordinat karşılaştırılması

N.N	Gerçek Koordinatlar			Eğik Sistem Koordinatlar					
	Y	X	Z	Y	ΔY	X	ΔX	Z	ΔZ
B1	449411.736	4193222.758	1120.788	449411.729	-0.006	4193222.739	-0.019	1120.760	-0.027
B2	449406.797	4193181.481	1121.380	449406.788	-0.010	4193181.469	-0.013	1121.428	0.048
B6	449399.005	4193150.674	1122.252	449398.988	-0.017	4193150.693	0.019	1122.262	0.010
B9	449409.002	4193103.897	1119.403	449408.980	-0.022	4193103.865	-0.032	1119.355	-0.049
B18	449271.121	4193148.597	1136.759	449271.118	-0.003	4193148.613	0.016	1136.765	0.006
B19	449284.598	4193143.308	1134.979	449284.563	-0.035	4193143.299	-0.009	1134.997	0.018
B25	449456.155	4193261.808	1120.498	449456.141	-0.014	4193261.841	0.033	1120.510	0.013
B43	449421.370	4193375.908	1129.320	449421.365	-0.005	4193375.891	-0.017	1129.269	-0.051
$m_0 = 1,72 \text{ cm}$					$m_0 = 2,13 \text{ cm}$			$m_0 = 3,29 \text{ cm}$	

Eğik sistem çalışmamız sırasında dengelemeye girmiş olan bütün noktalarımız dikkate alınarak hesaplanan hata değerlerimiz ise çizelge 5.7 de verilmiştir.

Çizelge 5.7. Eğik sistemde kullanılan YKN ler için hata değerleri

Toplam Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata	Y Yönünde Hata	Z Yönünde Hata	XY Yönünde Hata	Toplam Hata
21	1,9773	2,2414	2,8116	2,9859	4,1013

Bu karşılaştırmaya ek olarak fotogrametrik dengelemeye alınmamış olan Denetim noktalarımızın hata değerlerinin gösterimi ise düşey ve eğik sistem için ayrı ayrı yapılmıştır. Denetim noktaları için bulunan hata değerlerini gösterir değerler çizelge 5.8 ve çizelge 5.9 da verilmiştir.

Çizelge 5.8. Düşey sistem için seçilmiş olan denetim noktaları hata değerleri

Toplam Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata	Y Yönünde Hata	Z Yönünde Hata	XY Yönünde Hata	Toplam Hata
7	2,2985	2,8565	2,1924	3,6665	4,2719

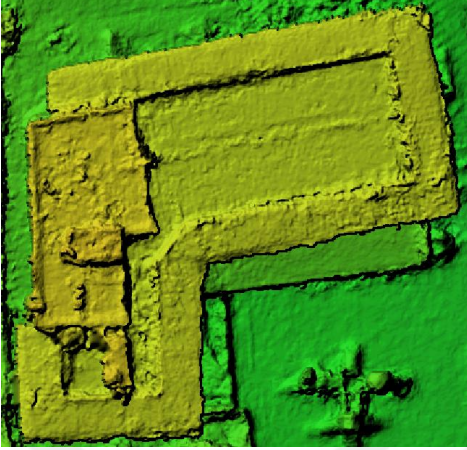
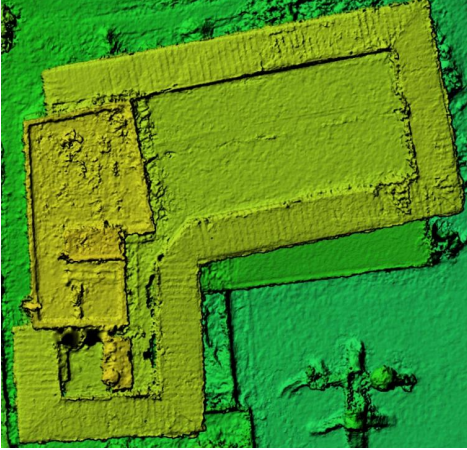
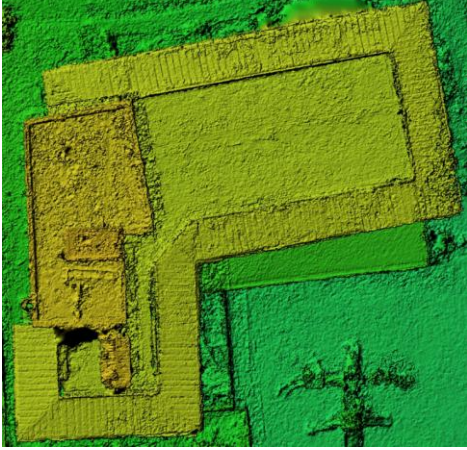
Çizelge 5.9. Eğik sistem için seçilmiş olan denetim noktaları hata değerleri

Toplam Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata	Y Yönünde Hata	Z Yönünde Hata	XY Yönünde Hata	Toplam Hata
4	1,1612	3,7901	2,5528	3,9640	4,7149

5.12.2.DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) Karşılaştırılması

Sayısal Yükseklik Modeli Yeryüzüne ait konum ve yükseklik bilgilerinden elde edilen, yalın arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, bina, vb. diğer tüm objelerin de dahil edildiği matematiksel bir yüzeydir. Kılıç ve ark, (2017) yaptıkları çalışmada bu modellerin, 3 Boyutlu Kent Modeli, sivil havacılık, silüet analizleri gibi çalışma alanlarının yanında topografya ile ilişkisi olan tüm birimlerin temel ihtiyaçlarını oluşturduğu kanısına varılmıştır.

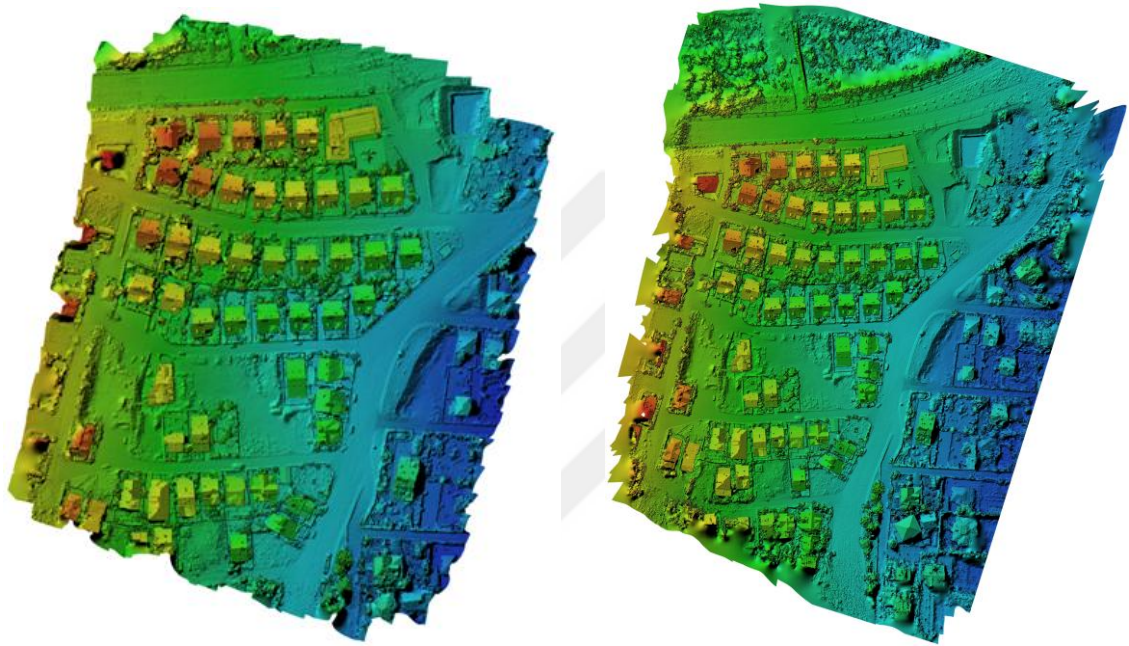
Çalışma alanımızda yapılan çalışmalarda Agisoft Photoscan yazılımı ile nokta bulutu üretimi Medium, High ve Ultra High düzeylerinde üretim yapılmıştır. Üretilen nokta bulutları yardımıyla ayrı ayrı DEM üretimleri gerçekleştirilmiştir. Üretilmiş olan DEM görüntüleri ve YÖA(Yer Örnekleme Aralığı/Mesafesi) ile birlikte Şekil 5.35 'de gösterilmiştir.

Görüntü	Görüntü Boyutu/YÖA	Üretiliş Şekli
	<p>5945x6675 8,19 cm/pix</p>	<p>Medium</p>
	<p>11763x13269 4,14 cm/pix</p>	<p>High</p>
	<p>23467x26471 2,07 cm/pix</p>	<p>Ultra High</p>

Şekil 5.35. (a),(b),(c) Medium, High ve Ultra High seviyesinde üretilmiş olan DEM görüntüler

Şekil 5.34 den de anlaşılacağı üzere Sayısal Yükseklik Modeli üretiminde nokta bulutu yoğunluğu fazla olarak üretilen DEM lerin daha keskin hatlara sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca nokta yoğunluğunun artışına paralel olarak üretilen DEM lerin Yer örnekleme aralığı değerlerinin küçüldüğü görülmektedir.

Düşey sistem ve eğik sistem ile üretilmiş DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) arasındaki en büyük fark kapladığı alan bakımındandır. Eğik sistem ile üretilmiş olan DEM görüntüsü daha fazla alanı kapsadığı görülmüştür (Şekil 5.36).



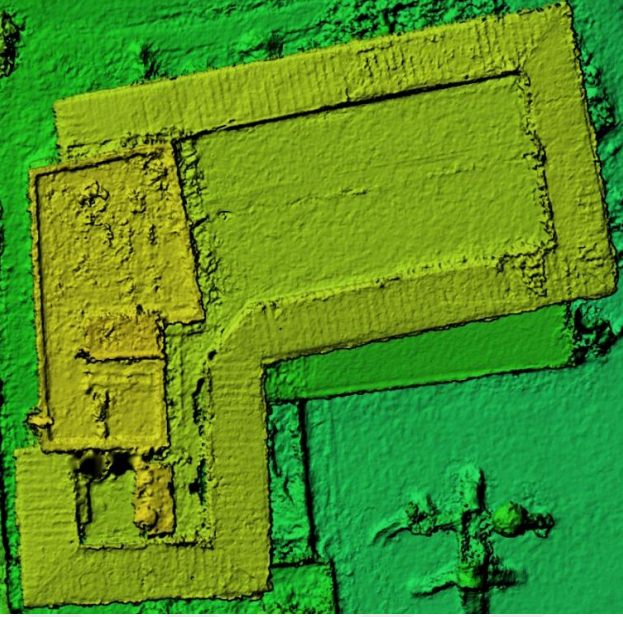

Düşey sistem ile Üretilen DEM

Eğik sistem ile Üretilen DEM

Şekil 5.36. Çalışma alanımızın tümü için üretilmiş Düşey ve Eğik sistem gölgelendirilmiş DEM görüntüleri

Üretilmiş olan düşey ve eğik DEM (Sayısal Yükseklik Modeli) lerden anlaşılacağı gibi yerden uçuş yüksekliği fazla olan alanlarda kameranın arazide daha geniş alanı görmesine olanak vermiş ve bu sebeple bu bölgelerde daha geniş alanların haritaları üretilmiştir.

Ayrıca Düşey ve Eğik sistem ile üretilmiş olan ayrı ayrı DEM görüntülerinin kaliteleri ve YÖA değerleri Şekil 5.37 'da gösterilmiştir. DEM verilerinin üretimi işlemleri High seviyesinde gerçekleştirilen çalışma ile yapılmıştır.

	<p>Düşey Sistem ile Üretilmiş DEM Görüntüsünden bir bölüm</p>
(a)	<p>Düşey Sistem ile Üretilmiş DEM YÖA=4,14 cm/pix dir.</p>
	<p>Eğik Sistem ile Üretilmiş DEM Görüntüsünden bir bölüm</p>
(b)	<p>Eğik Sistem ile Üretilmiş DEM YÖA=4,63 cm/pix dir.</p>

Şekil 5.37. Düşey ve Eğik sistem ile üretilen DEM karşılaştırması

Şekil 5.36’da görülen 2 farklı sisteme ait DEM görüntülerinde düşey sistem de üretilen verinin YÖA daha küçük olmasına rağmen görüntü kalitesi ve hat keskinliği olarak eğik sistem ile üretilenin daha doğru hatlara sahip olduğunu görmekteyiz.

Sonuç ürünü olarak elde edilen DEM’ler Global Mapper programında açılarak, üretim için kullanılan YKN’lerin DEM verisi üzerinden yükseklik verileri (H-

Ortometrik) okunmuş ve üretim esnasında kullanılan Ortometrik Yüksekliklerle farklı alınarak DEM kontrolü sağlanmıştır. Elde edilen farklar ve karesel ortalama hata değerleri Çizelge 5.10 da verilmiştir (Kılıç ve ark., 2017).

Çizelge 5.10. Düşey ve Eğik DEM ve gerçek yükseklik karşılaştırması

Nokta No	Gerçek Kot	Düşey DEM	$\Delta Z(m)$	Eğik DEM	$\Delta Z(m)$
B1	1120,787	1120,832	-0,045	1120,749	0,038
B9	1119,403	1119,391	0,012	1119,387	0,016
B11	1122,156	1122,137	0,019	1122,130	0,026
B15	1143,351	1143,282	0,069	1143,238	0,113
B18	1136,759	1136,761	-0,002	1136,743	0,016
B21	1140,049	1140,116	-0,067	1140,131	-0,082
B22	1128,510	1128,472	0,038	1128,525	-0,015
B25	1120,498	1120,486	0,012	1120,466	0,032
B28	1120,935	1120,921	0,014	1120,942	-0,007
B34	1135,918	1135,908	0,010	1135,923	-0,005
B38	1144,675	1144,620	0,055	1144,708	-0,033
B46	1129,435	1129,453	-0,018	1129,445	-0,010
			$m_0 = 3,77 \text{ cm}$		
				$m_0 = 4.53 \text{ cm}$	

Çizelge 5.10 da gösterilen değerler dikkate alınarak şekil 5.38 de gösterilen formül yardımıyla KOH (Karesel ortalama Hata) lar hesaplanmıştır.

$$m_0 = \sqrt{\frac{|vv|}{n}}$$

m_0 = karesel ortalama hata

n = ölçü sayısı

$|v|$ = mutlak değerler toplamı

Şekil 5.38. Karesel Ortalama Hata Hesaplama Formülü

Bu karşılaştırmaların yanında DEM haritalarımız için doğruluk kontrolü yapılmıştır. Doğruluk kontrolü yapılabilmesi için DEM haritalar üzerinde kot değerleri okunarak tespit edilen noktaların arazide kot değerleri alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Arazi üzerinde kot değerleri alınan bu noktalar hiçbir şekilde dengeleme işlemleri




alınmamıştır. Seçilen bu noktalar ile DEM üzerinden okunan değerler arasındaki farkları ve karesel ortalama hataları gösteren değerler çizelge 5.11 de verilmiştir.

Çizelge 5.11. Düşey ve Eğik DEM verilerinin doğruluk ve KOH değerleri

N.N.	Arazideki Kot	Düşey DEM Kot	ΔZ (m)	Eğik DEM Kot	ΔZ (m)
12	1133,449	1133,511	-0,062	1133,544	-0,095
13	1140,372	1140,494	-0,122	1140,565	-0,193
14	1144,678	1144,811	-0,133	1144,834	-0,156
16	1130,728	1130,681	0,047	1130,676	0,052
Karesel Ortalama Hatalar		m₀=	9,83 cm	m₀=	13,54 cm

5.12.3.Ortofoto Görüntülerin Karşılaştırılması

Agisoft Photoscan yardımı ile üretmiş olduğumuz farklı seviyelerdeki (Medium, High ve Ultra high) nokta bulutu dosyalarımızdan ayrı ayrı ortofoto görüntüleri çıkarılmış ve YÖA (Yer Örnekleme Aralığı/Mesafesi) ile birlikte Şekil 5.39 'de karşılaştırılmıştır.

Görüntü	Görüntü Boyutu/YÖA	Üretim Şekli
 <p>(a)</p>	<p>(16051x18595) 2.05 cm/px</p>	<p>Medium</p>
 <p>(b)</p>	<p>(15830x18272) 2,07 cm/pix</p>	<p>High</p>
 <p>(c)</p>	<p>(11841x16088) 2.07 cm/pix</p>	<p>Ultra High</p>

Şekil 5.39. (a),(b),(c) Medium, High ve Ultra High seviyesinde üretilmiş olan Ortofoto görüntüler

Farklı sistemlerde üretilmiş olan ortofoto haritaların birbirlerine göre en büyük farklılıkları DEM görüntülerde olduğu gibi kapladığı alan bakımındandır(Şekil 5.40).



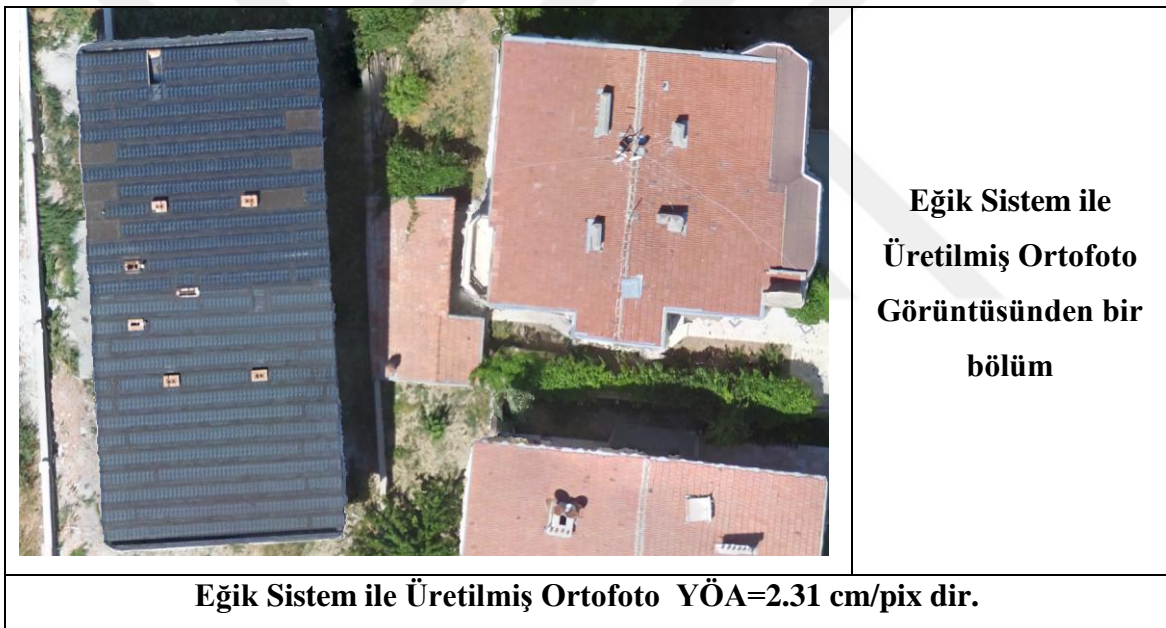
Düşey Sistem ile Üretilmiş Ortofoto Görüntü



Eğik Sistem ile Üretilmiş Ortofoto Görüntü

Şekil 5.40. Çalışma alanımızın tümü için üretilmiş Düşey ve Eğik sistem Ortofoto görüntüleri

Şekil 5.40 'de gösterilen ortofoto görüntüleri genel bir görünüş olduğundan dolayı düşey ve eğik sistemler arasındaki farkı ayırt etmek güçtür. Bu nedenle çalışma alanımızda belirlemiş olduğumuz bir alanı yaklaşmak suretiyle daha küçük ölçekte daha yakından incelememiz gerekmektedir. Gerekli bu görüntüler ve YÖA değerleri Şekil 5.41 de gösterilmiştir.



Şekil 5.41. Düsey ve Eğik sistem ile üretilen Ortofoto karşılaştırması

Farklı teknikler kullanılarak üretilmiş olan ortofoto haritalar yer kontrol noktalarının hata miktarları göz önüne alındığında cm mertebesinde üretildiği gözlemlenmiştir. Ortofoto doğruluk kontrolü amacıyla Ortofoto haritalar üzerinde net görülebilen ve koordinatları rahatlıkla okunabilecek yerler tespit edilerek araziye çıkmıştır. Arazide test alanımızın farklı yerlerinde yeterli sayıda nokta alımı yapılmış ve büroda ortofoto görüntü üzerinden okunan değerler ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar sonucunda elde edilen farkların ve karesel ortalama hataların

görüldüğü tablolar çizelge 5.12 ve çizelge 5.13 de gösterilmiştir. Ortofoto haritalar üzerinde yükseklik değeri okunamadığından karşılaştırma işlemi sadece X ve Y yönünde yapılabilmektedir.

Çizelge 5.12. Düşey Ortofoto doğruluk analizi

Düşey Sistem Çalışması						
N.N.	Arazi Koordinatları		Düşey Ortofoto koordinatları			
	Y	X	Y	$\Delta Y(m)$	X	$\Delta X(m)$
14	449275,604	4193339,747	449275,557	0,047	4193339,688	0,059
A1	449484,410	4193259,460	449484,623	-0,213	4193259,387	0,073
A2	449425,420	4193294,310	449425,327	0,093	4193294,379	-0,069
A6	449364,070	4193180,72	449363,990	0,080	4193180,740	-0,02
A7	449379,680	4193181,590	449379,705	-0,025	4193181,491	0,099
A9	449250,23	4193231,63	449250,356	-0,126	4193231,531	0,099
Karesel Ortalama Hatalar			$m_0 = 11,48$ cm		$m_0 = 7,48$ cm	

Çizelge 5.13. Eğik Ortofoto doğruluk analizi

Eğik Sistem Çalışması						
N.N.	Arazi Koordinatları		Eğik Ortofoto koordinatları			
	Y	X	Y	$\Delta Y(m)$	X	$\Delta X(m)$
14	449275,604	4193339,747	449275,482	0,122	4193339,678	0,069
A1	449484,410	4193259,460	449484,586	-0,176	4193259,374	0,086
A2	449425,420	4193294,310	449425,343	0,077	4193294,348	-0,038
A6	449364,070	4193180,72	449363,957	0,113	4193180,752	-0,032
A7	449379,680	4193181,590	449379,682	-0,002	4193181,588	0,002
A9	449250,23	4193231,63	449250,170	0,060	4193231,578	0,052
Karesel Ortalama Hatalar			$m_0 = 10,66$ cm		$m_0 = 5,37$ cm	

5.12.4. Bina Silüet ve cephe röleve çizimlerinin karşılaştırılması

Cephe röleveleri çizilebilmesi için bina cephelerinde yeterli sayıda noktamızın olması gerekmektedir. Düşey sistem ile üretilen nokta bulutlarında cephelerde yeterli sayıda nokta bulunmadığından dolayı röleve çizimleri sadece eğik sistem ile yapılmış olup herhangi bir karşılaştırma işlemi gerçekleştirilmemiştir. Düşey sistem ve Eğik

sistem ile gerçekleştirilecek röleve çizimine esas bina cephe örneği şekil 5.42 'de gösterilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 5.42. (a) : Düşey nokta bulutu cephe görünümü (b) Eğik nokta bulutu cephe görünümü

Şekil 5.41 'de gösterildiği gibi düşey sistem çalışmasında bina yüzeyleri tam oluşmadığı gözlenirken eğik sistem ile gerçekleştirilen çalışmada detaylar belli olmaktadır.

Röleve çizimlerine benzer olarak sokak veya bina silüetlerinin çıkartılması çalışmalarında da cephelerde yeterli noktalar oluşturulamadığından düşey sistem kullanışa elverişli değildir. Şekil 5.43 de aynı bölgeye ait sokak silüet çalışması gerçekleştirilmiştir.



(a)



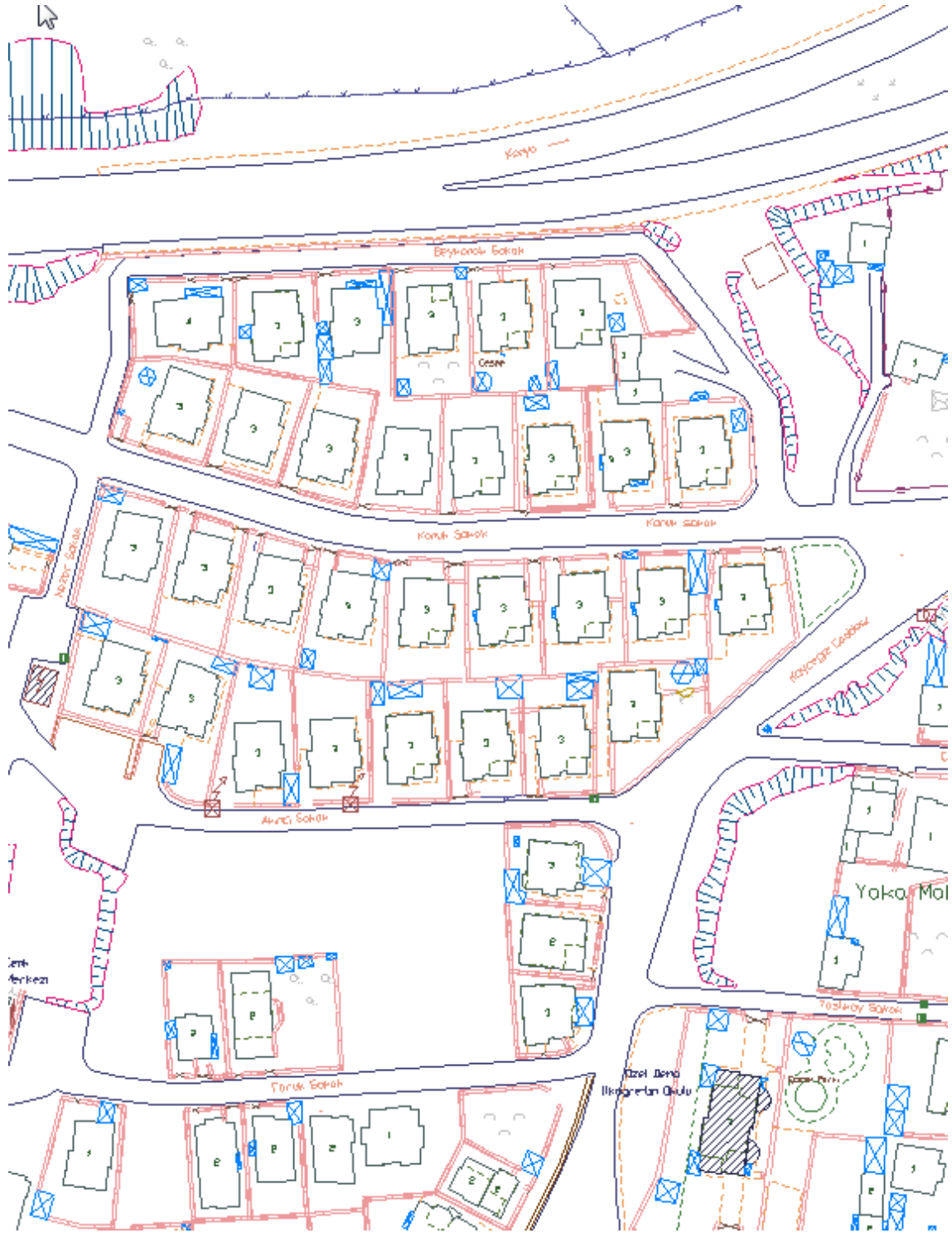
(b)

Şekil 5.43. (a) : Düşey nokta bulutu silüet görünümü (b) : Eğik nokta bulutu silüet görünümü

Şekil 5.42 'de görüldüğü üzere eğik sistemde alınan sokak silüetlerin de binalar tanımlanabilir durumda iken düşey sistemde bu ayrımı yapabilmek mümkün olmamaktadır.

5.12.5. Vektörel Karşılaştırılması

Bu aşamada, üretilmiş olan ortofotonun doğruluğunun araştırılması için Şekil 5.44 'de gösterilen ve 2006 yılında üretimi gerçekleştirilmiş olan halihazır harita referans veri olarak kabul edilmiştir.



Şekil 5.44. Referans olarak seçilen 2006 yılında üretilmiş olan halihazır harita

Vektör veriler ile raster (ortofoto görüntü) verilerin karşılaştırma işlemleri Netcad programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Netcad dosyasında raster dosyamızı koordinatlı bir şekilde getirebilmemiz için ortofoto görüntümüzü Agisoft Photoscan yazılımından .TIF formatında almamız gerekmektedir. Netcad ortamında .TIF

formatında açılan resim dosyası koordinatlı bir raster veridir. Bu raster veri üzerinden direk çizim işlemleri yapılarak sayısallaştırma yapılmıştır (Şekil 5.45). Düşey sistem ve eğik sistem için sayısallaştırma ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir.



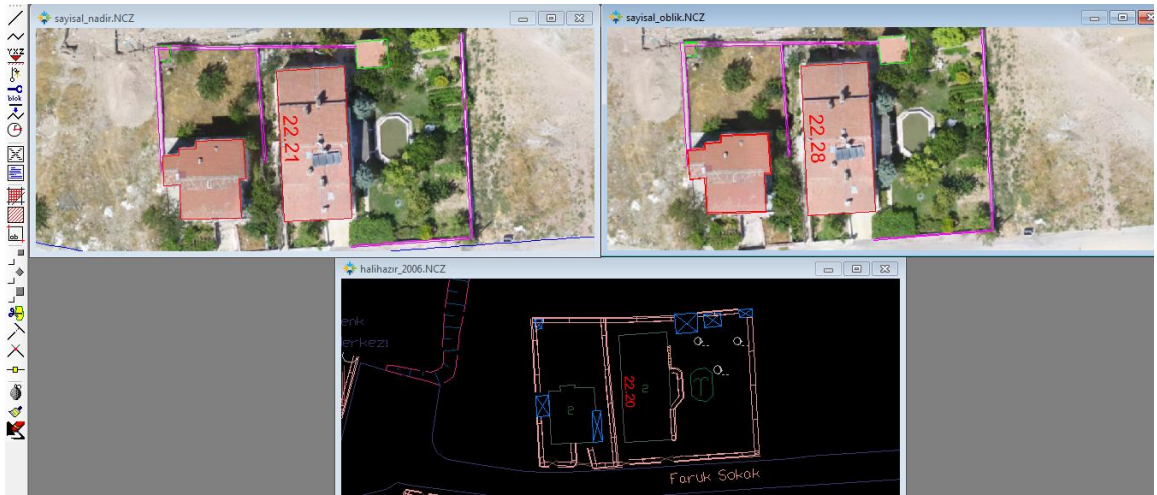
Şekil 5.45. Raster veri üzerinden çizim yapılmış bir görünüm

Referans vektör veri olarak kabul etmiş olduğumuz halihazır harita ile ortofoto görüntülerimiz arasında karşılaştırılma yapılabilmesi için ortak obje olarak bina kenar uzunlukları, tretuvar genişlikleri, kullanılmıştır (Şekil 5.46). Ölçüler ile ortofoto haritalar üzerinde objelerin uzunlukları ölçülerek kıyaslama işlemleri yapılmıştır.



Şekil 5.46. Karşılaştırma işlemlerinde kullanılan çizgi ve alanlar

Şekil 5.47 da gösterilen NetCAD ortamından hem vektör harita hem de raster haritalar üzerinden aynı objelerin uzunlukları ölçülmüştür.



Şekil 5.47. Seçilen binaya ait uzunluk değerleri ölçüm örneği

Seçilen bu Yatay mesafelere ilişkin çizgi uzunluğu ölçüm değerleri Çizelge 5.14 'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.14. Vektör ve raster uzunlukların karşılaştırılması

Çizgi No	Vektör Uzunluk (m)	Düşey Raster uzunluk (m)	Δl	Eğik Raster uzunluk (m)	Δl
Bina	6,00	6,04	-0,04	6,05	-0,05
Bina	8,28	8,34	-0,06	8,26	0,02
Bina	22,20	22,21	-0,01	22,28	-0,08
Bina	7,05	7,01	0,04	6,99	0,06
Tretuvar	2,16	2,13	0,03	2,11	0,05
Tretuvar	2,08	2,20	-0,12	2,05	0,03
			$m_0 = 6,08 \text{ cm}$		
				$m_0 = 5,21 \text{ cm}$	

Tablo üzerinde karşılaştırmayı düşündüğümüz değerlerin çalışma alanımızın farklı kısımlarından seçilmiş ve birbirine uzunluk olarak benzemeyen alanlar seçilmiştir. Tablo üzerindeki karşılaştırmadan da anlaşılacağı üzere düşey sistemle elde edilmiş olan raster veri üzerinden okunan çizgi uzunluk değerlerinin gerçek uzunluk değerlerinden 1-12 cm aralığında, eğik sistem ile elde edilen uzunluk değerlerinin ise 2-8 cm farklılıkta olduğu tespit edilmiştir.

Çizgi karşılaştırılmasına ek olarak vektör ve raster veriler üzerinden alan ölçümleri yapılarak alandaki değişim de karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.48. Seçilen binaya ait alan değerleri ölçüm örneği

Şekil 5.48 de gösterildiği şekilde NetCAD ortamında alanlar okunarak karşılaştırma gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanımızda seçilmiş olan bazı alanlara ait veriler Çizelge 5.15 'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.15. Vektör ve raster alanların karşılaştırılması

Alan No	Vektör Alan (m ²)	Düşey Raster alan (m ²)	ΔF	Eğik Raster alan (m ²)	ΔF	
Bina	219,785	221,989	-2,204	222,100	-2,315	
Bina	217,509	217,653	-0,144	217,951	-0,442	
Sündürme	37,039	38,697	-1,658	38,859	-1,820	
Sündürme	18,958	20,262	-1,304	20,397	-1,439	
Sündürme	3,217	3,477	-0,260	3,513	-0,296	
m₀=			3,06 m²	m₀=		3,32 m²

Alan ölçümleri yapılırken farklı büyüklükteki alanların seçilmesine ve birbirinden farklı konumlarda oluşuna dikkat edilmiştir. Alan ölçümleri neticesinde düşey sistem ile elde edilen verilerin gerçek değerden 0,14 - 2,20 m², eğik sistemde elde edilen alan ölçümlerinin ise gerçek değerden 0.30 - 2.31 m² farklı olduğu görülmüştür.

5.12.6.Nokta Bulutu Verilerinin Karşılaştırılması

Her iki sistemde (Eğik ve Düşey Görüntü alım) gerçekleştirilen nokta bulutları arasında Ortofoto görüntüyü ve DEM harita üretimlerini etkileyecek büyük farklılıklar vardır. Düşey sistem ile üretilmiş nokta bulutları daha az fotoğraftan ve daha az fotoğraf açıları kullanıldığından eğik sistem ile üretilene göre daha az 3 boyutlu ve renk değerleri olan nokta sayısına sahiptir. Yüzeyle paralel bakışlarda çok farklılık yokmuş gibi görünmesine karşın perspektif bakışlarda büyük farklılıklar ortaya çıkmaktadır. (Şekil 5.49).



(a)



(b)

Şekil 5.49. (a) Düşey nokta bulutundan bir görüntü (b) Eğik nokta bulutundan bir görüntü

Aynı hassasiyet değerleri (High) ile üretilmiş olan nokta bulutları arasında eğik sistem ile üretilmiş nokta bulutu 89 394 488 noktaya sahipken düşey sistem ile üretilmiş veride 66 904 717 olduğu görülmüştür. Ayrıca düşey sistemle üretilmiş olan nokta bulutlarında eksiklik olan bölgelerin eğik sistem ile görülebilir olduğu, bununla birlikte nokta bulutu yoğunluğu fazla olan eğik sistemde daha net bir görüntü oluştuğu anlaşılmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Hızlı nüfus artışının tetiklediği yoğun arazi kullanımı ve ilerleyen teknolojinin mümkün kıldığı karmaşık şehir yapılarının inşası, araziye ait hak, kısıtlama ve sorumlulukların yönetimini sağlanması ve gerçekleştirilebilmesi için 3B veriye ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın karşılanmasında, eğik resim fotogrametrisi güçlü bir araç olarak karşımıza çıkmaktadır.

Çok geniş uygulama alanları bulunan eğik resim fotogrametrisi sadece kadastral harita üretimi ve yönetimde değil, vergi değerlendirmesi, kent ve altyapı planlaması, askeri ve güvenlik operasyonlarının yönetimi ve kritik altyapı tesislerinin korunması gibi uygulamalarda da verimli bir şekilde kullanılmaktadır.

Bu yöntemde uçak, helikopter ya da insansız hava aracı üzerine yerleştirilmiş tekli veya çoklu kamera sistemleri kullanılabilir. Çalışmamız neticesinde Eğik resim fotogrametrisi ile ilgili aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Çalışma alanımız çok büyük olmamasına karşın düşey sistem ile bütün hassasiyetlerde üretim yapılabilmesine karşın eğik sistem ile Ultra High düzeyinde üretim yapılamamıştır. Daha fazla fotoğraf ile işlem yapıldığından eğik resimler ile üretim yapılabilmesi için daha yüksek işlemci ve bellek kapasiteli bilgisayara ihtiyaç duyulmuştur.
- Aynı hassasiyette gerçekleştirilen düşey sistem ile çekilen görüntüler sonucunda oluşturulan verilerin toplam gerçekleşme zamanı 4 saat 1 dakika 46 saniye olmasına karşın eğik resim çekim sistemi ile gerçekleştirilen çalışma 18 saat 22 dakika 39 saniye sürmüştür. Bu kadar büyük farkın oluşmasında en büyük etken resimlerin eğik çekilmiş ve görüntü sayısının düşey sisteme göre fazla olmasından kaynaklanmaktadır.
- Eğik resim fotogrametrisi ile binaların daha geniş alanları özellikle cephelerinin daha net görülebildiği gözlemlenmiştir.
- İnsanlı hava araçlarına monte edilebilen sistemler kullanılacak olduğunda Eğik sistemin daha maliyetli olduğu görülmüştür. Eğik sistemler yaygınlaşmadığından dolayı yapılması planlanan sistem maliyeti yüksek olmaktadır.
- Bir bölgeye ait daha geniş görüş açısı gerekli olan işlerde eğik sistem tercih edilmelidir. Eğik fotogrametri de genel olarak 45° ve 60° derecelik açılar tercih

edilmektedir. Bu açıların seçimi çalışılacak test alanına göre belirlenmelidir. Test alanı yüksek binaların bulunduğu bir bölge ise 60° ufku daha fazla gören açılar tercih edilmelidir.

- Düşey sistem ile görülemeyen kayıp bölgelerin (Kör noktaların) eğik sistem ile ortaya çıkarılabildiği görülmüştür. Eğik sistemle ortaya çıkarılan kayıp bölgeler daha çok açıdan görülebildiği için daha güvenilir bir Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve DEM elde edilmektedir. Bu sebeple bu verilerden de elde edilen ortofotolar düşey görüntülerden elde edilen ortofotolara göre daha doğru olmaktadır. True Ortofoto (Doğru Ortofoto) üretimi için eğik resim fotogrametrisi kullanılması doğru bir tercih olduğu sonucuna varılmıştır.
- Bina cephelerinin görülmesine gerek olmayan işlerde düşey sistem tercih edilmeli ve büroda meydana gelebilecek üretim sorunları ve fazla sistem gereksiniminin önüne geçilmelidir.
- İHA lar yardımıyla yapılabilen eğik resim fotogrametrisinin insanlı hava araçları ile yapılabilen eğik resim fotogrametrisine göre daha kullanışlı ve hızlı olduğu açıktır. İHA lar ile yapılabilen eğik sistem çalışmaları tekrarlı ölçüm yetenekleri ile çok avantajlı durumda olduğu anlaşılmıştır.
- Geniş alanların eğik sistem ile modellenmesi yapılması düşünülüyor ise bilgisayar gereksinimleri dikkate alınarak uçuş planlaması yapılmalı ve bölgenin modeli parçalar halinde üretilerek daha sonra birleştirilmelidir.
- Yersel fotogrametri ile yapılabilen bazı (Binaların 3 boyutlu modellenmesi , cephe rölevelerinin çıkartılması, bina ve sokak silüetlerinin çıkartılması v.b.) işlerin artık eğik resim fotogrametrisi ile yapılabilirliği anlaşılmıştır.
- Afet bölgelerinde düşey hava resimleri tehlikeli alanlar hakkında bir ön bilgi verirken eğik görüntüler daha ayrıntılı bilgiler vermektedir.
- Çalışmamız sonucunda eğik fotogrametri ile ağaçlık alanlarla alakalı daha doğru bilgilerin elde edildiği anlaşılmıştır. Örneğin ağacın yaşı ile ilgili tahminlerde bulunulmasını sağlayan ağaç kutur çapı, ağaç yüksekliği gibi bilgiler doğru ve hızlı bir şekilde elde edilmektedir. Ayrıca ağaç yoğunluk haritaları da kolayca elde edilebilmiştir.
- Eğik görüntüler ile üretilmiş nokta bulutlarından düşey ölçümler (Bina saçak yüksekliği, ağaç yüksekliği, direk yüksekliği v.b.) kolaylıkla yapılabilirken

düşey görüntüler ile üretilen nokta bulutu verilerinde bu ölçümleri yapmak güçtür.

- Düşey hava görüntülerinden elde edilen nokta bulutlarından görüne bilirlük analizleri bina yan yüzeylerinde noktalar olmadığı için hatalar çıkabilmektedir. Lakin eğik görüntüler ile elde edilen nokta bulutlarından üretilen görüne bilirlük analizlerinde yan yüzeylerde de noktalarımız olduğundan daha doğru veriler elde edilebilmektedir.

Test alanımız ile ilgili yapılan çalışmalar neticesinde Yer Kontrol ve Denetim Noktaları, DEM, Ortofoto ve Vektörel Veriler ile ilgili hata değerlerine değinecek olursak: Yer Kontrol noktaları ve Denetim noktaları ile ilgili hata miktarları ve Karesel Ortalama Hataları gösterir veriler Çizelge 6.1'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.1 : YKN ve denetim noktaları hata miktarları

Düşey Sistem Çalışması						
	Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata Miktarı	Y Yönünde Hata Miktarı	Z Yönünde Hata Miktarı	XY Yönünde Hata Miktarı	Toplam Hata Miktarı
YKN Hata Miktarları	32	2,2244	2,5575	2,2006	3,3895	4,0412
Denetim Noktaları Hata Miktarları	7	2,2985	2,8565	2,1924	3,6665	4,2719
Eğik Sistem Çalışması						
	Ölçü Sayısı	X Yönünde Hata Miktarı	Y Yönünde Hata Miktarı	Z Yönünde Hata Miktarı	XY Yönünde Hata Miktarı	Toplam Hata Miktarı
YKN Hata Miktarları	21	1,9773	2,2414	2,8116	2,9859	4,1013
Denetim Noktaları Hata Miktarları	4	1,1612	3,7901	2,5528	3,9640	4,7149

Her iki sistem içinde üretilen Sayısal Yükseklik Modelleri (sYM) verilerinin karşılaştırılabilmesi için DEM ler üzerinden seçilmiş YKN noktalarımızın kot değerleri okunarak gerçek değerleri ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda çizelge 6.2'de verilmiş olan sonuçlar elde edilmiştir.

Çizelge 6.2. Sayısal Yükseklik Modellerinin (DEM) Hassasiyet Kontrolü

Nokta No	Gerçek Kot	Düsey DEM	$\Delta Z(m)$	Eğik DEM	$\Delta Z(m)$
B1	1120,787	1120,832	-0,045	1120,749	0,038
B9	1119,403	1119,391	0,012	1119,387	0,016
B11	1122,156	1122,137	0,019	1122,130	0,026
B15	1143,351	1143,282	0,069	1143,238	0,113
B18	1136,759	1136,761	-0,002	1136,743	0,016
B21	1140,049	1140,116	-0,067	1140,131	-0,082
B22	1128,510	1128,472	0,038	1128,525	-0,015
B25	1120,498	1120,486	0,012	1120,466	0,032
B28	1120,935	1120,921	0,014	1120,942	-0,007
B34	1135,918	1135,908	0,010	1135,923	-0,005
B38	1144,675	1144,620	0,055	1144,708	-0,033
B46	1129,435	1129,453	-0,018	1129,445	-0,010
Karesel Ortalama Hatalar		$m_0 =$	3,77 cm	$m_0 =$	4,53 cm

Bu karşılaştırmanın yanında DEM verilerimizin doğruluk kontrolleri de gerçekleştirilmiştir. Doğruluk kontrolleri yapılabilmesi için dengeleme ve denetim noktası olarak kullanılmayan arazi üzerinde alımı yapılmış noktalardan seçim yapılarak DEM verimiz üzerinden kot okumaları yapılmış ve bu okunan değerler çizelge 6.3 de verilmiştir.

Çizelge 6.3. DEM Verilerinin Doğruluk Kontrolü

N.N.	Arazideki Kot	Düsey DEM Kot	$\Delta Z (m)$	Eğik DEM Kot	$\Delta Z (m)$
12	1133,449	1133,511	-0,062	1133,544	-0,095
13	1140,372	1140,494	-0,122	1140,565	-0,193
14	1144,678	1144,811	-0,133	1144,834	-0,156
16	1130,728	1130,681	0,047	1130,676	0,052
Karesel Ortalama Hatalar		$m_0 =$	9,83 cm	$m_0 =$	13,54 cm

Ortofoto görüntülerimizin karşılaştırma işlemleri ortofoto haritaların üretiminin ardından ortofotolar üzerinde görülebilen noktaların arazide okunan koordinat değerleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Bu karşılaştırma değerlerine ilişkin bilgiler çizelge 6.4

de verilmiştir. Çizelge 6.4 de yapılan karşılaştırma ve doğruluk kontrolü ortofoto haritalar üzerinden kot değerleri okunamadığından dolayı sadece X ve Y yönünde yapılmıştır.

Çizelge 6.4. Ortofoto Verilerinin Doğruluk Kontrolü

Düşey Sistem Çalışması						
N.N.	Arazi Koordinatları		Düşey Ortofoto koordinatları			
	Y	X	Y	$\Delta Y(m)$	X	$\Delta X(m)$
14	449275,604	4193339,747	449275,557	0,047	4193339,688	0,059
A1	449484,410	4193259,460	449484,623	-0,213	4193259,387	0,073
A2	449425,420	4193294,310	449425,327	0,093	4193294,379	-0,069
A6	449364,070	4193180,72	449363,990	0,080	4193180,740	-0,02
A7	449379,680	4193181,590	449379,705	-0,025	4193181,491	0,099
A9	449250,23	4193231,63	449250,356	-0,126	4193231,531	0,099
Karesel Ortalama Hatalar			$m_0= 11,48$ cm		$m_0= 7,48$ cm	
Eğik Sistem Çalışması						
N.N.	Arazi Koordinatları		Eğik Ortofoto koordinatları			
	Y	X	Y	$\Delta Y(m)$	X	$\Delta X(m)$
14	449275,604	4193339,747	449275,482	0,122	4193339,678	0,069
A1	449484,410	4193259,460	449484,586	-0,176	4193259,374	0,086
A2	449425,420	4193294,310	449425,343	0,077	4193294,348	-0,038
A6	449364,070	4193180,72	449363,957	0,113	4193180,752	-0,032
A7	449379,680	4193181,590	449379,682	-0,002	4193181,588	0,002
A9	449250,23	4193231,63	449250,170	0,060	4193231,578	0,052
Karesel Ortalama Hatalar			$m_0= 10,66$ cm		$m_0= 5,37$ cm	

Üretilen ortofoto haritalar yardımıyla NetCAD yazılımında raster veri olarak bulunan ortofoto haritalarımızın üzerinden sayısallaştırmalar yapılarak vektör veriler elde edilmiş ve bu üretilen vektör verilerin doğruluk kontrolleri çizelge 6.5 ve çizelge 6.6 de gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 6.5. Çizgi Uzunlukları Karşılaştırılması

Çizgi No	Vektör Uzunluk (m)	Düsey Raster Uzunluk (m)	Δl	Eğik Raster Uzunluk (m)	Δl
Bina	6.00	6.04	-0.04	6.05	-0.05
Bina	8.28	8.34	-0.06	8.26	0.02
Bina	22.20	22.21	-0.01	22.28	-0.08
Bina	7.05	7.01	0.04	6.99	0.06
Tretuvar	2.16	2.13	0.03	2.11	0.05
Tretuvar	2.08	2.20	-0.12	2.05	0.03
Karesel Ortalama Hatalar		$m_0=$ 6.08 cm		$m_0=$ 5.21 cm	

Çizelge 6.6. Alan Karşılaştırmaları

Alan No	Vektör Alan (m ²)	Düsey Raster Alan (m ²)	ΔF	Eğik Raster Alan (m ²)	ΔF
Bina	219.785	221.989	-2.204	222.100	-2.315
Bina	217.509	217.653	-0.144	217.951	-0.442
Sundürme	37.039	38.697	-1.658	38.859	-1.820
Sundürme	18.958	20.262	-1.304	20.397	-1.439
Sundürme	3.217	3.477	-0.260	3.513	-0.296
Karesel Ortalama Hatalar		$m_0=$ 3.06 m²		$m_0=$ 3.32 m²	

Çalışma alanımızın ile ilgili Lod seviyelerine göre gruplandırılmış hali şekil 6.1 de gösterilmiştir. Çalışma alanımızda yapıların iç kısımlarıyla ilgili herhangi bir çalışma yapılmadığından Lod-4 seviyesinde herhangi bir ürün elde edilmemiştir.



Şekil 6.1. Test alanımızın Lod seviyelerinin gösterimi

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen hassasiyet ve doğruluk değerler yardımıyla çalışmamız ile ilgili aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- Çalışmalarımız neticesinde düşey sistem ile üretilen verilerde LOD-3 seviyesinde veri elde edilebilirken eğik sistem ile gerçekleştirilen çalışmalarda LOD-3 seviyesinde veri üretildiği görülmüştür.
- Test alanımız için yapmış olduğumuz görsellik içeren (Görüne bilirlük analizleri, bina röleve ve silüet çıkarımı çalışmaları, ağaç kutur ölçümleri v.b.) çalışmalarda eğik sistemin çok daha avantajlı olduğu tespitinde bulunulmuştur.

- Eğik sistem çalışmamızda düşey sisteme göre fazla görüntü ile dengeleme ve 3 Boyutlu modele çıkarma işlemleri yapıldığından dolayı dengeleme sonucunda kullanılan YKN ve denetim noktaları ile ilgili hata miktarları daha yüksek çıkmıştır.
- Hassasiyet ve doğruluk değerlerine bakıldığında eğik sistem ile üretilen DEM'in Düşey sistem ile üretilene göre daha fazla hataya sahip olduğu tespit edilmiştir.
- Üretimi yapılan ortofotolar dikkate alınarak yapılan analiz sonucunda hesaplanan YKN ve Denetim noktalarının düşey sistem için daha hassas olduğu halde doğruluk analizi sonuçlarında eğik sistemin daha hassas olduğu görülmüştür.
- Eğik sistemde üretilen ortofoto haritaların doğruluk değerlerinin daha uygun olması ve daha net ortofotolar ile yapılan vektörel veri çalışmalarında da eğik sistem ile üretilen verilerin daha hassas olduğu tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

- Ayyıldız E., 2016, Eğik Resim Fotogrametri İle Veri Üretimi, 6. *Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, (UZAL-CBS 2016)*, Adana.
- Cavegn S., Haala N., Nebiker S., Rothermel M. and Tutzauer P., 2014, Benchmarking High Density Image Matching For Oblique Airborne Imagery, *ISPRS Technical Commission III Symposium, Zurich, Switzerland*, 45-55.
- Çömert R., Avdan U. ve Şenkal E., 2012, İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları Ve Gelecekteki Beklentiler, *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu, UZAL-CBS 2012*, Zonguldak.
- Döllner, J., and Buchholz, H., (2005), Continuous Level-of-Detail Modeling of Buildings in 3D City Models, *Proceedings of ACM GIS 2005*, 173-181.
- Erdoğan A., 2016, Şeritvari Haritaların İnsansız Hava Araçları İle Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 50-60.
- Erkek B., Ateş H.B., Özer E. ve Bakıcı S., 2013, Oblik Fotogrametri Ve Arazi Yönetiminde Kullanım Alanları, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu, TUFUAB2013*, Trabzon.
- Ersoy M., 2006, Fotogrametrik Uçuşlarda Yan Bindirmenin Optimizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 100-110.
- Grenzdörffer G., Niemeyer F., Schmidt F., 2012, Development Of FourVisionCameraSystemFor A Micro-Uav, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XXXIX-B1 (XXII ISPRS Congress)*, Melbourne, Australia.
- Gröger G., Kolbe T. H., Drees, R., Kohlhaas, A., Müller, H., Knospe, F., Gruber, U., Krause, U., 2004, Das Interoperable 3D-Stadtmodell Der SIG 3D, *Der GDI NRW Version 2*.
- Herwitz S. R., Johnson L., Dunagon S., Higgins R., Sullivan D., Zheng J., Lobitz B., Leung, J., Gallmeyer B., Aoyagi M., Slye R., Brass J., Witt G., 2003, Coffee field ripeness detection using high resolution imaging systems on a solar-powered UAV, *Proceedings, Int'l Symposium on Remote Sensing of Environment., TS-12.3, 3 pp.*, Honolulu, HI.
- Hunt E. R., Hively W. D., Fujikawa S. J., Linden D. S., Daughry C. S. T., McCarty G. W., 2010, Acquisition of NIR-green-blue digital photographs from unmanned aircraft for crop monitoring. *Remote Sensing 2(1)*: 290-305.
- Kılıç Y., Ekinci K. ve Kısa A., 2017, İHA ve Hava Kameralı Uçak İle Havadan Alınan Görüntüler Sonucu Elde Edilen Ürünlerin Karşılaştırılması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.

- Koç Z., Demirel H., Kada M. ve Wichmann A., 2017, 3B Bina Modellerinde Güvenlik Etkili Çoklu Detay Seviyesinde Modelleme, *Harita Dergisi Sayı 157*.
- Kolbe, T., Gröger, G., Plümer, L., 2007, Citygml - Interoperable Access To 3D City Models, In: Proceedings Of Theint. *Symposium On Geoinformationfor Disaster Management*, s. 21-23.
- Kolbe, T. H., Gröger, G., and Plümer, L., (2005), CityGML - Interoperable Access to 3D City Models, In: *Proceedings of The First International Symposium on Geo-Information for Disaster Management*, Springer, Verlag.
- Lange, E. Petschek, P. Stuppach, S., 2004, Präsentationvon Planungen, *Der Einsatzvonneuen Medienund 3d visualisierungenbeim Wettbewerb Zürich-Leutschenbach*,. Sayı: 7, 22-26.
- Löwner O., Benner J., Gröger G., Gruber U., Häfele K.H. and Schlüter S., 2012, CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D - Stadtmodelle Teil 1: Datenmodell, *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 6/2012 137. Sayı, Almanya*, 340-350.
- Löwner O., Casper E., Becker T., Benner J., Gröger G., Gruber U., Häfele K.H., Kaden R. and Schlüter S., 2013, CityGML 2.0 – Ein internationaler Standard für 3D- Stadtmodelle Teil 2: CityGML in der Praxis, *Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement 2/2013 138. Sayı, Almanya*, 130-145.
- Metin A., 2016, Üç Boyutlu Kent Modellerinde Ayrıntı Düzeyi Kavramı İnce Minareli Medrese (Konya) Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Necmettin Erbakan üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*, 80-90.
- Özbay E. ve Çınar A., 2016, Nokta Bulutu Verileri ile Nesne Modellerini Sınıflandırmak için Metriksel Bir Yaklaşım, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Sayı 16, Afyon*, 128-136.
- Özemer I. ve Uzar M., 2016, İha İle Fotogrametrik Veri Üretimi, *6. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, UZAL-CBS 2016, Adana*.
- Özer E., Erkek B. ve Bakıcı S., 2014, Eğik Resim Fotogrametrisinin Arazi Yönetiminde Kullanımı, *5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu, (UZAL-CBS 2014), İstanbul*.
- Öztürk O., Bilgilioğlu B.B., Çelik M.F., Bilgilioğlu S.S. ve Uluğ R., 2017, İnsanz Hava Aracı (İha) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği IX. Teknik Sempozyumu, TUFUAB2017, Afyonkarahisar*.
- Petrie G., 2008, Systematic Oblique Aerial Photography Using Multiple Digital Cameras, *VIII International Scientific & Technical Conference "From Imagery to Map: Digital Photogrammetric Technologies"*, Porec, Croatia.

- Remondino F., Gerke M., 2015, Oblique Aerial Imagery – A Review, *Photogrammetric Week 2015*, Offenbach, Stuttgart.
- Rupnik E., NEx F. and Remondino F., 2014, Oblique Multi-Camera Systems - Orientation And Dense Matching Issues, *European Calibration and Orientation Workshop, EuroCOW 2014*, Castelldefels, Spain.
- Selçuk O., 2008, Dijital Ve Analog Hava Kameralarının Geometrik Potansiyellerinin Fotogrametrik Açından İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 60-70.
- Swain K. C., Thomson S. J., Jayasuriya H. P. W., 2010, Adoption of an Unmanned Helicopter for Low-Altitude Remote Sensing to Estimate Yield and Total Biomass of a Rice Crop., *Published by the American Society of Agricultural and Biological Engineers*
- Vetrivel V., Duarte D., Nex F., Gerke M., Kerle N. and Vosselman G., 2016, Potential Of Multi-Temporal Oblique Airborne Imagery For Structural Damage Assessment, *XXIII ISPRS Congress*, Prague, Czech Republic.
- Yaşayan A., Uysal M., Varlık A., Avdan U., 2011, Fotogrametri, Erdoğan S., *T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295 ve Açıköğretim Fakültesi Yayın No: 1292*, Eskişehir, 0-182.
- Yetişen H., 2007, Hava Fotogrametrisi Kullanılarak Tasman Belirlenmesi Ve Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 90-100.
- Yücel M.A ve Selçuk M., 2009, Farklı Ayrıntı Düzeylerinde 3 Boyutlu Kent Modelleme Ve CityGML, *Journal of Yasar University* 4(15), 2337-2355.
- URL 1, Anonim, <https://www.harita.gov.tr>, (Erişim 14.10.2017).
- URL2, Anonim, http://en.wikipedia.org/wiki/Unmanned_aerial_vehicle, (Erişim 14.10.2017).
- URL3, Anonim, <https://www.philona.net/single-post/2016/04/12/%C4%B0HA-Kullan%C4%B1m-Alanlar%C4%B1-ve-T%C3%BCrkiye-Tar%C4%B1msal-%C3%9Cretkenli%C4%9Fine-Potansiyel-Etkisi>, (Erişim 17.05.2018).
- URL4, <http://www.aeromapss.com/OPS-F.pdf>, (Erişim 15.04.2013).
- URL5, Anonymous, http://www.aboveallphoto.com/stl/ballpark0406_3.html (Erişim 07.06.2018).
- URL6, Anonymous, http://www.geoxy.pl/en.fotogrametria_lidar.html (Erişim 03.12.2017).
- URL7, Anonymous, <https://www.pobonline.com/articles/100230-what-makes-oblique-imagery-so-effective-for-disaster-response> (Erişim 05.01.2018).

- URL8, Anonymous, <http://www.clickittefaq.com/hurricane-matthew-slams-into-south-carolina-as-haiti-death-toll-nears-900/> (Erişim 03.12.2017).
- URL9, Anonymous, <https://www.slideshare.net/JohnStewartIII/empowering-photogrammetry-and-3d-workflows> (Erişim 13.01.2018).
- URL10, Anonymous, <http://www.mdpi.com/2072-4292/9/3/278/htm> (Erişim 13.01.2018).
- URL11, Anonymous, http://map.coflein.gov.uk/index.php?action=do_images&cache_name=cG5wcm4sMjY4MTY5X3NIYXJjaHR5cGU5YWR2YW5jZWRfb3Jh&numlink=268169 (Erişim 08.01.2018).
- URL12, Anonymous, <https://pmm.nasa.gov/image-gallery/landslide-colonia-las-colinas> (Erişim 08.01.2018).
- URL13, Anonymous, <https://soundwaves.usgs.gov/2016/12/research.html> (Erişim 08.01.2018).

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Mehmet ERDÖNMEZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA 1986
Telefon : 0544 623 42 00
Faks :
e-mail : mehmet.erdonmez@hotmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Selçuklu Lisesi, Selçuklu, KONYA	2004
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2011
Yüksek Lisans	: Necmettin Erbakan Üniv. Selçuklu, KONYA	-
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2011-2014	Tepekent Belediyesi	Fen Memuru
2014-	Konya Büyükşehir Belediyesi	Harita Mühendisi

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER

BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

YAYINLAR