



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**HARİTA YAPIMINDA YÜKSEK
ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ
VERİLERLE YERSEL TEKNİKLERİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

İsmail KÜÇÜKBOZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Kasım-2020
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

İsmail KÜÇÜKBOZ tarafından hazırlanan “Harita Yapımında Yüksek Çözünürlüklü Verilerle Yersel Tekniklerin Karşılaştırılması” adlı tez çalışması 04/12/2020 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Ayhan CEYLAN

.....

Danışman

Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

.....

Üye

Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

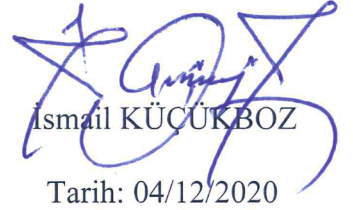
Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu seminerdeki 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 seminar 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.


İsmail KÜÇÜKBOZ
Tarih: 04/12/2020

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HARİTA YAPIMINDA YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ VERİLERLE YERSEL TEKNİKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

İsmail KÜÇÜKBOZ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

2020, 103 Sayfa

Jüri

Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU
Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

Gelişen ve değişen teknoloji tüm meslek disiplinlerini etkilediği gibi Harita Mühendisliği mesleğini de yakından etkilemektedir. Bu gelişimi gözler önüne sermek için çalışmamızda geçmişten günümüze alım yöntemlerinden bahsedilmiştir. Son dönemlerde dünyada olduğu gibi ülkemizde de arazi ölçümlerinde verilerinin elde edilmesinde farklı yöntemlerin denemeleri ve uygulamaları başlamıştır. Non-metric yani metrik olmayan kameraları İnsansız Hava Araçları (İHA) üzerine monte ederek arazinin sayısal yükseklik modeli ve ortofoto haritası elde edilerek araziden gerekli verilerin toplanması ve Yersel Mobil Lazer Tarayıcı diye adlandırılan yerde hareketli araçların üstüne monte edilen lazer tarayıcısı, GPS/INS ve IMU sistemlerinin bir araya gelmesiyle ortaya çıkan ölçüm tekniği bunlardan bazıları olarak sıralanabilir.

Mühendislik projelerinin oluşturulması, detaylandırılması ve sonuçlanması gereken kavramlar doğruluk, düşük maliyet ve en önemlisi zaman olarak sayılabilir. Bu sebeple, mühendislik projelerinin kısa zaman, düşük maliyet ve yüksek hassasiyet gözetilerek yapılması gerekmektedir. Bu bağlamda Harita Mühendisliği alanında harita yapımında insansız hava araçlarına (İHA) yüksek çözünürlüklü kameralar ve hareketli taşıtlara lazer tarayıcı monte edilerek yüksek çözünürlüklü veriler elde edilmektedir. Elde edilen verilerin mühendislik uygulamalarında kullanılabilirliğinin tespiti, üretilecek projelerin yeni yeni yöntemler ile çeşitliliğinin artması ve gelişmeye devam eden teknoloji sayesinde kullanılan teknikler ile daha hassas, daha kısa sürede ve düşük maliyetli mühendislik uygulamaları üretilebilecektir.

Bu tez kapsamında klasik yersel ölçme tekniklerle üretilen detayların, metrik olmayan kamera kullanan insansız hava araçları ve yersel mobil lazer tarayıcı gibi alternatif yöntemler kullanılarak üretilebilirliği ve doğruluğunun karşılaştırması yapılmıştır. Söz konusu alternatif yöntemler, optimum ortamlar oluşturulduğunda başarılı bir seçenek olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Aracı, Mobil Lazer Tarayıcı, Ortofoto Harita, Sayısal Yükseklik Modeli, Yersel teknikler

ABSTRACT

MS THESIS

THE COMPARISON OF HIGH RESOLUTION DATA AND LOCAL TECHNIQUES IN MAP MAKING

İsmail KÜÇÜKBOZ

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

Advisor: Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU

2020, 103 Pages

Jury

**Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU
Prof. Dr. Ayhan CEYLAN
Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**

Developing and changing technology affects all professional disciplines as well as the Map Engineering profession. In order to reveal this development, recruitment methods from the past to the present are mentioned in our study. In recent years, many different options have been introduced to obtain digital land data. By mounting non-metric cameras to Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), digital elevation model and orthophoto map of the land is obtained by collecting the necessary data from the field and by combining the laser scanner, GPS / INS and IMU systems mounted on the mobile vehicles in a place called the Terrestrial Mobile Laser Scanner. The resulting measurement technique can be listed as some of them.

The concepts to be sought in the creation, elaboration and finalization of engineering projects can be counted as accuracy, low cost and most importantly time. For this reason, engineering projects should be done in short time, low cost and high precision. In this context, high resolution cameras are mounted on unmanned aerial vehicles (UAVs) and laser scanners on moving vehicles in the field of Map Engineering in the field of mapping, and high resolution data is obtained. Determining the usability of the obtained data in engineering applications, increasing the diversity of the projects to be produced with new methods and the techniques used thanks to the technology that continues to develop, more precise, shorter and low-cost engineering applications will be produced.

With this thesis, classical terrestrial measurement technique, class details and alternative conversion such as non-metric cameras used in unmanned aerial vehicles and terrestrial mobile laser scanner can be produced and compared. These alternative methods are seen as an option that can create optimum environments.

Keywords: Digital Elevation Model, Mobile Laser Scanner, Orthophoto Map, Terrestrial Techniques, Unmanned Aerial Vehicle

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteklerini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmama bilimsel temeller ışığında yön veren Sayın hocam Prof. Dr. İsmail ŞANLIOĞLU'na sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Mobil Lazer Tarama verileri temini noktasında yardımlarını esirgemeyen, Koyuncu LiDAR Harita firması çalışanları ile Genel Müdür Sayın Mustafa Koyuncu'ya, Fotogrametrik değerlendirme çalışmaları noktasında şahsıma destek olan Bilge Kent Harita firması çalışanları ile Genel Müdür Sayın Burak PARAN'a teşekkürlerimi sunarım.

Ömrüm boyunca arkamda dağ gibi duran ve tez hazırlama sürecinde de desteklerini esirgemeyerek hep yanımda olan beni bu günlere getiren canım anneme ve canım babama, arazi çalışmalarında verdiği desteğiyle bana güç veren canım abime ve kardeşim pašama tüm kalbimle sevgi ve saygılarımı sunarım.

Yine hayatım boyunca olduğu gibi tez çalışmam boyunca da her türlü fedakârlığı göstererek sonsuz destek sağlayan can yoldaşım hayat arkadaşım eşim, tez çalışmama başladığımda dünyada yok iken tezimin bitiminde ailemizde yerini alan ve ömrümüzü uzatan, evimizin neşesi prenses kızım ve aslan oğlum hepinize sevgilerimle.

İyi ki varsınız...

İsmail KÜÇÜKBOZ
KONYA-2020

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. KLASİK DETAY ALIM YÖNTEMLERİ	10
3.1. Bağlama Yöntemi.....	10
3.2. Ortogonal (Prizmatik) Yöntem (Dik Koordinat Yöntemi).....	10
3.3. Kestirme Yöntemleri	10
3.4. Kutupsal Alım Yöntemi	11
4. GLOBAL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ (GNSS)	14
4.1. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)	15
4.2. Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS).....	22
5. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ	24
5.1. Mutlak Konum Belirleme	25
5.2. Göreli Konum Belirleme.....	25
5.2.1. Kinematik Ölçü Yöntemi.....	26
5.2.1.1. Gerçek zamanlı kinematik yöntem (Real Time Kinematik-RTK).....	26
5.2.1.2. Ağ-RTK (CORS)	27
6. FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİ	30
6.1. Fotogrametrinin Sınıflandırılması	31
6.1.1. Değerlendirme Yöntemine Göre Fotogrametri.....	33
6.1.1.1. Plançete Fotogrametri	33
6.1.1.2. Analog Fotogrametri	33
6.1.1.3. Analitik Fotogrametri.....	34
6.1.1.4. Dijital (Sayısal) Fotogrametri	35
6.2. Fotogrametri Yönteminde Yöneltilme İşlemleri	37
6.3. Sayısal Fotogrametrik Veri Üretim Aşamaları	41
6.4. İnsansız Hava Araçları	44
7. MOBİL LAZER TARAMA.....	50

7.1. Yersel mobil lazer tarayıcı sistemleri genel bileşenleri;	53
7.2. Mobil Lazer Tarama Yönteminde Hata Kaynakları.....	56
7.2.1. Aletsel Hatalar	57
7.2.2. Obje İle İlişkili Hatalar	57
7.2.3. Çevresel Hatalar.....	58
7.2.4. Metotsal Hatalar.....	60
8. UYGULAMA	62
Arazi Çalışmaları	63
Büro Çalışmaları	73
9. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER	87
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ	103

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

$\kappa_1, \kappa_2, \phi_1, \phi_2$ ve ω_2	: Beş Bağımsız Dış Yöneltilme Elemanı
P	: Cisim Noktası
P', P''	: P Cisim Noktasının 1. Ve 2. Resimdeki Karşılıkları
O1, O2	: Birinci ve İkinci Resmin İzdüşüm Merkezleri
X, Y, Z	: Cisim koordinat sistemi
u', v', w'	: Birinci Resim Koordinat Sistemi
u'', v'', w''	: İkinci Resim Koordinat Sistemi
bx, by, bz	: İzdüşüm Merkezleri Arasındaki Baz Vektörü
x', y', -c	: P Cisim Noktasının Birinci Resim Koordinatları
x'', y'', -c	: P Cisim Noktasının İkinci Resim Koordinatları
A' ve A''	: Birinci ve İkinci Fotoğrafla İlgili Ortogonal Matris
X ₀ , Y ₀ ve Z ₀	: Öteleme Parametreleri
c, x ₀ , y ₀	: Asal uzaklık ile asal noktanın konumu (İç Yöneltilme Elemanları)
ϕ, ω, κ	: Dönüklük Parametreleri
λ	: Ölçek Katsayısı
A11, A12, A13, ..., A33	: A Ortogonal Matrisinin Elemanları
X, Y ve Z	: Modeldeki Noktaların Arazi Koordinatları

Kısaltmalar

ALS	: Airborne laser scanning (Havadan Lazer Tarama)
AR-GE	: Araştırma - Geliştirme
B.K.	: Bina Köşesi
BÖHHBÜY	: Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
C/A Kod	: Coarse/Acquisition Kod
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CCD	: Charge Coupled Device
CDMA	: Code Division Multiple Access
CMOS	: Complimentary Metal Oxide Semiconductor
CORS	: Continuously Operating Reference Stations- – sürekli gözlem referans istasyonu
DGPS	: Diferansiyel GPS
DRK	: Direk
DTM	: Digital terrain model
DVR.K.	: Duvar Köşesi
EKK	: En Küçük Kareler
ESA	: Avrupa Uzay Ajansı
FDMA	: Frequency Division Multiple Access
GLONASS	: Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	: Global Navigation Satellite System
GPRS	: General Packet Radio Service
GPS	: Global Positioning System
GSS	: Galileo Sensor İstasyonları
GZK GPS	: Gerçek Zamanlı GPS
HGK	: Harita Genel Komutanlığı

HGM	:Harita Genel Müdürlüğü
IMU	:Inersial Measurement Unit
INS	:Inersial Navigation System
ISPRS	:(International Society for Photogrametry and Remote Sensing)
ITRF	: Iers Terrestrial Reference Frame
İHA	: İnsansız Hava Aracı
KKTC	:Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
KKP	:Kamera Konum Parametreleri
KOH	:Karesel Ortalama Hata
LEOP	: Launch and Early Orbit phase
LİDAR	:Işık Tespit ve Mesafe Ölçme (Light Detection And Ranging)
M-F	:Mobil Lazer Tarama Alımı – Fotogrametrik (İHA) Alım
MEO	:Orta Dünya Yörüngesi
MLS/MLT	:Mobile laser scanner (Mobil Lazer Tarama)
NAVSTAR	: NAVigation System Using Time And Ranging
P-kod	:Precise Ephemerides
RRDS	: Reduced Resolution Data Set
RTK	: Real Time Kinematik
SAM	:Sayısal arazi modeli
SFM	: Structure From Motion (Hareket ile nesne oluşturma)
SYM	: Sayısal yükseklik modeli
TKGM	: Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü
TLS	:Terrestrial laser scanners (Yersel Lazer Tarama)
TUSAGA-Aktif	:Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ağı
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UHF	: Ultra High Frequency
VRML	:Virtual Reality Modeling Language
Y-F	: Klasik Yersel Yöntem ile alım- Fotogrametrik (İHA) Alım
YKN	:Yer Kontrol Noktası
Y-M	: Klasik Yersel Yöntem ile alım – Mobil Lazer Tarama Alımı
YTÜ	: Yıldız Teknik Üniversitesi
3B	: Üç Boyut

1. GİRİŞ

İnsanlar bir yerden bir yere gitmek ihtiyacı ile bunu görülebilir bir şablona dökmek istemesi sonucu harita ile tanışmıştır. HGK'nca harita tanımına bakacak olursak yeryüzünün tümünün ya da bir kısmının kuşbakışı görünümünün matematik yöntemlerle arzu edilen ölçeğe göre küçültülerek, özel işaretleriyle bir düzlem üzerine çizilmiş örneğidir (İzıdırak, 1992). Geçmişten günümüze haritalama teknikleri teknoloji gelişimi ve insanların daha yüksek doğrulukla konumu belirlemek istemesi sonucu hızlı bir şekilde gelişme kaydetmiştir. Geçmişte uygulanan klasik yersel, zahmetli ve ekip çalışması isteyen ölçüm metotları bugün yerini tek kişi ile ölçümü yapılabilen hatta insansız bir şekilde arazi alımı yapılabilen modern teknolojik ölçüm metotlarına bırakmıştır. Günümüz teknolojisi konumsal verilere ihtiyaç duyulan coğrafi bilgi sistemleri, araç takibi teknolojisi, navigasyon haritaları, fotogrametrik haritalar, jeodezik amaçlı haritalar gibi pek çok uygulama alanını doğurmuş ve bu ihtiyaçlara cevap vermek adına insanlar istenilen doğruluklarda konumsal veriler için sürekli çalışmakta ve teknoloji yardımıyla metotlar geliştirmektedir.

Uydu bazlı ölçüm teknolojisi öncesi insan gücüne daha fazla ihtiyaç duyulan ve düşük maliyetli yersel ölçüm yöntemleri kullanılmıştır. Günümüzde halen yüksek doğrulukta detay alımı yapılabildiği için yersel ölçümlerde elektronik takeometri aletleri fazlasıyla kullanılmaktadır. Totalstationlar ile teknolojinin getirdiği yenilikler sayesinde her geçen gün daha hassas ölçümler yapılabilmektedir. Örneğin günümüzde belli bir mesafeye kadar prizmalara ihtiyaç duymadan ölçüm yapılabilen totalstationlar üretilmektedir (Gümüş, 2016).

Günümüzde uzay ve uydu teknolojilerinin gelişmesi sayesinde konumsal verilerin alımında uydu bazlı ölçüm yöntemlerine geçilmiştir. Dünyanın farklı bölgelerine kurulan sabit GPS/GNSS (Global Positioning System/Global Navigation Satellite Systems) istasyonları sayesinde veri sürekliliği sağlanarak haritacılık alanında önemli bir aşama kat edilmiştir. Nokta konumları yüksek doğrulukla belirlenmesi istenen jeodezik çalışmalarda konum belirleme yöntemlerinden biri olan statik ölçü yöntemi kullanılarak toplanan veriler uygun GPS/GNSS yazılımlarla değerlendirilmektedir (Kahveci ve Yıldız, 2012).

Modern teknoloji gelişmeleri ile GNSS, klasik yersel ölçüm yöntemlerine kıyasla çeşitli avantajlar getirmiştir. Noktaların birbirini görmesi ve noktaların yerleri seçilirken en tepe yerlerde bulunması gibi zorunlulukları ortadan kaldırarak yüksek doğrulukta ölçümler ortaya çıkarmıştır. Bu nedenle GNSS teknolojisi haritacılık

mesleğinde önemli bir yer tutarak gerçek zamanlı konum belirleme çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda ilk olarak RTK (Real Time Kinematik), daha sonra Ağ-RTK (Network RTK) tekniği geliştirilmiştir. Daha az insan gücü gerektiren ve çok kısa ölçüm süreli ancak ilk yıllarında maliyetli olan diğer ölçüm yöntemleri ise Fotogrametri ve Lazer Tarama tekniğidir. Fotogrametri tekniği neredeyse fotoğrafın icadı ile yersel ve balonlarla başlamış, teknolojiadaki hızlı gelişmeler ve geniş alanların yapımında hız sağlaması sayesinde yerini dijital fotogrametriye bırakmıştır. Hava fotogrametrisinde kullanılan hava kameraları, hava araçları günümüze kadar gelişerek son zamanlarda maliyet yönünden daha avantajlı olan insansız hava araçlarına (İHA) ve metrik olmayan dijital kameralara bırakmıştır. Bu sayede fotogrametrik veri toplama ve değerlendirme işlemleri maliyet ve kullanılabilirlik yönünden cazip hale gelerek yaygınlaşmış oldu.

Lazer tarama yöntemi ilham noktası olarak ışığın yayılma teorisine dayanmaktadır. Lazer teknolojisi 1960'lı yıllardan bugüne kadar endüstriyel tasarımdan tıpa kadar pek çok farklı disiplinlerde kullanılmaktadır. Bu teknoloji 3 boyutlu (3B) coğrafi veri elde etme ve gerçek dünya modeli oluşturma isteği lazer tarama teknolojisinin haritacılık alanında geliştirilmesini sağlamıştır. 1970'li yıllarda hava platformu ile kullanılmaya başlanmış olsa da georeferanslama çözümlerinin olmaması sebebiyle yaygın kullanıma geçilememiştir. GNSS ve INS (inersiyal navigasyon sistem) sistemlerinin geliştirilmesi ile havadan, yersel ve hatta mobil lazer tarama yöntemleri topoğrafik ve endüstriyel uygulamalar için sıklıkla kullanılır hale gelmiştir.

Hassasiyet, zaman ve maliyet mühendislik projelerinde önemli değere sahip kavramlardır. Bundan dolayı mühendislik projeleri en kısa zamanda, en düşük maliyetle ve hassasiyetlik derecesi yüksek olması gerekmektedir (Erdoğan, 2016).

Teknolojik gelişmeler 3 boyutlu ölçüm ve modellemede yenilikleri de beraberinde getirmektedir. Fotogrametri, GNSS ve lazer ölçme teknikleri bu gelişimi yakından takip eden yöntemlerdendir. Bu yöntemleri önemli kılan özellikleri klasik yöntemlerle günleri hatta haftaları bulan ölçüm sürelerini saatlere indirmiş olması, ölçülecek cisimlerle temas zorunluluğu olmaması ve özellikle ölçülemeyen ve ölçülmesi çok zor olan bölgelerde bu yöntemlerin oldukça kolay şekilde sonuca ulaşabilmesi olarak sıralanabilir.

Bu çalışmada klasik detay alım yöntemleri, global navigasyon uydu sistemleri, mobil lazer tarayıcı ve fotogrametrik yöntemlerden bahsederek, klasik ölçüm yöntemleri ile mobil lazer tarayıcı ve fotogrametrik ölçü yönteminin karşılaştırılması yapılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Ayyıldız ve ark. (2014), çalışmasında, TKGM Oran Yerleşkesinde yaklaşık 40 hektarlık bir alanda İHA kullanarak yarım saat süren bir uçuş gerçekleştirmiştir. 387 adet havadan görüntünü toplamış ve bölgenin ortofoto haritasını üretmiştir. Aynı alanı aynı zamanda yüksek çözünürlüklü dijital kamera donanımına sahip uçak ile de görüntüleri çekilerek ortofoto haritasını üretmiş, hassasiyet, maliyet ve zaman bakımından karşılaştırmasını yapmıştır.

Barber ve ark. (2008), yersel mobil haritalama sistemi ile toplanan nokta bulutu verilerinin geçerli olduğunu kanıtlamak için ulusal haritalama dairesi adına bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Bu çalışmada iki test alanında Street Mapper sistem kullanılarak toplanan verilerin doğruluğu hesaplanmaya çalışılmıştır. Test alanı olarak en iyi ve en kötü koşullar içeren iki bölge seçilmiştir. Bu bölgeler ev yoğunluğunun az olduğu geniş caddeler ihtiva eden şehir dışındaki yerleşim alanları ile eski endüstriyel binalar ve yüksek depoları içeren dar caddelerdir. Her iki test alanında sistemin doğruluğunun hesabı tekrarlı veri toplama şeklinde yapılmıştır. Yükseklik hassasiyetindeki başarının 0.031m ve 0.029m arasında (%95 oranında) elde edildiği belirtilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda mobil haritalama sisteminin binalarla dolu bölgelerde nispeten başarılı bir biçimde kullanılabileceği kanıtlanmıştır.

Bigras (1997), çalışmasında arkeolojik araştırmalarda hava fotoğrafçılığında kullanılan platformlardan bahsetmektedir. Bu platformların avantajları ve hangi alanlarda kullanıldıkları anlatılmaktadır.

Blyenburgh (1999), çalışmasında İHA'ların tanımın yaparak İHA çeşitlerinden bahsetmiştir.

Botes ve Geomatics (2013), çalışmasında, Mobile Lazer Tarayıcı (MLT) yöntemi ile şeritvari ölçüm testi ve yüksek hassasiyetli bir ölçüm testini kullanarak, havadan lazer tarama (ALS), fotogrametri ve geleneksel yersel ölçme yöntemlerine karşı değerlendirmesini yaparak sonuçların uygulamada ölçümcüler için ne gibi etkileri olduğunu da ayrıntılı olarak ortaya koymaktadır.

Böge (2013), farklı özellikleri içeren yapıların hem yersel lazer tarama hem de yersel fotogrametri tekniklerini kullanarak modelleme yapılmasını incelediği çalışmasında, fotogrametri ve lazer tarama yöntemlerinden bahsetmiştir. Ayrıca bu yöntemlerde kullanılan yazılım ve donanımlardan da bahsederek Konya'daki Sille Aya-i Eleni Kilisesi ile Karatay Medresesinin kapıları ve İnce Minare müzesinin kapılarını çalışma alanı olarak seçmiştir. Sille Aya-i Eleni Kilisesini yersel fotogrametri yöntemi

ile yersel lazer tarama yöntemini kullanarak modellemesini yapmıştır. Yine Sille Aya-i Eleni Kilisesini yersel fotogrametri, yersel lazer tarama ve İHA kullanarak üç boyutlu modellemesini yapmıştır. Dış cepheleri yersel fotogrametri, kilisenin çatı kısmı verisini ise İHA ile elde ederek, verileri Autocad ortamında birleştirmiş ve üç boyutlu model elde etmiştir. Sonuç olarak tarama yönteminin yersel fotogrametriye göre çizimsel yönden bakıldığında daha kolay, ortofoto haritaların ise belge oluşturmak olarak avantajlarının olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Çelik (2011), çalışmasında klasik ölçme yöntemleri ve MLT ölçme yönteminin kıyas edilmesi ve mobil lazer tarama yöntemiyle ölçme sistemlerinin karayolu etüt proje çalışmalarında kullanılmasıyla ne gibi avantajların elde edileceğinden bahsetmiştir.

Dold ve Brenner (2006) ve Brenner ve ark. (2008), nokta bulutlarından düzgün geometrik şekilli detaylar çıkarılarak eşleştirilmiş ve nokta bulutları birleştirilmiştir. Çıkarılan şekillerin tarayıcı üzerindeki kamera görüntüsünden karşılıkları KKP yardımıyla bulunmuş ve bu detaylara ait görüntülerin korelasyonlu eşleştirilmesi ile birleştirme doğruluğu artırılmıştır.

Duran ve ark (2017) , çalışmalarında yersel fotogrametri yöntemi ve YLT (yersel lazer tarama) yöntemlerini kullanılarak üç boyutlu model elde edilmesi ve doğrulukları hakkında analiz çalışması yapmayı amaçlamışlardır. Çalıştıkları modellerden kesitler olarak kullandıkları yöntemlerin boyutsal olarak karşılaştırmasını yapmışlardır. Aynı zamanda model araçları üzerinde yer alan hedef noktalarını fotogrametrik ve lazer taramanın yanında totalstation ile de ölçerek koordinat kıyaslaması yapmışlardır. Sonuç olarak, nokta bazlı koordinat kıyaslamalarında yersel fotogrametrik yöntemin lazer tarama yönteminden daha doğru sonuçlar verdiğini, alınan kesitlerde boyutsal kıyaslamalarda da lazer tarama yönteminin daha doğru sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Modelin üç boyutlu halinin lazer tarama yönteminde detaylarının daha net olduğu sonucunu da belirtmişlerdir.

Eisenbeiss (2009), çalışmasında İHA fotogrametrisinin yeni bir metod olduğundan bahsetmiş, sayısal fotogrametri teknik ve süreçlerini anlatmıştır. İHA'ların avantajlarını anlatarak İHA'ların türleri hakkında detaylı bilgi vermiş bunun yanı sıra İHA fotogrametrisinin ileride daha otonom hal alacağından söz etmiştir.

El-Sheimy (2008), yersel mobil lazer tarama sisteminin tarihsel gelişimi, yersel lazer tarama sistemlerinde kullanılan georeferanslama ilkelerinin detayları, sistem kalibrasyonu konularına değinilmiştir. Bu çalışmada, Calgary üniversitesi tarafından geliştirilen "VISAT" ve "Backpack" yersel mobil haritalama sistemlerinin

performansları test edilmiştir. VISAT yersel mobil lazer tarama sistemi ile gerçekleştirilen uygulamaya göre ideal koşullarda GPS/INS mutlak doğruluğu yatayda 0,13 m düşeyde 0.08 m, GPS sinyallerinin bloke olduğu sadece INS' in devreye girdiği elverişsiz koşullarda ise yatay 0,29 m düşey 0.19 m ile sonuçlanmıştır. Backpack yersel mobil lazer tarama sistemi ile gerçekleştirilen uygulamada ise 20 metre mesafedeki noktaların konum doğruluğunun 40 metre mesafedeki noktaların konum doğruluğuna göre daha iyi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Erdönmez (2018), çalışmasında eğik resim fotogrametrisinin insansız hava araçları ile uyumundan, hava kameralarından, kayıt ünitelerinden ve diğer teknolojik gelişmelerden bahsederek 3 boyutlu modellerin klasik fotogrametrik teknikler ile üretilmiş 3 boyutlu modeller ile karşılaştırılması yapmıştır. Üretilen ortofoto haritalar yardımıyla NetCAD yazılımında raster veri olarak bulunan ortofoto haritaların üzerinden sayısallaştırmalar yapılarak vektör veriler elde edilmiş ve üretilen bina, sundurma, tretuvar gibi detayların çizgisel ve alansal karşılaştırılmasını yapmıştır.

Fassi ve ark. (2013), çalışmalarında dört adet birbirinden farklı tarihsel özelliği bulunan alanda lazer tarama yöntemi ve klasik yersel ölçüm yöntemi ile elde ettikleri verileri, bu verilerin nasıl elde edildiklerini, işleme sürelerini, standart sapmaları karşılaştırmış ve SYM ile ortofoto haritalarını kıyaslamıştır.

Kahveci (2009), gerçek zamanlı sabit GNSS ağları, teknik ve idari açılardan kısaca irdelemeye çalışmıştır. Bu amaçla, konunun bir bütün olarak anlaşılabilmesini sağlamak için uydu sistemlerindeki son gelişmeleri, bu ağlar kurulurken dikkat edilmesi gereken teknik hususlar, ağ yazılım ve donanımları temin edilirken dikkat edilecek hususlar, sistemin yönetimi ve işletilmesi konusundaki düşünceleri açıklamış ve konuya ilişkin önerilerde bulunmuştur.

Kara (2017), çalışmasında Ordu'nun Akkuş bölgesinde yersel yöntemde üretilen hâlihazır haritası ile aynı bölgeye ait alanın, Koyuncu Lidar firmasından mobil lazer tarama yönteminde ölçümü yapılan alanın .Ncz formatındaki çizimlerini temin ederek bu iki yöntem ile üretilen haritaların karşılaştırmasını yapmıştır.

Karasaka (2012), sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemine alternatif olarak yersel mobil lazer tarama sistemlerinin, fotogrametrik rölöve alımı ve 3B şehir modelleme çalışmalarındaki yeterliliği, sayısal fotogrametri ve yersel lazer tarama yöntemlerinin kullanımının yetersiz kaldığı durumlarda bu yöntemlere alternatif bir yöntem olarak kullanılabilirliğini araştırmış ve yersel MLT yöntemi ile üretilen verilerin sayısal halde olması, 3B verilerin görsel açıdan görülmesi, müdahale edilmesi ve

coğrafi bilgi sistemi gibi farklı uygulamalarda kullanılabilir olması nedeniyle gelecekte pek çok çalışmaya fayda sağlayacağı sonucuna varmıştır.

Karasaka ve Yıldız (2015), çalışmalarında yersel MLT sisteminin bileşenleri, sistemin matematik modeli ile koordinat sistemleri, jeoreferanslanma için GNSS/IMU uyumunun önemi ve pazarda yer edinmiş büyük firmaların son MLT sistemleri performanslarıyla beraber Topcon Ips2 uygulaması hakkında bilgi vermişlerdir.

Keleş ve Aydın (2020), yapmış olduğu çalışmada uygulama alanı olarak Ankara ili Çankaya ilçesi Aşağı Öveçler mahallesi Lizbon Caddesi seçmiştir. Veri toplama aşamasında, Topcon IP-S2 ML sistemini kullanmıştır. Çalışma alanına ait ML verisi nokta bulutu ve panoramik görüntüler elde edildikten sonra gerekli değerlendirilmeler yapılarak istenilen alanlarla ilgili metrik ve öznelik envanter verileri toplanarak etkileşimli olarak CBS veri tabanına aktarmıştır. Bu çalışma ile ML yönteminin yerel yönetimler ve belediyelerin cadde bazlı bina envanterlerinin elde edilmesinde çok faydalı ve etkin bir yöntem olduğu kanaatine varılmıştır.

Kersten ve ark. (2015), Katar'da yer alan Zubarah Kalesi'nin YLT (yersel lazer tarama) ve yersel fotogrametrik yöntem ile üç boyutlu modelini elde etmişlerdir. Yersel fotogrametrik yöntemde görüntü işlemek için farklı görüntü işleyici yazılımlar kullanarak elde edilen verilerle yersel lazer tarama verilerin karşılaştırmasını yapmışlardır.

Mahmod (2017), çalışmasında İnsansız hava aracı ile elde edilen veriler yardımıyla Aksaray Üniversitesi içinde yer alan camiinin 3B modelini oluşturarak, 50 m ve 100 m yüksekliklerden ve % 70 ve % 30 bindirme oranlarıyla uçuş yaparak İHA verileri elde ederek Agisoft yazılımı ile camiinin 4 farklı 3B modelini oluşturmuştur. Üç boyutlu model oluşturmak için hangi uçuş yüksekliğinin daha doğru sonuçlar verdiğini görmek için çalışma yapmış hata miktarlarını hesaplamıştır. Modellemiş olduğu yapıya ait cephelerinden ölçümler alarak modelden alınan ölçümler ile karşılaştırma yapmıştır. Karşılaştırma sonucu elde edilen farkların 2-50 cm aralığında olduğunu gözlemlemiştir. 50 metreden yapılan uçuş için ortalama hatası 4.85 cm, 100 metreden yapılan uçuş ortalama hata 5.16 cm olarak hesaplanmış olduğu görülmüştür.

Seydanlıoğlu (2017), çalışmasında iki farklı uygulama alanında fotogrametrik yöntem, LIDAR ve İnsansız Hava Aracı yöntemleri kullanarak toplanan coğrafi veriler ve üretilen topografik vektör ve ortofoto haritaların konum ve yükseklik doğrulukları araştırmış, elde edilen sonuçlar jeodezik ve fotogrametrik verilerden bulunan doğruluklarla karşılaştırmıştır. Çalışmasında birinci uygulama alanı Balıkesir ili

Bandırma ilçesi sınırları içinde kalan bir bölge ikinci uygulama alanı Tokat ili Zile ilçesi sınırları içinde kalan bir bölge olup Birinci uygulama alanında İHA, LIDAR ve fotogrametri yöntemleriyle, ikinci uygulama alanında ise İHA yöntemi ve yersel jeodezik yöntemle gerçekleştirilen veri toplama ve harita üretimi çalışmalarının doğruluk ve maliyetleri araştırmış, konum ve yükseklik doğrulukları detaylı olarak incelenmiş ve elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırmıştır. Sonuç olarak konum doğruluğu bakımından, fotogrametrik yöntem ve İHA yöntemiyle elde edilen verilerin karşılaştırılmasında ortalama hatanın $dS_{ort} = \pm 20$ cm civarında olduğu tespit etmiştir. Fotogrametrik veriler baz alarak (yani doğru ve hatasız kabul ederek) hesaplanan İHA verisi konum hatasının, kabul edilebilir bir düzeyde olduğu görülmüştür. Yükseklik doğruluğu bakımından LIDAR verileri ile İHA verilerini karşılaştırmasında ise ortalama hatanın $dH_{ort} = \pm 18$ cm civarında olduğunu belirtmiştir.

Silva ve ark. (2003), çalışmasında bir minibüs aracının üstüne stereo olacak şekilde monte edilen iki dijital video kamera, iki GPS alıcısı (Ashtech Reliance ve Garmin 12 XL), bir dizüstü bilgisayar ve ses senkronizasyon sisteminden oluşan düşük maliyetli yersel mobil tarama sisteminin ilk örneğini sunmuşlardır. Görüntüleme sensörleri stereo video kamera görevini üstlenmek üzere aracın üstüne GPS anteni ile birlikte monte edilmiştir. GPS alıcıları ve bilgisayar, planlanan zaman aralıklarında araç konumu ile ilgili olarak veri kaydetmek üzere yapılandırmıştır.

Suveg ve Vosselman (2000), çalışmalarında sayısal tekniklerin gelişmesiyle birlikte mimari eserlerde yapıların modellenmesinde, şehirlerin planlanmasında fotogrametrik yöntemlerin kullanılmasının zorunlu hale geleceğinden bahsetmektedirler.

Ulvi (2008), Knidos Antik Kentinde yer alan antik tiyatronun fotogrametrik olarak elde edilen verileri sayesinde restorasyonu ve rölöve çalışmalarında kullanılması hakkında çalışma yapmıştır. Elde edilen verilerin tekrar tekrar kullanım imkânı olduğundan bahsederek maliyet yönünden faydalar sağlanacağı ve diğer meslek grupları ile paylaşımının mümkün olabileceği sonucuna varmıştır.

Ulvi (2015), günümüzde sayısal fotogrametri, İHA ve bilgisayar teknolojisi gelişmelerin sonucu olarak binaların 3B olarak yeniden oluşturulması konusunun güncel araştırma konularından olduğundan bahsederek 3B yapılarda kullanılabilirliğini çeşitli uygulamalar neticesinde test etmiştir. Test sonuçlarına göre insansız hava araçlarıyla bütünleştirilen metrik olmayan (non-metric) kameraların başarılı sonuçlar doğurduğunu belirtmiştir.

Yakar ve ark (2019), Yakın Resim Fotogrametrisinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanılması adlı çalışmasında fotogrametri tekniği yüksek doğruluk ve hassasiyet sağlayarak yıllardır arkeolojik ve tarihi yapı ölçümlerinde kullanılagelen bir yöntem olduğundan dijital görüntü işleme tekniklerinin ve algoritmaların gelişmesiyle beraber yapıların 3 boyutlu modelleri oluşturularak araştırma, belgeleme ve yenileme gibi birçok çalışmada kullanılmaya başlandığından bahsederek İHA sistemlerinin fotogrametride kullanılması ile ilgili örneklerle yer vermiştir.

Yılmaz ve ark. (2013), Gatewing X-100 İHA ve sayısal kamerasıyla görüntüler alarak ortofoto harita üretmiştir. Ürettikleri haritanın doğruluğunu test etmek amacıyla yerde GPS ile ölçülmüş noktaları kullanmışlardır. Sonuç olarak elde edilen haritanın yatay konum doğruluğunun 7-8 cm olarak hesaplandığını belirtmişlerdir.

Wanzke (1984), çalışmasında antik yerlerin sıcak hava balonu yardımıyla stereofotogrametrik dokümanlarının elde edilmesi ve belgelenmesi çalışmaları yapmıştır.

Zeybek ve ark. (2014), Uzun Mesafe Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Taşkent (Konya-Türkiye) Heyelanının Hassas Belirlenmesi adlı çalışmasında yersel lazer tarama tekniği (TLS) kullanarak iki farklı zaman aralığında elde edilen ve GNSS analiz sonuçları ile desteklenen nokta bulutu verisini analiz ederek TLS tekniği heyelan bölgesinde toprak malzemenin 4 m.'ye kadar yer değiştirdiğini göstermiştir. TLS nokta bulutu yöntemi ulaşımı zor, kayalık veya dağlık geniş alanlarda oluşan heyelanları izlemede en etkili bir şekilde kullanılabilir olduğu sonucuna varmıştır.

Zeybek ve ark. (2015), yapmış oldukları çalışmalarında heyelan bölgelerinin YLT (yersel lazer tarama) yöntemiyle izlenebilirliğini araştırmışlardır. Orta Toros Dağlarında yer alan bir heyelan bölgesini uygulama alanı olarak seçmişler ve söz konusu bölgenin heyelandan önce ve heyelandan sonra olmak üzere yersel lazer taramalarını yapmışlardır. Sonuç olarak ise lazer tarama yöntemleriyle yüksek çözünürlüklü ve yüksek doğrulukla veriler elde edilmiş olmasından dolayı YLT heyelanlı bölgelerde kullanılabileceği sonucuna değinilmiştir.

Zeybek ve ark. (2016), çalışmasında heyelan bölgelerinde, İHA görüntü işleme yöntemlerini ayırt edici uygulamalarını, görselleştirme ve 3B modellemede son gelişmelerini sunmaktadır. Görüntü işleme, kamera yönlendirmesi, DTM Üretim ve ortomozaik üretim aşaması gibi otomatik işleme adımlarından bahsetmektedir.

Zeybek (2017), insansız hava araçları, yersel lazer tarama, mobil lazer tarama yöntemlerinden elde edilen yoğun nokta bulutlarının birleştirilmesi, düzenlenmesi,

filtrelenmesi, enterpolasyonu, deformasyon analizlerinin yapılmasıyla heyelan izleme çalışmaları için yöntem ve metotları önermiş yüksek çözünürlüklü veriler geleneksel yersel jeodezik yöntemlere göre daha ekonomik ve zamandan tasarruf sağlayarak daha az iş gücüne ihtiyaç duyduğunu belirterek bu veriler sayesinde heyelanların izlenmesi kolaylaştığı sonucuna varmıştır.

Zıba ve Yılmaz (2019), İHA'lerden bahsederek Çankırı Belediyesi yol çalışması kapsamında 1/1000 ölçeğinde şeritvari haritasının İHA kullanılarak üretilmesi ve sonuçlarını analiz etmiştir. Doğruluk yönünden yapılacak inceleme için arazide GPS-RTK ile yapay yapılardan detay alımı, kot kıyaslaması için araziden boş kot okumaları yaparak kot kıyası yapmışlardır. Kıyaslaması yapılan verilerin y ekseninde $\pm 1,5$ cm, x ekseninde ise ± 1 cm hata bulunduğunu belirtmişlerdir. Ortalama konum hatasının $\pm 1,25$ cm, kot hatalarının ise $\pm 1,2$ cm olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak insansız hava aracı ile 1/1000 ölçekli şeritvari haritanın Yönetmeliğe uygun şekilde yapılabileceğini ortaya koymuştur.

3. KLASİK DETAY ALIM YÖNTEMLERİ

Ölçülmesi planlanan herhangi bir arazi yüzeyinin bir çizim altlığına çizilebilmesi için gerekli detayların belirlenmesi işlemine detay alımı denir. Burada dikkat edilmesi gereken husus; alımı yapılan ölçülerin kontrollü bir şekilde ölçülerek çizimde herhangi bir hata oluşmasını engellemektir. Geçmişte bugünkü derecede ölçüm yöntemleri bulunmaması nedeniyle alımlar genellikle basit ölçü aletleri ile gerçekleştirilmiştir. Klasik detay alımı ile detay noktası koordinatlarının elde edilmesi geçmişten günümüze 4 ana yöntem ile sıralanmıştır. Bu yöntemler;

- 1) Bağlama Yöntemi
- 2) Ortogonal (Dik Koordinat) Yöntemi
- 3) Kestirme Yöntemi
- 4) Kutupsal Alım Yöntemi

şeklinde sıralanabilir (Selçuk, 2008).

3.1. Bağlama Yöntemi

Bu yöntem basit ölçü aletleri (çelik şerit metre, jalon, çekül, prizma vs.) kullanılarak uygulanmaktadır.

3.2. Ortogonal (Prizmatik) Yöntem (Dik Koordinat Yöntemi)

Bu yönteminde uzunluk ölçme aletleri ile dik inme ve çıkmaya yarayan prizmalar kullanılır. Ölçülecek parselin durumuna göre seçilen ölçü doğrusu bir dik koordinat sistemi olarak kabul edilir. Ölçü doğrusu üzerine parselin köşe noktalarından prizma ile dikler inilir. Çelik şerit metre ile dik boyları (ordinatlar) ölçülür. Apsisler ölçülürken dik ayakları arası ayrı ayrı ölçülmez. Başlangıçtan olan uzunluklar ölçülerek yazılır (Aydın, 1984).

3.3. Kestirme Yöntemleri

- 1-Açı Kestirme
- 2-Uzunluk Kestirme

olmak üzere iki değişik şekilde uygulanmaktadır.

3.3.1. Açı Kestirme Yöntemi

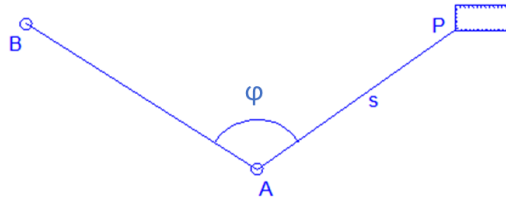
Koordinatları bilinen veya daha sonra hesaplanacak olan iki sabit noktadan, detay noktasına olan yatay doğrultuların ölçülmesi esasına dayanır.

3.3.2. Uzunluk kestirme yöntemi

Koordinatı belirli olan iki noktadan alımı yapılacak detay noktasına olan yatay uzaklıkların ölçülmesi ile detayların koordinatlarının elde edilme yöntemidir.

3.4. Kutupsal Alım Yöntemi

Bu yöntemin temel prensibinde; koordinatları bilinen bir A noktası ile bilinen doğrultuya ihtiyaç vardır (Şekil 3.1). Doğrultu belirlemek için de bir nokta daha gerekli olduğuna göre bilinen iki adet nokta ölçüme başlamak için yeterlidir. Bu ölçüm yöntemi aşağıdaki şekilde yer alan φ açısı ve s ile adlandırılan mesafenin ölçülmesine dayanır.



Şekil 3.1. Kutupsal alım yöntemi

Ölçmelerde klasik takeometreler veya elektronik takeometreler kullanılabilir. Klasik takeometreler artık günümüzde çok kullanılmamaktadır. Bunun nedeni teknoloji ile birlikte mikroişlemciler ve devreler kullanılmaya başlanması ile çok yönlü işlev sahibi totalstationların (elektronik takeometreler) kullanılmaya başlanmış olmasıdır. Dört ana modülden oluşan totalstationlarda bu modüller; mikroişlemci modülü, yatay, düşey ve uzaklık ölçme modülü olarak yer almaktadır (Şekil 3.2).

Sürekli ve otomatik olarak yapılan yatay ve düşey açı ölçmeleri ile uzunluk ölçmeleri mikroişlemcide değerlendirilir. Burada değerlendirilen veriler cihazda yer alan bir ekrandan izlenebilir, gerekirse yazıcı ile listelenebilir veya kayıt ünitelerinde kayıt yapılabilir. Takeometrik ölçümde yapılan işlemlerin tamamı, tuşlar yardımıyla seçilerek yapılır veya yönlendirilir. Okumaların tamamı sayısalıdır (İnal ve ark. 1996).



Şekil 3.2. Elektronik takeometre (Total Station) (URL-1)

Okunan ve hesaplanan değerler aşağıda yer almaktadır (Şekil 3.3).

S' : Eğik uzunluk

Z : Düşey açı

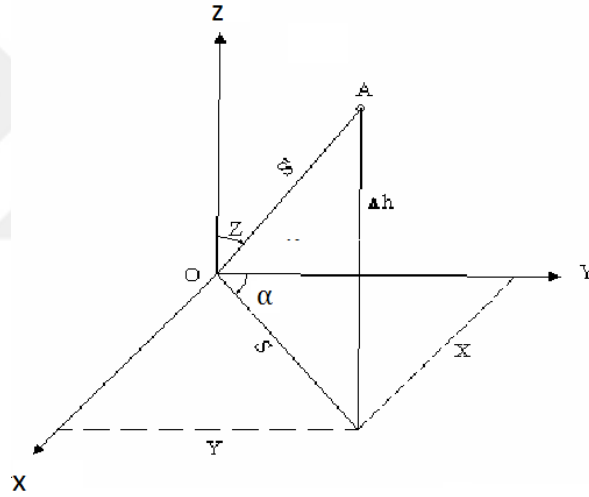
α : Yatay açı

S : Yatay uzunluk

X : Absis

Y : Ordinat

Δh : Yükseklik farkı



Şekil 3.3. Okunan ve hesaplanan değerler (Kalaycı, 2003).

Bu aletlerde bulunan mikroişlemciler başka işlemleri de yapabilir. Totastationlar yansıtıcılar yani prizmalar ile birlikte kullanılır. Bu yansıtıcılar detay alımı yapılacak noktalara jalonları yardımı ile jalonlarda yer alan küresel düzeç sayesinde düşey olacak şekilde tutulur. Ölçülecek uzunluğa bağlı olarak prizmaların sayısı değişen yansıtıcıların buradaki görevi totalstationdan gelen ışığı geri yansıtmaaktır.

Aletin yatay hale getirilmesi ve hedefe yönlendirilmesi işleminden sonra ölçme işlemine başlanır. Ölçme işleminde istenilen verilere göre kullanılan alet ve

jalon yükseklik değerlerinin de girilmesi gerekmektedir. Örneğin alımı yapılacak detay noktasının yüksekliği isteniyor ise jalon yüksekliği değerinin ölçümünden önce girilmesi gerekmektedir. Totalstationa tanıtılması gereken diğer değerler; genelde firmalar tarafından hazır olarak verilen atmosferik düzeltme faktörü değeri ve alet yüksekliğidir. Mikroişlemci ilgili modüllerinden gelen eğik uzunluk, yatay ve düşey açı değerlerini alarak değerlendirir indirger ve (3.1) bağıntısında yer alan formüle göre yatay uzunluğa dönüştürür.

$$S = S' * \sin Z \quad (3.1)$$

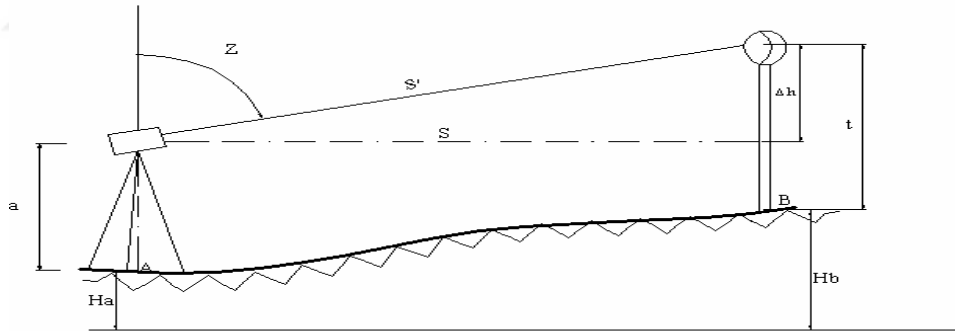
Burada yer alan düşey açı otomatik olarak ölçülür. Bu veriler yardımıyla;

$$\Delta h = S * \cos Z \quad (3.2)$$

Formülü kullanılarak yükseklik farkı bulunur. Kullanılan alet yüksekliği (a) ve detay noktasında yer alan yansıtıcı yüksekliği (t) olarak ifade edersek;

$$Hb = Ha + a + \Delta h - t \quad (3.3)$$

Formülü ile yansıtıcının üzerinde bulunduğu yani bakılan noktanın yüksekliği bulunabilir (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Bakılan noktanın yükseklik hesabı (İnal ve ark. 1996).

Bakılan noktanın koordinat hesabında aletin kurulu olduğu noktanın ve doğrultu alınan noktanın koordinatlarına ihtiyacımız olduğundan bu gerekli veriler alete girilerek mikroişlemci tarafından bakılan noktanın (B) koordinatları aşağıdaki;

$$Y_B = Y_A + S \cdot \sin \alpha \quad (3.4)$$

$$X_B = X_A + S \cdot \cos \alpha \quad (3.5)$$

formüller yardımıyla hesaplanır. Formülde yer alan α , alet kurulan noktayla bakılan noktayı birleştiren doğrunun/çizginin semt açısıdır (İnal ve ark. 1996).

4. GLOBAL NAVİGASYON UYDU SİSTEMLERİ (GNSS)

Dünyada her yerde, her hava koşulunda yörüngede yer alan uydulardan gelen sinyallerin yardımıyla global ölçekte bir koordinat sisteminde (ITRF) yüksek doğrulukla ve anlık olarak hız, zaman ve konum belirleme işlemi yapan bir navigasyon sistemidir (Yıldız ve Kahveci, 2010). Global Konum Belirleme (GPS) sistemi yaşantımızda her alana girmiş ve olmazsa olmazı durumuna gelmiş olması nedeniyle yirminci yüzyılın teknoloji anlamında en önemli gelişmelerden biri olarak düşünülebilir. Bugün navigasyon gerektiren tüm çalışmalar, fotogrametri, mobil lazer tarama, jeodezik yöntemle ölçüm, CBS (coğrafi bilgi sistemleri) ve DGPS (Diferansiyel GPS) amaçlı kullanımlar GPS tabanlı uygulamaların birkaçına örnek olarak verilebilir. Teknolojik olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler bu sistemlerin getirmiş olduğu hem ekonomik hem de askeri amaçlı kullanımlar için kendi ülkelerinin uydu sistemlerini kurmak ve geliştirmek için çalışmalara devam etmektedir. Bu çalışmalara örnek olarak Avrupa Birliği'nin (AB) GALİLEO, ABD'nin GPS, Rusya'nın GLONASS, Hindistan'ın GAGAN, Çin'in BEİDOU/COMPASS, ve Japonya'nın QZSS uydu sistemleri gösterilebilir. Bu ülkeler kendi uydu sistemlerini geliştirmeye devam etmektedirler. Tüm bu ülkelerin mevcut uydu sistemleri ve diferansiyel sistemlerin (SBAS, WAAS, EGNOS vs.) hepsine Global Uydu Navigasyon Sistemleri (GNSS) adı verilmektedir (Kahveci 2009). (Şekil 4.1).



Şekil 4.1. GNSS Sistemi uyduları (URL-2)

4.1. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)

1973 yılında ilk çalışmalarına askeri amaçlar doğrultusunda ABD Savunma Bakanlığınca başlatılan NAVSTAR (NAVigation System Using Time And Ranging) GPS, uydulardan aldığı radyo sinyalleri vasıtasıyla tüm hava koşulunda, gündüz gece ayırt etmeden, noktalar arasında birbirini görme zorunluluğu olmaksızın doğru ve hızlı bir şekilde 3B konum belirleme sistemidir. Navigasyon ihtiyacı ile tasarlanan GPS navigasyon amacının yanı sıra hız ve duyarlı zaman belirleme işlevi de görmektedir (Wells ve ark., 1987). Yeryüzünde hangi noktada olunursa olunsun o noktada uygun geometri ile en az 4 uydu görülebilecek şekilde hesaplanmış 24 adet uydu GPS sisteminin uzay bölümüdür. Bu uyduların yerden yaklaşık uzaklığı 20200 km olup, ekvator ile 55° lik açı oluşturan altı adet yörünge düzleminde konumlandırılmış ve on iki saatlik periyotlara sahiptirler. Uydulardan her biri 2 farklı sinyal (1575.42 Mhz frekansında, yaklaşık 19 cm dalga boyunda L1 ve 1227.60 Mhz frekansında, 24 cm dalga boyunda L2) yayını yapar (King ve ark., 1987). 1993 yılında yörüngelerinde olması gereken tüm uydular yörüngelerine yerleştirilmiştir. Yerleşimi tamamlanmış olan uydular, dünya üzerinde dağılmış bir şekilde yer alan konumları bilinen ve duyarlı saatler ile çift frekanslı alıcılara sahip beş adet izleme istasyonundan kesintisiz olarak izlenmektedir. GPS ilerleyen dönemlerde sadece askeri amaçlı kullanım ile kalmayıp ABD Savunma Bakanlığınca 28 Haziran 1983 tarihinde sivil kullanıcılara açılmıştır (Arslan, 1997)(Şekil 4.2).



Şekil 4.2. GPS uydu görünümü (URL-3)

GPS temelinde jeodezideki en eski ölçüm tekniklerden olan “geriden kestirme” teknikeri esasına dayanmaktadır. Yani konumu bilinmeyen noktadan, konumu bulunacak noktadan konumu bilinen noktalara yapılan gözlem ve hesapları kapsar.

GPS alıcıları bulundukları konumları hesaplayabilmesi için;

- Uydulara ne kadar uzaklıkta olduğu
- Atomik saatler olmalı (yüksek doğrulukta)
- Koordinatları bilinen uydular
- Atmosferik düzeltmeler

bilgilerine ihtiyaç duyarlar.

Çalışan sistem “zaman” temeline dayanmaktadır. Uyduların her biri dört adet saat taşır (2 rubidyum ve 2 cesium olmak üzere ve her birinin maliyeti oldukça yüksektir yaklaşık 100.000-500.000 dolar). Söz konusu bu saatler cesium ve rubidyum atomlarının osilasyonunu ve dolayısıyla zaman ölçerler. Alıcıda yer alan saat ise normal bir saat benzeri olması nedeniyle, alıcı ve uydu saatlerinin arasında daima bir fark (hata) oluşmaktadır.

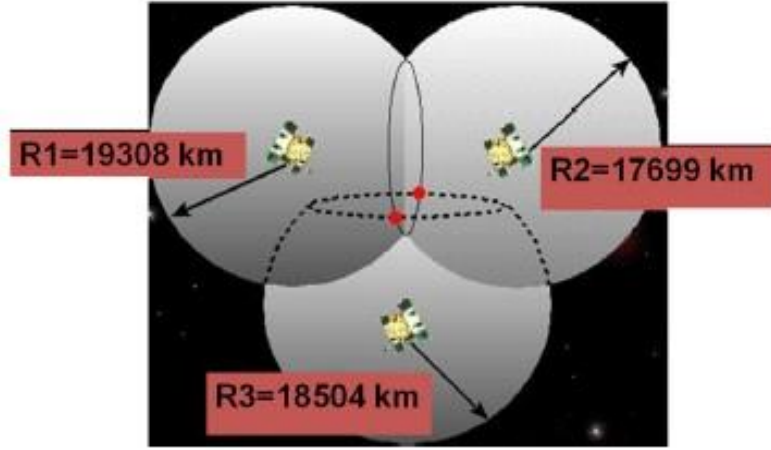
Konumu bilinen noktalar GPS uydularıdır. GPS alıcılarının uyduların konum bilgilerini uyduların sinyalleri içinde bulunan uyduların yaklaşık konum bilgilerini içeren “almanak” ve uydu konum bilgilerine düzeltme getirilerek hassas konumunu (yörünge elemanları) içeren “efemeris” bilgilerinden alır. Alıcının bulunduğu noktanın yer merkezli (earth-fixed) kartezyen koordinatları (X,Y,Z) bilinmeyen olarak hesaplanacak değerdir. Ancak alıcılar ile uyduların uzaklıklarını hesaplamış olmak bulunan noktanın konum hesabı için yeterli gelmemektedir. Matematiksel olarak üç bilinmeyenli denklem çözümü için üç ölçü değeri yetiyor gibi görünüyorsa de, uydu ve alıcı saat hatalarını ortadan kaldırmak için bir uyduya daha ihtiyaç bulunmakta ve konumu bilinen en az dört uydu gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Uydu bazlı konum belirlemede uydulardan gelen sinyallerin alıcılar tarafından kaydedilmesinde, bu sinyalin uydudan yayınlandığı zaman ile alıcı bünyesinde kaydedildiği zaman arasında geçen süre çok hassas bir şekilde ölçülür. Ölçülen süre, sinyal yayılma hızı ile çarpılarak alıcı ve uydu arası mesafe belirlenir, uydunun koordinatları zamana bağlı olarak bilindiğinden, alıcının konumu hesaplanabilir.

GPS, 4 boyutlu bir sistemdir (3B+zaman). Bir adet uydu bir adet küre demektir, ikinci uydu ile sadece iki kürenin kesişimi sağlanır (Şekil 4.3).

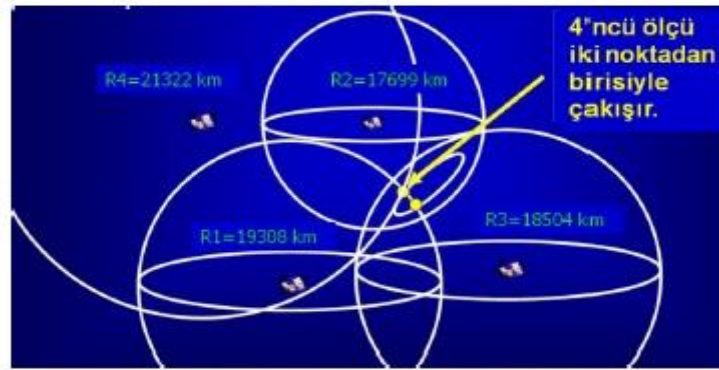


Şekil 4.3. Uydular yardımıyla konum belirleme (Kahveci, 2012)

3. uydu sayesinde bulunulan yerin iki noktaya düşürülmesini sağlarken 4. uydu ile artık iki noktaya düşürülen noktalardan hangisinde bulunulduğu belirlenir (Şekil 4.4 ve Şekil 4.5).



Şekil 4.4. Uydular yardımıyla konum belirleme (Kahveci, 2012)



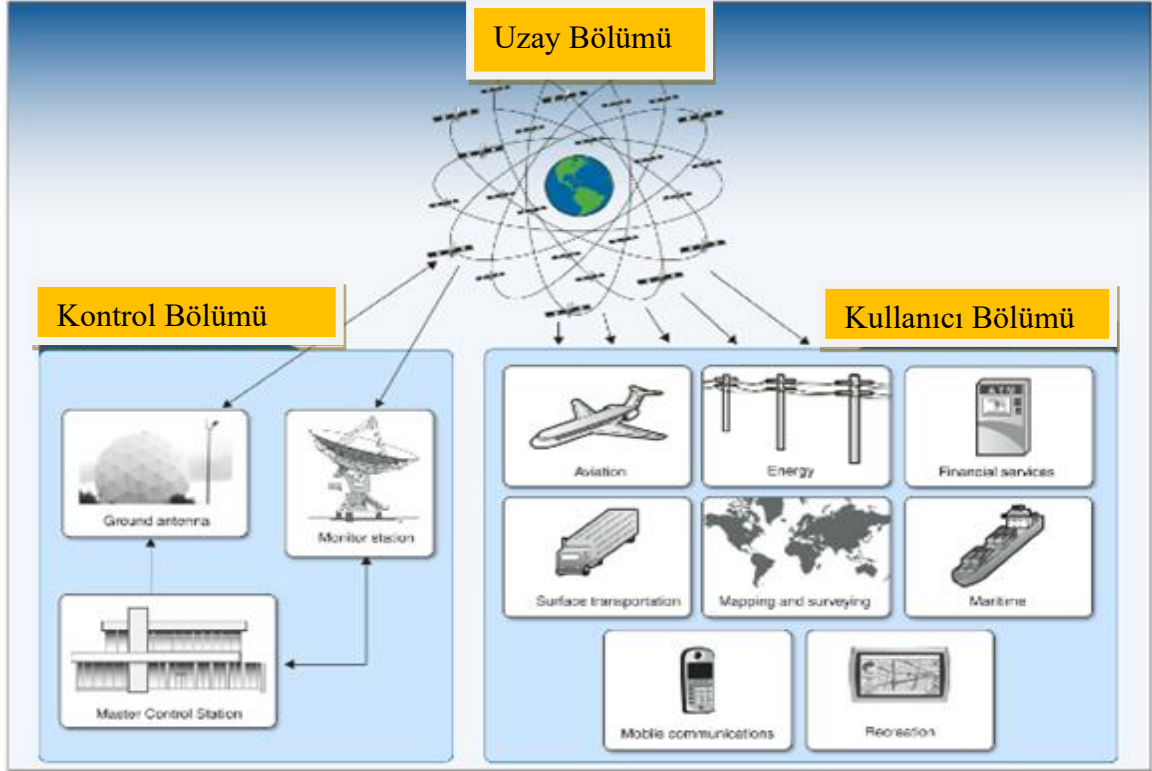
Şekil 4.5. Uydular yardımıyla konum belirleme (Kahveci, 2012)

4 uydu ile elde edilen sonuç yeryüzünde yer alan GNSS alıcısının bulunduğu noktanın 3B koordinatları ve zamanın hassas bir şekilde ölçümüdür (Şekil 4.6) (Kahveci, 2012).



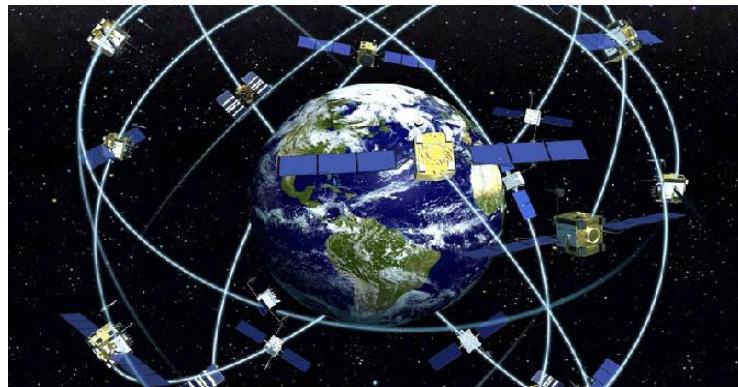
Şekil 4.6. 4 adet uydu yardımıyla 3 boyutlu konum belirleme (Kahveci, 2012)

GPS sistemi temel olarak üç ana bölümden oluşur. Bu bölümler, uyduların yer aldığı uzay bölümü, izleme istasyonlarının yer aldığı kontrol bölümü ve alıcıların yer aldığı kullanıcı bölümüdür (Şekil 4.7).



Şekil 4.7. GPS sistemi bölümleri (URL-4)

Uzay bölümü, sistemin merkezi durumunda yer alır ve en az 24 uydu (aktif uydu sayısı 21, yedek uydu sayısı 3) ile sistem devamlılığı sağlanır. Uydular bu bölümde, dünya yüzeyinden 20200 km üzerinde yer alan “Orta Dünya Yörünge” adındaki bir yörüngede bulunur. Uyduların böyle yüksek bir irtifada bulunmaları sayesinde geniş görüş alanına sahip olunmakta ve yeryüzündeki bir GPS alıcısının daima en az dört adet uydu görülebilecek şekilde konumlandırılmış olmasına imkân verilmektedir (Şekil 4.8).



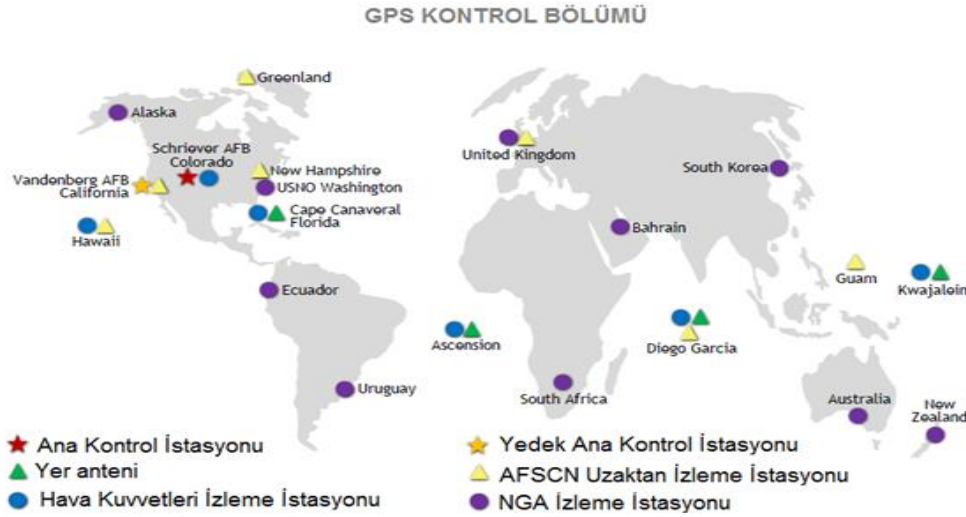
Şekil 4.8. GPS uzay bölümü (URL-5)

Uydular yüksek hızları sayesinde (Uyduların hızları saatte yaklaşık 11.200 km'dir) dünyanın çevresini 11 saat 58 dakikada turlarını tamamlarlar. Faydalı ömür süreleri en az on yıl kullanılacak şekilde tasarlanır ve enerjilerini güneşten alırlar. Aynı zamanda herhangi bir güneş kısıtlanmasına karşı (güneş tutulması vs.) bünyelerinde yedek bataryalar ile yörünge düzeltmeleri ve kullanımdan çıkması gereken uyduların yörüngeden alınması için küçük ateşleyici roketleri bulunmaktadır.

Tüm uydular L1 ve L2 olmak üzere iki değişik frekans üzerinden sinyal yayınlamaktadır. Siviller L1 frekansını UHF (Ultra High Frequency) bandında (1575,42 Mhz), Askeri amaçlı alıcılar ise L2 (1227,60 Mhz) sinyal frekansını dinlemektedirler. Sinyaller Line of Sight yani "Görüş Hattında" ilerler. Buluttan, plastikten ve camdan geçebilirler ama katı cisimlerden (duvar ve dağ vs.) geçemezler. Uydular tarafından yayılan elektromanyetik dalgalar atmosferden geçerken atmosferik bozulmaya uğrarlar. Farklı dalga boylarına sahip L1 ve L2 bantları farklı oranlarda bükülmeye ve bozulmaya uğradığından aralarındaki fark hesaplanarak atmosferik bozulma engellenir ve çok daha doğru bir konum bilgisi hesaplanabilir. Tek başına L1 bandı kullanılarak (dGPS ile bile) 1-2 m hassasiyetle konum elde edilebilirken, her iki bandın (L1 ve L2) ortak kullanımıyla metre altı hassasiyete ulaşılmaktadır.

Yeryüzünde beş adet takip istasyonu (Hawaii, Diego Garcia, Ascencion, Colarado Springs, Kwajalein,), bir adet temel komuta istasyonu ve üç adette uydularla veri aktarımı yapan istasyondan oluşan kontrol bölümü, sürekli olarak uyduların doğru olarak çalışıp çalışmadığını kontrol eder (Şekil 4.9).

Temel komuta (ana kontrol) istasyonu (Colorado), izleme (gözlem) istasyonlarından aldığı verilerle uyduların saat ve yörünge parametrelerini hesaplayarak, hesaplanmış olan bilgileri mesaj şeklinde uydulara yüklemek üzere yer kontrol istasyonlarına iletir. P kod alıcıları ve hassas saatleri barındıran gözlem istasyonları, yaptığı gözlemleri uyduların yörüngelerini belirlemek için kullanırlar. Gözlem istasyonları ile aynı konumda yer alan yer kontrol istasyonları uydulara yükleme yapması için haberleşme hatları ve antenler ile donatılmıştır (Çorumluoğlu, 2002).



Şekil 4.9. GPS izleme ve kontrol istasyonları

Kullanıcı bölümü, yerde konumunun belirlenmesi için hazır olan alıcılardır. Farklı sebepler ile GPS kullanmak üzere konum bilgisine ulaşmak isteyen herhangi birisi sistemin kullanıcı bölümünde yerini alır. Kullanıcı bölümü;

- Alet sehpaı
- Güneş panelleri
- Düzeçli üçayak
- GPS alıcı ve yazılımı
- GPS alıcısı gezici iken GPS jalonu
- GPS anten ve anten kablosu
- Batarya
- Aktif bir sim kart

setlerinden oluşur.

Zamanla kullanım ömrünü tamamlayan eski uydular yenileri ile sürekli değiştirilerek iyileştirmeye devam edilmektedir. ABD hava kuvvetleri genişletilebilir 24 konfigürasyonu kapsamında 2011 yılında uydu sayısını 27 ye çıkararak daha etkin ve verimli çalışır hale getirmiştir (URL-6).

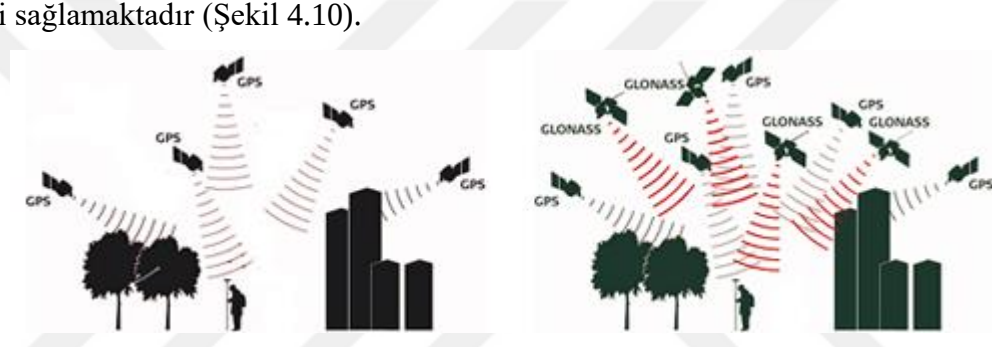
Zamanla GPS uyduları yenileme, geliştirilme ve modernize edilme gibi birçok değişimler ile varlığını devam ettirmektedir. Mevcut ve yeni nesil GPS uydularının özellikleri aşağıda çizelgede verilmiştir. 9 Eylül 2020 itibariyle, GPS takımyıldızında, hizmet dışı bırakılmış, yörüngedeki yedek parçalar hariç olmak üzere toplam 30 operasyonel uydu bulunmaktadır (Çizelge 4.1) (URL-6).

Çizelge 4.1. GPS uyduları ve özellikleri (URL-6).

ESKİ UYDULAR		YENİ UYDULAR		
BLOCK IIA	BLOCK IIR	BLOCK IIR-M	BLOCK IIF	GPS III/IIIF
0 Kullanıma hazır (Hizmet Dışı)	9 Kullanıma hazır	7 Kullanıma hazır	12 Kullanıma hazır	2 Kullanıma hazır
- Sivil kullanıcılar için L1 frekansında (C/A) kodu - Askeri kullanıcılar için L1 ve L2 frekanslarında hassas P (Y) kodu 7,5 yıllık tasarım ömrü 1990-1997'de piyasaya sürüldü - Sonuncusu 2019'da hizmet dışı bırakıldı	- L1 üzerinde C/A kodu - L1 & L2 üzerinde P(Y) kodu - Yerleşik saat izleme 7,5 yıllık tasarım ömrü 1997-2004 başlatıldı.	- Tüm eski sinyaller 2. Sivil sinyal L2 (L2C) - Yeni askeri M kodu sinyali - Askeri sinyaller için esnek seviye 7,5 yıllık tasarım ömrü 2005-2009 başlatıldı.	- Tüm Blok IIR-M sinyalleri 3. Sivil sinyal L5 frekansı (L5) - Gelişmiş atomik saatler - Geliştirilmiş ve güçlendirilmiş kaliteli sinyal 12 yıllık tasarım ömrü 2010-2016 başlatıldı.	- Tüm Blok IIF sinyalleri - L1'de 4. Sivil sinyal (L1C) - Gelişmiş sinyal güvenilirliği, doğruluğu ve bütünlüğü - Seçici kullanılabilirlik yok 15 yıllık tasarım ömrü - IIIF: lazer reflektörler; arama ve kurtarma yükü 2018 başlatıldı.

4.2. Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (GLONASS)

Sovyetler Birliği'nin 1976 yılında kurmaya başlamış olduğu GLONASS sistemi, 2 Ekim 1982 tarihinde GLONASS uyduları fırlatılmaya başlanmasıyla birlikte tüm dünyayı kapsamı altına alması 1996 yılında gerçekleşmiştir. Rus Hükümetince 2000'lerin ilk yıllarında GLONASS uydu sistemlerinin yapılandırılması ve geliştirilmesi için yüksek bir bütçe ayrılmış ve öngörüldüğü haliyle sistemin 2011 yılında 24 adet uyduya sahip bir küresel uydu sistemi halini alması sağlanmıştır. Günümüzde GPS ve GLONASS uyduları birlikte ve aktif bir şekilde kullanılmaktadır (ALKAN ve ark., 2014). GPS ile GLONASS sistemlerinin bir arada kullanılması bizlere günümüzde ölçüm yaparken daha fazla uydudan veri alabilmeyi, daha sağlıklı uydu geometrisinin oluşumu ile daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde etmeyi sağlamaktadır (Şekil 4.10).

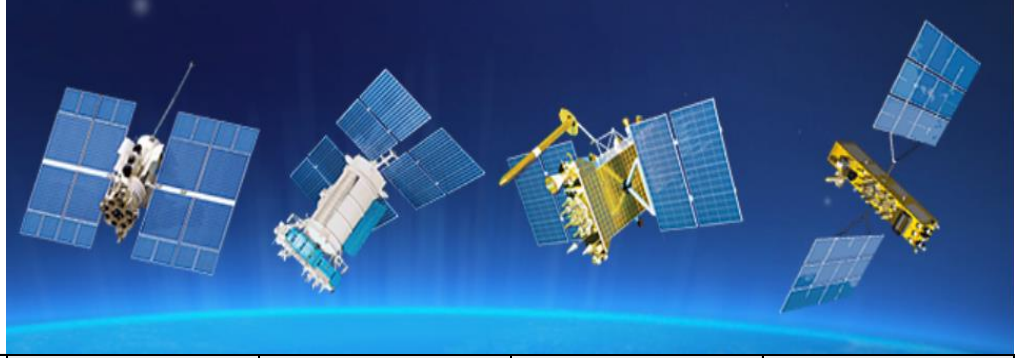


Şekil 4.10. Amerika ve Rus uydularının birlikte kullanımı (URL-7)

GLONASS sisteminde uyduların yörünge doğruluklarının artırılması amacıyla, 6 adeti Rusya sınırları dışında olmak üzere, Antarktika'ya kurulan referans istasyonunun yanında 15 adet yeni referans istasyonu daha kurulması planlanmıştır. Bu sistemde yer alan uydular, diğer GNSS sistemlerinde kullanılan radyo sinyallerinden CDMA'nın aksine Frequency Division Multiple Access (FDMA) tekniğinde navigasyon radyo sinyallerini L1 ~ 1602 MHz ve L2 ~ 1246 MHz 2 frekans alt bandında yayın yapmaktadır. GLONASS sisteminin yeni nesil uydularından olan K serisi uyduları ile daha yüksek doğruluk ile özellikle GALILEO, GPS ve diğer GNSS sistemleri ile daha uyumlu ve daha verimli çalışabilirlik hedeflenmektedir. Bu yeni GLONASS-K uyduları, geleneksel FDMA sinyallerinin yanı sıra CDMA sinyallerini de yayınlamaktadır. GPS sisteminde olduğu gibi GLONASS sisteminde de modernizasyon çalışmaları yapılarak Nisan 2013'te out-of-band emisyonlarını azaltan ve daha yüksek saat kararlılığına sahip GLONASS-M uydusu fırlatılmıştır (URL-8).

M seri uydulardan sonra hem eski FDMA hem de CDMA sinyallerini iletebilen K serisi uydularla modernizasyonuna devam edilen GLONASS sisteminde 2008 yılında yörünge doğruluğu bir yıl içerisinde 120 mm den 85 mm seviyesine düşmüştür (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. GLONASS uyduları (URL-9).

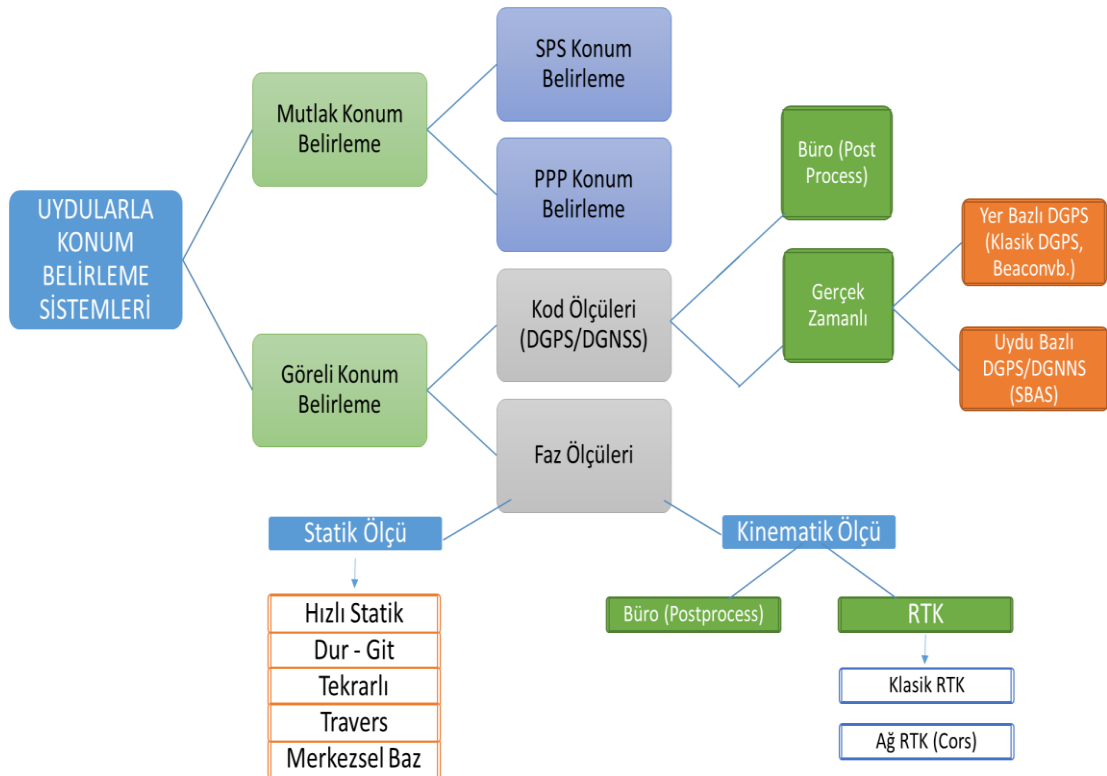


	GLONASS	GLONASS-M	GLONASS-K	GLONASS-K2
Dağıtım zamanı	1982-2005	2003-2016	2011-2018	2017+
Durum	Kullanım Dışı	Kullanımda	Tasarım olgunlaşması	Geliştirilmekte
Nominal Yörünge Parametreleri	Yükseklik 19100 km - Eğim Açısı 64,8 - Periyot - 11 sa 15 dk 44 min			
Tasarım Ömrü (Yıl)	3.5	7	10	10
Ağırlık, kg	1500	1415	935	1600
Boyutlar, m		2,71x3,05x2,71	2,53x3,01x1,43	2,53x6,01x1,43
Güç, W		1400	1270	4370
Saat Kararlılığı	$5 \cdot 10^{-13} / 1 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-13} / 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13} / 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14} / 5 \cdot 10^{-15}$
Sinyal Tipi	FDMA	FDMA	FDMA ve CDMA	FDMA ve CDMA

5. GNSS İLE KONUM BELİRLEME YÖNTEMLERİ

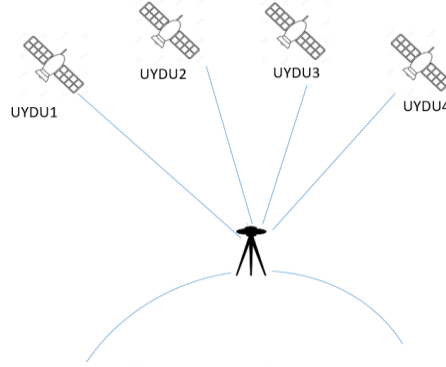
GNSS’de pek çok ölçme metodu bulunmakta ve hangi metodun kullanılacağına istenen duyarlılığa, ölçülecek noktanın cinsine ve amacına göre karar verilerek uygulamaya geçilir (Çizelge 5.1). Bu yöntemler ile elde edilen koordinatlar gözlem süresi, alıcı tipi, ölçü yöntemi, uyduların sayısı ve konumu vb. birçok etmene göre değişiklik gösterir. Yeryüzünde bir noktanın koordinatları (X, Y, Z) belirlenmesi işlemi doğrudan yapılıyor ise bu yönteme point positioning (mutlak konum belirleme), birden çok noktanın birbirlerine göre konum belirlenmesi yöntemine ise Relative Positioning (Bağıl konum belirleme) denilmektedir. Konumu belirlenecek noktanın hareketli veyahut hareketsiz olması durumunda farklı konum belirleme yöntemlerinden söz edilir örneğin konumu belirlenecek nokta nirengi veya poligon gibi sabit ise statik konum belirleme yöntemi uçak ve tank gibi hareketli ise kinematik konum belirleme yönteminden söz edilir. Askeri amaçlı kullanımlarda genellikle hareketli araçların navigasyonu amacıyla anlık (real-time) konum belirleme yapılabilir. Mühendislik uygulamalarının çoğunda arazide alınan ölçülerden daha duyarlı sonuçlar elde etmek için büroda değerlendirilmesi işlemi de (post-processing) mümkündür.

Çizelge 5.1. Uydularla konum belirleme sistemleri



5.1. Mutlak Konum Belirleme

Bu yöntemde tek bir alıcı ile en az dört uydudan kod gözlemleri yapılmak suretiyle koordinatı belirlenmek için üzerinde alıcı kurulu olan noktanın koordinatları belirlenmektedir (Şekil 5.1).



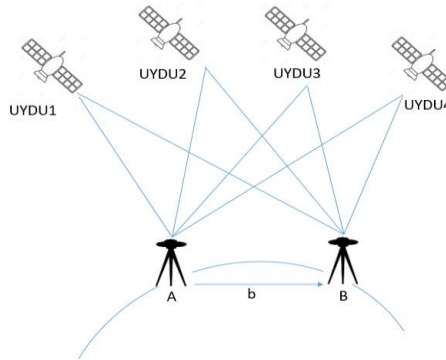
Şekil 5.1. Mutlak konum belirleme

5.2. Göreli Konum Belirleme

Bu yöntemde ise koordinatları bilinen bir nokta yardımıyla koordinatları bilinmeyen noktaların ve noktanın koordinatları belirlenmektedir. Başka bir deyişle göreli konum belirleme yönteminde ölçülecek nokta ile koordinatları bilinen noktalar arasında baz vektörü bulunmaktadır. Yöntemde iki farklı noktaya kurulmuş alıcılardan aynı uydulara eş zamanlı faz ya da kod gözlemleri yapılmaktadır (Şekil 5.2).

Görelî konum belirleme yönteminde hassas ölçümler için gerekli olan faz gözlemleri aşağıda yer almaktadır:

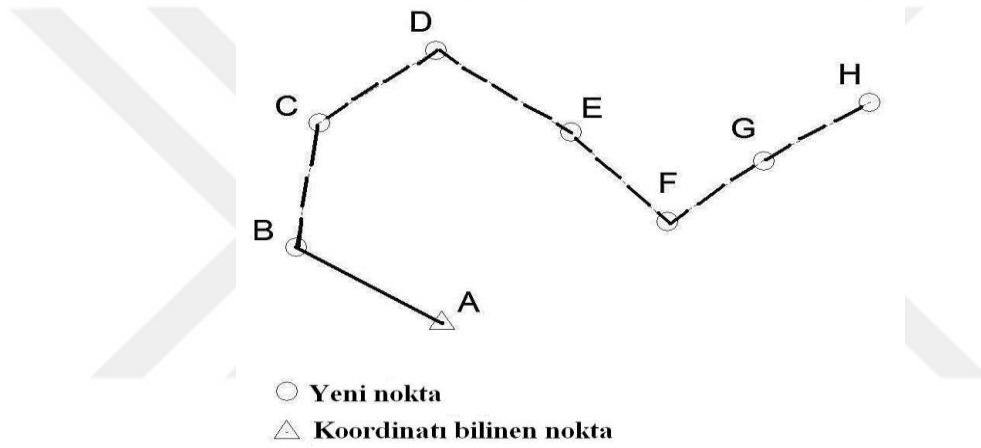
- Statik Yöntem
- Hızlı Statik Yöntem
- Tekrarlı Yöntem
- Dur-Git Yöntem
- Kinematik Yöntem şeklindedir.



Şekil 5.2. Görelî konum belirleme

5.2.1. Kinematik Ölçü Yöntemi

Kinematik ölçü yönteminde alıcılardan biri koordinatı bilinen bir noktada statik ölçü halinde iken ikinci alıcı ise koordinatları belirlenecek noktanın üzerinde 3 ila 5 dakika civarı belirsizlik çözümü (initializing) için kurulu bekletilir. Şekil 5.3 da alıcının biri koordinatı bilinen A noktasında diğer alıcı ise konumu hesaplanacak noktalarda belirsizlik parametresi çözüldükten sonra sırasıyla B, C, D, E en az dört adet uydudan aldığı sinyali kaybetmeden hareket ederek noktalarda 5 ila 10 sn arasında beklenmek suretiyle alımı tamamlanır (Şekil 5.3). Eğer uydu sayısı dördün altına düşer, alınan sinyal kaybolursa yeniden belirsizlik parametresi tespiti yapılması gereklidir. Kinematik ölçü yöntemi koordinatı bilinen bir noktadan en fazla 5 km kadar uzaklıkta bulunan detay ve poligonların ölçümünde kullanılır.



Şekil 5.3. Kinematik ölçme yöntemleri (Soycan ve Soycan, 2002).

5.2.1.1. Gerçek zamanlı kinematik yöntem (Real Time Kinematik-RTK)

Bu yöntem temelinde kinematik ölçü yöntemi ile aynıdır. Buradaki farklılık A ve B noktasında yer alan alıcılarda radyo alıcı ile vericileri var olması ve bu alıcı ve vericiler ile alıcılar belirli radyo frekansları üzerinden haberleşiyor olmalarıdır. Sabit olarak A noktası üzerinde kurulu alıcı, hesaplanan hata düzeltmelerini gezici alıcıya göndermektedir. Gerekli düzeltmeleri radyo frekansı aracılığıyla alan gezici alıcı koordinat belirlemesi için durduğu her noktanın koordinatını alıcıdaki hafızasına kaydedilir. Kaydı yapılan bu koordinatlar ile doğrudan çizim işlemi yapıp harita üretilebilir.

GZK GPS yönteminde kullanılan alıcıların hem sabit istasyonda hem de gezici istasyonda çift frekanslı olmaları gereklidir. Aynı zamanda bu yöntemde kinematik ve statik ölçü yöntemlerin farklı olarak ek donanımlara ihtiyaç vardır. Ölçü yapılırken sabit

istasyonda bulunan taşıyıcı dalga faz ölçü düzeltmelerini yayımlayabilmek için bir radyo vericisi, bu yayımlanan düzeltmeleri alabilmek için gezicide ise bir radyo alıcısı olması gerekmektedir (Mekik, 2001).

RTK ölçmelerinin avantajları

- Koordinatları bilinen tüm noktalara çok hassas (cm seviyesinde) aplikasyon işlemi ile navigasyonu yapılabilir.
- Ölçüm sonrası ilave hesap yapılmasına gerek yoktur.
- Koordinatı bilinen noktalar ülke koordinat sisteminde ise çalışılacak alanda belirlenmesi istenen diğer noktalar da anında arazide iken ülke koordinat sistemine dönüşümü yapılabilir.
- Kinematik yöntemde sabitte kurulu alıcıda faz sıçraması veya sinyal kesilmesi gibi durumlar meydana geldiğinde eğer fark edilemez ise koordinatların hesabı yapılamaz. Gerçek Zamanlı Kinematik ölçü yönteminde ise bu gibi durumlar anında fark edildiğinden tamsayı belirsizliği çözümü yapılarak ölçümlere devam edilebilir. Konumu belirlenecek tüm noktalar için doğru ölçme güvencesi bulunmaktadır.
- Bu yöntem sayesinde, alıcılar bir elektronik takeometreler gibi kullanılabilir (Mekik, 2001).

RTK ölçmelerinin dezavantajları

- Bu yöntemde referans olarak kullanılan tek bir istasyona bağımlılık
- Atmosferik etmenlerden dolayı tek bir istasyonun mesafe sınırı olması
- Referans alınacak istasyonun kurulurken oluşabilecek kurulum hataları
- Devamlı izlenmesinin olmaması
- Kontrol imkânının olmaması(güvenirlik)

5.2.1.2. Ağ-RTK (CORS)

Bu sistem bir referans istasyonuna bağımlılığını ortadan kaldırmıştır. Birden çok referans istasyonunu verilerini kullanabilir olan bu sistem bu verilerden yararlanarak çalışılan bölgenin atmosferik koşullarını da modellemesi mümkün olmaktadır. Aynı zamanda GNSS ölçüm tekniklerinin gücü ile ağ dengelenmesi (ağ yapısı) üstünlükleri bir araya gelmiş oldu. Yani Ağ-RTK yöntemine, klasik RTK yöntemine göre daha uzun 50 km en fazla 100 km baz uzunluklarında faz gözlemleri ile santimetre hassasiyetinde gerçek zamanlı konum belirleme yöntemi denilebilir (Kahveci, 2009).

Bu yöntemde gezici olarak yer alan alıcılar veri sunucusuna radyo modem, internet veya GSM (Global System for Mobile Communications) yollarıyla bağlanır. Gezici durumunda olan alıcılar, gerçek zamanlı kinematik veriyi aldığı anda algoritmalar yardımıyla bulunduğu yerin konumunu hesaplamaktadır. Sabit referans istasyonlarından ağ verilerinin gezici alıcılara aktarılması da farklı yöntemler ile mümkündür. Bu farklı yöntemler gönderilecek bilgilerin kapsamına, veri aktarma ortamına (telsiz, GPRS vb.), düzeltmelerin referans istasyonunda veya gezicide yapıldığına ve veri aktarma formatına bağlı olarak değişim göstermektedir (Pektaş, 2010).

Klasik RTK yöntemine göre Ağ RTK yönteminin üstünlükleri mevcuttur. Ağ RTK ölçü yöntemi ile noktaların konumları tek anlamlı ve homojen bir sisteminde belirlenmekte, hassas duyarlılıkta sonuçlar elde edilebilmekte ve atmosferik koşullardan dolayı gerekli düzeltmeler oluşan atmosferik model yardımıyla ölçü noktalarında düzeltme olarak hesaplanabilir (Kahveci, 2009).

Ağ RTK ölçü yöntemi günümüzde en fazla sabit GNSS ağları şeklinde uygulanmaktadır. Bu tekniğin günümüzde en fazla uygulanan şekli sabit GNSS ağlarıdır. Bu yöntemde kullanılmak üzere ülkemizde Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM), Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından işletilen CORS-TR (Continuously Operating Reference Stations-TR) ağı TUSAGA-Aktif Sistemi; TÜBİTAK üzerinden kaynaklı bir kamu araştırma-geliştirme projesi şeklinde İstanbul Kültür Üniversitesi (İKÜ) yürütücülüğünde ve TKGM ile HGM müşteri kurumları ortak çalışması ile başlatılmıştır.

Bu sistemde ülkemizde ve KKTC genelinde olmak üzere toplam 158 adet sabit GNSS istasyonu ile TKGM ve HGM bünyesinde olmak üzere iki adet Kontrol Merkezi yer almaktadır (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. TUSAGA-Aktif İstasyonları (URL-10)

Ülkemizde ve KKTC'nin herhangi bir yerinde TUSAGA-Aktif Sistemi sayesinde uydu sayılarının ve geometrilerinin yeterli olması ve iletişim imkânlarının kısıtlanmadığı durumlarda cm hassasiyetinde gerçek zamanlı koordinat bilgilerine saniyeler içerisinde ulaşılabilir. Kontrol merkezlerine tüm ülke üzerine dağılmış şekilde yer alan CORS istasyonları bağlı olup bu istasyonların atmosferik düzeltme ve konum değerleri sürekli olarak hesaplanmaktadır. Bu sayede tüm ülkede atmosfer ve konum düzeltmelerinin modellenmesi mümkün olmaktadır. Böylelikle diğer yöntemlerde saatlere ihtiyaç duyulan GNSS ölçü süreleri kısalarak dakika seviyelerine hatta saniyelere kadar düşmektedir. Aynı zamanda kısa baz uzunluklarından da yaklaşık on kat büyük baz uzunlukları kullanılabilir hale gelmiştir (Eren ve Uzel, 2008).

6. FOTOGRAMETRİ YÖNTEMİ

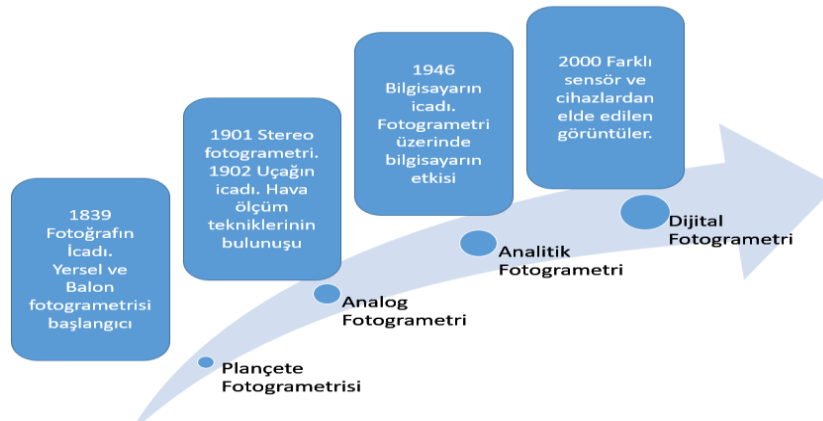
Fotogrametri (Photogrammetry) kelimesi Yunancadan günümüze gelmiş bir kelimedir. Photos, Gramma ve Metron kelimelerinden meydana gelmektedir. Kelimelerin anlamları; Photos ışık, gramma bir nesnenin çizimi veya yazımı ve metron ise ölçme anlamlarına gelmektedir. Bu kelimeler yardımıyla fotogrametri ışıktan yararlanarak çizme-ölçüm olarak ifade edilebilir. Fotogrametri fotoğraflar yardımıyla güvenilir bilgi alma bilimidir.

Fotogrametrinin tanımlaması ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing)'e göre; “fotografik görüntülerin ve elektromanyetik enerjinin ölçme, kayıt ve yorumlanması sonucu fiziksel cisimler ile bunların çevresine dair bilgileri oluşturan ve oluşturulan bilgilerin analizini yapan bir bilim dalıdır” (Yıldız, 2010).

Fotogrametrinin amacı, uzaktaki objelerin geometrik ve radyometrik parametrelerini fotoğraflar yardımıyla yorumlamak ve metrik bilgi elde etme işlemidir. Fotogrametri yöntemini genel olarak değerlendirme yöntemine, ölçülecek nesnenin yakın veya uzak oluşuna, kullanılacak kameraların durumuna göre, elde edilecek bilgi türüne ve uygulama alanlarının neler olduğuna göre sınıflandırmak mümkündür.

Fotogrametri matematiksel modeli merkezi izdüşümdür. Fotoğraftaki nesnelerin konumu, büyüklüğü, şekli görünüşü vs. özellikleri bu merkezsel izdüşümün geometrik ve matematiksel özellikleri kullanılarak kolaylıkla belirlenebilmektedir. Aynı zamanda fotoğraflarda görülen nesnelerin gri tonlamaları ya da renklerdeki değişimlerin incelenmesi ile bu değişimlerin yorumlanması neticesinde nesnelerle alakalı topolojik bilgilere de ulaşılmaktadır.

Fotoğrafın bulunuşu ile fotogrametri yöntemi de plançete fotogrametrisi olarak başlamış ve geçmişten günümüze kadar gelişim göstermiştir (Şekil 6.1).



Şekil 6.1. Fotogrametri tarihi gelişim süreci

Ölçümler ve veri toplama işlemi doğrudan nesne üzerinden değil de fotoğraf üzerinden yapılmasından ötürü fotogrametriye dolaylı yoldan bir ölçü yöntemi diyebiliriz. Bu dolaylı ölçümün diğer ölçüm yöntemlerine göre bazı avantajları bulunmaktadır. Bunlar;

- Doğrudan nesne üzerinden ölçüm yöntemine göre fotoğraflardan çalışmak daha kolay ve hızlı olabilmektedir.
- Ölçülmesi ve ulaşılması güç olan nesne ve alanların ölçülmesi kolaylıkla sağlanabilir.
- Doğrudan ölçüm yöntemlerinde göre ölçülecek nesnelere fiziksel bir temas olmadığı için söz konusu nesnelerde herhangi bir bozulma riski yoktur.
- Ölçümler fotoğraflar üzerinden yapıldığı için istenildiği zaman tekrar ölçümleri yapılabilir.
- Görüntü alımıyla objeye ait tüm bilgiler orijinal şekil ve renkleriyle toplanmış olur.
- Görüntüsü alınabilen katı, sıvı ve gaz halindeki tüm cisimler fotogrametri yöntemi ile incelenebilir.
- Zaman faktörünün dördüncü boyut olarak alınması durumunda her türlü değişimin ve hareketin incelenmesine olanak tanır.
- Geometrik ve fiziksel bilgilerin yorumlanmasını kolaylaştırıcı bir özelliğe sahiptir.

Ülkemizde 1925 yılında HGK tarafından başlatılan savunma amaçlı çalışmaların yanında Cumhuriyetin ilk dönemlerin de sivil sektörlerde de fotogrametri çalışmaları yapılmıştır.

6.1. Fotogrametrinin Sınıflandırılması

Fotogrametri tekniğinde zamanla değişik yöntemlerin gelişmesi sebebiyle uygulama alanları, yapım yöntemleri ve tekniği dikkate alınarak bir sınıflandırma yapılmıştır.

- **Resim Çekilen Yerin Konumuna Göre**
 - Yersel Fotogrametri
 - Hava Fotogrametrisi
 - Yakın Resim Fotogrametrisi

- **Değerlendirmede Kullanılan Resim Sayısına Göre**

- Tek Resim Fotogrametrisi
- Çift Resim Fotogrametrisi

- **Değerlendirme Yöntemine Göre**

- Plançete Fotogrametrisi
- Analog Fotogrametri
- Analitik Fotogrametri
- Dijital Fotogrametri

- **Uygulama Alanlarına Göre**

- Topoğrafik Fotogrametri
- Topoğrafik Olmayan Fotogrametri
- Foto-Yorumlama
- Mühendislik Fotogrametrisi
- Mimarlık Fotogrametrisi
- Ortofotografi
- Endüstri Fotogrametrisi
- Jeodezik Fotogrametri
- Kadastro Fotogrametrisi
- Metrik Fotogrametri
- **Obje Büyüklüğüne Göre:**
- Mikro Fotogrametri
- Makro Fotogrametri

6.1.1. Değerlendirme Yöntemine Göre Fotogrametri

Plançete Fotogrametrisi

Analog Fotogrametri

Analitik Fotogrametri

Dijital Fotogrametri

olmak üzere 4 başlık altında sınıflandırılmaktadır.

6.1.1.1. Plançete Fotogrametri

Fotoğraflardan açı/doğrultu ve uzunluk ölçmeleri ile perspektif ve projektif geometrik kavramları kullanılarak çizgisel harita üretmek için geliştirilmiştir (Karşlı, 2010).



Şekil 6.2. Plançete ile bütünleme çalışması (URL-11)

6.1.1.2. Analog Fotogrametri

Stereo olarak optik ya da optik mekanik değerlendirme aletlerinde çekilmiş olan analog fotoğrafların kullanılmasıyla herhangi bir objenin 3B modelinin elde edilmesi ve değerlendirilmesi yapılan fotogrametrik yöntemdir (Karşlı, 2010)(Şekil 6.3).



Şekil 6.3. Analog Stereo Değerlendirme aleti Stereoautograph Wild A8 (URL-12)

6.1.1.3. Analitik Fotogrametri

Stereo değerlendirme aletlerine, değerlendirme, yöneltme ve ölçme işlemlerinin yarı otomatik ya da otomatik şekilde yapılmasına imkân tanıyan elektronik ölçüm sistemleri ile bilgisayarların bütünleştirilmesiyle ortaya çıkan bir tekniktir. Obje uzayı ve fotoğraflarda yapılan ölçümler eşdüzlemsellik ve doğrusallık gibi analitik geometri kavramları üzerinden EKK yöntemiyle çözümlenmekte ve hesap yoluyla bilinmeyen parametreleri hesaplanmaktadır. Bu yöntem ile yarı otomatik yöneltmeler, DEM, Analitik Hava Triangülasyonu, vektörel değerlendirme teknikleri ve çizim ile CBS mantığında veri katmanları kavramı uygulama ile tanışmışlardır. Bu yöntem ile daha hassas ve daha güvenilir haritalar elde edilmeye başlanmıştır (Yıldız, 2010)(Şekil 6.4).



Şekil 6.4. Analitik Stereo Değerlendirme aleti Alpha 2000 (URL-13)

6.1.1.4. Dijital (Sayısal) Fotogrametri

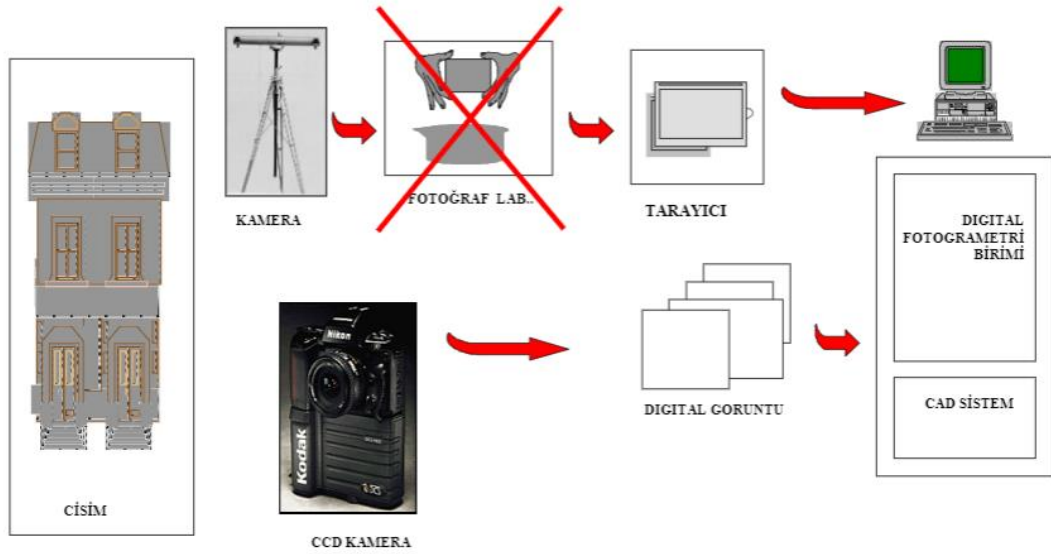
Dijital fotogrametri, teknolojinin gelişmesiyle beraber fotogrametri alanında da gelişmeler hızlanarak dijital görüntülerden işlem yapan günümüz fotogrametrisi de diyebileceğimiz değerlendirme yöntemidir (Şekil 6.5).

İki boyutlu bir görüntünün pikseller ya da resim elemanları olarak da isimlendirilen sayısal değerlerin bir küme halinde temsil edilme biçimine dijital (sayısal) görüntü denir. Görüntünün en küçük birimine piksel denilmekte ve sayısal görüntünün satır ve sütununda yer alan her bir pikselin sabit bir sayı değeri bulunmaktadır. Sayısal kameraların yanı sıra hava radarı, koordinat ölçüm makineleri ve tarayıcılar vs. gibi çeşitli aygıtları ve teknikler ile sayısal (dijital) görüntüler oluşturulabilir (Faizatul ve Anuar, 2008).



Şekil 6.5. Dijital fotogrametri (URL-14)

Bu fotogrametri yöntemi, sayısal hale dönüştürülmüş stereo görüntülerin tümüyle grafik işlemcili yüksek donanıma sahip bilgisayarlar ve bilgisayar ortamında yöneltme ve değerlendirme işlemlerinin tamamını kapsar. Bilgisayarlarda raster görüntülerin çok sayıda renk ve yüksek çözünürlükte elde edilebilmesi neticesinde sayısal fotogrametri çok hızlı bir şekilde gelişme kaydetmektedir. Bu gelişmede bilgisayar teknolojinin günümüzde çok hızlı ilerlemesinin (hızlı işlemcilerin üretilmesi ve güçlü belleklerin kullanılması vs.) etkisi de büyüktür. Bu sayede gün geçtikçe sayısal fotogrametriye duyulan ilgi artmaktadır. Sayısal kamera görüntü kullanımı ile iç yöneltme gibi bazı işlem adımlarını, film, foto laboratuvar ve tarama maliyetlerini ortadan kaldırması da sayısal kameralarının avantajlarından (Yıldız, 2010).



Şekil 6.6. Sayısal kamera avantajı (URL-15)

Sayısal (dijital) fotogrametri tekniği ile ilgili diğer temel kavramlar; (Seydanlıoğlu, 2017)

- Piksel (Pixel): Yaklaşık kare biçiminde olan ve sayısal görüntünün, tanımlanabilen algılanabilen ve ayırt edilebilen, en küçük elemanıdır.
- Yer Örnekleme Aralığı (YÖA-GSD: Ground Sampling Distance): Bir pikselin arazideki karşılığı olup, Yer örnekleme aralığının da yaklaşık kare biçiminde olduğunu söyleyebiliriz.
- Görüntü / Sayısal Görüntü (Image / Digital Image): Dijital kameralar ile doğrudan alınan veya dolaylı olarak analog bir görüntünün sayısal hale dönüştürülmesi ile elde edilen, piksellerin bir araya gelmesi ile oluşan fotogrametrik bir veridir.
- Görüntü / Sayısal Görüntü Ayırma Gücü (Image / Digital Image Resolution): Dijital görüntünün zamansal (temporal), spektral (spectral), radyometrik (radiometric) ve konumsal (spatial) çözünürlüklerini ortaya koyan bir özelliktir.
- Epipolar Geometri (Epipolar Geometry): çift resim fotogrametrisinde, ard arda gelen resim çiftlerinde aynı detaya ait eşleşen noktalar ve resimlerin izdüşüm merkezlerini içeren epipolar doğrular ile epipolar düzlemin oluşturduğu geometrik bir şekildir (Arslanbek, 2009).
- Görüntü Eşleme / Sayısal Görüntü Eşleme (Image Matching / Digital Image Matching): Sayısal görüntülerde yer alan piksellerin komşu görüntülerde yer alan bir

piksel ile eş, benzer olduğunun matematiksel ve istatistiksel yöntemler ile otomatik olarak bulunması işlemidir (Arslanbek, 2009).

- Görüntü Piramidi (Image Pyramid): Yüksek çözünürlüklü sayısal görüntülerin bilgisayarlarda hızlı ve kolay şekilde görüntülenmesi amacıyla yüksek çözünürlükten düşük çözünürlüğe doğru piramit şeklinde görüntülenmesi işlemidir. Bu görüntü eşleme işlemi en düşük çözünürlükten başlanarak orijinal görüntü çözünürlüklü seviyesine kadar devam edilir.
- Düşük / İndirgenmiş Çözünürlüklü Veri Setleri (RRDS: Reduced Resolution Data Set): Yüksek çözünürlüklü sayısal görüntülerin görüntü piramidi düzenlenmesinde kullanılan ve daha düşük çözünürlüklü veriler elde etmeye yarayan görüntü piramidi oluşturma yöntemidir.
- Görüntü İşleme / Sayısal Görüntü İşleme (Image Processing / Digital Image Processing): Orijinal sayısal görüntülerde çeşitli matematiksel ve istatistiksel yöntemlerle, histogram, renk, ton, kontrastlık dengelemesi vb. işlemlerle uygulanan, görüntüler üzerinde çeşitli bilgiler elde etmeye, görüntünün özelliklerini ve içeriğini ortaya çıkarmaya yarayan çeşitli sayısal görüntü uygulamalarıdır.
- Görüntü Zenginleştirme (Image Enhancement): Sayısal görüntüler üzerinde, görüntüyü daha kaliteli, net, anlaşılır, yorumlanabilir ve kolay kullanılabilir hale getirmek için uygulanan; görüntü parlaklığını dengeleme (brightness adjustment), renk ve ton farklılıklarını giderme (color and tone balancing), görüntü kontrastlığını kontrol etme ve giderme (contrast adjustment), veri ölçekleme (data scaling), histogram dengelemesi (histogram equalization) vb. matematiksel ve istatistiksel işlemlerdir (Seydanlıoğlu, 2017).

6.2. Fotogrametri Yönteminde Yöneltilme İşlemleri

Fotogrametrik yöntemde yöneltilme işlemleri, hangi değerlendirme yöntemi kullanılacaksa kullanılsın yapılması gereklidir. Görüntülerin yöneltilmesi işlemi esasında fotoğrafların çekim yapıldığı andaki konumuna yeniden getirilmesi olarak ifade edilebilir. Üç aşamada gerçekleştirilir.

- İç Yöneltilme
- Karşılıklı Yöneltilme
- Mutlak Yöneltilme

- **İç Yönelme**

Bu işlem, genel bir ifadeyle fotoğrafları çeken kamera özelliklerinin değerlendirmeyi yapacak alete tanıtılması olarak tanımlanabilir. Dijital fotogrametrik sistemlerde gerekli olan iç yönelme kamera kalibrasyon raporundaki kameraya ait bilgilerin sisteme tanıtılmasıdır. Başka bir deyişle iç yönelme, kameranın parametreleri belirlenmesi adımıdır. Işın destelerinin tanımlanabilmesi ya da yeniden oluşturulabilmesi için iç yönelme elemanlarının (c ve x_0, y_0) bilinmesi gerekir (Yaşayan ve ark, 2011).

- **Karşılıklı Yönelme**

Bu yönelme adımı ile fotoğraflardaki dönüklüklerin ve eğikliklerin giderilmesi suretiyle fotoğraf çiftlerinin birbirlerine göre çekildikleri konuma gelmeleri sağlanır. Bu yönelme sayesinde nesnelerin veya arazinin üç boyutlu modelleri, arazi ile olması gereken paralellik sağlanmadan ve ölçeksiz bir şekilde elde edilmektedir.

Bir noktaya ait 2 izdüşüm ışınının bir yerde kesişebilmesi için, söz konusu 2 ışının belli bir düzlemde yer alması gerekir. Bu 2 ışının aynı düzlemde yer alması koplanarite yani düzlemdeşlik koşulu ile sağlanmaktadır.

Karşılıklı yönelmeyle 2 fotoğraftan elde edilen ışın demetlerinin birbirlerine göre duruşları ve konumlandırmaları ayarlanır. Böylece her iki görüntüde yer alan eş noktalardan gelen ışınların birbiriyle kesişmesi sağlanmaktadır. Karşılıklı yönelme sonucu bir model uzay modeli elde edilir. Böylelikle 5 adet bağımsız dış yönelme elemanlarına ulaşılır ($\phi_1, \phi_2, \kappa_1, \kappa_2, \omega_2$).

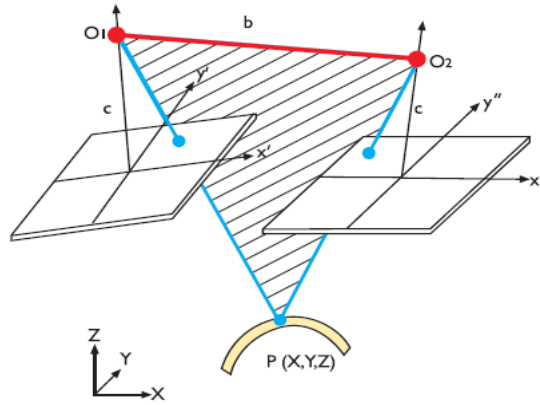
Karşılıklı yönelme ile karşılıklı ışınların kesişmesi için sağlanan düzlemdeşlik koşul baz bileşenleri ve O_1P' ve O_2P'' vektörleri, O_1 den geçerek X, Y, Z eksenine paralel halde olan u, v, w koordinat sistemiyle ifade edilirse, u' ve u'' dir. O halde koplanarite koşulu eşitlik 6.1 ile ifade edilebilir (Yaşayan ve ark., 2011).

$$\Delta = \begin{vmatrix} b_x & b_y & b_z \\ u' & v' & w' \\ u'' & v'' & w'' \end{vmatrix} = 0 \quad (6.1)$$

Denklemden yer alan u' v' w' ve u'' v'' w'' koordinatlarını fotoğraf koordinatları (x' y' ve x'' y'') cinsinden yazılmak istenirse;

$$\begin{bmatrix} u' \\ v' \\ w' \end{bmatrix} = A' \begin{bmatrix} x' \\ y' \\ -c \end{bmatrix} \quad (6.2)$$

$$\begin{bmatrix} u'' \\ v'' \\ w'' \end{bmatrix} = A'' \begin{bmatrix} x'' \\ y'' \\ -c \end{bmatrix} \quad (6.3)$$



Şekil 6.7. Düzlemdeşlik koşulu (Yaşayan ve ark., 2011).

Burada yer alan ;

A' ve A'' : 1. ve 2. fotoğrafların ortogonal matrisleri,

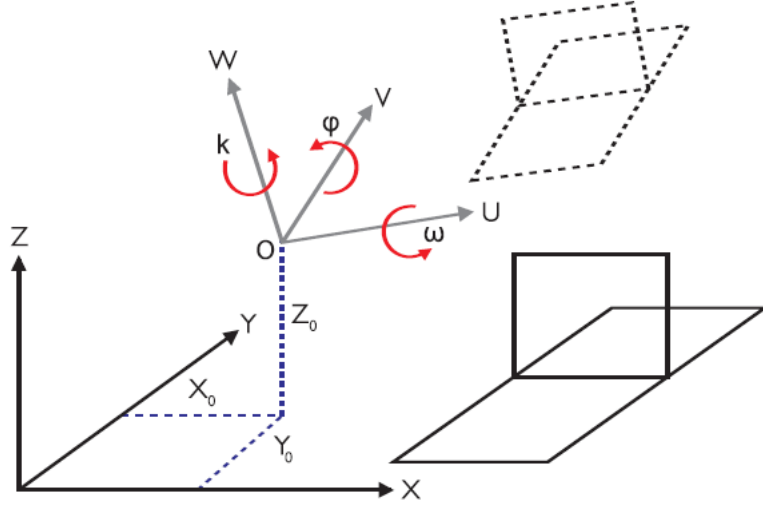
x', y' ile x'', y'' : 1. ve 2. fotoğrafların koordinatlarını ifade etmektedir.

Eşitlik 6.1 de yer alan düzlemdeşlik koşulunun doğrusallaştırılması işlemi seçilecek beş adet yöneltme elemanına göre sağlanmaktadır. Yöneltme elemanlarının hesaplanması için elde edilecek denklemin çözülmesi gerekmektedir. Hesaplanan yöneltme elemanları sonrası mutlak yöneltme işlemi için noktaların model koordinatları bulunur(Yaşayan ve ark., 2011).

- **Mutlak Yönelme**

İşlem adımlarından karşılıklı yönelmesi ile elde edilen uzay modeli hem ölçeksiz durumda hem de uzayda yer alan yönelmesi ile konumu da belirsizdir. Bu yüzden elde edilen modelin istediğimiz model ölçeğinde olması ve o cisme ait koordinat değerleri ile modeli oluşturulan koordinatlarının çakışması için döndürülmesi ve ötelenmesi işlemlerinden geçirilmesi gerekmektedir. 3B bir benzerlik dönüşümü ile bu işlem gerçekleştirilebilmektedir. Bu iki farklı koordinat sistemleri arasında 3 adet öteleme (X_0, Y_0, Z_0), 3 adet dönüklük (ω, ϕ, κ) ve 1 ölçek (λ) söz konusudur. Bu 3B benzerlik dönüşüm hesaplamaları için gerekli formüller eşitlik 6.4 ile ifade edilmektedir (Şekil 6.8).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (6.4)$$



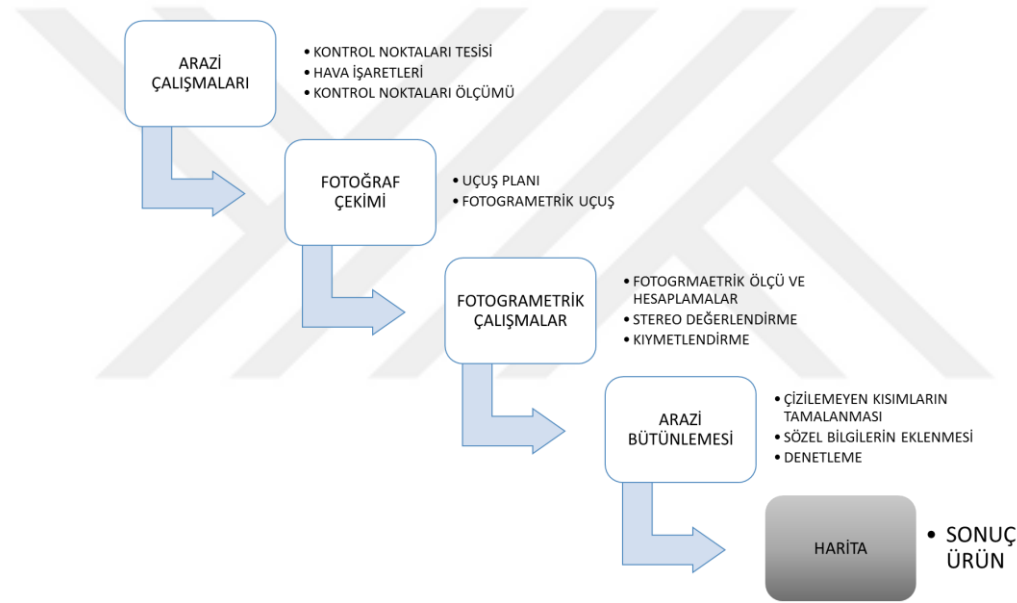
Şekil 6.8. Üç boyutlu benzerlik dönüşümü (Yaşayan ve ark., 2011).

$A_{11}, A_{12}, A_{13}, \dots$ katsayıları ortogonal A matrisinin elemanlarıdır. Bu elemanlar ω, ϕ, κ dönüklük açılarının trigonometrik fonksiyonlarıdır. Böylece 7 adet bilinmeyen mevcuttur. Bu bilinmeyenlerin çözümünde her iki sistemde de yer alan ve koordinatları belli ortak/eş noktalara ihtiyaç bulunmaktadır. Bu eş noktalardan kasıt fotoğrafların üzerinde model koordinatları hesaplanmış ve araziden alınan koordinatları ölçülmüş kontrol noktalarıdır. Eş noktalardan çözüm için yeterli miktarda bulunması

önemlidir. Dönüşüm parametrelerinin hesaplanması için bu noktalar ile dengelemeli bir çözüm yapılması gerekmektedir. Hesaplanan dönüşüm parametreleri ile de modelde yer alan noktaların tümünün X, Y, Z arazi koordinatları bulunmuş olmaktadır (Yaşayan ve ark., 2011).

6.3. Sayısal Fotogrametrik Veri Üretim Aşamaları

Sayısal fotogrametrik yöntemlerle veri üretimi zaman kazancı, sürekli güncelleme kolaylığı, düşük maliyet, bilgi sistemlerine yönelik alt yapının sağlıklı bir şekilde üretilmesi gibi üstünlüklere sahiptir. Fotogrametrik veri üretim aşamaları şekil 6.9 da gösterilmektedir.



Şekil 6.9. Fotogrametrik veri üretim aşamaları

Fotogrametrik veri toplamaya başlamadan önce ilk aşama olarak haritası üretilcek alanın sınırları ve hangi ölçekte üretimi yapılacağı belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen ölçeğe uygun olarak uçuş yüksekliği, uçuş aracının, yer örnekleme aralığının ve ölçüm için uygun sayısal kameranın seçilmesi gerekmektedir. Yine uçuş işlemine geçilmeden önce çalışma alanına uygun olarak uçuş planlaması hazırlanması, ölçümü yapılacak alanın boyutuna göre ideal uçuş kolon/blok düzenlenmesi ve alana uygun dağılmış yeterli sayıda YKN olmalıdır.

Arazide YKN tesisi işleminde, önceden sayısı ve dağılımı belirli olan YKN boyanması ve hava işaretlerinin yapılması işlemleri uygulanarak üç boyutlu (X, Y, Z)

koordinatları ölçülerek hesaplanır (Şekil 6.10). YKN önceden planlandığı yerine tesis edilme imkânı yok ise yakın çevresinde daha uygun bir yere tesisi yapılabilir.

Burada YKN ile ilgili önemli olan uçuş yüksekliğinden rahatça görünebilir renkte ve boyutlarda olması ile harita üretimi beklentilerini karşılayacak hassasiyetle koordinatlandırılmış olmasıdır.

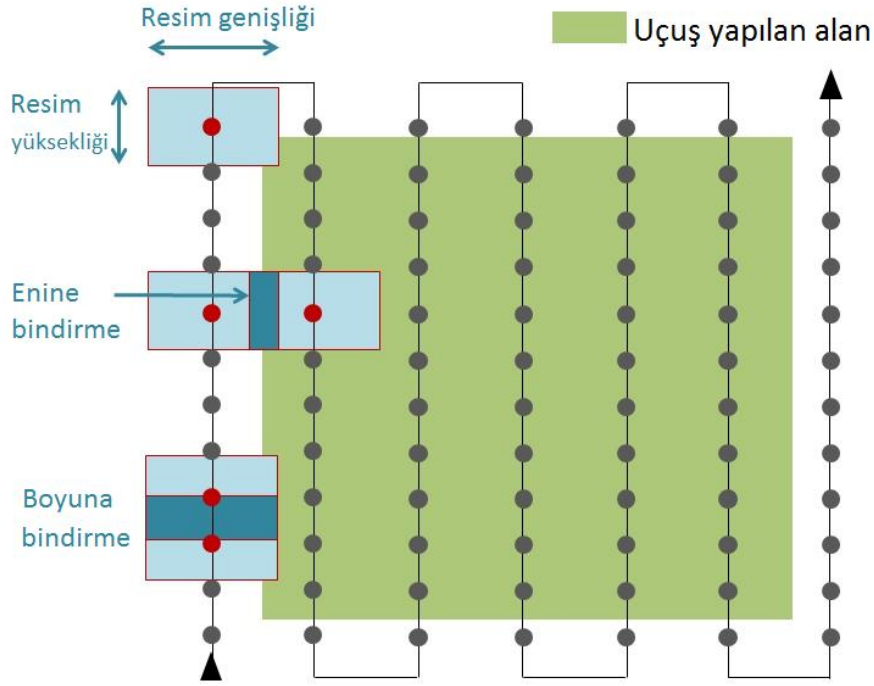
Bu işlemler ne kadar başarılı yapılmış olursa uçuş ve sonrası işlemlerde de o derece başarı beklenmelidir.



Şekil 6.10. Yer Kontrol Noktası Örneği (URL-16)

Uçuş planı ile YKN tesis ve ölçüm işlemlerinin tamamlanmasından sonra uçuş planına uygun olarak GPS destekli sayısal kameralı uçaklar/İHA ile görüntü alımı işlemine geçilir. Burada çekilen görüntülerin kalitesini etkileyen güneşin konumu ve yükseklik açısı gibi etkenlere dikkat edilerek uçuş zamanını belirlemekte fayda vardır.

Hava fotoğrafları çekilerek görüntüler ve uçuş bilgileri sayısal ortama kayıt edilir. Uçuş sonrası eğer eksik ve ya hatalı uçuş mevcut ise o bölgelerde yeniden uçuş yapılarak eksiklik giderilir. Bindirmeli resimler çekilerek çalışma alanında hiç boşluk kalmayacak şekilde görüntü alınması tamamlanmış olur (Şekil 6.11).



Şekil 6.11. Bindirmeli görüntü alımı örneği (URL-17)

Analog fotogrametri döneminde kâğıt haritalara basılarak kullanılan çizgisel haritalar günümüzde sayısal formatta üretilmekte ve kullanılmaktadır. Günümüzde yaygın olarak kullanılan fotogrametrik ürünler;(Şekil 6.12)

- Ortofoto haritalar

Diferansiyel ve eğiklik alanlarında yükseklik etkileri yok edilmiş ve ölçeklemesi yapılmış olan bir haritanın geometrik özelliklerine sahip olan bir fotoğraftır.

- Sayısal arazi modeli (SAM)

Arazi yüzeyinin belirgin detaylarının, topoğrafik özelliklerinin ve arazi şeklinin daha iyi bir biçimde sayısal olarak sunulmuş biçimidir.

- Sayısal yükseklik modeli (SYM)

Topoğrafyayı x, y, z, değerleriyle 3 boyutlu olarak ifade eden modeldir.

- Vektörel haritalar

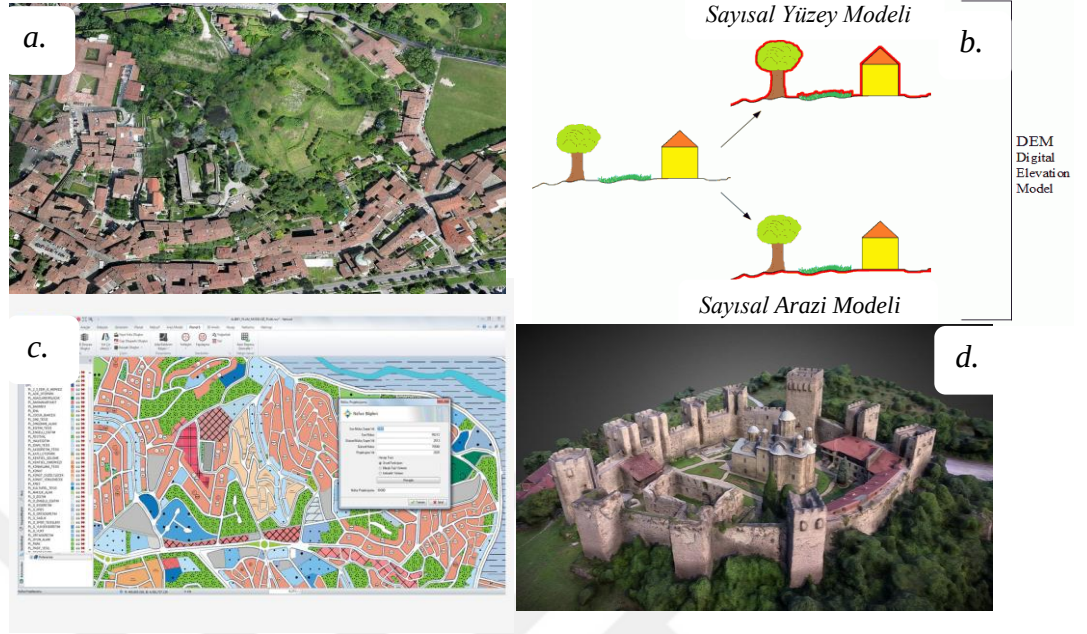
Haritalar üzerinde bulunan detayların alan, çizgi ve nokta olarak tanımlanmakta olduğu, nokta şeklinde yer alan detayların nokta olarak koordinatlarıyla, çizgi şeklinde detayların noktalar serisi şeklinde ve alan şekilli detayların ise kapalı çizgiler ile temsil edilen dosyalardır.

- 3 boyutlu modeller

Sayısal fotogrametrik harita verilenden elde edilen binalar, ağaçlar, araçlar v.b

- Cografî veriler

Cografî bilgi sistemlerinde depolanan konum bilgisidir.



Şekil 6.12. Fotogrametrik üretilen ürünler a)Ortofoto harita (URL-18) b)SAM ve SYM (URL-19) c) Vektörel Harita (URL-20) d) 3B model (URL-21)

6.4. İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA) kullanımına dair ilk örnekler I. Dünya Savaşına kadar dayanmaktadır. İHA'lar savaş sırasında izleme, gözetleme, taarruz ve haritalama alanlarında askeri çalışmalarda kullanılmışlardır (Remondino ve ark., 2011). Sivil olarak kullanımı ise 1979 yılında geomatik uygulamalar için Przybilla ve Wester-Ebbinghaus tarafından yapılmıştır. Son yıllarda haritacılık sektöründe teknolojinin de gelişmesiyle yüksek maliyetli fotogrametri araçlarının yerini daha kolay kullanımlı ve daha az maliyetli uzaktan kumanda ile kullanılabilen insansız hava araçlarının kullanımı almıştır. Klasik fotogrametrik uçaklar ve fotogrametrik kameralar ile çok büyük alanların uçuşu ve ölçümü yapılırken İHA sistemleri genellikle sınırlı genişlikteki alanlar için kullanılmaktadır.

- **İnsansız Hava Araçları Tanımı**

İHA'lar insansız hava araçları olmalarına rağmen, insan operatörler tarafından kontrol edilir ya da operatörün uçuş planlaması ile otonom uçuş gerçekleştirilebilir. Blyenburgh'e göre İHA, "Özel görevleri yerine getiren ve bu görevlere bağlı olarak otomatik - yarı otomatik veya her ikisi ile uzaktan kontrol imkânı bulunan, tekrar

kullanılabilir motorize ve insansız hava araçları” olarak tanımlamıştır(Van Blyenburgh, 1999). İHA’lar döner veya sabit kanatlı ve üzerlerinde insan bulunmayan hava araçları olarak tanımlanabilir (Eroğlu, 2013). Bu araçlar uzaktan kontrol edilerek, yarı-otonom, otonom ya da bu kabiliyetlerin hepsine sahiptir (Eisenbeiss, 2009).

İnsansız hava araçlarının insanlı hava araçlarına göre kullanım kolaylığı, pilotaj kabiliyeti, hayati tehlike, boyut, maliyet ve kullanım kolaylıkları açısından üstünlükleri bulunmaktadır. Bu nedenle İHA’lar birçok tehlikeli görevlerde kullanılabilir. Günümüzde insansız hava araçları gerek askeri amaçlı gerekse sivillere yönelik pek çok uygulamada kullanılır hale gelmiştir (Eroğlu, 2013).

Gelişen teknoloji ile birlikte İHA’larda da, diğer hava araçlarında bulunan seyrüsefer sistemi kullanılmaya başlanmıştır. Seyrüsefer sistemlerinin amacı, uçuş süresince hiçbir zaman kaybedilmemesi ve uçuşun başından sonuna kadar hava aracının uzaydaki konumunun belirlenmesi, diğer bir ifade ile x, y ve z eksenlerinde sürekli izlenmesi ve hiçbir zaman geri dönüşü olmayan yanlış konum hesaplamalarına maruz bırakılmamasıdır (Esmat, 2007).

Uçuş süresini göz önüne alarak insansız hava araçları seçimine dikkat edilmesi gerekmektedir. Ölçümü alınacak sahanın büyüklüğü doğruluğu etkileyen faktörlerdendir. Haritası yapılacak alan geniş yüzölçümüne sahip ise otonom uçuş ve uzun uçuş süresine buna bağlı olarak güçlü bataryaya gereksinim duyulmaktadır.

İnsansız hava araçlarının sınıflandırmaları hakkında Birleşik Krallık Savunma Bakanlığı tarafından İHA’lar, havada kalış kabiliyetleri, irtifaları ve menzillerine göre ele alınmaktadır. Mevcut durumda pek çok alanda kullanılan İHA’ların sınıflandırılmasında ise uçuş performanslarına ve mekanik yapıları baz alınarak yapılmaktadır (Anonim, 2010) (Çizelge 6.1).

Çizelge 6.1. İHA sistemlerinin sınıflandırılması (Karaağaç 2012)

Sınıfı	Kategorisi	Görev Yüksekliği (ft)	Görev Yarıçapı (km)	Sivil Kategori	Örnek Platform
Sınıf I (150 kg.dan hafif)	Mikro (<2 kg)	<200 (AGL)	5 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 1 Küçük İHA	Black Widow
	Mini (2-20 kg)	<3.000 (AGL)	25 (LOS)		Bayraktar, Malazgirt
	Küçük (>20 kg)	<5.000 (AGL)	50 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 2 Hafif İHA	Hermes 90
Sınıf II (150-600 kg)	Taktik	<10.000 (AGL)	200 (LOS)	Ağırlık Sınıfı Grup 3 Hafif İHA	Çaldıran, Karayel
Sınıf III (600 kg. dan ağır)	Orta İrtifa	<45.000 (MLS)	Limitsiz (BLOS)		ANKA, Heron, Predator
	Yüksek İrtifa	<65.000	Limitsiz (BLOS)		Global Hawk
	Saldırı/ Muharebe	<65.000	Limitsiz (BLOS)		X-47B, Phantom Ray

- **İnsansız Hava Araçlarının Kullanım Alanları**

İnsansız hava araçları günümüzde neredeyse tüm alanlarda kullanılabilmektedir. İHA'lar ile başarılı bir görev planlaması yaparak tehlikeli ya da ulaşılmaz yerlerde hem hızlıca bir görüş sağlanır, hem de belgeleme istenirse ayrıntılı bir şekilde fotoğraflanabilir.

İnsansız hava araçlarından elde edilen görüntüler yardımı ile arama ve kurtarma operasyonları, üç boyutlu model çıkarımı, binaların çökmesi, uçak kazaları, yangına müdahale, heyelan ve volkan patlaması, bitki zararlıları ve acil müdahale yöntemleri gibi olaylarda koordine amaçlı olarak kullanılır (Eisenbeiss, 2009).

Günümüzde genel olarak İHA sistemlerinin kullanıldığı alanlar; (Ulvi, 2015)

Ortofoto haritaları yapımı, coğrafi bilgi sistemleri (CBS) uygulamaları, yer belirleme çalışmaları, üç boyutlu render, LİDAR sistemleri, GPS desteği ve güzergâh uçuşları gibi havadan haritalama hizmetleri için kullanılır.

Afet alanlarının gözlemi ve haritalanması, termal kamera opsiyonu, kayıp arama kurtarma ve orman yangınları gibi havadan arama ve kurtarma hizmetlerinde faydalanılır.

Geniş alanların gözlenmesi, inşaat uygulamaları, güneş panelleri gözetimi, elektrik hattı döşemeleri, boru hatlarında oluşabilecek problemler, tarım alanları gözetlenmesi, arazide işçilerin canlı takibi ile gözetimi, devriye uçuşu ve ormanlık alanların kontrolü gibi hava gözetim hizmetlerinde yararlanılır.

Hırsızlık, kalabalık ortam, sahillerin güvenliği, sınır güvenliği, orman güvenliği, yasak kazı ve kesim kontrolü, kayıp arama kurtarma, trafik kontrolü, suç mahalli kontrolü, giriş ihlali kontrolü ve ambar gözetimi gibi hava güvenliği denetimlerini sağlar.

Mühendislik eğitimlerinde, tarım alanları verimlilik çalışmasında, arkeolojik yapıların görüntülenmesinde, askeri personelin eğitiminde, inşaat yapılarının görüntülenmesinde, haritacılık, mimari uygulamalar ve fotogrametride bilimsel araştırma uygulamalarında destek sağlar.

Günümüzde daha çok hava fotoğrafçılığı ve havadan video çekimi amaçlarında kullanılır.

- **İnsansız hava araçlarının tarihte fotogrametrik kullanımı**

Havadan ilk çekilen fotoğraflar Gaspard Tournachon tarafından bir insanlı balon kullanılarak 1858 yılında Paris'te alınmıştır. İlerleyen zamanlarda insanlı balonlar geliştirilmiş ve araştırmalar ile model balonlar üretilmiştir. Savaşlarda casusluk için uçurtmalar, roketler ve güvercinler (Şekil 6.13) vs. diğer sistemlerde zaman zaman kullanılmıştır (Newhall, 1969).



Şekil 6.13. Güvercinlerin fotogrametride kullanımı (Newhall, 1969)

Whittlesey, 1967 yılında arkeolojik dokümantasyon için balon kullanımı ile ilgili bir çalışmaya başlamış ve çalışmada görüntü elde etmek için radyo kontrollü bir kamera kullanılmıştır (Whittlesey, 1970). İHA'ların fotogrametrik olarak ilk denemesi Przybilla ve Wester-Ebbinghaus tarafından 1979 yılında, sabit kanatlı bir İHA ile yapılmıştır. Hegi model uçak şirketi ile birlikte testi yapılan sabit kanatlı İHA, 150m yükseklikte uçurulmuş ve hızı 11m/s olarak gözlenmiştir (Şekil 6.14).



Şekil 6.14. Model Uçak (Przybilla ve Wester-Ebbinghaus, 1979)

80'li yıllarda ise Wester-Ebbinghaus tarafından ilk döner kanatlı İHA'nın fotogrametrik amaçlı olarak kullanımı gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan Şekil 6.15 de görülen döner kanatlı insansız hava aracı Schlüter (Bell 222) markasında bir model helikopter oldu (Şekil 6.15).



Şekil 6.15. Model Helikopter (Wester-Ebbinghaus, 1980)

Teknolojik gelişmeler ile birlikte yeni bir terminoloji olan İHA Fotogrametrisi; uzaktan kontrolle, yarı-otonom veya otonom olarak kontrollü çalışan bir fotogrametrik ölçüm platformunu tanımlar. Bu platform fotogrametrik ölçüm sistemi ile donatılmış olup sadece küçük veya orta boy bir sabit video ya da video kamera ile sınırlı değil, ısı veya kızılötesi kamera sistemleri, Hava Lidar sistemi, ya da bunların birleşimi şeklinde olabilir (Eisenbeiss, 2008; Toprak, 2014) .

İHA ile fotogrametride kamera kalibrasyon parametreleri olan iç ve dış yönelme parametreleri yardımıyla 2B görüntü dizilerinden yararlanılarak 3B geri çatınım gerçekleştirilmektedir. SFM (Structure From Motion - Hareket ile nesne oluşturma) algoritması ise gerekli olan tüm parametreleri birbiri ile örtüşen görüntülerde yer alan ortak noktalar yardımıyla trigonometrik olarak çözümlemektedir.

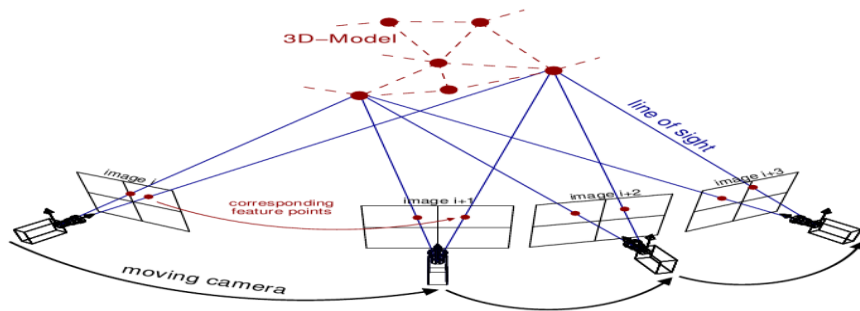
Structure From Motion (SFM) :

Sfm algoritmaları kamera parametrelerini ve 3B sahne geometrisini doğrudan bildirmeli görüntü dizelerinden rölatif olarak hesaplamak amacıyla geliştirilmektedir. Genel olarak sfm algoritmaları 2 aşamada çalışır. İlk aşamada çakışan görüntüler ve bu görüntüler üzerindeki ortak noktalar tespit edilir. İkinci aşamada bu ortak nokta çiftleri kullanılarak rölatif olarak kamera parametreleri ve 3B yapı hesaplanmaktadır. Sfm işlem adımları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Beşdok ve ark., 2015)(Şekil 6.16).



Şekil 6.16. SFM işlem adımları (Beşdok ve ark., 2015).

Kameraların burada birbirlerine göre oluşan konum ve yönelmelerini bulabilmek için kameralarca görülen eşlenik noktaların imgelerdeki ortaklıklarının tespiti gerekmektedir. Nokta eşleme yöntemlerinde çokça kullanılan SIFT (Lowe, 2004), noktaları imgenin sistematik olarak bulanıklaştırılmış ve küçültülmüş seviye ve oktavlarından oluşan ölçek uzayında tespit eder. Kameralara ait pose yani kamera konum değerlerinin hesaplanması için sıklıkla literatürde 5 nokta algoritması diye bilinen yöntemler kullanılır (Li, 2006; Nister, 2004), Bu yöntem her iki görüntüde bilinen en az 5 adet ortak noktadan resimlerin birbirlerine göre rölatif konumlarının hesaplanmasına olanak sağlamaktadır. Hesaplanan kamera konum ve dönüklükleri ve daha önce görüntülerden hesaplanan ortak noktalar üçgenleme işlemine tabi tutularak 3B geri çatım işlemi gerçekleştirilir (Şekil 6.17). Oluşturulan 3B sahne ölçeksiz ve rölatif bir koordinat sistemindedir. Son aşama olarak georeferanslandırma işlemiyle oluşturulan model gerçek koordinat sistemine dönüştürülür (Beşdok ve ark., 2015).



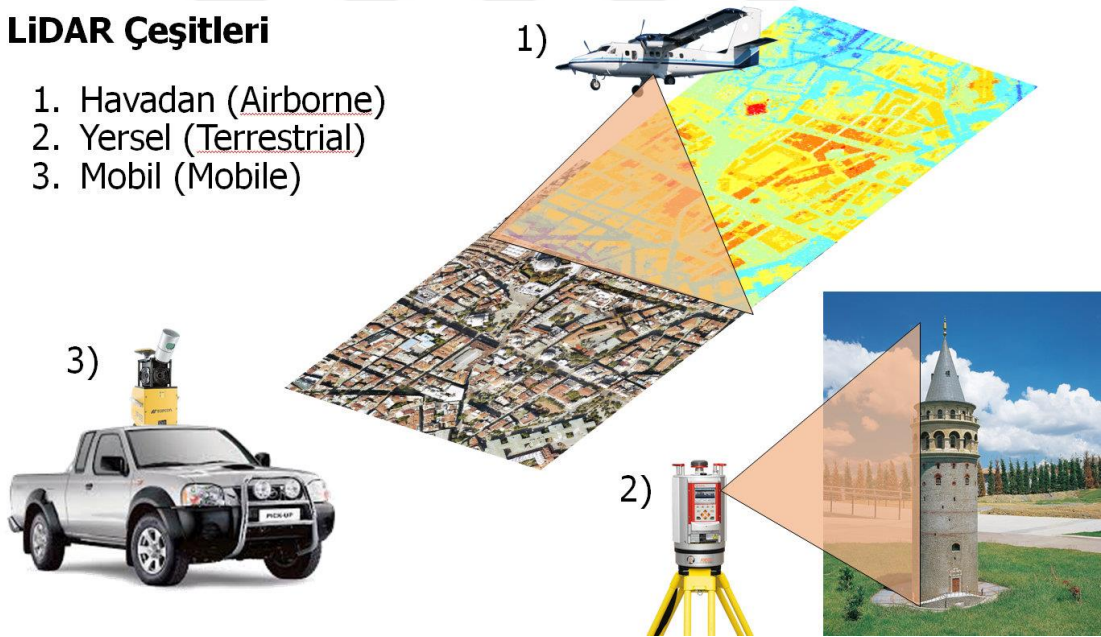
Şekil 6.17. SFM Algoritması (URL-22)

7. MOBİL LAZER TARAMA

Lazer teknolojisinin çıkış noktası 1900'lu yılların başlarında Albert Einstein tarafından ortaya koyulan ışığın yayılma teorisine dayanmaktadır. Dünya'da lazer teknoloji alanında çalışmalar ise 1950'li yıllarda başlamış ve son 25 yıldır da AR-GE yönelik çalışmalar ile yoğun olarak kullanılmaya devam etmektedir. Hava (Aerial), yersel (Terrestrial), mobil (Mobile) olarak farklı platformlara monte edilebilen lazer tarayıcılar sayesinde belirlenmesi istenilen objelerin 3 boyutlu yüzey modelleri oluşturulabilmektedir. Günümüzde pek çok mühendislik uygulamalarında farklı disiplinler tarafından ve harita yapım işlerinde de sıklıkla kullanılan Işık Tespit ve Mesafe Ölçme (Light Detection And Ranging) anlamına gelen LİDAR, lazer tarayıcısı, GNSS ve IMU sistemlerinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. Kullanılan LİDAR sistemleri uçak, helikopter gibi hava araçlarına monte edilirse hava lazer tarama (ALS), tripot ya da sehpa gibi sabit araçların üzerine monte edilirse yersel lazer tarama (YLS), kara, deniz ve robotik araçlar gibi hareketli nesneler üzerine monte edildiği zaman ise mobil lazer tarama (MLT) olarak isimlendirilmektedir (Şekil 7.1).

LİDAR Çeşitleri

1. Havadan (Airborne)
2. Yersel (Terrestrial)
3. Mobil (Mobile)



Şekil 7.1. LİDAR sistemleri platformları (URL-23)

Taranması düşünülen yerlerin geniş ölçekli, büyük ve karmaşık olması Mobil Lazer tarama yöntemleri ile problem olmaktan çıkmıştır. Daha hızlı ve daha etkin bir 3 boyut bilgisi için yersel lazer tarayıcı sistemleri navigasyon ve görüntüleme sensörleri ile birleştirilerek yeni bir mekânsal veri üretim sistemi haline dönüştürülmüştür. Günümüzde kullanılan lazer tarayıcı sistemlerinin geldiği son nokta yersel mobil lazer

tarama sistemidir. Haritacılık sektöründe mobil haritalama (mobile mapping) olarak bilinen mobil lazer tarama sayesinde dar alanlara dair ölçümler kolaylıkla yapılmaktadır. Yapılan ölçümler alanın büyüklüğü göz önünde bulundurulduğunda zaman, maliyet ve işçilik anlamında ciddi katkılar yapmakla birlikte arazide ölçüm sırasında gözden kaçan görülemeyen detayların bilgisayar ortamında eksiksiz olarak sunulmasını ve böylece tüm detayların görünürlüğünü sağlamaktadır. Her bir noktası koordinat verileri ile bütünleşmiş olan nokta bulutları sayesinde detayların ve ölçülecek alanların mesafe, hacim ve alan ölçümleri kolaylıkla yapılmaktadır. Söz konusu nokta bulutları, taraması yapılacak bölgenin genişliği ve detay yoğunluğuna göre milyonlarca hatta milyarlarca noktadan oluşabilmektedir. Nokta bulutu verisi yükseklik, mesafe ve RGB formatlarında renklendirilmiş şekilde görüntülenmesi bize bu veri üzerinde ki objeleri kolaylıkla tanımamıza ve ayırt etmemize olanak sağlamaktadır (Şekil 7.2). Bu da veriler üzerinde ki objeleri (ağaç, elektrik direkleri, yol, kaldırım) cinsine göre ayrı ayrı katmanlar halinde saklanmasına ve objelere dair sözel veriler oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.



Şekil 7.2. MLT nokta bulutu (URL-24)

Lazer tarama yönteminde çalışma prensibi şu şeklide özetlenebilir. Lazer tarayıcı bir ışın (pulse, optik sinyal) üreterek bu ışını gönderir. Tarayıcıdan çıkan ışın bir nesneye çarpar bu çarpma sonucu geri yansır ve geldiği yere geri döner. Her zaman tek bir sinyalin dönüşü yine tek bir sinyal olmaz ve birden fazla dönüş görülür. Geri dönen tüm sinyalin şiddeti yani sinyalin çarptığı nesnenin sinyali ne kadar geri yansıttığı

(intensity) kaydedilir. Alıcı tarafından sinyal ile nesne arasındaki geçen seyahat süresi ışık hızı bilindiğinden dolayı mesafeye çevrilerek duyarlı bir şekilde hesaplanır. Lazer tarama cihazının konumu, tarama açısı, yöneltmesi (IMU) ve mesafenin bilinmesinden dolayı lazer ışınları ile elde edilen tüm noktaların x, y, z yer koordinatları hesaplanmaktadır. Bununla beraber talep edilirse ölçülen alanın dijital fotoğrafları veya videosu çekilebilir. Arazi çalışmaları sonrasında büro işlemlerine geçilir ve veri işleme/değerlendirme yazılımları ile kıymetlendirme işlemi yapılarak istenilen sonuç ürün (harita, 3B model) elde edilir.

Mobil lazer tarama veri kalitesini etkileyen başlıca unsurlar; lazer tarayıcının menzili, lazer tarama teknolojisi, tarama frekansı, nokta yoğunluğu, sinyal tekrarlama oranı ve doğruluk aralığı olarak sayılabilir. Piyasada yer alan 5 büyük firmanın geliştirmiş olduğu mobil lazer tarama sistemleri özellikleri çizelge 7.1 de görülmektedir.

Çizelge 7.1. MLT sistemlerinin karşılaştırılması (Karasaka, 2012)

	Optech Lynx Mobile Mapper	Reigl	Topcon	Topcon	Trimble	MDL
Model	M1	VMX-450	IP-S2	IP-S2 HD	MX8	M500 X-PLANE
Lidar sensör sayısı	1_2	2	3	1 (velodyne HDL-64E)	2 (Reigl VQ-250)	2
Kamera (mpx)	4	6(5 MP)	6(2 MP)	6	6(5 MP)	-
Maksimum menzil	200 m %20	800 m	80 m	120 m	200 m	500 m
Doğruluk	8 mm	5 mm	-	-	5 mm	1 cm
Mutlak doğruluk	± 5 cm	± 8 mm	± 45 mm	± 20 mm	±10 mm	± 5 cm
FOV (degree)	360°	360°	90°-180°	360°	360°	360°
Mesafe Ölçme yöntemi	TOF	TOF	TOF	TOF	TOF	TOF
Lazer ölçme hızı	75 - 500kHz	300kHz- 1.1MHz	100kHz	100MHz	200Hz	30Hz
Tarama frekansı	80-200Hz	-	75Hz	15Hz	-	-
Dakikadaki tarama hızı	500,000 nokta/sn	1.1 milyon nokta/sn	54,000 nokta/sn	1.3 milyon nokta/sn	300,000 nokta/sn	72,000 nokta/sn
Veri depolama sıcaklığı	-40°ile +60°	-20°ile +50°	-40°ile +70°	-10°ile +80°	-	-20°ile +70°
Çalışma sıcaklığı	-10°ile +40°	-10°ile +40°	-30°ile +60°	-10°ile +40°	-10°ile +40°	-20°ile +70°
Güvenilirlik sınıflaması	Class 1 eye- safe	Class 1 eye- safe	Class 1 eye- safe	Class 1 eye- safe	Class 1 eye- safe	Class 1 eye- safe
Güç gereksinimi	12 VDC	11-15 VDC	12 VDC	12-14 VDC	12 VDC	12 VDC

7.1. Yersel mobil lazer tarayıcı sistemleri genel bileşenleri;

- a) Görüntüleme birimleri (360° görüntü kamerası, lazer tarayıcılar)
- b) Konumlandırma birimleri (GNSS, IMU, Odometer)
- c) Entegrasyon birimleri (araç içi yazılım, araç içi bilgisayar ve veri toplama yazılımları)

olarak 3 ana başlık altında sıralanabilir.

a. Görüntüleme Birimleri

Görüntüleme birimleri aktif ve pasif görüntüleme sensörü olarak ikiye ayrılır. Aktif görüntüleme sensörlerine lazerli uzaklıkölçer, tarayıcı ve yapay açıklıklı radar, pasif görüntüleme sensörlerine ise dijital kameralar CCD (Charge Coupled Device) veya multi-spektrum örnek olarak verilebilir.

Mobil lazer tarama sistemlerinin önemli bileşeni olan tarayıcılar bulundukları konumda yer alan lazer telemetresinden yayılan sinyal ile yansıtılan noktada bulunan obje yüzeyinden yansıyan sinyalin geri dönüşünü kaydederek söz konusu yansıyan ve yansıtılan nesneler arası mesafeyi ölçer. Tarayıcılarda tarama görüş açısının tam tur olması tercih edilen bir özelliktir (Şekil 7.3). Tarayıcıların 360° altında görüş açıları bulunması durumunda tarama sırasında boşlukların oluşmaması için daha fazla lazer taraması kullanılmasını gerektirir. Dolayısıyla bu durum maliyeti artırıcı olarak dezavantajlı bir durum oluşturmaktadır. İyi bir lazer tarayıcısının tarama hızını yüksek olması çok sayıda nokta bulutu oluşturmaktan daha önemlidir.



Şekil 7.3. 360° lik lazer tarama sistemi

Mobil haritalama sistemlerinde diğer kullanılan dijital kameralardan farklı olarak daha fazla geometrik doğruluk sağlaması için CCD (Charge Coupled Device) dijital kameralar kullanılmaktadır. Bu kameralar, nesnelerden yansıyan

ışık/radyasyonları algılar ve onları elektronik dedektörleri sayesinde elektrik sinyallerine dönüştürür. Piksel çözünürlükleri yüksek olan CCD kameraların çektiği görüntüler ile GNSS/IMU sistemleri bütünleşik ve senkronize çalışmasından dolayı elde edilen görüntüler jeoreferanslanmaktadır. Araçların üzerine GPS ile birlikte monte edilen ve panoramik görüntüler elde etmek isteyen firmalar çeşitli kamera türleri kullanmıştır (Şekil 7.4).



Şekil 7.4. MLT sisteminde kullanılan kameralar (Çelik, 2011)

b. Konumlandırma birimleri

MLT haritalama yönteminde de diğer ölçüm yöntemlerinde de olduğu gibi kullanılan donanımlardan en önemli olanı GNSS alıcısıdır. Uydulardan yayılan elektromanyetik dalgaları kaydetme görevinde GNSS alıcıları yer almaktadır. Navigasyon amacı ile uçak, araba ve gemi gibi hareketli platformlarla anlık konum belirleme işlemi hareketli araçta bulunan GPS/GNSS alıcıları vasıtasıyla gerçekleşmektedir. GNSS alıcıları kanal sayısına göre, izlenen uydu sinyaline ve kullanım amacına göre vs. farklı şekillerde sınıflandırılabilir. İzlenen uydu sinyallerine göre alıcı tipleri GPS ve GNSS alıcıları olarak isimlendirilebilir. Günümüzde birçok uydu sistemlerinin beraberce kullanılabilmesini öngören bütünleşik sisteme GNSS adı verilir. GNSS sisteminin amaçlarından birisi de uydu sayısını ve buna bağlı olarak gözlem sayısının artırılarak daha güvenilirlikte konum belirleme yöntemi sunmaktır (Kurt,2005).



Şekil 7.5. MLT sisteminde kullanılan GNSS ve IMU sistemi (URL-25)

İnersiyal navigasyon sistemleri (INS) bünyesinde barındırdığı jireskop (gyro) ve ivmeölçer sayesinde algılayıcıların konum, hız ve dönüklük parametrelerini belirleyebilme özelliklerine sahiptir. Günümüzde yaygın şekilde kullanışlı INS sistemlerinde birbirine dik konumda oluşturulmuş 3 adet jireskop ve 3 adet ivmeölçerden oluşmaktadır. Hareketli araçlarda eksenlerdeki ivme yönelimleri ivmeölçerler tarafından belirlenir iken aracın üç eksen etrafındaki dönüklükleri jireskop tarafından belirlenmektedir. Bahsedilen sensörlerin bir arada kullanılması ile hareket halindeki aracın yöneltme ve konumları hesaplanabilir. Bu sistemlerin maliyetleri drift rate denilen sürüklenme hızına ve beklenen doğruluğa göre 100 ila 100.000 dolar aralığında bulunmaktadır. Yöneltme verileri ve konumsal çözümleme verileri güncellemesi GNSS yöntemlerinden farklı olarak 256 Hz - 1000 Hz aralığında yer almaktadır. GNSS yöntemlerinde bu konumsal çözümleme hızı 1 ila 20 Hz değerleri arasında olup IMU/INS sistemine göre daha düşük bir hızda gerçekleşmektedir. IMU/INS sistem doğruluğu LiDAR tarayıcısının doğruluğunu etkileyen faktörlerden biridir. Elde edilecek nokta bulutunda yer alan her bir noktanın konumsal doğruluğuna etkisi vardır. IMU (inersiyal measurement unit) sistemi içinde bulunan jiroskop ve ivmeölçer performans anlamında birbirini tamamlar parametrelerle belirlenir. IMU tasarımcıları genellikle bir IMU biriminde bulunan jiroskop tamamlayıcısının performans ve özelliklerini göz önünde bulundurarak ivmeölçer sistemini seçerler. Kullanıcılar IMU doğruluğunda genellikle gyro bias adında kilit bir performans belirleme parametresine yoğunlaşırlar. Mobil lazer tarama ile haritalama sistemlerinde genellikle optik jiroskop kullanılmaktadır (Karasaka, 2012).

c. Veri toplama ve işleme yazılımları

Mobil lazer tarayıcı sistemlerinde firmalar kendi tarayıcıları için kendine özel yazılımlar kullanmaktadır.

Başlıca mobil lazer tarayıcı veri toplama ve değerlendirme yazılımları;

- Spatial Collect
- Geo-Clean
- Spatial Factory
- Orbit AIM3 (Assesment Inventory Management)
- LastoLas
- Applanix Pospac MMS
- Riegl (Riacquire)
- Riegl (Rianalyze)
- Riegl (riscan)
- Riegl (Riworld)
- Street mapper
- Gexcel
- Global Mapper
- TerraScan

7.2. Mobil Lazer Tarama Yönteminde Hata Kaynakları

Lazer tarama yöntemi tüm ölçümlerde olduğu gibi bazı hataları barındırmaktadır. Çok sayıda faktör bu hataların kaynağı olarak sayılabilir. Lazer tarama cihazlarının tasarımları çok sayıda mekanik ve elektriksel parçaların kullanılması sonucunda her parçanın hataya sebebiyet verme etkilerinden dolayı sebebiyle oldukça karışıktır. Bu hataların yanı sıra çevreden kaynaklanan sebepler, farklı ölçüm metotlarının kullanılması, taranan objelerin yada nesnelerin yansıma yüzeyleri etkisi ve operatörlerden kaynaklı hatalar vs. gibi etkenler de hata kaynakları olarak sayılabilmektedir (Gümüş ve ark., 2009).

Söz konusu hata kaynakları aşağıdaki şekilde sınıflandırılmıştır.

- Aletsel hatalar
- Obje ile ilişkili hatalar
- Çevresel hatalar
- Metotsal hatalar

7.2.1. Aletsel Hatalar

Lazer tarama ölçü teknolojisindeki hatalar, tarayıcının teknik özelliklerine ve tarayıcı tasarımına bağlı olarak değişim göstermektedir. Aletsel hatalar kısaca şu şekilde tanımlanabilir (Hebert ve Krotkov, 1992; Reshetyuk, 2006):

Lazer uzunluk ölçme sistemi olan lazer telemetresi ile ışın saptırmaya yarayan ünitenin fiziki özelliklerinden kaynaklanan hatalardır. Böyle hatalar lazer taramalarının ve lazer uzunluk ölçümlerinin olağan sınırlamalarından ötürü giderilemez. Kullanıcılar yada mühendislerin çabasıyla yok edilemezler.

Işın saptırma ünitesi, lazer telemetresi ile eksen hatalarını da içinde bulunduran tarayıcıların donanımlarında yer alan belirli hatalardır. Bu hata çeşidi, kalibrasyonla veya sistem tasarımının geliştirilmesiyle küçültülebilir/yok edilebilir.

Bu hata kaynağı, lazer tarama yöntemi ölçümlerini düzenli/düzensiz olarak etkilemektedir. Tarayıcılarda bulunan düzenli hata, geleneksel ölçüm cihazlarında yer alan hatalardan farklıdır. Kullanıcılar tarafından standartlaşmış yöntemler ile ayarlanamaz ve kontrol edilemezler. Lazer tarayıcısının ölçüm doğruluğu, lazer telemetresi ve ışın saptırma ünitesi ile sınırlanmaktadır (Nyland, 1998).

7.2.2. Obje İle İlişkili Hatalar

Objelerle ilişkili en önemli hata kaynağı obje yüzeyinin yansırılığı olarak görülmektedir. Çünkü SNR(Sinyal gürültü oranı)'yi ve uzunluk ölçüm sonuçlarını büyük ölçüde etkileyen nedenlerin arkasında yansırılık bulunmaktadır (Reshetyuk, 2006). Yansırılık tanım olarak, lazer gücü ile yansıtılan sinyal arasındaki orandır (Gümüş ve ark., 2009). Yüzey yansırılığı ve yansıtılmış lazer ışını yoğunluğu arasında Lambertian yansırılık modeli aşağıda 7.1 denkleminde verilmektedir (Reshetyuk, 2006).

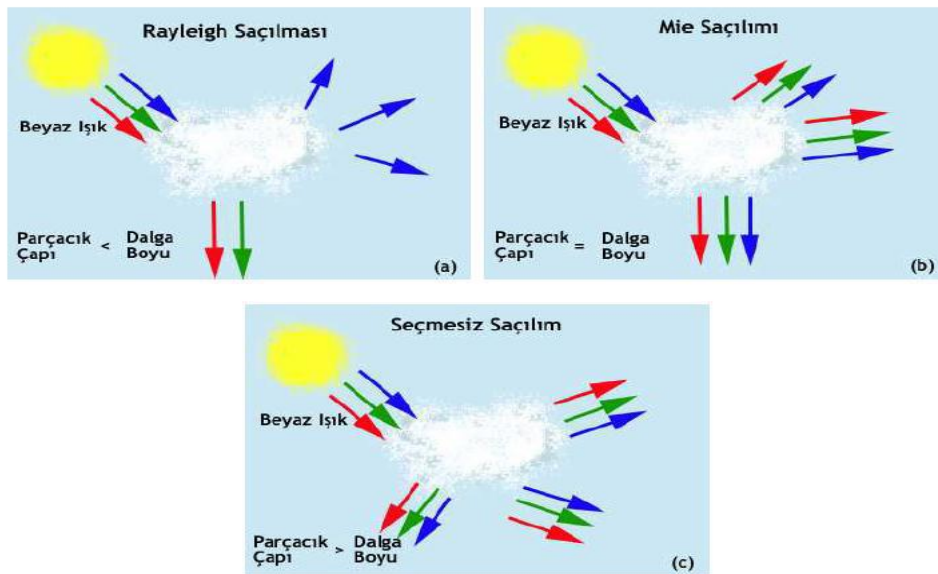
$$I_{\infty} \frac{\rho \cos \beta}{R^2} \quad (7.1)$$

- I : Yansıtılan lazerin yoğunluğu,
 ρ : Yüzeyin yayılmış yansıma katsayısı
 β : Işın geliş açısı
R : Objenin uzunluğu

Lazer tarayıcıdan ayrılan lazer ışını, tarayacağı objelerin materyallerine göre değişik yollar izleyebilmektedir. Lazer ışını, tahta ve mermer gibi materyallere işleyebilir veya materyalin içerisinde yansıma yapabilir ya da bazı materyaller lazer ışını kırabilir. Bunun gibi faktörler sistematik hatalara neden olmaktadır. Yüzey yansımalarının lazer tarama yöntemi ile elde edilen uzunluk doğruluklarına etkisi birkaç mm kadardır (Hebert ve Krotkov 1992; Reshetyuk, 2006).

7.2.3. Çevresel Hatalar

Atmosferde oluşan etkiler lazer ışınlarının yayılımında yoğunluğunun azalması veya yansıyan yüzeyden dönen lazer ışınının parabolik eğri düzeninde bozulma olarak etki etmektedir. Elektromanyetik enerji atmosferden geçerken çeşitli etkilerle saçılma ve bozulmaya uğrar (Ekercin, 2007). Saçılma, ışığın atmosferden geçerken molekül ve parçacıklara çarparak yön değiştirmesi olarak ifade edilebilir. Alıcılar, bilgi edinilen veya ölçümü yapılmak istenen objelerden elektromanyetik dalga toplarken aynı zamanda obje ile alakası olmayan atmosfer koşullarında saçılmış dalgaları da toplamaktadır. Bu saçılmış dalgaların toplanması elde etmek istediğimiz bilgiyi yok edebilir veya kalitesini düşürebilir. Bu şekilde bilgi kayıplarını en aza indirmek ya da engellemek için atmosferik saçılmalar daima incelenmelidir. Parçacıkların veya moleküllerin boyutları ile ilgili olan saçılma, aynı zamanda kullanılan dalga'nın frekanslarıyla da ilgilidir. Bu nedenlerden ötürü yapılacak ölçüm kullanılan aletlere ve atmosfer koşullarına bağlı olarak değerlendirilmelidir (Çetinkaya, 2006). Atmosferde üç çeşit saçılım gerçekleşmektedir (Şekil 7.6).

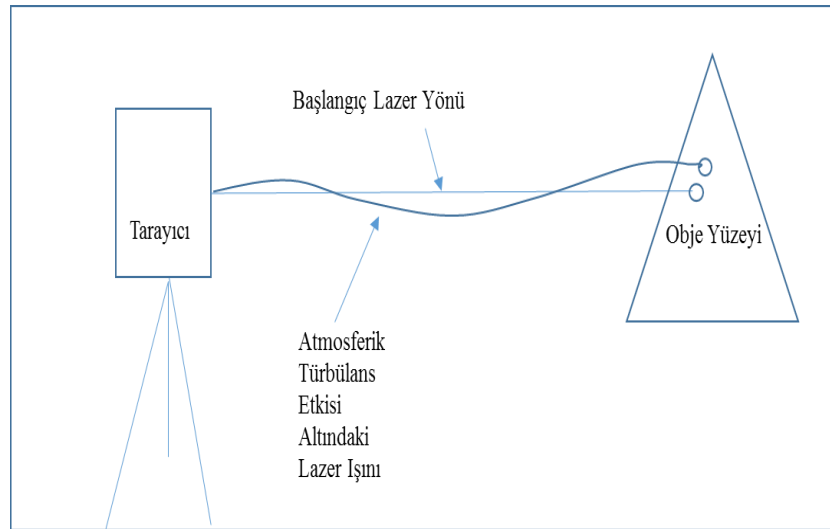


Şekil 7.6. Atmosferik saçılma - (a) Rayleigh saçılması, (b) Mie saçılması (c) Seçmesiz saçılım (Akkartal, 2007).

Lazer tarama yönteminde, yayılım gösteren lazer ışınının yayılış hızı doğru olarak bilinmelidir. Bilinmesi gereken hız, içeriğinde basınç, ısı, bağıl nem ve CO2 olan havanın kırılma indisine bağlıdır (Reshetyuk, 2006). Genelde bu havanın kırılma indisi hesaplamaları atmosfer şartlarının genelde belirsiz olması yönünden sınırlı kalmaktadır. Genelde lazer tarayıcılar ile uzunluk ölçme işlemlerinde kısa ya da birkaç yüz metre mesafeli ölçüler yapılmaktadır. Bu uzunluklardaki ölçümlerden ziyade daha uzun mesafeli ölçümlerde hava kırılma indisinden söz edilebilir. Aynı zamanda atmosferik türbülansın etkileriyle değişime uğrayan hava kırılma indisinden de bahsedilmelidir. Yani rüzgârların hareketleri ile oluşan sıradan ısı dalgalanmaları sonucunda havada yoğunluk dalgaları oluşmaktadır. Söz konusu atmosferik türbülans yersel tarama ölçümleri üzerinde 1 km'ye kadar olan mesafelerde ışın yoğunluk dalgalanmaları (Işın Parıldaması) ve ışın gezinmesi gibi etkiler bırakmaktadır (Weichel, 1990; Reshetyuk, 2006).

Işın gezinmesi (Şekil 7.7), başlangıç yayılma yönüne göre, ışın yönünün değişmesidir. Lazer ışını, izlemesi gereken yoldan gelişigüzel yönde sapar ve lazer spot çapı sabit olarak kalır (Reshetyuk, 2006).

Işın parıldaması, dağılma ve kırılma ile ortaya çıkar. Lazer spotun, ufak sıcak spotlara kırılıp ayrılmasıyla sonuçlanır. Parıldama yer yüzeyi tipine ve alet boyuna bağlıdır (Price ve Uren, 1989).



Şekil 7.7. Işın gezinmesi (Weichel 1990).

7.2.4. Metotsal Hatalar

Metodolojik hatalar, georeferanslama için seçilen yaklaşım ile ilişkili hatalardır. Georeferanslama, çoklu taramalar sonucu her bir tarama istasyonuna ait farklı doğrultularda elde edilmiş tarayıcı alet merkezli yerel koordinatların tek bir nokta bulutu veri kümesinde birleştirildikten sonra jeodezik koordinat sistemine veya başka bir referans sistemine dönüştürülmesi işlemi olarak tanımlanır. Georeferanslama yaklaşımı uygulama yöntemine göre doğrudan georeferanslama ve dolaylı georeferanslama olmak üzere ikiye ayrılır (Karasaka, 2012).

Mobil yersel lazer tarama sistemleri uygulama alanları;

- Karayolu ve demiryolu varlık envanteri çıkarımı ve yönetimi, (Şekil 7.8)
- 3B şehir modelleme çalışmaları,
- Otonom araçlar
- Kaza mahalli
- Robotikte
- Sanal Simülasyon alanında
- Orduda arazi tanıma
- Ortofoto üretimi
- Ormancılık
- Değişikliklerin tespiti
- Tarihi ve kültürel varlıkları koruma ve belgeleme çalışmaları,
- Çevre bilimi çalışmaları
- Kadastro çalışmaları
- Kıyı bölgesi erozyon analizi çalışmaları,
- Deformasyon ölçümleri,

olarak sıralanabilir.



Şekil 7.8. MLT sistemi ile yol yüzeyi çalışması (URL-26)

Mobil Haritalamanın Avantajları

Çok geniş alanlarda yapılacak olan çalışmalarda mobil haritalama teknolojisi ile çok daha kısa süre de ve daha az işçilik ile yapılabilir. Lazer taraması yapılan alanlara dair tüm objelerin envanteri oluşturulabilir, çeşitli programlar yardımıyla objeler tanımlanabilir ve kapama – mozaikleme yapılacak yerler otomatik olarak oluşturulabilir. Yapılan taramalar lokal ve global koordinat sistemlerine uygun olarak yapıldığından dolayı istenilen koordinat sistemin de herhangi bir noktaya ait X, Y, Z değerlerine ulaşılabilir, alan ve hacim hesaplanabilir. Mobil haritalaması yapılan alanda ki objeler sayısallaştırabilir böylelikle vektörel verilere dair sözel veriler oluşturabilir. Gece veri toplama olanağı olduğundan 24 saat çalışabilir. Tarama esnasında çeşitli sensörlerde kullanılarak aynı anda (fotoğraf, video vb.) veriler de elde edilebilir. Kısaca klasik haritacılık yöntemlerine göre daha hızlı ve kolay veri üretimini sağlayan mobil haritalama sayesinde;

- Doğru analiz ve planlama
- Hassas ve daha kontrollü veri üretimi
- Farklı ortamlarla uyum (GIS, MIS, CAD) sağlanabilmektedir (Koç ve ark., 2015).

Mobil Haritalamanın Dezavantajları

- Toplanan verinin boyutu çok büyüktür bu yüzden iyi donanıma sahip bilgisayarlar kullanılmalıdır.
- Veriyi düzenleme işleminden geçirme zorunluluğu vardır.
- Lazer sinyali doğadaki her şeyden geri yansıtacağı için, ham veri istenmeyen detaylardan da geri yansıma değerleri içermektedir.
- Veri işleme için her ne kadar otomatik algoritmalar geliştirilse de veriyi manuel düzenleme zorunluluğu bulunmaktadır.
- Kötü hava(yağmur, kar, sis, duman, pus, toz vb.) koşullarında uygun çalışmaz.
- Bazı yüzeyler (asfalt, su vb.) kızılötesi dalga boyunu emdiğinden sinyali geriye iyi yansıtmamaktadır.
- Geniş alanları çalışmak, zaman ve veri boyutu açısından zordur.
- Veri işlenirken zaman zaman yardımcı görüntülere ihtiyaç duyulmaktadır.

8. UYGULAMA

Uygulama alanı olarak 37° 47' 31.5420'' Kuzey – 32° 46' 45.6060'' Doğu koordinatlarında ve Konya şehir merkezine yaklaşık 27 km mesafede yer alan yaklaşık 50 hektarlık Konya İli Karatay İlçesi Şatır Mahallesi seçilmiştir (Şekil 8.1).



Şekil 8.1 Uygulama alanı Şatır Mahallesi

26 Haziran 2018 tarihli ve 30460 Sayılı Mükerrer Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği’nin (BÖHHBÜY’ün); “Detay Ölçmeleri” başlıklı 45-1/a maddesinde belirtilen, “Detay noktaları, elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak ölçülebilir” ve “Detay Ölçme Doğruluğu” başlıklı 46-1. Maddesinde yer verilen “Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri, elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; yatay konum doğruluğu $(\sigma_x^2 + \sigma_y^2)^{1/2} \pm 7$ cm (dâhil)’den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu $(\sigma_H) \pm 7$ cm (dâhil)’den daha iyi olacak şekilde ölçülecektir” hükümleri gereği detay noktalarının ölçülmesinde yeni teknolojik yöntemlerin kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu çerçevede uygulamamızda klasik yersel ölçüm (totalstation), fotogrametrik (İHA), GNSS ve mobil lazer tarama yöntemi ile alımı/kıymetlendirmesi yapılan detay noktalarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Detay noktaları alımında/kıymetlendirmesinde kullanılan totalstation, GNSS, İHA ve mobil lazer tarayıcının teknik özellikleri (EK-1)’ de yer almaktadır.

Arazi Çalışmaları

ARAZİ ÇALIŞMALARI İŞLEM ADIMI

YKN ARAZİYE APLİKE EDİLMESİ İŞLEMİ

YKN GNSS ALICISIYLA ÖLÇÜLMESİ

UÇUŞ PLANLARININ HAZIRLANMASI

İHA İLE FOTOĞRAFLARIN ÇEKİLMESİ

ARAZİ ÇALIŞMALARININ SONLANDIRILMASI

Arazi çalışmalarında ilk olarak çalışma alanına çevrimiçi altlık haritalar kullanarak homojen olarak kapsayacak şekilde toplam 29 adet Yer Kontrol Noktası tesis edilmiştir (Şekil 8.2). Tesis edilen Yer Kontrol Noktaları arası mesafe İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemleri ile Kadastral Detay Ölçmeleri, Harita Üretimi ve Kontrol Esasları uyarınca 400 m den az olacak şekilde planlanmıştır. Yer kontrol noktaları tesis edilirken havadan çekilecek fotoğraflarda görüntülenmesini engellememesi düşünülerek yer kontrol noktalarının ağaç, bina saçakları vb. doğal ya da yapay detaylara yakın olmamasına özen gösterilmiştir. YKN tesis edilirken çalışma alanımızı kapsamasına özen gösterilmiştir (Şekil 8.3).



Şekil 8.2. Tesis ettiğimiz yer kontrol noktaları ve numaraları



Şekil 8.3. YKN dağılımı

Araziye tesis edilen yer kontrol noktaları alım işlemleri EPOCH 50 Spectra Precision GNSS cihazı yardımıyla TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sisteminden faydalanarak GNSS ağ-RTK VRS yöntemiyle ITRF datum ve 2005.00 referans epoğu kullanılarak gerçek zamanlı olarak elde edilmiştir. Elde edilen konum bilgileri Çizelge 8.1’de verilmektedir. Uydu geometrisinin hesaplanan x, y, z koordinatları üzerindeki etkisi PDOP değerinin NATO standartlarına göre ($PDOP < 6$) iyi seviyesinde ve gezen alıcının ölçüm performansı RMS değerleri belirsizlik çözümünde (FIX) kullanılabilir olduğu çizelgede görülmektedir (Çizelge 8.1) .

Çizelge 8.1. Tusaga-Aktif Projesi ile Noktaların Koordinatları Belirlenmesi Durumunda Düzenlenecek Çizelge (YKN konum bilgileri)

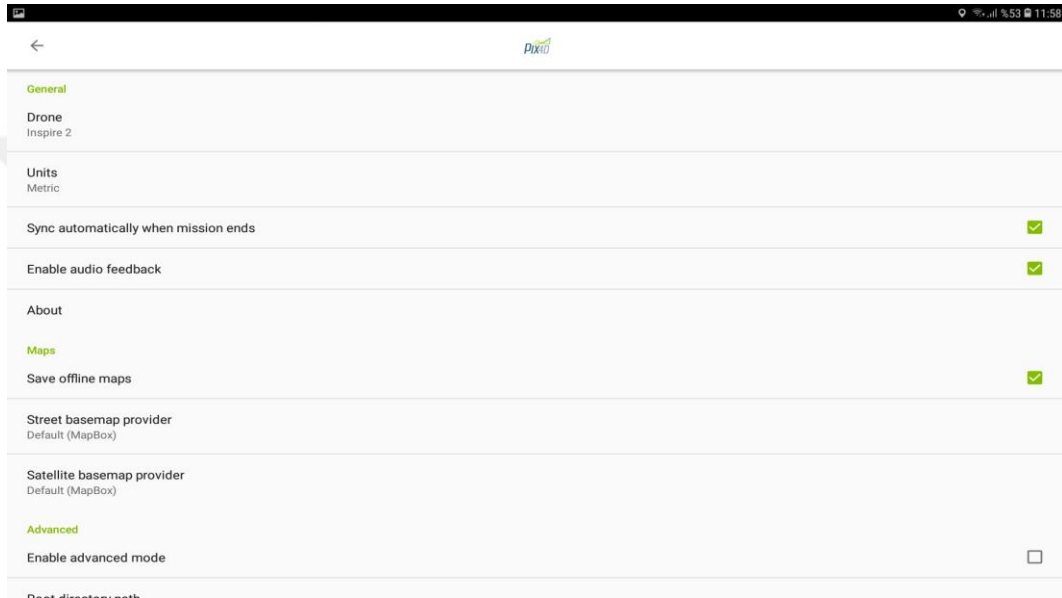
NOKTA NO	Oturum Zamanı (UTC)	Epok Sayısı	Veri Toplama Aralığı	Uydu Sayısı (GPS+GLONASS)	RMS (m)	PDOP	Tam Sayı Belirsizlik Çözüm Durumu	Mountpoint (VRS FKP-MAC) TUSAGA-Aktif Sistemi Yayın Bağlantı Noktası	Anten Yükseklik Okuması	Kesin Koordinat(ITRF-TM 3°33' E)		
										Sağa Değer (Y) (m)	Yukarı Değer (X) (m)	Elipsoid Yüksekliği (h) (m)
okuma8	15 09 2019 13:58:28	21	1	11	0.013	2.390	FIX	VRS	2.000	480762.058	4184619.813	1034.075
okuma9	15 09 2019 12:12:58	21	1	12	0.011	1.460	FIX	VRS	2.000	480817.036	4184610.852	1034.55
okuma10	15 09 2019 14:00:41	21	1	10	0.013	2.410	FIX	VRS	2.000	480699.312	4184593.538	1034.38
okuma11	15 09 2019 14:04:38	21	1	10	0.015	2.760	FIX	VRS	2.000	480604.701	4184585.787	1034.223
okuma12	15 09 2019 14:08:39	21	1	15	0.009	1.460	FIX	VRS	2.000	480497.687	4184587.054	1033.705
okuma13	15 09 2019 14:11:18	21	1	14	0.010	1.580	FIX	VRS	2.000	480398.882	4184595.832	1034.015
okuma14	15 09 2019 11:50:38	31	1	14	0.009	1.330	FIX	VRS	2.000	480400.664	4184500.82	1034.619
okuma15	15 09 2019 11:56:34	42	1	14	0.009	1.380	FIX	VRS	2.000	480504.85	4184482.522	1035.141
okuma16	15 09 2019 12:02:36	21	1	14	0.011	1.350	FIX	VRS	2.000	480603.754	4184502.073	1034.68
okuma17	15 09 2019 12:05:19	21	1	14	0.011	1.330	FIX	VRS	2.000	480708.118	4184507.272	1034.613
okuma18	15 09 2019 12:08:24	21	1	14	0.011	1.240	FIX	VRS	2.000	480805.914	4184489.355	1034.127
okuma19	15 09 2019 13:54:05	21	1	10	0.009	2.850	FIX	VRS	2.000	480869.034	4184583.345	1033.857
okuma20	15 09 2019 13:43:55	22	1	11	0.010	1.860	FIX	VRS	2.000	480804.803	4184401.173	1033.794
okuma21	15 09 2019 13:47:08	21	1	11	0.011	1.920	FIX	VRS	2.000	480705.614	4184392.236	1034.066
okuma22	15 09 2019 11:33:26	31	1	12	0.010	1.660	FIX	VRS	2.000	480599.509	4184399.591	1034.777
okuma23	15 09 2019 11:36:30	32	1	13	0.010	1.650	FIX	VRS	2.000	480501.941	4184407.535	1034.602
okuma24	15 09 2019 11:39:33	31	1	13	0.010	1.630	FIX	VRS	2.000	480418.875	4184397.035	1034.264
okuma25	15 09 2019 12:35:03	21	1	14	0.011	1.280	FIX	VRS	2.000	480312.966	4184278.096	1034.346
okuma26	15 09 2019 12:30:25	21	1	13	0.011	1.430	FIX	VRS	2.000	480403.314	4184301.149	1034.716
okuma27	15 09 2019 12:27:09	21	1	13	0.011	1.450	FIX	VRS	2.000	480491.707	4184317.121	1034.308
okuma28	15 09 2019 12:23:17	21	1	11	0.013	1.960	FIX	VRS	2.000	480590.735	4184326.354	1034.937
okuma29	15 09 2019 13:35:32	21	1	11	0.009	1.940	FIX	VRS	2.000	480685.952	4184303.496	1034.824
okuma30	15 09 2019 13:40:06	21	1	10	0.012	2.040	FIX	VRS	2.000	480808.433	4184293.977	1033.959
okuma31	15 09 2019 13:20:23	21	1	12	0.009	1.780	FIX	VRS	2.000	480828.056	4184208.852	1034.233
okuma32	15 09 2019 13:15:36	21	1	13	0.008	1.460	FIX	VRS	2.000	480695.491	4184198.053	1034.424
okuma33	15 09 2019 13:10:45	21	1	12	0.010	1.670	FIX	VRS	2.000	480603.573	4184195.586	1034.475
okuma34	15 09 2019 13:06:40	22	1	10	0.011	1.660	FIX	VRS	2.000	480510.838	4184185.533	1034.536
okuma35	15 09 2019 12:56:47	21	1	13	0.009	1.300	FIX	VRS	2.000	480404.795	4184199.416	1034.414
okuma36	15 09 2019 12:52:49	21	1	13	0.008	1.310	FIX	VRS	2.000	480308.138	4184136.881	1034.097
okuma37	15 09 2019 14:15:58	21	1	13	0.013	1.720	FIX	VRS	2.000	480576.701	4184678.154	1034.437
okuma38	15 09 2019 14:18:02	21	1	13	0.012	1.830	FIX	VRS	2.000	480564.708	4184629.066	1034.313

Daha sonra havadan fotoğraf çekimi için iki bataryası, 4 adet pervanesi, X5s kamerası ve görüntüleri kaydetmesi amacıyla hafıza kartı İHA'ya takılarak İHA uçuşa hazırlandı (Şekil 8.4).

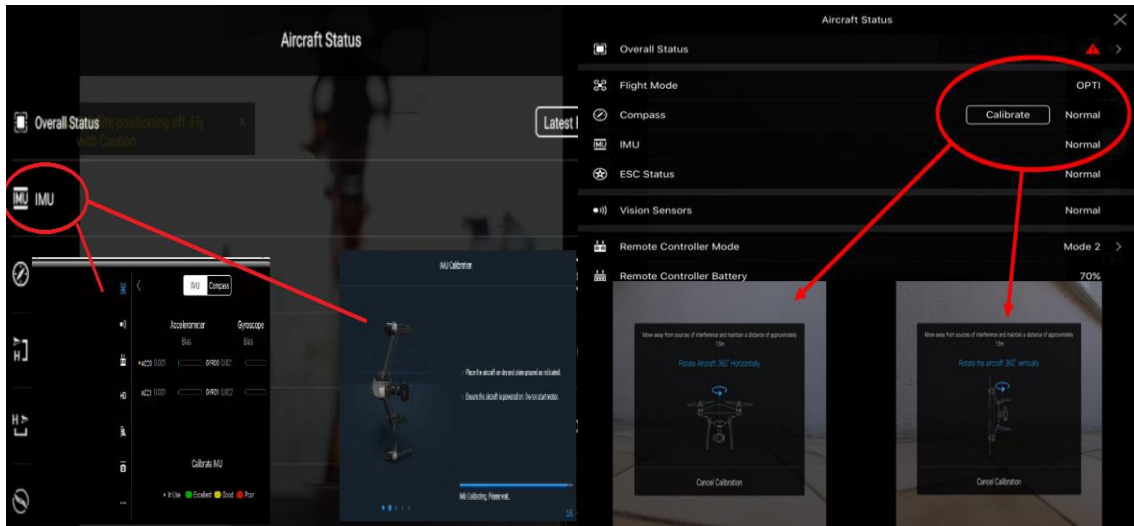


Şekil 8.4. Uçuş için hazır hale getirilen İHA

Uçuş için kullanılacak yazılımlar olan Dji Go 4 ve Pix4D capture mobil uygulamalarına İHA tanıtılarak uçuş öncesi insansız hava aracının ayarları tamamlanmıştır (Şekil 8.5-8.6). Uçuş öncesi İHA'ların ayarlarının yapılması oldukça önemlidir. Çünkü konum bilgilerinin doğru olarak kaydedilmesi ve fotoğraf çekiminde yatay ve dikey durumlarını kestirmesi ve yüzeye dik bir şekilde durarak istenilen fotoğrafların çekilmesi bu ayarlar sayesinde gerçekleşmektedir. Kamera ekseninin düşey doğrultudan sapmasının önüne geçilmiş olunmakta ve BÖHHBÜY standartlarına hazır hale getirilmiştir.



Şekil 8.5. Pix4d Capture programına İHA'nın tanıtılması



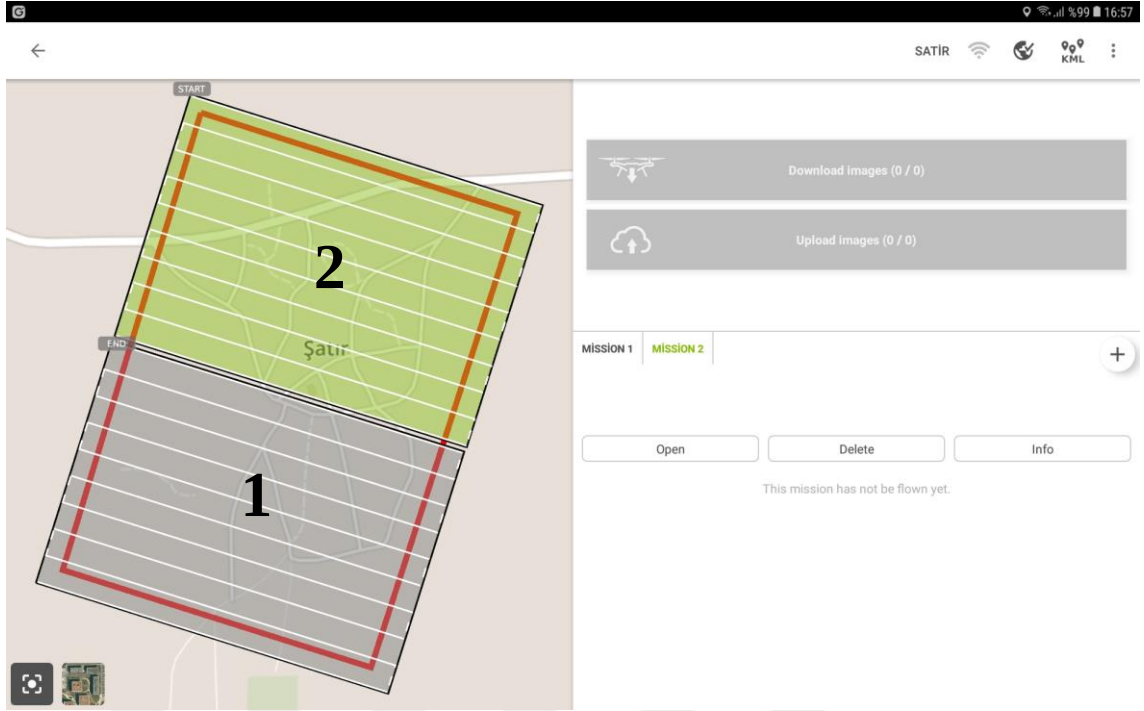
Şekil 8.6. Pusula ve IMU ayarlarının yapılması

Uçuş için önceden google earth (.kml) üzerinden çalışma alanında uçuş yapılacak alan planlaması yapılmalıdır. Bu planlama İHA'nın havada kalma süresinin sınırlı olduğu göz önüne alındığında oldukça önemlidir.

Uçuş planlamasında bir önemli nokta ise Yer Örnekleme Aralığı (GSD-Ground Sample Distance) belirlenmesidir. YÖA'nı gereken doğruluğundan daha küçük tutacak kadar alçak uçmak veya fotoğraf sayınızı makul derecede düşük tutacak kadar yüksek uçmak şeklinde tercih yapılmalıdır. Bu işlem adımı için hazırlanmış, standart kameraların birçoğunun kamera parametrelerinin yer aldığı siteler kullanımımıza sunulmuş durumdadır (URL-27). Kullandığınız kamera ve planladığınız uçuş yüksekliğini girmeniz durumunda YÖA hesaplanacaktır (Şekil 8.7).

Şekil 8.7. GSD-YÖA hesaplama (URL-27)

BÖHHBÜY 54 üncü maddesine göre yer örnekleme aralıkları üretilecek harita ve ortofoto harita ölçeğine bağlı olarak belirlenir. Uygulamamızda hem daha az fotoğraf çekimi hem de BÖHHBÜY'ne göre üretilecek haritanın gerekli doğruluk ölçütlerini sağlamak amacıyla 120 m den uçuş yapılmış olup sayısal hava fotoğrafındaki bir pikselin yeryüzü üzerindeki karşılığı yani YÖA, 2.76 cm/pix olarak değerlendirilmiştir. Yani bizim üretmiş olduğumuz ortofoto harita, sahip olduğu her bir piksel ile yeryüzünde 7.62 cm² lik bir alanı ifade etmektedir. Planlanan bu alana göre sabit yüksekli ve otonom 2 adet uçuş planı programlanarak hazırlandı. İHA uçuşa hazır hale geldikten sonra üzerinde bulunan dijital kamera sayesinde oluşturmuş olduğumuz uçuş planına göre otomatik aralıklarla bindirmeli fotoğraflandırma işlemi başlamıştır (Şekil 8.8-8.9).

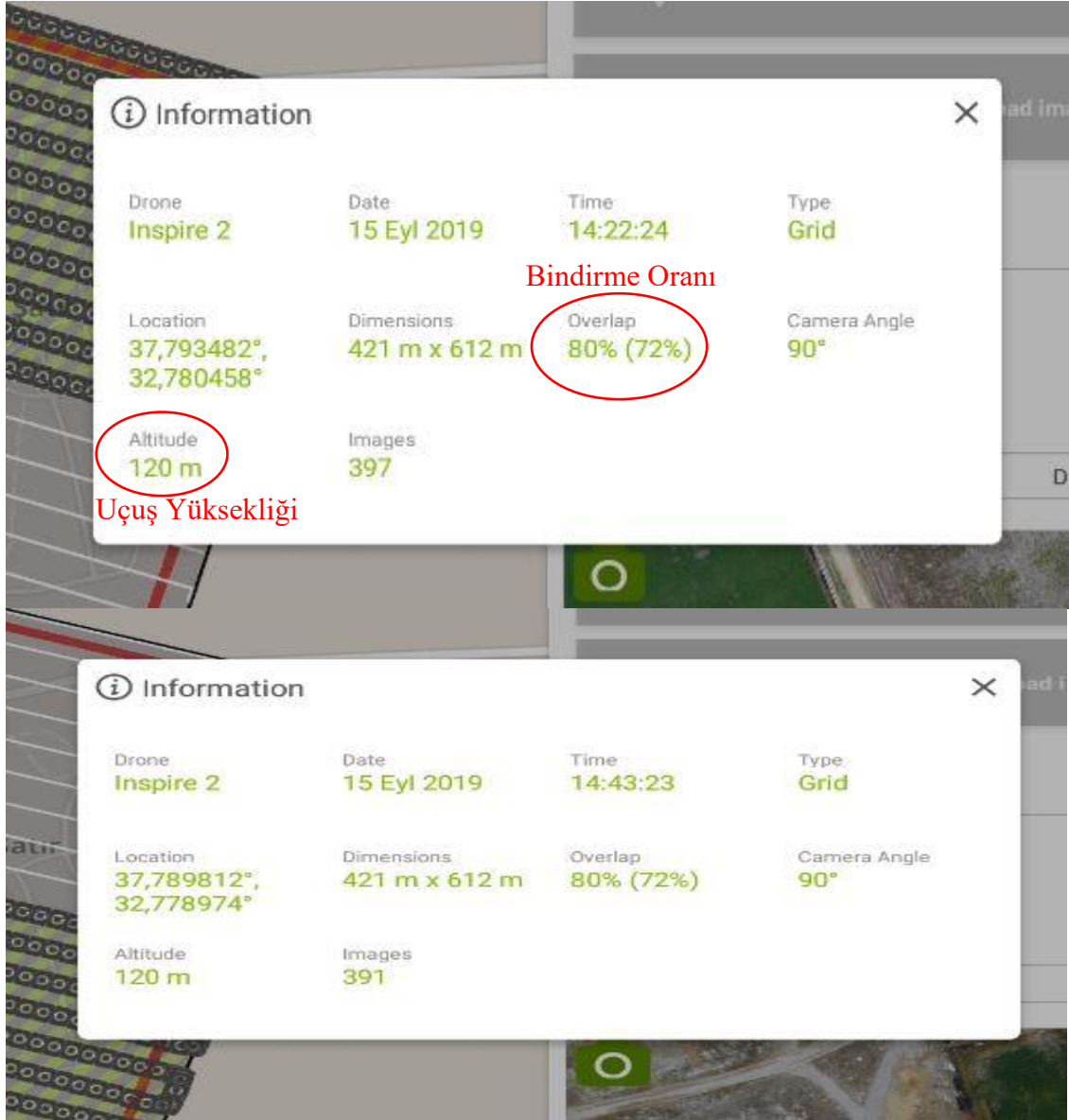


Şekil 8.8. Uçuş Grupları (1-2) ve Gruplara ait uçuş Planları



Şekil 8.9. İHA ile arazinin fotoğraflanması

Çalışma alanının otonom uçuş planına göre GPS/IMU destekli İHA ile 120 m yükseklikten %80 bindirme oranında 788 adet fotoğrafı çekilmiştir (Şekil 8.10). Uçuş planlamamızda fotoğraf çekimi sırasında aşağıdaki resimlerde yer alan saatten de anlaşılacağı üzere güneşin yükseklik açısının 30° den büyük olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 8.10. Uçuş bilgileri

Overlap : Bindirme Oranı
 Altitude : Uçuş Yüksekliği
 Dimensions : Uçuş Alanı Ölçüleri
 Camera Angle: Kamera Açısı
 Images : Uçuşta Çekilen Fotoğraf Sayısı

Fotoğraf çekimi sırasında İHA tarafından bir takım pil ile yaklaşık 20 dk. uçuş yapılabildiği için, çalışma sahası 2 uçuş grubuna bölünerek her grupta diğer grupla bağlantılı olarak uçuş planlaması yapılmıştır. Çalışma alanından İHA ile çekilen hava fotoğraflarına örnek aşağıdaki şekilde gösterilmektedir (Şekil 8.11-8.12).



Şekil 8.11. İHA ile hava fotoğraflarının çekilmesi



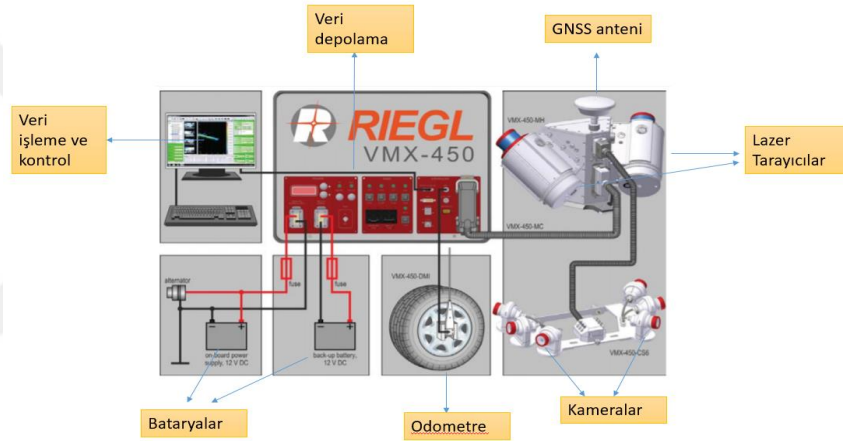
Şekil 8.12. Hava fotoğrafları örnekleri

Elde edilen fotoğraflar fotogrametrik yazılımlar yardımıyla birleştirilerek değerlendirilmesi işlemi için büro çalışmalarına geçilmiştir.

Uygulama alanımızda detay alımı kıyaslaması yapacağımız diğer bir yöntem olan Mobil Lazer Tarama arazi çalışmalarında RIEGL VMX-450 marka ve model cihaz kullanılmıştır (Şekil 8.13) . Cihazın detaylı teknik özellikleri ekler kısmında verilmekte olup temel bileşenleri şekil 8.14 de gösterilmiştir.

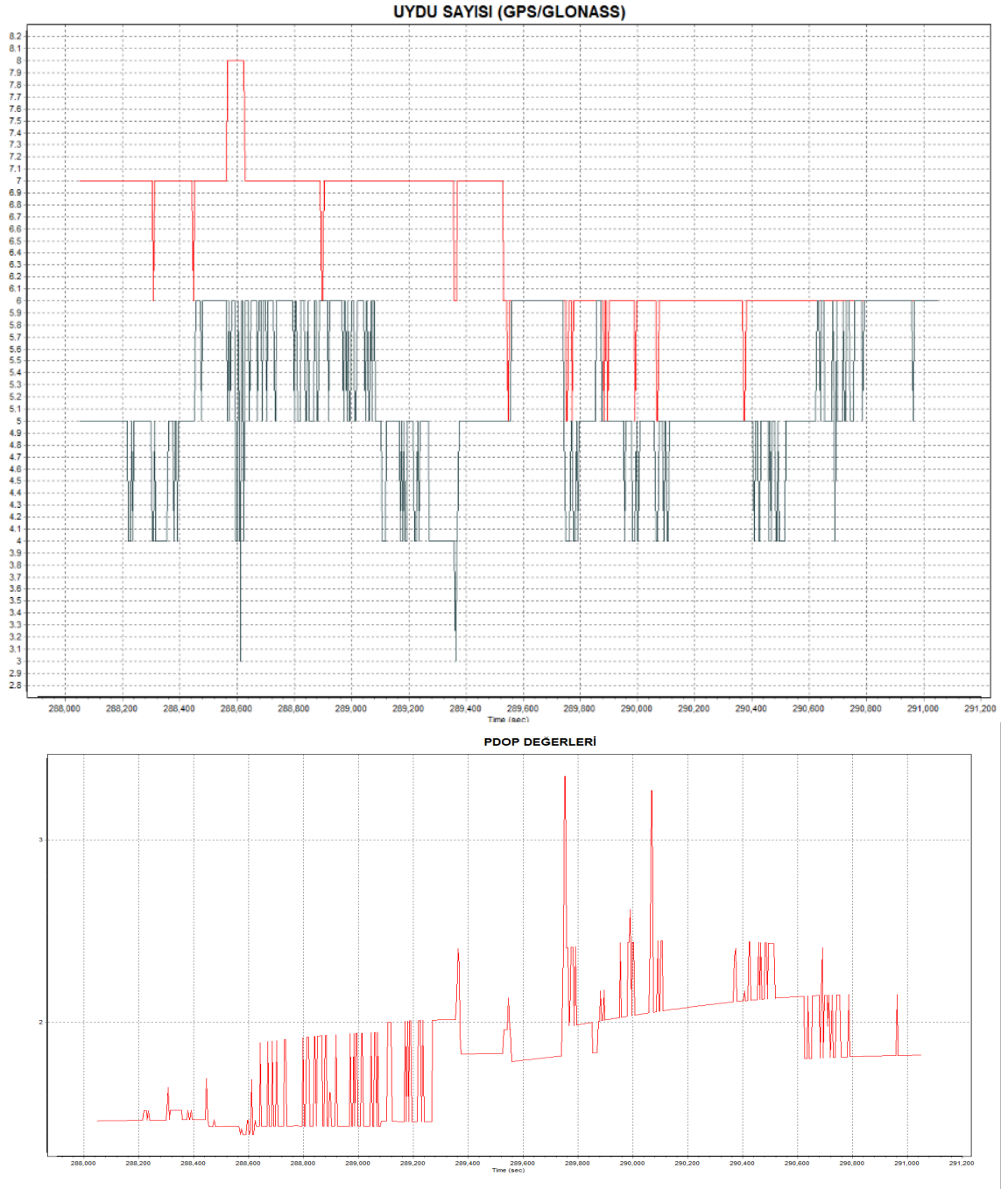


Şekil 8.13. Detay alımında kullanılan mobil lazer tarayıcı (MLT-RIEGL VMX-450)



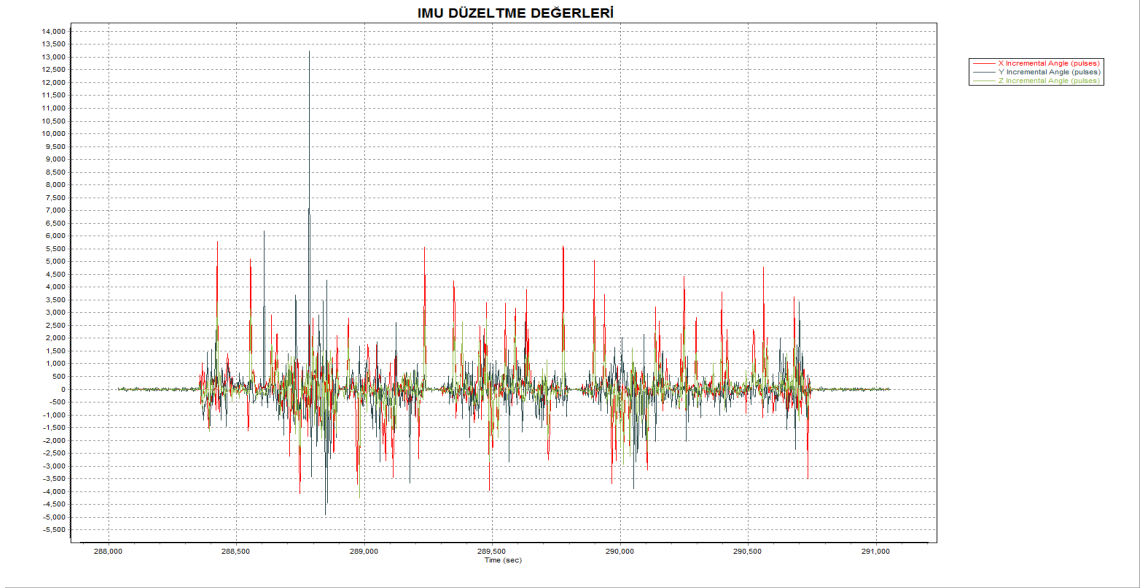
Şekil 8.14. VMX-450 temel bileşenleri (URL-28)

Mobil lazer tarama yönteminde taranan verileri çözümlemek amacıyla en az bir sabit GPS noktasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra kontrol amaçlı sabit noktaların sayısı artırılabilir. 5 km'yi geçmeyecek şekilde C3 noktaları tesis edilerek sabit olarak kullanılacak GPS alıcıları bu noktalara kurulur. Mobil lazer taramaya başlamadan önce GPS ile IMU entegrasyonu sebebiyle araç sabit bekletildi. Ardından tarama işlemi gerçekleştirildi. Tarama süresinde kaç adet GPS ve GLONASS uydu görüldüğü ve PDOP değerleri Şekil 8.15. de yer almaktadır.



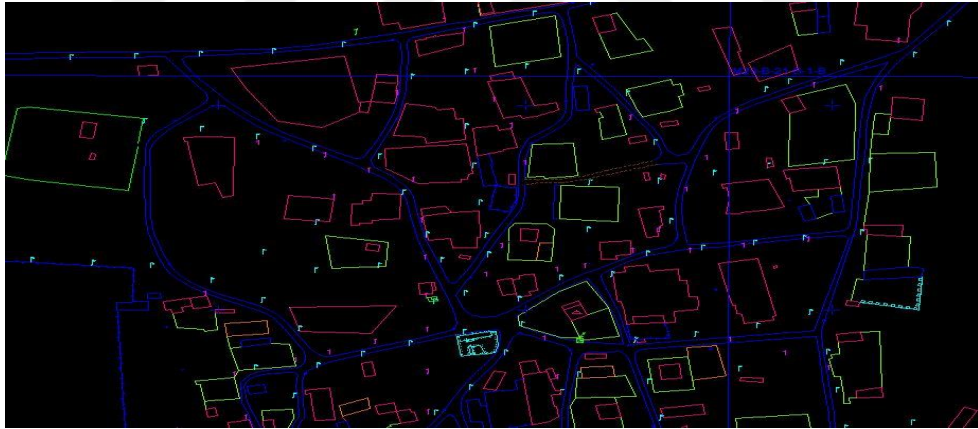
Şekil 8.15. Uydu sayısı ve P_{dop} değerleri

Tarama işlemi sırasında sahip olunan gelişmiş IMU sayesinde getirilen düzeltmeler şekilde yer almaktadır (Şekil 8.16). Tarama işlemi bittikten sonra tekrar statik bekleme işlemlerinin ardından tarama işlemi sona erdirildi.



Şekil 8.16. IMU düzeltme değerleri

Uygulama alanımıza ait klasik yersel yöntemler (totalstation) ile 2017 yılında yapılmış hâlihazır haritası (Şekil 8.17) referans veri olarak kabul edilmiş ve klasik yersel yöntem ile gelişmiş teknoloji yöntemleri olan İHA ve MLT ile alımı yapılan detayların vektörel karşılaştırılması için büro çalışmalarına geçilmiştir.

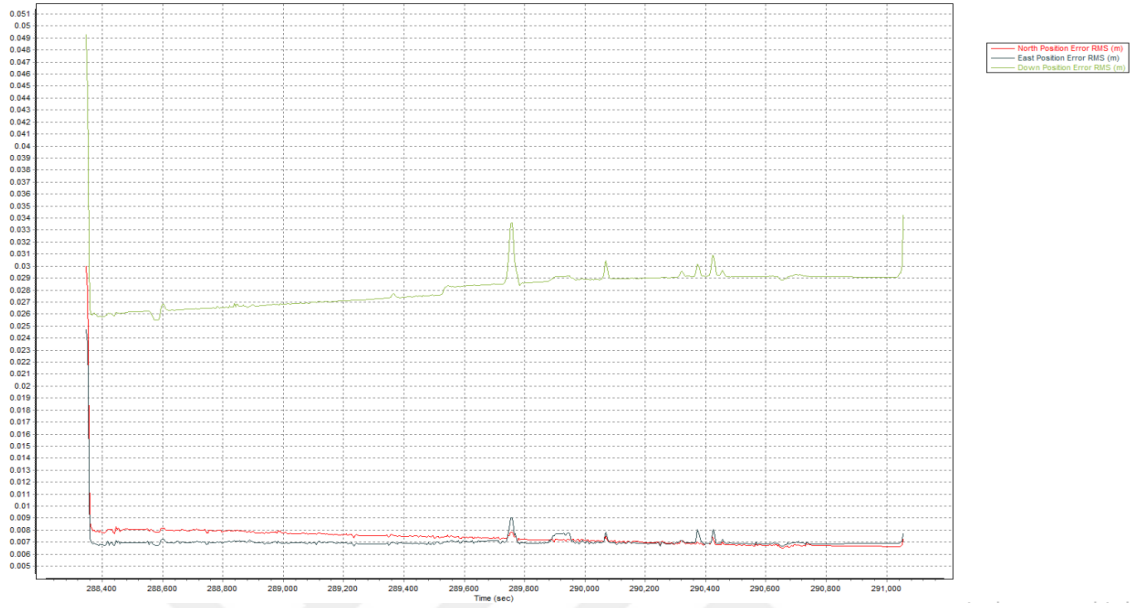


Şekil 8.17. Referans olarak kabul edilen hâlihazır harita

Büro Çalışmaları

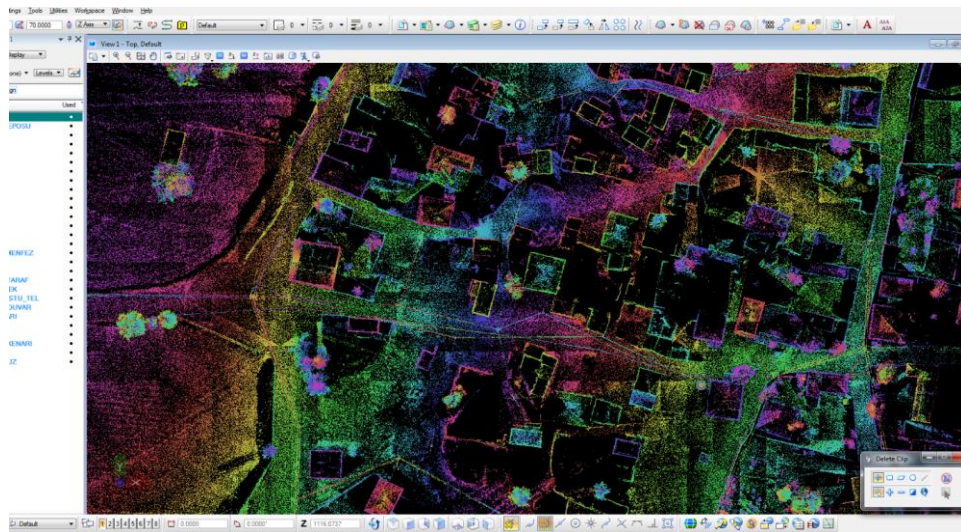
Arazi çalışmaları sonrası elde edilen verileri değerlendirmek üzere büro çalışmaları yapılmıştır. Kullanılan tüm aletlerde yer alan ham datalar, fotoğraflar vb. bilgisayar ortamına alındı. Hâlihazır haritasında yer alan detaylar özellikle elektrik, telefon direkleri, bina köşeleri gibi net detayların yüksek çözünürlüklü veriler ile elde edilen detaylarla karşılaştırması yapılmıştır.

Mobil lazer tarama yönteminde arazide sabit olarak tesis edilmiş olan C3 noktasına kurulu GPS ile MLT sisteminden gelen GPS datalarının çözülmesi amacıyla POSpac MMS yazılımı kullanılarak dengelemesi yapılmıştır.

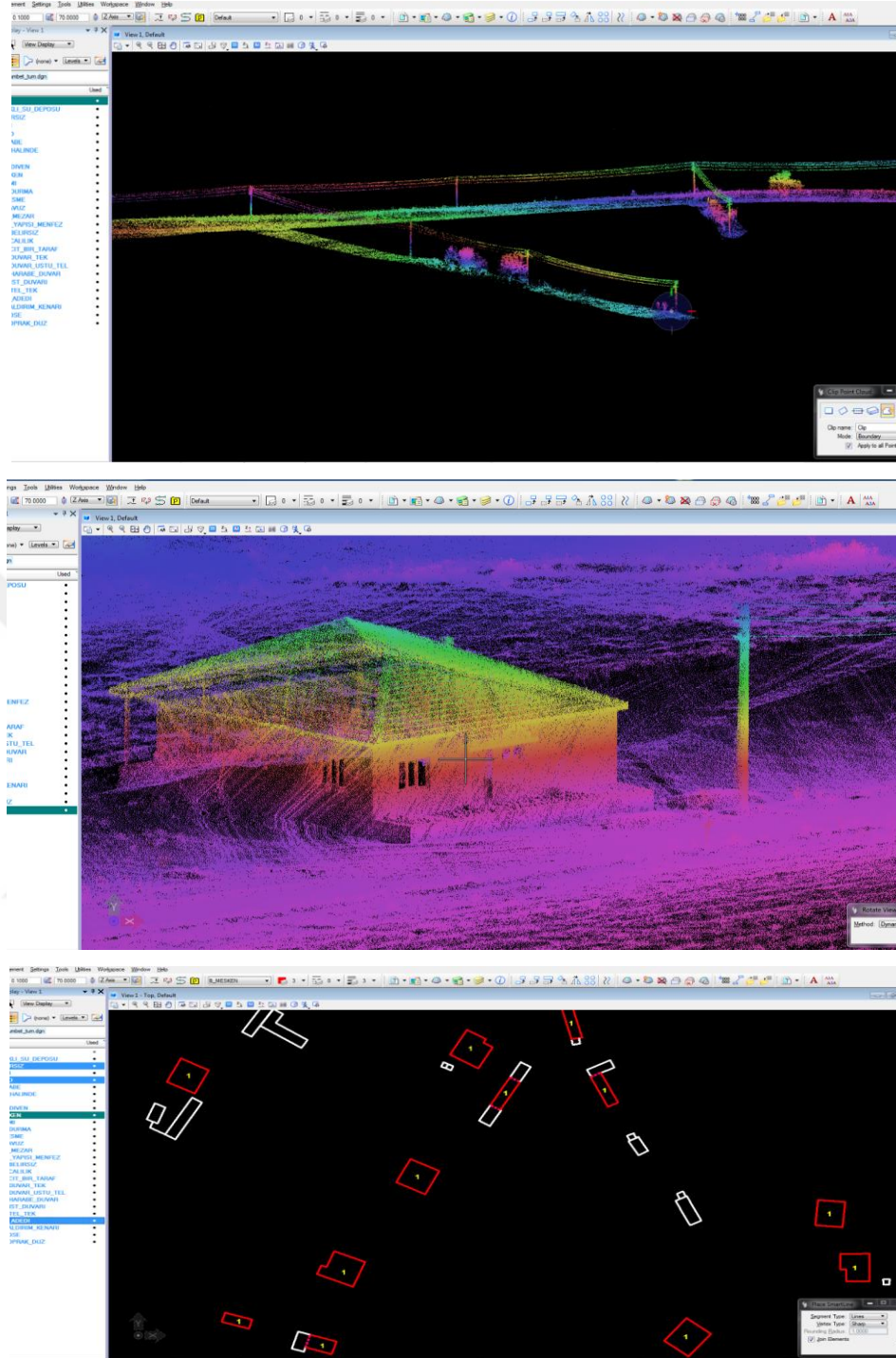


Şekil 8.18. Ölçümlerin dengeleme sonrası karesel ortalama hataları

Daha sonra Riegl'in kendi programı olan RiPROCESS yazılımı ile dengeleme sonucu oluşan gerçek sbet'in (tarama hattı) nokta bulutu ile işlenmesi yapılarak .las nokta bulutu dosyası elde edildi. Elde edilen nokta bulutu verisi milyonlarca nokta içerdiğinden vektörel hale getirmek oldukça zahmetlidir. O yüzden taraması yapılan alanı bir bütün halinde değil de bölüm bölüm ayırarak işlemek kolaylık sağlayacaktır. MicroStation V8i yazılımında detayların çizimi yapılabilmesi için .pod dosyasına dönüştürüldü. MicroStation V8i yazılımında detaylar çizilerek koordinatları elde edildi (Şekil 8.19-20).



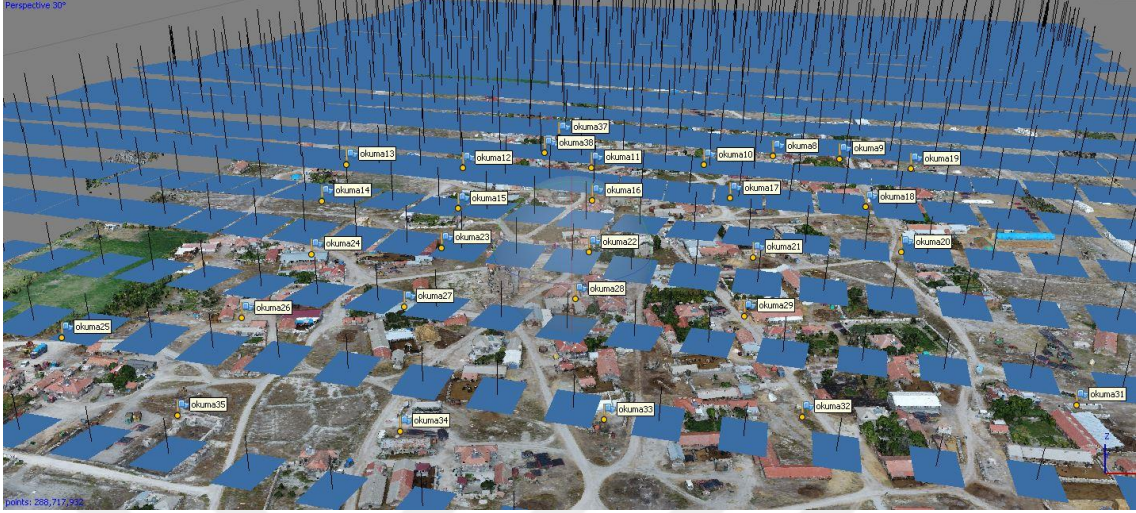
Şekil 8.19. Mobil Lazer Tarayıcı ile elde edilen yoğun nokta bulutundan detay alımı çizimi



Şekil 8.20. Mobil Lazer Tarayıcı ile elde edilen yoğun nokta bulutundan detay alımı çizimi

İnsansız hava aracı ile elde edilen 788 adet fotoğraf ve YKN, değerlendirme işlemleri için SFM algoritmasını kullanan Rus üretici tarafından geliştirilen AGISOFT PhotoScan yazılımına aktarıldı. Bu yazılım bindirmeli fotoğraf ve konum bilgilerini kullanarak jeorefereanslı nokta bulutu, doku yüzeyli model, sayısal yükseklik modeli ve ortofoto-mozaiik oluşturmaya olanak sağlar (Yakar ve ark., 2019).

İHA ile çekilen fotoğrafların hizalanma işlemi (align photos), program tarafından otomatik olarak fotoğraf çiftlerinden ortak noktaların eşlenmesi yöntemiyle gerçekleştirilir (Şekil 8.21).



Şekil 8.21. İHA ile çekilen fotoğraflar

Araziye tesis etmiş olduğumuz ve GNSS alıcısı ile ölçümlerini yaptığımız YKN koordinatlarından bazılarını modelimizi yüksek doğrulukta referanslandırmak için import ederek her fotoğrafta tek tek eşleştirme yaparak dengeleme işlemi tamamlanmıştır (Şekil 8.22).



Şekil 8.22. YKN Agisoft yazılımına işlenmesi

29 adet yer kontrol noktasının tamamı dengeleme işlemi için kullanılmamış olup 8 adet YKN denetleme amaçlı (check point) olarak kullanılmak üzere dengeleme dışında bırakılmıştır (Şekil 8.23).



Şekil 8.23. YKN ve Denetleme noktaları konumları

Kamera kalibrasyon verileri program tarafından hesaplanabilir veya dışardan alınabilir. Uygulamamızda AGISOFT PhotoScan yazılımı kendisi hesaplamıştır (EK-2).

Çizelge 8.2. Kamera Parametreleri

Sensor Size		Pixel Size (mm)
H 5280		0.00327897
V 3956		0.00327897
Camera Variable	Final Value	Final Std. Error
C	15.2714	0.0105 (mm)
XP	0.0175	0.0007 (mm)
YP	-0.2572	0.0006 (mm)
K1	2.06E-05	3.24E-07
K2	-2.33E-07	6.98E-09
K3	8.27E-10	4.41E-11
P1	-8.16E-05	2.05E-07
P2	2.91E-04	3.60E-07
B1	3.46E-03	4.20E-06
B2	-2.75E-05	2.19E-06

AGISOFT PhotoScan yazılımında yoğun nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, 3 boyutlu model ve ortofoto verisi elde edilebilmektedir (Şekil 8.24-25).

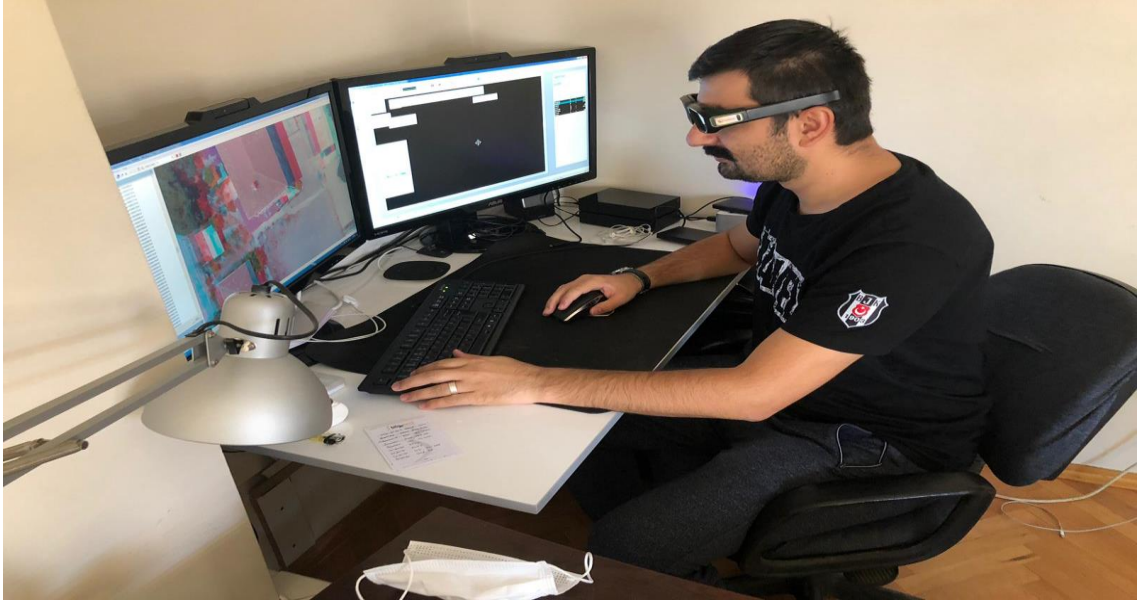


Şekil 8.24. Ortofoto Verisi



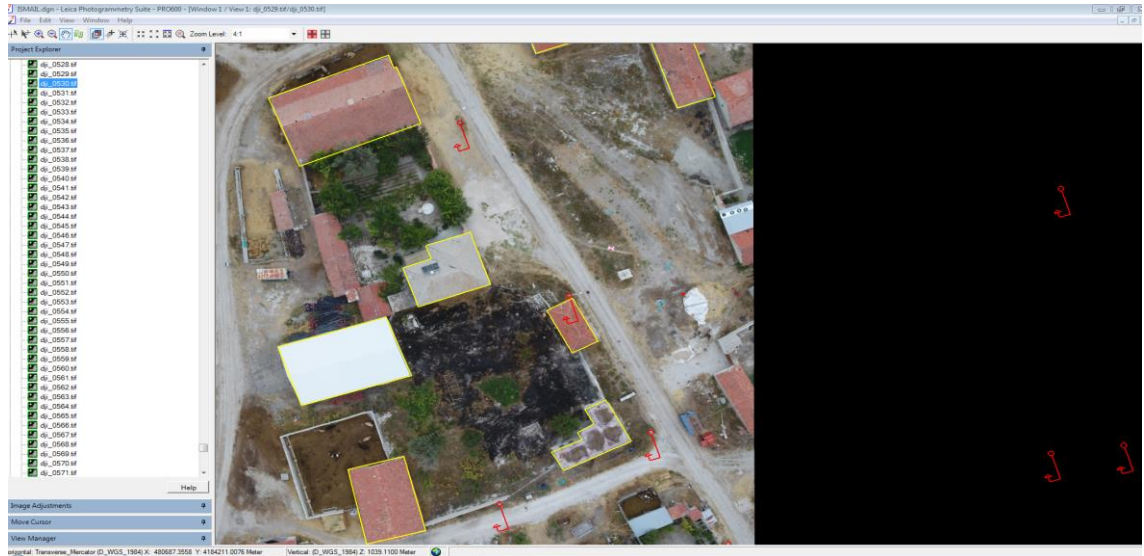
Şekil 8.25. Üç boyutlu görüntü

Uygulama alanımızda bulunan detayların vektörel çizimlerini yaparak diğer alım yöntemleri ile kıyaslama yapmak için kıymetlendirme işlemine geçildi. Kıymetlendirme işlemi, dış yöneltme parametreleri ($x_0, y_0, z_0, \omega, \varphi, \kappa$) ile mutlak yöneltmesi yapılmış stereo modellerden yapılır. Dengeleme işlemleri yapılan görüntülerden çizim blokları oluşturmak için Leica Photogrammetry Suite 9.1 yazılımı kullanılmıştır. Bloklar oluşturulduktan sonra Leica Microstation V8i modülü PR600 kullanılarak 3B çizim gözlüğü yardımı ile bloklarda görülen alanların kıymetlendirme işlemi yapılmıştır (Şekil 8.26).



Şekil 8.26. Stereo Kıymetlendirme işlemi

Stereo kıymetlendirme, binaların dış çatı sınırlarından yapılır (Şekil 8.27).



Şekil 8.27. Stereo Kıymetlendirme işlemi

Total station ve MLT ile binaların köşe noktaları koordinatları elde edildiğinden stereo değerlendirme işleminde çatı sınırlarından çizimi yapılan binalardan saçak paylarının düşülmesi gerekmektedir (Şekil 8.29).



Şekil 8.28. Çatı dış sınırlarından çizim (Yeşil hat)



Şekil 8.29. Saçak payı düşülen çizim örneği (Beyaz hat) (40 cm saçak payı)

Uygulama alanından GNSS cihazı yardımıyla TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sisteminden faydalanarak GNSS ağ-RTK VRS yöntemiyle ITRF datum ve 2005.00 referans epoğu kullanılarak gerçek zamanlı olarak ölçülen YKN ve İHA ile görüntüleri alınarak AGISOFT PhotoScan yazılımında dengelemeye dahil edilen YKN ve dengelemeye dahil edilmeyen denetleme noktaları arasındaki karesel ortalama hataları aşağıdaki eşikliklerle hesaplanmıştır (Çizelge 8.3 - 8.4).

$$V_Y = Y_O - Y_G \quad (8.1)$$

$$V_X = X_O - X_G \quad (8.2)$$

$$m_x = \pm \sqrt{\frac{[V_x V_x]}{n}} \quad (8.3)$$

$$m_y = \pm \sqrt{\frac{[V_y V_y]}{n}} \quad (8.4)$$

$$m_p = \pm \sqrt{\frac{[V_x V_x + V_y V_y]}{n}} \quad (8.5)$$

Bu eşitliklerdeki;

Y_G, X_G : Referans alınan GNSS alıcısı ile belirlenmiş nokta koordinatları

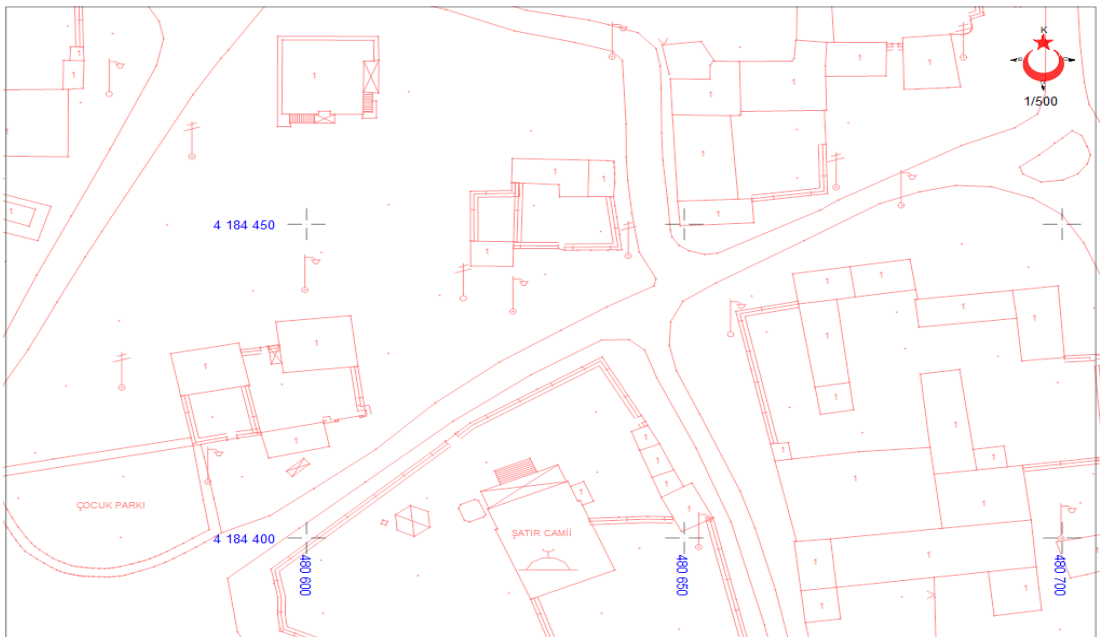
Y_O, X_O : AGISOFT PhotoScan yazılımında hesaplanan koordinatlar

m_x : X yönündeki karesel ortalama hata

m_y : Y yönündeki karesel ortalama hata

m_p : Konum ortalama hatası

n : Nokta sayısını ifade etmektedir (Yıldız ve diğ., 1993).



Şekil 8.30. Uygulama alanında vektör veri örneği

Çizelge 8.3. YKN karesel ortalama hataları

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
okuma8	-0.582711	-1.8851	1.95642	2.77862	0.078 (16)
okuma9	-1.23215	3.69178	-3.25789	5.07556	0.084 (17)
okuma11	-1.01102	-4.39443	1.45573	4.73839	0.058 (16)
okuma12	-0.7625	-0.230955	-1.17469	1.41938	0.049 (13)
okuma13	-1.90458	1.01578	0.453263	2.20561	0.023 (17)
okuma15	-0.10273	-0.968223	1.10229	1.47073	0.049 (22)
okuma18	0.397228	2.05766	-1.33122	2.48272	0.049 (17)
okuma19	1.10555	-3.44925	2.03741	4.15579	0.081 (15)
okuma20	1.6892	-2.09237	0.329827	2.70928	0.042 (16)
okuma22	3.57394	-1.35539	-1.40994	4.07407	0.058 (19)
okuma24	-2.24132	-1.08046	-0.488082	2.53558	0.050 (19)
okuma25	-1.87686	1.59585	0.333685	2.4861	0.032 (20)
okuma26	-2.56819	3.26701	0.139941	4.15795	0.040 (16)
okuma29	0.253802	-2.3159	1.5152	2.77914	0.048 (21)
okuma31	1.65771	0.0327792	-0.0576266	1.65903	0.039 (23)
okuma32	0.309822	2.68266	-0.378666	2.72692	0.065 (17)
okuma33	1.61862	3.0845	-0.156031	3.48689	0.066 (17)
okuma35	0.45758	-0.498258	-0.052571	0.678531	0.056 (16)
okuma36	1.1135	0.69088	-0.13426	1.31728	0.035 (17)
okuma37	-0.258846	1.00477	0.27515	1.07344	0.065 (16)
okuma38	0.390148	-0.803014	-1.49561	1.74181	0.097 (10)
Total	1.48716	2.17897	1.24499	2.91711	0.057

Çizelge 8.4. Denetleme noktaları (Check points) karesel ortalama hataları

Label	X error (cm)	Y error (cm)	Z error (cm)	Total (cm)	Image (pix)
okuma10	-1.39281	-2.46388	-0.0559451	2.83085	0.042 (13)
okuma16	-1.14921	4.09924	-7.82168	8.90523	0.058 (16)
okuma17	0.0861489	1.63266	-11.2042	11.3229	0.040 (17)
okuma21	0.322812	-2.53587	-2.96764	3.91685	0.054 (11)
okuma23	-2.95745	0.761559	-4.28159	5.25913	0.067 (21)
okuma27	-0.564368	1.81009	-2.13458	2.85506	0.050 (17)
okuma28	3.26842	9.33223	3.03007	10.3419	0.049 (21)
okuma34	1.75474	4.18167	7.38763	8.66848	0.045 (20)
Total	1.80966	4.18933	5.93896	7.48977	0.052

BÖHHBÜY’ne göre dengeleme sonucunda, denetleme noktalarının karesel ortalama hataları üretilecek harita veya ortofoto ölçeği için gerekli yer örnekleme aralığı (1/1000 ölçekli harita için YÖA=10 cm den fazla olamaz) cinsinden; X ve Y koordinatlarında $\pm 0.75 \times YÖA$ (dahil)’dan ve Z koordinatında $\pm 1 \times YÖA$ (dahil)’dan küçük olmalıdır hükmü uyarınca KOH, X ve Y koordinatlarında 7.5 cm, Z koordinatında 10 cm den az olmalıdır.

Çalışmamızda klasik yersel (totalstation), lazer tarama (MLT) ve fotogrametrik (İHA) yöntemler ile alımı yapılan ortak detay noktaları kıyaslamamızda karesel ortalama hatalar çizelge 8.5, 8.6, 8.7 de gösterilmektedir.

Çizelge 8.5. Üç yöntemde detay alımı yapılan bina köşeleri koordinat farkları ve KOH

Nokta No	Farklar (Y-F)		Farklar (Y-M)		Farklar (M-F)	
	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)
B.K.1	-0.09	-0.01	0.02	-0.04	0.11	-0.03
B.K.2	-0.03	-0.01	0.12	-0.08	0.15	-0.07
B.K.3	-0.12	0.05	-0.05	-0.01	0.07	-0.06
B.K.4	0.02	0.11	-0.03	0.05	-0.05	-0.06
B.K.5	-0.06	0.06	0.01	0.02	0.07	-0.04
B.K.6	-0.01	0.12	0.01	-0.05	0.02	-0.17
B.K.7	0.14	-0.1	0.03	-0.05	-0.11	0.05
B.K.8	-0.05	0.08	-0.03	-0.08	0.02	-0.16
B.K.9	0.05	-0.05	0.09	0.02	0.04	0.07
B.K.10	0.03	0.04	-0.05	-0.03	-0.08	-0.07
B.K.11	-0.05	0.06	-0.03	0.12	0.02	0.06
B.K.12	-0.08	0.09	-0.07	0.13	0.01	0.04
B.K.13	-0.09	0.01	-0.04	-0.08	0.05	-0.09
B.K.14	-0.02	0.06	0.01	-0.04	0.03	-0.1
B.K.15	-0.08	-0.07	-0.04	-0.11	0.04	-0.04
B.K.16	0.05	0.04	-0.04	0.06	-0.09	0.02
B.K.17	0.01	0.01	-0.01	0.02	-0.02	0.01
B.K.18	-0.02	0	-0.06	0.03	-0.04	0.03
B.K.19	-0.11	0.02	-0.03	-0.06	0.08	-0.08
B.K.20	0.01	0	0.01	-0.02	0	-0.02
B.K.21	-0.13	-0.14	-0.03	-0.04	0.1	0.1
B.K.22	-0.07	-0.02	-0.04	-0.1	0.03	-0.08
B.K.23	0	-0.03	-0.09	-0.13	-0.09	-0.1
B.K.24	-0.1	0.02	-0.1	-0.15	0	-0.17
B.K.25	-0.1	0.1	-0.07	-0.05	0.03	-0.15
B.K.26	-0.11	-0.06	-0.03	-0.16	0.08	-0.1
B.K.27	0.02	0.08	-0.03	0	-0.05	-0.08
B.K.28	-0.02	-0.12	-0.04	-0.1	-0.02	0.02
B.K.29	-0.06	-0.04	-0.17	0.01	-0.11	0.05
B.K.30	-0.05	-0.07	-0.11	-0.11	-0.06	-0.04
B.K.31	0.01	0.06	-0.06	-0.11	-0.07	-0.17
B.K.32	-0.06	0.06	-0.03	-0.1	0.03	-0.16
B.K.33	0.05	0.07	0.02	0.06	-0.03	-0.01
B.K.34	0.01	0.04	0.02	0.03	0.01	-0.01
B.K.35	-0.05	0	-0.12	0.08	-0.07	0.08
B.K.36	-0.1	-0.14	-0.01	-0.14	0.09	0
B.K.37	-0.04	-0.02	-0.09	-0.06	-0.05	-0.04
B.K.38	0.02	0.06	0.02	-0.03	0	-0.09
B.K.39	0.05	-0.03	-0.03	-0.06	-0.08	-0.03
B.K.40	-0.12	-0.05	-0.07	-0.15	0.05	-0.1
B.K.41	-0.05	0	0.01	-0.15	0.06	-0.15
B.K.42	-0.02	0.05	0.01	-0.03	0.03	-0.08
B.K.43	-0.13	-0.02	-0.06	-0.11	0.07	-0.09
B.K.44	-0.13	0.09	-0.02	-0.02	0.11	-0.11
B.K.45	-0.04	0.02	0.06	-0.06	0.1	-0.08
B.K.46	-0.11	0.1	-0.05	-0.03	0.06	-0.13
B.K.47	-0.07	0.07	0	-0.03	0.07	-0.1
B.K.48	-0.14	-0.04	-0.01	-0.12	0.13	-0.08
B.K.49	-0.12	0.08	0.01	-0.05	0.13	-0.13
B.K.50	0.02	-0.02	0.14	-0.08	0.12	-0.06
B.K.51	-0.14	0.13	-0.07	0.03	0.07	-0.1
B.K.52	0.05	0.07	0.05	-0.03	0	-0.1
B.K.53	-0.08	0.13	0.06	0.11	0.14	-0.02
B.K.54	-0.09	-0.01	-0.1	-0.16	-0.01	-0.15
B.K.55	-0.09	0.13	-0.04	0	0.05	-0.13
B.K.56	-0.11	-0.06	-0.11	-0.08	0	-0.02
B.K.57	0.08	-0.07	-0.03	0	-0.11	0.07
B.K.58	0.04	0.09	-0.07	0.03	-0.11	-0.06
B.K.59	0	-0.03	0.02	-0.04	0.02	-0.01
Karesel Ort. Hata (cm)	7.65	6.97	6.12	8.04	7.20	8.95
Konum Ort. Hata(cm)	10.35		10.11		11.49	
Min.(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maks.(cm)	14.00	14.00	17.00	16.00	15.00	17.00

Y:Klasik Yersel
Yöntem

M:Mobil Lazer
Tarama Yöntem

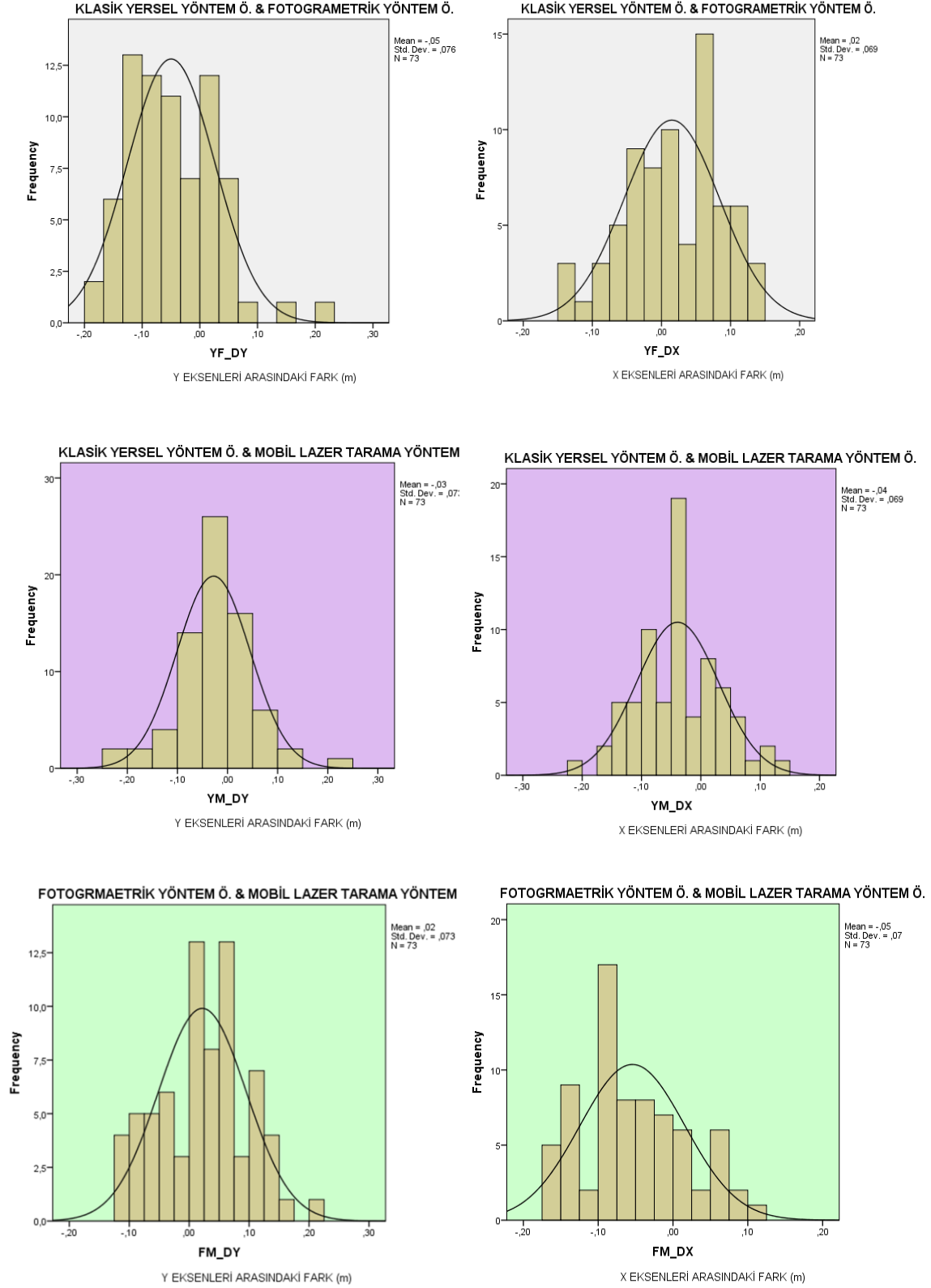
F:Fotogrametri
yöntemi

Çizelge 8.6. Üç yöntemde detay alımı yapılan duvar köşeleri koordinat farkları ve KOH

Nokta No	Farklar (Y-F)		Farklar (Y-M)		Farklar (M-F)	
	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)
DVR.K.1	-0.03	-0.06	-0.08	-0.05	-0.05	0.01
DVR.K.2	-0.18	-0.09	-0.25	-0.08	-0.07	0.01
DVR.K.3	-0.13	0.05	-0.17	0.06	-0.04	0.01
DVR.K.4	-0.02	-0.03	0.05	0.03	0.07	0.06
DVR.K.5	-0.07	-0.03	-0.07	-0.05	0	-0.02
DVR.K.6	-0.04	-0.03	-0.02	0	0.02	0.03
DVR.K.7	-0.14	0.02	-0.21	-0.04	-0.07	-0.06
DVR.K.8	-0.12	-0.01	-0.05	-0.04	0.07	-0.03
DVR.K.9	-0.13	0.05	-0.06	-0.08	0.07	-0.13
DVR.K.10	0.04	-0.03	0.08	-0.06	0.04	-0.03
DVR.K.11	0.02	0.02	0.03	-0.04	0.01	-0.06
DVR.K.12	0.03	-0.19	0.02	-0.21	-0.01	-0.02
DVR.K.13	-0.14	0.06	-0.03	0.04	0.11	-0.02
DVR.K.14	0.2	0.04	0.22	-0.05	0.02	-0.09
Karesel Ort. Hata (cm)	11.04	6.68	12.33	7.51	5.56	5.35
Konum Ort. Hata(cm)	12.90		14.43		7.71	
Min.(cm)	2.00	1.00	2.00	0.00	0.00	1.00
Maks.(cm)	20.00	19.00	25.00	21.00	11.00	13.00

Çizelge 8.7. Üç yöntemde detay alımı yapılan direk koordinat farkları ve KOH

Nokta No	Farklar (Y-F)		Farklar (Y-M)		Farklar (M-F)	
	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)	dY(m)	dX(m)
DRK.1	-0.07	-0.11	0.26	-0.29	0.33	-0.18
DRK.2	-0.21	0	-0.04	0.09	0.17	0.09
DRK.3	0.01	0.23	0.18	0.07	0.17	-0.16
DRK.4	-0.22	-0.13	-0.06	-0.17	0.16	-0.04
DRK.5	-0.17	0.2	-0.02	0.17	0.15	-0.03
DRK.6	-0.3	-0.15	-0.16	-0.19	0.14	-0.04
DRK.7	-0.31	0.17	-0.19	0.12	0.12	-0.05
DRK.8	-0.22	0.27	-0.11	0.11	0.11	-0.16
DRK.9	-0.27	0.2	-0.17	0.2	0.1	0
DRK.10	-0.35	-0.09	-0.26	-0.25	0.09	-0.16
DRK.11	-0.04	-0.27	0.04	-0.34	0.08	-0.07
DRK.12	0	0.07	0.07	-0.01	0.07	-0.08
DRK.13	0.14	0.09	0.2	0.14	0.06	0.05
DRK.14	-0.22	-0.05	-0.16	0	0.06	0.05
DRK.15	0.11	0.11	0.17	-0.06	0.06	-0.17
DRK.16	0.24	0	0.3	-0.1	0.06	-0.1
DRK.17	-0.34	-0.05	-0.29	-0.12	0.05	-0.07
DRK.18	-0.21	-0.25	-0.16	-0.3	0.05	-0.05
DRK.19	-0.39	-0.03	-0.36	0.18	0.03	0.21
DRK.20	0	0.19	0.03	0.17	0.03	-0.02
DRK.21	-0.07	-0.05	-0.05	-0.15	0.02	-0.1
DRK.22	-0.1	-0.23	-0.08	-0.15	0.02	0.08
DRK.23	0.02	0.27	0.03	0.07	0.01	-0.2
DRK.24	-0.17	-0.14	-0.18	-0.26	-0.01	-0.12
DRK.25	0.12	-0.1	0.1	-0.22	-0.02	-0.12
DRK.26	-0.24	-0.06	-0.34	-0.19	-0.1	-0.13
DRK.27	0.07	-0.27	-0.09	-0.34	-0.16	-0.07
DRK.28	-0.03	0.16	-0.22	0.26	-0.19	0.1
Karesel Ort. Hata (cm)	20.08	16.44	18.24	19.08	11.72	11.14
Konum Ort. Hata(cm)	25.95		26.40		16.18	
Min.(cm)	0.00	0.00	2.00	0.00	1.00	0.00
Maks.(cm)	39.00	27.00	36.00	34.00	33.00	21.00



Şekil 8.31. Mobil Tarama – Yersel – Fotogrametrik Ölçüm yöntemleri arası Y ve X yönündeki farklar

Tüm meslek disiplinleri yapacakları projelerde, uygulamalarda düşük maliyet, yüksek doğruluk aynı zamanda en kısa sürede bitirilebilmeyi gözetmekte ve bu bağlamda alacağı projenin/işin maliyet hesaplamasını yapmaktadır. Mesleğimizde de teknolojik gelişmelerden pozitif yönde etkilenilerek harita alım yöntemleri geliştirilmekte ve maliyetler düşürülmeye çalışılmaktadır. Uygulamamızda kullandığımız Mobil lazer tarama yöntemine dair birim fiyat analizleri için baz alınan maliyetlerde harita alımı ile ilgili poz bulunmaması sebebiyle uygulamada kullanılan üç yöntemin yazılım, donanım ve zamansal açıdan kıyaslaması yapılmıştır (Çizelge 8.8). Bu tablo Gelir İdaresi Başkanlığının güncel amortisman oranları ve İLBANK A.Ş. güncel birim fiyatları baz alınarak hazırlanmıştır.

Çizelge 8.8. Maliyet analizi

Arazide Kullanılan Yazılım, Donanım ve Diğer	KDV Hariç Fiyat	Faydalı Ömrü (Yıl)	Amortisman Tutarı (Yıl)	Ölçüm Yöntemi		
				Klasik	Mobil Lazer Tarama	Fotogrametrik İHA
GNS Aleti Epoch 50	41,000.00 ₺	5	8,200.00 ₺		8,200.00 ₺	8,200.00 ₺
Total Station Topcon GPT 3007 (Alet Sehpası ve Reflektör Dahil)	32,000.00 ₺	5	6,400.00 ₺	6,400.00 ₺		
İHA DJI Inspire 2	42,000.00 ₺	10	4,200.00 ₺			4,200.00 ₺
Kamera Zennuse X5s	17,000.00 ₺	5	3,400.00 ₺			3,400.00 ₺
Mobil Lazer Tarayıcı (RIEGL VMX-450)	7,000,000.00 ₺	10	700,000.00 ₺		700,000.00 ₺	
Laptop (Casper Nirvana C350.6287-8U00T)	5,500.00 ₺	4	1,375.00 ₺		1,375.00 ₺	
Araç (VW Amarok)	410,000.00 ₺	5	82,000.00 ₺	82,000.00 ₺	82,000.00 ₺	82,000.00 ₺
<i>Arazide Kullanılan Yazılım, Donanım ve Diğer Toplamı (Yıl)</i>				88,400.00 ₺	791,575.00 ₺	97,800.00 ₺
Büroda Kullanılan Yazılım, Donanım ve Diğer	KDV Hariç Fiyat	Faydalı Ömrü (Yıl)	Amortisman Tutarı (Yıl)	Ölçüm Yöntemi		
				Klasik	Mobil Lazer Tarama	Fotogrametrik İHA
Bilgisayar DEX395W Intel CORE i3 9100 3.6 Ghz 4GB 240GB SSD Intel UHD630 Win10	2,900.00 ₺	4	725.00 ₺	725.00 ₺		
İş İstasyonu WS Intel Xeon E-2276G 4.0GHz 4C Z Turbo Drive 256GB 2280 TLC SSD + 1TB 7200RPM SATA 3.5in WKS	23,000.00 ₺	4	5,750.00 ₺		5,750.00 ₺	5,750.00 ₺
Plotter (HP Designjet T920)	29,000.00 ₺	6	4,833.33 ₺	4,833.33 ₺	4,833.33 ₺	4,833.33 ₺
Agisoft PhotoScan	24,000.00 ₺	3	8,000.00 ₺			8,000.00 ₺
Erdas Imagine (LPS)	8,500.00 ₺	3	2,833.33 ₺			2,833.33 ₺
Netcad 7.6	20,000.00 ₺	3	6,666.67 ₺	6,666.67 ₺	6,666.67 ₺	6,666.67 ₺
Microstation	54,000.00 ₺	3	18,000.00 ₺		18,000.00 ₺	18,000.00 ₺
3B gözlük	1,800.00 ₺	4	450.00 ₺			450.00 ₺
3B çizici fare	3,600.00 ₺	4	900.00 ₺			900.00 ₺
3B ekran	2,100.00 ₺	4	525.00 ₺			525.00 ₺
<i>Büroda Kullanılan Yazılım, Donanım ve Diğer Toplamı (Yıl)</i>				12,225.00 ₺	35,250.00 ₺	47,958.33 ₺
DİĞER		KDV Dahil Fiyat				
Sivil Havacılık GM İHA Pilot Lisansı		300.00 ₺				
Tusaga - Aktif Aboneliği (İlk Abonelik + Aylık)		250.00 ₺				
Arazi Toplam Maliyet (Saat-KDV Dahil)				36.22 ₺	324.33 ₺	42.36 ₺
Büro Toplam Maliyet (Saat-KDV Dahil)				5.01 ₺	14.44 ₺	19.65 ₺
Çalışan Kişi Sayısı				3	2	2
Arazide Çalışılan Süre (Saat)				52	4	5
Büroda Çalışılan Süre (Saat)				18	24	55
Büro-Arazi Toplam Yazılım, Donanım ve Diğer Maliyet (KDV Dahil)				1,973.57 ₺	1,643.93 ₺	1,292.54 ₺

9. TARTIŞMA, SONUÇ VE ÖNERİLER

Mühendislikte ve farklı meslek disiplinleri çalışmalarında pek çok zaman konuma dayalı bir altlığa ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaç her geçen gün haritalama tekniğinde gelişmeleri de beraberinde getirmektedir. Gelişmelerle birlikte haritalama süreçleri, yöntemleri, doğrulukları ve süreleri gibi birçok etmen karşımıza çıkmaktadır. Son yıllarda mesleğimizde klasik ölçümlerin yanı sıra gelişmiş teknoloji ürünleri olan İHA ve Mobil Lazer Tarama ile yüksek çözünürlüklü veriler elde ederek vektör veriler elde edilmektedir. Çalışmamızda uygulama alanı olarak seçilen Şatır Mahallesinde detayları klasik yersel ölçüm yöntemleri ile alınmış vektör veriler ile İHA ve Mobil Lazer Tarama ile alımı yapılan verilerin karşılaştırılması yapılmıştır.

Çalışmamızda 29 adet yer kontrol noktası tesis edilmiş ve tamamı fotogrametrik dengeleme işlemi için kullanılmamış olup 8 adet YKN denetleme amaçlı (check point) olarak kullanılmak üzere dengeleme dışında bırakılmıştır. BÖHHBÜY'ne göre fotogrametrik denetleme noktalarının karesel ortalama hataları 1/1000 ölçekli harita için X ve Y koordinatlarında 7.5 cm, Z koordinatında 10 cm den az olmalıdır. Buna göre uygulamamızda denetleme noktaları olarak kullandığımız yer kontrol noktaları KOH $m_x = \pm 1.81$ cm ve $m_y = \pm 4.19$ cm olduğundan BÖHHBÜY teorik değerlerine uygun olduğu görülmüştür.

Klasik yersel ölçümler, fotogrametrik ve mobil lazer tarama yöntemiyle elde edilen detayların KOH;

Bina köşe koordinatlarında

Klasik yersel ölçüm ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 7.65$ cm ve $m_x = \pm 6.97$ cm,

Klasik yersel ölçüm ve mobil lazer tarama yöntemi arasındaki farklara göre $m_y = \pm 6.12$ cm ve $m_x = \pm 8.04$ cm,

Mobil lazer tarama ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 7.20$ cm ve $m_x = \pm 8.95$ cm,

Duvar köşe koordinatlarında

Klasik yersel ölçüm ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 11.04$ cm ve $m_x = \pm 6.68$ cm,

Klasik yersel ölçüm ve mobil lazer tarama yöntemi arasındaki farklara göre $m_y = \pm 12.33$ cm ve $m_x = \pm 7.51$ cm,

Mobil lazer tarama ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 5.56$ cm ve $m_x = \pm 5.35$ cm,

Direk koordinatlarında

Klasik yersel ölçüm ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 20.08$ cm ve $m_x = \pm 16.44$ cm,

Klasik yersel ölçüm ve mobil lazer tarama yöntemi arasındaki farklara göre $m_y = \pm 18.24$ cm ve $m_x = \pm 19.08$ cm,

Mobil lazer tarama ve fotogrametrik yöntem arasındaki farklara göre $m_y = \pm 11.72$ cm ve $m_x = \pm 11.14$ cm,

olarak hesaplanmıştır.

BÖHHBÜY'ne göre, üretilen haritanın vektör verisinden alınan noktaların koordinatları ile karşılığı detay noktalarının GNSS veya yersel yöntemlerle ölçülen koordinatlarının farklarının KOH'ları aşağıdaki bağıntı ile hesaplanan sınırdaki olmalıdır. S: üretilen harita ölçeği paydası.

$$KOH_{x,y} (cm) \leq \pm(-1.665 \times 10^{-6} \times S^2 + 0.01745 \times S - 1.166) \quad (9.1)$$

Klasik yersel ölçümler, mobil lazer tarama ve fotogrametrik (İHA) ölçüm yöntemleri arasındaki KOH bakıldığında;

Bina köşeleri koordinatlarında MLT ile klasik yersel ölçüm yöntemi koordinatları,

Duvar köşeleri koordinatlarında fotogrametrik yöntem ile klasik yersel ölçüm yöntemi koordinatları arasındaki farkın daha az olduğu görülmektedir.

Her iki yönteminde hem bina köşelerinde hem de duvarlarda BÖHHBÜY'ne göre kullanılabilir olduğu görülmektedir.

Direklerde ise hata miktarlarının yüksek çıkmasının nedeni yersel teknikler ile detay alımı yapılırken direğin yola bakan kısmından nokta alımı yapılmış, fotogrametri ve mobil lazer tarama yönteminde ise direğin orta noktasından koordinatlandırma yapılmış olmasıdır. Elektrik ve telefon direklerinin çapı ölçülüp, yarıçap miktarı kadar uygun yönde kaydırma yapılarak ortaya çıkan farklar yok edilebilir.

Mobil lazer tarama ve fotogrametrik yöntem arasında en az hata miktarı duvar köşe koordinatlarında görülmektedir. Bunun nedeni duvarlarda binalar gibi saçak payları olmamasından kaynaklıdır.

Betonarme yapılarda köşe noktalarının düzgün olması sebebiyle üç ölçme yöntemi arasında büyük bir fark oluşmaz iken kerpiç vb. yapılarda bina köşelerinin düzgün olmaması, fotogrametri ve lazer tarama yönteminde bu unsurların tam olarak belirlenememesi gibi faktörler bina köşe koordinat farklılıklarını doğurmaktadır.

Her üç yöntemin de birbirine göre üstün ve zayıf yanları bulunmaktadır. Yersel yöntemlerde arazi ve büroda kullanılan ölçüm ve değerlendirme aletleri/yazılımları fotogrametrik ve mobil lazer tarama yöntemine göre daha uygun maliyetlidir. Ancak gelişen teknolojik yöntemlerdeki ölçüm ve değerlendirme aletleri/yazılımları başlangıçta alım/kurulum maliyeti pahalı gibi görünse de başlangıçtaki bu dezavantajlı durumu özellikle geniş alanların haritalanmasında avantajlı bir hale getirmektedir. Nitekim uygulamamızda da kullanılan yazılım ve donanımların saatlik maliyetleri MLT ve İHA da klasik yersel ölçüme göre daha fazla iken arazi çalışma süreleri bir güne hatta saatlere düşmüş olmasından dolayı iş, kullanılan ölçüm ve değerlendirme aletleri/yazılımları yıpranması yönünden klasik ölçümlere göre MLT ile yaklaşık %20, İHA ile yaklaşık %53 daha az maliyetle bitirilmiştir. Klasik yersel yöntemlerde arazi işlemleri için zamana ve personel ihtiyacına gereksinim daha fazladır. Fotogrametrik ve mobil lazer tarama yönteminde ise veri yoğunluğu nedeniyle teknolojik donanımlar (bilgisayarların işlemci, ekran kartı, RAM) üst seviyede olması gerekmektedir. Fotogrametrik ve mobil lazer tarama yöntemi ile elde edilen yoğun veriler, çalışma alanına ait yersel ölçmeler sonucu elde edilen çizgisel haritalardan daha fazla bilgiyi bünyelerinde barındırmaktadırlar. Klasik yersel tekniklerle her türlü hava koşullarında ölçüm yapılırken, fotogrametrik ve mobil lazer tarama yöntemlerinde yağmurlu ve karlı havalarda nokta bulutunda gürültüye sebep olması ve elektronik cihazları bozması nedeniyle ölçüm yapılamamaktadır. Gelişen teknolojiyle birlikte haritacılık sektöründe de yenilikler fazlasıyla yer almakta olup bu yenilikler sayesinde saha da yapılan, daha az detay ve veri alınmasına rağmen uzun zaman alıcı işlemler artık masa başında yapılmaya başlanmıştır. Mobil lazer tarama ve fotogrametrik ölçüm yöntemlerinde teknolojinin avantajlarından en iyi şekilde yararlanılmaktadır. Hızla ilerleyen teknolojik gelişmeler sayesinde gelecekte çok hassas ölçüm gerektirmeyen işler dışında yersel ölçmeler gerek mobil lazer tarama yöntemi ile gerekse İHA ile elde edilen haritaların bütünlenmesi çalışmalarında kullanılmaya başlanacağı öngörülebilir.

Çalışma bölgesine, süresine, teknik eleman sayısına, iklim vb. şartlar göz önünde bulundurularak hangi yöntemin seçileceğine karar verilebilir. Ancak Mobil haritalama sisteminde aracın gideceği yolların olması durumunda, İHA yöntemlerinde ise açık alanlarda daha iyi sonuçlar vereceğinden, ağaçlık bölgelerde ve yolu olmayan alanlarda verimli sonuç alabilmek için bu tür bölgelerde detay ölçmelerinde diğer klasik (jeodezik) yöntemlerle bütünlenmesinde/desteklenmesinde yarar vardır.

KAYNAKLAR

- Akkartal, A. F., 2007, Denizlerdeki yağ tabakasının izlenmesinde radar uydu görüntülerinin kullanımı, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Alkan, R. M., Veli, İ. Ve Ozulu, İ. M., 2014, PPP Yönteminde GPS ve GLONASS Uydularının Kullanımının Nokta Konum Doğruluğuna Etkisinin Araştırılması, *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6 (2), 27-34.
- Anonim, 2010. Unmanned aircraft systems: Terminology, definitions and classification, Joint doctirin note3/10, United Kingdom Ministry of Defence, May 2010, 21pp, United Kingdom.
- Arslan, N., 1997, GPS ve Atmosferik Modeller, Yıldız Teknik Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi, İstanbul
- Arslanbek, L., (2009). *Farklı Kaynaklardan Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Ortofoto Doğruluğuna Etkilerinin Araştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyon.
- Aydın, Ö., 1984, Ölçme Bilgisi –1, Ders Kitabı, Kurtiş Matbaası, İstanbul
- Ayyıldız, E., Özer, E., Özmüş, L., Erkek, B. ve Bakıcı, S., 2014, 1 İNSANSIZ HAVA ARACI (İHA) VE UÇAK PLATFORMLARINDAN ELDE EDİLEN GÖRÜNTÜLERİN ORTOFOTO ÜRETİMİNDE KARŞILAŞTIRILMASI, 7. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu 15-17 Ekim 2014 Çorum
- Barber, D., Mills, J., and Voysey, S.S., 2008, Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system, *Journal of Photogrammetry&Remote Sensing* (63)2008, 128-141
- Başar, K. ve CEYLAN, A., Uydu Konum Belirleme Sistemlerindeki (GNSS) Güncel Durum ve Son Gelişmeler, *Geomatik*, 3 (1), 63-73. 2018
- Beşdok, E., Kurban, T., Karkınlı, A.E., Kesikoğlu, A., 2015, Düşük İrtifa Görüntüleme Sistemleri İle Üretilen Haritalarda Konumsal Doğruluğunun İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi.
- Bigras, C., 1997. Kite aerial photography of the Axel Heiberg Island fossil forest, In: American Society of Photogrammetry and Remote Sensing, First North American Symposium on Small Format Aerial Photography, University of Minnesota, USA, 147-153
- Böge, S., 2013, Tarihi ve Kültürel Varlıkların Röleve Alımı İçin Farklı Yöntemlerin Birlikte Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

- Brenner, C., Dold, C. and Ripperda, N., 2008, Coars orientation of terrestrial laser scans in urban environments, *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 63(2008), 4-18.
- Çelik, H., 2011, Karayolları etüt ve proje çalışmalarında mobil haritalama sistemlerinin kullanılabilirliği, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Çetinkaya, H., 2006, Lidar İçin Optik Sistem Tasarımı, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Çorumluoğlu, Ö., 2002, Yüksek Prezisyonlu GPS Teknikleri Lisansüstü ders notları, *Selçuk Üniversitesi, Konya*.
- Dold, C. and Brenner, C., 2006, Registration of terrestrial laser scanning data using planar patches and image data, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (IAPRS)*, 36(5), Dresden, 78-83.
- Duran, Z., Muhammed Enes, A. ve Çelik, M. F., Yersel Fotogrametrik Yöntem ile Yersel Lazer Taramanın Karşılaştırılması ve Doğruluk Analizi. *Harita Dergisi*, Temmuz (158), 2017.
- Eisenbeiss, H., 2009, "UAV Photogrammetry" Doctor of Sciences.
- Eisenbeiss, H., 2008, UAV photogrammetry in plant sciences and geology, *6th ARIDA Workshop on" Innovations in 3B Measurement, Modeling and Visualization, Povo (Trento), Italy*.
- Ekercin, S., 2007, Uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri entegrasyonu ile tuz gölü ve yakın çevresinin zamana bağlı değişim analizi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- El-Sheimy, N., 2008, Land mobile mapping systems, *Advances in Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences: 2008 ISPRS Congress Book*, Taylor & Francis Group, London, ISBN 978-0-415-47805-2, Chapter 7
- Erdoğan, A., 2016, Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Erdönmez, M., 2018, Yapılaşmış alanlarda insansız hava aracı yardımıyla eğik resim fotogrametrisi uygulaması, *Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Eren, K., Uzel, T., 2008, Ulusal CORS Sisteminin Kurulması ve Datum Dönüşüm Projesi, *İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul*.
- Eroğlu, O., 2013, İnsansız Hava Araçlarında Arazi Verilerine Dayalı UçuşYönü Sınırlamasız Konumlandırma Sistemi Benzetim Çalışması, *Ulusal Atmosferik Araştırma Merkezi, Yüksek Lisans Tezi*.

- Esmat, B., 2007, Introduction to modern navigation systems, World Scientific, p.
- Faizatul K.S., Anuar A., 2008, Development of Mapping Procedures Using Digital Imagery Derived from Unmanned Aerial Vehicle System. *7th International Symposium & Exhibition on Geoinformation*, 13-15 October 2008, Putra World Trade Centre(PWTC), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Fassi, F., Fregonese, L., Ackermann, S., De Troia, V., 2013, Comparison Between Laser Scanning and Automated 3B Modelling Techniques to Reconstruct Complex and Extensive Cultural Heritage Areas, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XL-5/W1, 2013 3B-ARCH 2013 – 3B Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25 – 26 February 2013, Trento, Italy.
- Gümüş, K., Erkaya, H. ve Tunalıoğlu, N., 2009, Yersel Lazer Tarama Verilerinde Çevresel Ve Objesel Nedenlerden Kaynaklanan Hatalar, *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*, 137-138.
- Gümüş, K., 2016, Kalibrasyon Bazında Farklı Yöntemlerin Mesafe Ölçme Hassasiyetlerinin Karşılaştırılması, *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 5 (2), 105-116.
- Hebert, M. ve Krotkov, E., 1992, 3D measurements from imaging laser radars: how good are they?, *Image and vision computing*, 10 (3), 170-178.
- İnal, C., Erdi, A., Yıldız, F., 1996, Topografya (Ölçme Bilgisi),Ders Kitabı, Atlas Kitabevi, Konya.
- İzbırak, R., 1992, Coğrafya Terimleri Sözlüğü. İstanbul: Milli Eğitim Yayınları
- Kara, G., 2017, İller Bankası Uzmanlık Tezi.
- Karlı, F., 2010, Fotogrametri Ders Notları, İstanbul Üniversitesi
- Kahveci, M., 2009, Gerçek Zamanlı Ulusal Sabit GNSS (CORS) Ağları ve Düşündürdükleri, *HKM Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, 2009, 1.
- Kahveci, M., Yıldız, F., 2009, Uydularla Konum Belirleme Sistemleri(GPS/GNSS):Teori-Uygulama. Geliştirilmiş 4. Baskı, Nobel Yayınları, Ankara,.
- Kahveci, M., 2009, Kinematik GNSS ve RTK CORS Ağları, Zerpa Yayınları, 102, Ankara.
- Kahveci, M., 2012, Konum Belirleme Uyduları (GPS, GNSS) ve Bunların Verilerinin Kullanımına İlişkin Yasal Sorunlar, 4, *Ulusal Havacılık ve Uzay Konferansı, İstanbul*.

- Kahveci, M., Yıldız, F., 2012, GPS/GNSS Uydularla Konum Belirleme Sistemleri Teori ve Uygulama, Nobel Akademik Yayıncılık, 222s, 5.Baskı, Ankara
- Kalaycı, İ., 2003, GPS destekli detay alımında yeni bit teknik (GPSSİT)'in uygulanabilirliğinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karasaka, L., 2012, Mobil yersel lazer tarama sistemlerinin fotogrametrik rölöve projelerinde kullanılabilirliği üzerine bir çalışma, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Karasaka, L. ve Yıldız, F., 2015, Yersel Mobil Lazer Tarama Teknolojisi: Topcon IP-S2 Örneği, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs 2015 / Konya
- Kersten, T., Mechelke, K., Maziull L., 2015, 3B Model of Al Zubarah Fortress in Qatar Terrestrial Laser Scanning vs. Dense Image Matching, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-5/W4, 2015 3B Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures, 25-27 February 2015, Avila, Spain.
- King, E.W., Masters, E.G., Rizos, C., Stoltz, A., Collins, C., 1987. Surveying with Global Positioning System, Dümmler, Bonn.
- Koç, S., Taşdemir, İ. ve Dinç, O., 2015, Mobil haritalama yöntemi ile panorama istanbul projesi, TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu.
- Kurt, O., 2005, Yapay Uydu Bazlı Alıcılarda Çoklu Frekansın Önemi, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10, *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara*.
- Mahmod, A. A., 2017, İnsansız hava aracı verilerinden üç boyutlu model oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii, Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Mekik, Ç., 2001, Gerçek Zamanlı Kinematik GPS, Seminer çalışması, ZKÜ, Zonguldak, 11 s.
- Newhall, B., 1969, Airborne camera: The world from the air and outer space, Hasting House, p.
- Nyland, L. S., 1998, Capturing Dense Environmental Range Information with a Panning Scanning Laser Rangefinder, *IEEE PROCEEDINGS*, 1.
- Pektaş, F., 2010, Gerçek Zamanlı Ulusal ve Yerel Sabit GNSS Ağlarında Dayalı Kinematik Konumlama, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ FBE, İstanbul.
- Price, W. F. ve Ur en, J., 1989. Laser surveying, VNR International, Londra. 256 p.
- Przybilla, H.-J. and Wester-Ebbinghaus, W., 1979, "Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug, In: Bildmessung und Luftbildwesen, Zeitschrift fuer Photogrammetrie und Fernerkundung", 47, 5, 137-142.

- Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M. ve Sarazzi, D., 2011, UAV photogrammetry for mapping and 3B modeling–current status and future perspectives, *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38 (1), C22.
- Reshetyuk, Y., 2006, Calibration of terrestrial laser scanners Callidus 1.1, Leica HDS 3000 and Leica HDS 2500, *Survey Review*, 38 (302), 703-713.
- Rizos, C., 1999, Stop & Go Surveying Techniques, *Satellite Navigation and Positioning Group (SNAP), University of New South Wales (UNSW)*.
- Selçuk, M. F., 2008, Motorize gpssit (gps sanal istasyon tekniği)'in uygulanabilirliğinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Seydanlıoğlu, A., 2017, Belediye Hizmetlerinde Kullanılan Harita Üretimlerinin Temel Ölçütlerle Kıyaslanması, *İstanbul Kültür Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü/İnşaat Mühendisliği*
- Silva, J.F.C., Camargo, P.O., and Gallis R.B., 2003, Development of a low-cost mobile mapping system: A South America Experience, *Photogrammetric Record* , 18(101): 5-26(March-2003)
- Soycan, M. ve Soycan, A., 2002, Poligon Noktalarının Gps İle Ölçülmesi Üzerine Bir İnceleme, 16-18 Ekim 2002, Konya
- Suveg, I. , Vosselman, G. , 2000. 3B Reconstruction of Building Models, Technical University of Delft, The Netherlands Photogrammetry and Remote Sensing, {I.Suveg, G.Vosselman}@geo.tudelft.nl , Working Group IV/2 – 2000
- Tombaklar, Ö., Ceylan, A., 2003, Topoğrafya Ders Notları, Selçuk Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Konya.
- Toprak, A. S., 2014, Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Ulvi A., 2008., “Antik Tiyatroların Fotogrametrik Rölöve Planlarının Çıkarılması Üzerine Deneyisel Bir Çalışma” Yüksek Lisans Tezi.
- Ulvi, A., 2015, Metrik olmayan dijital kameraların hava fotogrametrisinde yakın resim çalışmalarda (yere yakın yüksekliklerde) kullanılabilirliği üzerine bir çalışma,(Doktora Tezi) *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Yakar M., Alyılmaz C., Alyılmaz S., Doğan Y., 2019, Yakın Resim Fotogrametrisinde İnsansız Hava Araçlarının Kullanılması. Konya: Atlas Akademi 2019, ss.41
- Yaşayan A., Uysal M., Varlık A., Avdan U., 2011, “Fotogrametri”, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2295, Eskişehir.

- Yıldız, F., İnal, C., Erdi., A., 1993, “Grafik kadastral amaçlı paftaların sayısallaştırılmasında hassasiyet araştırması”, S.Ü. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 9-10 Haziran, Konya.
- Yıldız, F., 2010, Dijital (sayısal) fotogrametri teknolojisi, *Coğrafi Bilgi Teknolojileri Çalıştayı Akademik Perspektif, Cebit Bilişim Zirvesi*, 17-19.
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karşlı, F. ve Gökalp, E., 2013, İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*, 23-25 Mayıs 2013.
- Van Blyenburgh, P., 1999, UAVs: an overview, *Air & Space Europe*, 1 (5-6), 43-47.
- Wanzke, H., 1984. The Employment of a hot-air ship for the stereophotogrammetric documentation of antique ruins, In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Rio de Janeiro, XXV-5, 746-756.
- Weichel, H., 1990, Laser Beam Propagation in the Atmosphere, SPIE Optical Engineering Press, *Second Printing*.
- Wells, D.E., Beck, N., Delikaraoğlu, D., Kleusberg, A., Krakiwsky, E. E., Lachapelle, G., Langey, R.B., Nakiboğlu, M., Schwarz, K.P., Tranquilla, J.M., Vanicek, P., 1987. Guide To GPS Positioning, Second Edition, Canadian GPS Associates, New Brunswick, Canada.
- Whittlesey, J. H., 1970, Tethered balloon for archaeological photos, *Photogrammetric Engineering*, 36 (2), 181-+.
- Wester-Ebbinghaus, W., 1980, “Aerial Photography by radio controlled model helicopter, In: The Photogrammetric Record”, 10, 55, 85-92.
- Zeybek, M., Şanlıoğlu, İ. ve Genç, A., 2015, Yüksek Çözünürlüklü Yersel Lazer Tarama Verilerinin Filtrelenmesi ve Filtrelemelerin Heyelan İzlemeye Etkisi, Artvin Çoruh Üniversitesi Doğal Afetler Uygulama ve Araştırma Merkezi, Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, Cilt:1, Sayı:1-2, Temmuz 2015, Sayfa:11-20.
- Zeybek, M. Şanlıoğlu, İ. "Accurate determination of the Taşkent (Konya, Turkey) landslide using a long-range terrestrial laser scanner", Bulletin of Engineering Geology and the Environment , " ", Mart-2014, DOI: 10.1007/s10064-014-0592-x
- Zeybek, M. Şanlıoğlu, İ. “Generation of Digital Terrain Model From Unmanned Aerial Vehicle Image Data”, *International Conference on Advanced Technology & Sciences, 3th International Conference, ICAT'16 Konya, Turkey, September 01-03, 2016*
- Zeybek, M., 2017, Yüksek Çözünürlüklü Topoğrafik Veriler Yardımıyla Heyelanların İzlenmesi (Doktora Tezi), *Selçuk Üniversitesi, Konya*.

ZIBA, H. E. ve YILMAZ, H. M., 2019, Karayolu projeleri için İHA ile şeritvari harita üretimi, *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1 (1), 23-32.

URL-1:<https://www.indiamart.com/proddetail/total-stations-2044920155.html>
[12.07.2020]

URL-2:<http://simastrack.blogspot.com/2017/11/pengertian-gnss.html> [12.07.2020]

URL-3:<https://www.denizcilikbilgileri.com/gps-sistemi-nedir-nasil-calisir/>[13.07.2020]

URL-4:https://itlaw.wikia.org/wiki/Global_positioning_system [13.07.2020]

URL-5:<https://gadzetomania.pl/37512,w-2010-roku-gpsy-moga-byc-mniej-dokladne>
[13.07.2020]

URL-6:<http://www.gps.gov/systems/gps/space/> [12.08.2020]

URL-7:<https://www.montre-cardio-gps.fr/quest-ce-qui-est-mieux-avec-le-glonass-quavec-le-gps/>[12.08.2020]

URL-8:http://www.navipedia.net/index.php/GLONASS_Future_and_Evolutions#Signal_Modernization [18.08.2020]

URL-9:<https://www.glonass-iac.ru/en/guide/> [18.08.2020]

URL-10:<https://www.tusaga-aktif.gov.tr/Sayfalar/IstasyonHaritasi.aspx> [22.08.2020]

URL-11:<https://www.harita.gov.tr/fotograflarla-tarihimiz> [30.08.2020]

URL-12:<https://cdn.ez-pdh.com/course-material/LS1006-Aerial-Photogrammetry.pdf>
[30.08.2020]

URL-13:<https://en.wikipedia.org/wiki/Stereoplotter> [30.08.2020]

URL-14:http://www.gpsi-corp.com/service8_photogrammetric_map.asp [01.09.2020]

URL-15:<https://docplayer.biz.tr/9758051-Dijital-sayisal-fotogrametri.html> [01.09.2020]

URL-16:<https://docplayer.biz.tr/99308-Fotogrametri-dairesi-baskanligi-faaliyetleri.html>
[01.09.2020]

URL-17:<https://www.suasnews.com/2017/01/sensor-gimbal-improves-efficiency-aerial-mapping-mission/quest-overlap/> [01.09.2020]

URL-18: (https://tr.wikipedia.org/wiki/Ortofoto_harita) [04.09.2020]

URL-19:https://www.alspergis.altervista.org/lezione/20-dem/01_dtm-dsm.png
[04.09.2020]

URL-20:<http://91.93.170.253/pages/viewpage.action?pageId=127631654> [04.09.2020]

URL-21:<https://sketchfab.com/aumakua/collections/photogrammetry> [04.09.2020]

URL-22:https://www.researchgate.net/figure/Structure-from-Motion-SfM-photogrammetric-principle-Source-Theia-sfmorg2016_fig3_303824023
[04.09.2020]

URL-23:https://cbsakademi.ibb.gov.tr/uploads/2016/04/lidar_2-6.4.2016-094749.jpg
[04.09.2020]

URL24:<https://www.youtube.com/c/RIEGLLIDAR/videos?view=0&sort=da&flow=gri>
d [04.09.2020]

URL-25:<https://www.semanticscholar.org/paper/Automated-Road-Information-Extraction-From-Mobile-Guan-i/0d9166c50495f0babd4e64de235d3317c8b97b4f>
[09.09.2020]

URL-26:<http://www.lidarharita.com/> [09.09.2020]

URL-27:<https://www.propelleraero.com/gsd-calculator/> [11.09.2020]

URL-28:http://www.riegl.com/uploads/tx_pxpriegl/downloads/DataSheet_VMX-450_2015-03-19.pdf [11.09.2020]

URL29:https://www.gib.gov.tr/sites/default/files/fileadmin/user_upload/Yararli_Bilgiler/amortisman_oranlari.pdf [11.09.2020]

URL-30:<https://www.ilbank.gov.tr/raporlar/bankamiz-birim-fiyat-cetvelleri/24>
[11.09.2020]

EKLER

EK-1 Kullanılan cihazlar ve teknik özellikleri

DJI İNSPİRE 2 – X5S KAMERA

**İHA' ya Entegre Kamera Özellikleri**

<i>Dahili Kamera</i>	: Yok
<i>Harici Kamera Uyumu</i>	: Var
<i>Görüş Açısı</i>	: 72 °
<i>Diyafram Açıklığı</i>	: 1.7 /f
<i>Odak Uzaklığı</i>	: 15 mm
<i>Sensör Türü</i>	: CMOS
<i>Sensör Boyutu</i>	: 17.3*13 mm
<i>Etkin Piksel</i>	: 20 MP
<i>Video Çözünürlüğü</i>	: 5.2K
<i>Video Kare Hızı</i>	: 30 fps
<i>Anlık Görüntü Aktarımı</i>	: Var
<i>Titreşim Engelleme</i>	: Var
<i>Titreşim Engelleme Türü</i>	: 3 Eksenli
<i>Fotoğraf Çekebilme</i>	: Var
<i>Fotoğraf Çözünürlüğü</i>	: 5280*3956
<i>Çekim Özellikleri</i>	: Zenmuse X5S, Diyafram Kontrolü, Pro Res, Zaman Aralıklı Çekim, Cinema DNG, H.265, Seri Çekim

İHA

<i>Motor Tipi</i>	: Fırçasız
<i>Kontrol Frekansı</i>	: 2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
<i>2.4 GHz</i>	: 7 km FCC, 3.5 km CE
<i>5.8 GHz</i>	: 7 km FCC, 2 km, CE)
<i>Gimbal</i>	: 3 Eksenli
<i>Max. Hız</i>	: 94m/s (Rüzgârsız Ortam)
<i>Max. Yükseklik Sınırı</i>	: 6000m
<i>Batarya</i>	: 6000mAh 2S LiPo
<i>Ağırlık</i>	: 3,440 KG
<i>Diğer</i>	: FPV, GPS, Wi-Fi, 7 KM Uçuş Menzili, Otomatik Geri, Dönüş Özelliği, Beni Takip Et Modu, Spor Modu, IMU

EK-1 Kullanılan cihazlar ve teknik özellikleri

EPOCH 50 GNSS Alıcısı



EPOCH 50 GNSS Alıcısı

<i>Alıcı Tanımı</i>	:GNSS alıcısı
<i>Kanal Sayısı</i>	:220
<i>Statik GNSS Ölçümü</i>	:Yatay: $\pm 3\text{mm}$ 0.1ppm RMS :Düşey: $\pm 5\text{mm}$ 0.4ppm RMS
<i>Gerçek Zamanlı Kinematik GNSS Ölçümü</i>	:Yatay: $\pm 10\text{mm}$ 1ppm RMS :Düşey: $\pm 20\text{mm}$ 1ppm RMS
<i>Çevresel Koruma Standartları</i>	:Su Geçirmezlik, MIL-STD-810F şok ve darbe dayanıklılığı
<i>Çalışma Sıcaklığı</i>	:-40°C ile 60°C arası :-40°C ile 55°C arası (dahili radyo vericisiyle)
<i>Depolama Sıcaklığı</i>	:-40°C ile 75°C arası
<i>Ebatlar (E x B x Y)</i>	:19.0cm x 10.7cm x 20.0cm
<i>Ağırlık (Batarya Dahil)</i>	:1.34 kg (2.95lb)
<i>Port Girişleri</i>	:iki adet 7-pin Lemo ve RS232
<i>Radyo Modem Anten Bağlantısı</i>	:TNC
<i>Harici Güç</i>	:10 V DC ile 20 V DC arası
<i>Batarya</i>	:Yeniden şarj edilebilir 7.4V 2400 mAh Li-Ion dahili batarya
<i>Ekran</i>	:640 x 480 güneşte görülebilir renkli TFT ekran
<i>Desteklediği Formatlar</i>	:CMR, CMR, RTCM 2.1, RTCM 2.2, RTCM 2.3, RTCM 3.0, RTCM 3.1
<i>NMEA</i>	:NMEA - 0183 çıktı desteği
<i>Kontrol Ünitesi</i>	:Ranger 3, Nomad 900, ProMark 100, Ranger 3XC
<i>İşletim Sistemi</i>	:Windows Mobile 6.5
<i>İşlemci</i>	:800 MHz
<i>Hafıza</i>	:256 MB SDRAM, 8 GB Flash hafıza
<i>Klavye</i>	:53 Tuşlu alfanümerik klavye
<i>Bağlantı</i>	:RS232 ve USB Kablolu, BT (bluetooth) kablosuz bağlantı
<i>Extra</i>	:Wi-Fi, 3G GSM, Pusula, 5 MP Kamera

EK-1 Kullanılan cihazlar ve teknik özellikleri

Topcon GPT 3007 Serisi Elektronik Total Station



Topcon GPT 3007 Serisi Elektronik Total Station

Direkt bilgisayara aktarım
 Aletten bilgisayara ham data + xyz koordinatlar
 Bilgisayardan alete aplikasyon, sabit nokta koordinatları ve sembol kütüphanesi aktarımı
 Dahili 8000 nokta detay alımı
 Dahili 16000 nokta aplikasyon koordinatı
 MS-DOS çalışma sistemi
 Çift taraflı klavye(GPT-3007 modelinde tek taraflı)
 Tamamen Türkçe
 Alfanümerik giriş
 İş dosyası oluşturma
 Hızlı okuma hassas 1.2 san/norm 0.5 san /traking 0.3
 Standart dâhili yazılım paketleri
 İş dosyası açma(30 adet)
 Takeometrik alım
 Aplikasyon koordinatlı veya açı mesafe ile
 Prizmatik alım
 Geriden kestirme (7 nokta)
 Geriden kot kestirmesi(10 nokta)
 Semt hesabı ve bağlanması
 Trigonometrik yükseklik hesabı
 Kot taşıma
 En kesit
 Ofset ölçümü
 Alan hesabı
 Dâhili batarya ile sadece açı ölçümü 45 saat normal kullanım 4.2 saat 1.5 saat şarj
 Açı okuma
 En küçük okuma 0.2mgon(2cc)
 Mesafe ölçme
 30x büyütmeli dürbün
 3mm+-2ppm mesafe ölçme hassasiyeti
 Reflektörlü tek prizma ile 3000-3500m mesafe ölçme menzili
 Reflektörsüz 250m mesafe ölçme menzili
 Mesafe ölçümünde görünür lazer noktası

EK-1 Kullanılan cihazlar ve teknik özellikleri

Mobil Lazer Tarayıcı (MLT-RIEGL VMX-450)



Mobil Lazer Tarayıcı (MLS-RIEGL VMX-450)

Ölçüm menzili	: Maksimum 400 m ölçüm yapabilmekte,
Ölçüm hassasiyeti	: 5 mm,
Doğruluğu	: 8 mm,
Ölçüm sayısı	: 1.100.000(Bir milyon yüz bin) ölçü/saniye,
Ölçüm tekrarı	: Saniyede 400 hat ölçmektedir. (tarayıcı saniyede 400 devir yapmakta)
Lazer kalitesi	: Class 1 (İnsan sağlığına zararsız)
Ölçüm sıklığı	: 20m'de m 'de yaklaşık 2000 nokta, 400 m'de m 'de yaklaşık 750 noktadır.
Ölçüm sıcaklığı	: -10° +50° sıcaklıkları arasında ölçüm yapabilmektedir.
Lazer tarama sistemi	: 360 derece tarama yapabilmelidir.

Farklı cephedeki yüzeylerin ölçümlerin gerçekleştirebilmek amacı ile çift sistemi eş zamanlı çalışmaktadır. 2 lazer sistemi arasındaki açı yaklaşık 45 derecedir.

Aracın sürüş hızı, lazer tarama sistemi ile senkronize bir biçimde çalışması gerektiğinden istenilen nokta sıklığını elde etmek için çalışma frekansları;

- 1.1 MHZ p>%10 140 m p>%80 220 m
- 600 KHZ p>%10 200 m p>%80 450 m
- 300 KHZ p>%10 300 m p>%80 800 m

Imu – Gnss

Roll&pitch dönüklüğü	: 0.005°
Bağıl konum	:10mm
Mutlak konum	:20-50mm
Baş dönüklüğü	:0.015°

EK-2 Kamera Kalibrasyonu Değerleri

Camera Calibration

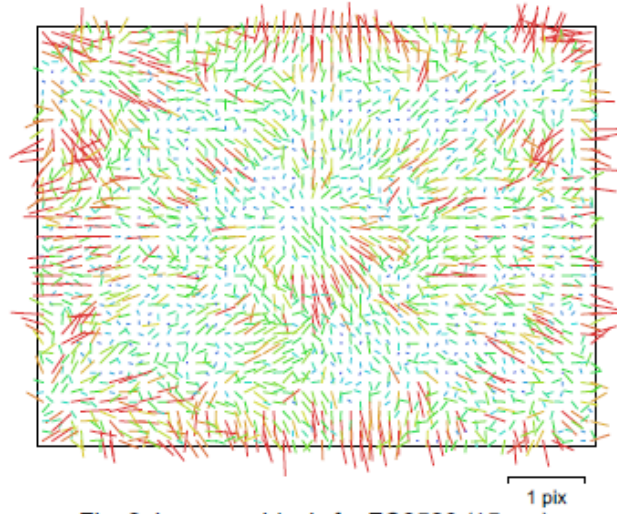


Fig. 2. Image residuals for FC6520 (15mm).

FC6520 (15mm)

788 images

Type
FrameResolution
5280 x 3956Focal Length
15 mmPixel Size
3.28 x 3.28 μm

	Value	Error	F	Cx	Cy	B1	B2	K1	K2	K3	K4	P1	P2	P3	P4
F	5268.15	3.3	1.00	-0.88	0.87	-0.81	0.39	0.01	-0.13	0.23	-0.32	0.27	0.47	-0.04	-0.07
Cx	-32.2277	0.24		1.00	-0.77	0.82	-0.39	-0.01	0.11	-0.21	0.29	-0.13	-0.41	0.04	0.06
Cy	108.966	0.2			1.00	-0.68	0.50	0.01	-0.11	0.20	-0.28	0.26	0.51	-0.09	-0.02
B1	-19.1148	0.017				1.00	-0.33	-0.00	0.10	-0.18	0.26	-0.24	-0.42	0.05	0.05
B2	0.4549	0.011					1.00	-0.00	-0.04	0.08	-0.12	0.22	0.20	-0.04	-0.00
K1	0.00407081	0.00013						1.00	-0.97	0.90	-0.83	-0.00	0.00	0.04	-0.05
K2	-0.0818298	0.0013							1.00	-0.98	0.94	-0.02	-0.04	-0.05	0.08
K3	0.377656	0.0053								1.00	-0.99	0.04	0.07	0.07	-0.12
K4	-0.537594	0.0074									1.00	-0.05	-0.10	-0.09	0.15
P1	0.00165178	3.9e-006										1.00	0.47	-0.41	0.34
P2	0.00570329	7e-006											1.00	-0.77	0.65
P3	-0.341269	0.0074												1.00	-0.97
P4	-0.499232	0.018													1.00

Table 2. Calibration coefficients and correlation matrix.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : İsmail KÜÇÜKBOZ
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya – 01.11.1987
Telefon : 534 832 33 66
E-Posta : ismail.kucukboz@csb.gov.tr

EĞİTİM

Lise	: Cemil Keleşoğlu	Karatay	Konya	2004
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2011
Yüksek Lisans	: Konya Teknik Üniversitesi	Selçuklu	Konya	2020

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2012	Nadaş Müh.	Harita Müh.
2012-	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı	Harita Müh.

YABANCI DİLLER

İngilizce