



T.C.
NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**TRUE (GERÇEK) ORTOFOTO ÜRETİMİ VE
DOĞRULUK ANALİZİ**

Gökhan ŞENCAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

**Eylül-2023
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Gökhan ŞENCAN tarafından hazırlanan “TRUE (GERÇEK) ORTOFOTO ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZİ” adlı tez çalışması .../.../... tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof.Dr.Murat UYSAL

.....

Danışman

Dr.Öğr.Üyesi Abdullah VARLIK

.....

Üye

Doç.Dr.Hüseyin Zahit SELVİ

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun .../.../20.. gün ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Şerife Yurdağül KUMCU
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this 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.

Gökhan ŞENCAN

Eylül 2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TRUE (GERÇEK) ORTOFOTO ÜRETİMİ VE DOĞRULUK ANALİZİ

Gökhan ŞENCAN

Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr.Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

2023, 62 Sayfa

Jüri

Dr.Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK

Prof.Dr. Murat UYSAL

Doç.Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

Uzaktan algılama sistemlerinin gelişmesiyle birlikte insan hayatını kolaylaştıran teknolojik gelişmelerle ortofoto haritaların hızlı ve kolay üretimi sağlanmaktadır. Ortofoto harita üretim maliyetinin yersel yöntemlere göre daha düşük olması, tüm topoğrafik yapının kolayca tespit edilebilmesi, yerleşim yerlerinin kolayca izlenmesi ve haritaların kolaylıkla güncellenmesi gibi sağladığı avantajlar nedeniyle topoğrafik haritalarda yerini almıştır. Gerçek (True) Ortofoto üretimi ile kentlerin yerleşim ve gelişme alanlarını kapsayacak şekilde, kıyı bölgelerinde, sosyal, kültürel, sanayi ve turizm alanlarında daha hızlı ve yüksek doğrulukta harita üretimi gerçekleştirilebilecektir. Özellikle kamuda mükerrer çalışmalar önlenecek; zaman ve maliyet açısından büyük oranda tasarruf sağlanacaktır. Afet öncesi ve afet sonrası yapılacak çalışmalarda durum takibi açısından, karar vericilerin hızlı, doğru ve yerinde kararlar alabilmeleri sağlanacaktır. Güncel doğruluğu yüksek yol ve bina envanteri oluşturulacaktır. Tez çalışmasında; Haymana bölgesinde 15 km x 15 km büyüklüğündeki bir alanda, Ultracam Eagle M3 sayısal hava kamerası ile ileri bindirme oranı %90, yan bindirme oranı %60 olacak şekilde, 30 cm yer örnekleme aralığında (YÖA) çekilmiş hava fotoğrafları kullanılmıştır. Arazide ölçümü yapılan 50 adet yer kontrol noktasından 5 tanesi, fotogrametrik nirenginin dengelenmesinde kullanılmış; kalan 45 adet yer kontrol noktası ise elde edilen dengeleme sonucu ile üretilen ortofoto, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli doğruluklarının analiz edilmesinde kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Sayısal hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak binalar çizilmiş ve bina üzerinden yükseltisi değişmeyecek bölgeden yükseklik okumaları yapılarak vektör veriler toplanmıştır. Toplanan vektör veriler ve araziye tesis edilen yer kontrol noktaları verileri ile doğruluk analizleri yapılmıştır. Bu kapsamda Klasik ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun doğruluk analizi ile birlikte SAM ve SYM verilerinden üretilen ortogörüntülerin birbirlerine göre doğruluk analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fotogrametrik Nirengi, Klasik Ortofoto, Stereo Görüntü, Sayısal Arazi Modeli (SAM), Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Yer Örnekleme Aralığı (YÖA), True (Gerçek) Ortofoto, Uzaktan Algılama.

ABSTRACT

MS THESIS

TRUE ORTHOPHOTO PRODUCTION AND ACCURACY ANALYSIS

Gökhan ŞENCAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
NECMETTİN ERBAKAN UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE PHILOSOPHY
IN GEOMATICS ENGINEERING**

Advisor: Assit. Prof. Dr. Abdullah VARLIK

2023, 62 Pages

Jury

Assit. Prof. Dr. Abdullah VARLIK

Prof.Dr. Murat UYSAL

Assoc. Prof.Dr. Hüseyin Zahit SELVİ

With the development of remote sensing systems, rapid and easy production of orthophoto maps is ensured with technological developments that facilitate human life. Orthophoto maps have taken their place in topographic maps due to the advantages it provides such as lower production cost compared to terrestrial methods, easy detection of the entire topographic structure, easy monitoring of settlements and easy updating of maps. With True Orthophoto production, faster and more accurate map production will be possible in coastal areas, social, cultural, industrial and tourism areas, including settlement and development areas of cities. Duplicate works especially in the state sector will be prevented and taken advantages of a great deal of time and cost savings as well. It will be ensured that decision makers can make fast, accurate and on-the-spot decisions in terms of status follow-up in the pre-disaster and post-disaster studies. An up-to-date accurate road and building inventory will be made. In this thesis study; Aerial photographs which are taken with the Ultracam Eagle M3 digital aerial camera at a 30 cm ground sample distance (GSD) with a forward overlap rate of 90% and a side overlap rate of 60% in an area of 15 km x 15 km in the Haymana region were used. 5 of the 50 ground control points installed in the land were utilized to balance the photogrammetric triangulation; Other 45 ground control points produced by the obtained balancing result will be used as control points in the analysis of the accuracy of the orthophoto, digital terrain model and digital surface model. Buildings will be delineated by creating a stereo model from digital aerial photographs and vector data were collected by elevation measures from the area where the elevation will not change over the roof of building. Accuracy analyzes were made with the obtained vector data and the ground control points data installed on the field. In this context, along with the accuracy analysis of Classical orthophoto and True Orthophoto, the accuracy analysis of the orthoimages produced from the DTM and DSM data were compared to each other, and the results were checked.

Keywords: Photogrammetric Triangulation, Classical Orthophoto, Stereo Image, Digital Terrain Model (DTM), Digital Surface Model (DSM), Ground Sample Distance (GSD), True Orthophoto, Remote Sensing.

ÖNSÖZ

“True (Gerçek) Ortofoto Üretimi ve Doğruluk Analizi” konulu bu tez çalışmamda danışmanlığımı üstlenen çalışmaların her aşamasında bilgi, tecrübe ve fikirleriyle bana yol gösteren sayın hocam Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK’a ve bu süreçte ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, kurumsal ve teknik anlamda tecrübelerini paylaşan komutanım Dr.Müh.Alb. Orhan FIRAT’a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca çalışmalarım sırasında benden yardımlarını ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Gökhan ŞENCAN
KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
ÖNSÖZ	iv
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
KISALTMALAR	x
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
3. MATERYAL METOT	6
3.1 Fotogrametrinin Gelişim Süreci	6
3.2 Fotogrametrik Ölçüm Yöntemleri.....	13
3.2.1 Plançete Fotogrametrisi.....	14
3.2.2 Analog Fotogrametri	14
3.2.3 Analitik Fotogrametri.....	15
3.2.4 Sayısal Fotogrametri	16
3.3 Ortofoto Harita Üretim Süreci	17
3.3.1 Uçuş Planının Hazırlanması ve Hava Fotoğrafi Çekiminin Gerçekleştirilmesi	
.....	18
3.3.2 Yer Kontrol Noktalarının Planlanması ve Ölçümü	19
3.3.3 Görüntü İşleme ve İyileştirme.....	20
3.3.4 Fotogrametrik Nirengi Çalışmaları	22
3.3.5 Sayısal Yükseklik Modeli ile Ortogörüntü Üretimi	25
4. KLASİK ORTOFOTO VE GERÇEK (TRUE) ORTOFOTO HARİTA GÖSTERİMİ	30
5. UYGULAMA	32
5.1 Çalışma Alanı.....	32
5.2 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modeli ile Ortofoto Üretimi İş Akışı....	33
5.3 Fotogrametrik Nirengi Dengelemede Kullanılan Veriler ve Yapılan Çalışmalar	34
5.3.1 Yer Kontrol Noktalarının Planlanması ve Ölçümü	34
5.3.2 Hava Fotoğrafi Çekim Planının Hazırlanması	35
5.3.3 Ham Hava Fotoğraflarının İşlenmesi	36
5.3.4 Ham GPS/IMU Verilerinin Çözümlemesi	39
5.3.5 Fotogrametrik Nirenginin Dengelenmesi	40
5.4 Fotogrametrik Nirengi Dengeleme Doğruluğunun Analizi	42
5.5 Sayısal Yükseklik Modeli ve Ortogörüntü Üretimi	45
5.6 Stereo Modelden Kontrol Amaçlı Vektör Veri Toplama.....	47

5.7 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinin Doğruluk Analizi ve Karşılaştırılması	49
5.8 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Doğruluk Analizi ve Karşılaştırılması	51
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	58
KAYNAKLAR	60



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Çatalhöyük Haritası (Bilgi, 2007).	6
Şekil 3.2 İlk Çekilen Fotoğraf (Bilgi, 2007).....	7
Şekil 3.3 Balondan Çekilen Fotoğraflar (Bilgi, 2007).....	8
Şekil 3.4 Fotoğraf Makinesi Takılmış Bir Uçurtma (Bilgi, 2007).	9
Şekil 3.5 Uçurtma İle Çekilen Fransa Labruguiere'nin Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007)....	9
Şekil 3.6 Fotoğraf Makinesi Bağlanan Güvercin (Bilgi, 2007).....	10
Şekil 3.7 Güvercinin Çektiği Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).	10
Şekil 3.8 San Francisco'da Meydana Gelen Deprem Sonrası Uçurtmadan Çekilen Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).	11
Şekil 3.9 1903 Yılında Yapılan İlk Pilotlu Uçak (Bilgi, 2007).	11
Şekil 3.10 1908 Yılında Uçaktan Çekilen İlk Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).....	12
Şekil 3.11 1944 Yılında Fotogrametri Hava Ekibinin Uçuş Hazırlığı (URL 1).....	13
Şekil 3.12 Beechcraft Super King Air B-200 (2 Adet) Model ile B-350 ER model hava fotoğrafı çekim uçağı (URL 2).	13
Şekil 3.13 Fotogrametride Tarihsel Değişimi Gösteren Grafik (Yastıklı, 2009).	13
Şekil 3.14 1935 Yılında Yerden Fotoğraf Çekimi Yapan Ekibin Arazi Çalışması (URL 2).....	14
Şekil 3.15 1970 Yılında Zeiss C-8 Aletiyle Fotogrametrik Kıymetlendirme Yapılırken (URL 2).....	15
Şekil 3.16 1997 Yılında Zeiss Planicomp P Analitik Alet Sistemiyle Fotogrametrik Kıymetlendirme Yapılırken (URL 2).	15
Şekil 3.17 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları.	16
Şekil 3.18 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları.	17
Şekil 3.19 Uçuş Planı (Yaşayan vd, 2011).	19
Şekil 3.20 Hava Fotoğrafı Çekiminde Kullanılan Uçak (URL 2).	19
Şekil 3.21 Yer Kontrol Noktası İşareti (BÖHHBÜY, 2018).....	20
Şekil 3.22 Elektromanyetik Spektrum (URL, 3).	21
Şekil 3.23 Radyometrik Çözünürlük Farkları (URL, 3).	21
Şekil 3.24 Üç Boyuttan İki Boyutlu Düzleme Aktarma Yöntemleri (Yaşayan vd, 2011).	22
Şekil 3.25 İç Yöneltilme Parametreleri (Ergün, 2019).	23
Şekil 3.26 Fotoğraf Koordinatları ve Karşılıklı Yöneltilme İşlemi (Luhmann vd, 2007).24	
Şekil 3.27 Benzerlik Dönüşümü (Yaşayan vd, 2011).	24
Şekil 3.28 Sayısal Arazi Modeli ve Fotoğraf Arasındaki İlişki (Karalar vd, 2003).	26
Şekil 3.29 Sayısal Arazi Modeli (Yaşayan vd, 2011).....	26
Şekil 3.30 Sayısal Yüzey Modeli (Yaşayan vd, 2011).	27
Şekil 3.31 Sayısal Yüzey Modeli ve Sayısal Arazi Modeli Gösterimi (Çam vd, 2013). 27	
Şekil 3.32 Klasik Ortofoto (URL, 4).	28
Şekil 3.33 Gerçek (True) Ortofoto (URL, 4).....	29
Şekil 4.1 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Gösterimi 1 (Nielsen, 2004).....	30
Şekil 4.2 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Gösterimi 2.	30
Şekil 4.3 Vektör Harita Verisi Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerine Atılarak Gösterilmiştir (Nielsen, 2004).	31
Şekil 4.4 Halihazır Harita Çizimlerinin Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerine Atılarak Gösterilmiştir (Genç vd, 2016).	31
Şekil 5.1 Çalışma Alanı.	33
Şekil 5.2 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modeli ile Ortofoto Üretimi İş Akışı Diyagramı.	33

Şekil 5.3 Yer Kontrol Noktalarının Dağılımını Gösteren Grafik.	34
Şekil 5.4 Örnek Yer Kontrol Noktası.	35
Şekil 5.5 Hava Fotoğrafi Çekim Planı.	35
Şekil 5.6 Hava Fotoğrafi Çekim İndeksi.	36
Şekil 5.7 Ham Hava Fotoğrafların İşlenmesi.	36
Şekil 5.8 Level-2 Seviyesindeki Görüntülerin Radyometrik Düzeltmesi Yapılması İşlemi.	37
Şekil 5.9 Sayısal Hava Fotoğrafi.	38
Şekil 5.10 GPS/IMU Çözümü.	39
Şekil 5.11 GPS/IMU Sonuçları.	39
Şekil 5.12 Fotogrametrik Nirengi Dengelemede Kullanılan YKN'ler ve Denetleme Noktaları.	40
Şekil 5.13 Yer Kontrol Noktalarının Fotoğraflarda İşaretleme İşlemi.	41
Şekil 5.14 Otomatik Bağlama Noktalarının Toplanması.	41
Şekil 5.15 Fotogrametrik Nirengi Dengelemede Kullanılan Noktaların Dağılımı.	42
Şekil 5.16 Dengelemedeki Sabit Noktalara Gelen Düzeltme Değerleri.	43
Şekil 5.17 Denetleme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerleri.	44
Şekil 5.18 Ultramap Proje Dosyası.	45
Şekil 5.19 Sayısal Arazi Modeli.	46
Şekil 5.20 Sayısal Yüzey Modeli.	46
Şekil 5.21 Klasik Ortofoto.	46
Şekil 5.22 Gerçek (True) Ortofoto.	47
Şekil 5.23 Stereo Modelden Toplanan Vektör Veriler.	48
Şekil 5.24 YKN'lerin Stereo Modelden Okuma Hataları.	49
Şekil 5.25 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinden Okunan Her Denetleme Noktanın Hatasını Gösteren Grafik.	50
Şekil 5.26 Sayısal Yüzey Modelinden Okunan Binaların Hatalarını Gösteren Grafik. .	51
Şekil 5.27 Ultramap Yazılımında Üretilen SAM ve Klasik Ortofoto.	51
Şekil 5.28 Ultramap Yazılımında Üretilen SYM ve Gerçek (True) Ortofoto.	52
Şekil 5.29 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun Yer Kontrol Noktasına Göre Hatalarını Gösteren Grafik.	53
Şekil 5.30 Stereo Model, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotodan Çizilen Binaların Köşelerine Atılan Noktaların Hatalarını Gösteren Grafik.	54
Şekil 5.31 Üretilen SYM ve Ortofoto Görüntülerin Karşılaştırılması.	55
Şekil 5.32 Stere Modelden, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerinden Çizilen Vektör Bina Verilerinin Karşılaştırılması.	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Harita ve Fotoğraf Ölçeklerine Göre Büyütme Oranları.....	18
Çizelge 5.1 Dengelenmiş Dış Yöneltilme Parametreleri.....	42
Çizelge 5.2 Dengeleme Sonuçları.....	43
Çizelge 5.3 Denetleme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerlerine İlişkin İstatistikler.	43
Çizelge 5.4 Blok Dengeleme Sonucunda YKN ve Denetleme Noktalarının KOH Değerleri.....	45
Çizelge 5.5 Stereo Modelden Okunan 50 Adet YKN'nin Doğruluk Analizi Sonuçları.	48
Çizelge 5.6 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinden Elde Edilen Sonuçlar.	49
Çizelge 5.7 Stereo Modelden Okunan 107 Adet Binanın Yükseklik Değeri ile Sayısal Yüzey Modelden Elde Edilen Yükseklik Değerlerinin Karşılaştırılması.....	50
Çizelge 5.8 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun YKN ile Doğruluk Analizi.	52
Çizelge 5.9 Stereo Model, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotodan Çizilen Binaların Doğruluk Analizi.....	54
Çizelge 5.10 Yatay Doğruluk (CMAS).....	56
Çizelge 5.11 Düşey Doğruluk (LMAS).....	56
Çizelge 5.12 Büyük Ölçekli Haritalar İçin ASPRS Doğruluk Standartları.....	57
Çizelge 6.1 Üretilen SYM ve Ortofotoların Stereo Modelden Elde Edilen Veri Seti İle Doğruluk Sonucu.....	58
Çizelge 6.2 Üretilen SYM ve Ortofotoların YKN'ye Göre Doğruluk Sonuçları.....	58

KISALTMALAR

ASPRS	Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği
BN	Bağlama Noktası
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Üretim Yönetmeliği
CMAS	Circular Map Accuracy Standard-Yatay Doğruluk
GNSS	Küresel Navigasyon Uydu Sistemi
GPS	Global Positioning System-Küresel Konumlama Sistemi
HGM	Harita Genel Müdürlüğü
IMU	Inertial Measurement Unit-İnersiyal Ölçme Ünitesi
KN	Kontrol Noktası
KOH	Karesel Ortalama Hata
LMAS	Linear Map Accuracy Standard-Düşey Doğruluk
RTK GPS	Gerçek Zamanlı Kinematik GPS
SAM	Sayısal Arazi Modeli
STANAG-2215	NATO Standardizasyon Anlaşması
SYM	Sayısal Yüzey Modeli
TUSAGA-Aktif	Türkiye Ulusal Sabit GNSS Ađı Aktif
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örnekleme Aralığı

1. GİRİŞ

Uzaktan algılama yeryüzü üzerinde bulunan bir detay hakkında fiziksel bağlantı olmaksızın çeşitli özelliklerini inceleme ve bilgi edinmedir. Uzaktan algılama bilimi geçmişten günümüze kadar teknolojinin gelişmesiyle birlikte kullanılan teknikler ve yöntemlerde değişmiştir. Uzaktan algılama sisteminin uygulama alanlarından yersel, hava ve uzay sistemleri günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sistemlerden en sık kullanılan hava fotoğrafları çekimi ile elde edilen ortogörüntülerdir.

İnsan hayatını kolaylaştıran teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte daha hızlı ve kolay bir biçimde ortofoto harita üretimi sağlanmaktadır. Ortofoto harita üretim maliyetinin yersel yöntemlere göre daha düşük olması ve daha büyük bir alanın topoğrafik yapısını kolayca tespit edilebilmesi ile birlikte yerleşim yerlerinin hızlı bir biçimde izlenmesi ve haritaların kolaylıkla güncellenmesi gibi sağladığı avantajlar nedeniyle günümüzde topoğrafik haritalarda yerini almıştır.

Bu çalışmada sayısal hava fotoğraflarından sayısal arazi modeli kullanılarak üretilen klasik ortofotoda binalar ve arazi üzerindeki diğer detaylar, perspektif iz düşümden kaynaklı görüntü ötelenmesinden dolayı klasik ortofoto üzerinde doğru olarak konumlandırılmamaktadır. Ancak sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen gerçek (true) ortofotoda bu konumsal hatalar büyük ölçüde giderilmekte ve aynı zamanda üretilen harita doğruluğu daha yüksek olmaktadır. Arazi üzerindeki detayların yükseltisi arttıkça klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto arasındaki hata miktarında artacaktır. Bununla birlikte, klasik ortofotoda görünmeyen alanların olduğu sorunu ile karşılaşmaktadır. Gerçek (True) Ortofoto üretiminde binaların ve arazideki diğer detayların gerçek konumuna getirilmesi ile bu sorun çözülebilmektedir.

Gerçek (True) Ortofoto üretimi ile şehir merkezlerinin yerleşim ve gelişme alanlarını içerecek şekilde kıyı bölgelerinde, sanayi, turizm, sosyal ve kültürel alanlarda daha hızlı ve yüksek doğrulukta mühendislik uygulamaları gerçekleştirilebilmektedir. Özellikle zaman ve maliyet açısından büyük oranda tasarruf sağlanacak ve kamuda mükerrer çalışmalar önlenecektir. Yangın, sel ve deprem gibi afet durumlarında afet öncesi ve afet sonrası durum takibi açısından karar vericilerin hızlı, doğru ve yerinde kararlar alabilmeleri sağlanacaktır. Yol ve bina envanterleri güncel doğruluğu yüksek olarak elde edilecektir.

Uygulama çalışmasında, Haymana bölgesinde 15 km x 15 km büyüklüğündeki bir alanda, Ultracam Eagle M3 sayısal hava kamerası ile ileri bindirme oranı %90, yan bindirme oranı %60 olacak şekilde, 30 cm yer örnekleme aralığında (YÖA) çekilmiş hava

fotoğrafları kullanılmıştır. Çalışma alanına gerek fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işlemlerinde gerekse yapılan kontrol işlemlerinde, Haymana bölgesinde tesis edilmiş ve konum bilgisi gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS) ile yatayda \pm cm, düşeyde \pm cm'den daha doğru olacak biçimde elde edilmiş olan 50 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir.

Hava fotoğrafı çekiminden sonra elde edilen Level-0 seviyesindeki ham görüntüler işlenerek Level-2 seviyesine yükseltilmiştir. Daha sonraki işlem adımında Level-2 seviyesindeki görüntüler radyometrik düzeltme uygulanmış ve fotogrametrik nirengi işlemlerinde kullanılacak olan Level-3 seviyesindeki sayısal hava fotoğrafları TIFF formatında üretilmiştir.

Hava fotoğrafı çekimi sırasında uçakta yer alan GPS/IMU sistemi tarafından ölçülen ham veriler, TUSAGA-Aktif istasyon verileri kullanılarak çözümlenerek her bir hava fotoğrafına ait yaklaşık yöneltme parametreleri (X, Y, Z, Omega, Phi, Kappa) hesaplanmıştır.

Arazide ölçümü yapılan 50 adet yer kontrol noktasından 5 tanesi, fotogrametrik nirenginin dengelenmesinde kullanılmış; kalan 45 adet yer kontrol noktası ise elde edilen dengeleme sonucu ile üretilen ortofoto, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli doğruluklarının analiz edilmesinde kontrol noktası olarak kullanılmıştır. Fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işleminde sayısal hava fotoğrafı, yaklaşık dış yöneltme parametreleri, kamera kalibrasyon raporu ve yer kontrol noktası verileri kullanılıp proje dosyası oluşturularak dengeleme işlemi yapılmıştır ve sonuçlar analiz edilmiştir.

Fotogrametrik nirenginin dengelenmesi sonucunda fotoğraflar ve dengelenmiş dış yöneltme parametreleri ile Sayısal Arazi Modeli (SAM), Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto üretilmiştir.

Sayısal hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak binalar çizilmiş ve bina üzerinden yükseltisi değişmeyecek bölgeden yükseklik okumaları yapılarak vektör veriler toplanmıştır. Toplanan vektör veriler ve araziye tesis edilen yer kontrol noktaları verileri ile doğruluk analizleri yapılmıştır.

Bu kapsamda Klasik ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun doğruluk analizi ile birlikte SAM ve SYM verilerinden üretilen ortogörüntülerin birbirlerine göre doğruluk analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günay (2007), “Lidar Verisi Kullanarak Yarı Otomatik Gerçek Ortofoto Üretimi” isimli tez çalışmasında, Klasik ortofoto üretiminde Sayısal Arazi Modeli’nin (SAM) kullanılması sonucu, binalar ve arazi üzerinde bulunan diğer objeler perspektif iz düşümden kaynaklı görüntü ötelemesinden dolayı ortofotoda doğru olarak konumlandırılmamaktadır. Gerçek (True) Ortofoto üretiminde Sayısal Yüzey Modeli’nin (SYM) kullanılması sonucu, bina, köprü ve benzeri objelerin konum doğruluğunun artırılması ile daha gerçekçi bir görünüm elde edilmektedir. Bina çatı kenarlarının keskin bir şekilde görünmesinde SYM’nin kalitesinin önemli olduğu ve lazer noktalarından üretilen SYM’nin tek başına yeterli olmadığı görülmüştür. Ortofotonun gelişmesinde iki farklı metot test edilmiştir. Birinci metot olarak, Gerçek (True) Ortofoto üretiminde fotogrametride yaygın olarak kullanılan SYM kullanılmış, ikinci metot olarak da hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak binaların çatı kenarları vektör veri olarak sayısallaştırılarak SAM’ın üzerine eklenerek Gerçek (True) Ortofoto üretilmiştir.

Yılmaz vd. (2013), “İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi” isimli çalışmalarında, insansız hava aracına monte edilen sayısal kamera ile çekilen görüntülerden üretilen ortofoto haritanın konum hassasiyetinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Gatewing X-100 insansız hava aracına monte edilen sayısal kamera kullanılarak belirli bir bölgede çekilen görüntüler yardımıyla ortofoto harita üretimi yapılmıştır. Üretilen bu ortofoto haritaların geometrik doğruluğunun belirlenmesi amacıyla arazide RTK GPS yöntemi ile koordinatları ölçülen noktalar kullanılmış ve bu noktaların koordinatları karşılaştırılmıştır. Yapılan analiz sonucunda elde edilen ortofotoların yataydaki konum doğruluğunun arazide RTK GPS yöntemi ile ölçümü yapılan noktaların koordinatları ile yaklaşık olarak maksimum 7-8 cm civarında olduğu belirlenmiştir.

Popescu vd. (2016), “The resultant positional accuracy for the orthophotos obtained with Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)” İnsansız Hava Araçları İle Üretilen Ortofotolar İçin Elde Edilen Konumsal Doğruluk isimli çalışmasında ASPRS standartlarına göre konum doğruluğunun araştırılmasında hata kaynaklarını ve bu hatalara neden olan temel etkenleri araştırmıştır. İnsansız hava aracı ile elde edilen ortofotolarda konum doğruluğunu etkileyen etkenler ASPRS’de verilen temel standartlarla karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada insansız hava aracının döner kanatlı ya da sabit kanatlı olması, kullanılan hava kamerasının metrik olması ya da olmaması ile yer kontrol noktalarının etkisi araştırılmıştır. Ortofoto piksel değerleri ve bunlarla ilgili

karesel ortalama hatalar sınıflandırılarak geniş veya orta formatta metrik kameralar kullanılması durumunda bunların ne tür çalışmaları için kullanılabilceği araştırılmıştır.

Mutluoğlu vd. (2004), “Dijital Ortofoto Haritalarda Konum Doğruluğu ve Maliyet Karşılaştırılması” isimli çalışmasında Coğrafi Bilgi Sistemi için konumsal verileri karşılaştırmak amacıyla 20 hektarlık bir test alanı içine giren detay noktalarının koordinatları kutupsal alım yöntemi ile ölçülerek ve dijital ortofoto görüntü üzerinden koordinat okumaları yapılmıştır. Kutupsal alım yöntemi referans kabul edilerek, dijital ortofotodan elde edilen konumsal verilerin doğruluğu belirlenmiş ve bununla birlikte iki yöntem maliyet yönünden karşılaştırılmıştır. Dijital ortofotodan elde edilen ortalama konum hatası ± 53.7 cm olarak bulunmuştur.

Esirtgen (2010), “Farklı Veri Kaynakları İle Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Analizi ve Kalite Değerlendirmesi” isimli tez çalışmasında İstanbul bölgesinde fotogrametrik yöntem, uydu teknikleri ve radar teknikleri kullanılarak toplanan verilerle sayısal yüzey modeli üretilerek doğruluk analizi ve kalite değerlendirme yapılmıştır. Açık orman, yerleşim, çalılık ve bozuk yüzey olmak üzere 5 arazi sınıfını içeren 10x10 km’lik bir alanda referans veri olarak 1/1000 ölçekli sayısal fotogrametrik haritalardan 3 m örneklenmiş sayısal yüzey modeli üretilerek 94 adet YKN ile doğruluk analizi yapılmıştır. Doğruluk analizi sonucunda referans verinin KOH değeri 1.45 m olarak bulunmuştur. Referans SYM’nin sonuçlarına göre açık alanları içeren bölgede KOH değeri 0.85 m, çalılık alanda 1.35 m, yerleşim alanı 1.42 m ve orman alanında 1.94 m olarak hesaplanmıştır.

Genç (2016), “İSKİ Genel Müdürlüğü Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımı İle True Ortofoto ve Halihazır Haritasının Yapımı” isimli çalışmasında İSKİ sahasına 24 adet yer kontrol noktası tesis edilmiş ve insansız hava aracı ile hava fotoğrafı çekimi yapılarak elde edilen görüntülerden true ortofoto, sayısal yüzey modeli ve nokta bulutu üretilmiştir. Nokta bulutu ve true ortofoto ile halihazır harita çizimleri gerçekleştirilmiştir.

Daramola vd. (2017), “Assessing the geometric accuracy of UAV-based orthophotos” İnsansız Hava Aracı Tabanlı Ortofotoların Geometrik Doğruluğunun Değerlendirilmesi isimli çalışmalarında insansız hava aracı ile elde edilen sayısal hava fotoğraflarının geometrik doğruluğunu analiz etmek amacıyla çalışma alanında UX5 hava kamerası ile 100 m yükseklikten 3.2 cm yer örnekleme aralığında hava fotoğrafı çekimi yapılmıştır. Daha sonra sayısal yüzey modeli ve ortofoto üretimi yapılmıştır. Üretilen ortofotolar ve sayısal yüzey modeli, GPS ölçümü ile elde edilen 10 adet denetleme noktası ile kontrol edilerek KOH değeri yatay doğruluk 3.207 m ve düşey doğruluk 0.884 m

olarak hesaplanmıştır. Yer kontrol noktalarının KOH değeri yatay doğruluk 0.292 m, düşey doğruluk 0.231 m olarak hesaplanmıştır. Bulunan değerler ulusal standartlarda olması gereken değerlerin altında olduğu bulunmuştur. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen ürünlerin haritalama çalışmalarında kullanılabilmesi görülmüştür.

Karasaka vd. (2017), “Geometric analysis of digital aerial images” Dijital hava Görüntülerinin Geometrik Analizi isimli çalışmalarında Bursa ilinde 10 cm ve 30 cm yer örnekleme aralığında uçuş gerçekleştirilmiştir. 10 cm yer örnekleme aralığındaki hava fotoğrafları DMC-II sayısal hava kamerası ile 30 yer örnekleme aralığındaki hava fotoğrafları Vexcel Ultracam X sayısal hava kamerası ile çekilmiştir. 30 cm YÖA için 30 adet YKN ve 15 adet denetleme noktası kullanılmış olup 10 cm YÖA için 18 adet YKN ve 5 adet denetleme noktası kullanılarak fotogrametrik nirengi dengeleme işlemleri yapılmıştır. Dengeleme sonucunda 30 cm yer örnekleme aralığında olan blokta KOH değeri yatayda 1.0 pikselin altında, düşeyde ise 1.2 pikselin altında bulunmuştur. 10 cm yer örnekleme aralığında ise yer kontrol noktaları ve denetleme noktalarının KOH değeri yatayda ve düşeyde 1.0 pikselin altında bulunmuştur. Bulunan sonuçlar Türkiye’deki ulusal standartlara ve ASPRS standartlarına göre uygun bulunmuştur. 30 cm yer örnekleme aralığında çekilen sayısal hava fotoğraflar ile 1/5000 ölçeğinde sayısal topoğrafik haritaların üretilebileceği, 10 cm yer örnekleme aralığında çekilen sayısal hava fotoğraflar ile 1/1000 ölçeğinde sayısal topoğrafik haritaların üretilebileceği görülmüştür.

Tsarovski (2015), “Accuracy Evaluation and Quality Control of Digital Orthomaps-Sheets” Sayısal Ortofoto ve Paftaların Doğruluk Değerlendirmesi ve Kalite Kontrolü isimli çalışmada ortalama uçuş yüksekliği 3600 m’den 1/30.000 ölçeğinde hava fotoğrafı çekilmiştir. GNSS yöntemi ile ölçülen 144 adet yer kontrol noktasından 25 adeti dikey yönde ve 24 adedi denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Yer kontrol noktalarının KOH değerleri x, y ve z yönünde sırasıyla 0.042 m, 0.037 m ve 0.014 m olarak ve denetleme noktalarının KOH değerleri x, y ve z yönünde sırasıyla 0.121 m, 0.131 m ve 0.366 m olarak bulunmuştur. Üretilen ortofoto harita üzerinde belirgin olarak görünen 20 adet denetleme noktası seçilerek denetleme noktalarının arazide ölçülen koordinatları karşılaştırılmıştır. Analiz sonucunda KOH değeri yatay yönde 0.319 m bulunmuştur. Elde edilen doğrulukla 1/2500 ölçeğinde birinci sınıf topoğrafik haritaların üretilebileceği görülmüştür.

3. MATERYAL METOT

3.1 Fotogrametrinin Gelişim Süreci

Fotogrametri yeryüzündeki nesnelere fiziksel temas olmadan fotoğraflar yardımıyla nesnelere özellikleri hakkında bilgilere ulaşmak ve bu bilgileri doğru ölçmek ve yorumlamaktır. Fotogrametri kelimesi Yunanca literatüre girmiş bir kelime olarak üç köklü bir kelimenin birleşmesinden oluşmaktadır. Bu kelimeler Photo (ışık), Grama (çizim), Metron (ölçme) anlamına gelmektedir (Yaşayan, vd. 2011).

İlk oluşturulan haritaların amacı, insanların yaşama, beslenme ve avlanma bölgelerini belirlemek ve haritaları ortak bir sembol ile kayalık bölgelere çizerek günümüz kartografyasında bulunan sembollerin temellerini oluşturmuşlardır (Bilgi, 2007).

Çatalhöyük şehir planı dünyada en eski yapılan harita olarak bilinmektedir. Yaklaşık 8200 yıl önce yapılmış ve 1963 yılında Çatalhöyük'te yapılan kazı çalışmalarında bulunmuştur. Harita 3 metre uzunluğunda ve 0,9 metre yüksekliğindedir. Şekil 3.1'de gösterilen Çatalhöyük haritası Ankara Anadolu Medeniyetleri Müzesinde sergilenmektedir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.1 Çatalhöyük Haritası (Bilgi, 2007).

Uzaktan algılama teknolojik olarak gelişmeden önce yeryüzündeki nesnelere ait çeşitli bilgilerin toplanması ile üretilen haritaların oluşturulmasında hava fotoğrafları kullanılmıştır. Uzaktan algılamada hava fotoğraflarının kullanılması günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte yeryüzündeki objelerin detaylı olarak analizine olanak sağlamıştır.

Fotogrametri uzaktan algılama sistemleri yardımıyla yeryüzünde bulunan nesnelere ve çevresiyle ilgili güvenilir doğru bilgilerin elde edilmesi, kaydedilmesi,

ölçülmesi ve analizi yaparak sunulmasını içeren teknolojidir. Fotogrametri yöntemi ile çekilen ilk fotoğraflar askeri, tıp ve uzay alanlarıyla deprem, yangın, sel gibi afet olaylarında hasar tespit çalışmalarında kullanılmıştır.

1827 yılında Joseph Nicephore Niepce tarafından Şekil 3.2’de gösterilen ilk fotoğraf çekilmiştir. “Heliographs” ismini verdiği ve pozlama süresi yaklaşık 8 saat olan alet ile odasının penceresinden fotoğraf çekmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.2 İlk Çekilen Fotoğraf (Bilgi, 2007).

Fransız Aime Laussedat 1849 yılında ilk fotogrametrik aletleri ve teknikleri geliştirerek yersel fotogrametriyi başlatmıştır (Bilgi, 2007).

İtalyan jeodezici ve optik mühendis Paulo Ignazio Pietro Porro 1839 yılında ilk takeometreyi ve 1847 yılında ise üç asimetrik merceği kullanarak optik bir sistem geliştirmiştir. 1865 yılında “photogoniometre” isimli mercek distorsiyonu hatasını ortadan kaldıran aleti icat ederek fotogrametrinin gelişmesine katkı sağlamıştır (Bilgi, 2007).

Fransız Albay Chevallier 1868 yılında fotogrametrik düzeltme platformunu icat etmiş ve 1889 yılında George Eastman Kodak firması sahibi esnek selüloid film ile yersel fotoğrafçılık ve hava fotoğrafçılığının önemini arttırmıştır (Bilgi, 2007).

Fransız Gaspard Felix Tournachon 1855 yılında Paris’te balon ile 80 m yüksekliğe çıkarak fotoğraf makinesi kullanarak tarihteki ilk hava fotoğrafı çekmeyi başarmıştır. Balondan hava fotoğrafı çekmeye başlanması savaşta düşmanları gözlemek

ve hava tahminleri yapma fikrini beraberinde getirmiştir. Çekilen fotoğrafların keşif ve gözetleme açısından askeri amaçlı kullanılmasında faydalı olacağı belirtilmiştir. Toumachon Fransız ordusu ile 1859 yılında askeri amaçlı fotoğraf çekmek ve hava fotoğraflarından harita üretmek için anlaşmıştır. 1859 yılında Kumandan Napolyon hava fotoğraflarını ve üretilen haritaları Solferino savaşında Avusturya'ya karşı kullanmıştır (Bilgi, 2007).

Toumachon 1968 yılında daha yükseklere çıkarak Paris'in hava fotoğrafını çekmiştir. 1860 yılında ise 366 m yükseklikten Boston şehrinin hava fotoğrafını çekmiştir. Şekil 3.3'te balondan çekilen hava fotoğrafları gösterilmiştir (Bilgi, 2007).



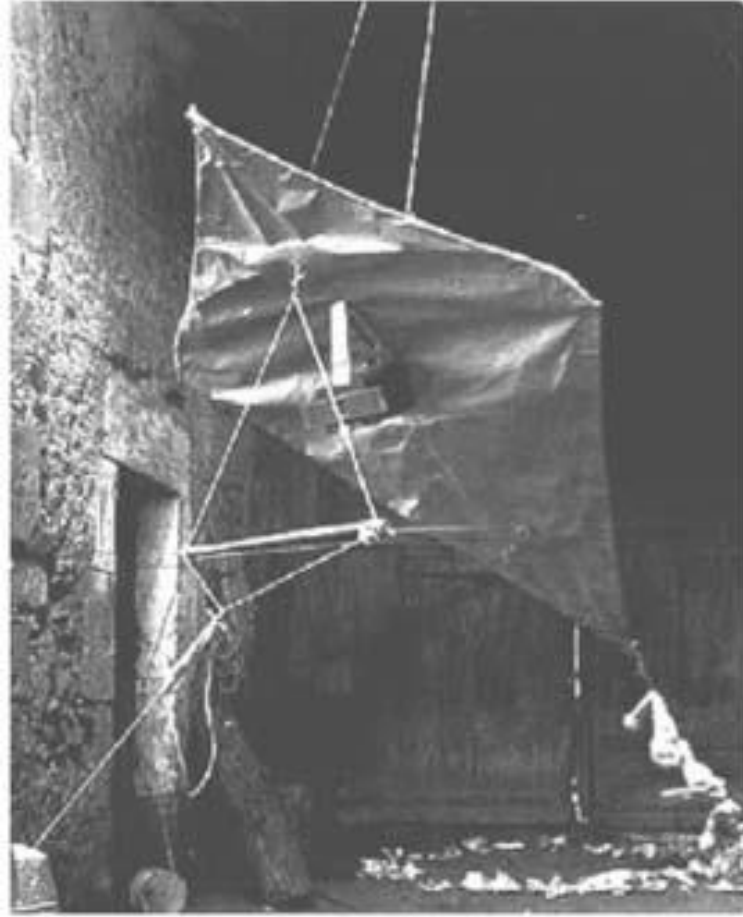
a. Paris'te Balondan Çekilen Fotoğraf



b. Boston'da Balondan Çekilen Fotoğraf

Şekil 3.3 Balondan Çekilen Fotoğraflar (Bilgi, 2007).

Balondan hava fotoğrafı çekimi sırasında balonun düşman ateşine karşı dayanıklı olmaması ve düşmesi nedeniyle yeni yöntemler arayışıyla birlikte uçurtmalar kullanılmaya başlanmıştır. Ancak fotoğraf makinelerinin ağır olması dezavantaj olarak uçurtmanın fazla yük taşıyamaması nedeniyle uçurtma havalanamıyordu. Bu sorunu çözmek için uçurtmalar için daha hafif fotoğraf makineleri üretilmiştir. Kaliteli bir fotoğraf makinesini kaldırabilmek için birden fazla uçurtma birbirine bağlanarak 1880 yılında M.Arthur Batut tarafından Şekil 3.4'te gösterilen uçurtma ile Şekil 3.5'te gösterilen Fransa Labruquiere'nin hava fotoğrafı çekilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.4 Fotoğraf Makinesi Takılmış Bir Uçurtma (Bilgi, 2007).



Şekil 3.5 Uçurtma İle Çekilen Fransa Labruguiere'nin Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).

Julius Neubranner 1903 yılında 30 saniye aralıklarla fotoğraf çekebilen ve 70 gram ağırlığında bir fotoğraf makinesi üretmiştir. 1909 yılına geldiğinde uluslararası fotoğraf fuarında Şekil 3.6'da gösterildiği gibi güvercinlere fotoğraf makinesi bağlayarak Şekil 3.7'de gösterilen hava fotoğrafı çekimi yapmıştır. Çekilen hava fotoğraflarında

güvercinin kanatlarının görünmesi ve istenen bölge yerine farklı bölgelerin fotoğraflarını çekmesi ve bununla birlikte güvercinlerin savaşlarda kullanılmaya başlanmış olmasıyla savaşlarda güvercinlere ateş edilmesi sonucu düşürülmelerinden dolayı kullanımından vazgeçilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.6 Fotoğraf Makinesi Bağlanan Güvercin (Bilgi, 2007).



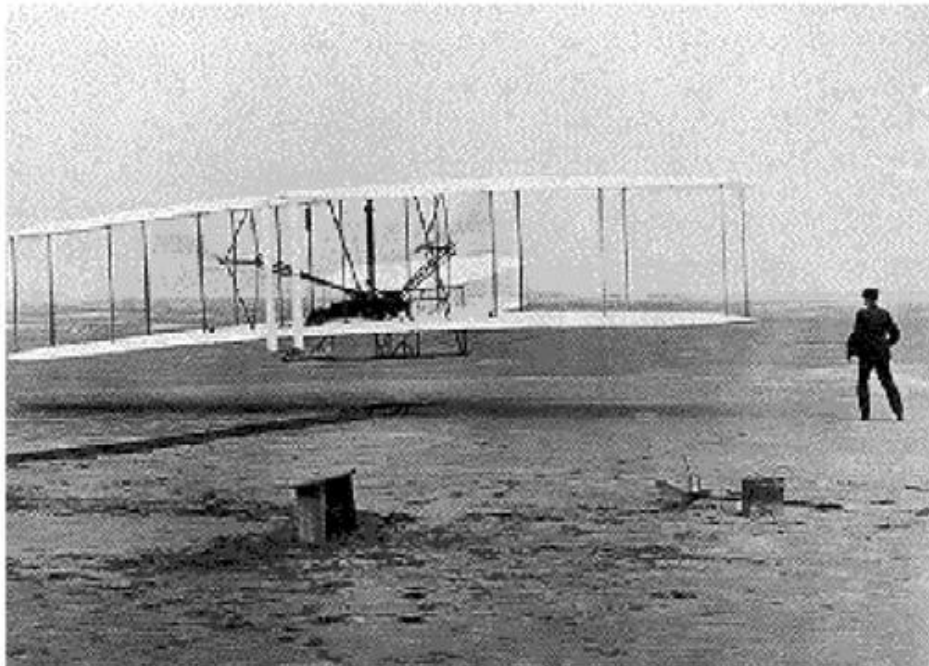
Şekil 3.7 Güvercinin Çektiği Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).

George R. Lawrence 1906 yılında San Francisco şehrinde meydana gelen deprem sonucunda çıkan yangınlara maruz kalmıştır. George R. Lawrence 22,2 kg ağırlığındaki 48 cm x 122 cm ebadında hava fotoğrafı çekebilen fotoğraf makinesini 17 adet uçurtmaya bağlayarak Şekil 3.8’de gösterilen hava fotoğrafı çekilmiştir (Bilgi, 2007).



Şekil 3.8 San Francisco’da Meydana Gelen Deprem Sonrası Uçurtmadan Çekilen Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).

Wilbur Wright ve kardeşi Orville 17 Aralık 1903 tarihinde Şekil 3.9’da gösterilen ilk pilotlu uçağı icat ederek tarihe geçmişlerdir. Bu uçağın ağırlığı 340 kg ve motoru 12 beygirdir. Wilbur Wright’ın pilotluğunda kamera operatörü olarak L.P.Bonvillain tarafından 1908 yılında uçuş sırasında Fransa üzerinden fotogrametrik amaçlı Şekil 3.10’da gösterilen ilk hava fotoğrafı çekimi yapılmış ve 1909 yılında ise İtalya’da ilk hareketli hava fotoğrafı çekimi yapılmıştır (Bilgi, 2007).



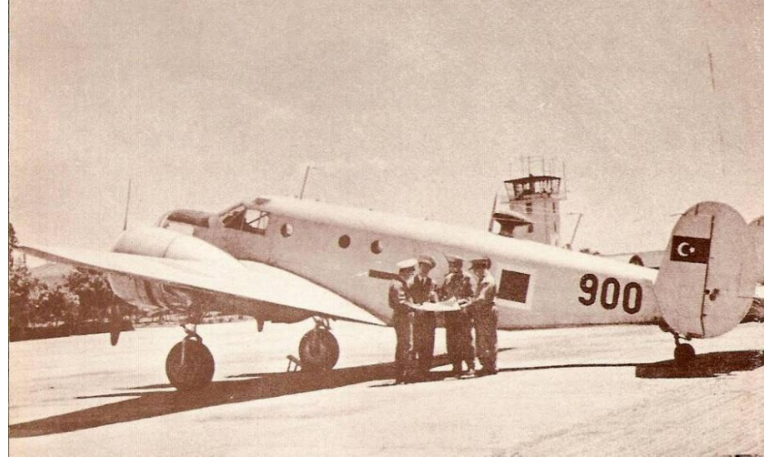
Şekil 3.9 1903 Yılında Yapılan İlk Pilotlu Uçak (Bilgi, 2007).



Şekil 3.10 1908 Yılında Uçaktan Çekilen İlk Hava Fotoğrafı (Bilgi, 2007).

1914 yılında I. Dünya savaşı sırasında uçaktan keşif amaçlı hava fotoğrafı çekimleri yapılmıştır. Ancak savaşın ilk sıralarında uçakta bulunan gözlemci tarafından görülebildiği kadar krokiler çizilmiştir. Daha sonra çizilen bu krokilerin doğru olmadığı anlaşılması üzerine hava fotoğrafı kullanılmaya başlanmıştır. Bununla birlikte hava fotoğrafı makineleri geliştirilerek fotoğraf üzerinde daha ayrıntılı bilgiler tespit edilmiştir. II. Dünya savaşı başlamasıyla tüm ülkelerde hava fotoğrafı çekerek fotogrametrik yöntemle üretilen haritaların kullanımı artmıştır (Bilgi, 2007).

Ülkemizde fotogrametrik amaçlı 1936 yılında Harita Genel Müdürlüğü (HGM) tarafından çekilen hava fotoğrafları ile 1:25.000 ölçekli harita üretimine başlanmıştır. Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte uçakların yüksek irtifalara çıkması, sayısal hava kameralarının yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekmesi ve görüntü işleme tekniklerinin gelişimiyle birlikte kullanıcılara yüksek doğrulukta ekonomik ve kaliteli haritalar üretilmektedir. Şekil 3.11'de 1944 yılında fotogrametri hava ekibinin uçuş hazırlığı ve Şekil 3.12'de günümüzde HGM envanterinde bulunan uçaklar gösterilmiştir.



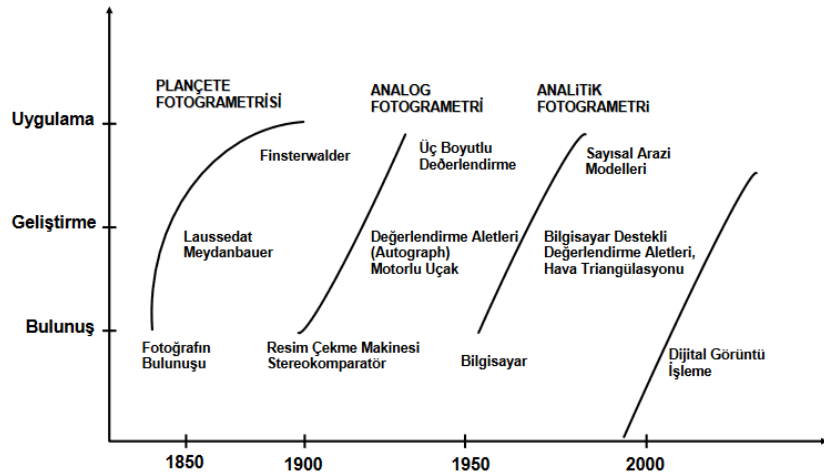
Şekil 3.11 1944 Yılında Fotogrametri Hava Ekibinin Uçuş Hazırlığı (URL 1).



Şekil 3.12 Beechcraft Super King Air B-200 (2 Adet) Model ile B-350 ER model hava fotoğrafı çekim uçağı (URL 2).

3.2 Fotogrametrik Ölçüm Yöntemleri

Fotogrametri gelişen teknoloji ile birlikte uçak, fotoğraf makinesi ve görüntü işleme tekniklerinde meydana gelen gelişmelere bağlı olarak değişim göstermiştir. Fotogrametride tarihsel değişim gösteren yöntemler plançete fotogrametrisi, analog fotogrametri, analitik fotogrametri ve sayısal görüntü işleme olarak Şekil 3.13'te sunulmuştur.



Şekil 3.13 Fotogrametride Tarihsel Değişimi Gösteren Grafik (Yastıklı, 2009).

3.2.1 Plançete Fotogrametrisi

Fotoğraflar üzerinde ölçülen açı (doğrultu), mesafe ile projektif ve perspektif geometrinin kavramlarını kullanarak vektör harita üretimi için kullanılan fotogrametri yöntemidir (Yaşayan vd, 2011).

Şekil 3.14'te 1935 yılında yerden fotoğraf çekimi yapan ekibin arazi çalışması gösterilmiştir.



Şekil 3.14 1935 Yılında Yerden Fotoğraf Çekimi Yapan Ekibin Arazi Çalışması (URL 2).

3.2.2 Analog Fotogrametri

Optik veya optik mekanik değerlendirme aletlerinde stereo model oluşturacak şekilde çekilmiş fotoğraflar kullanılarak nesnenin üç boyutlu modelinin stereoskopi yöntemiyle yeniden elde edilmesi ve nesnenin çizimsel yöntemle değerlendirildiği fotogrametri yöntemidir (Yaşayan vd, 2011).

Şekil 3.15'te 1970 yılında Zeiss C-8 aletiyle fotogrametrik kıymetlendirme işlemi yapılırken çekilen fotoğraf gösterilmiştir.

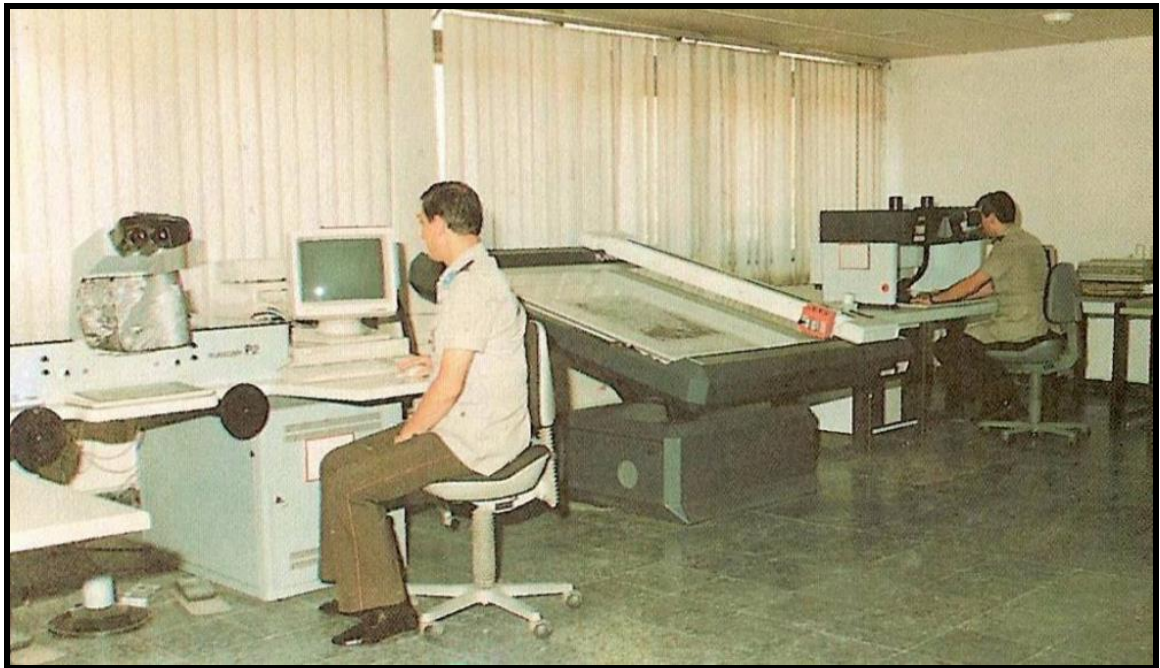


Şekil 3.15 1970 Yılında Zeiss C-8 Aletiyle Fotogrametrik Kıymetlendirme Yapılırken (URL 2).

3.2.3 Analitik Fotogrametri

İşlemlerin matematiksel yöntemlerle yapıldığı stereo modelden kıymetlendirme yapılan aletlere bilgisayar ve elektronik ölçme sistemlerinin eklenmesiyle bazı yöneltme, ölçme ve değerlendirme işlemlerinin yarı otomatik ya da otomatik olarak yapıldığı fotogrametri yöntemidir (Yaşayan vd, 2011).

Şekil 3.16'da 1997 yılında Zeiss Planicomp P analitik alet sistemiyle fotogrametrik kıymetlendirme işlemi yapılırken çekilen fotoğraf gösterilmiştir.



Şekil 3.16 1997 Yılında Zeiss Planicomp P Analitik Alet Sistemiyle Fotogrametrik Kıymetlendirme Yapılırken (URL 2).

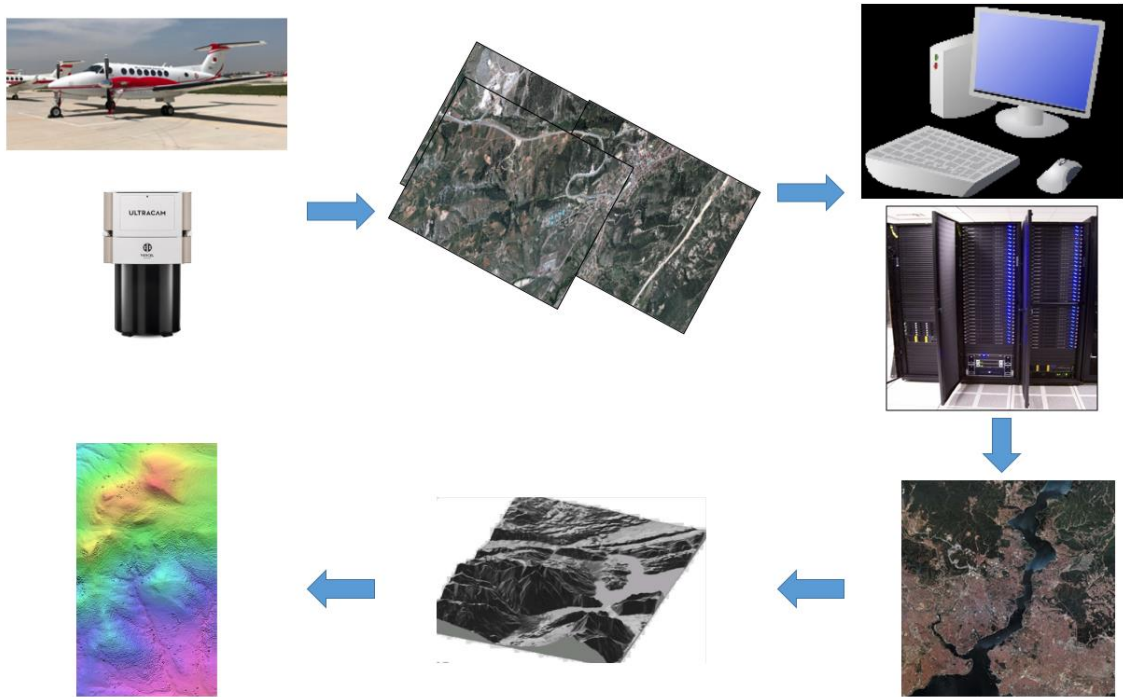
3.2.4 Sayısal Fotogrametri

Stereo model oluşturan fotoğrafların yüksek grafik işlemcili bilgisayarlar ile sayısal formata dönüştürüldükten sonra bütün değerlendirme işleminin yapıldığı fotogrametri yöntemidir (Yaşayan vd, 2011).

Sayısal Fotogrametride analog fotoğraflar yerini sayısal fotoğraflara bırakmıştır. Ölçme ve değerlendirme işlemlerinin tamamı bilgisayar ortamında yapılmaktadır. Sayısal kameralar veya tarayıcılar kullanıldığında, fotoğraflar doğrudan bilgisayar ortamına aktarılabilmektedir. Üretilen sayısal arazi modeli ve ortofotolar bilgisayar ortamında saklanabilmekte ve kullanıcılara depolama, yönetim uygulama kolaylığı sağlayabilmektedir. Sayısal fotogrametrinin gelişimi coğrafi bilgi sistemleri ve uzaktan algılama ile bütünleşme sağlamıştır (Karşlı, 2014).

Sayısal fotogrametri analitik fotogrametri işlemlerinin sayısal görüntülerin üzerine aktarılmasıdır. Fotoğraflar uygun tarayıcılar ile taranıp bilgisayar ortamına aktarılarak sayısallaştırılır. Sayısal görüntüler piksel matrisi olarak bilgisayar ortamında depolanır. Görüntüler bilgisayar ortamında işlenerek analitik fotogrametri ile sayısal veriler üzerinden ölçümler yapılabilir (Derenyi, 1996).

Sayısal fotogrametri ile yarı otomatik ve otomatik nokta ölçümü, koordinat dönüşümü ve stereo model oluşturulması için görüntü eşleştirme işlemleri yapılır. Şekil 3.17’de gösterilen işlem sonucunda sayısal yükseklik modeli ve ortofoto üretilir (Konecny, 2003).



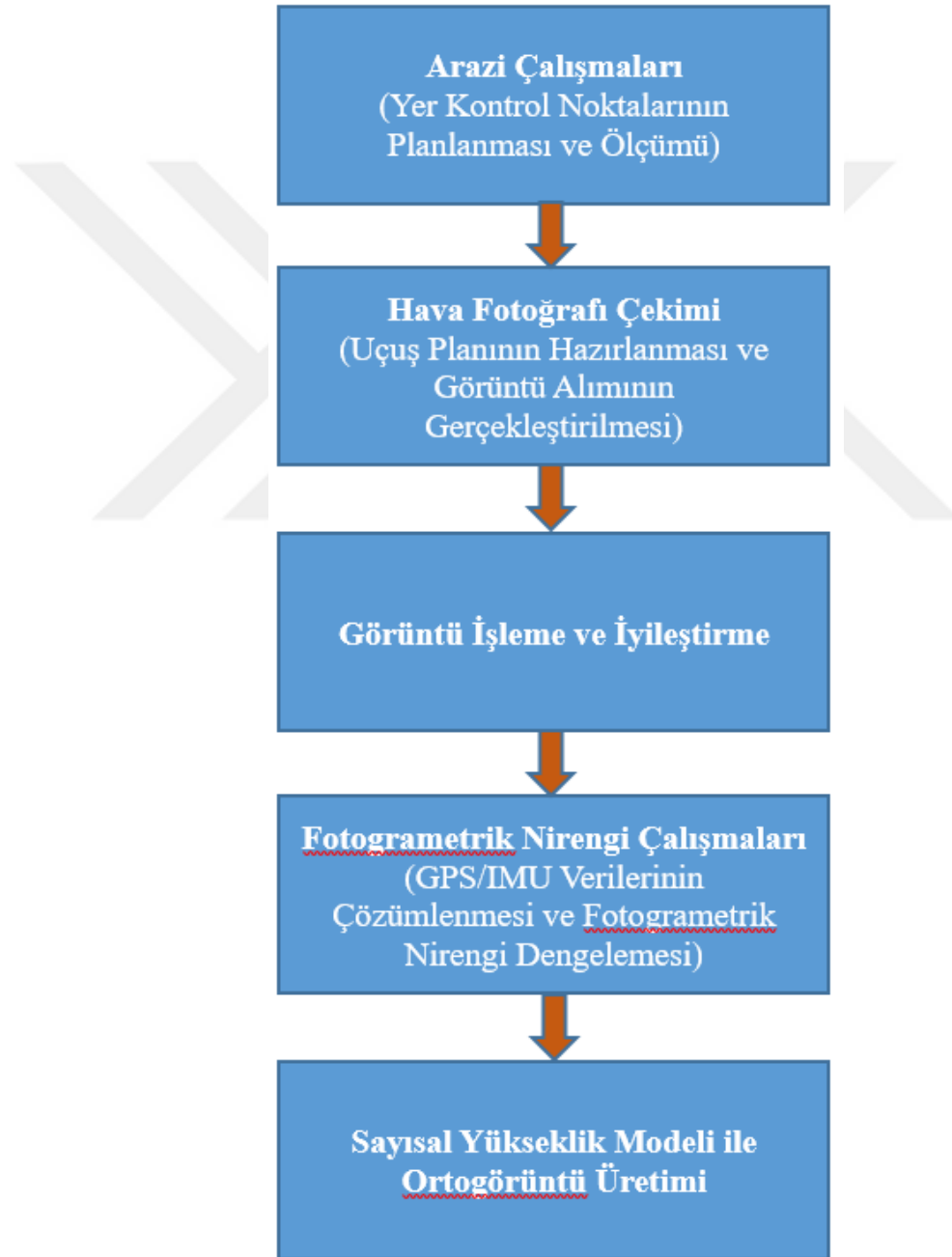
Şekil 3.17 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları.

3.3 Ortofoto Harita Üretim Süreci

Fotogrametri ölçme ve değerlendirme işlemleri ile nesnelerin çevresi ile etkileşimi sonucu oluşturduğu ışınların görüntüleri veya fotogrametrik görüntülerin oluşturduğu stereo modelden elde edilen veriler üzerinden yapılmaktadır (Gürbüz, 2006).

Fotogrametrik yöntemle arazi çalışmaları harita üretiminde büsbütün ortadan kalkmaktadır. Fotogrametrinin gelişmesiyle arazi çalışmalarının yoğun bölümünü oluşturan ayrıntılı ölçmeler büroda yapılmaktadır (Yaşayan vd, 2011).

Fotogrametrik çalışmalarda ortogörüntü üretim süreci Şekil 3.18’de gösterilmiştir.



Şekil 3.18 Sayısal Fotogrametri İşlem Adımları.

3.3.1 Uçuş Planının Hazırlanması ve Hava Fotoğrafı Çekiminin Gerçekleştirilmesi

Uçuş planının yapılabilmesi için hava fotoğrafı çekimi yapılacak alanın belirlenmesi gerekir. Hava fotoğrafı çekimi yapılacak alan belirlendikten sonra kamera ve fotoğraf ölçeğinin belirlenmesi gerekir. Bu parametreler çekilecek fotoğrafın amacına göre belirlenir. Kırsal alanlarda topoğrafik harita üretimi için geniş açılı kameralar kullanılması uygun olacaktır (Yaşayan vd, 2011).

Fotoğraf ölçeği üretilecek haritanın kullanım amacına, değerlendirme yöntemine ve doğruluk derecesine göre seçilir. Ölçeğin olabildiğince küçük seçilmesi durumunda fotoğraf sayısı az olacağından daha ekonomik olacaktır (Yaşayan vd, 2011).

Fotoğraflarda ayrıntıların tanımlanabilmesini fotoğraf ölçeğinin küçük olması engeller. Aynı zamanda stereo değerlendirme amaçlı fotoğraf çekiminde haritaya aktarılacak bilgilerin tanınabilmesi Eşitlik 3.1 ile fotoğraf ölçeğine göre hesaplanarak Çizelge 3.1’de gösterildiği gibi bir sınırlama getirir (Yaşayan vd, 2011).

$$m_r = 200\sqrt{m_k} \quad (3.1)$$

m_k = Harita ölçeğinin paydası

m_r = Fotoğraf ölçeğinin paydası

Çizelge 3.1 Harita ve Fotoğraf Ölçeklerine Göre Büyütme Oranları.

Harita ölçeği (m_k)	1000	2000	5000	10000	25000	50000	1000000
Fotoğraf ölçeği (m_r)	6000	9000	14000	20000	32000	45000	65000
Büyütme oranı (m_r / m_k)	6,0	4,5	2,8	2,0	1,3	0,9	0,6

Şekil 3.19’da örnek olarak gösterilen uçuş planı hazırlanırken; arazinin engebe durumu proje alanının konumu ve proje alanının biçimi göz önünde tutulur.

Uçuş planlarında kolonlar arasında yer örnekleme aralığı farkı $\pm \%10$ ’u geçmesine izin verilmez. Bunu önlemek için yer örnekleme aralığı farkı $\pm \%10$ ’u geçen kolonlar bölünerek yeni bir kolon oluşturulur (BÖHHBÜY, 2018).

Uçuş planlanırken klasik ortofoto harita üretiminde ileri bindirme oranı en az $\%70$, yan bindirme oranı en az $\%30$ olmalı ve gerçek (true) ortofoto üretimde ileri bindirme oranı $\%80$, yan bindirme oranı $\%60$ olmalıdır (BÖHHBÜY, 2018).



Şekil 3.19 Uçuş Planı (Yaşayan vd, 2011).

Hava fotoğrafı çekimi için aviyonik sistemi özel hazırlanmış Şekil 3.20'de gösterilen uçaklar kullanılarak en az 3 uçuş ekibinden oluşan: pilot, navigatör ve fotoğrafçı tarafından uçuş planında olduğu gibi hava fotoğraflarının çekimi gerçekleşir.



Şekil 3.20 Hava Fotoğrafı Çekiminde Kullanılan Uçak (URL 2).

3.3.2 Yer Kontrol Noktalarının Planlanması ve Ölçümü

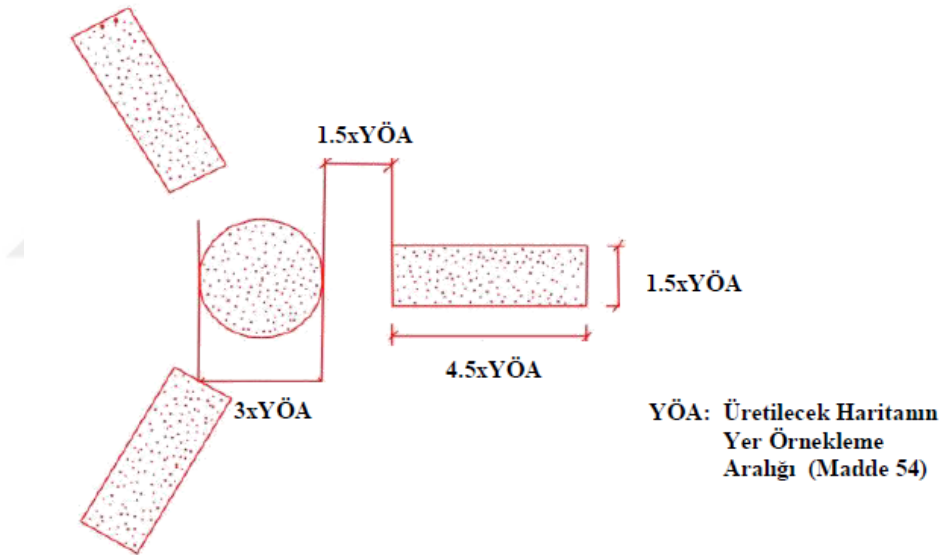
Yer kontrol noktaları hava fotoğrafı çekiminden önce fotoğrafta görülebilecek yerlere jeodezik yöntemlerle tesis ve ölçümü gerçekleştirilen noktalardır. Proje alanında yer kontrol noktaları arasındaki uzaklık fotoğraf ölçeğine bağlı olarak hesaplanarak planlama yapılır. Hava fotoğrafı çekiminden önce yer kontrol noktaları araziye tesis edilmiş olmalıdır. (Yaşayan vd, 2011).

Yer kontrol noktaları fotoğrafın çekim anındaki algılayıcının konumunun yöneltmesinin hesaplanmasında kullanılır. Hesaplama ışın demetlerinin

dengelemesiyle veya uzay geriden kestirme algoritmalarını kullanarak fotoğraf orta nokta koordinatları ve dönüklük parametrelerini (X, Y, Z, omega, phi, kappa) hesaplayarak fotoğraftaki bir pikselin yeryüzündeki tam karşılığını bulmak için kullanılır (Yılmaz, 2002).

Fotogrametrik nirengi uygulamasında yer kontrol noktalarının koordinatları jeodezik yöntemlerle hesaplanır ve fotogrametrik nirengi noktaları olarak isimlendirilir. Fotogrametrik nirengi stereo modelleri oluşturan fotoğrafların ayrı ayrı mutlak yöneltmesi yerine tamamının nirengi noktaları ile yöneltmesinde kullanılır. Üç boyutlu benzerlik dönüşümü hesabı veya uzay geriden kestirme yöntemiyle yöneltme işlemi yapılır (Yaşayan vd, 2011).

Yer kontrol noktalarının işaretlemesi arazide zemin üzerine boyama veya geçici plakalar takılması ile yapılır. Bu işaretlerin fotoğraf üzerinde çapı veya kenarı Şekil 3.21’de gösterildiği biçimde tesisi yapılır (BÖHHBÜY, 2018).



Şekil 3.21 Yer Kontrol Noktası İşareti (BÖHHBÜY, 2018).

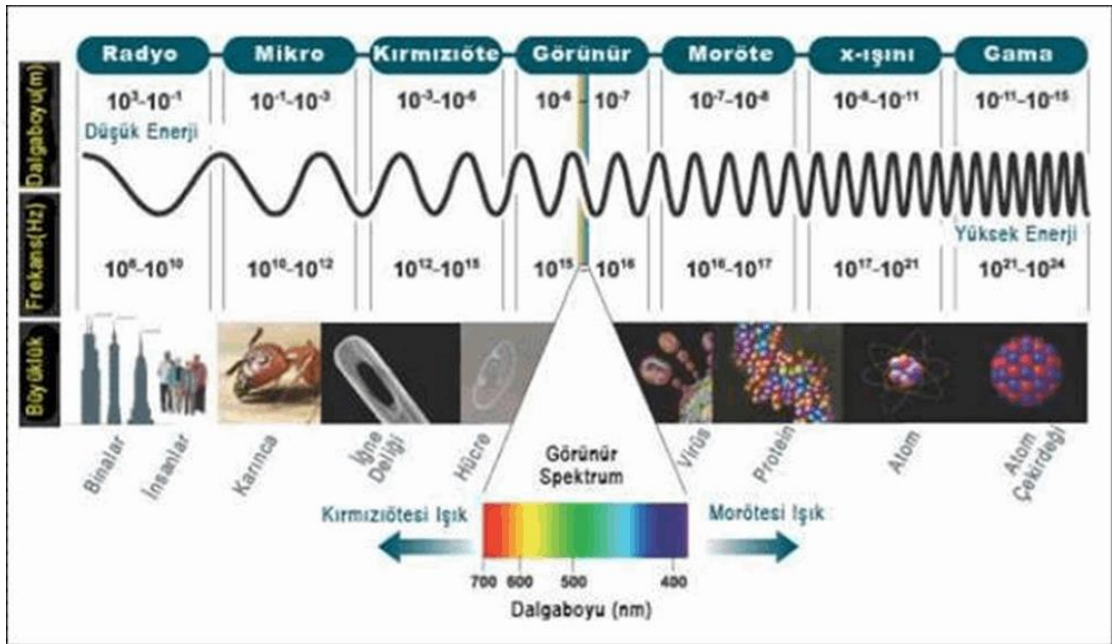
3.3.3 Görüntü İşleme ve İyileştirme

Sayısal hava fotoğrafında bir pikselin radyometrik ve geometrik olmak üzere iki temel özelliği bulunmaktadır. Radyometrik özellik bir pikselin algıladığı elektromanyetik spektrumdaki gri değerleri, geometrik özellik ise fotoğrafın piksel matris koordinatları ile tanımlanır (Yaşayan vd, 2011).

Çözünürlük, görüntüdeki bir pikselin taşıdığı bilgilerin kalitesini belirtir.

Geometrik çözünürlük; sayısal hava fotoğrafında birim alana düşen piksel sayısı olarak tanımlanır. Bir pikselin boyutu geometrik çözünürlüğü ifade eder. Piksel boyutu sayısal hava kamerası sensör özelliği ile ilgilidir (Yaşayan vd, 2011).

Radyometrik çözünürlük; sayısal hava fotoğrafında bir pikselin algıladığı Şekil 3.22’de gösterilen elektromanyetik spektrumdaki gri değeri aralığı olarak ifade edilir. Radyometrik çözünürlük 8 bit olarak kaydedilen siyah-beyaz görüntüdeki gri değer aralığı $2^8=256$ olarak veya siyahın gri değeri 0 beyazın gri değeri 255 olmak üzere 256 farklı gri seviye değeri bulunmaktadır. Radyometrik çözünürlük farkları Şekil 3.23’te gösterilmiştir.



Şekil 3.22 Elektromanyetik Spektrum (URL, 3).



Şekil 3.23 Radyometrik Çözünürlük Farkları (URL, 3).

Görüntüyü oluşturan piksellerin gri değerlerinin dağılımını gösteren grafiğe histogram denir. Histogramdan yararlanarak kontrast ayarı ile görüntü zenginleştirilebilir. Histogram eşitleme ile piksel gri değer dağılımını yeniden düzenleyerek radyometrik düzeltme yapılmış olur (Yaşayan vd, 2011).

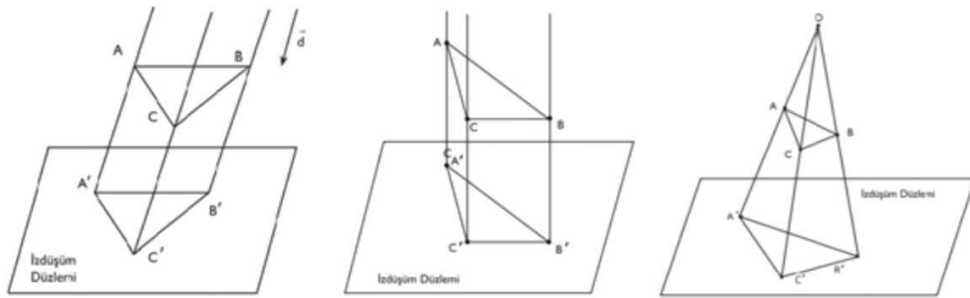
Radyometrik düzeltme sensörlerin dış etkenlerden kaynaklı sistematik hata olan gölge ve atmosfer etkisi gibi hataların giderilmesi işlemidir.

3.3.4 Fotogrametrik Nirengi Çalışmaları

Fotogrametrik nirengi çalışmalarının temel amacı fotoğraf ve çalışma sahası arasında matematiksel bağıntılar kurulmasıdır. Araziye tesis edilen yer kontrol noktalarının sayısal hava fotoğraflarında okumalar yapılarak matematiksel bağıntılarla piksel koordinatları arazi koordinatlarına dönüştürülür.

Kinematik GPS destekli Fotogrametrik nirengi yöntemi ile blokta kullanılan yer kontrol noktası sayısı en aza indirilerek %90-95'lik bir tasarruf sağlayarak uçuş sırasında fotoğraf çekim noktalarının GPS yardımıyla arazi koordinatlarının belirlenmesi yöntemidir (Yaşayan vd, 2011). Hava fotoğrafı çekiminden sonra GPS/IMU verileri ham veri formatında olduğundan dolayı TUSAGA-Aktif istasyon verileri ve GPS düzeltme verileri ile çözümleme yaparak yaklaşık dış yöneltme parametreleri hesaplanır.

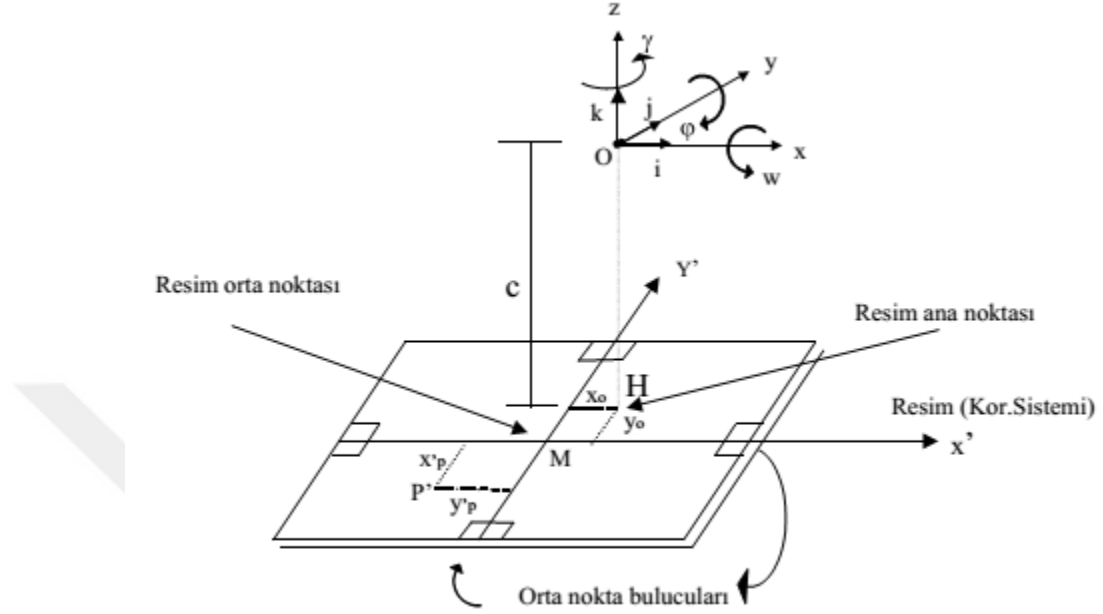
Fotogrametride arazideki nesneye ait koordinatlar iki boyutlu bir düzleme geometrik bağıntılar yardımıyla Şekil 3.24'te gösterilen 3 farklı yöntem ile aktarılır (Yaşayan vd, 2011).



a-) Paralel izdüşüm b-) Dik (Ortogonal) izdüşüm c-) Merkezsel izdüşüm
Şekil 3.24 Üç Boyuttan İki Boyutlu Düzleme Aktarma Yöntemleri (Yaşayan vd, 2011).

Fotoğrafların çekim anındaki konumuna getirilmesi işlemine fotoğrafların yöneltmesi olarak isimlendirilir. Fotoğrafların doğru konuma getirilmesi için yöneltme işlemi iç yöneltme ve dış yöneltme olmak üzere iki şekilde yapılır. İç yöneltme sayısal hava kameralarında bulunan kalibrasyon raporundaki kamera bilgilerini içerir. Dış yöneltme ise karşılıklı yöneltme ve mutlak yöneltme olarak yapılır.

İç yöneltme elemanları Şekil 3.25'te gösterilen resim ana noktası H'nin orta noktaya göre konumu ve iz düşüm merkezinin resim düzlemine olan mesafesidir. Bu değer fotogrametride x_H , y_H , c , yersel fotogrametride X_H , Y_H , c elemanlarından oluşur (Ergün, 2019).

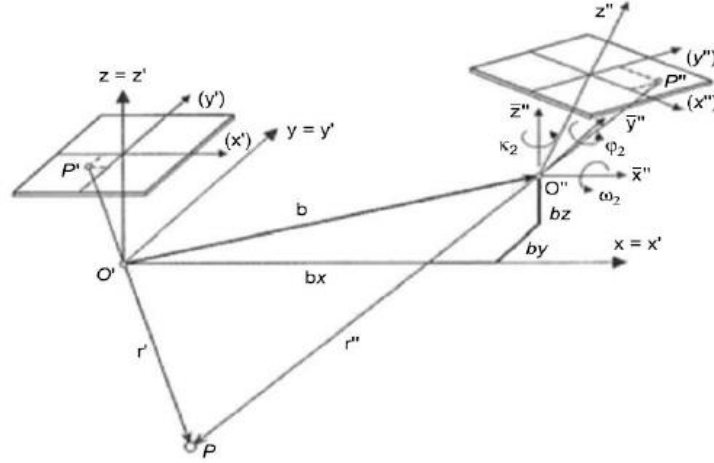


Şekil 3.25 İç Yöneltme Parametreleri (Ergün, 2019).

Karşılıklı yöneltme; bir P noktasına ilişkin iki izdüşüm ışınının kesişebilmesi için bu iki ışının aynı düzlemde olması gerekir. Öncelikle her iki fotoğraftan elde edilen ışın demetleri birbirlerine göre konumları ayarlanır ve eşlenik noktalardan gelen ışınlar ise birbirleri ile kesişmesi sağlanır. Karşılıklı gelen ışınlar birbiri ile kesişimi sağlandıktan sonra aynı düzlemde olması koşulu düzlemdeşlik koşulu ile sağlanır (Yaşayan vd, 2011).

$O'P$ ve $O''P$ ışınları aynı düzlemde olması koşulu Eşitlik 3.2 ile ifade edilerek Şekil 3.26'da gösterilen düzlemdeşlik koşulu sağlanmış olur (Luhmann vd, 2007).

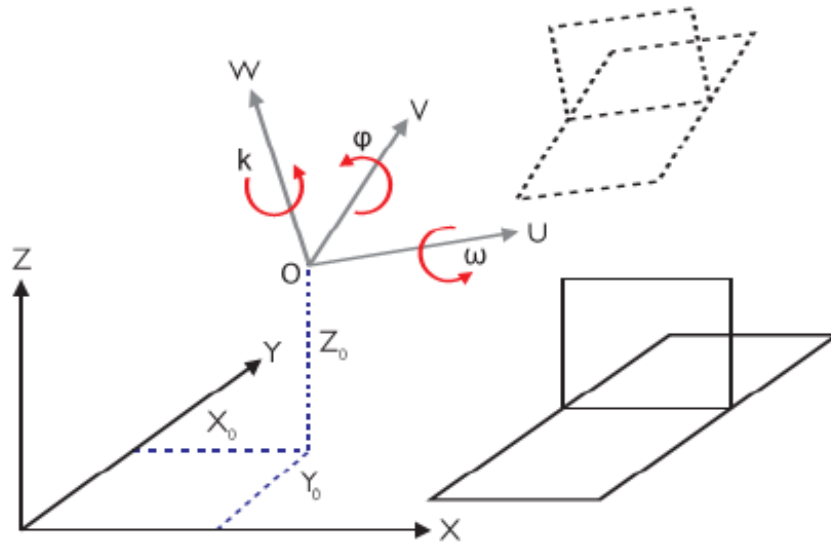
$$(x^t \ y^t \ -c) \begin{bmatrix} 0 & b_z & -b_y \\ -b_z & 0 & b_x \\ b_y & -b_y & 0 \end{bmatrix} R^t \begin{bmatrix} x^u \\ y^u \\ -c \end{bmatrix} = 0 \quad (3.2)$$



Şekil 3.26 Fotoğraf Koordinatları ve Karşılıklı Yönelme İşlemi (Luhmann vd, 2007).

Mutlak yönelme; karşılıklı yönelme ile elde edilen uzay modelinin ölçeği belirsiz olduğu için konumu ve yönelmesi belirli değildir. Model istenilen ölçeğe getirilmesi ve arazi koordinat sistemindeki yer kontrol noktası veya detaya ait koordinat değerleri ile model koordinatlarının ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Burada öteleme $X_0Y_0Z_0$ ile, dönüklük $\varphi \omega \kappa$ ile ve ölçek λ ifadeleri Eşitlik 3.3 bağıntısı kullanılmak üzere Şekil 3.27'de gösterildiği gibi benzerlik dönüşümü yapılarak öteleme ve dönüklük hataları giderilir (Yaşayan vd, 2011).

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \lambda \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \\ Z_0 \end{bmatrix} \quad (3.3)$$



Şekil 3.27 Benzerlik Dönüşümü (Yaşayan vd, 2011).

Fotogrametrik nirengi dengeleme fotoğraflarda en az 9 adet bağlama noktası yeterlidir. Ancak blokları sağlamlaştırmak ve hataların bulunmasını kolaylaştırmak için bağlama noktası sayısı artırılmalıdır. Işın demetleriyle blok dengelemesinde resim koordinatları Eşitlik 3.4'te gösterilen bağıntılar ile arazi koordinatlarına dönüştürülür (Özbalımcu, 2019).

$$x = x_h' - c \cdot \frac{r_{11}(X - X_0) + r_{21}(Y - Y_0) + r_{31}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)} \quad (3.4)$$

$$y = y_h' - c \cdot \frac{r_{12}(X - X_0) + r_{22}(Y - Y_0) + r_{32}(Z - Z_0)}{r_{13}(X - X_0) + r_{23}(Y - Y_0) + r_{33}(Z - Z_0)}$$

c = kamera sabiti

x_h', y_h' = asal nokta konumu

x, y = resim koordinatları

X, Y, Z = Bilinen arazi koordinatları

X_0, Y_0, Z_0 = İzdüşüm merkezi koordinatları

r = Resim ve arazi koordinat sistemleri arasındaki ortogonal dönüklük matrisi

λ = Resim ve arazi koordinat sistemleri arasındaki ölçek faktörü

3.3.5 Sayısal Yükseklik Modeli ile Ortogörüntü Üretimi

Fotogrametri teknolojinin gelişmesiyle birlikte sayısal arazi modeli, sayısal yüzey modeli, ortogörüntü, 3 boyutlu modeller, vektörel haritalar ve coğrafi veriler yaygın olarak üretilen ürünlerdir.

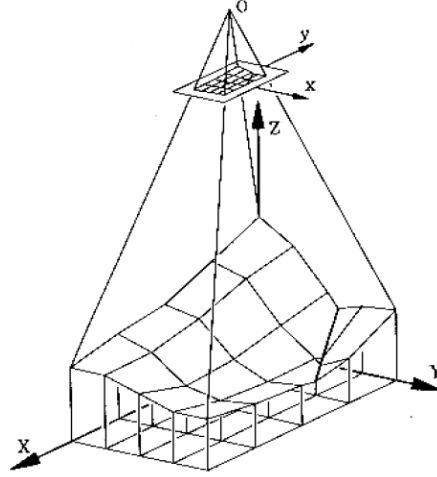
Ortofoto; arazi topoğrafyasındaki yükseklik farklarından kaynaklanan yer değiştirmeleri ile algılayıcı yönelme hatası, yeryüzü küreselliği ve mercek bozulmalarından kaynaklanan hataların giderildiği ortogonal görüntülerdir.

Gerçek (True) Ortofoto; ortofotodaki hata kaynaklarına ek olarak topoğrafya üzerindeki bina, köprü ve benzeri nesnelerin yüksekliklerin kaynaklanan hataları gidererek nesnelerin gerçek düzlemde olması gerektiği konumlarında gösterildiği ortofotolardır.

Sayısal Arazi Modeli; yeryüzünde bulunan insan yapısı detaylar ve bitki örtüsünün çıkarılmış sadece arazi yüzeyini temsil eden çoğunlukla düzenli karasel grid yapıda veya düzensiz üçgensel formda olan yükseklik bilgisini içeren verilerdir.

Sayısal Yüzey Modeli; yeryüzünde bulunan insan yapısı detaylar ve bitki örtüsünün dahil edildiği ve arazi yüzeyini de temsil eden çoğunlukla düzenli karasel grid yapıda veya düzensiz üçgensel formda olan yükseklik bilgisini içeren verilerdir.

Bir bölgenin sayısal arazi modeli (SAM) mevcutsa fotoğraf çiftleri üzerinden o bölgenin ortofoto üretimi yapılabilir. SAM kullanıcılara herhangi bir mevkide yerin yüksekliğini hesaplama kullanılır. SAM ve fotoğraf arasındaki ilişki Şekil 3.28'de gösterilmiştir (Karalar vd, 2003).



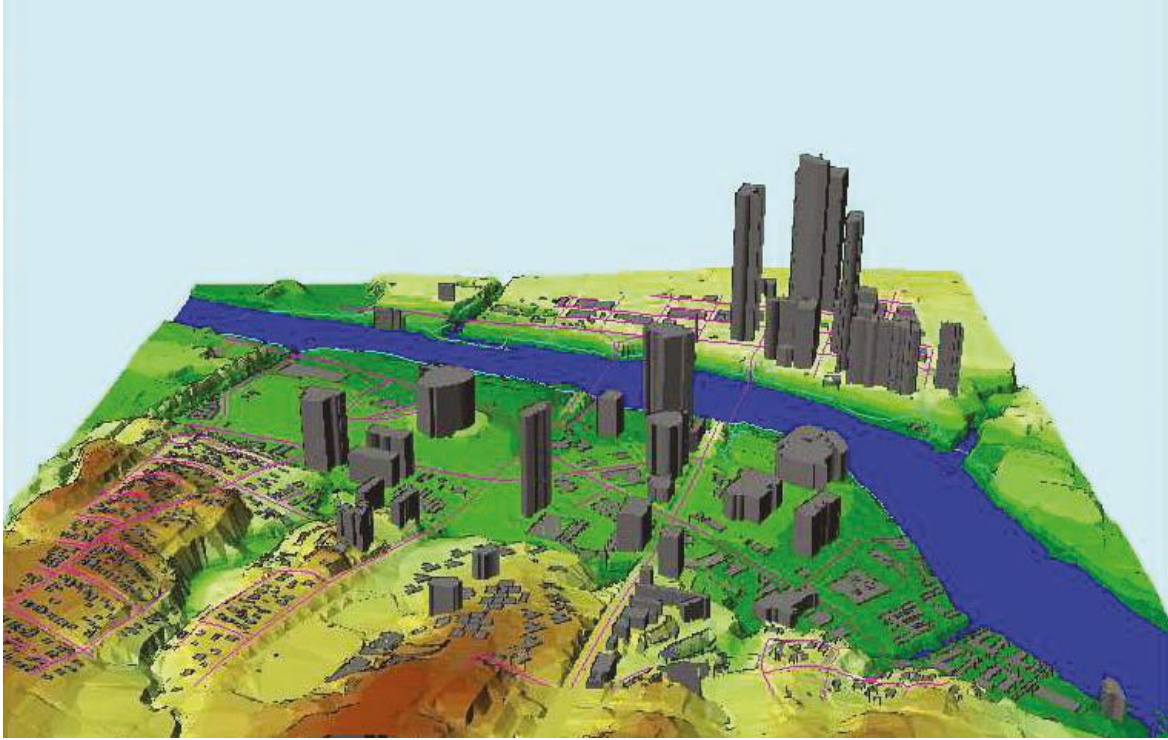
Şekil 3.28 Sayısal Arazi Modeli ve Fotoğraf Arasındaki İlişki (Karalar vd, 2003).

Şekil 3.29'da Sayısal arazi modelinin görsel olarak görünümü sunulmuştur.

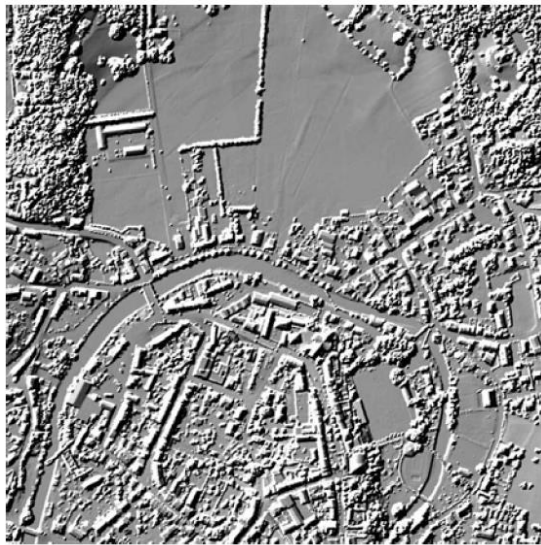


Şekil 3.29 Sayısal Arazi Modeli (Yaşayan vd, 2011).

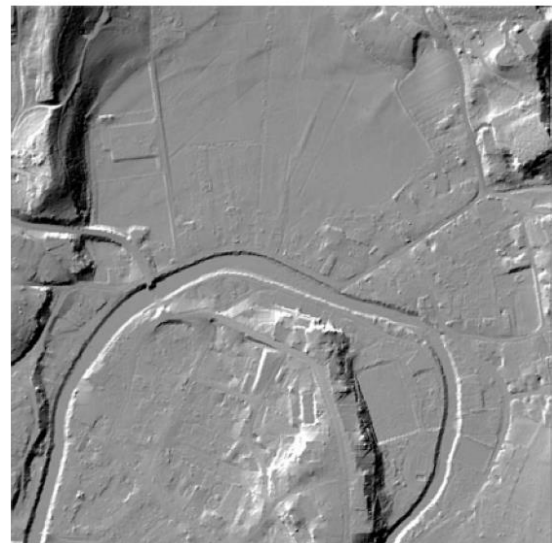
Teknolojinin gelişmesi sonucunda yeryüzünde yürütülen çalışmalar artmakta bununla birlikte yeryüzü hakkında güncel ve yüksek doğrulukta bilgilere olan ihtiyaç doğru orantılı olarak artmaktadır. Yeryüzünde bulunan bina, ağaç, kule ve diğer nesnelerin yüzeyini gösteren sayısal yüzey modelinden elde edilen yükseklik bilgilerine ihtiyaç duyulmuştur. Sayısal yüzey modeli (SYM) Şekil 3.30'da SYM ve SAM görsel karşılaştırılması Şekil 3.31'de gösterilmiştir.



Şekil 3.30 Sayısal Yüzey Modeli (Yaşayan vd, 2011).



a. Sayısal Yüzey Modeli



b. Sayısal Arazi Modeli

Şekil 3.31 Sayısal Yüzey Modeli ve Sayısal Arazi Modeli Gösterimi (Çam vd, 2013).

Klasik ortofoto üretimi sayısal fotoğraflardan sayısal yöntemle elde edilen yükseklik bilgileri kullanılarak fotoğraf çekim anındaki kamera eğikliği ve arazi yükseklik farklarından oluşan hatalar giderilerek yeni bir sayısal görüntü elde edilir. Ortofotonun görüntü kalitesini güneş ışığının eğim açısı, kamera çözünürlüğü, diyafram ve poz süreleri gibi etkenler etkiler. Bu etkenler uygun şekilde belirlenmez ise komşu ortogörüntüler arasında parlaklık ve kontrast farklılıkları oluşur. (Yaşayan vd, 2011).

Gerçek (true) ortofoto sayısal yüzey modeli kullanılarak elde edilen ortogonal ortofotolardır. Gerçek (true) ortofoto üretimin klasik ortofotodan en önemli farkı topoğrafya üzerindeki bina, köprü ve benzeri nesnelerin yüksekliklerinden kaynaklanan projeksiyon hatalarının giderilerek nesnelerin konum doğruluğunu artırılması ile daha gerçekçi bir görünüm elde edilmesidir. Klasik ortofotonun oluşturulmasında meydana gelen veri kayıpları gerçek (true) ortofoto üretimi ile giderilmektedir.

Klasik ortofoto üretimi Şekil 3.32’de ve gerçek (true) ortofoto üretimi Şekil 3.33’te gösterilmiştir.



Şekil 3.32 Klasik Ortofoto (URL, 4).



Şekil 3.33 Gerçek (True) Ortofoto (URL, 4).

4. KLASİK ORTOFOTO VE GERÇEK (TRUE) ORTOFOTO HARİTA GÖSTERİMİ

Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de sayısal arazi modeli kullanılarak üretilen klasik ortofoto ile sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen gerçek (true) ortofoto üretimlerine bakıldığında klasik ortofotoda veri kayıplarının olduğu görülmektedir (Nielsen, 2004).



a. Klasik Ortufoto

b. Gerçek (True) Ortufoto.

Şekil 4.1 Klasik Ortufoto ve Gerçek (True) Ortufoto Gösterimi 1 (Nielsen, 2004).



a. Klasik Ortufoto

b. Gerçek (True) Ortufoto.

Şekil 4.2 Klasik Ortufoto ve Gerçek (True) Ortufoto Gösterimi 2.

Şekil 4.3’te gösterildiği gibi vektör harita verisi klasik ortofoto üzerine atıldığında binalar ile uyum sağlamadığı ancak gerçek (true) ortofoto üretiminde binalar ile daha uyumlu olduğu görülmüştür (Nielsen, 2004).



a. Klasik Ortofoto

b. Gerçek (True) Ortofoto.

Şekil 4.3 Vektör Harita Verisi Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerine Atılarak Gösterilmiştir (Nielsen, 2004).

Şekil 4.4'te gösterildiği gibi halihazır harita çizimleri ile klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto kontrolü yapılmıştır. Vektör harita verisi ile binalar kontrol edildiğinde gerçek (true) ortofoto üretiminde binaların konum doğruluğunun klasik ortofotoya göre daha doğru olduğu görülmüştür (Genç vd, 2016).



a. Klasik Ortofoto

b. Gerçek (True) Ortofoto.

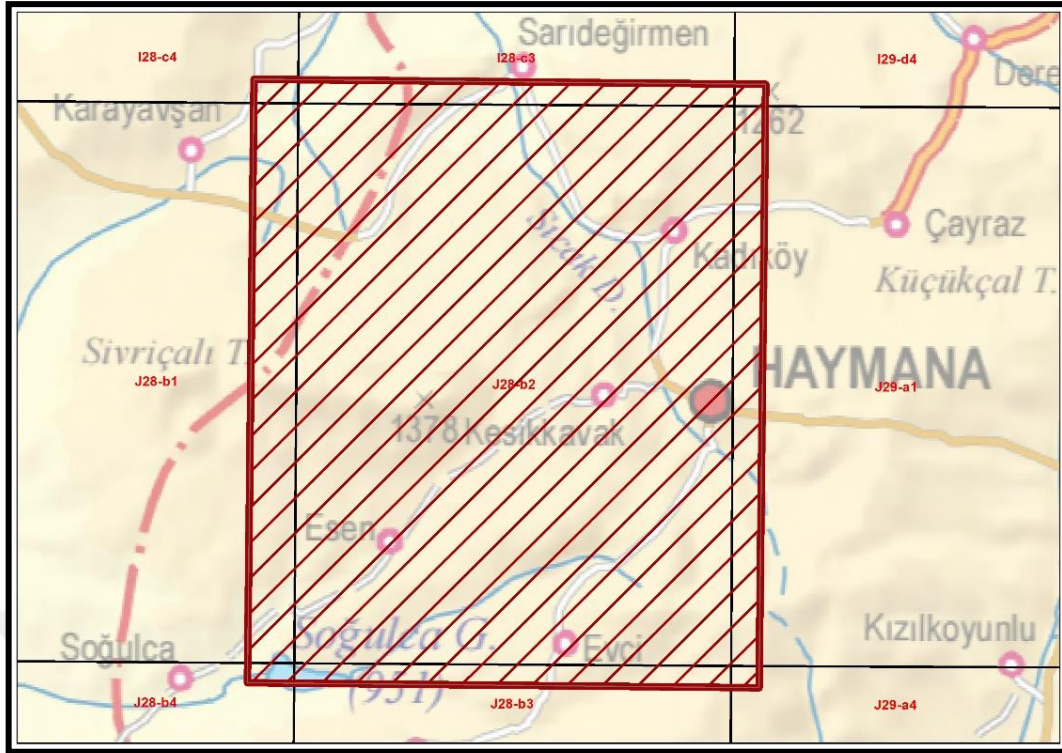
Şekil 4.4 Halihazır Harita Çizimlerinin Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerine Atılarak Gösterilmiştir (Genç vd, 2016).

5. UYGULAMA

Bu çalışmada; Haymana bölgesinde, 15 km x 15 km büyüklüğündeki bir alanda, *Ultracam Eagle M3* sayısal hava kamerası ile ileri bindirme oranı **%90**, yan bindirme oranı **%60** olacak şekilde, **30 cm** yer örnekleme aralığında (YÖA) çekilmiş hava fotoğrafları kullanılmıştır. Gerek fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işlemlerinde gerekse yapılan kontrol işlemlerinde, Haymana bölgesinde tesis edilmiş ve konum bilgisi gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS) ile yatayda $\pm 1-3$ cm, düşeyde $\pm 1-5$ cm'den daha doğru olacak biçimde elde edilmiş olan **50 adet** yer kontrol noktası (YKN) kullanılmıştır. Söz konusu 50 YKN'nin 5 adedi fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işlemlerinde sabit nokta, 45 adedi ise test işlemlerinde denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Çekilen hava fotoğraflarının fotogrametrik nirengilerinin dengelenmesi işlemlerinde ilk olarak GPS/IMU değerlerinin çözümlenmesi ile yaklaşık yöneltme parametreleri elde edilmiş, müteakiben YKN kullanılarak nihai yöneltme parametreleri elde edilmiştir. Fotogrametrik nirenginin dengelenmesi sonucunda fotoğraflar ve dengelenmiş dış yöneltme parametreleri ile Sayısal Arazi Modeli (SAM), Sayısal Yüzey Modeli (SYM), Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto üretilmiştir. Bu kapsamda Klasik ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun doğruluk analizi ile birlikte SAM ve SYM verilerinden üretilen ortogörüntülerin birbirlerine göre doğruluk analizi yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

5.1 Çalışma Alanı

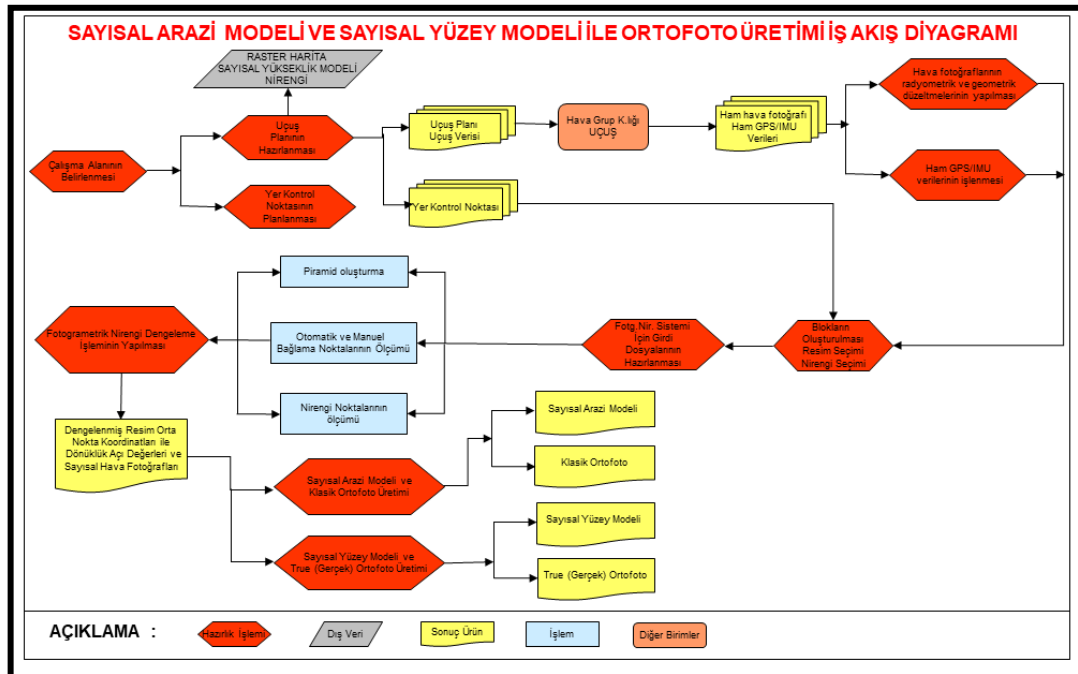
Çalışmada kullanılan ve Şekil 5.1'de gösterilen Ankara J28-b2 1/25.000 ölçekli pafta sınırlarına giren Haymana ilçesini kapsayan çalışma bölgesinin sayısal hava fotoğrafları, 2022 yılında Harita Genel Müdürlüğü tarafından *Ultracam Eagle M3* sayısal hava kamerası ile çekilmiştir.



Şekil 5.1 Çalışma Alanı.

5.2 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzeysel Modeli ile Ortofoto Üretimi İş Akışı

Sayısal arazi modeli ve sayısal yüzeysel modeli ile ortofoto üretimi Şekil 5.2’de verilen iş akışı diyagramına göre gerçekleştirilmiştir.



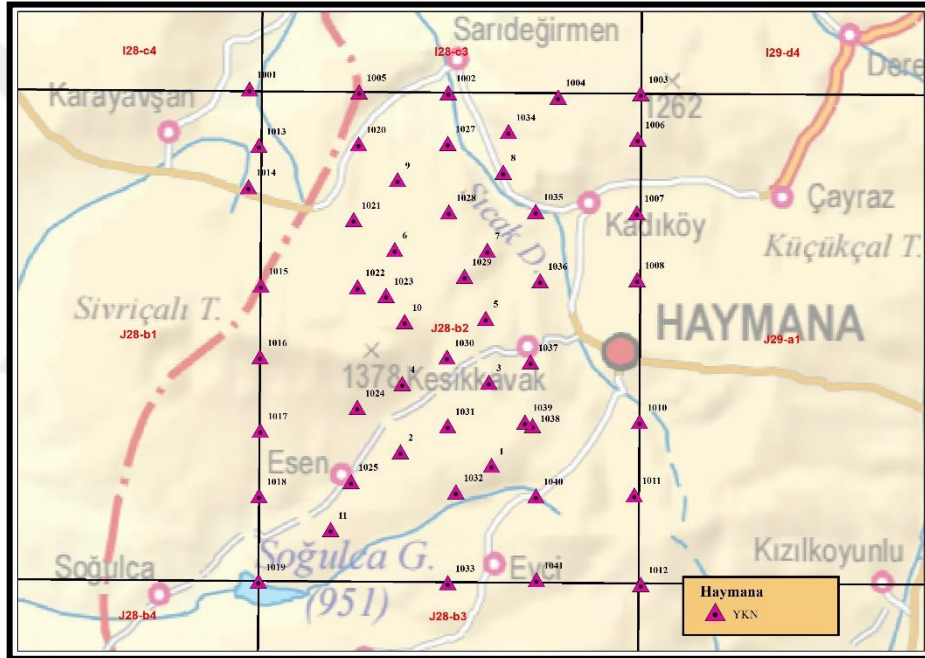
Şekil 5.2 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzeysel Modeli ile Ortofoto Üretimi İş Akışı Diyagramı.

5.3 Fotogrametrik Nirengi Dengelemede Kullanılan Veriler ve Yapılan Çalışmalar

Uygulamada Ultracam Eagle M3 sayısal hava kamerası ile çekilmiş hava fotoğrafları, araziye tesisi ve ölçümü yapılmış yer kontrol noktaları, fotogrametrik nirenginin dengelemesi sonucu elde edilen dış yöneltme parametreleri ve kamera kalibrasyon raporu kullanılmıştır.

5.3.1 Yer Kontrol Noktalarının Planlanması ve Ölçümü

Fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işlemlerinde kullanılmak üzere, 1:25.000 ölçekli Ankara J28-b2 paftasında, 50 adet YKN'nin tesisi ve koordinatlarının ölçümü planlanmıştır. Söz konusu noktaların dağılımı Şekil 5.3'te sunulmuştur. Tesis edilen yer kontrol noktalarının yerleri, 2020 yılında çekilen hava fotoğrafları ile üretilen ortofotolar kullanılarak belirlenmiştir.



Şekil 5.3 Yer Kontrol Noktalarının Dağılımını Gösteren Grafik.

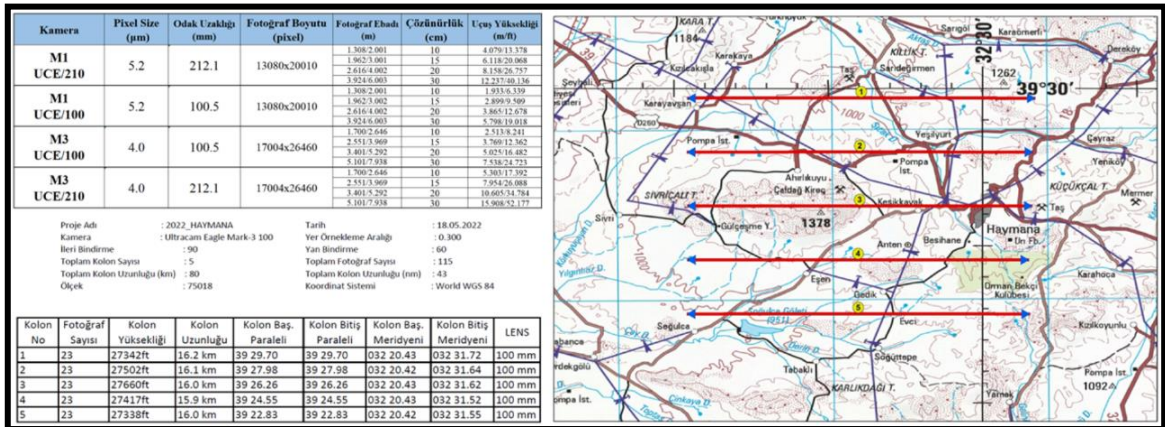
Planlanan 50 adet yer kontrol noktasındaki koordinat ölçümleri, gerçek zamanlı kinematik GPS (RTK GPS) ölçme yöntemiyle tamamlanmıştır. Her bir noktaya ilişkin aşağıdaki Şekil 5.4'te örnekte gösterildiği gibi araziye tesis edilerek koordinat ölçümü yapılmıştır.



Şekil 5.4 Örnek Yer Kontrol Noktası.

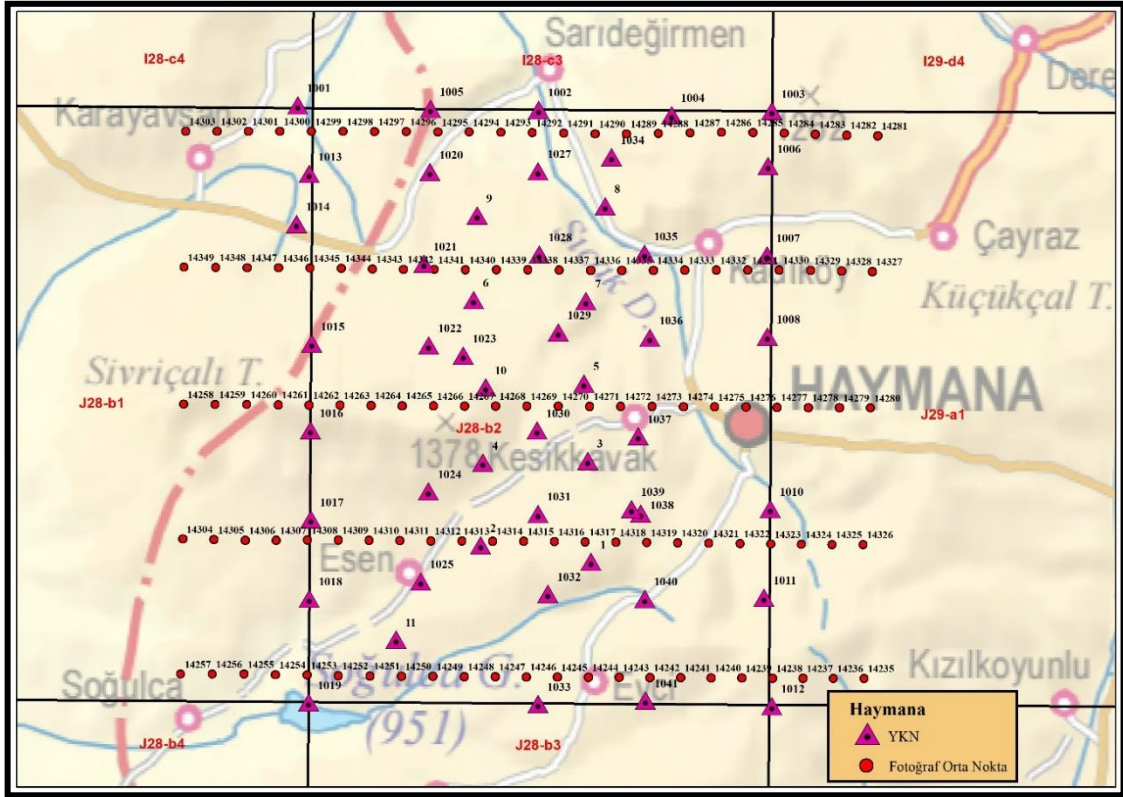
5.3.2 Hava Fotoğrafi Çekim Planının Hazırlanması

Çalışma bölgesinin Ultracam Eagle Mark3 (f:100.5 mm) sayısal hava kamerası ile 30 cm yer örnekleme aralığında; %90 ileri, %60 yan bindirme oranındaki hava fotoğraflarının çekilmesi amacıyla genel görünümü Şekil 5.5'te sunulan uçuş planı hazırlanmıştır.



Şekil 5.5 Hava Fotoğrafi Çekim Planı.

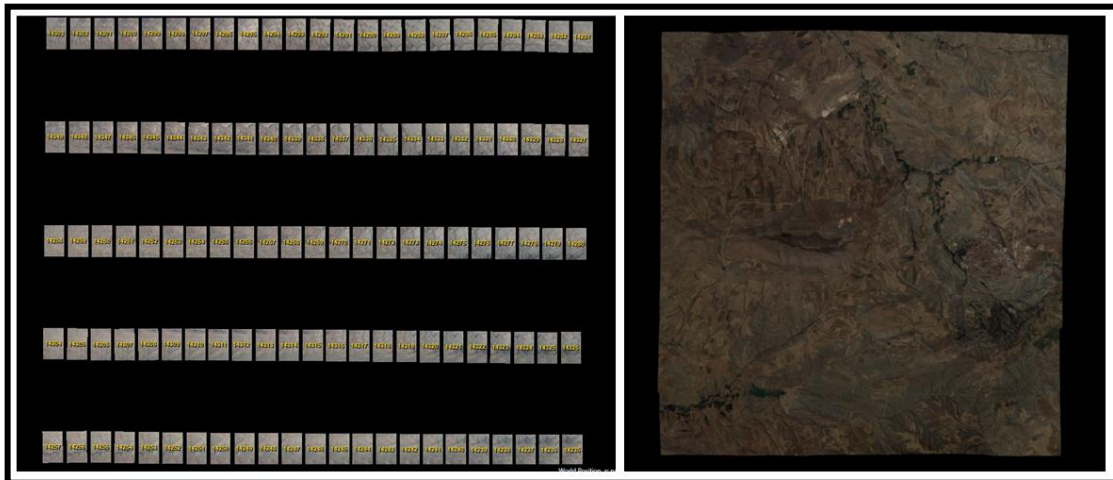
Hazırlanan uçuş planı doğrultusunda, 115 adet hava fotoğrafının çekimi, yaklaşık 27.000 ft yükseklikten gerçekleştirilmiştir. Çekilen hava fotoğraflarının dağılımı Şekil 5.6'da sunulmuştur.



Şekil 5.6 Hava Fotoğrafı Çekim İndeksi.

5.3.3 Ham Hava Fotoğraflarının İşlenmesi

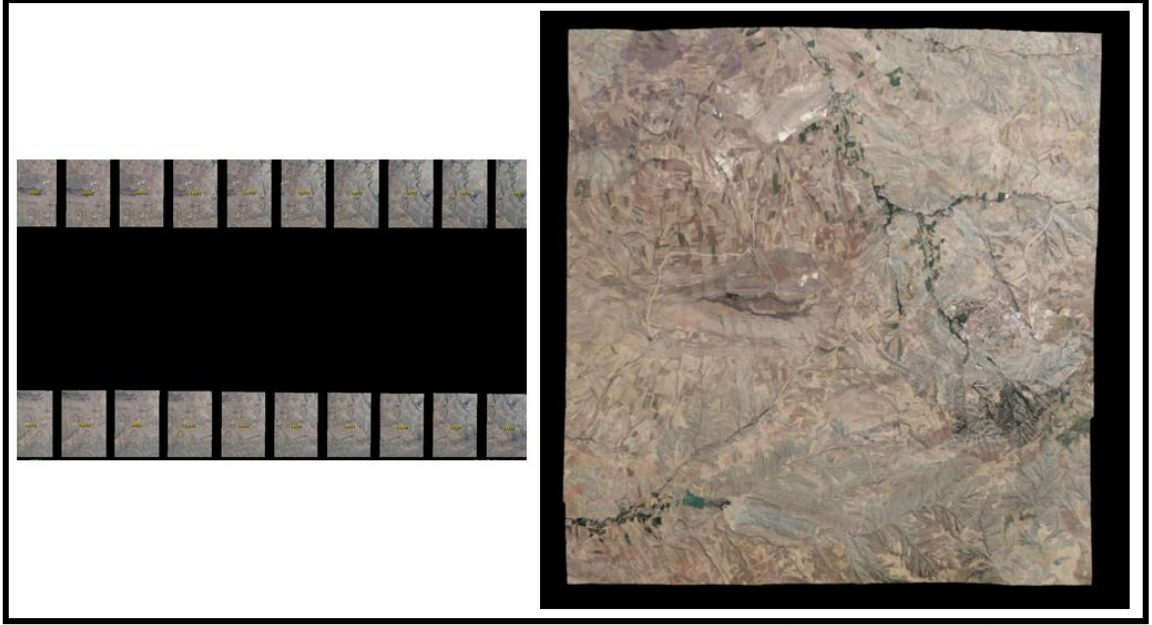
Hava fotoğrafı çekiminden sonra elde edilen Level-0 seviyesindeki ham görüntüler işlenerek Level-2 seviyesine yükseltilmiştir. Level-2 seviyesine yükseltilen bir görüntüye ilişkin görsel Şekil 5.7'de sunulmuştur.



a. Ham Hava Fotoğraflarının Genel Görünümü. b. Level-2 Seviyesine Yükseltilmiş Bir Görüntü.

Şekil 5.7 Ham Hava Fotoğraflarının İşlenmesi.

Daha sonraki işlem adımında Level-2 seviyesindeki görüntülere radyometrik düzeltme uygulanmış ve fotogrametrik nirengi işlemlerinde kullanılacak olan Level-3 seviyesindeki sayısal hava fotoğrafları TIFF formatında üretilmiştir. Radyometrik düzeltme sonrasında elde edilen görüntüye örnek bir görsel Şekil 5.8’de, Level-3 seviyesinde ve TIFF formatındaki sayısal hava fotoğrafına örnek bir görsel ise Şekil 5.9’da sunulmuştur.



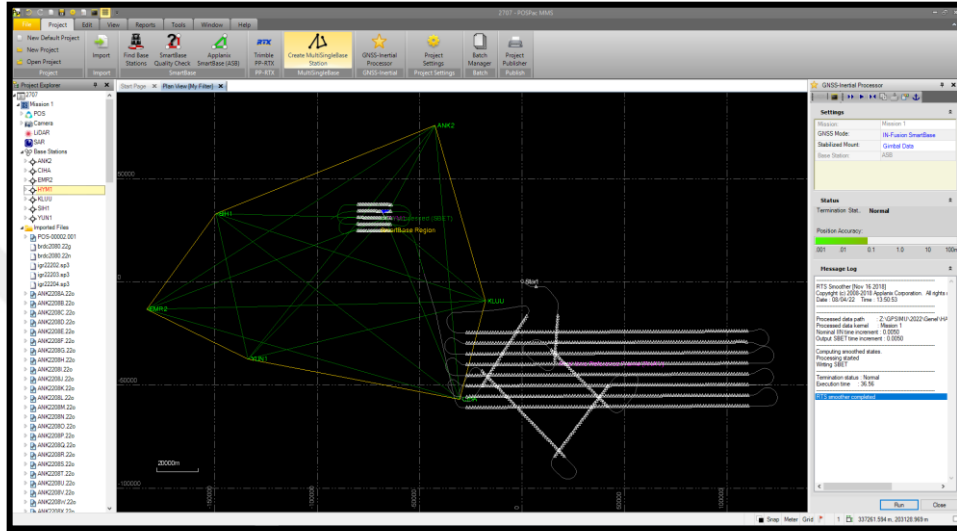
Şekil 5.8 Level-2 Seviyesindeki Görüntülerin Radyometrik Düzeltmesi Yapılması İşlemi.



Şekil 5.9 Sayısal Hava Fotoğrafi.

5.3.4 Ham GPS/IMU Verilerinin Çözülmesi

Hava fotoğrafı çekimi sırasında uçakta yer alan GPS/IMU sistemi tarafından ölçülen ham veriler, TUSAGA-Aktif istasyon verileri kullanılarak çözümlenmiş ve her bir hava fotoğrafına ait yaklaşık yönelme parametreleri (X, Y, Z, Omega, Phi ve Kappa) hesaplanmıştır. Çalışma bölgesinde gerçekleştirilen GPS/IMU çözümüne ilişkin örnek ekran görüntüsü Şekil 5.10'da, elde edilen sonuçlara ilişkin örnek ekran görüntüsü Şekil 5.11'de sunulmuştur.



Şekil 5.10 GPS/IMU Çözümü.

```

2707.tst - Not Defteri
Dosya Düzen Biçim Görünüm Yardım
Kappa cardinal rotation: 180.000 deg.
Boresight values: tx = 4.3240 arc min, ty = 2.7260 arc min, tz = -4.4280 arc min.
Lever arm values: lx = 0.3250 m, ly = 0.0420 m, lz = -1.6600 m.
Shift values: X = -0.045000 meter, Y = -0.087000 meter, Z = 0.000000 meter

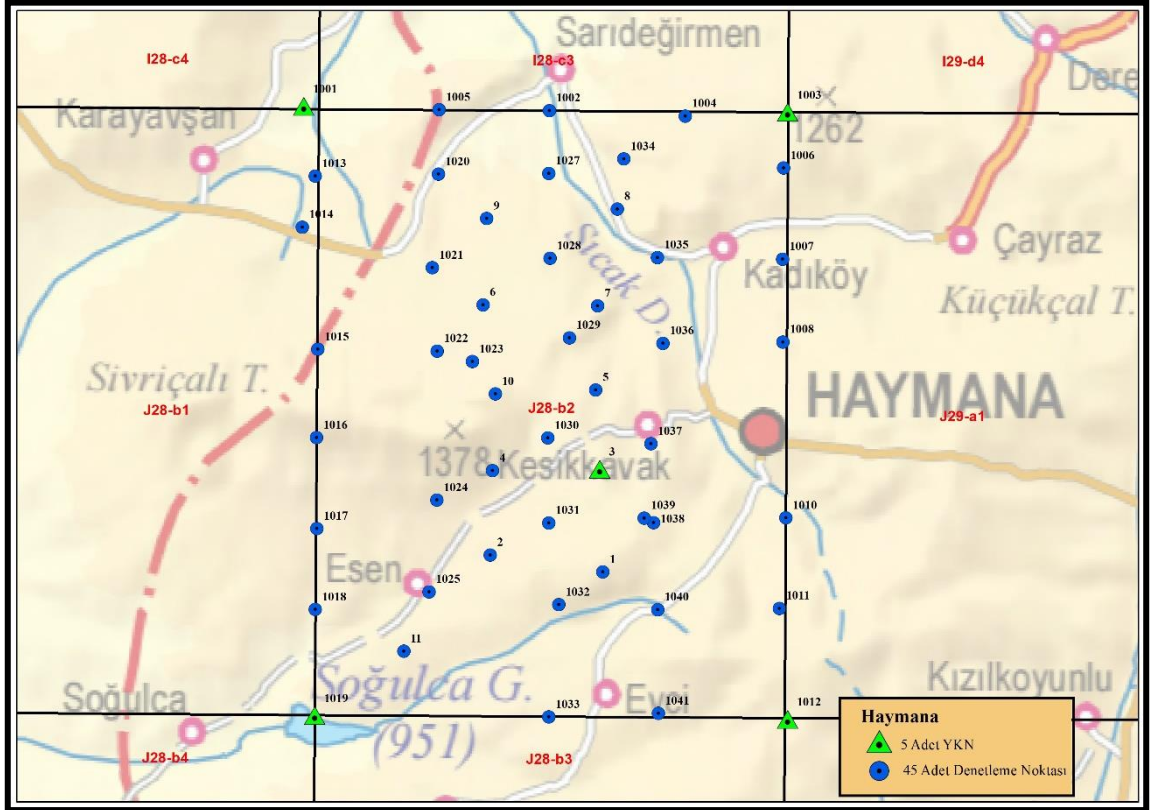
POS/AV Computed Data at Camera Perspective Centre
Grid: Universal Transverse Mercator ;Zone: UTM North 36 (30E to 36E) ;Datum: WGS84 ;Local Transformation: NONE ;
Record Format:
ID, # EVENT, TIME (s), EASTING, NORTHING, ORTHOMETRIC HEIGHT, OMEGA, PHI, KAPPA, LAT, LONG
(position in Meters, orientation in Degrees, lat, long in Deg)
14235 14235 300862.169394 459152.448 4359129.781 8775.750 0.04991 -0.00239 179.90808 39.38068151 32.52572402
14236 14236 300868.101447 458433.428 4359131.100 8775.659 0.09555 -0.05426 179.88560 39.38065906 32.51737575
14237 14237 300873.976570 457720.833 4359133.707 8775.555 0.05001 -0.04683 179.78669 39.38064794 32.50910201
14238 14238 300879.842414 457009.044 4359137.601 8775.469 0.06641 -0.03266 179.65139 39.38064787 32.50803755
14239 14239 300885.732406 456293.853 4359141.715 8774.853 0.08143 -0.07098 179.66521 39.38064902 32.49253358
14240 14240 300891.633440 455576.805 4359145.035 8774.507 0.07968 -0.03199 179.81796 39.38064234 32.48420812
14241 14241 300897.515429 454862.068 4359148.042 8775.268 0.05520 -0.05349 179.72536 39.38063235 32.47590951
14242 14242 300903.397612 454147.282 4359151.450 8774.886 0.09086 -0.03165 179.70671 39.38062538 32.46761031
14243 14243 300909.305417 453429.001 4359154.854 8774.813 0.04056 -0.04951 179.73861 39.38061759 32.45927056
14244 14244 300915.247572 452706.484 4359158.676 8775.687 0.09812 -0.10475 179.68283 39.38061274 32.45088159
14245 14245 300921.203923 451981.942 4359162.660 8775.081 0.06478 -0.04623 179.69700 39.38060864 32.44246911
14246 14246 300927.169935 451255.764 4359166.451 8775.087 0.07634 -0.03545 179.68874 39.38060210 32.43483765
14247 14247 300933.144927 450528.316 4359170.348 8775.247 0.06065 -0.03440 179.70857 39.38059583 32.42559146
14248 14248 300939.109920 449801.708 4359174.242 8775.389 0.10130 0.06645 179.67935 39.38058896 32.41715503
14249 14249 300945.093943 449072.688 4359178.273 8774.939 0.05561 -0.01362 179.64968 39.38058257 32.40869059
14250 14250 300951.116939 448338.950 4359182.506 8774.970 0.10226 -0.05877 179.59206 39.38057714 32.40017137
14251 14251 300957.167934 447620.259 4359186.793 8775.276 0.11471 -0.07167 179.43271 39.38058936 32.39161771
14252 14252 300963.216937 446866.132 4359197.387 8775.527 0.06826 -0.05548 179.24303 39.38062178 32.38307042
14253 14253 300969.268200 446130.073 4359207.875 8775.113 0.10556 0.02512 179.11985 39.38067066 32.37452377
14254 14254 300975.339963 445392.596 4359219.320 8775.241 0.09411 -0.04483 179.09557 39.38072745 32.36596058
14255 14255 300981.407974 444654.348 4359230.069 8775.498 0.08580 -0.01895 179.33381 39.38077728 32.35733048
14256 14256 300987.473961 443916.716 4359232.294 8774.829 0.08743 -0.05539 179.91045 39.38074971 32.34882424
14257 14257 300993.548966 443177.429 4359229.628 8774.139 0.12679 -0.05750 179.79786 39.38067734 32.34024123
14258 14258 301178.730971 443250.569 4365535.399 8909.816 0.08330 0.04995 -0.39894 39.43749793 32.34055543
14259 14259 301184.116961 443985.332 4365530.609 8910.153 -0.10542 0.00173 -0.35692 39.43750287 32.34090348
14260 14260 301189.547010 444723.691 4365526.248 8910.244 -0.08219 0.07044 -0.43291 39.43751127 32.35767328
14261 14261 301194.939963 445454.406 4365521.164 8909.957 -0.11074 0.01440 -0.50423 39.43751204 32.36616433
14262 14262 301200.304076 446177.667 4365515.307 8910.394 -0.09098 0.06699 -0.50040 39.43750476 32.37456885
14263 14263 301205.701959 446901.457 4365510.631 8909.722 -0.10095 0.04002 -0.38640 39.43750755 32.38297941
14264 14264 301211.135991 447626.088 4365506.577 8909.904 -0.08208 0.02144 -0.36746 39.43751538 32.39139972
14265 14265 301216.614471 448352.405 4365502.316 8910.354 -0.08864 0.04092 -0.40381 39.43752084 32.39983962
14266 14266 301222.152975 449082.700 4365497.964 8910.342 -0.03536 0.04293 -0.50573 39.43752511 32.40832578
14267 14267 301227.702008 449810.721 4365494.233 8910.207 -0.11235 0.03611 -0.28299 39.43753422 32.41678548
14268 14268 301233.286119 450539.875 4365491.857 8910.407 -0.04696 0.04404 -0.19764 39.43755498 32.42525825
14269 14269 301238.902982 451270.146 4365490.403 8910.433 -0.09889 0.05049 -0.22036 39.43758350 32.43374394
14270 14270 301244.603020 452008.440 4365488.953 8909.823 -0.05576 0.07861 -0.19770 39.43761188 32.44232287
14271 14271 301250.265980 452739.003 4365487.054 8910.094 -0.06729 0.02848 -0.26478 39.43763516 32.45081203

```

Şekil 5.11 GPS/IMU Sonuçları.

5.3.5 Fotogrametrik Nirenginin Dengelenmesi

Arazide ölçümü yapılan 50 adet yer kontrol noktasından 5 tanesi, fotogrametrik nirenginin dengelenmesinde kullanılmış; kalan 45 adet yer kontrol noktası ise elde edilen dengeleme sonucu ile üretilen ortofoto, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli doğruluklarının analiz edilmesinde denetleme noktası olarak kullanılmıştır. Dengelemede kullanılan 5 adet yer kontrol noktası ile denetleme noktası olarak kullanılan 45 adet yer kontrol noktasının dağılımı Şekil 5.12’de sunulmuştur.



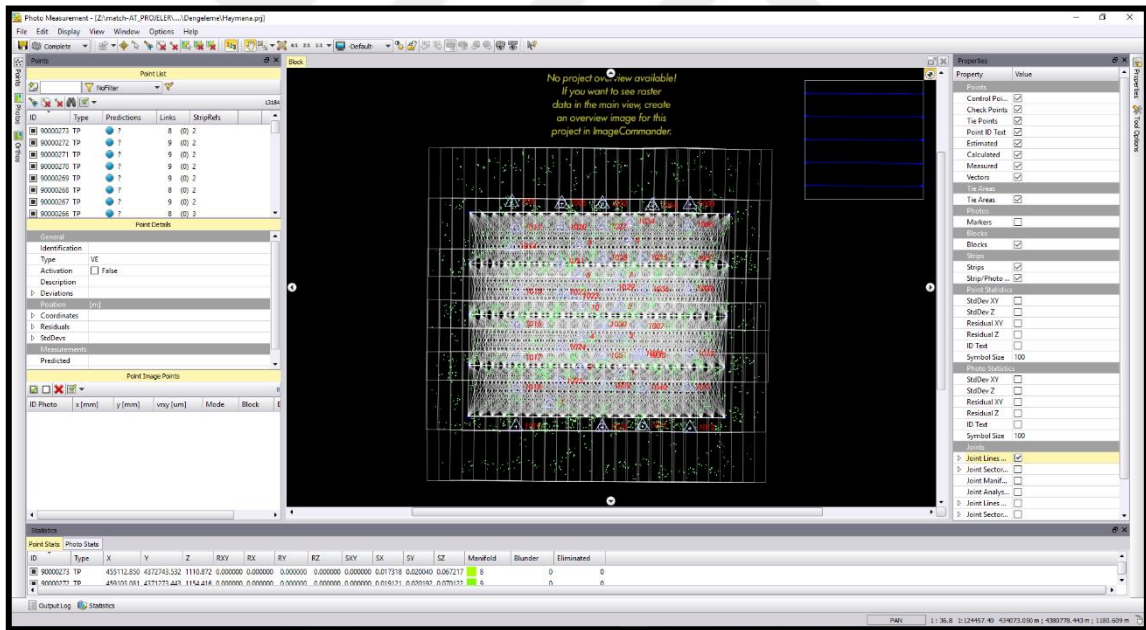
Şekil 5.12 Fotogrametrik Nirengi Dengelenmede Kullanılan YKN'ler ve Denetleme Noktaları.

Fotogrametrik nirenginin dengelenmesi işleminde sayısal hava fotoğrafı, yaklaşık dış yöneltme parametreleri, kamera kalibrasyon raporu ve yer kontrol noktası verileri kullanılarak Applications Master AT yazılımında proje dosyası oluşturulmuştur. Her bir YKN Şekil 5.13'te gösterildiği gibi fotoğraflarda işaretlenmiştir.



Şekil 5.13 Yer Kontrol Noktalarının Fotoğraflarda İşaretleme İşlemi.

Yer kontrol noktalarının fotoğraflarda tespit edilmesini müteakip, Şekil 5.14'te gösterildiği gibi otomatik yöntemle model bağlama noktaları toplanmıştır.



Şekil 5.14 Otomatik Bağlama Noktalarının Toplanması.

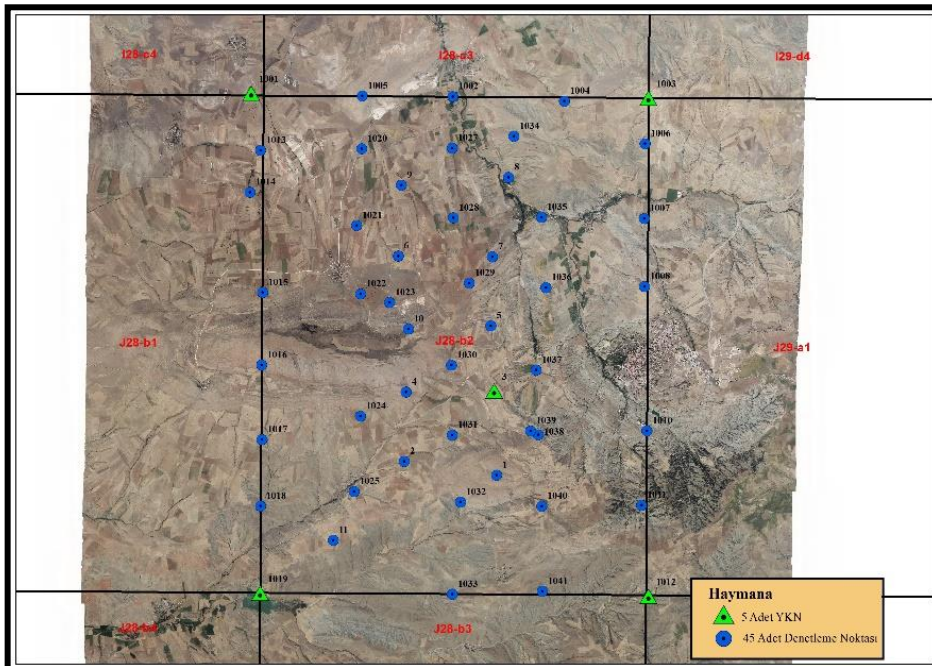
Model bağlama noktaları toplandıktan sonra fotogrametrik nirengi blok dengelemesi yapılarak Çizelge 5.1'de sunulan dengelenmiş dış yöneltme parametreleri hesaplanmıştır.

Çizelge 5.1 Dengelenmiş Dış Yönelme Parametreleri.

PHOTO_ID	X	Y	Z	OMEGA	PHI	KAPPA	PHOTO_ID	X	Y	Z	OMEGA	PHI	KAPPA
14235	459152.960	4359128.586	8772.589	0.04481	-0.00088	179.89415	14293	450661.814	4371885.144	8775.112	0.06814	-0.07949	179.57954
14236	458434.099	4359129.504	8772.534	0.0824	-0.05050	179.7080	14294	449925.369	4371887.727	8774.225	0.10661	-0.05209	179.77393
14237	457721.704	4359132.409	8772.346	0.04476	-0.04150	179.77212	14295	449187.367	4371890.899	8774.894	0.06101	-0.08825	179.55697
14238	457009.604	4359136.520	8772.583	0.06039	-0.03041	179.63494	14296	448449.824	4371895.698	8775.306	0.07106	-0.05565	179.54699
14239	456294.737	4359140.568	8771.965	0.07588	-0.06651	179.64913	14297	447709.644	4371900.330	8774.352	0.03025	-0.03377	179.58284
14240	455577.558	4359144.152	8771.896	0.07422	-0.03041	179.80321	14298	446971.473	4371903.583	8774.951	0.05680	-0.08206	179.70798
14241	454862.285	4359147.159	8772.760	0.05056	-0.05504	179.71055	14299	446234.240	4371906.095	8774.916	0.07080	-0.05420	179.79839
14242	454147.786	4359150.454	8772.495	0.08895	-0.03230	179.69278	14300	445495.320	4371906.298	8774.584	0.10556	-0.08051	179.93049
14243	453429.253	4359153.822	8772.455	0.03782	-0.05326	179.72410	14301	444738.170	4371906.315	8774.655	0.12143	-0.09416	179.92958
14244	452706.969	4359157.966	8773.434	0.09325	-0.10814	179.66945	14302	444027.134	4371905.997	8774.274	0.08101	-0.06348	179.86412
14245	451981.714	4359161.513	8772.560	0.06315	-0.05476	179.68352	14303	443289.570	4371907.256	8774.188	0.05349	-0.09062	179.89618
14246	451255.918	4359165.318	8772.597	0.07499	-0.04128	179.67561	14304	442542.073	4362385.815	8813.407	-0.00548	0.11313	-1.00043
14247	450528.440	4359169.352	8772.685	0.05730	-0.04066	179.69506	14305	441893.890	4362370.137	8812.087	-0.03381	0.07946	-1.48348
14248	449801.472	4359173.099	8772.750	0.09916	-0.07499	179.66570	14306	441151.586	4362357.388	8812.755	-0.02849	0.07938	-0.30181
14249	449072.700	4359177.056	8772.243	0.05378	-0.02111	179.63557	14307	440411.474	4362357.714	8813.015	-0.07096	0.07068	0.35655
14250	448338.900	4359181.138	8772.278	0.10322	-0.06574	179.57769	14308	440619.423	4362361.699	8813.256	-0.06680	0.03487	0.28365
14251	447602.490	4359187.697	8772.390	0.11295	-0.07715	179.41955	14309	440860.813	4362362.945	8813.652	-0.05429	0.06239	-0.37123
14252	446865.451	4359196.448	8772.813	0.06524	-0.06739	179.23063	14310	447580.182	4362357.783	8813.000	-0.05930	0.09188	-0.55601
14253	446129.689	4359206.835	8772.156	0.10282	-0.03629	179.10848	14311	448300.901	4362351.426	8813.287	-0.07844	0.05793	-0.55678
14254	445391.951	4359218.110	8772.283	0.09286	-0.05789	179.08527	14312	449024.638	4362346.358	8813.863	-0.09827	0.09669	-0.42257
14255	444653.600	4359229.221	8772.480	0.08214	-0.03276	179.31320	14313	449751.562	4362342.509	8813.674	-0.06181	0.06986	-0.29064
14256	443916.119	4359231.330	8771.849	0.08425	-0.06654	-179.92138	14314	450472.224	4362338.518	8813.277	-0.02537	0.07499	-0.43747
14257	443176.660	4359228.529	8770.996	0.12399	-0.06956	-179.80878	14315	451194.248	4362333.485	8813.177	-0.06611	0.09341	-0.54000
14258	442429.367	4359235.790	8707.234	-0.07798	0.04646	-0.39912	14316	451917.212	4362326.815	8813.852	-0.06741	0.05943	-0.56785
14259	441693.480	4359251.097	8707.624	-0.10052	-0.00562	-0.35628	14317	452637.150	4362319.989	8813.569	-0.07605	0.09251	-0.64990
14260	440957.485	4359263.318	8707.831	-0.07368	0.06466	-0.43312	14318	453359.971	4362311.446	8813.182	-0.04361	0.06594	-0.64384
14261	440215.085	4359271.582	8707.618	-0.10411	0.00900	-0.50596	14319	454074.649	4362305.436	8813.087	-0.10042	0.08712	-0.59540
14262	439476.442	4359281.427	8706.125	-0.09032	0.06336	-0.50082	14320	454798.338	4362297.591	8813.117	-0.04614	0.09746	-0.73892
14263	438732.326	4359291.873	8705.457	-0.10037	0.03749	-0.38682	14321	455526.625	4362288.587	8813.786	-0.05878	0.08371	-0.74812
14264	437985.276	4359306.973	8704.615	-0.07629	0.02215	-0.36773	14322	456253.868	4362279.118	8813.783	-0.07246	0.11435	-0.83104
14265	437241.648	4359322.811	8703.176	-0.08351	0.04223	-0.40377	14323	456973.662	4362268.370	8812.794	-0.08650	0.03822	-0.79053
14266	436498.969	4359342.221	8702.234	-0.07700	0.04468	-0.50620	14324	457699.371	4362259.026	8812.851	-0.04653	0.07621	-0.64525
14267	435759.095	4359359.898	8700.042	-0.10732	0.03722	-0.28329	14325	458407.490	4362254.899	8813.193	-0.08710	0.12441	0.01029
14268	435023.412	4359379.311	8700.299	-0.04010	0.04731	-0.19775	14326	459131.655	4362256.535	8812.778	-0.06223	0.03883	0.05641
14269	434289.499	4359400.909	8700.301	-0.09269	0.05310	-0.21910	14327	459849.201	4362253.464	8840.077	0.05363	-0.04940	179.23664
14270	433553.140	4359424.484	8700.584	-0.04971	0.08332	-0.19731	14328	458626.040	4362253.618	8840.342	0.03590	-0.07098	179.06196
14271	432817.592	4359450.503	8700.940	-0.06096	0.03153	-0.26388	14329	457900.427	4362259.400	8840.462	0.08897	-0.07201	178.90348
14272	432083.451	4359478.886	8700.426	-0.07523	0.10174	-0.30206	14330	457170.068	4362259.102	8840.224	0.09316	-0.06955	179.78493
14273	431350.137	4359512.013	8700.912	-0.03546	0.03661	-0.32546	14331	456439.455	4362267.307	8839.688	0.04517	-0.06188	179.99144
14274	430618.840	4359547.810	8700.390	-0.05886	0.03631	-0.33466	14332	455701.088	4362267.389	8840.441	0.06728	-0.03349	179.93272
14275	429887.896	4359584.708	8700.177	-0.06258	0.04630	-0.46151	14333	454961.776	4362268.171	8840.523	0.04876	-0.06528	179.98885
14276	429157.910	4359623.543	8700.785	-0.09013	0.10508	-0.45609	14334	454227.130	4362263.899	8839.379	0.07639	-0.08709	-179.68497
14277	428428.439	4359664.176	8700.106	-0.05904	0.03470	-0.55629	14335	453489.679	4362262.034	8840.045	0.07322	-0.07053	179.94344
14278	427697.854	4359709.862	8700.909	-0.11310	0.06216	-0.52346	14336	452753.052	4362256.956	8840.247	0.07969	-0.11275	179.83020
14279	426967.297	4359759.199	8700.473	-0.05898	0.04780	-0.68525	14337	452026.048	4362269.124	8840.389	0.08447	-0.07424	179.43771
14280	426237.110	4359814.040	8700.496	-0.09540	0.12399	-0.65774	14338	451292.367	4362271.622	8840.552	0.05118	-0.07327	179.94115
14281	425507.857	4359873.170	8700.036	0.07362	-0.05482	-0.73459	14339	450557.613	4362287.453	8840.070	0.03198	-0.11777	179.89046
14282	424778.997	4359937.508	8700.876	0.09398	-0.06725	-0.78679	14340	449832.492	4362296.094	8840.364	0.05637	-0.07021	179.63726
14283	424050.200	4360006.861	8700.875	0.06231	-0.01559	-0.86966	14341	449110.020	4362301.299	8840.149	0.07430	-0.09224	179.56785
14284	423321.826	4360082.984	8700.593	0.02993	-0.05399	-0.96390	14342	448395.642	4362308.898	8840.301	0.09333	-0.06263	179.58547
14285	422593.515	4360165.273	8700.003	0.09219	-0.04245	-1.06214	14343	447699.040	4362318.383	8839.923	0.09264	-0.05957	179.14034
14286	421865.224	4360253.289	8700.029	0.08439	-0.05879	-1.16697	14344	447020.771	4362329.221	8840.053	0.06447	-0.03276	179.49222
14287	421137.050	4360347.396	8700.396	0.07194	-0.07046	-1.28003	14345	446359.035	4362341.748	8839.644	0.08875	-0.09041	179.56793
14288	420408.794	4360447.553	8700.057	0.08901	-0.05399	-1.39328	14346	445665.669	4362355.092	8839.636	0.08478	-0.08597	179.54330
14289	419680.535	4360553.541	8700.510	0.05448	-0.06678	-1.50764	14347	444993.771	4362369.221	8840.053	0.06447	-0.03276	179.49222
14290	418952.263	4360669.452	8700.826	0.06179	-0.04738	-1.62300	14348	444339.157	4362383.891	8839.556	0.06429	-0.07077	179.45898
14291	418224.088	4360796.088	8700.453	0.07010	-0.06655	-1.73947	14349	443692.585	4362398.068	8839.471	0.03507	-0.09796	179.63040
14292	417495.915	4360933.571	8700.896	0.08454	-0.04900	-1.85702							

5.4 Fotogrametrik Nirengi Dengeleme Doğruluğunun Analizi

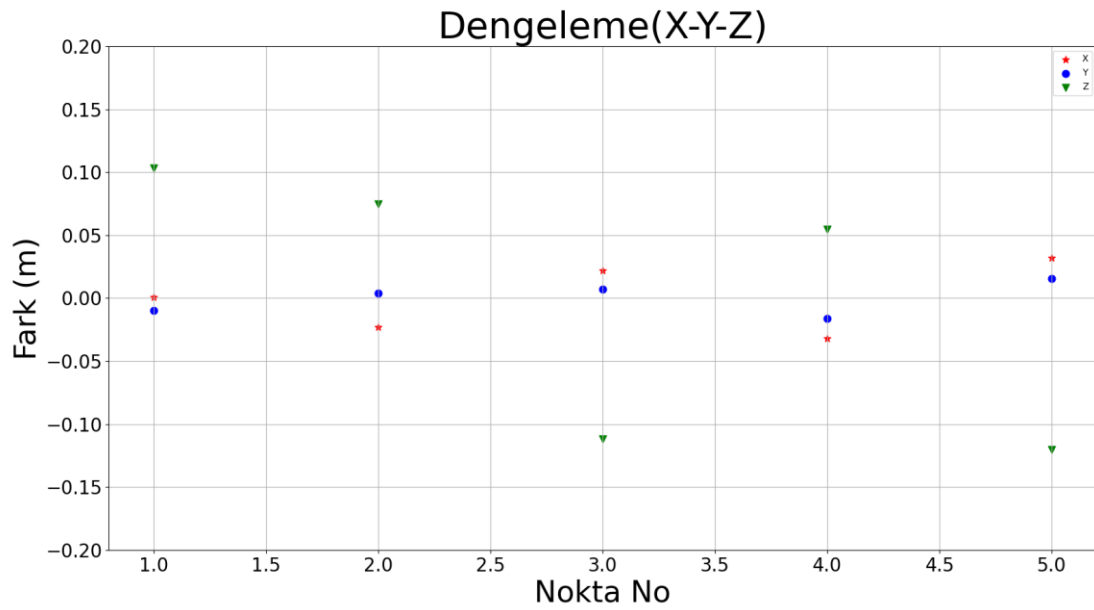
Şekil 5.15'te gösterilen nokta dağılımında gösterilen konumlarda yer alan 5 adet yer kontrol noktası kullanılarak gerçekleştirilen fotogrametrik nirengi dengesi sonucunda elde edilen sonuçlar Çizelge 5.2'de, dengede kullanılan her bir noktaya gelen düzeltme değerleri Şekil 5.16'da sunulmuştur.



Şekil 5.15 Fotogrametrik Nirengi Dengelemede Kullanılan Noktaların Dağılımı.

Çizelge 5.2 Dengeleme Sonuçları.

	X (m)	Y (m)	Z (m)
Maksimum	0.032	-0.016	-0.120
Ortalama	0	0	0
Standart Sapma	0.028	0.013	0.108
KOH (x,y,z)	0.025	0.012	0.096
KOhr	0.027	$\sqrt{[(KOH_x)^2+(KOH_y)^2]}$	
DOĞRULUK_r (%95 Güven Aralığında)	0.047	KOhr*1.7308	
DOĞRULUK_z (%95 Güven Aralığında)	0.188	KOH _z *1.9600	

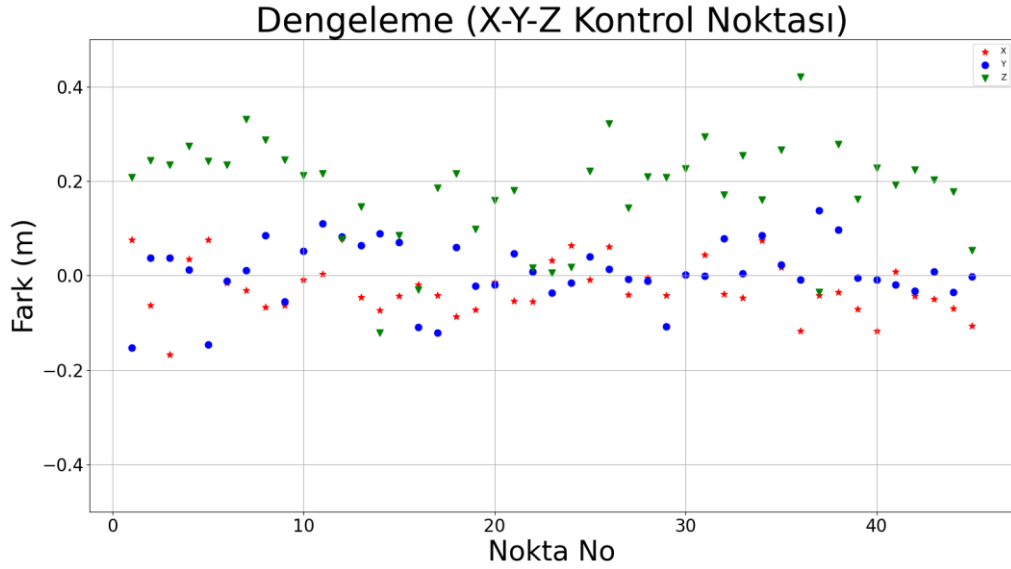


Şekil 5.16 Dengelemedeki Sabit Noktalara Gelen Düzeltme Değerleri.

Şekil 5.15'te gösterilen ve denetleme noktası olarak seçilen 45 adet denetleme noktasının doğruluklarına ilişkin istatistikler Çizelge 5.3'te, her bir denetleme noktasının doğruluk değerlerini gösteren grafik Şekil 5.17'de sunulmuştur.

Çizelge 5.3 Denetleme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerlerine İlişkin İstatistikler.

	X (m)	Y (m)	Z (m)
Maksimum	-0.167	-0.152	0.420
Ortalama	-0.026	0.007	0.181
Standart Sapma	0.056	0.065	0.107
KOH (x,y,z)	0.062	0.065	0.209
KOhr	0.090	$\sqrt{[(KOH_x)^2+(KOH_y)^2]}$	
DOĞRULUK_r (%95 Güven Aralığında)	0.155	KOhr*1.7308	
DOĞRULUK_z (%95 Güven Aralığında)	0.410	KOH _z *1.9600	



Şekil 5.17 Denetleme Noktalarında Hesaplanan Hata Değerleri.

Fotogrametrik projelerde olması gereken yer örnekleme aralığı, proje kapsamında üretilecek harita ölçeğine; olması gereken doğruluk kriteri (KOH) ise proje kapsamında üretilecek harita ölçeği ve yer örnekleme aralığına bağlıdır.

Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)’ne göre: Yönetmeliğin 61’inci maddesinin 2’nci fıkrasında “*Blok dengeleme sonucunda, denetleme noktalarının karesel ortalama hataları üretilecek harita veya ortofoto ölçeği için gerekli bu Yönetmeliğin 54 üncü maddesinde belirtilen yer örnekleme aralığı cinsinden; X ve Y koordinatlarında $\pm 0.75 \times YÖA$ (dahil)’dan ve Z koordinatında $\pm 1 \times YÖA$ (dahil)’dan küçük olmalıdır. Denetleme noktalarında maksimum farklar; X ve Y koordinatlarında $\pm 1.5 \times YÖA$ (dahil)’dan ve Z koordinatında $\pm 2 \times YÖA$ (dahil)’dan küçük olmalıdır.*” hükmü amirdir (BÖHHBÜY, 2018).

Bu çalışmada, fotogrametrik nirengi dengelemelerinde kullanılan hava fotoğraflarının yer örnekleme aralığı 30 cm olduğundan, blok dengeleme sonucunda, denetleme noktalarının Karesel Ortalama Hatalarının:

X ve Y eksenlerinde $\pm 0.75 \times 30$ cm: **± 22.5 cm**

Z ekseninde ise $\pm 1 \times 30$ cm: **± 30 cm**

Denetleme noktalarında maksimum farkların ise:

X ve Y eksenlerinde: $\pm 1.5 \times 30$ cm: **± 45 cm**

Z ekseninde: $\pm 2 \times 30$ cm: **± 60 cm**

olması gerekmektedir.

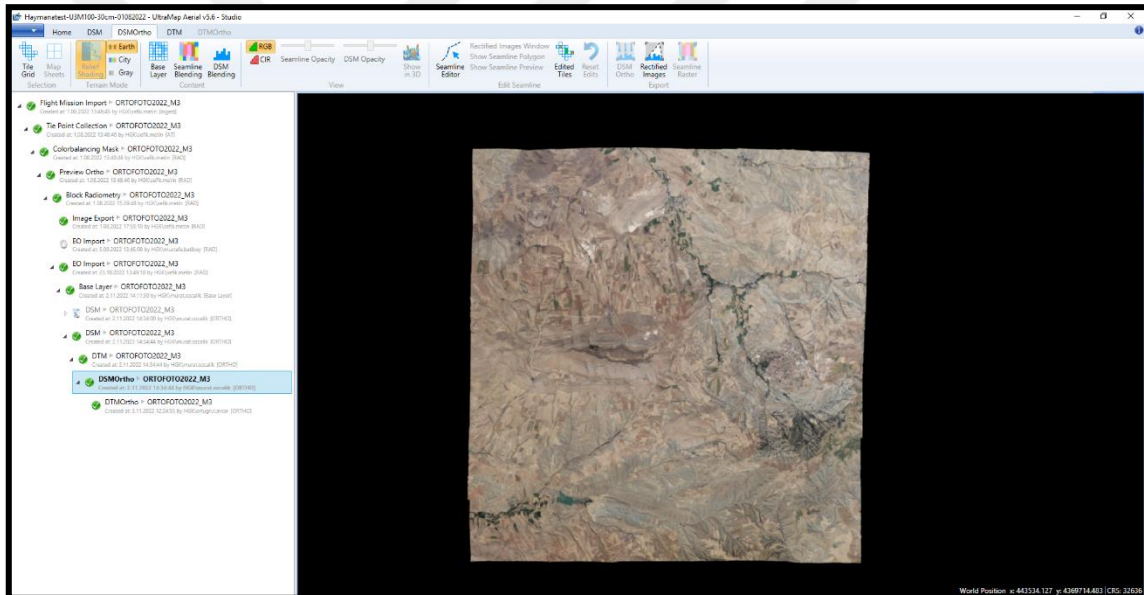
Bu çalışmada elde edilen ve Çizelge 5.4'te sunulan sonuçlar incelendiğinde, BÖHHBÜY'e göre belirtilen kriterlerin karşılandığı tespit edilmiştir.

Çizelge 5.4 Blok Dengeleme Sonucunda YKN ve Denetleme Noktalarının KOH Değerleri.

Dengeleme No	KOH x (m)	KOH y (m)	KOH z (m)	$ \Delta X_{max} $ (m)	$ \Delta Y_{max} $ (m)	$ \Delta Z_{max} $ (m)
Dengeleme	± 0.03	± 0.01	± 0.10	0.03	0.02	0.12
Dengeleme Kontrol	± 0.06	± 0.07	± 0.21	0.17	0.15	0.42

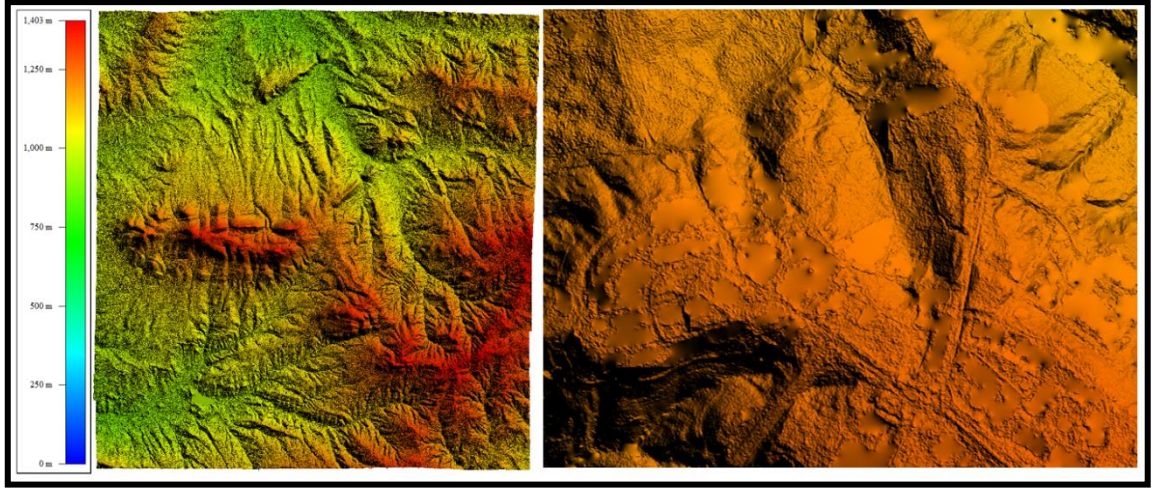
5.5 Sayısal Yükseklik Modeli ve Ortogörüntü Üretimi

Ortofoto üretimi; sayısal hava fotoğrafları, dengelenmiş dış yöneltme parametreleri ve iç yöneltme parametreleri kullanılarak, Ultramap yazılımında gerçekleştirilmiştir. Ultramap yazılımında proje oluşturulmasına ilişkin örnek ekran görüntüsü Şekil 5.18'de sunulmuştur.



Şekil 5.18 Ultramap Proje Dosyası.

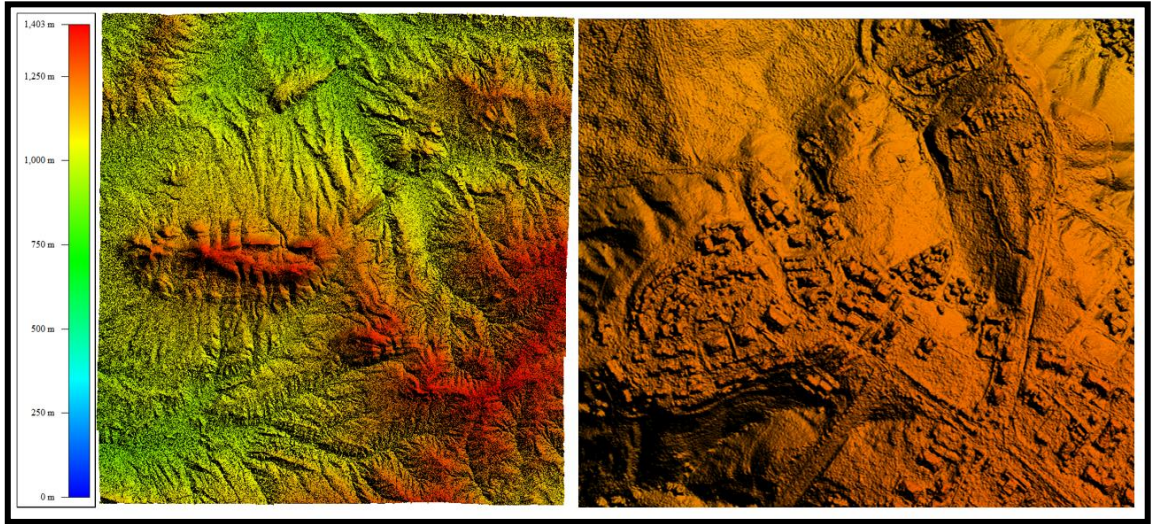
Ultramap yazılımında oluşturulan proje kapsamında klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto üretimlerinin yanı sıra Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modeli üretimleri de gerçekleştirilmiştir. Çalışma bölgesinde üretilen Sayısal Arazi Modeli Şekil 5.19'da, Sayısal Yüzey Modeli Şekil 5.20'de, klasik ortofoto Şekil 5.21'de ve gerçek (true) ortofoto ise Şekil 5.22'de sunulmuştur.



a. Genel Görünüm.

b. Yakın Görünüm.

Şekil 5.19 Sayısal Arazi Modeli.



a. Genel Görünüm.

b. Yakın Görünüm.

Şekil 5.20 Sayısal Yüzey Modeli.



a. Genel Görünüm.

b. Yakın Görünüm.

Şekil 5.21 Klasik Ortofoto.



a. Genel Görünüm.

b. Yakın Görünüm.

Şekil 5.22 Gerçek (True) Ortofoto.

5.6 Stereo Modelden Kontrol Amaçlı Vektör Veri Toplama

Bindirmeli olarak çekilen stereo hava fotoğraflarından elde edilen modelden, Şekil 5.23'te sunulan örnek görseldeki gibi vektör veriler toplanmıştır. Ayrıca, çalışma kapsamında gerçekleştirilen dengeleme ve kontrol işlemlerinde kullanılan 50 adet yer kontrol noktasındaki yükseklik değerleri ile 107 adet binanın üzerindeki düz satırlardaki yükseklik değerleri oluşturulan stereo modellerden okunmuştur. Stereo model ile gerçek (true) ortofotolar arasındaki farkların incelenmesi amacıyla ise 42 adet bina alanı stereo model üzerinden çizilmiştir.

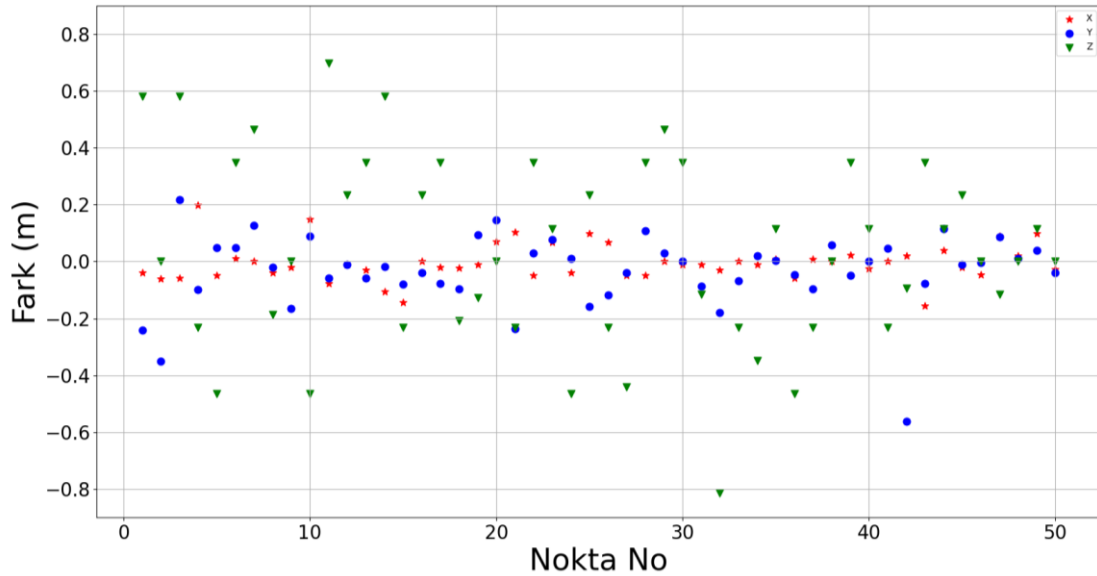
50 adet yer kontrol noktasının bilinen koordinatları ile stereo modelden elde edilen koordinatları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen farklar Çizelge 5.5'te, her bir yer kontrol noktasındaki farkı gösteren grafik ise Şekil 5.24'te sunulmuştur.



Şekil 5.23 Stereo Modelden Toplanan Vektör Veriler.

Çizelge 5.5 Stereo Modelden Okunan 50 Adet YKN'nin Doğruluk Analizi Sonuçları.

	X (m)	Y (m)	Z (m)
Maksimum	0.198	-0.563	-0.814
Ortalama	-0.004	-0.034	0.035
KOH (x,y,z)	0.066	0.013	0.336
KOhr	0.149	$\sqrt{[(KOH_x)^2+(KOH_y)^2]}$	
DOĞRULUK_r (%95 Güven Aralığında)	0.114	KOhr*1.7308	
DOĞRULUK_z (%95 Güven Aralığında)	0.659	KOH _z *1.9600	



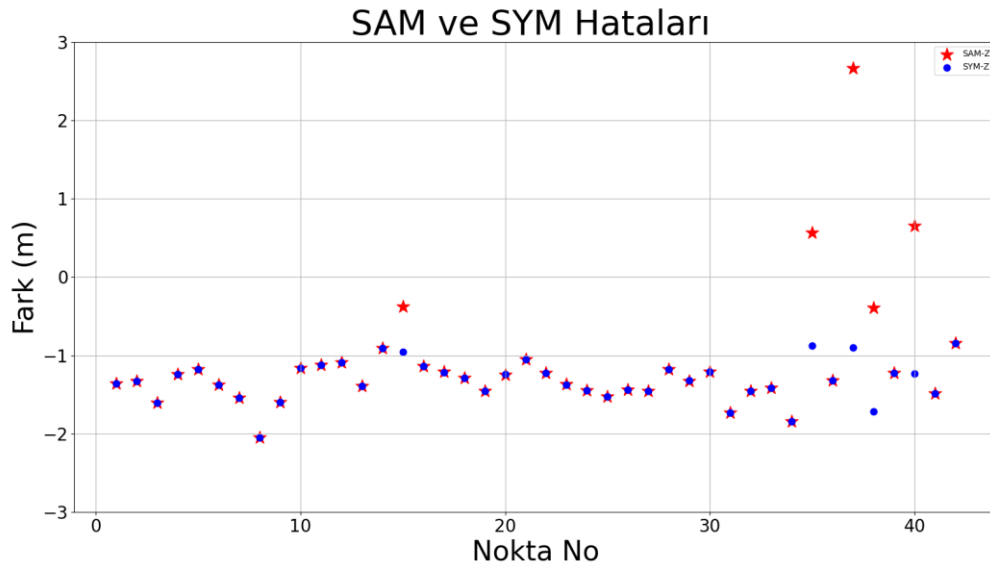
Şekil 5.24 YKN'lerin Stereo Modelden Okuma Hataları.

5.7 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinin Doğruluk Analizi ve Karşılaştırılması

Fotogrametrik nirengi blok dengelemesinde denetleme noktası olarak kullanılan yer kontrol noktalarının yükseklikleri ile bu noktaların Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinden okunan yükseklik değerleri karşılaştırılmış ve elde edilen farklar Çizelge 5.6'da, her bir yer kontrol noktasındaki farklar ise Şekil 5.25'te sunulmuştur. Yapılan kontrolde 3σ yöntemine göre uyuşumsuz olduğu değerlendirilen 3 adet nokta kontrol dışı tutulmuştur.

Çizelge 5.6 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinden Elde Edilen Sonuçlar.

	Sayısal Arazi Modeli	Sayısal Yüzey Modeli
	Z (m)	Z (m)
Maksimum	2.670	2.049
Minimum	0.375	0.843
Ortalama	-1.112	-1.322
KOH (z)	1.374	1.363
DOĞRULUK_z (%95 Güven Aralığında)	2.693	2.671

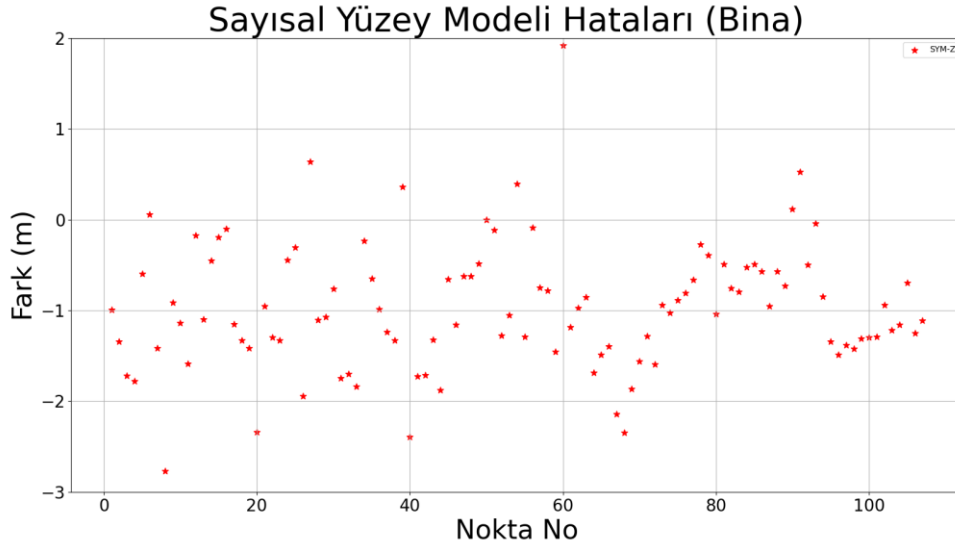


Şekil 5.25 Sayısal Arazi Modeli ve Sayısal Yüzey Modelinden Okunan Her Denetleme Noktasının Hatasını Gösteren Grafik.

Stereo modelde 107 adet bina üzerinden yüksekliği değişmeyecek bölgelerde yapılan okumalardan elde edilen yükseklik değerleri ile aynı noktaların sayısal yüzey modelinden elde edilen yükseklik değerleri karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda elde edilen farklar Çizelge 5.7’de, her bir noktadaki farkı gösteren grafik ise Şekil 5.26’da sunulmuştur.

Çizelge 5.7 Stereo Modelden Okunan 107 Adet Binanın Yükseklik Değeri ile Sayısal Yüzey Modelden Elde Edilen Yükseklik Değerlerinin Karşılaştırılması.

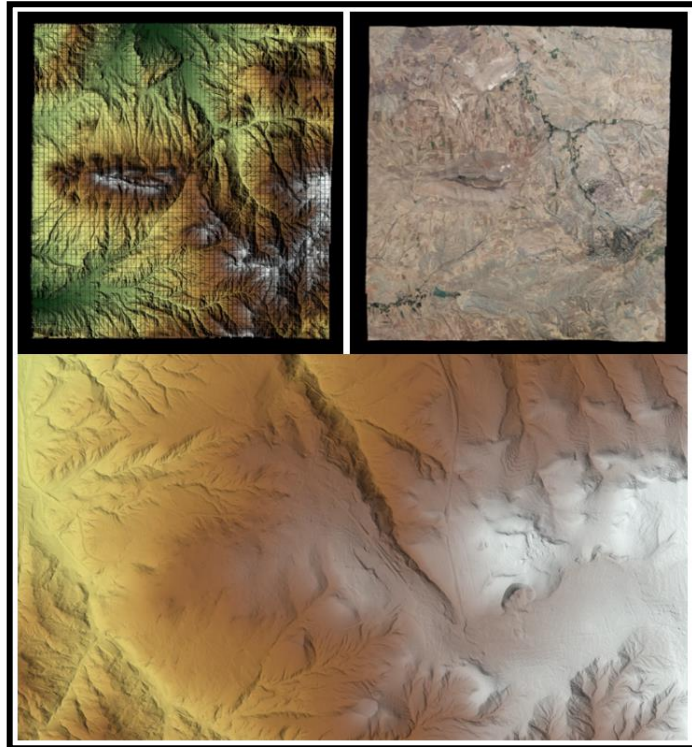
	Stereo Modelden Elde Edilen Yükseklik - Sayısal Yüzey Modelinden Elde Edilen Yükseklik
	Z (m)
Maksimum	-2.772
Minimum	0
Ortalama	-0.976
KOH (z)	1.204
DOĞRULUKz (%95 Güven Aralığında)	2.360



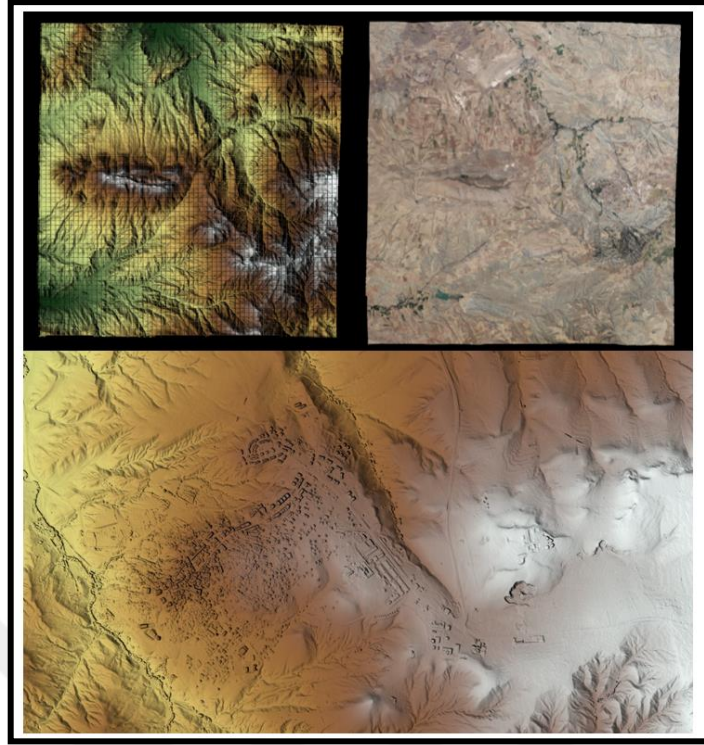
Şekil 5.26 Sayısal Yüzey Modelinden Okunan Binaların Hatalarını Gösteren Grafik.

5.8 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Doğruluk Analizi ve Karşılaştırılması

Fotogrametrik nirengi dengeleme sonucu elde edilen dış yöneltme parametreleri, hava fotoğrafları ve iç yöneltme parametre verileri ile Ultramap programında proje dosyası oluşturduktan sonra Şekil 5.27 ve Şekil 5.28’de gösterilen sayısal arazi modelinden üretilmiş klasik ortofoto ve sayısal yüzey modelinden üretilen gerçek (true) ortofoto üretimi yapılmıştır.



Şekil 5.27 Ultramap Yazılımında Üretilen SAM ve Klasik Ortofoto.

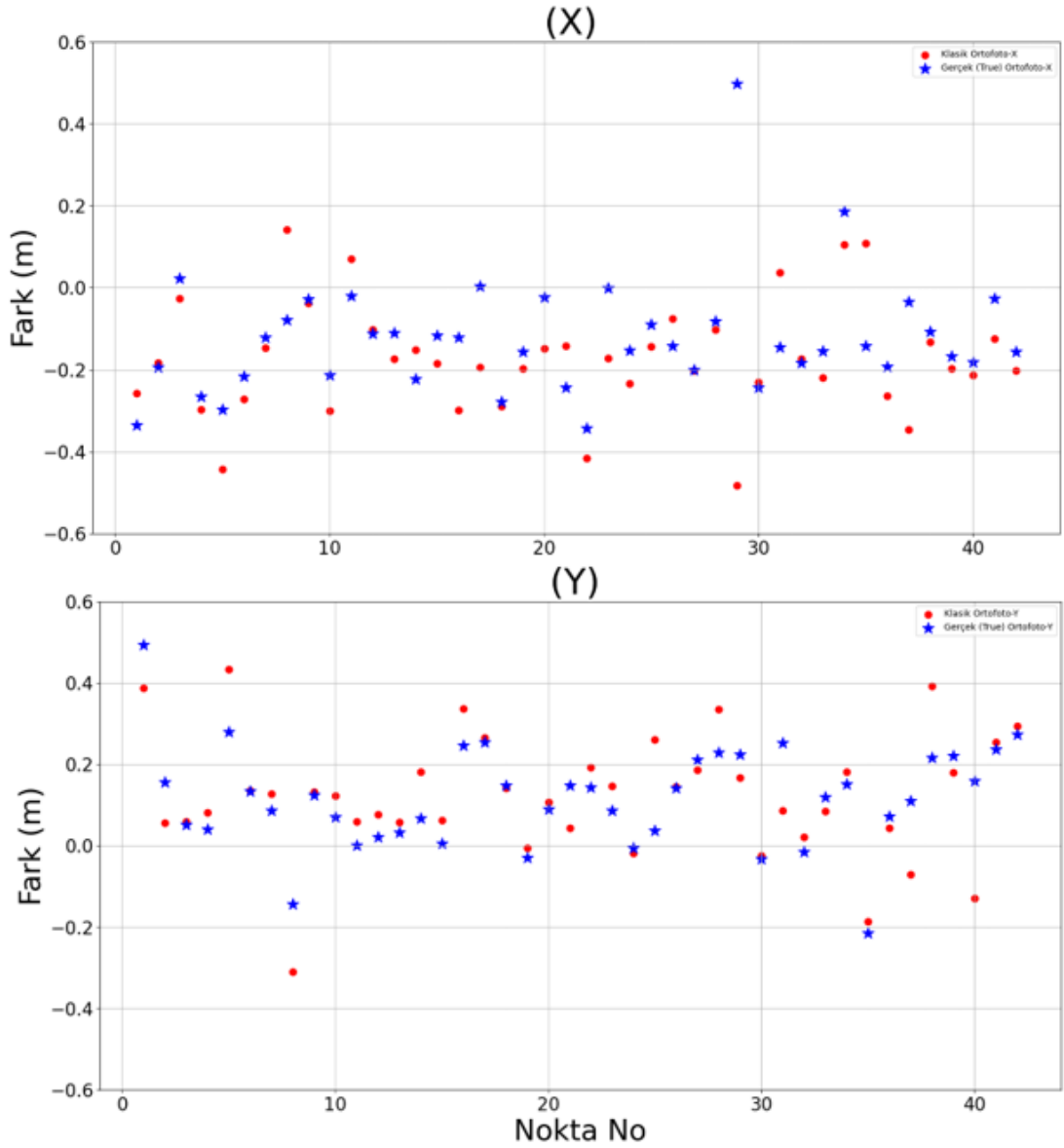


Şekil 5.28 Ultramap Yazılımında Üretilen SYM ve Gerçek (True) Ortofoto.

Fotogrametrik nirengi dengelemede denetleme noktası olarak kullanılan 42 Adet yer kontrol noktasının klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto üzerinden okumaları yapılarak Çizelge 5.8’de iki farklı ortofotonun üretimindeki doğrulukları karşılaştırılmış ve Şekil 5.29’da her bir noktanın hatasını gösteren grafik sunulmuştur.

Çizelge 5.8 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun YKN ile Doğruluk Analizi.

	Klasik Ortofoto		Gerçek (True) Ortofoto	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
Maksimum	-0.483	0.434	0.498	0.493
Minimum	0.026	0.005	0.001	0
Ortalama	-0.174	0.121	-0.123	0.117
KOH (x,y)	0.224	0.194	0.190	0.172
KOHr	0.297		0.256	
DOĞRULUKr (%95 Güven Aralığında)	0.514		0.443	

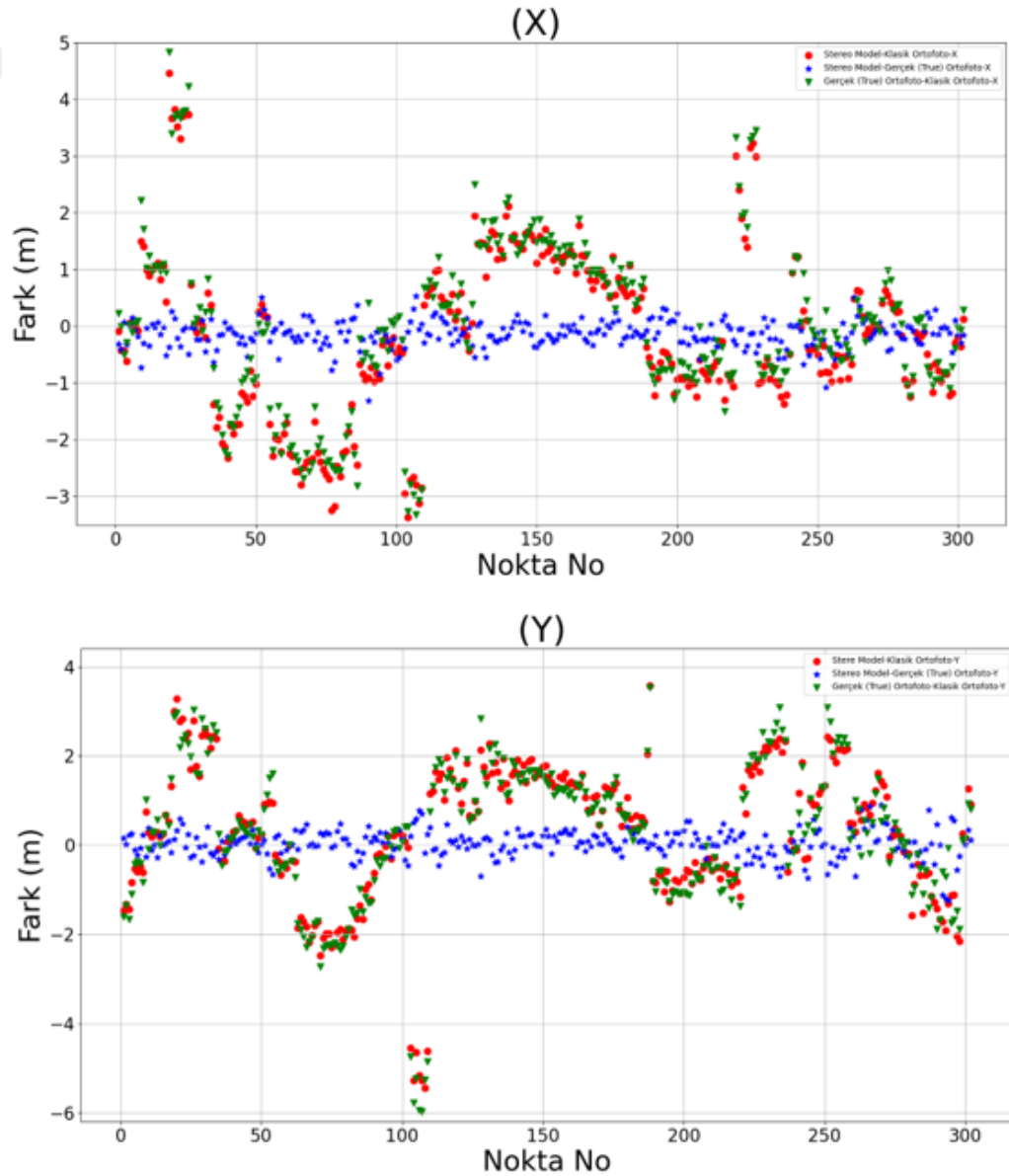


Şekil 5.29 Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotonun Yer Kontrol Noktasına Göre Hatalarını Gösteren Grafik.

Sayısal hava fotoğraflarından stereo model oluşturularak 42 adet bina kıymetlendirme işlemi yapılmıştır. Ayrıca aynı binalar klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto üzerinden kıymetlendirilmiştir. Kıymetlendirilen binaların köşelerine atılan toplam 302 nokta her iki üretimde de karşılaştırılarak binaların X ve Y yönündeki konumsal hataları Çizelge 5.9’da ve Şekil 5.30’da her noktanın hatasını gösteren grafik sunulmuştur.

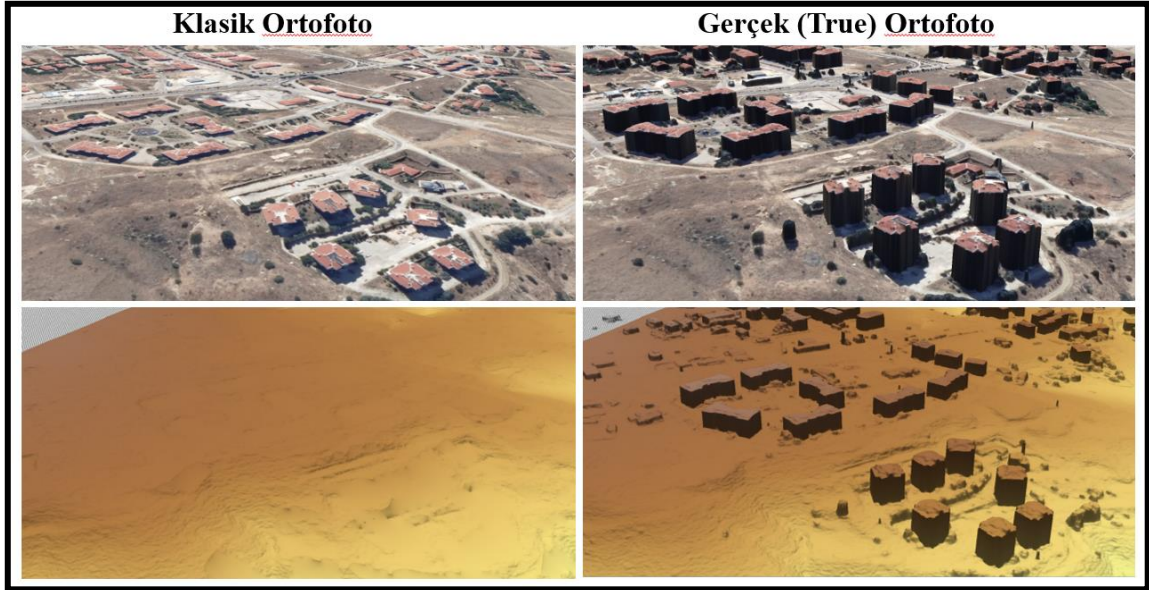
Çizelge 5.9 Stereo Model, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotodan Çizilen Binaların Doğruluk Analizi.

	Stereo Model Klasik Ortofoto		Stereo Model Gerçek (True) Ortofoto		Gerçek (True) Ortofoto Klasik Ortofoto	
	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Y (m)
Maksimum	4.460	-5.440	-1.316	-1.242	4.827	-5.974
Minimum	0.006	0.006	0	0.002	0.005	0.002
Ortalama	-0.147	0.292	-0.142	0.036	0.005	-0.257
KOH (x,y)	1.441	1.560	0.281	0.312	1.442	1.614
KOHR	2.124		0.419		2.164	
DOĞRULUK_r (%95 Güven Aralığında)	3.676		0.725		3.745	



Şekil 5.30 Stereo Model, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofotodan Çizilen Binaların Köşelerine Atılan Noktaların Hatalarını Gösteren Grafik.

Sayısal arazi modelinden üretilen klasik ortofoto ve sayısal yüzey modelinden üretilen gerçek (true) ortofoto görüntülerin görsel olarak karşılaştırmaları Şekil 5.31’de gösterilmiştir.



Şekil 5.31 Üretilen SYM ve Ortofoto Görüntülerin Karşılaştırılması.

Stereo modelden, klasik ortofoto üzerinden ve gerçek (true) ortofoto üzerinden çizilen vektör bina verilerinin görsel olarak karşılaştırılması Şekil 5.32’de gösterilmiştir.



Şekil 5.32 Stere Modelden, Klasik Ortofoto ve Gerçek (True) Ortofoto Üzerinden Çizilen Vektör Bina Verilerinin Karşılaştırılması.

NATO faaliyetleri kapsamında kullanılan ürün ve hizmetlere yönelik standartları belirleyen dokümanlar olan NATO Standardizasyon Anlaşmalarından; “STANAG-2215 IGEO (Düzenleme 7) Kara Haritaları, Hava Haritaları Ve Topoğrafik Verinin Değerlendirilmesi” dokümanına göre; farklı ölçek ve değerlendirme seviyesindeki haritaların olması gereken Yatay Doğrulukları (CMAS) Çizelge 5.10’da sunulmuştur. Buna göre 1:25.000 ölçeğinde ve A derecelendirme seviyesindeki haritalarda olması gereken yatay doğruluk, 0.5 mm ölçüm ile elde edilecek hata değeri olan 12.5 m’dir. Bu hata değerine Kartografik hatalar da dâhildir. Genel kabul olarak 12.5 m’nin yarısı olan 6.25 m fotogrametrik, diğer yarısı olan 6.25 m’nin kartografik hatalar için ayrıldığı göz önünde tutulduğunda, bu çalışmada elde edilen sonuçların STANAG-2215’te belirtilen kriterleri karşıladığı görülmüştür (STANAG-2215, 2010).

Çizelge 5.10 Yatay Doğruluk (CMAS).

Değerlendirme	Ürün Ölçeğinde Ölçüm	Harita Ölçeği veya Eşdeğer Dijital Veri Çözünürlüğü				
		1:25000	1:50000	1:100000	1:200000	1:250000
A	0.5 mm	12.5 m	25 m	50 m	100 m	125 m
B	1.0 mm	25 m	50 m	100 m	200 m	250 m
C	2.0 mm	50 m	100 m	200 m	400 m	500 m
D	>2.0 mm	Derece C'den daha kötü				
E		Belirlenmemiş				

STANAG-2215’te belirtilen ve Çizelge 5.11’de sunulan Düşey Doğruluk (LMAS) kriterleri incelendiğinde ise 1:25.000 ölçeğinde ve 0 derecelendirme seviyesindeki haritalarda olması gereken düşey doğruluk değeri 2.5 m olacağından (yarısı 1.25 m), bu çalışmada elde edilen sonuçların STANAG-2215’te belirtilen kriterleri karşıladığı görülmüştür.

Çizelge 5.11 Düşey Doğruluk (LMAS).

Değerlendirme	Harita Ölçeği veya Eşdeğer Dijital Veri Çözünürlüğü				
	1:25000	1:50000	1:100000	1:200000	1:250000
0	2.5 m	5 m	10 m	20 m	25 m
1	5 m	10 m	20 m	40 m	50 m
2	10 m	20 m	40 m	80 m	100 m
3	Derece 2'den daha kötü				
4	Belirlenmemiş				

Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği (ASPRS) Büyük Ölçekli Haritalar için Doğruluk Standardına göre: ASPRS doğruluk standartları Çizelge 5.12'ye bakıldığında üretilecek ortofoto ve haritalar 1:20.000 ölçeğinde olduğunda Sınıf 1 derecelendirmede planimetrik doğruluk 5 m olacağından dolayı çalışmada elde edilen sonuçların ASPRS standartlarında belirtilen değerlerden daha küçük olduğu görülmüştür (ASPRS, 1998).

Çizelge 5.12 Büyük Ölçekli Haritalar İçin ASPRS Doğruluk Standartları.

Sınıf 1 Planimetrik Doğruluk Sınırlama RMSE (m)	Harita Ölçeği
0.0125	1:50
0.025	1:100
0.050	1:200
0.125	1:500
0.25	1:1000
0.50	1:2000
1	1:4000
1.25	1:5000
2.50	1:10000
5	1:20000

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Üretilen sayısal yüzey modelleri ve ortofotoların doğruluk analiz çalışmasında 2022 yılında 30 cm yer örnekleme aralığında ileri bindirme oranı %90, yan bindirme oranı %60 olacak şekilde çekilen hava fotoğraflarından stereo model oluşturulup yer kontrol noktası okuması, binaların yükseklik okumaları ve bina alanları çizilerek oluşturulan veriler karşılaştırılmıştır. Üretilen sayısal yükseklik modelleri ve ortofotoların stereo modelden elde edilen veri seti ile analiz sonuçları Çizelge 6.1’de ve üretilen SYM ve ortofotoların YKN’ye göre analiz sonuçları Çizelge 6.2’de sunulmuştur.

Çizelge 6.1 Üretilen SYM ve Ortofotoların Stereo Modelden Elde Edilen Veri Seti İle Doğruluk Sonucu.

Referans Veri Seti	Kontrol Noktası Sayısı	KOH _x (m)	KOH _y (m)	KOH _z (m)	\Delta X _{max} (m)	\Delta Y _{max} (m)	\Delta Z _{max} (m)	KOH _r (m)	DOĞRU LUK _r (%95) (m)	DOĞRU LUK _z (%95) (m)
Stereo YKN	50	± 0.07	± 0.01	± 0.34	0.20	0.56	0.81	± 0.15	± 0.11	± 0.66
Stereo Bina Yükseklik	107	-	-	± 1.20	-	-	2.77	-	-	± 2.36
Stereo Model -Klasik Ortofoto	302	± 1.44	± 1.56	-	4.46	5.44	-	±2.12	±3.68	-
Stereo Model - Gerçek (True) Ortofoto	302	± 0.28	± 0.31	-	1.32	1.24	-	±0.42	±0.73	-
Gerçek (True) Ortofoto - Klasik Ortofoto	302	± 1.44	± 1.61	-	4.83	5.97	-	±2.16	±3.75	-

Çizelge 6.2 Üretilen SYM ve Ortofotoların YKN’ye Göre Doğruluk Sonuçları.

Veri Seti	Kontrol Noktası Sayısı	KOH _x (m)	KOH _y (m)	KOH _z (m)	\Delta X _{max} (m)	\Delta Y _{max} (m)	\Delta Z _{max} (m)	KOH _r (m)	DOĞRU LUK _r (%95) (m)	DOĞRU LUK _z (%95) (m)
Sayısal Arazi Modeli	42	-	-	± 1.37	-	-	2.67	-	-	± 2.69
Sayısal Yüzey Modeli	42	-	-	± 1.36	-	-	2.05	-	-	± 2.67
Klasik Ortofoto	42	± 0.22	± 0.19	-	0.48	0.43	-	± 0.30	± 0.51	-
Gerçek (True) Ortofoto	42	± 0.19	± 0.17	-	0.50	0.49	-	± 0.26	± 0.44	-

Sayısal hava fotoğraflarından oluşturulan stereo modelden elde edilen veriler ile sayısal yükseklik modelleri ve ortofotoların kontrol edilmesi sonucunda fotogrametrik nirengi dengelemesinden ve stereo modelden operatörün okumasından kaynaklı hataların ± 0.5 m altında olduğu görülmekte bununla birlikte stereo model oluşturularak binanın üzerindeki düz satırlardaki yükseklik değerleri ile sayısal yüzey modeli analiz edildiğinde KOH ± 1.5 m altında olduğu görülmüştür. Stereo modelden toplanan veriler ile klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto doğruluk analizi yapıldığında planimetrik olarak gerçek (true) ortofotonun doğruluğu ± 0.5 m ve klasik ortofotonun doğruluğu ± 2.5 m altında olduğu görülmüştür.

Yer kontrol noktası verisi ile sayısal yükseklik modelleri ve ortofotolar kontrol edilmesi sonucunda sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modelinin KOH ± 1.5 m altında olduğu görülmüştür. Yer kontrol noktaları arazi üzerine tesis edildiğinden dolayı yükseklik modellerinde yükseklik farkı olmadığı için her iki yükseklik modelinde yaklaşık aynı sonuçlar çıkmıştır. Yukarıda bahsedildiği üzere arazi üzerine tesis edilen YKN'ler ile yapılan yatay doğruluk kontrolüne göre; her iki yükseklik modeli kullanılarak üretilen ortofotolarda yaklaşık benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu durum incelendiğinde klasik ortofoto ve gerçek (true) ortofoto üzerinden okunan YKN'nin koordinatları ile arazide ölçülen koordinat değerleri karşılaştırıldığında doğruluğun 1 piksel yani ± 0.3 m altında olduğu görülmüştür.

Sayısal arazi modeli kullanılarak üretilen klasik ortofoto ile sayısal yüzey modeli kullanılarak üretilen gerçek (true) ortofoto üretimlerine bakıldığında klasik ortofotoda veri kayıplarının olduğu fakat gerçek (true) ortofoto üretimi ile bu sorunun önüne geçilebileceği görülmüştür. Bununla birlikte vektör harita verisi klasik ortofoto üzerine atıldığında binalar ile uyum sağlamadığı ancak gerçek (true) ortofoto üretiminde binalar ile daha uyumlu olduğu görülmüştür.

Sonuç olarak yapılan analizler incelendiğinde; sayısal yüzey modeli kullanılarak gerçek (true) ortofoto üretimi üzerinden toplanan vektör veri ile elde edilen haritanın % 95 güven aralığında planimetrik olarak ± 0.5 m' den daha iyi sonuç verdiği görülmüş ve halihazır harita verisi ile binalar kontrol edildiğinde gerçek (true) ortofoto üretiminde binaların konum doğruluğunun klasik ortofotoya göre daha doğru olduğu görülmüştür.

KAYNAKLAR

- ASPRS., 1998, Amerikan Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Derneği Büyük Ölçekli Haritalar için Doğruluk Standardı, Reston, Virginia, 3-24.
- BÖHHBÜY., 2018, Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgisi Üretim Yönetmeliği.
- Bilgi, S., 2007, Fotogrametri ve Uzaktan Algılamada Veri Elde Etme Yöntemlerinin Gelişimi ve Kısa Tarihçeleri, Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi.
- Çam, A., Fırat, O., Yılmaz, A., 2013, Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve sayısal Yükseklik Modeli Üretimi Faaliyetleri, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi.
- Daramola O., Olaleye J., Ajayi O.G., Olawuni O., (2017), Assessing the geometric accuracy of UAV-based orthophotos, South African Journal of Geomatics, 6, 3, 395-406.
- Derenyi, E., 1996, Photogrammetry the concepts, Geodesy and Geomatics Engineering UNB, Canada, 130-36.
- Ergün, B., 2019, Gebze teknik üniversitesi sayısal fotogrametri ders notları.
- Esirtgen F., 2010, Farklı Veri Kaynakları İle Elde Edilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Analizi ve Kalite Değerlendirmesi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Genç, B., Gökdaş, Ö., Taftalı, G., Eroğlu, S., 2016, İSKİ Genel Müdürlüğü Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımı İle True Ortofoto ve Halihazır Haritasının Yapımı, 8. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul.
- Günay, A., 2007, Lidar Verisi Kullanarak Yarı Otomatik Gerçek Ortofoto Üretimi, İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Gürbüz, H., 2006, Genel Fotogrametri I, TMMOB harita ve kadaastro mühendisleri odası, Ankara, 1-324.
- Karalar, F., Uysal, M., Varlık, A., Can, Z., 2003, Dijital Ortofoto Üretimi, [online], <https://www.harita.gov.tr/uploads/files/articles/digital-ortofoto-uretim-1024.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2022].
- Karasaka L., Karabörk H., Güntel A., Esirtgen F., 2017, Geometric analysis of digital aerial images, International Journal of Environment and Geoinformatics (IJEGEO), 4, 1, 36-42.
- Karşlı, F., 2014, Fotogrametriye Giriş, Ders Notu.
- Konecny, G., 2003, Geoinformation remote sensing, photogrammetry and geographic information systems, Taylor and Francis, Londra, 126-157.
- Luhmann, T., Robson, S., Kyle, S., ve Harley, I., 2007, Close range photogrammetry : Principles, techniques and applicatios, Wiley Whittles, Caithness, 116-227.

- Mutluoğlu Ö., Ceylan A., 2004, Dijital Ortofoto Haritalarda Konum Doğruluğu ve Maliyet Karşılaştırması, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Nielsen, M., 2004, True orthophoto generation, Kgs. Lyngby.
- Özbalıumcu, M., 2019, Fotogrametrik nirengi ölçüm ve dengeleme yöntemleri [online], <https://www.harita.gov.tr/images/dergi/makaleler/6bbbb2a10edb63.pdf>, [Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2022].
- Popescu, G., Lordan D., Paunescu V., 2016, The resultant positional accuracy fort he orthophotos obtained with Unmanned Aerial Vehicles (UAVs), Procedia, Romania 458-464.
- STANAG-2215., 2010, NATO Standardizasyon Anlaşmaları “IGEO (Düzenleme 7) Kara Haritaları, Hava Haritaları Ve Topografik Verinin Değerlendirilmesi” dokümanı.
- Tsarovski S., 2015, Accuracy Evaluation and Quality Control of Digital Orthomap-Sheets, FIG Working Week, Sofia, Bulgaria.
- Yastıklı, N., 2009, Fotogrametrinin Temelleri , Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi Harita Mühendisliği Bölümü, Fotogrametri Anabilim Dalı, Ders Notu, İstanbul.
- Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011, Anadolu Üniversitesi Açık öğretim Fakültesi, Fotogrametri Yayını, 1s, Eskişehir.
- Yılmaz, A., 2002, Farklı Kaynaklardan Üretilen Sayısal Yükseklik Modellerinin Doğruluk Araştırması, İstanbul.
- Yılmaz, V., Akar A., Akar Ö., Güngör O., Karşlı F., Gökalp E., 2013, İnsansız Hava Aracı İle Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi, Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB 2013), Trabzon.
- URL1, <https://www.harita.gov.tr/fotograflarla-tarihimiz>, [Ziyaret Tarihi: 23 Aralık 2022].
- URL2, <https://www.harita.gov.tr/bagli-birimler-sayfa25>, [Ziyaret Tarihi: 23 Aralık 2022].
- URL3, <https://haritaonline.blogspot.com/2014/06/uzaktan-alglamada-sensorsistemleri.html>, [Ziyaret Tarihi: 28 Aralık 2022].
- URL4, <http://www.kureharita.com.tr/hizmetlerimiz/true-gercek-ortofoto>, [Ziyaret Tarihi: 29 Aralık 2022].