



**EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU
MODEL ÜRETİMİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Semih Seçkin KAVLAK

DANIŞMAN

Doç. Dr. Murat UYSAL

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.36 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi
Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU MODEL
ÜRETİMİ**

Semih Seçkin KAVLAK

DANIŞMAN

Doç. Dr. Murat UYSAL

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Haziran 2019

TEZ ONAY SAYFASI

Semih Seçkin KAVLAK tarafından hazırlanan “Eğik Resim Fotogrametrisi ile 3 Boyutlu Model Üretimi” adlı tez çalışması lisansüstü eğitim ve öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca 11/06/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Doç. Dr. Murat UYSAL

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Abdullah VARLIK
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve
Mimarlık Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Murat UYSAL
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

Üye : Doç. Dr. Mustafa YILMAZ
Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi

İmza



Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu’nun

...../...../..... tarih ve

..... sayılı kararıyla onaylanmıştır.

.....

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. İbrahim EROL

BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içindeki bütün ilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- Atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- Ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

11/06/2019

Semih Seçkin KAVLAK

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

EĞİK RESİM FOTOGRAMETRİSİ İLE 3 BOYUTLU MODEL ÜRETİMİ

Semih Seçkin KAVLAK

Afyon Kocatepe Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Murat UYSAL

Gelişen teknoloji ile beraber 3 Boyutlu (3B) Model üretimi çok daha kolay ve çok daha hızlı bir şekilde yapılmaya başlanmıştır. 3B Modeller birçok alanda, özel sektör ve kamu kurum ve kuruluşlarının kalkınma ve ülke güvenliğine yönelik savunma alanlarında ihtiyaç duyduğu bir ürün haline gelmiştir. Bu tez kapsamında eğik hava kamera sistemi ile çekilen görüntüler işlenerek 3B Model üretimi yapılmış ve bir üretimin esas unsurunu oluşturan doğruluk kontrolü yapılarak 3B Modeli üretiminin istenilen kriterlere uygunluğu araştırılmıştır. Projeye konu olan fotoğraf alımı, Bursa ili Nilüfer ilçesinde yaklaşık 142 hektarlık bir alanda eğik kamera sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Tez kapsamında yaklaşık 20.000 m² alanlık bölge çalışma alanı olarak belirlenmiş ve fotoğraflar değerlendirilerek nokta bulutu üretimi ve 3B Model üretimi gerçekleştirilmiştir. Üretilen 3B Model denetleme noktaları ile kontrol edilmiş ayrıca stereo model kullanılarak çizim yapılmış bu çizimin koordinat ve kot bilgileri ile 3B Model koordinat ve kot bilgileri kıyaslanmış ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Bu çalışmanın sonucunda; eğik hava fotogrametrisi ile üretilen 3B modellerin yeterli hassasiyeti sağlayarak her türlü mühendislik çalışmalarında altlık olarak kullanılabileceği sonucuna ulaşılmıştır.

2019, x + 43 sayfa

Anahtar Kelimeler: Eğik Resim Fotogrametrisi, 3 Boyulu Model, Oblik

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

3D MODEL PRODUCTION WITH OBLIQUE PHOTOGRAMMETRY

Semih Seçkin KAVLAK

Afyon Kocatepe University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Geomatics Engineering

Supervisor: Assoc. Prof. Murat UYSAL

In this thesis scope; 3D model is produced by processing of the images taken with the oblique aerial camera system. And by accuracy checking which one of the main factors of the production, the conformity of 3D model production with the required criteria was investigated. Oblique aerial photo taking subject of the project was carried out in an area of 142 hectares in Nilüfer district of Bursa province, with an oblique camera system. Within the scope of the thesis, an area of approximately 20.000 m² was determined as a test area and, in this section, aerial triangulation, point cloud generation and 3D model production was realized. The produced 3D model has been checked with control points, besides digitizing was made by using a stereo model, the coordinate and elevation information of this digitizing were compared with the 3D model coordinate and elevation information and quadratic mean errors were calculated. As a result of this study; it is concluded that 3D models produced by oblique aerial photogrammetry provide sufficient sensitivity and these data can be used as base data in all kinds of engineering project and applications.

2019, x + 43 pages

Keywords: Oblique Photogrammetry, 3D model, Oblique

TEŞEKKÜR

Bu araştırmanın konusu, deneysel çalışmaların yönlendirilmesi, sonuçların değerlendirilmesi ve yazım aşamasında yapmış olduğu büyük katkılardan dolayı tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Murat UYSAL'a, her konuda öneri ve eleştirileriyle yardımlarını gördüğüm hocalarıma ve arkadaşlarıma, çalışmada kullanılmış olan verileri sağlayan PowerVision ekibine ve kurucusu Sayın Sinan ALTINIŞIK'a teşekkür ederim.

Bu araştırma boyunca maddi ve manevi desteklerinden dolayı aileme teşekkür ederim.

Bu tez çalışması 17.FEN.BİL.36 numaralı proje ile Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir.

Semih Seçkin KAVLAK
AFYONKARAHİSAR,2019

İÇİNDEKİLER DİZİNİ

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER DİZİNİ.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	viii
RESİMLER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR BİLGİLERİ	3
3. MATERYAL ve METOT	6
3.1 Fotogrametri.....	6
3.1.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması	6
3.1.2 Hava Fotogrametrisi ve Uygulama Alanları.....	8
3.1.3 Eğik Hava Fotogrametrisi ve Kamera Sistemleri	8
3.1.4 Uçuş Planlaması	11
3.1.5 Havadan Görüntü Alımı	12
3.1.6 Yer Kontrol Noktası Tesis ve Ölçümü	13
3.1.7 Yöneltilme İşlemleri	15
3.1.8 3 Boyutlu Model Üretimi	16
3.1.8.1 3 Boyutlu Model Üretiminde Kullanılan Veri Setleri	18
3.1.8.2 3 Boyutlu Model Üretim Aşamaları	18
3.1.8.3 3 Boyutlu Model Kullanım Alanları	19
4. UYGULAMA.....	20
4.1 Çalışma Alanı	20
4.2 Çalışmada Kullanılan Ekipmanlar ve Yazılımlar	20
4.2.1 Yer Kontrol Noktaları Ölçümünde Kullanılan GNSS Alıcıları.....	20
4.2.2 Uçuş Planlarının Yapılması.....	21
4.2.3 Havai Dengeleme ve 3 Boyutlu Model Üretim Yazılımı	22
4.2.4 Eğik Kamera Sistemi	22
4.2.5 Uçak Sistemi.....	24
4.3 Yer Kontrol Nokta Planlaması ve Ölçümü	24
4.4 Uçuş Planlamalarının Yapılması	25

4.5 Uçuş Yapılması.....	26
4.6 Nadir ve Eğik Görüntülerin Dengelemesi.....	27
4.7 Model Kalite Kontrolü için Stereo Model Detay Çizimi.....	30
4.8 3 Boyutlu Modellerin Üretimi	31
5. BULGULAR	34
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	38
7. KAYNAKLAR.....	40
ÖZGEÇMİŞ.....	43



SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

ha	Hektar
m ²	Metrekare

Kısaltmalar

BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
DN	Denetleme Noktası
GNSS	Global Navigation Satellite System
LİDAR	Laser Imaging Detection and Ranging
YKN	Yer Kontrol Noktası
YÖA	Yer Örneklem Aralığı
3B	3 Boyutlu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1 Yönelme İşlemleri.....	15
----------------------------------	----



ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1 Eğik Hava Kamera Sistemleri Teknik Değerler.....	11
Çizelge 4.1 Eğik Kamera Sistem Özellikleri.....	23
Çizelge 4.2 Uçuş Plan Parametreleri	26
Çizelge 4.3 Yer Kontrol Noktası Hataları.....	28
Çizelge 4.4 Nadir Kamera Kalibrasyon Parametreleri.....	29
Çizelge 4.5 Sağ Kamera Kalibrasyon Parametreleri.....	29
Çizelge 4.6 Arka Kamera Kalibrasyon Parametreleri.....	29
Çizelge 4.7 Ön Kamera Kalibrasyon Parametreleri.....	29
Çizelge 4.8 Nokta Bulutu Parametreleri.....	30
Çizelge 4.9 Denetleme Noktaları Hataları.....	34
Çizelge 4.10 3B Model ve Stereo Model Kıyası.....	36

RESİMLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 3.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması.....	7
Resim 3.2 MIDAS 5.....	9
Resim 3.3 Ultracam Osprey Mark 3 Premium.....	9
Resim 3.4 Octoblique MIDAS.....	10
Resim 3.5 Eğik Fotogrametri Örnek Uçuş Planı.....	12
Resim 3.6 Hava İşareti Örneği.....	14
Resim 3.7 Nokta Bulutu.....	17
Resim 3.8 3B Mesh Modeli.....	17
Resim 3.9 3B Şehir Modeli.....	18
Resim 3.10 3B Şehir Modeli Üretim Aşamaları.....	19
Resim 3.11 3B Şehir Modelleri Kullanım Alanları.....	19
Resim 4.1 Proje Alanı.....	20
Resim 4.2 Topcon GR-5.....	21
Resim 4.3 Microstation.....	21
Resim 4.4 Pix4dMapper Pro.....	22
Resim 4.5 Kamera Sistemi ve Uçak Bağlantısı.....	23
Resim 4.6 Kamera Sistemi.....	24
Resim 4.7 Uçak.....	24
Resim 4.8 Yer Kontrol Noktası Ölçümü.....	25
Resim 4.9 Uçuş Planı.....	26
Resim 4.10 Uçuş Yapılması.....	27
Resim 4.11 Nadir ve Eğik Fotoğraf Örneği.....	28
Resim 4.12 Üretilen Nokta Bulutu.....	30

Resim 4.13 Stereo Model Çizimi.....	31
Resim 4.14 3 Boyutlu Model Parametreleri.....	32
Resim 4.15 Üretilen 3 Boyutlu Model.....	33
Resim 4.16 Yer Kontrol Noktaları ve Denetleme Noktaları.....	35
Resim 4.17 Stereo Model Kontrol Nokta Dağılımı	37



1. GİRİŞ

Günümüzdeki teknolojik gelişmelere bağlı olarak 3B şehir modelleme önem kazanmış ve kullanılabilir hale gelmiştir. 3B şehir modeli tüm sektör ve kamu kurumlarının ihtiyacı haline gelmiş ve kullanılması yaygınlaşmaya başlamıştır.

Günümüzdeki teknolojik ve bilimsel gelişmeler fotogrametri kısmında da etkili olmuş farklı verilere ihtiyaç duyma ve ürünler üretme isteği doğmuştur. Normalde kullanılan nadir kamera sistemlerinin yanına farklı açılarda eğik kameraların yerleştirilmesi ile farklı veri kümelerinin toplanmasına imkan sağlamıştır. Yeni sistemlerin tanıdığı avantajlar kullanılarak aynı süre zarfında daha fazla veri üretilebilmektedir. Toplanan verilerden daha fazla ve farklı sonuç ürünler üretilebilmektedir. Üretilecek olan yeni ürün setleri yeryüzeyi ve şehirlerimiz hakkında daha fazla bilgi sunmaktadır (Ayyıldız 2017).

Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından Türkiye'nin farklı bölgelerinde 3B kadastro altlıkları üretmek üzere çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. 3B şehir modellerine geçilmesi ve bu çalışmaların yürütülmesi gelişen teknoloji ile beraber kadastro verilerinin 3B olarak vatandaşlara gösterilmesi ve kullanım kolaylığının sağlanması amacını gütmektedir.

Son zamanlarda yaygınlaşan eğik resim fotogrametrisi ile 3B veri üretimi kullanılabilir bir yöntem haline gelerek 3B kadastro ve arazi yönetimi projelerine altlık olarak kullanılabilirliği irdelenir hale gelmiştir (Özmüş vd. 2013).

Ülkemizde de eğik resim fotogrametrisinin gelişmesi ile beraber bu alanda kullanılan kamera sistemlerinin geliştirilmesi ve kullanılması hız kazanmıştır.

Eğik hava kamera sistemleri ile düşey ve eğik görüntüler elde edilerek; coğrafi verilerin üretiminde ve her türlü mühendislik hizmetlerinin ihtiyaç duyduğu konumsal bilgilerin üretilmesine olanak sağlamıştır.

Genel olarak bakılacak olursa eğik resim fotogrametrisi ile şehirler hakkında birçok bilgi tek sistem ile elde edilebilecektir. Yani şehirlerimizde kullanılan imar planlamaları, kentsel dönüşüm çalışmaları, vergi uygulamaları, kaçak yapıların tespiti, yol projeleri gibi birçok alanda eğik resim fotogrametrisi yardımıyla kaliteli ve doğruluğu yüksek 3B şehir modelleri üretilerek her türlü analiz ve proje, plan çalışmalarında kullanılması görselleştirme ve planlama açısından çok faydalı olacaktır.

Bu tez çalışması ile; eğik kamera sistemleri kullanılarak 3B modellemelerin nasıl yapılabileceği ve üretilen modellerin kalitesi, doğruluğu belirlenmiştir. Tez kapsamında eğik kamera sistemi ile belirli bir bölgede hava fotoğrafları alımı yapılmıştır. Havadan görüntü alımından önce gerekli YKN tesis işlemleri gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışmasında; Düşey ve eğik hava görüntüleri işlenerek 3B model otomatik olarak üretilmiş ve yapılan kalite kontrolleri sonucunda, bu verilerin her türlü mühendislik çalışmasında kullanılabilir bir altlık veri teşkil edebileceği değerlendirilmiştir.

2. LİTERATÜR BİLGİLERİ

Uçar ve Ergün (2004) de fotogrametri ve coğrafi bilgi sistemlerinin ayrılmaz bir bütün olduğunu vurgulamış. Bu bütünlüğün teknoloji ile beraber tamamlanmasını 3 boyutlu şehir modelleri olduğunu ifade ederek 3 boyutlu şehir modellerinin görselleştirilmesini sağlayan; modelleme, kaplama ve animasyon tekniklerini kullanımları ile beraber açıklamışlardır.

Kumdağcı (2005) de kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve gösterim yöntemlerinin kullanılmasını konu edinmiş ve bu verilerin kadastral çalışmalara dahil edilmesini belirtmiştir.

Petrie (2009) daki makalesinde eğik resim fotogrametrisinin gelişimini, gelişmesi ile beraber geliştirilen teknolojileri gözden geçirmiş ve bilgi vermiştir.

Yücel ve Selçuk (2009) da 3B kent modellerin gelişen teknoloji ile beraber yaygınlaştığı ve kullanımın arttığından bahsedilerek 3B modelleme yapılırken modelin amacına yönelik görselleştirme yapılmasının önemine değinilmiştir.

Wiedemann ve diğ. (2012) de eğik görüntülerin yöneltilmesinde küçük açı hatalarının dikey görüntülere göre daha büyük bir etkiye sahip olduğu vurgulanmış. En uygun yaklaşımın, havai nirengi kullanılarak hassas yöneltmelerin yapılması gerektiği belirtilerek farklı yaklaşımları tartışarak en umut verici yaklaşım için sonuç sunulmuştur.

Gruber ve diğ. (2013) de Ultracam Osprey eğik kamera sisteminin özelliklerini, havai dengeleme sonuçlarını, DSM üretimi ve eğik görüntü işleme sonuçlarını belirten çalışma yürütmüştür.

Fritsch ve diğ. (2013) de eğik resim fotogrametrisi ile beraber bina cepheleri, 3B şehir modellenmesi için eğik görüntülerin sunduğu nokta bulutundan bahsederken bunların entegrasyon ve yöneltme ile alakalı zorluklar hakkında örnekler ve fikirler vermiştir.

Özmüş ve diğ. (2013) de eğik resim fotogrametrisinin kadaastro kısmında kullanılabilmesi ile alakalı makale yayınlanmıştır. Bu makalede 3B kadaastro ve 3B mülkiyet bilgisinin gerekliliği ve avantajları hakkında bir çalışma yürütülmüştür.

Rupnik ve diğ. (2014) de çoklu kamera sistemlerinin gelişmesi ile beraber eğik resim fotogrametrisinin haritacılık ve diğer alanlarda kullanımının yaygınlaştığı eğik hava görüntülerinin otomatik yöneltilmesi ve görüntülerin yoğun eşlenmesi hakkında bilgiler vermiştir.

Biljecki ve diğ. (2014) de LOD seviyelerini belirlemede çeşitli karışıklık ve belirsizlik mevcuttur. Mevcut LOD seviyelerinin yetersiz olduğunu vurgu yapılarak LOD seviyesini 4 den 10 a çıkartan Biljecki yetersizliklerin giderileceğine vurgu yapmıştır.

Remondino ve diğ. (2015) de yaptığı çalışmada eğik hava görüntülerinin özellikleri, en yaygın uygulamaları ve eğik hava görüntülerinin avantajlarından bahsedilmektedir.

Nurminen (2015) de eğik resim fotogrametrisinin tarihi hakkında bilgi vermekte ve yakın geleceği hakkında bilgiler vererek özellikle eğik görüntülerin dönüklüğünün hesaplanmasında yeni buldular sunmaktadır.

Özerbil ve diğ. (2015) deki bildirisinde Türkiye’de ilk büyük bir alanda yapılan 3B kent modelleme projesi hakkında bilgi vermiştir.

Haala ve diğ. (2015) yılında 3B şehir modelleri üretiminde eğik kameranın fotoğraflarının kullanımının yaygınlaştığından bahsederek aynı zamanda bu eğik kamera sistemleri ile bina yan yüzeylerine nokta bulutu verisi üretilerek yan kısımlarında modelleneneğini belirtmiştir.

Xiao ve diğ. (2015) deki çalışmasında eğik ve düşey hava fotoğrafları kullanılarak bina çatı ve zemin kısımlarının belirlenebilmesi için bu fotoğrafların önemli bir veri kaynağının olduğunu ve algoritmalar yardımı ile başarılı sonuçlar çıkacağını belirtmiştir.

Ayyıldız (2017) de yapmış olduğu yüksek lisans tez çalışmasında 3B şehir modellerinin kadastro verileri ile ilişkilendirilmesi ve 3B kadastro çalışmaları ile alakalı çalışma yapmıştır.

Yastıklı ve diğ. (2017) deki çalışmasında 3B şehir modellerinin üretiminde LİDAR veri setlerinin kullanılarak daha hızlı, ekonomik ve daha ayrıntılı modellerin üretilebileceğı irdelenmiştir.



3. MATERYAL ve METOT

3.1 Fotogrametri

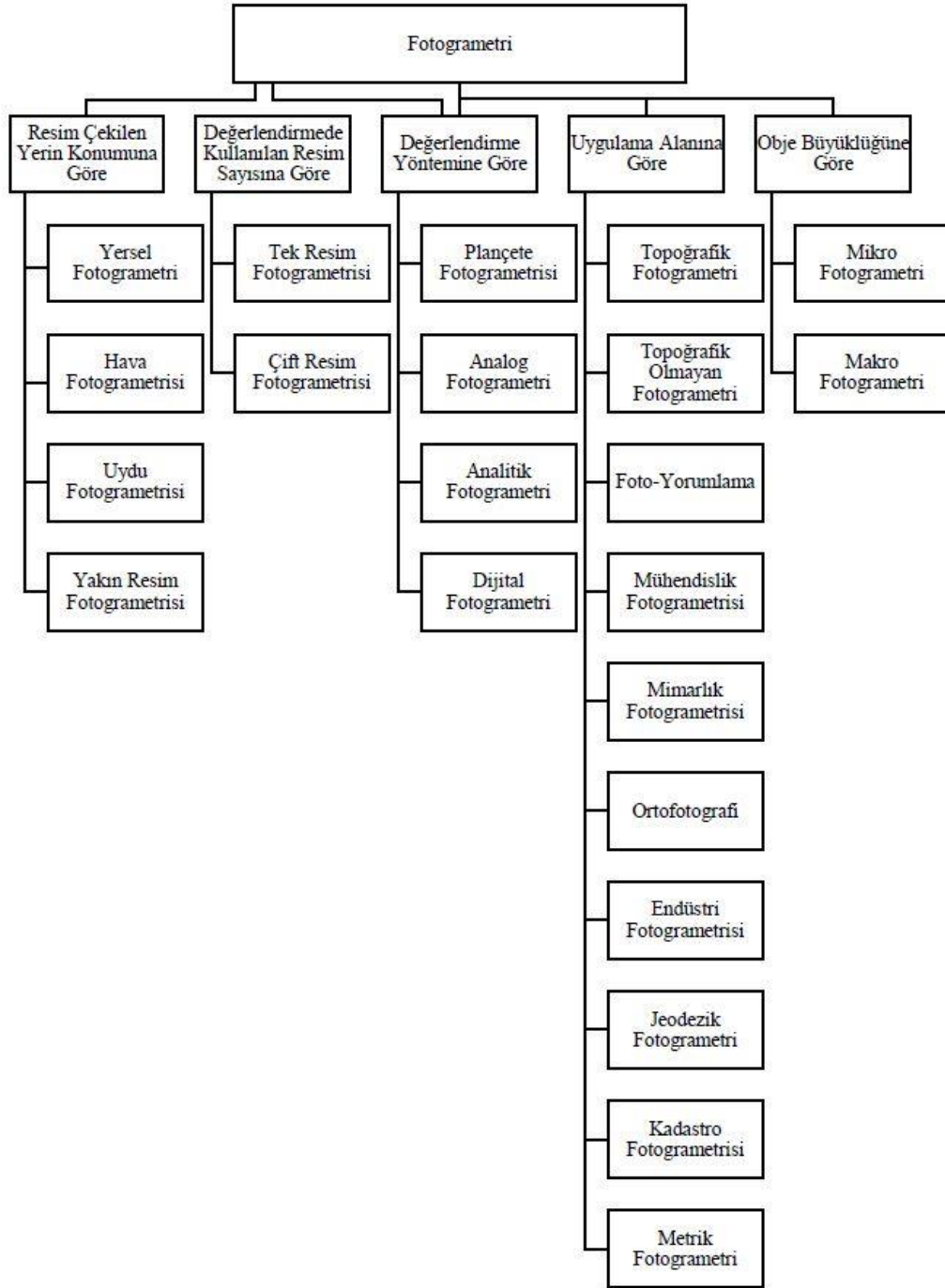
Uzaktan algılama teknoloji var olmadan önce yeryüzünden çeşitli bilgiler toplanmasında ve haritaların oluşturulmasında hava fotoğrafları kullanılmıştır. Fotogrametri adındaki teknoloji ilk hava fotoğrafından itibaren gelişerek günümüze kadar gelmiştir. Fotogrametri, görüntü algılama sistemleri aracılığıyla yeryüzü ve etrafından güvenilir bilgilerin elde edilmesine imkan sağlayan bir teknolojidir. Çekilen görüntüler başta harita üretimi olmak üzere, askeri, uzay bilimleri gibi birçok alanda kullanılmaktadır (Bilgi 2007).

Fotogrametrinin temel esasları, 1800’lü yıllarda S. Finsterwalder tarafından genişletilmiştir. Elektronik zamanda çıkan tüm yöntemler kendisinin ve öğrencilerinin 20.yy da yaptıkları çalışmalara dayanmaktadır (Toprak 2014).

Fotogrametri’nin tanımı; Yunancadan gelen Photos ve Gramma kelimelerinin bir araya gelmesi ile oluşmuştur. Fotogrametrinin haritacılık boyutunda değerlendirilmesi ise Metron kelimesinden gelmektedir. Bu bağlamda tüm bu kelimelerin karşılığı olarak Fotogrametri ; “ışık yardımıyla çizerek ölçme” olarak ifade edilebilir (Yaşayan vd. 2011).

3.1.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması

Fotogrametrideki asıl amaç bir nesnenin uzaydaki geometrik niteliklerini belirlemektir. Bu nitelikleri belirler iken fotoğraflar kullanılır. Bu kapsamda fotogrametriyi kullanan ekipman özelliklerine ve kullanma biçimlerine göre sınıflandırmak mümkündür (Toprak 2014). Resim 3.1’de bu sınıflandırma görülmektedir.



Resim 3.1 Fotogrametrinin Sınıflandırılması (Toprak 2014).

3.1.2 Hava Fotogrametrisi ve Uygulama Alanları

Fotogrametrinin ilk başlangıcı yersel fotogrametri ile olsa da büyük alanların haritalama çalışmaları ihtiyacından ötürü, ekonomik ve hızlı çözümler üretmek için hava fotogrametrisi büyük ihtiyaç haline gelmiştir. İlk olarak havadan çekilen fotoğrafın düşeye çevrilip ölçeğe uygun hale getirilerek planlama işleminde kullanılması 1897’de Scheimpflug tarafından gerçekleştirilmiştir. Hava fotogrametrisi motorlu uçakların gelişmesiyle beraber yaygınlaşmaya başlamış ve 1915 yılında ilk defa ölçme kamerası geliştirilerek çekimler yapılmaya başlanmıştır (Toprak 2014).

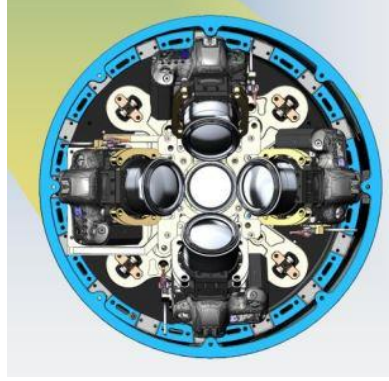
İlerleyen teknoloji ile beraber hava fotogrametrisi yaygın olarak kullanılmaktadır. Hava fotogrametrisi hava uçakları yardımıyla belirli yüksekliklerden çekilen fotoğraflar yardımıyla her türlü harita üretimine olanak sağlamaktadır. Sadece harita üretiminde değil arazi hakkında bilgi sahibi olunmak istenen her konuda fotogrametriden yararlanılabilmektedir (Toprak 2014).

3.1.3 Eğik Hava Fotogrametrisi ve Kamera Sistemleri

Eğik hava fotogrametrisi düşey görüntülerin yanında yüksek çözünürlüklü eğik görüntülerin de alınarak bu görüntülerden alınan doku verisinin 3B şehir modellerinin üretilmesine imkan sağlayan yöntemdir (Özmüş vd 2013).

Eğik hava fotogrametrisinin, klasik fotogrametriden farkı, sistemdeki kamera sayılarının ve bağlantı açılarının farklı olmasıdır. Farklı sayılar ile bağlanmış kameraları farklı sayılarına göre sınıflandırmak mümkündür (Ayyıldız 2017).

Eğik Hava Fotogrametrisinde kullanılan bazı Kamera Sistemleri Resim 3.2, Resim 3.3 ve Resim 3.4’de verilmiştir.



Resim 3.2 MİDAS VI (İnt.Kyn.1).



Resim 3.3 UltraCam Osprey Mark 3 Premium (İnt.Kyn.2).



Resim 3.4 Octoblique MIDAS (İnt.Kyn.3).

Farklı tiplerde ve sayılarda kamera olmasına rağmen en fazla tercih edilen beşli kamera sistemleridir. Bu kamera sistemleri bir adet nadir kamera ve dört adet eğik kameradan oluşmaktadır (Ayyıldız 2017).

Bilgi vermesi açısından iki adet eğik hava kamerası sistemi teknik değerleri Çizelge 3.1 de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Eğik Hava Kamera Sistemleri Teknik Değerler.

	Ultracam Osprey Mark3 Premium	MIDAS VI
Nadir Kamera Görüntü Boyutu	13470 x 8670	7360 x 4912
Nadir Kamera Odak Uzaklığı	80 mm	50 mm
Eğik Kamera Görüntü Boyutu	10300 x 7700	7360 x 4912
Eğik Kamera Odak Uzaklığı	120 mm	85 mm
Eğik Kamera Açıları (Derece)	45°	45°
Piksel Boyutu (Mikron)	5.2	4.9

3.1.4 Uçuş Planlaması

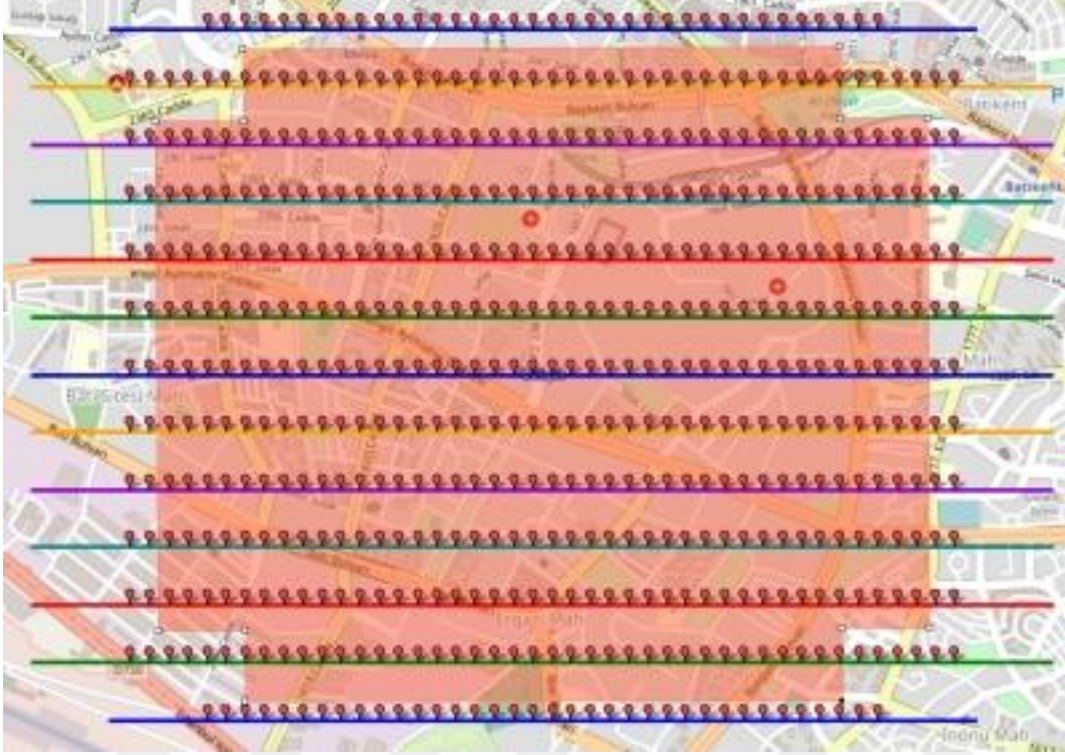
Uçuş Planı; haritası yapılacak bölgede uçuştan önce gerekli uçuş parametrelerinin belirlenmesi için yapılan plandır.

Fotogrametrik uçuş için yapılan uçuş planları sayısal ortamda veya 1/25000 lik haritalar üzerinde yapılır ve fotoğraf çekim noktaları işaretlenir (Ayyıldız 2017).

Ancak eğik resim fotogrametri uçuşlarında dikkat edilmesi gereken bir nokta vardır ki o da eğik kameralar farklı açılarda bağlanabildiğinden uçuş yüksekliği ve kamera bağlantı açısı dikkate alınarak alan dışında da fotoğraf çekilmesi gerekmektedir

Uçuş planlamalarında bu durum dikkate alınarak, istenilen proje alanının dış kısmında da kolon uçuş yapılarak alanın tamamında eğik fotoğraf olması sağlanmalıdır. Örnek uçuş planlaması Resim 3.5 de gösterilmiştir.

Uçuş planlaması hava fotoğraf ölçeği, kameranın odak uzaklığı, görüntü boyutu ve ileri bindirme oranına göre hazırlanmalıdır (Ayyıldız 2017).



Resim 3.5 Eğik Fotogrametri Örnek Uçuş Planı (İnt.Kyn.4).

3.1.5 Havadan Görüntü Alımı

Havadan görüntü alımı sırasında havanın açık ve güneşli olduğu zaman tercih edilmelidir. Ormanlık alanlarda uçuş yapılacak ise yaprakların döküldüğü mevsimlerde yapılmalıdır (Ayyıldız 2017).

Görüntü alımı ilgili yönetmelikler uyarınca yapılmalıdır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY)'nin "Fotoğraf çekimi MADDE 57-

(1) Uçuş görevi, Nisan ayının başı ile Ekim ayının sonu arasındaki dönemde uçuş planına uygun olarak bulutsuz bir havada, yerel öğle zamanından yaklaşık iki saat önceki ve sonraki zaman aralığında gerçekleştirilir. Bu dönem ve saat aralığı dışında zorunlu

hallerde, idarenin onayı alınarak fotoğraf çekimi yapılabilir. Fotoğraf çekimi sırasında güneşin yükseklik açısı 30°'den büyük olmalıdır.

(2) Hava fotoğrafı çekiminin planlanan biçimde gerçekleştirilmesi için GNSS denetimli uçuş sisteminden de yararlanılır. Fotoğraf çekim noktalarının planlanan durumdan olan farkları fotoğraf ölçeğinde 1 cm'yi geçmemelidir. Kamera ekseninin düşey doğrultudan sapmaları da 5°'yi geçmemelidir.” hükmüne amirdir.

Havadan görüntü alımı sırasında kullanıcı müdahalesini en az gerektirecek otomasyon sistemler kullanılmalıdır. Görüntü alımı sırasında kameranın fotoğraf konumunu belirleyebilmek için GNSS / IMU entegrasyonu bulunduran sisteme sahip olunmalıdır (Ayyıldız 2017).

3.1.6 Yer Kontrol Noktası Tesis ve Ölçümü

Yer kontrol noktaları zemine fotoğraflarda ayırt edilebilecek renklerde hava işareti şeklinde tesis edilmelidir.

Yer kontrol noktası işaretlemeye BÖHKBÜY'ün “YKN ve denetleme noktalarının işaretlenmesi MADDE 53-

(1) Proje alanındaki bütün YKN ve denetleme noktaları, gerektiğinde taşınmaz mal ve orman sınır kırık noktaları, hava fotoğrafı çekiminden önce fotoğraflarda görünecek ve ölçü yapılabilecek şekilde işaretlenir. Yapılan işaretlerin simetri merkezleri ilgili yer noktası ile çakıştırılır.

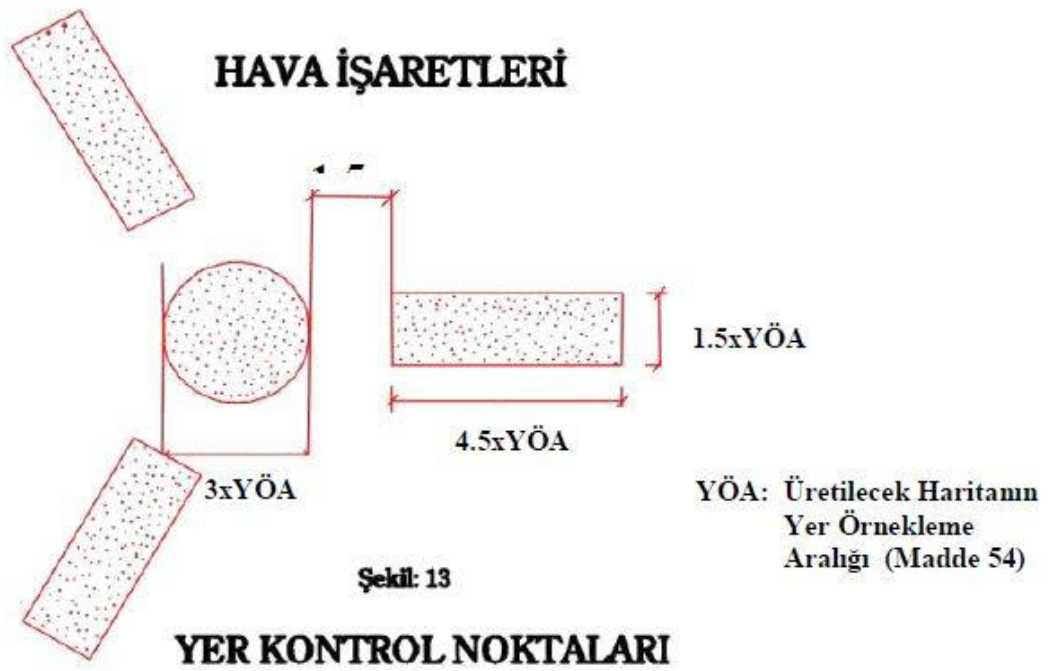
(2) Pilye biçimindeki YKN ve denetleme noktalarında, pilye platformu ya da merkez dışı bir konuma işaretleme yapılabilir. Merkez dışı olması durumunda işaret merkezinin koordinatları, pilye noktasına yersel ölçme yöntemleri ile bağlanarak ± 2 cm (dahil)'den daha iyi doğrulukla hesaplanır.

(3) İşaretler, en az 60°'lik bir görüş açısına sahip olacak şekilde açık alanlara yapılır. Bu görüş konisi içinde bina ve ağaç gibi herhangi bir engel olmamalıdır.

(4) Yeterli görüş olmayan durumlarda YKN ve denetleme noktalarının tesisi ve işaretlenmesi çatı ve benzeri yüksek noktalara yapılabilir. Bu durumdaki işaret, jeodezik

ölçülerle yakınındaki noktalara, bu noktalar ile aynı doğruluk derecesine sahip olacak şekilde bağlanır ve koordinatları bulunur.

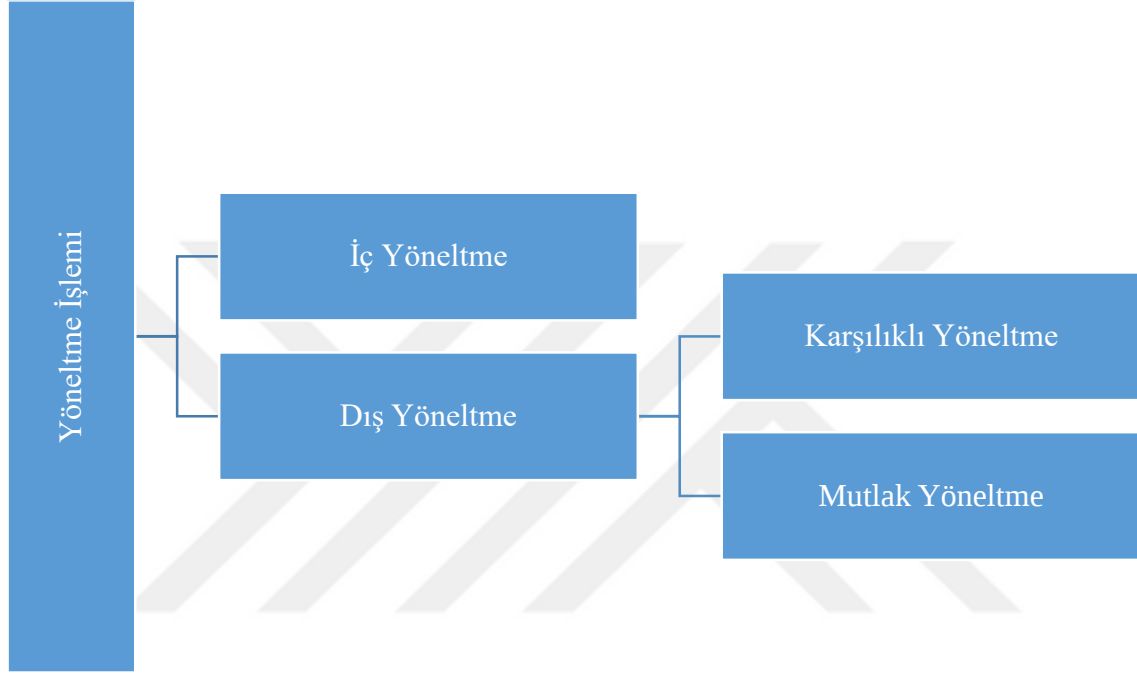
(5) İşaretleme, zemin noktalarının üzerinin ve yakın çevresinin boyanması ya da geçici plakalar takılması suretiyle yapılır. Bu işaretler; fotoğraf üzerinde çapı veya bir kenarı $3 \times Y\ddot{O}A$ olan kare veya daire biçiminde tesis edilir. İşaretlerin daha iyi görülebilmesi için farklı renkte dış çevreler oluşturulabilir ve uygun uzunlukta üç ya da dört kol işaretlenebilir. Fotogrametrik yer işaretleri beyaz ya da yakın çevresi ile zıt renkli olmalıdır.” ifadeleri ile belirtilmiştir (Resim 3.6).



Resim 3.6 Hava İşareti Örneği (BÖHHBÜY 2018).

3.1.7 Yöneltilme İşlemleri

Elde edilen görüntülerin çekildiği andaki konumlarına getirilmesini işlemine yöneltilme işlemi denir (Yaşayan ve ark. 2011). Yöneltilme işlemi İç Yöneltilme ve Dış Yöneltilme olmak üzere iki basamakta yapılır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Yöneltilme İşlemleri (Yaşayan vd. 2011).

İç yöneltilme işlemi, kameranın kalibrasyon raporundaki değerlerin yöneltilme sistemine tanıtılması işlemidir (Yaşayan ve ark. 2011). İç yöneltilme elemanları kameranın odak uzaklığı, kameranın piksel sayısı, kameranın piksel boyutu ve kamera orta noktasının kayıklık miktarlarını belirten elemanlardır (Ayyıldız 2017).

Dış yöneltilme işleminde karşılık yöneltilme ile fotoğrafta bulunan dönüklük ve eğiklik yok edilerek fotoğraf çiftleri havada çekildiği konuma gelirler. Bu şekilde nesneler 3B görüntü elde edilir. Bu elde edilen görüntü ölçekli ve araziye paralel değildir. Mutlak yöneltilme işlemi yapılarak arazinin benzer hali elde edilir (Yaşayan ve ark. 2011).

Karşılık yöneltme ile her iki fotoğraftan elde edilen ışın destelerinin birbirine göre konum ve duruş ayarlanır ve iki fotoğraftan gelen eşlenik ışınların kesişmesi sağlanır. Bunun sonucunda bir uzay modeli elde edilir (Yaşayan ve ark. 2011).

Karşılıklı yöneltmede elde edilen uzay modelin ölçeği ve konumu belirsizdir. Bu modelin ölçeğine ve arazi koordinat sistemindeki cisme ait koordinat değerleri ile model koordinatlarının çalışacağı biçimde ötelenmesi ve döndürülmesi gerekir. Bu sistem dönüşümü üç öteleme (X_0, Y_0, Z_0), üç dönüklük (φ, ω, κ) ve bir ölçek (λ) gündeme gelmektedir (Yaşayan ve ark. 2011).

Toplamda yedi bilinmeyen çözülmesi için iki sistemde de bilinen ortak noktalara ihtiyaç vardır. Bu noktalar en az 3 adet olacak şekilde fotoğraflar üzerinden ölçülen bunun akabinde model koordinatları hesaplanmış ve arazi sisteminde koordinatları bilinen noktalardır. Bu noktalar bir çözüm yaparak dönüşüm parametresi hesaplanır. Bu parametreler ile modeldeki tüm noktaların arazi koordinat değerleri hesaplanır (Yaşayan ve ark. 2011).

3.1.8 3 Boyutlu Model Üretimi

Fotogrametrinin en büyük amaçları kullanıcıya en hassas ve yeryüzünü en iyi şekilde ifade edebilen nokta bulutu ve 3Boyutlu (3B) şehir model üretimini gerçekleştirmektir (Ayyıldız 2017).

Nokta bulutu örneği Resim 3.7 de gösterilmiştir.

3B şehir modeli örnekleri Resim 3.8 ve Resim 3.9 da gösterilmiştir.



Resim 3.7 Nokta Bulutu (İnt.Kyn.5).



Resim 3.8 3B Mesh Modeli (İnt.Kyn.6).



Resim 3.9 3B Şehir Modeli (İnt.Kyn.7).

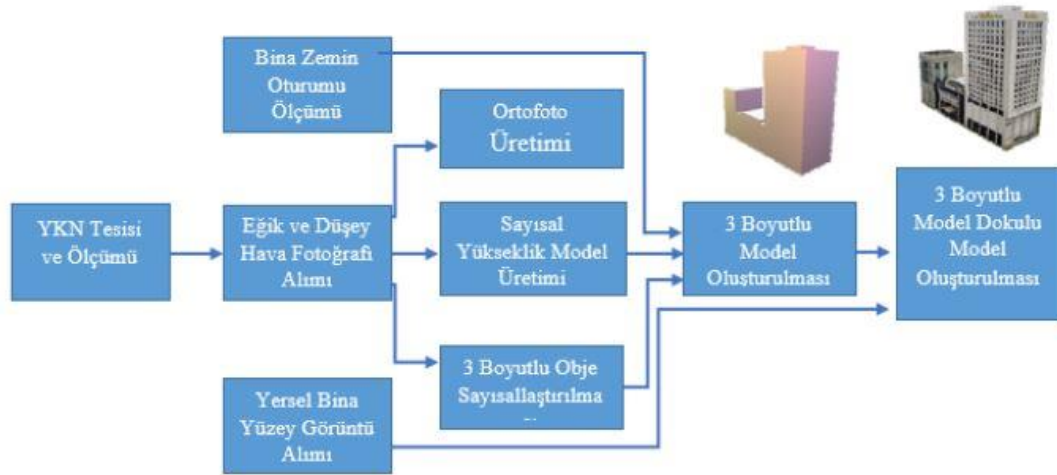
3.1.8.1 3 Boyutlu Model Üretiminde Kullanılan Veri Setleri

3B model üretiminde kullanılacak olan veri setleri sonuç üründen istenilen beklentiye göre değişiklik göstermektedir. Modellerin üretimde yersel ölçümler, havadan eğik ve nadir fotoğraf alımı, yersel lazer tarama, havadan lazer tarama, insansız hava araçları ile çekilen fotoğraflar, fotoğrafların işlenmesi ile elde edilen nokta bulutları gibi yöntemlerle toplanan verilerin bir kısmı beraber, tek başına veya hepsi beraber kullanımı ile model üretimi mümkündür (Ayyıldız 2017).

3.1.8.2 3 Boyutlu Model Üretim Aşamaları

3B model üretimindeki aşamalar yine istenilen sonuç ürünün durumuna göre değişiklik göstermektedir. 3B model üretimi nadir ve eğik çekilen görüntülerin işlenmesi sonucu 3B model üretimi gerçekleştirilebilir. Resim 3.10 da üretim aşamaları gösterilmiştir (Ayyıldız 2017).

3B model üretimde nadir ve/veya eğik fotoğraflardan nokta bulutu üretimi gerçekleştirilmesinin ardından, 3B model; istenilen bölgede eksik nokta bulutu var ise tamamlanması ve üçgen model yapılmasının ardından otomatik kaplama ile 3B modeller üretilebilir (Uslu vd. 2017).

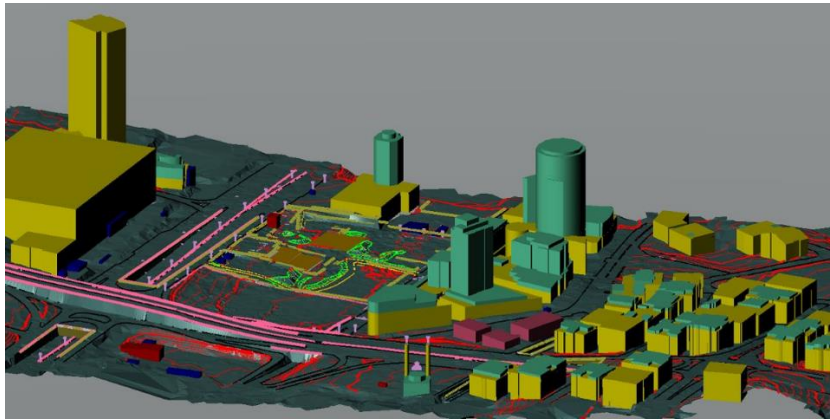


Resim 3.10 3B Şehir Modeli Üretim Aşamaları (Ayyıldız 2017).

3.1.8.3 3 Boyutlu Model Kullanım Alanları

3B Şehir modellerinin birçok alanda kullanımı bulunmaktadır (Resim3.11). Bunların bazıları aşağıda verilmiştir. (İnt.Kyn.8).

- Belediyecilik Uygulamaları,
- Acil Durum Yönetimi,
- 3B Kadastro,
- İşgaliye Alanlarının Tespiti,
- Ulaşım-Enerji İletim Hatları,
- Güneş/Gölge Analizleri gibi çeşitli Mimarlık ve Mühendislik Hizmetleri,
- Kentsel Dönüşüm,
- Ulusal Güvenlik



Resim 3.11 3B Şehir Modelleri Kullanım Alanları (İnt.Kyn.9).

4. UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak Bursa ili Nilüfer ilçesinde yaklaşık 142 ha lık bir alanda eğik ve nadir fotoğraf alımına yönelik uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Çalışması yapılan bu bölgeden uygulama kısmında yaklaşık 20.000 m² bir alan belirlenerek bu kısımda değerlendirme işlemi gerçekleştirilecektir (Resim 4.1).



Resim 4.1 Proje Alanı.

4.2 Çalışmada Kullanılan Ekipmanlar ve Yazılımlar

4.2.1 Yer Kontrol Noktaları Ölçümünde Kullanılan GNSS Alıcıları

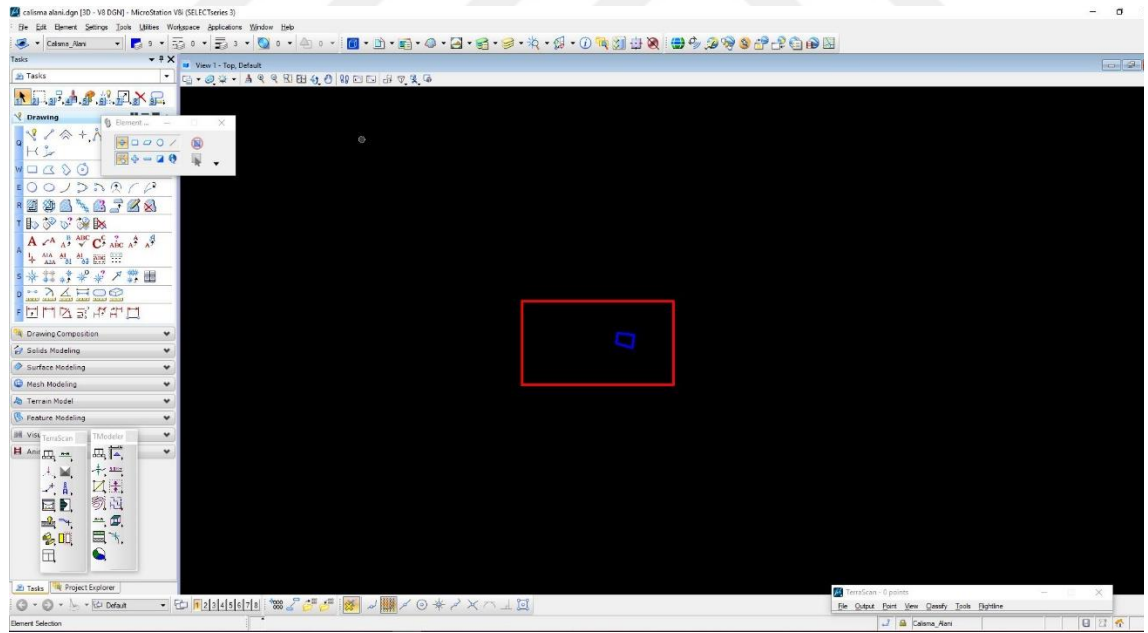
Proje kapsamında yer kontrol noktası ölçümünde Topcon marka GR-5 model GNSS alıcıları kullanılmıştır (Resim 4.2).



Resim 4.2 Topcon GR-5 (İnt.Kyn.10).

4.2.2 Uçuş Planlarının Yapılması

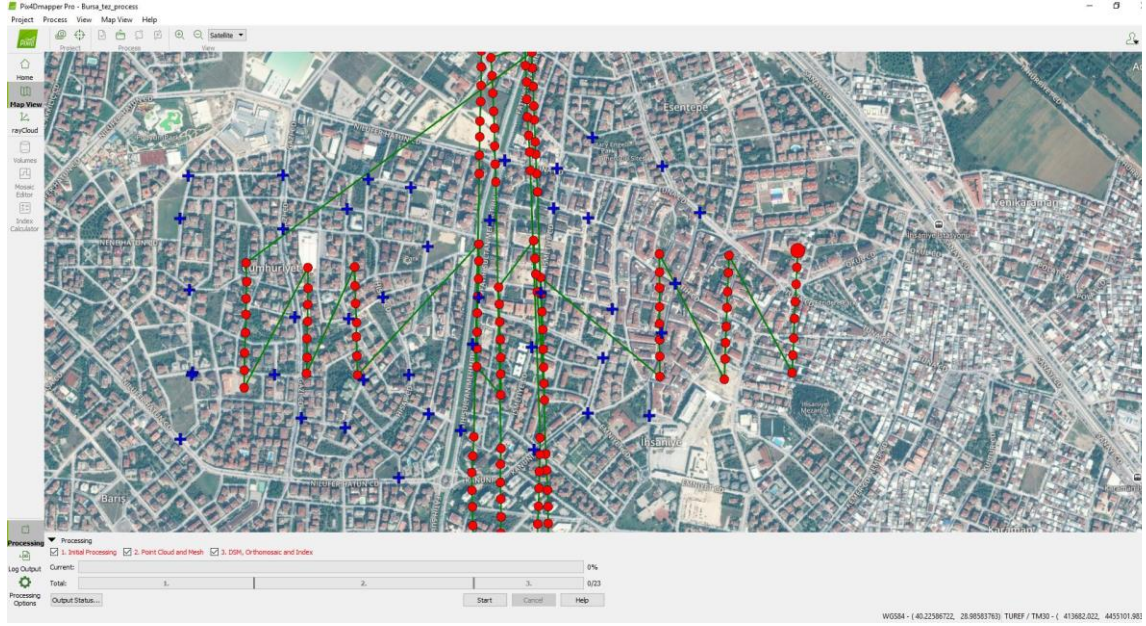
Uçuş planlamaları Microstation programı kullanılarak yapılmıştır (Resim 4.3).



Resim 4.3 Microstation Yazılımının Örnek bir Gösterimi.

4.2.3 Havai Dengeleme ve 3 Boyutlu Model Üretim Yazılımı

Fotoğrafların yer kontrol noktaları ile beraber havai dengeleme, nokta bulutu üretimi, 3B model üretimi ve gerçek ortofoto üretimi Pix4dmapper yazılımı kullanılarak yapılmıştır (Resim 4.4).



Resim 4.4 Pix4dmapper Pro Örnek Gösterimi.

4.2.4 Eğik Kamera Sistemi

Eğik kamera sistemi PowerVision markası tarafından tamamen milli ve yerli imkanlarla geliştirmiş olduğu bir sistemdir.

Eğik kamera sistemi 1 adet nadir kamera 4 adet eğik kameradan oluşmaktadır. Eğik kameralar 45° açı ile tasarlanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Eğik Kamera Sistem Özellikleri.

PowerVision Eğik Kamera Sistemi	
Nadir Kamera Görüntü Boyutu	8688 x 5792
Nadir Kamera Odak Uzaklığı	50 mm
Eğik Kamera Görüntü Boyutu	8688 x 5792
Eğik Kamera Odak Uzaklığı	85 mm
Eğik Kamera Açıları (Derece)	45°
Piksel Boyutu (Mikron)	4.1

Kamera sistemi bu uçuşta kullanılan uçağın altına bir kutu aracılığıyla takılmış ve uçuşlar yapılmıştır (Resim 4.5 ve Resim 4.6).



Resim 4.5 Kamera Sistemi Uçak Bağlantısı.



Resim 4.6 Kamera Sistemi.

4.2.5 Uçak Sistemi

Bu uçuş Bristell marka Ultralight sınıfı uçak kullanılarak yapılmıştır (Resim 4.7).



Resim 4.7 Uçak (İnt.Kyn.11).

4.3 Yer Kontrol Nokta Planlaması ve Ölçümü

Yer kontrol nokta planlaması ofis ortamında arazinin uygun yerlerinde olacak şekilde yaklaşık 150 metre aralıklarla istikşafı yapılmıştır.

Proje alanında yapılan uçuşlardan önce yer kontrol noktası olarak hava işareti tesis edilmemiş bölgede bulunan sabit zeminler (rogar v.s.) koordinatlandırılarak yer kontrol noktası olarak kullanılmıştır.

Koordinatlandırma işlemi Tusaga Aktif CORS Ağ-Rtk yöntemi kullanılarak yapılmıştır (Resim 4.8).



Resim 4.8 Yer Kontrol Noktası Ölçümü.

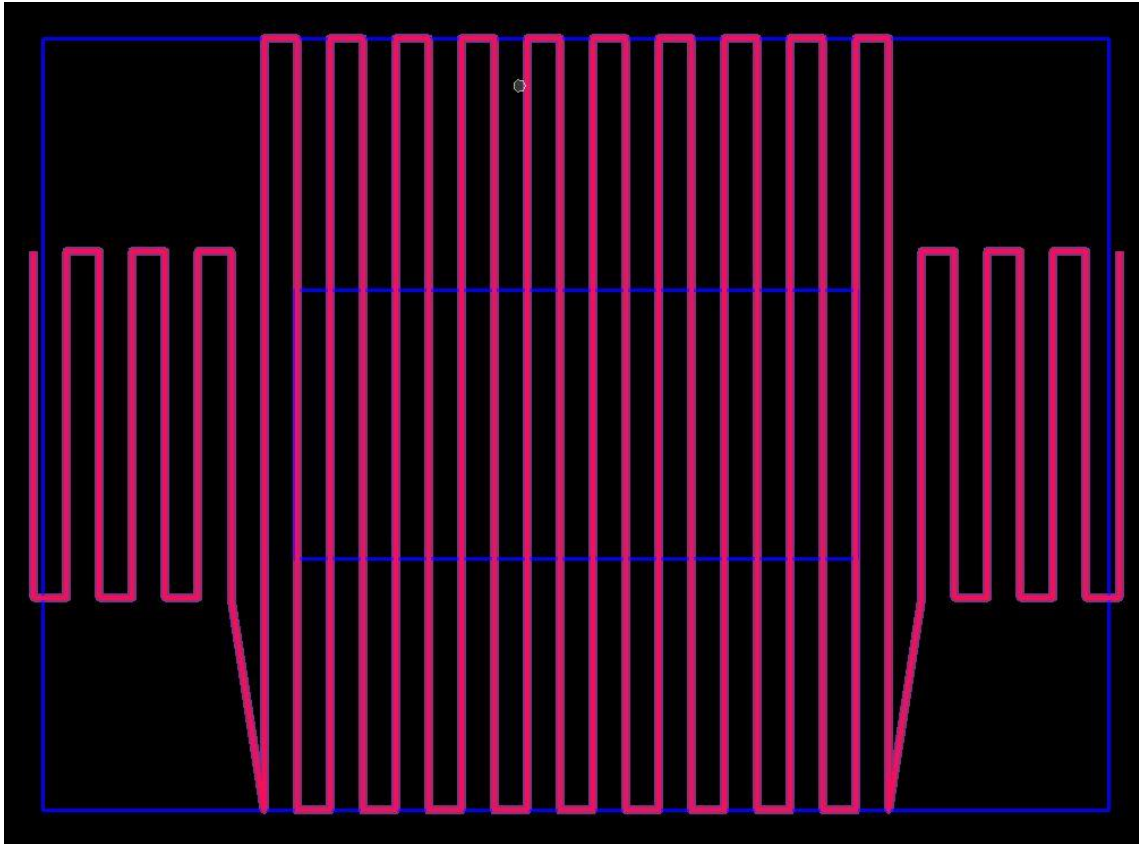
Proje kapsamında yaklaşık 42 adet yer kontrol noktası ölçümü yapılmıştır.

4.4 Uçuş Planlamalarının Yapılması

Uçuş planlamaları %80 enine ve %80 boyuna bindirme prensibine göre hazırlanmıştır. Kamera özellikleri dikkate alınarak kolon mesafesi, fotoğraf mesafesi ve uçuş yüksekliği belirlenerek uçuş planları hazırlanmıştır (Çizelge 4.2). Planlar; uçak otopilot sistemine aktarılabilmesi için gpx ve fpl olarak export edilmiş ve bu kapsamda uçuş işlemine geçilmiştir (Resim 4.9).

Çizelge 4.2 Uçuş Plan Parametreleri.

Yer Örnekleme Aralığı	5 cm
Enine Bindirme Oranı	%80
Boyuna Bindirme Oranı	%80
Uçuş Yüksekliği	603 m
Kolon Mesafesi	173 m
Fotoğraf Çekim Mesafesi	57 m



Resim 4.9 Uçuş Planı.

4.5 Uçuş Yapılması

Planlanan uçuş planları kapsamında otopilot özelliğine sahip uçak sistemin altına eğik kamera sistemi bağlanmış ve uçuşlar gerçekleştirilmiştir (Resim 4.10).

Uçuş sonrasında yaklaşık 5500 adet fotoğraf çekilmiştir. Uçuş sonrası gerekli kontroller yapılarak uçuş sona erdirilmiştir.



Resim 4.10 Uçuş Yapılması.

4.6 Nadir ve Eğik Görüntülerin Dengelemesi

Proje kapsamında çekilen yaklaşık 5500 adet fotoğraflardan, eğik görüntülerden faydalı şekilde yararlanabilecek yaklaşık 2000 fotoğraf belirlenmiş ve değerlendirme işlemi yapılmıştır.

Tez kapsamında bu işlemi hızlandırmak ve görselleri ifade edebilmek adına 144 adet fotoğraf belirlenerek değerlendirme işlemi gerçekleştirilmiştir (Resim 4.11).

Nadir ve eğik görüntüler Pix4dmapper programı aracılığıyla sırası ile havai dengeleme, nokta bulutu üretimi, 3B Model üretimi, sayısal yükseklik modeli üretimi ve gerçek ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir.

Nadir ve eğik görüntülerin dengelenmesi sırasında ölçümü yapılan yer kontrol noktaları işleme dahil edilerek datanın doğruluk kalitesi artırılmaya çalışılmıştır. Toplamda 4 adet yer kontrol noktası kullanılmıştır.



Resim 4.11 Nadir ve Eğik Fotoğraf Örneği (İnt.Kyn.12).

Pix4dmapper Pro yazılımının dengeleme sonucunda yer kontrol noktalarının hataları Çizelge 4.3 de gösterilmiştir.

Çizelge 4.3 Yer Kontrol Noktası Hataları.

Yer Kontrol Noktaları	Hata X (m)	Hata Y (m)	Hata Z (m)
P.22	0.021	0.002	-0.002
P.23	-0.011	0.022	0.002
P.28	-0.013	-0.005	-0.002
P.29	0.003	-0.025	0.011
Karesel	0.014	0.017	0.006
Ortalama Hata (m)			

Pix4dmapper Pro yazılımı ile ayrıca 4 adet kameranın kalibrasyon değerleride hesaplandırılmıştır (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5, Çizelge 4.6 ve Çizelge 4.7). Kalibre edilmiş kamera parametreleri ve fotoğraf XYZ ve Omega, Phi, Kappa bilgileri kullanılarak stereo çizim ile tekniği ile çatı çizimleri yapılacaktır.

Çizelge 4.4 Nadir Kamera Kalibrasyon Parametreleri.

	Odak Uzaklığı (mm)	Principal Point x (mm)	Principal Point y (mm)	R1	R2	R3	T1	T2
Giriş Değerleri	50.000	18.000	12.000	0	0	0	0	0
Kalibre Değerler	49.601	17.934	11.944	-0.003	0.098	-0.12	0.001	- 0.001

R: Çap yönündeki ışınsal distorsiyon T: Açısal yöndeki ışınsal distorsiyon

Çizelge 4.5 Sağ Kamera Kalibrasyon Parametreleri.

	Odak Uzaklığı (mm)	Principal Point x (mm)	Principal Point y (mm)	R1	R2	R3	T1	T2
Giriş Değerleri	85.000	18.000	12.000	0	0	0	0	0
Kalibre Değerler	83.057	17.733	11.722	0.014	-0.346	-2.849	0	0

R: Çap yönündeki ışınsal distorsiyon T: Açısal yöndeki ışınsal distorsiyon

Çizelge 4.6 Arka Kamera Kalibrasyon Parametreleri.

	Odak Uzaklığı (mm)	Principal Point x (mm)	Principal Point y (mm)	R1	R2	R3	T1	T2
Giriş Değerleri	85.000	18.000	12.000	0	0	0	0	0
Kalibre Değerler	83.025	17.921	11.899	0.029	-0.822	1.371	0	- 0.001

R: Çap yönündeki ışınsal distorsiyon T: Açısal yöndeki ışınsal distorsiyon

Çizelge 4.7 Ön Kamera Kalibrasyon Parametreleri.

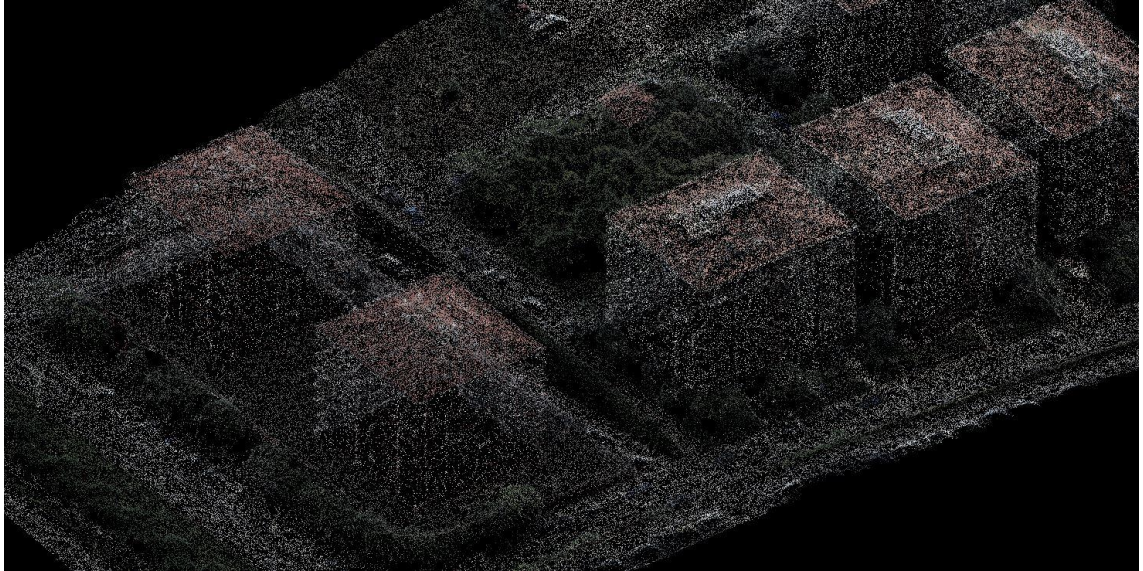
	Odak Uzaklığı (mm)	Principal Point x (mm)	Principal Point y (mm)	R1	R2	R3	T1	T2
Giriş Değerleri	85.000	18.000	12.000	0	0	0	0	0
Kalibre Değerler	83.093	17.858	11.657	0.025	-0.740	0.866	0	0

R: Çap yönündeki ışınsal distorsiyon T: Açısal yöndeki ışınsal distorsiyon

Yukarıda bahsedilen yer kontrol noktaları hataları ve kamera kalibrasyon değerleri kullanılarak Pix4dmapper Pro yazılımı ile otomatik olarak istenilen yoğunlukta nokta bulutu üretimi gerçekleştirilir (Çizelge 4.8).

Çizelge 4.8 Nokta Bulutu Parametreleri.

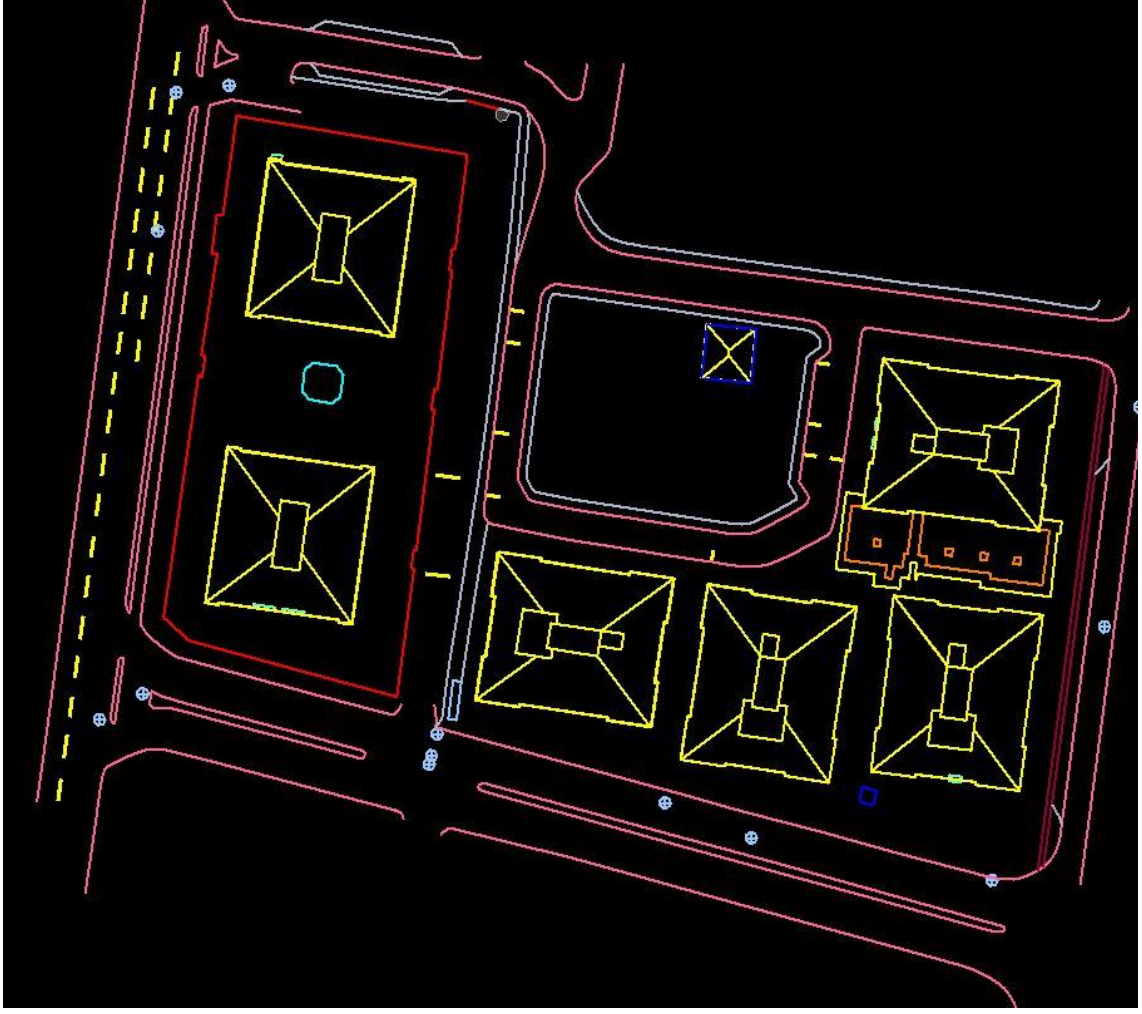
	Sayılar
Nokta Bulutu Sayısı	1296588
Ortalama Yoğunluk (m^2)	18.64



Resim 4.12 Üretilen Nokta Bulutu

4.7 Model Kalite Kontrolü için Stereo Model Detay Çizimi

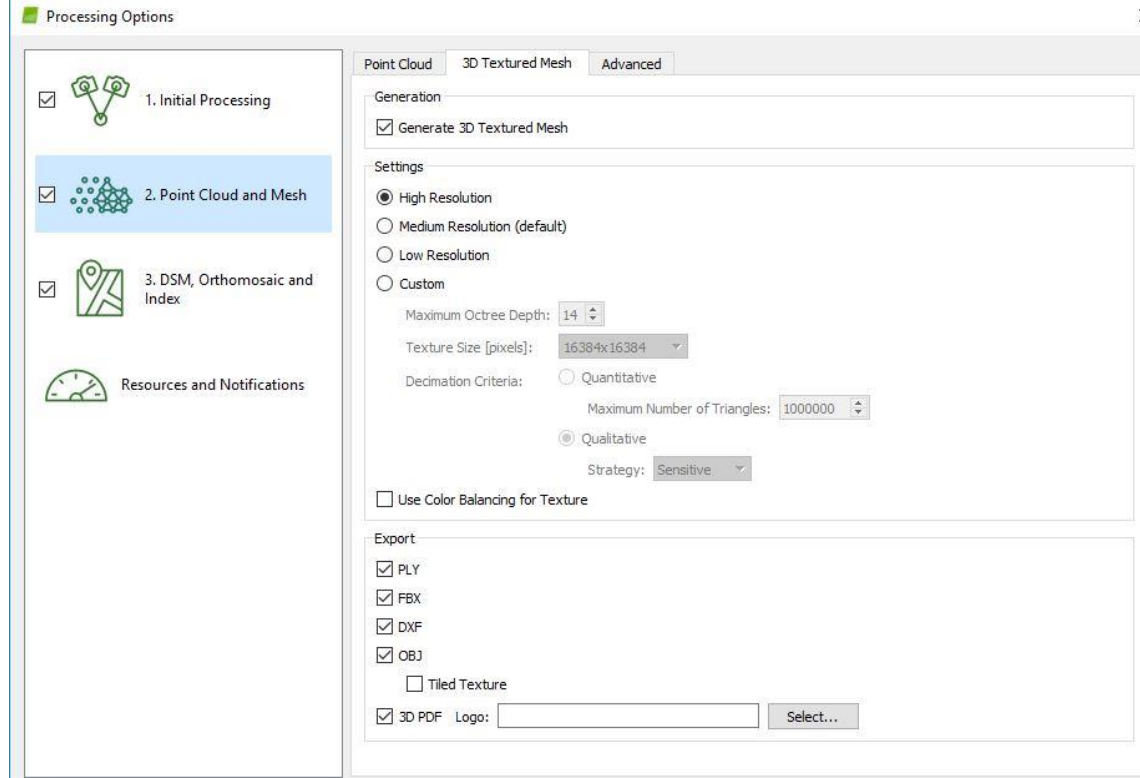
Bir sonraki aşamada elde edilecek olan 3B modellerin kalite kontrolünün yapılması için havai dengelemesi yapılan fotoğraf ve parametreler kullanılarak stereo model oluşturulmuştur. Stereo model yardımıyla çatıların tüm ayrıntıları, kontrol edilebilecek tüm detayların çizimleri hassas koordinat ve kot bilgisi ile yapılmıştır (Resim 4.13).



Resim 4.13 Stereo Model Çizimi.

4.8 3 Boyutlu Modellerin Üretimi

Nokta bulutu üretimin tamamlanmasının ardından Pix4dmapper vasıtasıyla otomatik olarak nokta bulutu üzerinden üçgen model üretilir. Üretilen bu üçgen modeli üzerine nadir ve eğik fotoğraflar kullanılarak texture işlemini gerçekleştirilir. Tüm bunlar yapılarak kullanıcının tercih edeceği kalite ve formata göre, 3 Boyutlu modeli oluşturulur (Resim 4.14).



Resim 4.14 3 Boyutlu Model Parametreleri.

İstenilen seçeneklere göre oluşturulan 3B modeller istenilen programlarda görüntülenebilir. Ayrıca Pix4dmapper yazılımı kendi içinde bu modelin görüntülenmesine fırsat vererek üzerinden koordinat ve kot okumaya imkan sağlamaktadır (Resim 4.15).



Resim 4.15 Üretilen 3 Boyutlu Model.

5. BULGULAR

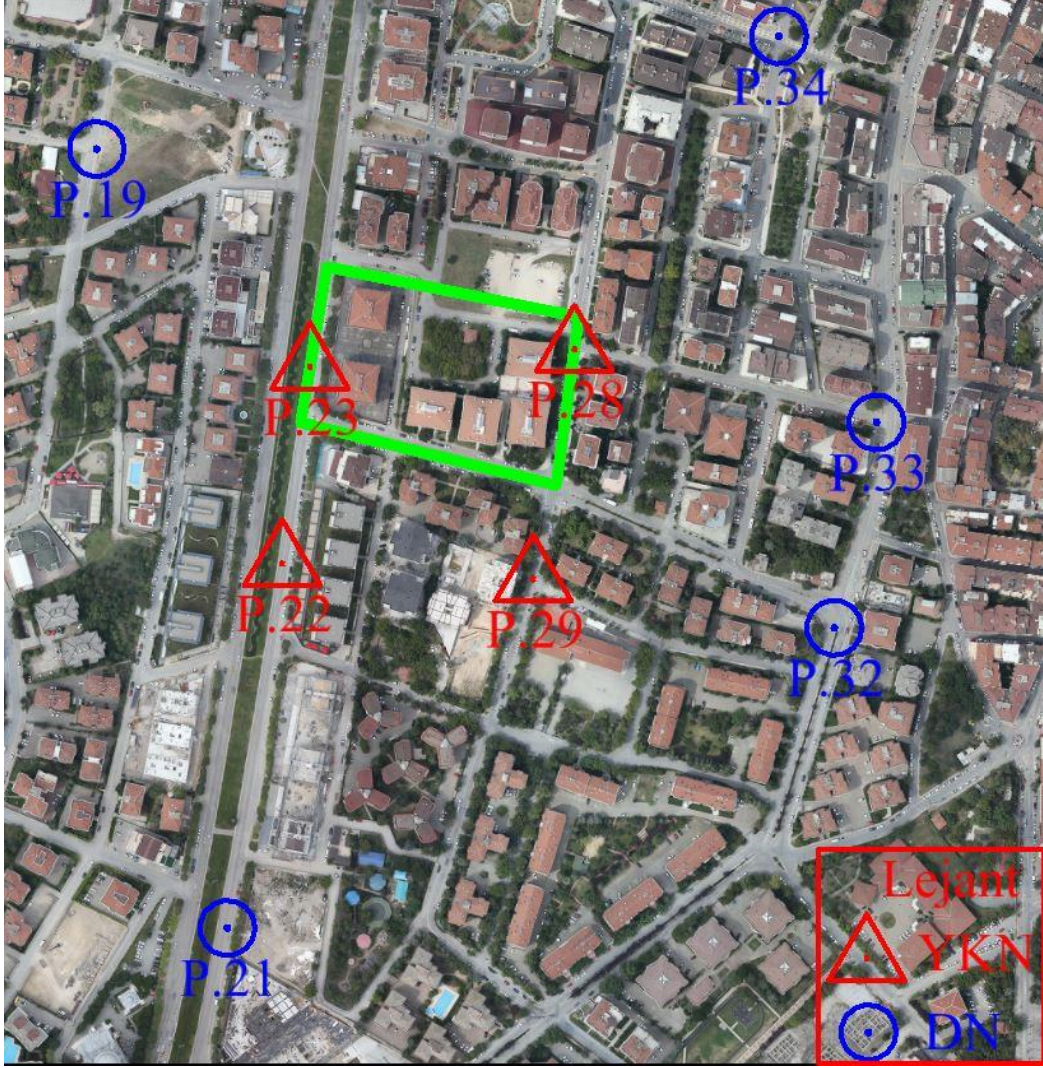
Bu tez kapsamında elimizde bulunan eğik hava kamerası ile uçuşlar gerçekleştirilmiş ve bu uçuş verileri işlenerek nokta bulutu ve 3B modeller oluşturulmuştur. Oluşturulan bu 3B modellerin bir çok alanda kullanımı olduğu gibi haritacılık alanında teknolojinin gelişmesi ile beraber her türlü kalkınma ve savunma amaçlı uygulama ve projelerde yaygın bir şekilde kullanılır hale gelmiştir.

Ancak, 3B modellerinin ülke koordinat sistemine bağlanması neticesinde, koordinatlarda önemli derecede hataların oluşması nedeniyle; 3B modellerin oluşturulmasının ardından kesinlikle kalite kontrolünün yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada kalite kontrol mekanizması olarak stereo model yardımıyla çizilen detay çizimleri ve yer kontrol noktası haricinde ölçüm yapılmış yersel noktalar havai dengeleme sırasında denetleme noktaları olarak verilerek kontrol mekanizmasında kullanılacaktır.

Çizelge 4.9 Denetleme Noktaları Hataları.

Yer Kontrol Noktaları	Hata X (m)	Hata Y (m)	Hata Z (m)
P.34	-0.0947	0.1159	0.0630
P.33	-0.0326	-0.0023	-0.0020
P.32	-0.0501	-0.0682	0.0832
P.21	-0.0017	-0.0692	0.0358
P.19	0.0594	0.0621	-0.0594
Karesel	0.0567	0.0731	0.0560
Ortalama Hata (m)			



Resim 4.16 Yer Kontrol Noktaları ve Denetleme Noktaları.

Resim 4.16 da görüleceği gibi 4 adet yer kontrol noktası ve 5 adet denetleme noktası kullanılmıştır.

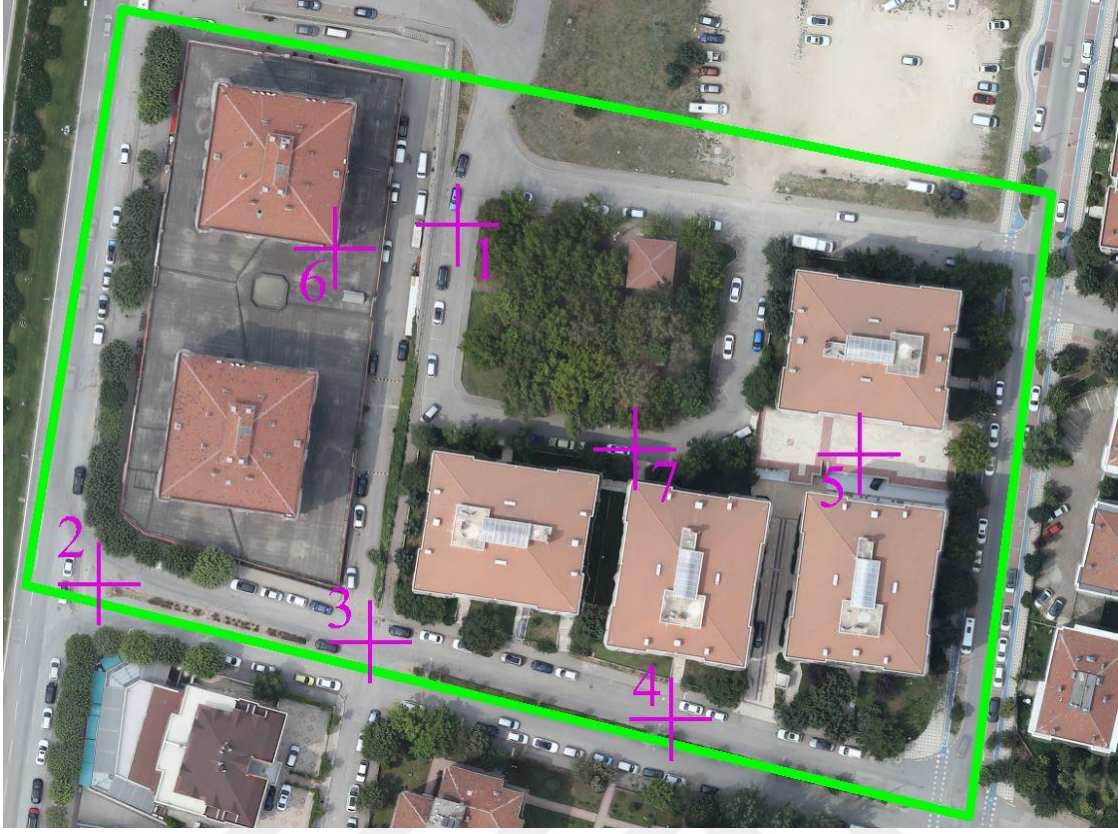
Denetleme noktaları eğik fotoğrafların daha geniş açıda görüş alanına sahip olması sebebi ile çalışma alanının dışındaki noktalardan seçilmiştir. Denetleme noktaları genel olarak eğik fotoğraflardan işaretlenmiştir. Bu da bizim modelde kullanacağımız eğik fotoğrafların dengeleme kalitesi hakkında bilgi vermektedir.

Çizelge 4.9 'de görülmekte olan noktalar belirlenen çalışma alanının dışında kalan noktalardır. Bu noktalara genellikle eğik fotoğraflardan işaretlenerek sonuçlarına bakılmıştır. Bundaki amaç; eğik fotoğrafların kalitesini ortaya koymaktır.

3B model kalitesini irdelemeye gelince stereo model çizimi ile model üzerinden okunan değerler kıyaslanacaktır (Çizelge 4.10).

Çizelge 4.10 3B Model ve Stereo Model Kıyası.

Kontrol Noktaları	Hata X (m)	Hata Y (m)	Hata Z (m)
1	-0.070	0.003	-0.339
2	0.019	-0.046	0.071
3	-0.044	-0.008	-0.189
4	-0.037	0.018	-0.269
5	0.008	0.049	0.003
6	0.191	-0.331	-0.058
7	-0.059	-0.101	-0.171
Karesel Ortalama Hata (m)	0.083	0.133	0.193



Resim 4.17 Stereo Model Kontrol Nokta Dağılımı.

Resim 4.17’de görüleceği gibi stereo model ve 3B modelin kıyas için kullanılan nokta dağılımı hem zemin hemde bina üstü olarak seçilmiş ve kalite kontrolü yapılmıştır.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile beraber fotogrametrik uçuşlarda düşey hava fotoğraflarının yanında aynı zamanda çekim yapabilecek farklı açılarda eğik kameralar ile fotoğraf alımı gerçekleştirilerek farklı veriler üretilmesine imkan sağlamıştır (Ayyıldız 2016).

Bu çalışmamızda da yerli ve milli olarak geliştirilmiş olan eğik hava kamera sistemi kullanılmış ve bunun sonuç ürünlerinin mesleğimize faydası, sonuç kalitesi irdelenmiştir.

Kamera tasarımı nadir kamera düşey eğik kameralarda 45 derece açı ile bağlanarak tasarlanmış ve kamera sisteminin tetikleme sistemi eş zamanlı olacak şekilde yapılarak çekilecek fotoğrafların yaklaşık aynı konumda olması hedeflenmiştir.

3B şehir modelleme birçok alanda kullanıldığı gibi akıllı şehirler kapsamında geniş bir kullanımı mevcuttur. Bu tez kapsamında oluşturulan 3B model ile şehirler hakkında daha fazla konumsal bilgiye hızlı ve kolay bir şekilde ulaşılmaya çalışılmıştır.

Eğik resim fotogrametrisinde kullanılan kamera sisteminin düşey kamera sistemlerine göre birçok avantajı mevcuttur;

- Tek uçuşta daha çok veri seti,
- Daha kaliteli 3 boyutlu model,
- Yan yüzeylerin daha detaylı çıkarımı,
- Şehirler hakkında daha fazla bilgi edinme, gibi birçok avantajı mevcuttur.

Her sistemin olduğu gibi eğik resim fotogrametrisinde dezavantajları mevcuttur. Bunlar;

- Veri boyutu,
- Yüksek kalitede donanım ihtiyacı, gibi maddeler sayılabilir.

Çizelge 4.3 ‘de belirtilen hatalar YKN karesel ortalama hataları belirtmektedir. Buna göre yatay konumda hatalar X yönünde -1.3 cm ila 2.1 cm arasında, Y yönünde -2.5 cm ila 2.2 cm arasında, düşey yönde ise -0.2 cm ila 1.1 cm arasında görülmektedir.

Çizelge 4.9 ‘da denetleme noktalarının koordinat farkları ve karesel ortalama hataları belirtilmiştir. Buradaki farkların asıl nedeni noktaların çalışma alanının dışından seçilmesi ve işaretli noktalar yerine doğal noktaların (rogar v.b.) kullanılmasıdır. Elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY’nin 61. Maddesinde bulunan doğruluk kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Sonuç olarak ilgili maddede belirtilen karesel ortalama hataların yatay konumda 7.5 cm düşey konumda da 10 cm doğruluğunu sağladığı görülmüştür. Ayrıca ilgili maddede belirtilen koordinat farklarının yatay konumda 15 cm, düşey konumda da 20 cm ‘den küçük olduğu görülmüştür.

Çizelge 4.10 ‘da stereo çizim ile Pix4dmapper ile otomatik olarak üretilen 3B modelin karşılaştırılması yapılmış ve karesel ortalama hatalar ile koordinat farkları belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlar BÖHHBÜY’nin 91. Maddesinden bulunan detay noktalarının doğruluk kriterleri ile değerlendirilmiştir. İlgili maddede belirtilen karesel ortalama hatalar yatay konumda 14.62 cm, düşey konumda 19.44 cm’den küçük olduğu görülmüştür.

Yapılacak çalışmalarda işaretli yer kontrol noktalarının kullanılması çalışmanın doğruluğu artıracaktır. Ayrıca GNSS/IMU destekli sistemlerin kullanılması hem arazi çalışmalarının maliyetini düşürecektir, hemde elde edilen ürünün doğruluğunu etkileyecektir.

Çizelge 4.9 ve Çizelge 4.10 daki sonuçlar BÖHHBÜY doğruluk kriterlerine göre kıyaslanmış ve verilerin kullanabilir olduğu doğruluk kriterlerini yerine getirdiği görülmüştür. Bu sonuçlara göre eğik resim fotogrametrisi ile sağlıklı ve hızlı 3B model üretiminde etkin bir şekilde kullanılacağı görülmüştür.

7. KAYNAKLAR

- Ayyıldız, E. (2017). Fotogrametri yöntemiyle oluşturulan 3 boyutlu şehir modellerinin kadastral verilerle ilişkilendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Ayyıldız, E. (2016). Eğik resim fotogrametri ile veri üretimi, 6.Uzaktan Algılama-CBS Ekim Sempozyumu, 5-7 Ekim 2016, Adana.
- Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği, 2018, Ankara.
- Bilgi, S. (2007). Fotogrametri ve uzaktan algılamada veri elde etme yöntemlerinin gelişimi ve kısa tarihçeleri, *Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, **96**: 48-55.
- Biljecki, F., Ledoux H., Stoter J., Zhao J.Q. (2014). Formalisation of the level of detail in 3D city modelling, *Computers Environment and Urban Systems*, **48**: 1-15.
- Fritsch, D., Rothermel M. (2013). Oblique image data processing – potential, experiences and recommendations, Photogrammetric week 2013, 9-13 Eylül 2013, Stuttgart, Germany.
- Gruber, M., Walcher W. (2013). Oblique image collection – challenges and solutions, Photogrammetric week 2013, 9-13 Eylül 2013, Stuttgart, Germany.
- Haala, N., Rothermel M., Cavegn S. (2015). Extracting 3D urban models from oblique aerial images, Joint Urban Remote Sensing Event (Jurse), 30 Mart-1 Nisan 2015, Lozan, İsviçre.
- Kumdağcı, S. (2005). Kadastral amaçlı bilgi sistemlerinde 3 boyutlu modelleme ve görselleştirme tekniklerinin kullanılması konusunda bir araştırma, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Nurminen, K. (2015). Oblique aerial photographs – an “old-new” data source, *The Photogrammetric Journal of Finland*, **24-2**: 1-19.
- Özerbil, T., Gökten E., Önder M., Selçuk O., Sarılar N.Ç., Tekgül A., Yılmaz E., Tütüneken A. (2015). Konya Büyükşehir Belediyesi Eğik (oblique) görüntü alımı, 3 boyutlu kent model ve 3 boyutlu kent rehberi projesi, 15. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 25-28 Mart 2015, Ankara.
- Özmüş, L., Kısa A., Erkek B., Ateş H.B., Bakıcı S. (2013). Eğik resim fotogrametrisi ve arazi yönetiminde kullanım alanları, TUFUAB 2013, 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.

- Petrie, G., Systematic oblique aerial photography using multiple digital frame cameras, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, **75**: 102-107.
- Rupnik, E., Nex F., Remondino F. (2014). Oblique multi-camera systems- orientation and dense matching issues, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Informaiton Sciences, Volume XL-3/W1, 12-14 Şubat 2014, Castelldefels, İspanya.
- Remondino, F., Gerke M. (2015). Oblique aerial imagery – a review, Conference Paper, Eylül 2015, 75-83.
- Toprak, A.S. (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi.
- Uçar E., Ergün B. (2004). Fotogrametride üç boyutlu şehir modelleme teknikleri ve cbs kullanımı, *Harita Genel Müdürlüğü Harita Dergisi*, **132**: 48-56.
- Wiedemann, A., More J. (2012). Orientation strategies for aerial oblique images, Conference Paper, Temmuz 2012.
- Xiao J., Gerke M. (2015). Building footprint extraction based on radiometric and geometric constraints in airborne oblique images, *International Journal of Image and Data Fusion*, **6**: 270-287.
- Yastıklı , N., Çetin Z., Üçok U., Koçdemir K.H. (2017). Fotogrametrik harita ve LİDAR verileri ile 3B kent modeli üretimi, 16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 3-6 Mayıs 2017, Ankara.
- Yücel, M.A., Selçuk M. (2009). Üç boyutlu kent modellerinde ayrıştırma düzeyi (LoD) kavramı, *Hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi*, **101**: 3-9.
- Yaşayan, A., Uysal M., Varlık A., Avdan U. (2011). Fotogrametri, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No:2295, Eskişehir.

İnternet Kaynakları

- 1- http://trackair.com/wp-content/uploads/2015/10/MIDAS_5.pdf, 10.05.2019
- 2- <http://www.ataymuhendislik.com/ProductDetails.aspx?pid=4DFFCCB546E74B908A9575329A12EE8A&mid=8c9a4b606336402a99658a4d6b64c3ca>, 10.05.2019
- 3- <http://trackair.com/index.php/octoblique-midas-3/>, 10.05.2019
- 4- <http://www.powervision.com.tr/ucus>, 10.05.2019
- 5- <http://www.powervision.com.tr/nokta-bulut>, 10.05.2019
- 6- <http://www.powervision.com.tr/3b-mesh-model>, 10.05.2019
- 7- <http://www.powervision.com.tr/3b-sehir-modelleme>, 10.05.2019
- 8- <http://www.powervision.com.tr/kullanim-alanlari>, 10.05.2019
- 9- <http://www.powervision.com.tr/muhendislik-uygulamalari>, 10.05.2019
- 10- <http://www.paksoytekniik.com.tr/index.php/paksoy-topcon/gnss/gr-5>, 14.05.2019
- 11- <http://gordiyon.com/ucak-satis/>, 14.05.2019
- 12- <http://www.powervision.com.tr/egik-hava-fotografi>, 14.05.2019

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Semih Seçkin KAVLAK
Doğum Yeri ve Tarihi : Ankara, 23.09.1991
Yabancı Dili : İngilizce
İletişim (Telefon/e-posta) : 0535.466.92.90 / semihseckinkavlak@gmail.com

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Kalaba Lisesi (2005-2009)
Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Harita Mühendisliği Bölümü (2009-2013)
Yüksek Lisans : Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı (2015-2019)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl :

Birlik Harita İmar İnşaat Ticaret Limited Şirketi (2013 – Devam ediyor)

Yayınları (SCI ve diğer) :

1- Altinisik S., Kavlak S.S. (2017). By Means of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) – Based Photogrammetry, Observing, Analyzing and Reporting of the Big Construction Projects, Ethiopia Application, Ankara.