



**T.C.
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜLTÜREL MİRASLARIN 3B MODELLEME
ÇALIŞMALARINDA GÖRÜNTÜ TABANLI SİSTEMLERİN
ARAŞTIRILMASI: KIZILÖREN HANI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Erdem GÜLER

**DANIŞMAN
Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK**

AKSARAY, 2019



T.C.

**AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**KÜLTÜREL MİRASLARIN 3B MODELLEME
ÇALIŞMALARINDA GÖRÜNTÜ TABANLI SİSTEMLERİN
ARAŞTIRILMASI: KIZILÖREN HANI ÖRNEĞİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Erdem GÜLER

DANIŞMAN

Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

AKSARAY, 2019

TEŞEKKÜR

“Kültürel mirasların 3B modelleme çalışmalarında görüntü tabanlı sistemlerin araştırılması: Kızılören Hanı örneği” konulu çalışmam ve tarihi Kızılören Hanı’nın 3 boyutlu modellenmesinde ve restorasyonunda insansız hava araçlarının kullanılabilirliği üzerine yaptığım uygulamamda, öncelikle tez danışmanlığımı üstlenerek bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren çok kıymetli hocam Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK’e çok teşekkür ederim.

Tezimle ilgili yaptığım uygulama çalışmalarımda bana her türlü desteğini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Arş. Gör. Hasan Bilgehan MAKİNECİ ve Öğr. Gör. Dr. Ali ULVİ’ye teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, her türlü maddi ve manevi desteklerini benden esirgemeyen, çalışmalarım esnasında gösterdikleri sabır ve özveriden dolayı sevgili eşime ve aileme sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet Erdem GÜLER

AKSARAY,2019

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 182303201 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Yasin GÖKTAŞ tarafından hazırlanan "NORMAL DAYANIMLI BETONLARIN KALİTESİNİN İSTATİKSEL OLARAK İNCELENMESİ VE YENİ BİR MALZEME KATSAYISININ ÖNERİLMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Doç.Dr. Fatih Kürşat FIRAT

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye: Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS

Aksaray Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Üye: Prof. Dr. Mahmud Sami DÖNDÜREN

Konya Teknik Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum



Tez Savunma Tarihi: 09/08/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Doç. Dr. Mehmet Ali HINIS
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, akademik kurallara ve bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, çalışmamda kullandığım verilerin orijinallliğini ve her türlü intihalden uzak olduğunu beyan ederim.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Yasin GÖKTAŞ

İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ÖZET.....	iii
ABSTRACT	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	v
ÇİZELGELER DİZİNİ	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
3. İHA (İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI)	6
3.1 İHA Tanım ve Türleri.....	6
3.2 İHA Kullanımının Avantajları.....	9
3.3 İHA'ların Kullanıldığı Alanlar	10
4. FOTOGRAMETRİK TEMELLER	11
4.1 Fotogrametri	11
4.2 Dijital Fotogrametri	11
4.3 Hava Fotogrametrisi	13
4.4 İHA Fotogrametrisi	14
5. UYGULAMA.....	18
5.1 Uygulama Alanının Tanıtımı.....	18
5.2 Görüntü Tabanlı 3B Modelleme.....	19
5.2.1 Arazi çalışması.....	19
5.2.1.1 Koordinatlandırma işlemleri	19
5.2.1.2 Havadan görüntüleme işlemi.....	21
5.2.2 Büro çalışması.....	22
5.2.2.1 Agisoft PhotoScan Professional yazılımı ile 3B model üretimi	22
5.2.2.2 Pix4D Mapper Pro yazılımı ile 3B model üretimi	25
5.2.2.3 VisualSFM-Meshlab yazılımları ile 3B model üretimi.....	27
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	30
KAYNAKLAR	32
ÖZGEÇMİŞ.....	34

YÜKSEK LİSANS TEZİ

KÜLTÜREL MİRASLARIN 3B MODELLEME ÇALIŞMALARINDA GÖRÜNTÜ TABANLI SİSTEMLERİN ARAŞTIRILMASI: KIZILÖREN HANI ÖRNEĞİ

Mehmet Erdem GÜLER

**Aksaray Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

ÖZET

Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde fotogrametrik teknikler ile veri üretiminde görüntü elde etme platformu olarak insansız hava araçları (İHA) yoğun şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyet, hız, tekrarlı uçuş kabiliyeti ve kullanılan kameraların yüksek çözünürlüğü sayesinde İHA görüntüleri özellikle küçük alanların haritalanması ve görüntü tabanlı 3B modelleme uygulamaları için tercih edilmektedir. Bu tez çalışmasında Konya Beyşehir yolu üzerinde bulunan tarihi Kızılören Hanı'nın İHA görüntülerinden farklı yazılımlarla görüntü tabanlı 3B modellemesi yapılmış ve üretilen 3B modeller üzerinde doğruluk analizleri gerçekleştirilmiştir. Uygulamada iki adet ticari (Agisoft Photoscan ve Pix4D Mapper) ve bir adet ücretsiz açık kaynak kodlu (AKK) yazılım (VisualSFM) kullanılmıştır. VisualSFM yazılımıyla üretilen yoğun nokta bulutundan mesh modeli üretmek için ücretsiz Meshlab yazılımı da kullanılmıştır. Doğruluk analizleri için denetleme noktalarından faydalanılmıştır. Yapılan değerlendirmeler sonucunda Agisoft PhotoScan ve Pix4D Mapper ticari yazılımları kullanılarak üretilen 3B model için yatay ve düşey konum doğruluk değerleri yaklaşık 1 cm olarak hesaplanmıştır. Ücretsiz VisualSFM ve Meshlab yazılımları kullanılarak üretilen 3B model için gerçekleştirilen doğruluk analizinde ise yatay konum doğruluğu 11,28 cm ve düşey konum doğruluğu 8,24 cm olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre görüntü tabanlı 3B modelleme çalışmalarında ticari yazılımlarla cm düzeyinde doğruluk elde etmenin mümkün olduğu, ücretsiz yazılımların daha kaba doğruluk değerleri ürettiği ve geliştirilmeleri gerektiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: İnsansız Hava Araçları (İHA), 3B Modelleme, Fotogrametri, Kızılören Hanı.

Ağustos, 2019; 34 sayfa

M. Sc. THESIS

**INVESTIGATION OF IMAGE BASED SYSTEMS IN 3D MODELING
STUDIES OF CULTURAL HERITAGES:KIZILÖREN HAN EXAMPLE**

Mehmet Erdem GÜLER

**Aksaray University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Geomatics Engineering**

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK

ABSTRACT

With the developing technology, unmanned aerial vehicles (UAVs) have been used intensively as an image acquisition platform for data production with photogrammetric techniques. Thanks to its low cost, speed, repetitive flight capability and high resolution of the cameras used, UAV images are especially preferred for mapping of small areas and image based 3D modeling applications. In this thesis, image based 3D modeling has been performed with different software from UAV images of historical Kızılören Han on Konya Beyşehir road and accuracy analysis has been performed on the produced 3D models. Two commercial (Agisoft Photoscan and Pix4D Mapper) and one free open source (AKK) software (VisualSFM) were used in the application. Free Meshlab software was also used to produce a mesh model from the dense point cloud produced with VisualSFM software. Check points were used for accuracy analysis. As a result of the evaluations, the horizontal and vertical position accuracy values of the 3D model produced using Agisoft PhotoScan and Pix4D Mapper commercial software were calculated as approximately 1 cm. In the accuracy analysis performed for the 3D model produced using free VisualSFM and Meshlab software, the accuracy of horizontal and vertical position was determined as 11.28 cm and 8.24 cm, respectively. According to these results, it is seen that it is possible to obtain cm level accuracy with commercial software in image based 3D modeling studies and free software produces coarser accuracy values and needs to be developed.

Keywords: Unmanned Aerial Vehicles (UAV), 3D Modeling, Photogrammetry, Kızılören Han.

August, 2019; 34 pages

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. TUSAŞ tarafından üretilmiş sabit kanatlı İHA örnekleri	8
Şekil 3.2. Çok pervaneli (Muticopter) İHA örnekleri.....	8
Şekil 3.3. Çok pervaneli ile sabit kanatlı İHA'ların birleştirilmiş modelleri	8
Şekil 4.1. Piksel koordinat sistemi	12
Şekil 4.2. Resim koordinat sistemi	12
Şekil 4.3. Cisim koordinat sistemi	13
Şekil 4.4. Fotogrametrik uçuş planı	14
Şekil 5.1. Kızılören Hanının Türkiye üzerindeki konumu.....	18
Şekil 5.2. Topcon KS-102 total station aleti	20
Şekil 5.3. Kullanılan poligon ve detay noktalarının genel gösterimi.....	20
Şekil 5.4. Uçuş planı	22
Şekil 5.5. Kızılören Hanının 3B model olarak önden görünüşü	23
Şekil 5.6. Kızılören Hanının 3B model olarak üstten görünüşü	24
Şekil 5.7. Agisoft PhotoScan Pro yazılımıyla üretilen ortomozaik harita	24
Şekil 5.8. Pix4d Pro yazılımıyla üretilen 3B model	26
Şekil 5.9. Pix4d Pro yazılımıyla üretilen ortomozaik harita	26
Şekil 5.10. VisualSfM Yazılımında üretilen düşük yoğunluklu nokta bulutu	28
Şekil 5.11. VisualSfM yazılımında üretilen yoğun nokta bulutu	28
Şekil 5.12. Meshlab yazılımında üretilen 3B model.....	29

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 5.1. DJI FC300S kamera özellikleri	21
Çizelge 5.2. İHA çekim ayarları	21
Çizelge 5.3. Bazı detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları (ITRF96).....	25



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

3B	Üç Boyutlu
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKK	Açık Kaynak Kodlu
BÖHHBÜY	Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği
GPL	Genel Kamu Lisansı
GPS	Global Konum Belirleme Sistemi
HGK	Harita Genel Komutanlığı
INS	Inertial Navigasyon Sistemi
IMU	İnertial Ünitesi
İHA	İnsansız Hava Aracı
KOH	Karesel Ortalama Hata
NATO	Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü
SFM	Hareket Tabanlı Yapısal Algılama
SIFT	Ölçeksel Değişmeyen Özellik Dönüşümü
VTOL	Dikey kalkış ve iniş sistemleri
YKİ	Yer Kontrol İstasyonu
YKN	Yer Kontrol Noktası
YVT	Yer Veri Terminali

1. GİRİŞ

İlk olarak 1970’li yıllarda kullanılmaya başlanan insansız hava araçları (İHA) taşıyıcı sistemlerinin kullanım alanları teknolojik gelişmelerin sonucu olarak hızlı bir şekilde genişlemiştir. Günümüzde uzaktan algılama ve fotogrametrik teknikler ile veri üretiminde görüntü elde etme platformu olarak İHA’lar yoğun şekilde kullanılmaktadır. İHA’ların kullanılması ile fotogrametri tekniği zaman ve maliyet kavramları açısından büyük bir gelişme göstermiş ve vazgeçilmez bir altlık üretim metodu olmuştur. Günümüzde yüksek çözünürlüklü kamera ve bilgisayar sistemlerinin gelişmesi, yazılımlara kolay ulaşılabilmesi, fotogrametrik yöntemlerin ticari ve kişisel olarak kullanımında hızlı bir artışa yol açmıştır. Yüksek teknoloji ile gelişen model uçak/helikopter, döner ve sabit kanatlı İHA’lar ile güvenilir ve gerçek zamanlı veri elde etme imkânı kolaylaşmıştır. İHA fotogrametrisi; geniş ölçekte kaliteli, çözünürlüğü yüksek fotoğraf verileri üzerinden çalışma esasına dayalı, diğer fotogrametri yöntemlerine göre oldukça hızlı, maliyeti düşük, kullanıcı dostu bir fotogrametri yöntemidir. İHA görüntülerini kullanan fotogrametrik yöntemlerin, geleneksel fotogrametrik yöntemlere göre hızlı ve daha ekonomik olması nedeniyle ortofoto harita üretimi ve 3 boyutlu modelleme çalışmalarında çok büyük katkısı olduğu görülmüştür.

İHA fotogrametrisi çalışmalarının bu denli ilerlemesinde üretilen yazılımlarında çok büyük etkisi olmuştur. İHA fotogrametrisinde kullanılan yazılımlar da; SFM (Structure from Motion), görüntüden yapısal model oluşturma anlamına gelen teknik kullanılmaktadır. Bu teknikte fotogrametrinin temel bileşenlerinin bilgisayarlı görüş algoritmaları ile birlikte çalışması sağlanmıştır [1]. İHA taşıyıcı platformları maliyet açısından ekonomik olsa da kullanılan bilgisayar yazılımlarının lisans kullanım ücretlerinin yüksek olması kullanım maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Bu nedenle düşük maliyetli yazılımların üretilmesi önemli bir gereksinim olarak görülmektedir. Ücretsiz açık kaynak kodlu (AKK) yazılımlar genellikle internet portalları üzerinden erişim olanağı olan, birkaç farklı programın ayrı ayrı çalıştırılması ile sonuç ürüne ulaşılabilen birleşik yazılımlardır. 3B modellemede kullanılan ticari yazılımlar ise her satın alınan programa ayrı bir seri numara ile kullanımı sağlanan ve satın alınan programı diğer bilgisayar sistemlerinde kullanımı kısıtlanmış, genellikle belli bir zaman aralığında kullanıma açık kendilerine verilen

görevleri yerine getiren yazılımlardır. Ticari yazılımların bir takım kullanım kolaylıkları olmasına rağmen kullanım ücretleri yüksek, güvenlik konusunda yazılım firmalarına bağımlı, geliştirilebilir ve değiştirilebilir olmaması gibi dezavantajları bulunmaktadır. AKK yazılımlar ise geliştirilebilir ve değiştirilebilir nitelikte, küresel anlamda paylaşım olanakları olan yazılımlardır. AKK yazımlar bütün dünya kullanıma açık oldukları için bu tür yazılımları kullanmak yazılımları geliştirenlere daha kaliteli ürünleri elde etme imkânı sağlayacağı gibi ülkemiz açısından da yüksek lisans ücreti ödemelerini ve dışa bağımlılığı azaltacaktır. AKK yazılımların kullanımının getireceği diğer bir avantaj ise ülkemize ait yeni yazılımların oluşturulmasına destek olmasıdır.

3B modelleme işlemleri aslında ulaşılması güç olan karmaşık yapıya sahip tarihi kültürel mirasları anlamak açısından oldukça faydalıdır. Geçmişte büyük emeklerle yapılmış kültürel tarihi eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılması açısından oldukça büyük öneme sahiptir. Ayrıca bu alanda yapılacak çalışmalar meslekler arası bilgi alışverişini de geliştirecektir [2].

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi neticesinde binaların 3B olarak tekrar oluşturulması günümüze ait araştırma çalışmaları içinde yer almıştır. 3B bina modellemeleri, şehir planlama, ulaşım master planlarının hazırlanması ve turizm içinde gittikçe zorunlu hale gelmektedir [3].

Gerçekleştirilen çalışmada Konya-Beyşehir yolu üzerinde bulunan tarihi Kızılören Hanı'nın İHA görüntüleri kullanılarak iki adet ticari (Agisoft Photoscan ve Pix4D Mapper) ve ücretsiz yazılımlarla (VisualSFM-Meshlab) yapının 3B modelleri üretilmiş ve her bir yazılım için üretilen modeller üzerinde doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizlerinde denetleme noktaları kullanılmıştır. Ek olarak yazılımların, kullanıcılar açısından avantajlı ve dezavantajlı yönlerinin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir. Düşük maliyetli İHA görüntülerinden elde edilen fotogrametrik verilerin kültürel mirasın belgelemesini yapabilmek adına bir altlık çalışma olması beklenmektedir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Degarmo [4], yaptığı çalışmada gelecekteki ulusal hava sahası sistemine İHA operasyonlarını rutin ve güvenli bir şekilde sivil hava sahasına entegre edilmesini sağlamak ve güvenli uçuş için çeşitli çalışmalar yapmışlardır. Bu çalışma ile hava trafik yönetimi kullanıcıları ve sağlayıcıları arasında bilgi alışverişinde bulunmak için bir bilgi yönetim sistemi oluşturulması gerekliliğini belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalar neticesinde sivil havacılık otoritelerinin almaları gereken önlemlerden de bahsetmişlerdir.

Everaerts [5], yaptığı çalışmada insansız hava araçlarının uzaktan algılama ve haritalama için kullanılabilirliğini ve üretilecek kaliteli kameralar ve yazılımlar ile hassasiyetlerin kabul edilebilir seviyelere gelebileceğinden bahsetmiş ve bu konu üzerine incelemeler de bulunmuşlardır. Ayrıca İHA platformlarının, araçlarının veya uygulamalarının kapsamlı bir listesini oluşturmayı hedefleyerek, bugün ve gelecekte neyin mümkün olacağına dair örnekler vermeye çalışmışlardır.

Hamamcıoğlu [2], dijital ve analog teknikler ile elde edilmiş görüntü kümeleri üzerinde ki bilgilerin mimari eserlerin ölçekli görsel belgelerinin elde edilmesinde kullanılmak üzere değerlendirilmesi tekniklerinin tümüne mimari fotogrametri olarak nitelendiğini açıklamışlardır. Tarihi kültürel eserlerde genellikle ayrıntılı cephe çizimleri ile belgeleme sonuçları sunulurken, teknolojik olanaklar, koruma uzmanı mimarın ihtiyaç duyduğu görsel objelerin sunumuna da imkan verdiğini, fotogrametrik teknikler ile belgelenen tarihi binalar bilgisayar ortamında oluşturulan 3B modelleri, çeşitli perspektifleri ve tematik bilgilerin döküldüğü ayrıntılı haritaları ile araştırma yapılabileceğini ifade etmiştir. Etkileşimsel çoklu ortamda gerçekleştirilen sunumlarda yapılabildiğini, bu sunumlara imkan sağlayan yüksek kalitedeki dijital fotoğraf makineleri, yüksek çözünürlükteki tarayıcılar ve değerlendirme işlemi yapabilen yazılımların hızla geliştirildiğini, fotogrametrinin temel niteliklerini yeniden yorumlanarak yöntem ve gelişimlerinin artmakta olduğunu irdelemişlerdir.

Özçelik ve Beşdok [6], küçük ölçekli fotogrametri çalışmalarında çevre ve analiz gözlemlerinde model helikopterlerin kullanılabilirliğini ve bu yöntemin geleneksel fotogrametrik yöntemlere göre maliyet ve zaman açısından küçük ölçekli fotogrametrik çalışmalarda kullanılmasının uygun olacağını, teknolojinin gelişimine

paralel şekilde taşıyıcı sistem olarak kullanılan model helikopterlerinde havada kalış süreleri gibi birtakım benzeri özelliklerinin geliştirileceğini ve yapılan küçük ölçekli fotogrametri çalışmasının doğruluk analizlerini incelemişler ve örnek projelerinde bunları göstermişlerdir.

Suveg ve Vosselman [3], yaptıkları çalışmalarda dijital fotoğraf tekniklerinin gelişmesi ile fotogrametrinin tarihi değerdeki eserlerin restorasyonu ve korumasında avantajlı, maliyet açısından geleneksel fotogrametri tekniklerine göre daha az maliyetli bir kullanım yöntemi olduğunu belirtmişlerdir. Günümüzde teknolojinin hızlı ilerlemesi bilişim dünyasında ki gelişmeler sonucu binaların 3B olarak tekrar oluşturulmasının güncel içerikli çalışmalar içinde yer aldığını ve bu modelleme işlemlerinin birçok bilimsel çalışmaya altlık olması sebebiyle birçok farklı çalışmaya öncülük edeceğini, 3B bina modelleme, kentsel planlama ve mimari restorasyonlar için gerekliliğini açıklamışlardır.

Ulvi [7], yaptığı çalışmada Muğla ili Datça ilçesi Knidos antik tiyatrosunun röleve alımlarının hava fotogrametrisi yöntemlerine göre yapılmasını ve restorasyon çalışmalarında hassasiyeti yüksek altlık oluşturulması ve bu çalışmanın diğer yapılacak koruma, uygulama, restorasyon ve dökümantasyon gibi uygulamalar için maddi açıdan avantaj sağlayacağını, başka disiplinlerin çalışmalarında veri alışverişi sağlayacağını belirtmiştir.

Yakar [8], çalışmalarında tarihi ve kültürel mirasın korunması için yapılacak belgeleme çalışmalarında gelişen teknolojiye paralel olarak sayısal fotogrametrinin büyük avantajlar sağladığını açıklamışlardır. Arazi çalışmaları tamamladıktan sonra diğer tüm çalışmaların, kısa süre içerisinde ve daha ekonomik yazılım ve donanımla kolaylıkla yapabileceğini örnekleri ile açıklamışlardır. Tarihi ve kültürel yapıların ölçekli olarak 3B modellerinin elde edebileceğini, elde edilen modellerin birçok çalışmada kullanılıp kaliteli sonuç ürünlerin elde edilebileceğini örnekleri ile anlatmışlardır. Ayrıca yaptıkları çalışmada İHA görüntülerini kullanan fotogrametrik yöntemin geleneksel fotogrametik yöntemlere göre ve yersel ölçüm tekniklerine göre çok daha avantajlı, çok daha hızlı ve daha az maliyetle sonuç ürün elde edilebileceğini örnekleri ile ifade etmişlerdir. Bununla birlikte elde edilen ortofoto haritalar üzerindeki geometrik doğruluk analizlerini araştırmışlar ve elde ettikleri

sonuçlara göre iha görüntülerini kullanan fotogrametrik yöntemin ve kullanım alanlarının genişleyebileceğini irdemişlerdir.



3. İHA (İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI)

3.1 İHA Tanım ve Türleri

İHA'lar üzerlerinde ki sabit güç entegrasyonları ile sistem üzerine konumlandırılmış yükleri taşıyan, genellikle uzaktan kumanda mekanizmaları sayesinde ya da otomatik pilotaj sistemi ile havalanan, bünyelerinde pilot bulunmayan uçan araçlardır. İnsansız hava araçları ile ilgili en basit tanım; bünyelerinde kendilerini uçuracak insanlı bir pilotaj sistemi bulunmayan, uzaktan kumanda edilebilen uçan araçlardır [9]. İHA teknolojisi hızla gelişmekte olup günümüzde dünyada kabul görmüş bazı tanımlara aşağıda yer verilmiştir.

Kuzey Atlantik Antlaşması Örgütü (North Atlantic Treaty Organization-NATO) kaynaklarında kabul gören tanım “İHA içerisinde İnsan olmayan uzaktan kumanda ile veya otonom olarak kendisini yönlendiren motorlu itiş gücü olan silah veya faydalı yükleri ana gövdesine yüklenip çıkarılabilen, görev sonu geri dönerek iniş yapabilen veya hedefte silah olarak kendini imha edebilen araçlar” olarak ifade edilmiştir.

ABD Savunma Bakanlığının yapmış olduğu tanım “İHA, aracı kaldırmak için aerodinamik güç kullanan, otonom ya da uzaktan bir pilotla kumanda edilerek uçabilen, geliştirilebilen ve iyileştirilebilen, ölümcül veya ölümcül olmayan yük taşıyabilen ve insan operatörü içermeyen güçlendirilmiş bir hava taşıtı” olarak ifade edilmiştir [10].

“İHA'lar insana gerek duymayan ve tekrar kullanılabilen motorlu uçan araçlar olarak bilinmektedirler” tanımı yapılmıştır [11]. Farklı birçok havacılık otoritesi tarafından İHA'lar bu şekilde tanımlanmıştır.

Yukarıda birçok açıklaması bulunan İHA sistemleri havada uçan araç ve yeryüzünde ki kontrol sistemi olarak iki kısma ayrılır. Hava da uçan araç bünyesine entegre edilmiş tüm elektronik veri alışverişini sağlayan ve bilgisayar görevini işlemci sistemi, GPS güç ünitesi ve benzeri tüm elektronik sistemlerim olduğu kısımdır. Yer yüzeyindeki sistemler ise; uçan aracın ve faydalı yüklerin uzaktan kontrolünün yapıldığı yer kontrol istasyonu (YKİ) ve veri alışverişinin yapıldığı yerdeki bölümü oluşturan birimdir. Yer veri terminali (YVT) ise uçan araçtan gönderilen faydalı

bilginin değerlendirildiği ve tüm bu sistemlerin uyum içerisinde çalışmasına izin veren yeryüzündeki birimdir [12].

İHA'lar 2. Dünya Savaşı ile fikir olarak ortaya çıkmasına rağmen 1990'lı yıllarda bu teknolojinin ivmelenmesi artmıştır. Teknolojik sistemlerin birçoğunda olduğu gibi İHA'larda ilk olarak askeri alanlarda geliştirilmiş olup günümüzde sivil kullanım alanlarında da oldukça ilgi görmektedir. İHA sistemlerinin hızla gelişmesi birçok İHA eşidinin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bu araçlar menzillerine, havada kalma zamanlarına, irtifalarına, toplam yük miktarı ve kullanım çeşitlerine göre farklılık göstermektedir. Genel olarak İHA'ları kanat çalışmalarına göre iki kategoriye ayırabiliriz. Bunlar sabit kanatlı ve çok kanatlı-pervaneli (multikopter) olan İHA'lardır. Sabit Kanat sistemi ile donatılmış İHA'lar yükleme kapasitesi fazla, menzilleri uzun ve dayanıklı modellerdir (şekil 3.1). Çok pervaneli sistemler ise multikopter olarak ta adlandırılan minimum iki motora sahip dar alanlarda manevra kabiliyeti yüksek, güvenli yükselme ve alçalma yapabilen ve güvenli uçuş gerçekleştiren sistemlerdir (şekil 3.2). Çok pervaneli ve sabit kanatlı İHA'ların birleştirilmesi ile de havada kalış süreleri ve menzilleri uzatılmış; pervaneleri sayesinde de manevra kabiliyetleri güçlendirilmiş modüler (bileşik) sistemli İHA'larda mevcuttur (şekil 3.3). Günümüzde kullanılan bu üç tip İHA araçları arkeoloji, mimari, askeri, arama kurtarma, tarım, hayvancılık, enerji, taşımacılık, hobi ve benzeri birçok alanda kullanılmaktadır. Ülkemiz de son yıllarda askeri operasyonlar için İHA retimi ve geliştirilmesinde dünyada sayılı ülkeler arasına girmiştir. Birçok faydalı İHA modeli üretilmiş olup geliştirilmeleri de hızla devam etmektedir.



Şekil 3.1. TUSAŞ tarafından üretilmiş sabit kanatlı İHA örnekleri.



Şekil 3.2. Çok pervaneli (Muticopter) İHA örnekleri.



Şekil 3.3. Çok pervaneli ile sabit kanatlı İHA'ların birleştirilmiş modelleri.

İHA sistemleri, özellikle askeri alanda, vazifenin kritik ve tehdidin yoğun olduğu görev bölgelerinde, insan kaybı riskinin bulunmaması ve hava aracı performansının insan zaafalarına bağlı olmaması gibi, insanlı sistemlere göre çok büyük avantajlara

sahiptir. Bu nedenle günümüzde tüm ülkeler İHA alımına ya da yapımına gitmektedirler. Özellikle havada kalış zamanının fazla ve dolayısıyla menzilin çok yüksek olması, İHA'ların birçok hedefe gidip görevini etkin bir şekilde yapmasını sağlamıştır [13].

İHA'lar ile insanlı hava araçları karşılaştırdığımızda aşağıda belirtilen avantajlara sahip oldukları görmekteyiz;

- Düşük emisyon ve daha az gürültü seviyesine sahip olduklarından çevre dostudurlar.
- Ekonomik olarak bakıldığında üretim, bakım, yakıt, hangar masrafları daha düşüktür.
- Gözetleme ve keşif uygulamalarında kesin bilgileri elde edebilirler
- Pilota bağlı yorulma ya da zaman sınırlamaları yoktur.
- Yüksek maliyetli uçak kaybı ve pilot ve mürettebat gibi insan kaybı yoktur.
- Hava savunması ve saldırı gibi tehlikeli görevlerde manevra kabiliyetleri insanlı uçuş sistemlerine göre daha yüksektir.
- Pilotlu hava araçlarında bulunması gereken basınç ve hararet gibi ayarlamalar yapan sistemlere gerek olmadığı için üretilen hava aracında yapı ve maliyet açısından azalma sağlanabilir [14].

3.2 İHA Kullanımının Avantajları

Bünyesinde insanlı pilot barındıran sistemlere göre İHA'ların bizlere sağlamış olduğu faydalardan birisi de hiç şüphesiz hayati tehlikeyi ortadan kaldırmasıdır. Bu araçların ulaşılması güç alanlarda yüksek manevra kabiliyeti ile güvenli veri göndermeleri bu araçların kullanılabilirliğini ön plana çıkarmıştır. İHA'lar, güvenliği zayıf olan bölgelerde, düşük yüksekliklerde, uçuşların cisimlere yakın olduğu durumlarda güvenle kullanılan araçlardır. İHA sistemleri bünyelerinde insanlı pilot barındırmadıkları için ekonomik yönden kullanma maliyetleri oldukça düşüktür. Buna ek olarak bu araçların üretim maliyetleri insanlı uçuş sistemlerine göre çok daha avantajlıdır.

İHA sistemlerinin bünyelerinde barındırdıkları veri aktarma mekanizmaları sayesinde anlık veriyi zaman kaybetmeden kullanıcılarına aktarabilme özelliklerine sahiptirler. İHA'lar kötü hava koşullarına insanlı uçuş sistemlerine göre daha kolay adapte olabilmektedirler.

İHA sistemleri diğer birçok sistemle beraber çalışarak yapılacak işin niteliğine göre pozisyon alıp yapılacak işin hızını ve kalitesini arttırmaktadırlar. Hava da çok hızlı hareket ve manevra kabiliyetleri dolayısıyla SfM yöntemi ile üç boyutlu modellemeleri kolayca yapabilmektedirler.

Ayrıca İHA'lara entegre GPS sistemlerinin entegrasyonu ile istenilen konuma hareket olanakları çok daha hızlı ve kolaydır. Ayrıca sisteme entegre edilmiş sensörler sayesinde düşme-çarpma ve gibi riskli faktörler en aza indirgenmiştir. Döner kanatlı İHA'lar VTOL kullanımı (Dikey iniş ve kalkış sistemi) ile hareket edebilir ve yüksek kalitede görüntü verilerini anlık olarak gönderebilirler.

3.3 İHA'ların Kullanıldığı Alanlar

İHA'ların bünyelerinde pilot gereksinimi duymadan hareket etme kabiliyetlerinden dolayı bu araçlar güvenlik sıkıntısı çekilen veya ulaşım olanaklarının sıkıntılı olduğu bölgelerde rahatlıkla çalışabilirler. Böyle durumlarda İHA'lar dan hızlı, güvenli ve ayrıntılı veri elde etme imkanı vardır. İHA'ların göreve başlamadan öncesi hazırlıkların ve planlamalarının iyi yapılması büyük önem arz etmektedir.

İHA'lardan elde edilen araziye ait ortofoto görüntülerden üç boyutlu model çıkarılması; sel, yangın, deprem gibi afetlerin tespit edilmesi, arama ve kurtarma ekiplerinin çalışmalarına destek amacıyla ve birçok farklı olumsuz durumda İHA'lar yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Diğer taraftan tarihi kültürel varlıkların restorasyon çalışmalarında, elektrik iletim hatları, petrol ve doğalgaz boru hatlarının güvenliği ve kontrolünde, su yollarının izlenmesinde, imar ve kadastro çalışmaları gibi uygulamalarda yaygın şekilde kullanılmaktadır.

4. FOTOGRAMETRİK TEMELLER

4.1 Fotogrametri

Çekilmiş olan resimlerden yararlanarak cisimler üzerinde ölçüm yapabilme imkanı sağlayan bir bilim dalı olan Fotogrametri (Photogrammetry) Latin alfabesinden türeyerek oluşmuştur. Photos ışık, gramma çizim ve metron ise ölçmek manasında kullanılmaktadır. Buradan bu kelimelere bakarak fotogrametri ışık ile çizerek ölçmek olarak açıklanabilir. Fotogrametri; fotoğraf karesi üzerindeki objelerin oluşturdukları görüntüler üzerinden ölçmelerin yapılması ve güvenilir verilerin elde edilmesini sağlayan bir bilim dalıdır. Uluslararası Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği'nin (ISPRS-International Society for Photogrammetry and Remote Sensing) tanımına göre; “fotografik görüntülerin ve elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlanması sonucu fiziksel cisimler ve bunların çevresine ilişkin bilgileri oluşturan ve bu bilgilerin analizini yapan bir bilim dalıdır.” şeklinde genel olarak açıklanabilir [15]. Günümüze kadar fotogrametri; analog fotogrametri, analitik fotogrametri ve dijital fotogrametri olarak çeşitli kullanım ve çalışma sistemleri olmuştur. Gelişen teknoloji sayesinde dijital (sayısal) fotogrametri mühendislik ve mimarlık çalışmalarının önemli bir değerlendirme yöntemi olmuştur. Ülkemizde hava fotogrametrisi çalışmaları 1.Dünya savaşı sonrası ilk kez 1927 yılında başlamış olup 1936 yılında ise profesyonel anlamda hava fotoğrafları çekilerek 140 km² 'lık bir alanın 1/2000 ölçekli planları yapılarak imar planları için gerekli olan altlık sağlanmıştır. Ülkemizde hava fotogrametrisi işlemlerinin yapılmasını genel olarak yürüten kurum (HGK) Harita Genel Komutanlığı'dır.

Fotogrametri, yerden veya havadan çekilen fotoğraflar neticesinde yersel fotogrametri ve hava fotogrametrisi olarak iki kısma ayrılmaktadır. Yersel fotogrametride yüksek doğruluk elde edilirken, hava fotogrametrisinde de geniş alanların ölçümünün yapılmasını kolaylaştırması sebebi ile tercih edilmektedir.

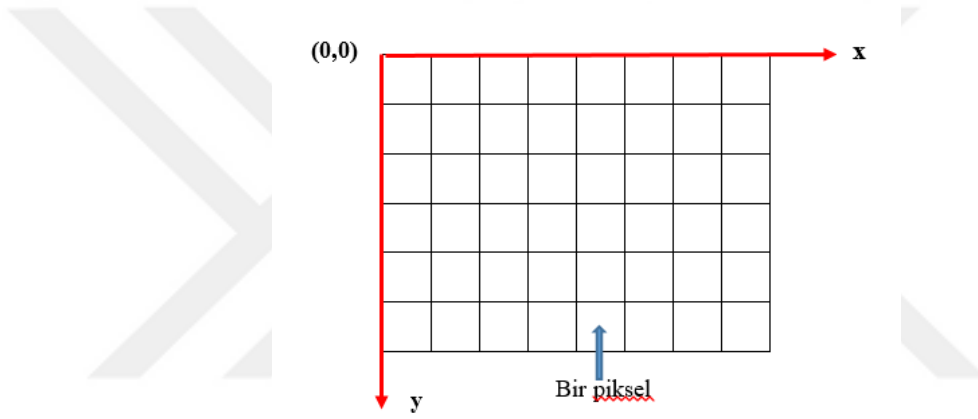
4.2 Dijital Fotogrametri

Işığın cisimler tarafından yansıtılarak göz tarafından beyine iletilmesi ile renkleri algılarız. Dijital bir görüntünün en küçük yapısı piksel olarak adlandırılmaktadır. Dijital görüntülerde bu piksellerin birleşmesi ile oluşmaktadır. Dijital Fotogrametri;

bilgisayar ortamında dijital görüntülerin altlık olarak kullanıldığı fotogrametrik bir yöntemdir.

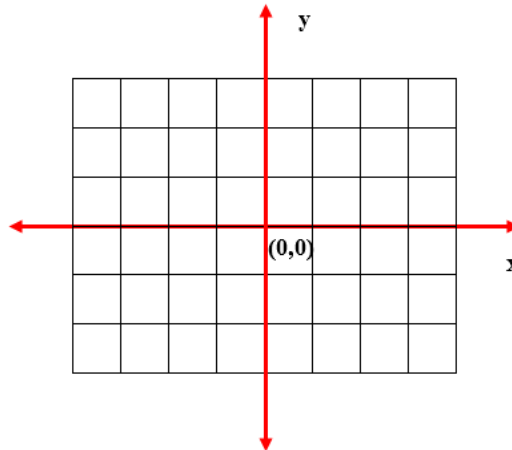
Bilgisayar ve görüntülü işlem yapabilen elektronik cihazların teknolojisinin ilerlemesi ile yüksek kalitede fotoğraflar elde edilmesi sağlanmıştır. Dijital fotogrametri yöntemi, dijital fotoğrafları altlık olarak kullanan bir sistem mantığına göre çalışmaktadır.

Dijital fotogrametri; piksel koordinat sistemi, resim koordinat sistemi ve cisim koordinat sistemi olmak üzere üç çeşit koordinat sistemin ile çalışmaktadır. Piksel koordinat sistemi iki boyutlu olup bilgisayar ekranındadır. Dijital fotogrametride resim koordinatları için kullanılan birinci koordinat sistemidir. Başlangıç noktası sayısal görüntünün her zaman sol üst köşesi olmaktadır (Şekil 4.1).



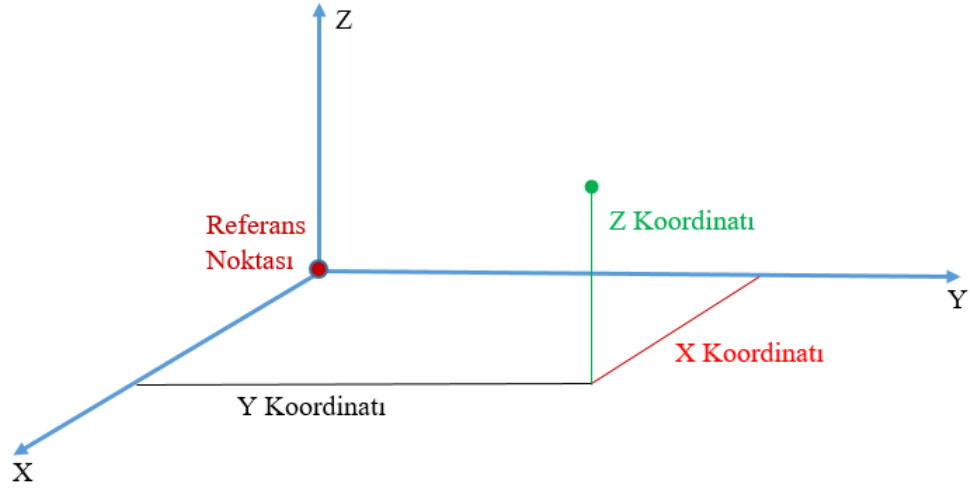
Şekil 4.1. Piksel koordinat sistemi.

Resim koordinat sistemi ise resim orta noktasından geçen ve birbirine dik iki eksenden oluşan koordinat sistemidir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2. Resim koordinat sistemi.

Cisim koordinat sistemi ise sayısal olarak gerçekleştirilen dış yöneltme işlemi sonrası elde edilen cisimleri kapsayacak şekilde oluşturulmuş 3B koordinat sistemidir (Şekil 4.3). 3B ölçme işlemlerinde bu koordinat sistemleri kullanılmaktadır.



Şekil 4.3. Cisim koordinat sistemi.

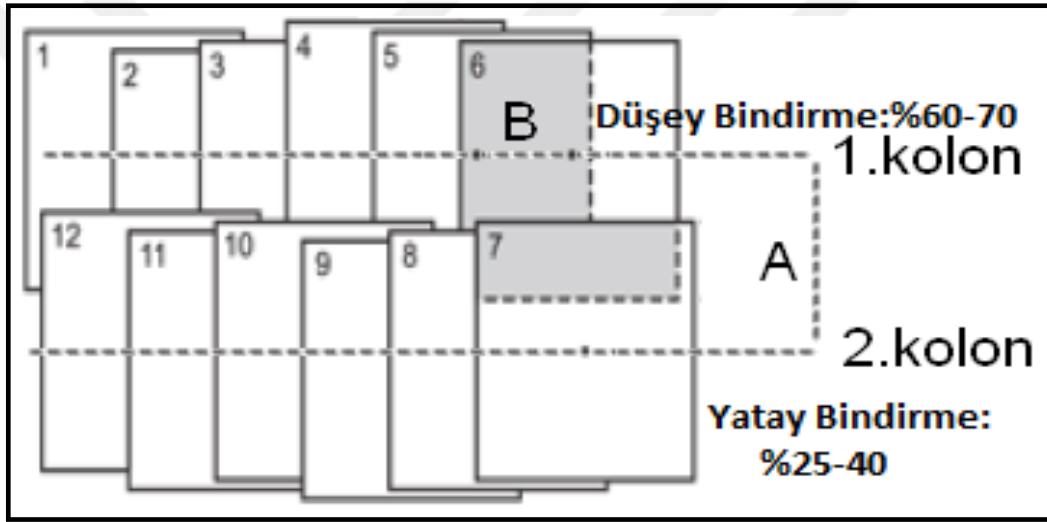
Dijital fotogrametrinin en önemli avantajı sayısal görüntüler ve bilgisayar sistemleri sayesinde kazanılan otomasyon ve işlemlerinin hızlı ve daha kısa sürede yapılabilmesidir.

4.3 Hava Fotogrametrisi

Hava Fotogrametrisi'nin genel anlamda açılımı; yerçekimi kuvvetine ters yönde hareket eden (uçan) araçlardan çekilmiş fotoğrafları altlık olarak kullanan ve bu fotoğraflardan yararlanarak haritaların yapılmasına yardımcı olan fotogrametrik bir yöntemdir. Gelişen teknoloji ile birlikte insanoğlu gökyüzüne daha kolay ulaşma imkanı bulması ile birlikte fotoğraflama ile harita yapımı içinde daha geniş imkanlar bulmuştur. Bu nedenle hava fotogrametriside yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Hava fotogrametrisi; geniş ve engebeli alanların haritasının yapılmasında düşük maliyetli ve hızlı olması sebebiyle haritacılıkta tercih edilmektedir. İlk olarak Alman bilim insanı T. Scheimpflug 1800'lü yılların sonunda ölçekli haritalama işlemi yapmıştır. Daha sonra 1900'lü yılların başında pervaneli uçakların teknolojisinin ilerlemesi ile O. Mester'in yapmış olduğu seri ölçme kamerası ile

arazide şerit şeklinde ki fotoğraflar çektiği çalışma ile hava fotogrametrisinin temellerini atmıştır.

Günümüzde hava fotogrametrisi tekniği uçak, uydu vb. araçların gelişmesi ile özellikle büyük alanların haritalanmasında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Özel yapılmış metrik kameralar hava araçlarına özenle yerleştirilir ve fotoğraf çekim işlemi gerçekleştirilir. Uçuş esnasında hava aracı bir GPS sistemi yardımıyla sürekli olarak uçuş güzergâhı boyunca hareket ederek bindirmeli yüksek çözünürlüklü fotoğraflar çekilmesine olanak sağlar. GPS (Küresel Konumlandırma Sistemi) yardımıyla yeterli yükseklikten, yüksek çözünürlüklü ve kaliteli dijital hava kameraları ile projenin ölçeğine bağlı olarak hava fotoğrafları çekilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Fotogrametrik uçuş planı.

Hava Fotogrametrisinin kullanım alanları gelişen teknolojiyle birlikte farklı birçok amaç için yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bunlardan bazıları; kara, demir ve su yollarının takip edilmesi, orman alanlarının izlenmesi şehrsel planlama yapılacak alanlar, tarımsal alanların verimliliği, kadastral çalışmalar ve çevresel incelemeler gibi çok sayıda sahada kullanılır.

4.4 İHA Fotogrametrisi

İHA Fotogrametrisi; insansız hava araçları yardımıyla, belirli yüksekliklerden çekilmiş olan fotoğraflar üzerinden değerlendirme yaparak çalışan bir fotogrametri sistemidir. Özellikle günümüzde İHA'ların ve veri analiz etme yazılımlarının

gelişmesi neticesinde, İHA fotogrametrisinin çok farklı uygulama çalışmaları görülmektedir [16].

İHA fotogrametrisi'nin tercih edilme sebepleri;

- Düşük yatırım ve uygulama maliyeti,
 - Güvenlik ve ulaşılması zor alanlarda minimum risk ile çalışma imkanı,
 - Hızlı ve anlık veri elde etme imkanı,
 - Çalışma öncesi hazırlık işlemlerinin kısa zamanda yapılabilme olanağı,
 - Entegre GPS cihazları ile yüksek konum hassasiyeti
- olarak sıralanabilir. İHA fotogrametrisinin dezavantajları ise,
- Aşırı rüzgârlı havalarda,
 - Sisli, puslu, yağmurlu ve tozlu havalarda,
 - Çok sık ağaçlık alanlarda, kullanılmasının zor olmasıdır.

Taşıyıcı yükleme kapasitesinin sınırlı olması ve benzeri etkenler neticesinde taşıyıcı sisteme bağlı durumlarda resim kalitesi, havada kalış süresi ve hassasiyet azalmaktadır. Günümüzde ki teknolojik gelişmeler ışığında İHA fotogrametrisi genellikle SfM algoritmasına dayalı olarak çalışmaktadır. SFM tekniği, görüntülerden elde edilen veriler ile objelerin 3B modellerinin üretimi için kullanılan sistematik bir tekniktir. Bu yöntemde ki amaç yeniden oluşturmaya dayanmaktadır. Günümüz de kullanımı hızla artan yüksek çözünürlüklü data kümeleri üzerinde büyük ölçekte çalışmayı sağlayan, hızlı sonuç alınabilen fotogrametrik çalışmalara yardımcı olan bir tekniktir. SFM tekniği üç boyutlu objelerin hareket bilgisini işler ve iki boyutlu görüntü temalarını kullanarak tahmin edilmesini sağlayan bir teknik olarak karşımıza çıkmaktadır. Aslında SFM tekniği yeryüzünde ki birçok canlıda

bulunan göz içerisinde ki retina tabakasındaki, iki boyutlu hareketli görüntünün üç boyutlu olarak algılanması şeklinde çalışması sistemi ile benzetilmektedir. Görüntülerde bulunan bir takım özelliklerin hareket halinde iken, aynı objeye ait iki görüntünün tesbit edilmesi gerekmektedir. SFM tekniği yeni, hızla gelişimi devam eden, kullanıcıya basit ve hızlı bir şekilde üç boyutlu modeller oluşturan bir tekniktir. Fakat bu teknik ile ilgili çalışmalar yaparken kullanılan bilgisayar donanımlarının ve ekran kartlarının yeterli seviyede olması bu tekniğin dezavantajları arasındadır.

İHA'ların fotogrametrik çalışmalarda öncelikle hassasiyet, çalışmalara olan uygunluk ve buna benzeri birtakım araştırmalar devam etmektedir. İHA fotogrametrisi üç boyutlu nesne algoritması oluşturmayı hedefler ve doğruluktan çok verimlilik ve var olan tüm veriyi kullanarak lokal çözümler oluşurur. İHA fotogrametrisi, eşitleme teknolojisi ile geleneksel fotogrametrinin ışın demeti dengelemesi gibi modellerin özelliklerinden yararlanır.

Klasik fotogrametrik yöntemler şekilsel anlamda model oluşturabilmek için üç boyutlu yönlendirme bilgilerine gereksinim duymaktadırlar. Ayrıca poligon noktalarının hassasiyeti, kamera çekim kalitesi oldukça iyi seviyelerde olması gerekmektedir. İHA fotogrametrisinde ise bu işlemler görüntüden yapısal model oluşturma algoritmasına dayalı olarak otomatik yapılmaktadır. İHA fotogrametrisinde işlem aşamaları;

- Çalışma alanının belirlenmesi
- Kullanılan donanımlar ve kamera kalibrasyonu
- Yer kontrol noktalarının işaretlenmesi
- İHA uçuş planı yapılması
- İHA ile fotoğraf çekilmesi-veri toplanması işlemi
- Hava fotoğraflarının elenmesi ve yazılıma eklenmesi
- Hava fotoğraflarının özelliklerinin çıkarılması (Feature extract)

-Özelliklerin eşleştirilmesi (Feature matching)

-Demet dengelemesi (Bundle Adjustment)

-Seyrek ve yoğun nokta bulutu oluşturma (Points cloud generation)

-Koordinatlandırma (Georeferencing)

-Yüzey modeli oluşturma (Mesh generation and rendering)

-Görselleştirme (Visualization)

-Üç boyutlu model (3B model), Ortofoto Harita, Arazi Modelleri gibi sonuç ürünler elde edilir.

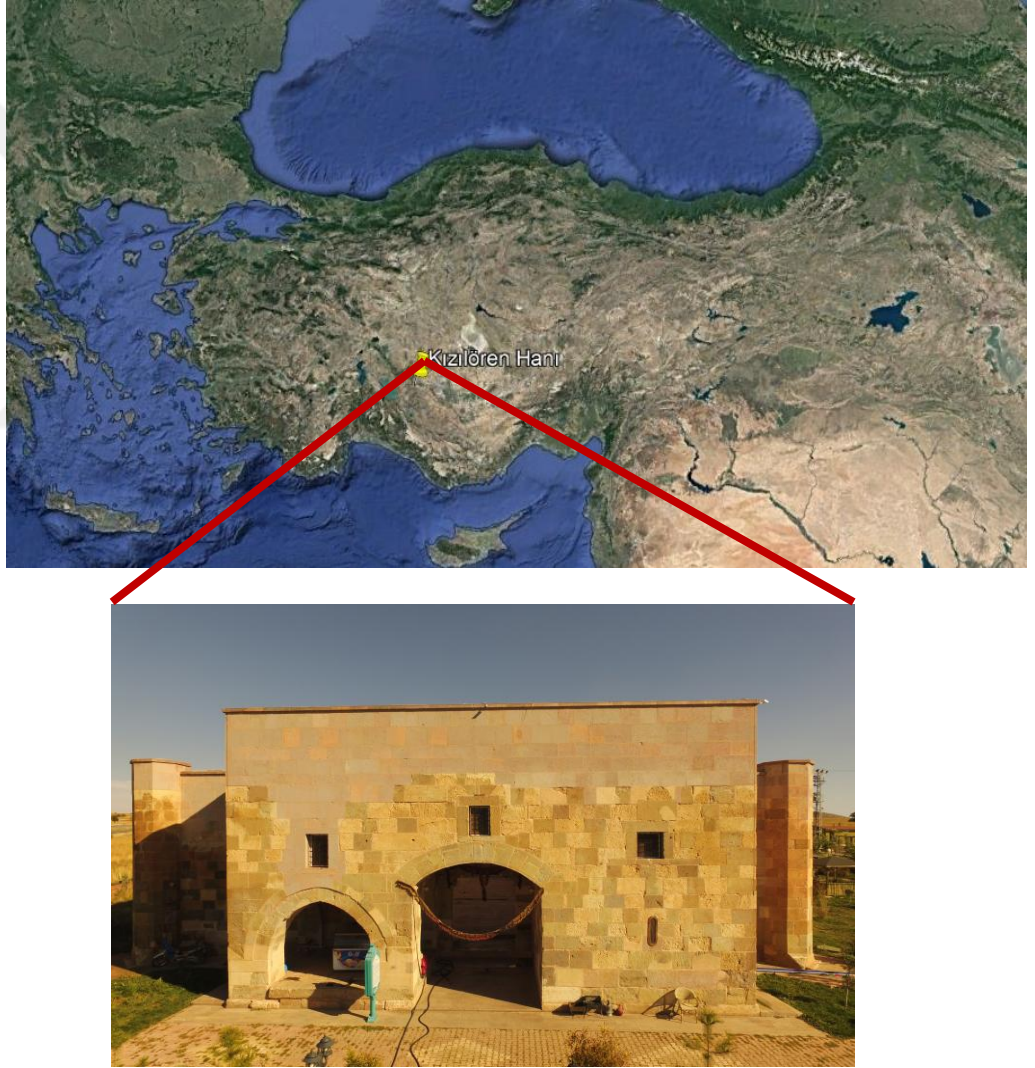
İHA'lar ile elde edilen görüntülerde detay özellikleri (yol kesişimi, bina köşesi vb.) ya da hedef işaretlemesi ile kesinleştirme yapılarak diğer bindirmeli pozisyonda çekilmiş görüntüler ile eşleştirme yapılarak demet dengelemesi (Bundle Adjustment) işlemi ile görüntülerin çekimindeki model oluşturulur. Daha sonra ki aşamada nokta bulutu (Points cloud generation) yapılandırma işlemi ile seyrek ve sık nokta bulut dataları elde edilir. Bu işlemten sonra yer kontrol noktaları zemine işaretlendi ise referanslandırma (Georeferencing) işlemi yapılır. Bu işlemlerin ardından görselleştirme (visualization) ile sonuç ürün olarak üç boyutlu modeller elde edilirler.

Fotoğraf çekim işlemleri yapılırken sabit hızda uçuş yapılması gerekir. Hava fotogrametrisinde olduğu gibi yapılacak yerin tamamını kapsayacak şekilde fotoğrafların bindirmeli olarak çekilmesi gerekmektedir. İHA fotogrametrisinde uçuş işlemlerine başlamadan önce bir planlama yapılarak bilgisayar sistemindeki yazılım üzerinden İHA'nın kalkış, iniş, uçuş yüksekliği, uçuş hızı, uçuş güzergahı ve çekilecek fotoğraflarda ki bindirme oranlarının kullanılan yazılıma kaydedilmesi gerekmektedir. Bu işlemin amacı yer kontrol istasyonu ile İHA arasında herhangi bir iletişim problemi durumda talimatlara uygun, güvenli bir şekilde uçuşu bitirebilmesi içindir. Kullanılan yazılımlar bilgisayarın hafızasında kayıtlı bir program üzerinden kullanılabilirdiği gibi internet tabanlı çalışan bir programda kullanılabilir. Uçuş ve arazi işlemleri tamamlanınca yazılım üzerinden fotogrametri işlemine geçilir.

5. UYGULAMA

5.1 Uygulama Alanının Tanıtımı

Çalışma alanı olarak Konya-Beyşehir yolu üzerinde bulunan Kızılören Hanı seçilmiştir. Birinci Gıyâseddin Keyhüsrev zamanında yaptırılmış olan han açık ve kapalı bölümlerden meydana gelmektedir (Şekil 5.1). Yapım Kitabesinden öğrenildiğine göre, Keyhüsrev'in ikinci saltanat döneminde Emir Şah (Emir Kutluk) tarafından 1206'da yaptırılmış olan hanın Giriş kısmının solunda üst katta bir mescidin yer aldığı görülür.



Şekil 5.1. Kızılören Hanının Türkiye üzerindeki konumu.

Yerel dilde “Yazılönü Hanı” olarak bilinen yapı, kapalı ve açık kısmıyla birlikte bulunan plan şemasına göre inşaa edilmiştir. Avlunun kapalı kısmının daha geniş

tutulması diğer Selçuklu hanlarından bu eseri farklı kılmıştır. Bu hanın kütlevi bir görünümü vardır. Ancak yan cepheleri ile girişin köşelerine yerleştirilen payandalar bu görünümü hafifletmektedir. Yapısında çoğunlukla kesme taşı kullanılan kervansarayın giriş cephesi iki katlı ve ortasından öne doğru çıkıntılıdır.

Bu cephe iki katlı olup kuzey bölümü iki ayaklı revak şeklindedir. Revağın doğu duvarı ortasında çeşme vardır. Batı kısmında ise beşik tonoz örtülü görevli odası bulunmaktadır. Cephe ortasında bulunan oval kemerli bir tonoz avluya geçişi sağlamaktadır. İkinci kata duvara bitişik olan merdivenle çıkılır. Kuzey kısmında ise çapraz tonozla örtülü kare şeklinde mescid bulunmaktadır. Mescidin güney duvarında bulunan geometrik kare bordürlere sahip mihrap nişe defneciler tarafından zarar verilmiştir.

Hanın kapalı kısmının taç kapısı öne doğru taşırılmış olmasına rağmen oldukça sadedir. Buradaki 1980’li yılların ortasına kadar yerinde olan dört satırlık kitabesi maalesef günümüze ulaşamamıştır. Kapalı kısım giriş yönünden itibaren üç bölüme ayrılmıştır [17].

5.2 Görüntü Tabanlı 3B Modelleme

Gerçekleştirilen çalışmada Kızılören Hanı’nın İHA görüntüleri yardımıyla farklı yazılımlar kullanılarak 3B modellerinin üretilmesi ve üretilen modeller üzerinde denetleme noktaları yardımıyla doğruluk analizlerinin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışmalar arazi ve büro çalışması olarak iki işlem adımıyla gerçekleştirilmiştir.

5.2.1 Arazi çalışması

5.2.1.1 Koordinatlandırma işlemleri

Referanslandırma ve denetleme noktası olarak kullanılacak kontrol noktalarının koordinatlarının belirlenmesi amacıyla ilk olarak çalışma alanında hanı çevreleyen ülke koordinat sistemine dayalı bir poligon ağı şebekesi tesis edilmiştir. 4 adet yer kontrol noktası tesisi yapılmış ve bu noktalar TUSAGA-Aktif sistemi ile koordinatlandırılmıştır. Daha sonra reflektörsüz okuma özelliğine sahip olan Topcon KS-102 total station aleti (Şekil 5.2) (Ölçme hassasiyeti: 2 mm+2 ppm) ile 4 yer

kontrol noktasından hanının cepheleri üzerinde ve çekilen resimler üzerinde rahatça görülebilecek belirgin detay noktalarına koordinat okumaları yapılmıştır. Bu şekilde han üzerinde toplamda 56 kontrol noktası belirlenmiştir (Şekil 5.3). Bu noktalardan otuzu denetleme noktası olarak kullanılmış geriye kalan 4 adet poligon noktası ile birlikte otuz noktada kontrol noktası olarak kullanılmıştır.



Şekil 5.2. Topcon KS-102 total station aleti.



Şekil 5.3. Kullanılan poligon ve detay noktalarının genel gösterimi.

5.2.1.2 Havadan görüntüleme işlemi

Bu çalışmada resim çekimi için sabit DJI FC300S marka kameranın entegre edildiği DJI Phantom 3 Advanced İHA modeli kullanılmıştır. Kamera özellikleri Çizelge 5.1.'de gösterilmiştir.

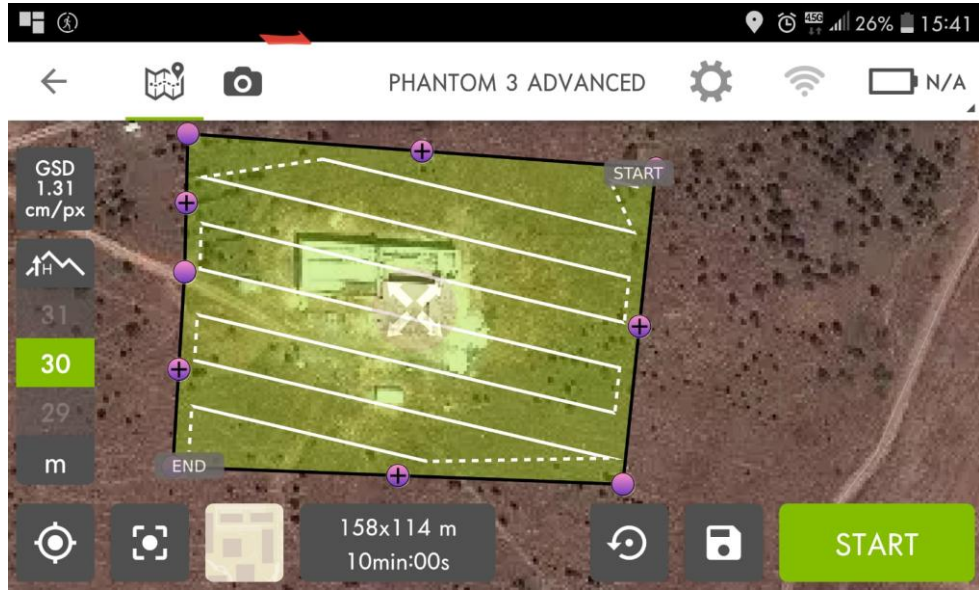
Çizelge 5.1. DJI FC300S kamera özellikleri.

DJI X3	Özellik
Sensör Boyutu	6.24 x 4.685 mm
Fotoğraf Çözünürlüğü	12.4 MP
Sensör Tipi	CMOS
Lens İris	F / 2.8

Uçuş planı Iphone 7 cep telefonu üzerinde çalışan Pix4D yazılımı kullanılarak hazırlanmıştır. 29 m uçuş yüksekliği, enine %80 ve boyuna %80 bindirme, düşey kamera açısı, güvenli fotoğraf deklanşör modu ve normal İHA hızı ayarları Pix4D uçuş parametreleri olarak seçilmiştir. Kullanılan İHA resim çekim ayarları Çizelge 5.2.'de gösterilmiştir. Uçuş işlemi sonunda toplam 222 bindirmeli resim çekilmiştir. Bu resimlerden toplam 177'i fotogrametrik değerlendirmede kullanılmıştır. Şekil 5.4., uçuşa ilişkin uçuş planını göstermektedir.

Çizelge 5.2. İHA çekim ayarları.

DJI Phantom 3 Advanced	Çekim Ayarı
Uçuş Yüksekliği	30 m
Kamera Açısı	Düşey
Yatay Bindirme Oranı	% 80
Düşey Bindirme Oranı	% 80
Yer Örnekleme Aralığı	1.3 cm



Şekil 5.4. Uçuş planı.

5.2.2 Büro çalışması

Resim çekiminden sonra Kızılören Hanının 3B modellenmesi amacıyla fotogrametrik değerlendirmeye geçilmiştir. Bu aşamada iki adet ticari (Agisoft Photoscan ve Pix4D Mapper) ve bir adet ücretsiz açık kaynak kodlu (AKK) yazılım (VisualSFM) kullanılmıştır. VisualSFM yazılımıyla üretilen yoğun nokta bulutundan mesh modeli üretmek için ücretsiz Meshlab yazılımından faydalanılmıştır.

5.2.2.1 Agisoft PhotoScan Professional yazılımı ile 3B model üretimi

Fotogrametrik değerlendirmede ilk olarak Agisoft Photoscan Professional yazılımı kullanılmıştır [18]. Havadan çekilen resimlerden ortofoto üretim amaçlı yazılımın iş akışı aşağıdaki işlem adımlarından oluşmaktadır;

- Ham görüntüler ve bu görüntülere ait GPS/IMU verileri yazılıma yüklenmesi
- Gereksiz fotoğrafların elenmesi
- Tie point toplatılması işlemi
- Yer kontrol noktalarının girilmesi ve dengeleme işlemi

-Nokta bulutu oluşturma işlemi

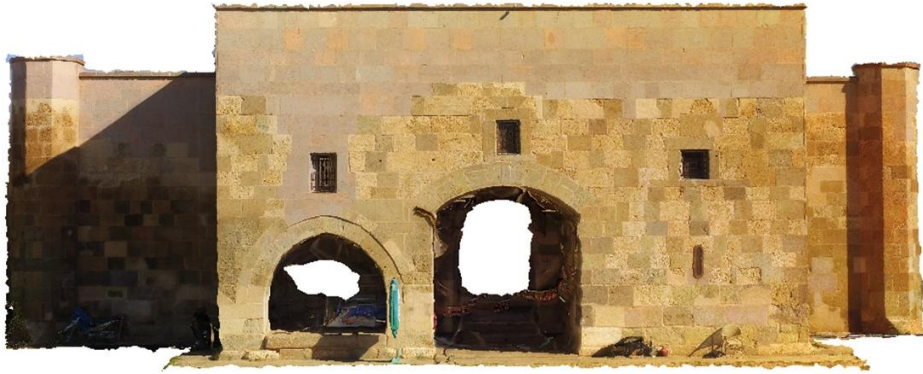
-Mesh model oluşturulması işlemi

-Texture giydirilmiş 3B model oluşturulması

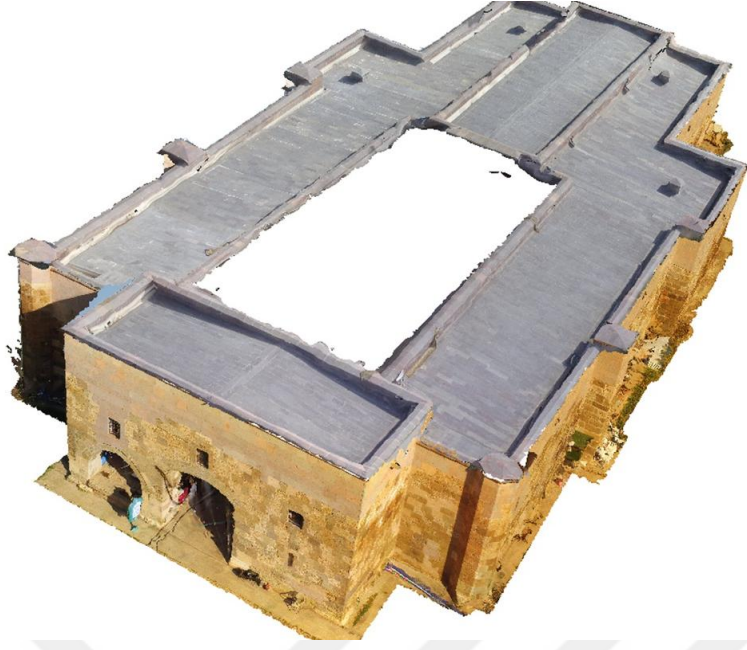
-Sayısal yükseklik modelinin (SYM) üretilmesi

-Son işlem adımı önceki işlem adımlarında üretilmiş yükseklik modeline dayalı olarak yüksek çözünürlüklü ortofoto görüntülerin oluşturulmasıdır.

Fotogrametrik değerlendirme sonucunda üretilen 3B poligonal modeller şekil 5.5. ve şekil 5.6.'da ve ortomozaik harita şekil 5.7.'de gösterilmiştir.



şekil 5.5. Kızılören Hanının 3B model olarak önden görünüşü.



Şekil 5.6. Kızılören Hanının 3B model olarak üstten görünüşü.



Şekil 5.7. Agisoft PhotoScan Pro yazılımıyla üretilen ortomozaik harita.

Doğruluk analizi amacıyla 30 denetleme noktasının 3B koordinatlarıyla aynı noktaların model üzerinden okunan koordinatları karşılaştırılmıştır. Bu

koordinatların bir kısmını gösteren çizelge aşağıda verilmiştir (Çizelge 5.1). Yapılan karşılaştırma sonucunda yatay konum doğruluğu $\pm 1,29$ cm ve düşey konum doğruluğu $\pm 1,00$ cm olarak hesaplanmıştır.

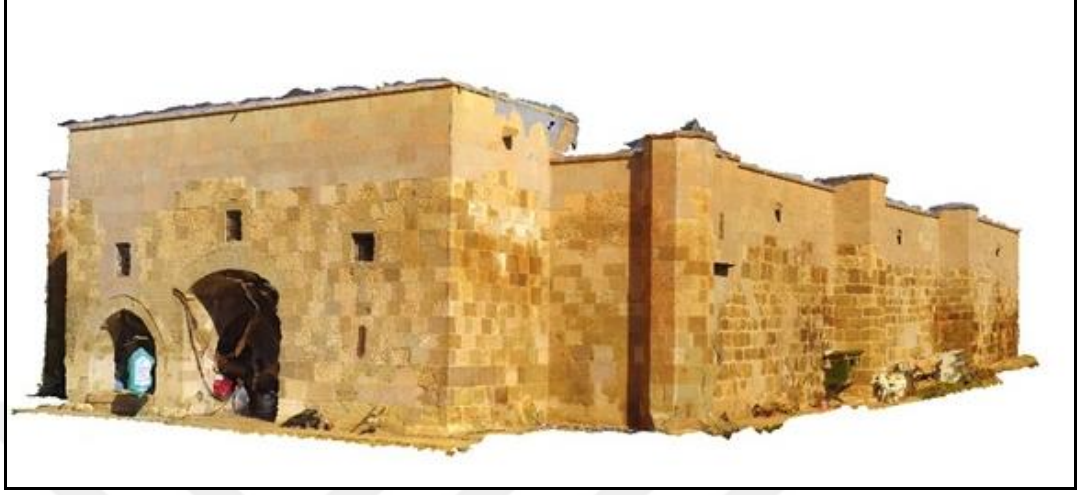
Çizelge 5.3. Bazı detay noktalarının arazi ve 3B model koordinatları (ITRF 96).

Arazide Elde Edilen (Kesin Koordinatlar)-ITRF 96			3B Modelden Elde Edilen Koordinatlar		
Y	X	Z	Y	X	Z
418722.220	4193872.034	1330.711	4187722.223	4193872.038	1330.721
418718.677	4193863.243	1330.793	4187718.688	4193863.254	1330.805
418720.188	4193859.888	1329.915	4187720.196	4193859.898	1329.926
418725.676	4193874.527	1330.036	4187725.688	4193874.529	1330.044
418733.522	4193851.422	1323.866	4187733.530	4193851.430	1323.875
418740.677	4193871.815	1324.118	4184740.686	4193871.825	1324.130
418745.322	4193850.408	1324.453	4187745.330	4193850.419	1324.463
418749.053	4193868.692	1324.328	4187749.062	4193868.699	1324.338
418751.026	4193848.338	1325.289	4187751.034	4193848.348	1325.298
418756.567	4193862.685	1325.227	4187756.578	4193862.697	1325.236

5.2.2.2 Pix4D Mapper Pro yazılımı ile 3B model üretimi

Pix4D Mapper Pro yazılımı küresel anlamda pazarlaması yapılan lisanslı ticari bir yazılımdır [19]. İHA görüntülerinden ortofoto üretim amaçlı yazılımın iş akışı üç temel işlem adımından oluşmaktadır. İlk olarak ilk işlem (initial processing) adımı çalıştırılır. Bu işlem adımında yazılım görüntülerden detay noktalarını otomatik olarak çıkarır ve görüntülerde bu noktaları karşılıklı olarak eşler. Sonrasında iç ve dış yöneltme parametrelerini hesaplamak için demet dengelemesini uygular. Bu işlem sonucunda yöneltme parametreleri dışında seyrek bir 3B nokta bulutu hesaplanır ve düşük çözünürlükte bir DSM ve Ortomozaik üretilir. Projede kontrol noktaları kullanılacaksa her bir resim üzerinde kontrol noktalarının resim koordinatları ölçülerek demet dengelemesi işlemi tekrarlanır. İkinci işlem adımı nokta bulutu ve mesh (Point Cloud and Mesh) işlem adıdır. Bu adımda, adım 1'de hesaplanan 3B modelin 3B noktaların yoğunluğu artırılır ve poligonal 3B model üretilir. Son işlem adımı ise sayısal yükseklik modeli ve bu modele bağlı olarak ortomozaik haritanın üretilmesidir.

Pix4d Mapper Pro yazılımıyla gerçekleştirilen fotogrametrik değerlendirme sonrası üretilen 3B poligonal model (şekil 5.8) ve ortomozaik harita (şekil 5.9) aşağıda gösterilmiştir.



şekil 5.8. Pix4d Pro yazılımıyla üretilen 3B model.



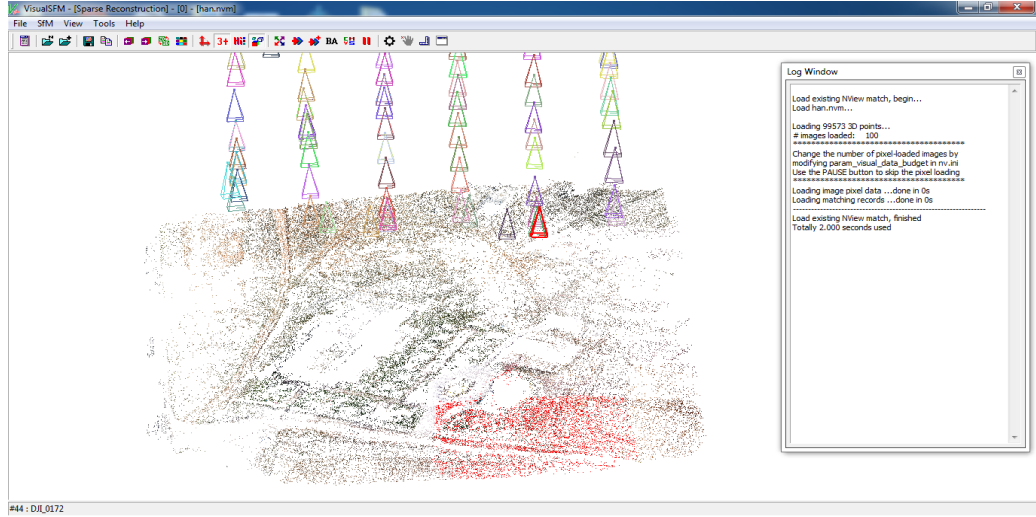
şekil 5.9. Pix4d Pro yazılımıyla üretilen ortomozaik harita.

Doğruluk analizi amacıyla denetleme noktalarının 3B koordinatlarıyla aynı noktaların model üzerinden okunan koordinatları karşılaştırılmıştır. Yapılan değerlendirme sonucunda yatay konum doğruluğu $\pm 1,28$ cm ve düşey konum doğruluğu $\pm 1,04$ cm olarak hesaplanmıştır.

5.2.2.3 VisualSFM-Meshlab yazılımları ile 3B model üretimi

VisualSFM ücretsiz ticari olmayan bir yazılım olup Changchang Wu tarafından geliştirilmiştir. Yazılım, SFM tekniğini kullanarak görüntülerden objelerin 3B modellerinin üretimini sağlayabilmektedir. Yazılım, CMVS/PMVS gibi başka açık-kaynak kodlu araçların da çalışmasına olanak tanımaktadır. VisualSFM yazılımında yoğun nokta bulutu üretimi bu araçlar kullanılarak sağlanmaktadır. Yoğun nokta bulutundan 3B poligonal modeli üretmek için ikinci bir yazılım gereklidir [20].

Görüntülerden yoğun nokta bulutu üretim amaçlı VisualSFM yazılımının iş akışı beş temel işlem adımından oluşmaktadır. İlk işlem adımı görüntülerin yazılıma aktarılmasıdır. Sonraki adım, VisualSFM'nin her bir görüntüdeki detay noktalarını bulmasını ve bu noktaların eşleştirilmesini içerir. Detay noktalarının algılanmasında kullanılan SIFT algoritması genellikle resimlerin boyutlarına ve toplam resim sayısına bağlı olarak oldukça hızlı çalışır. Eşleme işlemi ise genellikle daha uzun sürmektedir. Üçüncü işlem adımında VisualSFM'nin önceki işlem adımında bulduğu eşleşmiş noktalar kullanılarak demet dengelemesiyle 3B alanda noktalara dönüştürme yani düşük yoğunluklu nokta bulutu üretimi gerçekleşir. Uygulamamızda ürettiğimiz düşük yoğunluklu nokta bulutu Şekil 5.10.'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10. VisualSfM Yazılımında üretilen düşük yoğunluklu nokta bulutu.

Dördüncü işlem adımı projede kontrol noktaları kullanılacaksa bu noktaların resim koordinatlarının ölçülmesi işlemidir. Tüm ölçmeler tamamlandıktan sonra YKN-tabanlı dönüşüm kullanılarak tüm verinin referans koordinat sistemine dönüşümü sağlanır. VisualSfM yazılımında son işlem adımı ise PMVS / CMVS araçlarını kullanarak yoğun nokta bulutunun üretimidir. Üretilen yoğun nokta bulutu Şekil 5.11.' de gösterilmiştir.



Şekil 5.11. VisualSfM yazılımında sonra üretilen yoğun nokta bulutu.

Obje ile alakasız, istenmeyen noktaların elenmesinden sonra model “nvm” ve “ply” formatlarında kaydedilmiştir. Kaydedilen model, mesh ve doku oluşturma işlemi için Meshlab yazılımına aktarılmıştır. Meshlab, özgür ve açık-kaynak kodlu bir katı model işleme yazılımıdır. Elde edilmiş olan nokta bulutları yazılıma aktarılarak mesh ve doku oluşturma işlemleri gerçekleştirilebilmektedir [21]. VisualSFM ile oluşturulan model Meshlab yazılımına aktarıldıktan sonra “Poisson Surface Reconstruction” yöntemi uygulanarak yüzeyleri yeniden oluşturulmuş ve mesh model elde edilmiştir (Şekil 5.12). Poisson Surface Reconstruction metodu, yönlendirilmiş nokta bulutlarından sıkı yüzeyler oluşturmaktadır [22].



Şekil 5.12. Meshlab yazılımında üretilen 3B model.

Doğruluk analizinde denetleme noktalarının yersel yöntemlerle ölçülen 3B koordinatlarıyla aynı noktaların model üzerinden okunan koordinatları karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonucunda yatay konum doğruluğu $\pm 11,28$ cm ve düşey konum doğruluğu $\pm 8,24$ cm olarak hesaplanmıştır.

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada düşük maliyetli bir İHA ile Tarihi Kızılören Hanı ve çevresinde yapılan uçuş işlemi sonucunda elde edilen görüntüler kullanılarak hanın farklı yazılımlarla görüntü tabanlı 3B modelleri oluşturulmuştur. Uygulamada iki adet ticari (Agisoft Photoscan ve Pix4D Mapper) ve bir adet ücretsiz AKK yazılım (VisualSFM) kullanılmıştır. VisualSFM yazılımıyla üretilen yoğun nokta bulutundan mesh modeli üretmek için ücretsiz Meshlab yazılımı da kullanılmıştır. Doğruluk analizleri için denetleme noktalarından faydalanılmıştır. Yapılan değerlendirmede ticari Agisoft Photoscan Professional ve Pix4D Mapper Pro yazılımları için yatay ve düşeydeki konum doğruluk değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu ve yaklaşık 1cm civarında hesaplandığı görülmüştür. Diğer taraftan Ücretsiz VisualSFM ve Meshlab yazılımları kullanılarak üretilen 3B model için gerçekleştirilen doğruluk analizinde ise yatay konum doğruluğu $\pm 11,28$ cm ve düşey konum doğruluğu $\pm 8,24$ cm olarak belirlenmiştir. Ticari yazılımlara göre doğruluk değerlerinde ki bu sapmaya, üretilen yoğun nokta bulutu çözünürlüğünün düşük olmasının sebep olduğu düşünülmektedir. Ticari yazılımlarla orta çözünürlüklü görüntüler kullanılarak tarihi binaya ait üretilen yoğun nokta bulutunda yaklaşık 5 milyon nokta bulunurken ücretsiz yazılımlarla üretilen yoğun nokta bulutunda yaklaşık 1,3 milyon nokta bulunmaktadır. Bu sonuçlara göre İHA görüntüleri ile fotogrametrik teknikler kullanılarak kültürel mirasın 3B modelleme işlemlerinde ticari yazılımların yeterli konum doğruluğunu sağladığı, ücretsiz yazılımların daha kaba doğruluk değerleri ürettiği ve geliştirilmeleri gerektiği görülmüştür.

Bir diğer karşılaştırma yazılımların kullanım kolaylığına ilişkindir. Ticari iki yazılımın menüsel işlemleri birbirine benzemektedir. Bu iki yazılımın temel işlem adımlarının kullanım açısından oldukça kolay olduğu gözlemlenmiştir. Visual SFM yazılımının kullanımının ise diğer ticari yazılımlara göre kullanıcı dostu olmadığı söylenebilir. Yine bu yazılım tek başına 3B poligonal modeli üretememekte ve yoğun nokta bulutundan 3B model üretiminde başka yazılımlara ihtiyaç duymaktadır. Bir başka hususta her üç yazılım için kullanılacak bilgisayar donanım özelliklerinin iyi seviyelerde olması gerektiğidir.

Ticari yazılımlarla üretilen ürünlerin konum doğruluklarının yüksek olsa da amatör ve bu işe yeni başlayan kullanıcılar için yazılım maliyetlerinin yüksek gelmesi

muhtemeldir. Bu tür kullanıcıların AKK'lu yazılımları tercih etmesi daha doğru olacaktır. Ayrıca konum doğruluklarının kabul edilebilir seviyede ki uygulama alanlarında otomatik 3B modelleme işlemlerinin VisualSFM yazılımı ile yapılabileceği söylenebilir. Genel kamu lisansına (GPL) sahip AKK'lu yazılımlar tüm uygarlığın ortak malı olarak nitelendirilmektedir. AKK'lu yazılımların kullanımının bilinmesi, geliştirilmesi ülkemizin dışa bağımlılığını azaltacak ve ülke ekonomisine katkı sağlayacak olup ülkemiz adına yeni üretilecek yazılımlara da öncülük edecektir. İHA'lar ile 3B model üretiminin son zamanlarda daha fazla yaygınlaştığı görülmekte olup AKK'lu yazılımların geliştirileceği ve daha düşük maliyetli yeni yazılımların üretileceği öngörülmektedir. Dünya da İHA üretiminde önemli bir yere sahip olan ülkemizin yazılım üretiminde de söz sahibi olması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. Micklethwaite, S., Bemis, S.P., Thiele S. T., Bangash, H.A., Turner, D., Akciz, S. ve James, M.R., 2014. Ground-based and UAV-Based Photogrammetry, *Journal of Structural Geology*, 163,178.
2. Hamamcıoğlu, M., 2004. Mimari fotogrametri alanındaki çağdaş gelişimlerin değerlendirilmesi, *Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Der.* 19,1.
3. Suveg, I. ve Vosselman, G., 2000. 3D Reconstruction of building models, Technical University of Delft, The Netherlands Photogrammetry and Remote Sensing, Working Group IV/2.
4. Degarmo, M. T., 2004. Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace, the MITRE Corporation, McLean, Virginia, (pp. 89).
5. Everaerts, J., 2008. The Use of Unmanned aerial vehicles (İHAS) for remote sensing and mapping, In: The international archives of the photogrammetry, remote sensing and spatial information sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1, 1187-1192.
6. Özçelik, A.E. ve Beşdok, E., 2009. Model helikopter ile yapılan küçük ölçekli fotogrametrik alımların çevre ve arazi gözlemlerinde kullanılabilirliği üzerine bir ön çalışma, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, İzmir.
7. Ulvi, A., 2008. Antik Tiyatroların Fotogrametrik Rölöve Planlarının Çıkarılması Üzerine Deneysel Bir Çalışma, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
8. Yakar, M., Uysal, M., Toprak, A. S. ve Polat, N., 2013, “3d modeling of historical doger caravansaries by digital photogrammetry”, XXIV International CIPA Symposium, Strasbourg-France.
9. Kök, T., 2012. İnsansız hava araçlarının güvenli kullanım için spektrum ihtiyaçlarının belirlenmesi ile ilgili öneriler, Teknik Uzmanlık Tezi, İstanbul.
10. URL-1 <<http://www.itu.int/SearchCentre/Pages/default.aspx>>, Erişim tarihi: 11.12.2018.
11. Blyenburgh, V., P., 1999. İHAS: and Overview, In: *Air & space Europe*, I, 5/6, 43-47.
12. Aktaş, İ., 2007. Türkiye insansız hava aracı yol haritası, Sanayi Müsteşarlığı, Uzmanlık Tezi, Ankara.
13. Eryavuz, M. ve Gencer, C., 2001. Araç rotalama problemine ait bir uygulama, Yayınlanmamış Y. Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
14. Ferit, M. ve Akyol, Y., 2004. İnsansız hava aracı sistemlerinin dünyadaki gelişimi ve uygulamalar, Kayseri V. Havacılık Sempozyumu, Kayseri, 234-239.
15. URL-2 <<https://www.isprs.org/>>, Erişim tarihi: 16.12.2018.

16. URL-3 <<http://seldjukian.blogspot.com.tr/2007/11/kzlren-han-konya.html>>, Erişim tarihi: 17.12.1018.
17. URL-4< <http://www.agisoft.com/downloads/installer>>, Erişim tarihi: 20.12.2018.
18. URL-5< <https://cloud.pix4d.com/model>>, Erişim tarihi: 28.05.2019.
19. URL-6< <http://ccwu.me/vsfm>>, Erişim tarihi: 30.05.2019.
20. URL-7<<http://www.di.ens.fr/pmvs> ve CMVS <http://www.di.ens.fr/cmvs>>, Erişim tarihi: 02.06.2019.
21. Cignoni, P., Callieri, M., Corsini, M., Dellepiane, M., Ganovelli, F., ve Ranzuglia, G., 2008. Meshlab: An Open-Source Mesh Processing Tool. In Eurographics Italian Chapter Conference (pp. 129-136).
22. Kazhdan, M. ve Hoppe, H., 2013. Screened poisson surface reconstruction. ACM transactions on Graphics (TOG), 32(3), 29.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Mehmet Erdem GÜLER

Adres : Işıklar Mah. Özdilek Sok. Çimen Sit. No:10/6
Selçuklu/KONYA

E-posta adresi : merdemguler@gmail.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Selçuk Üniversitesi, Jeodezi ve Fotogrametri
Mühendisliği, 2003-2009

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği, 2012-

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

1. Selçuklu Belediyesi / Yaz Stajı, 2004
2. Çığır Mühendislik / Proje Mühendisi, 2009-2011
3. Erdem Mühendislik & Gayrimenkul / 2011-