



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

HARİTA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**İNSANSIZ HAVA ARACI VERİLERİNDENÜÇ BOYUTLU
MODELOLUŞTURMA: AKSARAY ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS
CAMİİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ali Abdulwahed Mahmod

**DANIŞMAN
Prof. Dr. H. Murat YILMAZ**

AKSARAY-2017

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 142306803 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi, “Ali Abdulwahed MAHMOD”, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “İNSANSIZ HAVA ARACI VERİLERİNDEN ÜÇ BOYUTLU MODEL OLUŞTURMA: AKSARAY ÜNİVERSİTESİ KAMPÜS CAMİİ” başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı: Prof. Dr. H. Murat YILMAZ

.....

Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri :

.....

xxxxx Üniversitesi

Jüri Üyeleri :

.....

xxxxxxx Üniversitesi

Teslim Tarihi : 00 Ocak 2017

Savunma Tarihi : 16 Mart 2017

ÖNSÖZ

İHA'lar ile konuma dayalı veriler doğru ve hassas bir şekilde elde edebilmekte ve İHA'ların gelecekte konuma dayalı verilerin elde edilmesinde en önemli veri kaynağı olacağı düşünülmektedir. İHA'lar yersel jeodezik ölçmelere karşı otoban, tren yolu ve diğer tehlikeli alanların ölçmesinde önemli bir alternatif haline gelmiştir. Buna ek olarak insanlar için hayati risk taşıyan alanlarda (arkeolojik alanlar, heyelan) daha kolay ölçme veri kaynağı imkanı sunmuştur. Sanal gerçeklik, haberleşme, otomatik yönlendirilmesi gibi uygulamalarda 3B model oluşturmada oldukça kullanışlıdır. Örneğin, endüstri kalite değerlendirilmesi sırasında, afet öncesi ve sonrası, dijital turizm, mimarlık alanlarında ve 3B şehir planlamasında binaların 3B modelinin oluşturulmasında kullanımı giderek artmaktadır. İHA'ların 3B Model oluşturmada diğer yöntemlere göre daha hızlı ve ekonomik olmasının daha avantajlı bir yöntem olmasını sağlamaktadır.

.

Ali Abdulwahed MAHMOD

Aksaray, Ocak 2017

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı, yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanımda alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

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.

Ali Abdulwahed MAHMOD

İmza

TEŞEKKÜR

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı'nda yapmış olduğum bu yüksek lisans tez çalışmam süresince bilgi ve deneyimleri ile beni yönlendirerek destekleyen ve tezin her aşamasında yapıcı eleştirileriyle katkı sağlayan danışman hocam sayın Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Çalışmaların her aşamasında her türlü yardım ve desteklerini eksik etmeyen Arş. Gör. Ozan ÖZTÜRK'e, Tez çalışmam sırasında bölümümüzün her türlü imkânından yararlanmamı sağlayan başta bölüm başkanımız olmak üzere Harita Mühendisliği Bölümü'nün tümdeğerli öğretim üyelerine, İnsansız Hava Aracı ile görüntülerin elde edilmesini sağlayan TekNoMer Harita Mekatronik Müh. San. Ve Tic. Ltd. Şirketi yöneticelerine, bugüne kadar sonsuz sabırları, güvenleri, maddi-manevi yönden destekleri ile her zaman yanımda olan, sevgilerini esirgemeyen tüm aile fertlerime ve son olarak hayatta benim için her şeyden önemli olan ve her zaman yanımda olan sevgili eşime ve çocuklarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ii
DOĞRULUK BEYANI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
İÇİNDEKİLER	v
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
KISALTMALAR DİZİNİ	xii
SİMGELER DİZİNİ	xiii
1. GİRİŞ	1
2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)	3
2.1 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi	5
2.2 İHA Sistemleri	9
2.3 İHA Uçuş Kontrol Temelleri	9
2.3.1 Radio kontrol.....	10
2.3.2 Otopilot kontrol.....	11
2.4 İHA'ların Sınıflandırılması.....	12
2.5 İHA'ların Kullanım Alanları	16
2.6 İHA'ların Harita sektöründekullanımı.....	17
3. İHA İLE FOTOGRAMETRİ	20
3.1 Verilerin EldeEdilmesi.....	20
3.2 Ekipman	22
3.3 Uçuş Planı	23
3.4 Yazılım.....	23
4. UYGULAMA.....	26
4.1 Çalışma Alanı.....	26
4.2 Kullanılan Ekipmanlar	27
4.3 Yer Kontrol Noktalarının Ölçümü	28
4.4 Çalışma Alanı Uçuş Planı	29

4.5 Çalışmada Kullanılan Yazılım	29
4.6 İHA Görüntü Değerlendirmesi.....	30
4.6.1 Yöneltilme işlemleri	30
4.6.2 Kamera yöneltilmesinin optimize edilmesi	32
4.6.3 Yoğun nokta bulutunun oluşturulması	33
4.6.4 Sayısal yüzey modelinin oluşturulması.....	35
4.6.5 Model dokusu oluşturma.....	36
4.6.6 Sayısal yükseklik modelinin oluşturulması.....	37
4.6.7 Ortofoto oluşturma	38
4.7 Üç Boyutlu Modelin Çıkartılması.....	39
4.8 Üç Boyutlu Modelde Doğruluk Ölçümleri.....	44
5. SONUÇLAR	48
KAYNAKLAR	49
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ÖZET

20. Yüzyılın başlarından itibaren objelerin üç boyutlu modellerini oluşturmak için farklı yöntemlerin ortaya çıktığı ve geliştiği gözlemlenmektedir. Buna bağlı olarak bazı firmalar kendi çevrimiçi harita sistemlerini geliştirmişlerdir. Google harita sağlayıcılar bunların en bilindik sistemlerdir. Bu dönemlerde haritaların güncellenmesi maliyet fazlalığı ve yoğun çalışma gerektirdiğinden çok seyrek olarak yapılmakta ve sanki bir kural gibi güncellenmenin çok gerekli olmadığı düşünülmektedir. Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile birlikte hem bu güncellemeler hemde farklı özelliklere sahip objelerin ölçülmesi yoğun arazi çalışmasına gerek kalmadan insansız hava araçları (İHA) ile mümkün hale gelmiştir. İnsansız hava araçları arkeoloji, mühendislik çalışmaları, tarım havza ve orman yönetimi gibi çok geniş uygulama alanına sahiptir. Günümüzde İHA'ların haritalama, üç boyutlu modelleme, hassas tarım çalışmaları, altyapı bakım ve onarım (yol çalışmaları, baraj gözlemleri) gibi çok daha farklı uygulamalarda da kullanımının mümkün olduğu görülmektedir. İHA'ların klasik insanlı fotogrametrik çalışmalardan daha düşük maliyetli olduğu gerçeği göz önünde bulundurulduğunda, farklı boyutlardaki ve riskli alanlarda kullanılabilirliği giderek artmaktadır. Farklı özelliklere sahip fotoğraf makineleri ile fotogrametrik veri toplama yapabilen İHA'lar manuel, yarı-otomatik ve otomatik uçuş yapabilme özelliğine sahiptir. İHA'lar ile standart bir fotogrametrik çalışmada sayısal yükseklik modeli (SYM), sayısal arazi modeli (SAM), halihazır haritalar, üç boyutlu obje modelleri gibi çok geniş alanlarda ürün üretilmektedir.

Bu çalışmada İHA verileri ile Aksaray Üniversitesi kampüs camii'nin üç boyutlu modeli oluşturuldu. 50 ve 100 m yükseklikten iki farklı çözünürlükteki kamera ile % 70 ve % 30 bindirme oranlarıyla İHA verileri elde edildi. PhotoScan yazılımı kullanılarak Camii'nin dört farklı üç boyutlu modeli oluşturuldu. Tüm İHA görüntülerinden iki farklı alanda düşük ve orta doğrulukta 3B model üretilmiş ve hangi uçuş yüksekliğinin 3B model oluşturmak için daha iyi olduğunu belirlemek için tüm analizlerde toplam hata miktarı hesaplanmış, karşılaşılan problemler tartışılmış ve binaya ait yatay ve dikey cephe ölçmeleri yapılarak oluşturulan model üzerinden alınan değerlerle karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırma sonrasında farkların 2-50 cm arasında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Toplam ortalama hata 50 m uçuş yüksekliği için 4.85 cm, 100 m uçuş yüksekliği için ise 5.16 cm bulunmuştur. Kullanılan İnsansız Hava Aracının eğik resim çekememesi nedeniyle Camii'nin minaresi tam olarak modellenememiştir. İnsansız hava araçları ile bu tür yapıların uygun resim çekimi olması durumunda uygun doğrulukta üç boyutlu modellerinin yapılacağı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Üç Boyutlu Model, Hava Fotogrametrisi, İnsansız Hava Aracı (İHA), Photoscan, Aksaray Üniversitesi.

ABSTRACT

Beginning 20th century has seen a considerable growth in number of methods to create three dimensional (3D) models for structures. There are some companies have developed their own online maps systems. Google maps are one of the most well-known of these maps systems. In this period the maps were infrequently updated because the process was costly and labor-consuming, and, as a rule, the update was not necessary. Nowadays, an unmanned aerial vehicle (UAV) is being used to survey buildings of various heights without interlacing with public transport.

Unmanned aerial vehicles (UAVs) applications included archaeology, construction engineering, agricultural catchment and forestry. Currently, Unmanned Aerial Vehicle (UAV) systems have become suitable for more applications, like precision farming and infrastructure maintenance, (such as road maintenance and dam surveillance), mapping and 3D modeling emanation. In view of the fact that UAVs can be considered as a low cost alternative to the classical manned aerial photogrammetry, new applications in the short-range and close-range field are introduced. Unmanned aerial vehicle UAVs (Rotary or fixed wing), capable of performing the photogrammetric data acquisition with amateur or digital cameras, can fly in manual, semi-automated and autonomous techniques. Following a typical photogrammetric workflow, three dimensional results like Digital Surface Models or Digital Terrain Models (DSM/DTM), contours, textured 3D models, vector information, etc. can be produced, even on large areas.

In this study, a three dimensional model of the campus mosque of Aksaray University was formed with the data of UAV. Two different resolution cameras at 50 and 100 m altitude were obtained with 70% and 30% overlap rates for both altitudes. Using the PhotoScan software, a four-faced three-dimensional model of the mosque was created. 3D model generated for both data in lowest and medium accuracy for two different areas, and then total errors for all assessments were compared to know which altitude is the best to generate 3D model, problems in the model were discussed and the edges and elevations measured by the geodesic model were compared with those measured by the obtained model. The difference was found to vary between 2 - 50 cm after the comparison. The average error of the flight was found to be 4.85 cm for 50 m flight height and 5.16 cm for 100 m flight height. Because the Unmanned Aerial Vehicle used can not take an oblique picture, the Mosinin minaret could not be fully modeled. In the case of unmanned aerial vehicles, it is seen that three dimensional models can be made with appropriate accuracy in case that such structures are suitable picture taking.

KeyWords: 3D-model, Aerial Photogrammetry, Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Photoscan, Aksaray University.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1: Döner kanatlı İHA	4
Şekil 2.2: İHA'ların tarihsel gelişimi	6
Şekil 2.3: İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri (A; Açısal Kontroller, B; Kontrol Yüzeyleri).....	10
Şekil 2.4: Otomatik İHA sistemlerin çalışma prensibi (Chao ve Chen, 2010).....	12
Şekil 2.5: Havada kalış bazlı İHA sınıflandırması (Haser, 2010).	13
Şekil 3.1: İHA ile görüntü elde edilmesive fotogrametrik olarak işlenmesi (Nex ve Remondino, 2014).....	22
Şekil 3.2: Uçuş planlaması.....	23
Şekil 4.1: Aksaray Üniversitesi kampüs uydu görüntüsü.....	26
Şekil 4.2: Uygulamada Kullanılan İHA.....	28
Şekil 4.3: a) Yer kontrol noktası b) Sabit GNSS alıcısı c) Gezici GNSS alıcısı	29
Şekil 4.4: Blok ve kolonlar	31
Şekil 4.5: Kamera konumları.	31
Şekil 4.6: Nokta bulutu.	32
Şekil 4.7: Yer kontrol noktaları.	33
Şekil 4.8: Yoğun nokta bulutu	34
Şekil 4.9: Yoğun nokta bulutu sınıfları	34
Şekil 4.10: Gölge model.....	35
Şekil 4.11: Katı model	36
Şekil 4.12: Üçgen model.....	36
Şekil 4.13: Doku model	37
Şekil 4.14: Sayısal yükseklik modeli.....	38
Şekil 4.15: Ortofoto.	39
Şekil 4.16: Aksaray Üniversitesi kampüs camii nokta bulutu.....	40
Şekil 4.17: Aksaray Üniversitesi kampüs camii yoğun nokta bulutu.....	40
Şekil 4.18: Aksaray Üniversitesi kampüs camii yoğun nokta bulutu sınıfları	41
Şekil 4.19: Aksaray Üniversitesi kampüs camii gölge model.....	41

Şekil 4.20: Aksaray Üniversitesi kampüs camii katı model.....	42
Şekil 4.21: Aksaray Üniversitesi kampüs camii üçgen model	42
Şekil 4.22: Aksaray Üniversitesi kampüs camii doku model.....	43
Şekil 4.23: Aksaray Üniversitesi kampüs camii sayısal yükseklik modeli	43
Şekil 4.24: Aksaray Üniversitesi kampüs camii ortofoto görüntü.....	44
Şekil 4.25 A,B: Karşılaştırma yapılan cepheler.....	46



ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1: İHA'ların tarihsel gelişimine örnekler.	8
Çizelge 2.2: İHA'ların sınıflandırılması.....	14
Çizelge 2.3: İHA sınıflandırılması (Eisenbeis, 2009).....	14
Çizelge 2.4: İHA'ların artı ve eksileri (Eisenbeis, 2009).	15
Çizelge 2.5: Konumlandırma durumuna göre sınıflandırma (Eisenbeis, 2009).	16
Çizelge 4.1: Uçuş planı.....	29
Çizelge 4.2: Ölçülen koordinat değerleri.....	45
Çizelge 4.3: Cephe uzunluklarının karşılaştırılması	47
Çizelge 4.4: Elde edilen üç boyutlu modeldeki hatalar	47

KISALTMALAR DİZİNİ

3B	3 Boyut
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Position System
INS	Inertial Navigation System
İHA	İnsansız Hava Aracı
İHS	İnsansız Hava Sistemleri
LADP	Low Altitude Deep Penetration
LALE	Low Altitude Long Endurance
LIDAR	Light Detection and Ranging
MALE	Medium Altitude Long Endurance
MAV	Micro Aerial Vehicles
PMVS2	Patch-Based Multi ViewStereo Software Version 2
RC	Remote Controlled
ROA	Remotely Operated Aircraft
RPV	Remotely Piloted Vehicle
RTK	Real Time Kinematic
SAM	Sayısal Arazi Modeli
SIFT	Scale Variant Feature Transform
SYM	Sayısal Yükseklik Modeli
UCAV	Unmanned Combat Air Vehicle
UTM	Universal Transverse Mercator
YKN	Yer Kontrol Noktası
YM	Sayısal Yüzey Modeli
YM	Yüzey Modeli
YÖA	Yer Örnekleme Aralığı

SİMGELER DİZİNİ

c_k	Odak Uzaklığı
cm	Santimetre
cm/pix	Piksel Boyutu
dk	Dakika
gr	Gram
h_g	Uçuş Yüksekliği
h_g	Uçuş Yüksekliği
kg	Kilogram
km	Kilometre
km^2	Kilometrekare
m	Metre
m^2	Metrekare
m^3	Metreküp
mm	Milimetre
$nokta/m^2$	Mektrekare Başına Düşen Nokta Sayısı
x_0, y_0, z_0	İzdüşüm Merkezinin Konumu
yy	Yıl
$yy.$	Yüz Yıl
μ	Mikron
ω, φ, κ	Dönüklük Açıları

1. GİRİŞ

Konuma dayalı veri üreten Global Konumlama Sistemleri (GPS), yersel jeodezik ölçmeler, LIDAR, yersel lazer tarayıcı, geleneksel hava araçları, fotogrametri ve uzaktan algılama gibi çeşitli yöntemler vardır. İnsansız Hava Araçları (İHA) da konuma dayalı doğru ve hassas veri üretebilen bir teknolojidir İHA'lar gelecekte birçok disipline veri üreten en önemli veri kaynağı olacaktır (Tahar, 2012).

İHA'ları erodinamik uçuş prensiplerine göre aralıksız olarak otomatik ya da yarı otomatik uçabilme özelliğine sahip içerisinde uçuş ekibi (pilot) olmadan hareket eden araçlardır.

İnsansız Hava Araçları (İHA), uzaktan kontrol edilebilir, yarı otomatik veya tam otomatik tekniklerde uçabilmekte ve kamera, sensör, kominikasyon ekipmanları veya diğer ekipmanları taşıyabilmektedir. İHA'lar klasik insanlı hava taşıtlarından çok daha küçük bir yapıya sahiptir bu nedenle taşınması çok kolay ve daha ekonomiktir. İHA'ların operasyonel savaş güçlerine önemli katkılarda bulunmaktadır (Lucintel, 2011).

İHA kullanımının ilk örnekleri I. Dünya Savaşı sırasında ortaya çıkmıştır. Bu kapsamda İHA'lar askeri amaçlar doğrultusunda taarruz, izleme, keşif, gözetleme ve haritalama görevlerinde kullanılmıştır. Geomatik uygulamalar için gerçekleştirilen ilk sivil çalışma ise Przybilla ve Wester-Ebbinghaus (1979) tarafından yapılmıştır.

İHA'lar jeodezik ölçmelerle kıyaslandığında yol, otoban, tren yolu, klasik ve modern haritacılık gibi birçok disipline altlık olabilecek verilerin elde edilmesinde önemli bir alternatif haline gelmektedir (Haarbrink ve Eisenbeis, 2008). Buna ek olarak insanlar için hayati risk taşıyan alanlarda (arkeolojik alanlar, heyelan) daha kolay ölçme ve veri elde etme imkanı sunmaktadır. (Bryson ve Sukkarieh, 2004).

Sanal gerçeklik, haberleşme, otomatik yönlendirme gibi uygulamalarda üç boyutlu (3B) model kullanılması gerekmektedir. Örneğin, endüstri kalite değerlendirilmesi sırasında, afet öncesi ve sonrası, turizm, mimarlık alanlarında ve 3B şehir planlamasında binaların 3B modelinin oluşturulması önemlidir. Bu tür çalışmalarda da İHA'lar oldukça etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaktadır (Bryson ve Sukkarieh, 2004).

İHA'lar kullanılarak çok alçak uçuşta yüksek hassasiyette elde edilen görüntüler geleneksel hava fotogrametrisinden elde edilen görüntülere göre daha düşük maliyette üretilebilmektedir (Esposito vd., 2014).

Bu çalışmada İHA'larının temel kavramları, İHA'ların tarihsel gelişimi, temel bileşenleri, çalışma prensipleri, sınıflandırılması, kullanım alanları ve tez çalışması kapsamında yapılan uygulama ve elde edilen sonuçlar yer almaktadır.



2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI (İHA)

İnsansız Hava Araçları, boş veya pilotsuz motorlu havasal araçlar olarak tanımlanmaktadır. İHA'ların kontrol mekanizması uzaktan, yarı otomatik, otomatik veya bunların birkaçının birleşiminden oluşmaktadır. İHA'lar diğer hava araçlarıyla karşılaştırıldığında, en önemli fark İHA'larda fiziksel olarak pilotun bulunmamasıdır (Eisenbeiss, 2004, Rawat ve Lawrence, 2014). İHA'lar, düşük maliyet ile yüksek performansa sahip olmasından dolayı sivil ve askeri amaç ve uygulamalar başta olmak üzere birçok geniş havacılık uygulamalarında en önemli teknolojilerden biridir. İHA'lar kısa kanat açıklığına (sabit veya döner kanatlı) ve hafif bir yapıya sahip olmasının yanında uçuş sırasında da hassas bir yapıya sahiptir (Jung, 2004). Çalıştırılması ve üretilmesi oldukça kolaydır. Bunların birçoğu bir veya iki kişi tarafından kullanılabilen ve el ile taşınabilen, el ile karadan fırlatılabilen bir araçtır. İHA'lar arazide bulunan nesnelerin gözlemlenmesi için düşük yükseklikten uçuşu için tasarlanmıştır. Fakat çok alçak yükseklikten uçuşu İHA'nın kaza yapma ihtimalini artırmaktadır. Bu nedenle düşük yüksekliklerdeki performansın artırılması için iyi (güçlü ve doğru) otopilot sistemlerine ihtiyacı vardır (Chao ve Chen 2010).

Düşük maliyet ve risk ile herhangi bir insanı, tehlikeli durumlara veya tehlikeli bölgelere sokmadan ulaşılması mümkün olmayan veya tehlikeli bölgelere ulaşması olanağı araştırmacıları klasik hava fotogrametrisine alternatif olarak İHA'lara yöneltmiştir. Ayrıca, İHA'ların içerisine yük (Sensör ve Kamera) yüklenebilme özelliği ile birlikte fotogrametrik amaçlı tasarımlar geliştirilmiştir (Rawat ve Lawrence, 2014). Bazı çalışmalarda kruiz füzeleri de İHA sınıfına alınmıştır (Eisenbeiss, 2009). Son birkaç yıldır sivil uygulamalarda kullanılan küçük İHA'lar, yarı otomatik ve tam otomatik destekli yazılım ve donanımların gelişmesi ile birlikte boyutları büyümüştür. Buna ek olarak düşük maliyetli ve küçük boyutlardaki Global Konumlama Sistemleri (GPS), sensörler, donanımlar, gövde malzemeleri ve diğer entegre sistemlerin gelişmesi ile birlikte de İHA'ların sivil uygulama alanları gelişmiş ve kullanımını yaygınlaştırmıştır.

İHA'lar, termal, kızıl ötesi, hiperspektral, radar, kimyasal ve biyolojik gibi sensörlere sahip çeşitli görüntüleme cihazları ile entegre edilerek gündüz ve gece görüntü alabilme olanağı sağlayabilmektedir. Gerçek zamanlı yer istasyonuna veri transferi özelliği ile birlikte, İHA'lar yangın, sel, hava durumu gibi önemli bilgileri yer

istasyonuna aktarabilmektedir (Rawat ve Lawrence, 2014). İHA'lar üzerine entegre edilmiş gerçek zamanlı GPS sistemi ile uçuşunda ve topladığı görüntüleri gözlemlemek ve yönlendirilmek için yer kontrol istasyonu ile birlikte çalışabilmektedir dolayısı ile bu şekilde çalışan sistemlere tam otomatik navigasyon sistemleride denilmektedir. Elde edilen görüntü laboratuvarında olabildiği gibi anında yer kontrol istasyonunda da işlenebilmektedir. İHA'lar yapmış oldukları tüm hareketleri kayıt altına alabilir ve görüntü işleme de kullanılmak üzere yer kontrol noktalarına iletilir (Samad vd., 2013). Fotogrametrik amaçlı İHA'lar bağımsız olarak daha önce planlanmış üç boyutlu konumsal pozisyonlarda fotoğraf çekme yeteneğine sahiptir, fakat uçuş planına uygun kalkış ve iniş için tecrübeli pilotlara ihtiyaç vardır (Graça vd., 2014). Fotogrametri çalışmalarında sıklıkla kullanılan çok döner kanatlı bir İHA Şekil 2.1' de görülmektedir.

İHA'ların birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajı da vardır. Bunları; Sınırlı yük taşıyabildiklerinden büyük alanları içeren uygulamalarda yetersiz kalmaları, Havada kalma sürelerinin az olması, Rüzgarlı havalarda uygulama yapma imkanının kısıtlı olması, İniş, kalkış ve uçuş aşamasında yaşanan sıkıntılar olarak sıralamak mümkündür.



Şekil 2.1: Döner Kanatlı İHA (URL 1)

2.1 İHA Teknolojisinin Tarihsel Gelişimi

İHA'lar ilk olarak Wright kardeşlerin 1916 yılında ürettikleri Hewitt-Sperry otomatik uçağı ve yine aynı yıl İngiliz Profesör Low'un ürettiğı 'Aerial Target' uçağı ile doğmuştur. 1933 yılında İngiliz kraliyet hava kuvvetleri adına üretilen ve kullanılan 'Queen Bee' uçağı ile gelişimine askeri amaçlı olarak devam etmiştir (Colomino ve Molina,2014). İHA kullanılarak ilk hava fotoğrafı alımı 1955 yılında askeri amaçlı keşif uçuşu ile gerçekleştirilmiştir (Newcome, 2004). 1970 yıllarına gelindiğinde ise araştırma grupları tarafından insansız hava aracının sivil haritacılıkta kullanım potansiyeli araştırmaya başlanmıştır. Navigasyon ve sensör entegre edilmiş radyo kontrol platformları ile alçak yükseklikten yüksek çözünürlükte görüntüler elde edilmiş fakat akademik gruplar tarafından ilgi çekici gelmemiştir. Bunu o yıllardaki konuyla ilgili limitli yayın ve konferans sayısını göz önünde bulundurduğumuzda açıkça görmekteyiz. 1980 yılında Wester-Ebbinghaus ilk fotogrametrik amaçlı ilk model helikopter uçuşunu gerçekleştirmiştir (Eisenbeiss vd., 2004). Başlangıçta potansiyel faydaları çok geç görülen İHA sistemleri, 2000'li yılların başından itibaren hızla yayılmış, sistemlerin sayısı ve çeşitleri artarken aynı zamanda kabiliyetleri de oldukça gelişmiş sivil ve askeri alanda yeni bir anlayış getirmiştir (Karaağaç, 2016). Böylelikle, İHA son yıllarda bilinen askeri ve sivil alanlarda kullanımı büyük önem kazanmıştır (Ayaz vd., 2012).

LIDAR sistemi ve GPS/INS'li CCD kamera donatılmış İHA ile sayısal yüzey modeli üretmiştir. Bu sistemde 100kg taşıma kapasitesine sahip helikopter kullanılmıştır. Benzer helikopterler Mini-İHA olarak sınıflandırılabilir fakat bu helikopter 330kg olmasından dolayı mini ve orta boyuttaki İHA sınıfına girmemektedir. Mesafe ve yükseklik baz alındığında helikopterler mini veya yakın menzilli İHA olarak tanımlanabilir. Bu platform ayrıca 3km yarıçapında olup 1 saat uçuş süresi ve deniz seviyesinden 2,000m uçuş yüksekliğine çıkabilmektedir (Nagai 2004).

4 Mega-Piksel kameralı, 2.5m çaplı, 8m³ hacimli, içerisinde kontrol ve denge mekanizması olan ve uzaktan kontrol edilebilen bir balon tasarlanmışlardır. Topotech şirketi orta formatlı kamera taşıyabilen benzer bir balon tasarlamıştır (Altan vd., 2004, Fotinopoulos, 2004).

(Jang vd., 2004) tapınak ve antik kuleleri modellemek için pervaneli bir helikopter tasarlamışlardır. Bu helikoptere zaman ve maliyet açısından ekonomik olmayacak

yüksek kamera sehпасı ve merdiven bağlantısı eklemişlerdir. Helikopter ile tapınağın tüm detaylarını kapsayacak şekilde görüntüler elde edilmiştir.

(Everaerts vd., 2004) ile (Fransaer vd., 2004) uzaktan algılama için uzun menzilli uçuş kapasitesine sahip “Pegasus” adlı İHA’yı tasarlamışlardır. Enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kullandığı için bu sistem uzun süreli uçuş gerçekleştirebilmektedir. Sabit kanatlı İHA’ların ilk örneği denilebilir.

Çin Ölçme ve Haritalama Akademisi, sabit kanatlı, Mini-İHA geliştirmiştir. Bu çalışmanın temel amacı, binaların 3B modellerinin yeniden oluşturulmasıdır. Fakat rüzgar gibi çevresel koşullardan dolayı aracın kontrolünde ve önceden belirlenen noktalardan görüntü alımında zorluklar yaşanmıştır. Buna bağlı olarak, stereo görüntülerin kullanılması mümkün olmamıştır (Jizhou vd., 2004).

Bu yılları takiben İHA’lar birçok disiplin ve amaç doğrultusunda kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Araştırmacı gruplar, pervaneli ve sabit kanatlı İHA’larının doğal kaynak yönetimi ve görüntülenmesi (Horcher ve Visser, 2004), trafik görüntüleme (Haarbrink ve Koers 2006, Puri 2004), (Kise vd., 2005, Rovira-Más, vd., 2005), araç takibi (Kaaniche vd., 2005), bitki örtüsü görüntülenmesi (Sugiura vd., 2005), orman yangınlarının görüntülenmesi (Zhou vd., 2005), araç kazaları (Haarbrink ve Koers, 2006), büyük çaptaki kentsel ve varoş bölgelerin görüntülenmesi (Spatalasvd., 2006), Katrina Kasırgası sonrası etkilenen binaların görüntülenmesi (Pratt vd., 2006), hiperspektral İHA görüntülerinin sınıflandırılması (Laliberte vd., 2007) ve hasat tahmini (Reidelstuerz vd., 2007), nehirlerin görüntülenmesi (Masahiko, 2007), arkeolojik alanların haritalanması (Bendea vd., 2007, Patias vd., 2007) gibi alanlarda inceleme çalışmalarına odaklanmıştır.

(Choi vd., 2008) acil yardım çalışmalarında hızlı haritalama imkanı sunabilecek akılcı ve esnek sistem geliştirilmesini amaçlayan İHA projesi Kore hükümeti tarafından desteklenmiştir. (Coppa vd., 2008) ise gerçek uçuşa geçilmeden önce mevcut tehlikelerin ve arazinin durumunun önceden incelendiği uçuş simülasyonları kullanılmaya başlanmıştır.

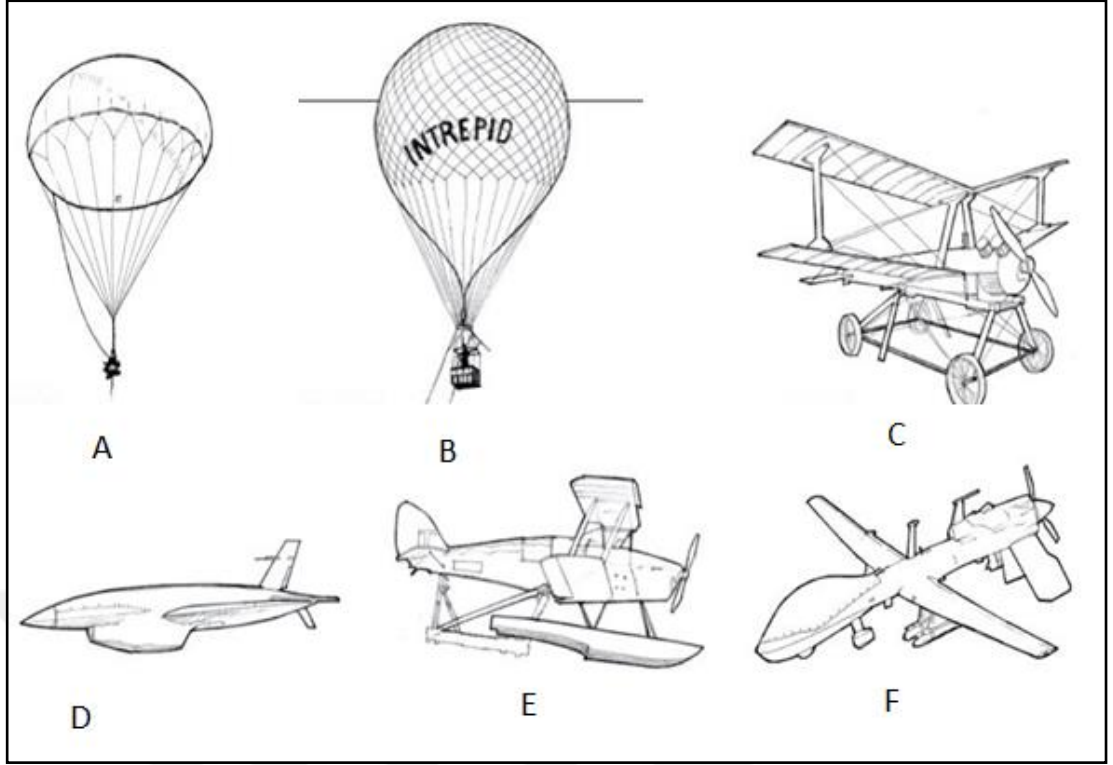
(Suziki vd., 2008)’de RTK (Real Time Kinematic)/GPS teknolojisi ile yaptıkları gerçek tehlike bölgesinin haritalarının üretilmesinde video ve görüntülerin fotogrametrik değerlendirme yöntemlerine göre üretilmesini amaçlayan bir çalışma gerçekleştirmiş ve görüntülerden ortofoto haritalar üretilmesi ve koordinatlı bu

görüntüleri CBS veri tabanına kaydedilmesi işleminin başarılı bir şekilde gerçekleştirildiği sonucuna varmıştır.

2009 yılından itibaren İHA'ların afet çalışmalarındaki kullanılabilirliği üzerine olan çalışmalarda bir artış meydana geldiği görülmüştür. Son yıllarda ise İHA'ların hız ve doğrulukları, kamera sistemlerine bağlı olarak irdelenmeye başlanmıştır. (Marenchino, 2009) afet sonrası hızlı harita üretimi amaçlı yürüttüğü bir çalışma gerçekleştirmiştir. Otomatik olarak uçuş kapasitesine sahip kullanılan İHA dijital ve fotogrametrik sensörler ile gerçekleştirilmiştir. Elektronik sistemler yardımıyla otomatik görüntü çıkarımı gerçekleştirilmiş, bu görüntüler üzerinde Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve ortofoto harita üretilmiştir. Sayısal görüntüler üzerinde fotogrametrik işlemler gerçekleştirilerek ve üretilen SAM ve ortofoto kombinasyonları gerçekleştirilerek mesafe ölçümleri, hacim hesaplamaları, zarar bölgesine acil müdahale çalışmaları gerçekleştirmiştir.

Gomez-Lahoz ve Gonzalez-Aguilera, (2009), İspanya'da arkeolojik yerleşim yerlerini balon ile görüntülenmesini, (Niethammer vd., 2009), heyelan hareketlerinin görüntülenmesinde açık kaynak kodlu İHA kullanımını incelemiştir. 2009 L'Aquila ve 2010 Haiti depremlerinden sonra İHA ile afet bölgesinin görüntülerin elde edilmiştir ve afet yönetim çalışmalarına dahil edilebilir sonucuna varılmıştır (Quaritsch vd., 2010, Huber, 2010).

(Niethammer vd., 2010), yüksek çözünürlüklü heyelan görüntülerinin elde edilmesi ve heyelanların izlenmesi, (Chou vd., 2010), afet yönetimi ve görüntülenmesi, (Chiabrando vd., 2011), geniş ölçekte arkeolojik alanların görüntülenmesi, (Naidoo vd., 2011), arama ve kurtarma operasyonlarının yönetilmesi, (Manyoky vd., 2011), kadastro çalışmalarındaki yeterliliği, (Rau vd., 2011), heyelanların haritalanması, (Maza vd., 2011), afet yönetimi ve sivil halk güvenliği, (Wing vd., 2014), orman alanlarda yüzeylerin çıkarılması, (Döner vd., 2014), haritalama çalışmalarında kullanılması çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. İHA'ların tarihsel gelişimi Şekil 2.2'de bazı örnekler ile gösterilmiş ve Tablo 2.1'de özetlenmiştir.



Şekil 2.2: İHA'ların tarihsel gelişimi (URL 2)

Çizelge 2.1: İHA'ların tarihsel gelişimine örnekler.

No.	Yıl	İHA gelişimi
A	1849	Avusturyalılar İtalya Venedik şehrini bombalamak için balon kullanmışlardır. İlk İHA olarak kabul görmektedir.
B	1861	Balonlar ABD iç savaşında konfederasyon tarafından keşif görevi için kullanılmıştır.
C	1918	Günümüzün İHA öncüsü olarak kabul edilen Kettering Bug, 40 hp gücünde ve dört silindirli motor tarafından desteklenmektedir.
D	1931	İngiliz deniz donanması tarafından düz parçalardan geliştirilen Fairy Queen ilk radyo kontrollü İHA'dır.
E	1959	ABD ordusu Vietnam savaşında gözetleme amaçlı Ryan Model 147 Lighting Bug'ı kullanmıştır.
F	1995	Azılı katil diye tabir edilen MQ-1Predator isimli İHA 2000 yılında silahlandırılarak üretilmiştir.

2.2 İHA Sistemleri

İHA terimi çoğunlukla haritacılar arasında kullanılmaktadır, fakat kendi itiş sistemleri, irtifa ve dayanıklılık gibi farklı özelliklerine göre farklı terimlere de sahiptir. Bu terimler orjinal isimleri ile birlikte şu şekildedir; Drone, Remotely Piloted Vehicle (RPV), Remotely Operated Aircraft (ROA), Micro Aerial Vehicles (MAV), Unmanned Combat Air Vehicle (UCAV), Small UAV (SUAV), Low Altitude Deep Penetration (LADP) İHA, Low Altitude Long Endurance (LALE) İHA, Medium Altitude Long Endurance (MALE) İHA, Remote Controlled (RC) Helikopter and Model Helickopter. Tüm bu sistemler, hava aracı/platformu (İHA), ve Yer Kontrol İstasyonundan (YKİ) oluşmakta ve İnsansız Hava Sistemleri (İHS) olarak bilinmektedir (Nex ve Remondino, 2014).

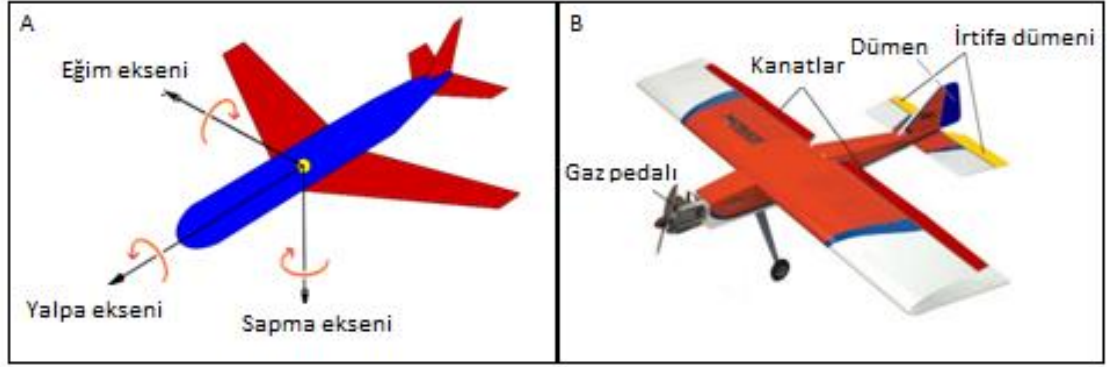
Bir İnsansız Hava Aracı Sistemi şunları içermektedir;

1. Gerekli ekipmanlar (Sensör vb. ekipmanentegreli uçaklar).
2. İletişim Ağı.
3. İHA kullanımı için deneyimli personel.
4. Bazı durumlarda İHA fırlatma elemanı (Winnefeld ve Kendall, 2013).

2.3 İHA Uçuş Kontrol Temelleri

Tüm uçaklar, kendi ağırlık merkezi etrafında 3 eksen (x, y ve z) de dönebilmektedir. İHA'larda konum kontrolü Şekil 2.3'de gösterildiği gibi genellikle açısal kontrole (yalpa (ϕ), eğim (θ) vesapma (ψ)) dönüştürülür. Sabit kanatlı İHA'lar, Şekil 2.3' de gösterilen ana kontrol yüzeylerin tamamına yada bir kısmına sahiptir.

- Kanatlar: Yalpa açısını kontrol etmek için.
- İrtifa Dümeni: Eğim Açısını kontrol etmek için (Aşağı ve Yukarı).
- Dümen: Sapma Açısını kontrol etmek için (Sağ ve sol).
- Gaz Pedalı: Motor hızını kontrol etmek için.



Şekil 2.3: İHA kontrol eksenleri ve yüzeyleri (A; Açısal kontroller, B; Kontrol yüzeyleri) (URL 3)

Küçük İHA'lar tüm bu kontrol yüzeylerine sahip olmayabilirler. Örneğin Unicorn uçak gövdeleri sadece gaz pedalı ve sağ/sol kanat ve irtifa dümenine sahiptir. Bu tip kanatlara sahip olan hava araçlarına Elevon denmektedir.

İHA durum değişkenleri şunları içermektedir.

- p_n, p_e , ve h : atalet (kuzey, doğu) konumu ve yükseklik, e.g., Enlem Boylam ve Yükseklikte Universal Transverse Mercator (UTM) koordinatları.
- v_n, v_e , ve v_d : Yer koordinat eksenine göre hızları.
- u, v , ve w : Gövdesi boyunca ölçülen hız değerleri.
- a_x, a_y , ve a_z : Gövdesi boyunca ölçülen ivme değerleri.
- ϕ, θ , ve ψ : Yalpa, eğim ve sapma açıları.
- p, q , ve r : Gövdesi boyunca ölçülen açı oranları.
- v, α and β : Hava hızı, hücum açısı ve yana kayış açısı.

Küçük boyutlu İHA'larda normalde iki adet kontrol modu vardır. Bunlar Uzaktan kumanda modu ve otopilot kontrol modudur. Uzaktan kumanda mod veya radyo kontrol modunda İHA'ları kontrol etmek için pilotlara gereksinim vardır fakat otopilot kontrol moduna sahip İHA'lar otomatik olarak belirlenen yüksekliklerde otomatik olarak uçabilmektedir.

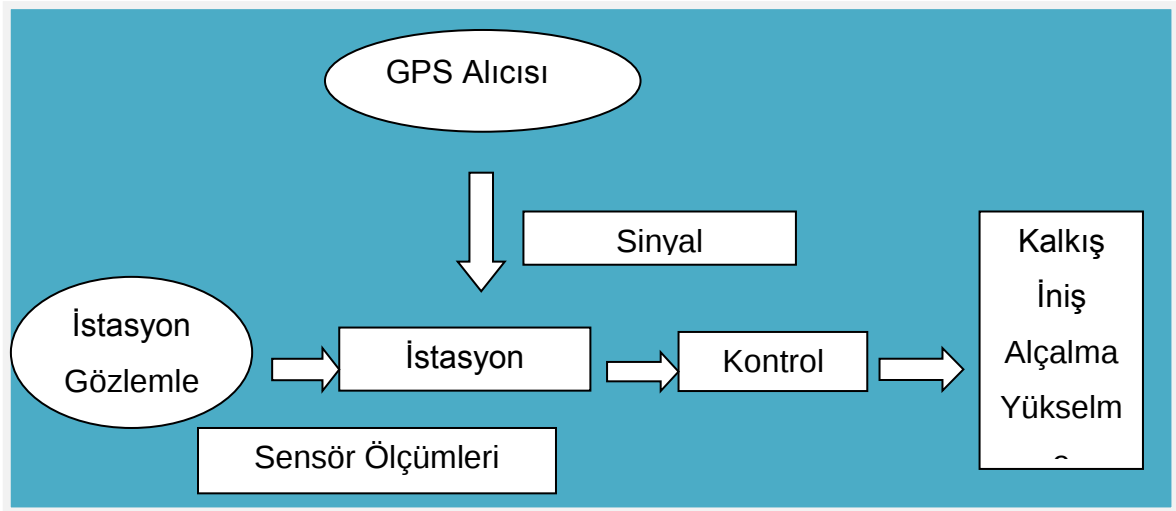
2.3.1 Radio Kontrol

Radyo kontrol moduna sahip İHA'lara RC uçaklarda denilmektedir. Uzaktan kumanda da bulunan bir RC vericisi aracılığıyla İHA üzerinde bulunan bir RC alıcısı

sayesinde kontrol edilmektedir. Fakat bu tarz İHA'ların kullanımında uçağı kontrol edecek olan operatör oldukça önemlidir. Çünkü İHA'yı doğrudan operatör yönlendirmektedir (Cao ve Chen, 2010).

2.3.2 Otopilot Kontrol

Otopilot, operatörlerin yardımı olmadan bir hava aracını yönlendirmek için kullanılan ve mikro elektromekanik sistemlerdir. Başka bir ifadeyle yer kontrol istasyonu ile uçak arasındaki bağlantı aracılığıyla uçak anlık olarak izlenebilir ve yönlendirilebilir. Sperry Corporation şirketi ilk otopilot sistemini 1912 yılında geliştirmiştir. Sperry Corporation şirketi yaklaşık iki yıl sonra doğrudan uzaktan kumanda ile iniş ve kalkış yapabilen uçaklar geliştirmeye başlamıştır. Modern otopilotlar uçakları bilgisayar tabanlı yazılımlar ile yönetebilmektedir. Bu yazılımlardan uçağın anlık olarak pozisyonu görüntülenebilir ve anlık olarak yönlendirilebilir. Devam eden yıllar itibariyle bu sistemler hava ve deniz araçları şeklinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA otopilot sistemlerinin amacı sürekli olarak önceden yapılan uçuş planlamasındaki hattın veya fotoğraf çekim noktalarından hassas olarak uçağın geçişinin gerçekleştirilmesidir. Güçlü bir otopilot sistemi uçağın iniş, kalkış, alçalma, uçuş hattı takibi aşamalarının tümünü gerçekleştirebilir. Bu sistem yer kontrol istasyonu ile uçağa monte edilmiş GPS alıcısı arasındaki bağlantıdan oluşmaktadır. Sürekli güncelleme gerçekleştiren sistem GPS alıcısının konumuna bağlı olarak kalkış, iniş, alçalma ve yükselme hareketlerini yapabilmektedir. Şekil 2.4' de otopilot sisteminin çalışma prensibi gösterilmiştir (Cao ve Chen, 2010).



Şekil 2.4: Otomatik İHA sistemlerin çalışma prensibi (Chao ve Chen, 2010).

Küçük İHA'lar fiziksel olarak sınırlı yapıda oldukları için, bir otopilot donanımı küçük boyutta, düşük enerji kapasiteli ve hafif olmalıdır. Otopilot donanımları çevresel koşulları, tahminler ve kontrol yönlendirmeleri için gereklidir. İHA'ların hassas uçuş kontrolü İHA'ların havadaki tahmin gözlemlerine bağlıdır. Ayrıca, bu donanımlar özellikle hareket ve değişen hava durumlarında iyi bir performans garanti edebilmesi gerekir.

Otopilot yazılımlar İHA'larda bulunan sensörlerden gelen verileri otomatik olarak değerlendirebilme ve gerçek zamanlı olarak işleyebilmektedir (Cao and Chen, 2010).

2.4 İHA'ların Sınıflandırılması

İHA sistemleri kurumlar, kuruluşlar ve ülkeler tarafından farklı yaklaşımlar türetilerek sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırmaların temelini, nitel ve nicel sınıflandırma yaklaşımları oluşturmaktadır (Haser, 2010).

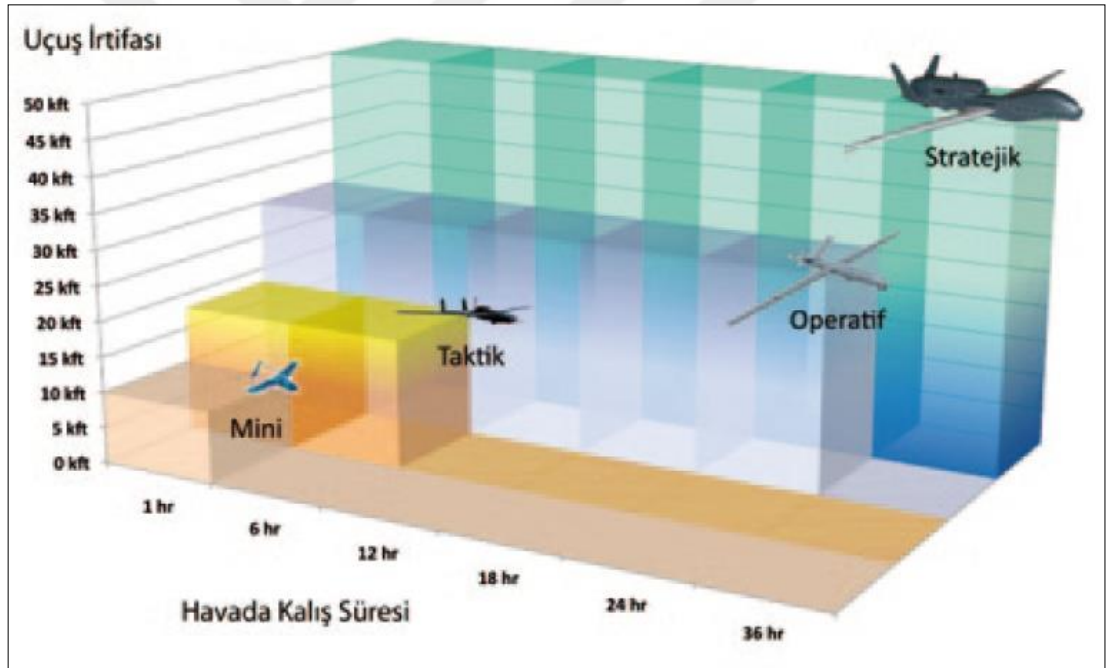
- Nitel sınıflandırma yaklaşımı

Sistem kabiliyetlerinin nitel olarak değerlendirildiği bir başka sınıflandırma sisteminde, İHA'ların yaptıkları görevler ayırt edici özellik olarak tanımlanır. Pilot/operatörün yönetiminde veya otonom olarak işletilen ve göreve göre taşınan faydalı yük, görev süresi ve yakıt miktarıyla birlikte hava aracının kalkış ağırlığına

etki eder. Bu sınıflandırmada görevler öncelikle sivil ve askeri olarak temel iki gruba ayrılır.

- Nicel sınıflandırma yaklaşımı

Nicel sınıflandırma yaklaşımı, havada kalış süresinin ve görev yapılan irtifanın baz alındığı sınıflandırmadır. Böyle bir sınıflandırmada öncelikli belirleyici, görev irtifasıdır. Bu irtifaya tırmanma süresi ve görev süresi toplam havada kalış süresini, bu süre de gerekli olan yakıt miktarını belirler. İrtifa ve görev süresi arttıkça, yakıt tüketimindeki artışa bağlı olarak hava aracının kalkış ağırlığı da artar. Bu sınıflandırma yaklaşımı farklı kaynak ve kurumlar tarafından farklı şekillerde ele alınabilir. Yaygın bir sınıflandırmada azami havada kalış süresi ile uçuş irtifası ilişkilendirilir ve İHA Sistemleri Mini, Taktik, Operatif ve Stratejik ana gruplarına ayrılır (Şekil 2.5).



Şekil 2.5: Havada kalış bazı İHA sınıflandırması (Haser, 2010).

İHA'lar, International UAV Community (UAV Association) tarafından kullanım türüne göre üç farklı kategoriye ayrılmıştır (Çizelge 2.2). Hava araçlarının her bir tipolojisi performans ve özelliklerine göre alt gruplara ayrılmıştır. Bu özellikler menzil, maksimum çıkış yüksekliği, uçuş süresi, kütle ve ağırlıktan oluşmaktadır.

Çizelge 2.2: İHA'ların sınıflandırılması.

İHA KATEGORİLERİ 1	Kısaltma	Menzil (km)	Çıkış Yüksekliği (m)	Havada Kalış Süresi (Saat)	Kütle (Kg)
Micro	μ(Micro)	< 10	250	1	<5
Mini	Mini	< 10	150 - 300	<2	150
Yakın Resim	CR	10-30	3000	2-4	150
Kısa Mesafe	SR	30-70	3000	3-6	200
Orta Mesafe	MR	70-200	5000	6-10	1250
Orta Dayanıklı Derinlikli	MRE	> 500	8000	10-18	1250
Düşük Dayanıklı Derinlikli	LADP	> 250	50 - 9000	0.5-1	350
Düşük Dayanıklı Uzun Derinlikli	LALE	> 500	3000	24	30
Orta Yükseklik Uzun Dayanıklı	MALE	> 500	14000	24-48	1500

(Eisenbeis; 2009)'da İHA'ların detaylı bir şekilde sınıflandırmasını incelemiş ve farklı yaklaşımlar geliştirmiştir. İHA'lar, sabit kanatlı ve pervaneli İHA'ları, havadan hafif başka bir ifadeyle havada kalma yeteneğine sahip İHA'ları, ölümcül İHA'ları, tuzak ve amaç İHA'ları, pilotlu hava araçlarına alternatif İHA'ları, pilotsuz savaş İHA'ları terimlerini kapsamaktadır. Ayrıca, güç kaynağı olup olmaması, havadan hafif veya ağır, esneklik, kanatlı veya pervaneli olma özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Pervaneli İHA'ları, dikey kalkış ve iniş yapabilmekte, tek, çift ve çok motorlu sistemler olarak sınıflandırılabilir.

Çizelge 2.3: İHA sınıflandırılması (Eisenbeis, 2009).

	Havadan Daha Hafif	Havadan Daha Ağır		
		Esnek Kanat	Sabit Kanat	Döner Kanat/ Pervane
Güçsüz	Balon	Asılı Planör	Planör	Rotor Kite
		Paraşüt		
		Uçurtma		
Güçlü	Uçak	Paraşüt	Pervane	Tek Motorlu
			Jet Motorlu Uçak	Orta Eksenli
				4 Pervaneli Helikopter
				Çok Motorlu

Dört pervaneli İHA'lar düşük taşıma kapasitesinden dolayı düşük maliyetli sistemlerle donatılmıştır. Bu sistemler, küçük boyutu ve çevik hareket edebilirliği ile manevra kabiliyeti düşük alanlarda bile çalışma imkanı sağlamaktadır (Hoffmann vd., 2004). Fakat bu sistemler çevresel koşullardan daha fazla etkilendiği için çok

küçük alanlarda kullanımı sınırlıdır. Çok motorlu sistemlerde ağırlık ve genişlik olarak dört pervaneli motorlara benzemesine rağmen daha fazla taşıma kapasitesine sahiptir, daha dayanıklı ve güvenli uçuş imkanı sunmaktadır (Niethammer vd., 2009, Vito, 2009).

Sabit kanatlı, güç kaynağı bulunmayan İHA'ları rüzgâra karşı değil, rüzgarı kullanarak iniş ve kalkış işlemlerini gerçekleştirmektedir. Bunun aksine pervaneli ve motorlu İHA'lar ise rüzgâra karşı uçarak diğer sistemin eksiklerini tamamlamaktadır. Güç kaynağı bulunmayan balon ve planörlerin, pervaneli ve sabit kanatlı İHA'lardan farkı, halat yardımıyla kontrol edilmeleridir. Dolayısıyla uçuş yüksekliğinde kısıtlamalar ortaya çıkmaktadır. Bahsedilen sistemler karşılaştırıldığında güç kaynaklı hava araçları yükselme ve havada daha fazla kalma kapasitesinden dolayı pervane ve sabit kanatlı platformlara göre ön plana çıkmaktadır. İHA'ları düşük seviye (0), orta seviye (+), yüksek seviye (++) olmak üzere üç farklı tipte karşılaştırmak mümkündür. İHA Sistemlerinin konumlandırma durumuna göre sınıflandırma OM-class, M-class ve L-class olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır (Eisenbeis, 2009).

Çizelge 2.4: İHA'ların artı ve eksileri (Eisenbeis, 2009).

Uçak Türü	Mesafe	Havada Kalış Süresi	Hava ve Kanat Bağımlılığı	Manevra Kapasitesi
Balon	0	++	0	0
Uçak	++	++	0	+
Planör / Uçurtma	+	0	0	0
Sabit Kanatlı Planör	++	+	+	+
Pervane / Jet Motor	++	++	+	+
Pervaneli Uçurtma	++	+	0	+
Tek Motorlu Helikopter	+	+	+	++
Ortak Eksenli	+	++	+	++
4 Motorlu Helikopter	0	0	0	++
Çok Motorlu Helikopter	+	+	+	++

Çizelge 2.5: Konumlandırma durumuna göre sınıflandırma (Eisenbeis, 2009).

Referanslandırma	Gerçek Zamanlı Çalışma	Hassasiyet	İHA Tipi
Sonradan	0	Düşük Doğruluk (m)	OM Sınıf
Sonradan/Anlık	+	Orta Doğruluk (dm- m)	M-L Sınıf
Sonradan/Anlık	+	Yüksek Doğruluk (cm)	M-L Sınıf

OM-Sınıf tipi İHA'ları düşük maliyete, araştırma ve test amaçlı çalışmalar için yüksek potansiyele sahiptir. Bu tür İHA'ları uçuş planlaması fonksiyonu bulundurması ve desteklemesinden dolayı fotogrametrik ölçümler için paha biçilemez araçlardır. Sistemin temelinde otomatik sabit uçuş, beni takip et, eve dönüş ve anahtar noktaların izlenmesi şeklinde yöntemler geliştirilmiş ve bu yöntemler de uçuş planlarının en verimli şekilde hazırlanmasını sağlamıştır. En yaygın olarak bilinen OM-Sınıf tipi İHA'lar mikrokopterlerdir. M-Sınıf tipi İHA'lar ticari uygulamalar için oluşturulmuştur ve sistemin taşıma kapasitesi 5kg ile sınırlıdır. Bu sistemlerin çoğu düşük maliyetli GPS/INS benzeri navigasyon sistemleriyle donatılmış ve önceden tanımlanmış veya tamamen otomatik uçuş yapabilme yeteneğine sahiptirler. Helikopter, dört pervaneli ve multikopter olarak sınıflandırılmaktadırlar. OM ve M-Sınıfı İHA'larıyla karşılaştırıldığında taşıma miktarına bağlı olarak diğerlerine göre daha fazla kapasiteye sahiptir. Yakıt olarak benzin kullandıkları için 240 dakikaya kadar uçuş gerçekleştirebilmektedir. (Eisenbeis, 2009).

2.5 İHA'ların Kullanım Alanları

İHA'lardan görüntü alma ve fotogrametrik çalışmalar temelde askeri amaçlı olarak kullanılsada birçok disiplinde zaman ve maliyetten kazanç sağlamak, hızlı ve doğru veri elde edilebilmek için kullanılmaya başlanmış ve buna paralel olarak gelişim göstermiştir. İHA'ların bazı kullanım alanları aşağıda açıklanmıştır.

1. Tarım: Tarım alanlarının ve ürünlerini araştırma, tahılların ve mısırın hasat ve lojistik optimizasyonu için biyokütle hesabı, ekin büyümesi ve gıda kalitesinin belirlenmesi, hassas tarım ve hasat kontrolü.

2. Ormancılık: Yangın tespiti, ihlal durumunda yasal kısıtlamalar ve kanıtların izlenmesi, hasat yerlerinin tespiti ve ormancılık faaliyetlerinin denetlenmesi, doğal ormanlardaki tespiti izleme ve değiştirme (Grenzdörffer vd., 2008) .
3. Arkeoloji ve Mimari: 3B nokta bulutlarının veya sayısal arazi modellerinin (SAM veya SYM) ve ortofoto görüntülerinin, büyük bir doğruluk ve çok detaylı bir ayrıntıyla üretilmesi (Brutto vd., 2014).
4. Çevre: Kıyı alanlarının izlenmesi (Gonçalves ve Henriques, 2015), Kazı hacmi hesaplaması, Yanardağ izleme (Nakano vd., 2014), Kadastro haritası (Manyoky vd., 2011).
5. Kentsel Karayolu Trafik İzleme: Zaman tahmini ve Şerit işgali (Ro vd., 2007, Avrupa Birlięi, 2015).
6. Acil Durum Yönetimi: İHA tehlikeli ve erişilemeyen alanlarda çalışabilmektedir. Taşınabilirliği daha iyi olan küçük boyu, kolay yüklenmesi, her zaman, her yerde ve nispeten sert iklim ortamında kullanılabilir (Chou vd., 2010). Erken etki değerlendirmesi ve kurtarma için hızlı bir şekilde görüntü elde etmek için hızlı acil müdahale işlemleri olabilir (Haarbrink ve Koers, 2007).
7. Jeolojik ve meteorolojik araştırmalar.
8. Baraj havzalarının ölçümü ve haritalanması.
9. Maden sahalarının, taşocaklarının ölçümü ve hacim hesaplamaları.
10. Doğal kaynak yönetiminde ve ormanlık alanlarda görüntüleme, değerlendirme ve bunların yönetimi.
11. Mera alanların sınıflandırılması ve değerlendirilmesi.

2.6 İHA'ların Harita Sektöründe Kullanımı

Günümüzde, fotogrametri haritacılık alanında oldukça önemli bir yere sahiptir. Fotogrametrik harita üretiminde farklı platformlar kullanılarak görüntü alımı gerçekleştirilmektedir. Bu bağlamda, İnsansız Hava Aracı (İHA) teknolojisi yeni bir görüntü alım platformu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Uzaktan algılama ve fotogrametri amaçlı kullanılan İHA'lara kullanım amaçlarına göre farklı algılayıcı sistemler yerleştirilebilmektedir. Bu algılayıcı sistemler dijital kamera, video kamera, termal veya yakın kızıl ötesi kamera sistemleri, LİDAR sistemleri veya bu sistemlerin birleşimi şeklinde sistemler olabilmektedir.

İHA kullanılarak elde edilen veriler fotogrametrik olarak değerlendirilebilmekte, değerlendirilen veriler üzerinden elde edilecek sayısal yükseklik modelleri, raster veya nokta bulutu şeklinde oluşturularak çalışmaya özgü ihtiyaçlar doğrultusunda kullanılabilmektedirler.

Gerekli sensörler (GPS, Kamera, vb.) ile desteklenen basit İHA'lar gelişmiş haritalar üretebilir. Küçük İHA'lar kolay ve hızlı bir şekilde harekete geçebilir ve kaliteli görüntüler çekebilecek hafif ağırlıktaki dijital kameraları taşıyabilirler. Bu kameralar düzenli aralıklarla fotoğraf çekmeye ayarlanabilirler ve ayrıca dijital hafıza donanımı hafif, ucuz ve çeşitlidir. Basit GPS ekipmanları İHA'ların mekansal olarak doğruluğu yüksek haritalar oluşturmasını sağlar. İHA'lar gerçek zamanlı bilgiye ihtiyaç duymadığından dolayı ekstra ağırlığa ve karmaşıklığa sebep olan veri linklerini taşımaları gerekli değildir. İHA'lar uçuşu tamamladıktan ve iniş yaptıktan sonra görüntüler, ortak bir ölçekte geometrik düzeltme yapılabilmesi için yaygın olarak kullanılan bir coğrafi koordinat sistemine uyması için bir yazılım aracılığıyla ile analiz edilir ve birbirine birleştirilir.

Ayrıca, diğer haritalama yöntemlerini tamamlayabilir ve uydu sistemleri kullanılarak harita üretimi ve geleneksel haritacılıktan kalan boşlukları doldurabilirler. Son zamanlarda, dünyanın dört bir yanındaki araştırmacılar, yeni bir teknik olan İHA kullanılarak elde edilen hava görüntülerini çalışmalarına dâhil etmeye başlamışlardır. Örnek olarak, İsviçreli Drone Adventures şirketi tarafından Tanzania'da bulunan Dar es Salaam kentinin yüksek çözünürlüklü bir haritasını oluşturmak için, Etiyopya'daki araştırmacılar tarafından malaria hastalığını taşıyan sivrisinek larvalarını barındırması muhtemel olan su kaynaklarını, sivrisineklerin bölgede hastalık yaymadan önce yok etmelerini sağlamışlardır. Borneo'da yerli Dayak halkı, topraklarının yasadışı kullanımını belgelemek ve sınırlarını belli etmek için insansız hava aracı (İHA) ile elde edilen görüntüleri kullanmaya başladı ve böylece Güneydoğu Asya'da yaygın olarak rastlanan araziye zorla el koyma uygulamalarına karşı kendilerini daha iyi savunmaktadırlar.

Haritalama çalışmalarının arazi kısmında İHA kullanımı hala ilk günlerindeki hali ile kalmaktadır. Bu alan önemli gelişimlere açıktır ancak öngörülemeyen sorunlar ve teknik zorluklar göz önünde bulundurulmalıdır. İHA' larla ilgili yönetmeliğin değişimi ve kesin olmaması da bazı zorlukların ortaya çıkmasına sebep olmaktadır.

İHA'lar ile yükseklik modelleri, termal haritalar, iki boyutlu haritalar ve üç boyutlu modeller olmak üzere çok sayıda farklı harita üretebilir. Eğer bu haritalar doğruluğu yüksek bir şekilde üretilirse, bu haritalardan elde edilen veriler birçok uygulama için kullanılabilir (Greenwood, 2015).

Harita üretim uygulamaları için genel olarak iki temel adım vardır: birincisi insansız hava aracı ile uçuş ve bununla ilgili belirli bir kurumsal ortaklık içindeki gelişmeler ikinci adım ise mimari ve kentsel tasarım için gelişmiş araçlarla iş akışı, üç boyutlu modelleme ve görüntü analiz protokolleri olarak gösterilebilir (Saleri vd., 2013).

Üç boyutlu modeller yaklaşık yirmi yıldan beri fotogrametrik araştırmaların önemli bir parçası olmuştur. Kentsel faaliyet alanlarının üç boyutları modellerini kullanarak haritalar üretmek kentsel planlama navigasyonu, simülasyonu, sanal gerçeklik ve eğlence gibi birçok uygulama için önemlidir (Haal ve Kada, 2010). Bununla birlikte, kentsel alanların karmaşık mimari yapılarla birlikte sayısallaştırılması hala bir problem oluşturmaktadır (Li vd., 2015).

Araştırmacılar üç boyutlu modelleri, bir grup hava görüntüsü kullanarak hacim hesaplamaları yapabilmek için kullanmaktadır, yeni donanım ve yazılımların gelişmesi bu ürünlerin üretimini her zamankinden daha kolay hale getirdikçe bu ürünlerin kullanımını giderek yaygınlaştırmaktadır.

Standart fotoğraflar ile oluşturulan düz, iki boyutlu çıktılara oranla üç boyutlu modeller, sanal dünyalar oluşturarak bunların içinde gezinebilmenize izin veren video oyunlarına benzemektedir.

Üç boyutlu modeller, dikey olarak, düz aşağıya doğru çekilmiş veya eğik görüntülerden (bir yandan yana doğru) oluşturulabilir fakat en ayrıntılı modeller her iki tekniği de tek bir gösterimde birleştirerek elde edilmektedir. 3Boyutlu harita oluşturmak için, yazılım içerisinde üst üste bindirmeli birçok görüntü gerekmektedir (Greenwood, 2015).

3. İHA İLE FOTOGRAMETRİ

İnsansız Hava Aracının kullanımı yalnızca uçuşu kapsamamaktadır. Bu kapsamda beş aşamalı çalışma ve kontrol gerekmektedir. Bunlar; Uçuş öncesi hazırlık, Uçuşa hazırlık ve kontrol, Güvenlik denetimi, Kalkış ve İniş ve İniş sonrası çalışmalar.

Uçuş öncesi hazırlıklar; çalışma alanına ait verilerin büro ortamında ve arazide tespit edilmesi konularını içermektedir.

Uçuşa hazırlık ve kontrol; belirlenen alana uygun iniş ve kalkış sahasının ayarlanması, yer kontrol sisteminde alan bilgisi, görüntü bindirme oranı (çalışma amacına göre) belirlenmesi, İHA birimlerinin uçuş için test edilmesi aşamalarını kapsamaktadır.

Güvenlik denetimi; uçuş yapılacak saha ve olası kazaları önceden engellemek üzere diğer hava araçları rotaları, iniş ve kalkış mâniaları dâhil çevrede bulunan engellerin (GSM istasyonu, enerji nakil hatları, kuş göç yolları ve yüksek yapılar) değerlendirilmesi aşamalarını içermektedir.

Kalkış ve iniş aşamaları; kalkışın gerçekleştirilmesi için İHA'nın rampaya yerleştirilmesi ve fırlatılması aşamaları ile iniş için önceden belirlenmiş alanın sürekli olarak denetlenerek hem uçağın hem de yakınında bulunan canlıların zarar görmeden hareketsiz olarak sonlandırılması aşamalarını içermektedir.

İniş sonrası çalışmalar ise arazide veya büroda İHA yardımıyla elde edilen verilerin araçtan aktarılması ve verilerin işlenmesi aşamalarını içermektedir.

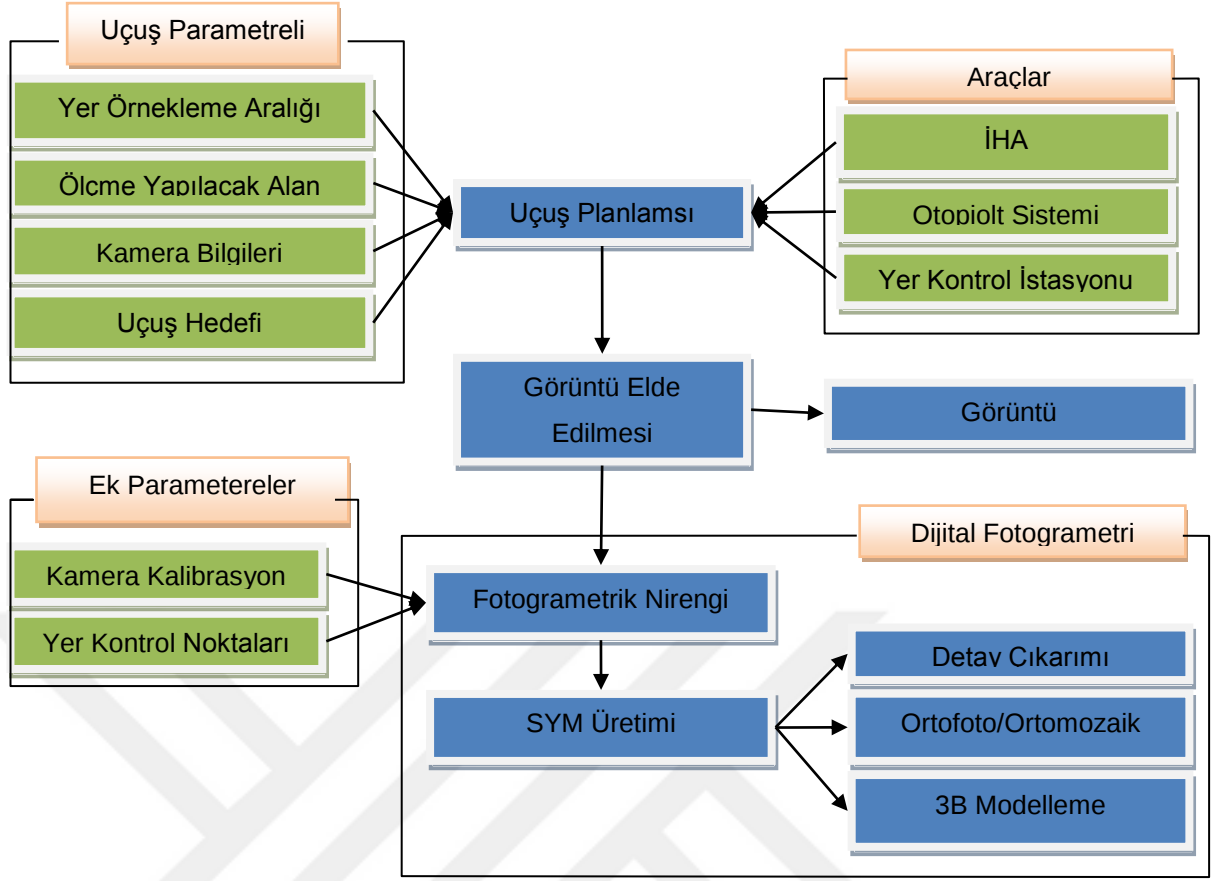
3.1 Verilerin Elde Edilmesi

İHA kartografik çalışmalar, haritalama ve kadastroal uygulamalar için küçük alanalarda kullanılabilmektedir. Günümüzde kullanılan yazılımlarla İHA'lardan elde edilen görüntüler kullanılarak detaylı sayısal yükseklik modeli (SYM) ve ortofoto haritalar üretilebilmektedir. Ancak yazılımların temelde kullandıkları algoritmalar ve bu algoritmalara bağlı işlemler için enine bindirme oranı %80, boyuna bindirme oranı %60 olmalıdır. Homojen ve yeterli miktarda yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmesi hava triyangülasyonu aşamasından demet dengelemesinin doğruluğunu

artırmakta ve buna buna bağılı olarak doğruluğı yüksek 3 boyutlu nokta üretimi için oldukça önemlidir. YKN sayısı çalışma bölgesinin karmaşık yapısına ve uçuş planlaması sonucu belirlenen blok sayısına bağılı olarak değişmektedir (Bemis vd., 2014, Nex ve Remondino, 2014).

Uçuş işleminden önce, İHA operatörler tüm fonksiyonların çalışıp çalışmadığını kontrol etmesi gerekmektedir. Bu test işlemi ile uçuş esnasında karşılaşılabilecek olan sorun ve problemlerden kaçılmış olunacaktır. İHA gövdesi, dijital kamera şarj durumu ve çekim işlemini gerçekleştirebilmesi, gps alıcısı, elektronik hız kontrol vb. donanımlar test aşamalarını oluşturmaktadır. Tüm test aşamaları başarılı bir şekilde gerçekleştirildikten sonra, operatör iniş ve kalkış işlemi için uygun bölge bulmak zorundadır (Tahar, 2012).

İHA'lerden elde edilen görüntüler görüntü eşleme ve mozaikleme veya fotogrametrik işlemler için girdi parametresi olarak kullanılabilir. Bu durumda, kamera kalibrasyonu, dış yöneltme ve hava triyangülasyonu işlemleri Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretimi için başlangıçta gerçekleştirilmelidir. Bu ürünler ek metrik bilgilerin çıkarımı için ortofoto haritaların üretiminde temel altlık olarak kullanılmaktadır. Şekil 3.1'de, İHA ile elde edilen görüntülerin fotogrametrik olarak genel değerlendirme aşamaları gösterilmiştir. Bu şekilde yeşil fonda olanlar girdi parametreleri, mavi fonda olanlar ise işlemlerin akış yönünü göstermektedir (Nex ve Remondino, 2014).



Şekil 3.1: İHA ile görüntü elde edilmesive fotogrametrik olarak işlenmesi (Nex ve Remondino, 2014).

3.2 Ekipman

Birincil ekipman otomatik veya yarı otomatik uçuş yapabilme özelliğine sahip sabit kanatlı veya pervaneli uçak olmak üzere, uçağın taşıdığı kamerasensörleri, yer kontrol istasyonu ile uçak arasındaki bağlantı ekipmanları vb. İHA sistemlerinden oluşmaktadır. Uçağın kalkış işlemini başarılı bir şekilde yapabilmesi için sapan sistemi, elle, araba veya raylı olmak üzere belli başlı yöntemler vardır (Nex ve Remondino, 2014).

Fotogrametrik değerlendirmede kullanılan resimlerin elde edildiği dijital kameralar en az 5 mega pikselçözünürlüğe ve 50 mm odak uzaklığına sahip olmalıdır. Günümüzde bu kameraların odak uzaklığı 20 ile 80 mm arasında değişmektedir ve en çok tercih edilen sabit lensli makinalardır. Yakınlaşma veya uzaklaşma durumlarında lenslerin maksimum ve minumum değerleri kullanılmaktadır.

İHA sensörleri hızlandırıcı, basınç ölçer, sıcaklık ölçer, denge çarkı, nem ölçer ve titreşim ölçer donanımları kapsamaktadır (Fernandez-Hernandez vd., 2015). Günümüzde kullanılan İHA'larda bu donanımları hepsi veya birkaçı bulunmaktadır.

GPS alıcısı ile uçağın yönlendirilmesi gerçekleştirilir ve ayrıca YKN'ler ile arazi koordinatları ile sistemin fotoğraf koordinatları arasında bağlantı gerçekleştirilir ve buna bağlı olarak üretilen modeller ve ortofoto haritalar georeferanslandırılmış olunur.

3.3 Uçuş Planı

İHA görüntülerinin üç boyutlu modelin üretilmesi için uçuş planı oldukça önemlidir (Neitzel ve Klonowski, 2011). Planlama esnasında örtü alanlarının örtü oranı doğrudan detaylı verinin üretimini etkilemesinden dolayı uygun oranlar ile farklı uçuş planlaması yazılımlar kullanılarak simülasyonlarla gerçekleştirilebilir (Şekil 3.2). Uçuş öncesi yapılacak testler ile daha sonradan karşılaşılabilecek sorunlar elimine edilebilmektedir ve çıktı ürününü çözünürlüğü uçuş yüksekliği, bindirme oranı ve kullanılan kameranın kalitesine göre belirlenebilmektedir. Tüm veriler dikkate alınarak yapılabilecek uçuş planlaması ile birlikte fotogrametrik değerlendirmede kullanılacak en doğru biçimdeki görüntüler elde edilmiş olunacaktır (Room ve Ahmad, 2014). Uçuş sonrası yapılacak olan görüntüler üzerindeki kalite kontrol esnasındaki sonuçlar kötü olması durumunda uçuş tekrarlanmalıdır (Tahar, 2012).



Şekil 3.2: Uçuş planlaması (URL 4).

3.4 Yazılım

İHA ile elde edilen görüntünün fotogrametrik değerlendirilmesi aşamalarında görüntülerin kalibrasyon, dış yöneltme, hava triyagülasyonu, 3B modellerinin

üretilmesi, ortofoto haritaların üretilmesi işlemleri için günümüzde ticari ve akademik olmak üzere bir çok yazılım geliştirilmiştir. Yazılımlarda kullanılan teknolojisi ile birlikte operatör yükü azalmakta tam otomatik yazılımların İHA sistemlerde yaygınlaştığı görülmektedir. Bu yazılımların bazıları aşağıda verilmiştir.

Photo Scan: Photo Scan yazılımı ile birlikte nesnelerin 3B modelleme ve fotogrametrik işlemler gerçekleştirilebilmektedir. Bilgisayarlı Görme (Computer Vision) tabanlı geliştirilen bu yazılım ile yoğun görüntüler kullanılarak 3B model üretilebilmekte ve bu modelleri temel alarak ortofoto harita üretilebilmektedir.

ARC3D: Photo Scan mantığında çalışan bu yazılım web-service özelliği ile online olarak değerlendirme işlemini gerçekleştirebilmektedir.

Microsoft Photosynth: Bu yazılım <http://photosynth.net> kurumsal internet adresinden ücretsiz indirilebilmektedir. Ayrıca, yöneltme işlemleri için öznitelik tabanlı görüntü işleme algoritmaları kullanılmaktadır ve sonuç olarak detay noktaları üretmektedir. Sonuç olarak yoğun 3B nokta bulutu üretilebilmekte ve bu nokta bulutuna bağlı olarak sınıflandırma işlemleri gerçekleştirilmesiyle farklı 3B modeller elde edilebilmektedir.

Bundler: Bu program kişisel bilgisayarlarda bölgesel veri değerlendirmesi için geliştirilmiş bir programdır. Düzensiz biçimdeki görüntülerden 3B nokta bulutu üretilebilmektedir. PLY formatındaki renkli nokta bulutu üretildiği gibi yöneltme işlemleri de değerlendirilebilmektedir. Üretilen nokta bulutlarının yoğunluğu yaklaşık olarak Photosynth değerindedir ancak detay olarak bu programı karşılayamamaktadır.

CMVS/PMVS2: PMVS2 (Patch-Based Multi ViewStereo Software Version 2) 3B nokta bulutu üretilmesi, düzeltme ve yöneltme işlemleri gerçekleştirilmektedir. PMVS2 kullanıcıların kişisel bilgisayarların için geliştirilmiş bir yazılımdır.

Pix4D: İHA'lerden elde edilen yoğun görüntülerin işlenmesi, analiz edilmesi, yöneltme işlemlerinin gerçekleştirilmesi, üç boyutlu nokta bulutu üretilmesi, nokta bulutlarının sınıflandırılması sonucu 3B modellerin üretilmesi ve ortoretrifikasyon işlemlerini gerçekleştirmesi ile birlikte fotogrametrik değerlendirme ve fotoğrafların modellenmesi amaçlı çalışma gerçekleştiren kullanıcıların en çok tercih ettiği yazılımların başında gelmektedir. İHA görüntüleri gibi yoğun nokta bulutlarının değerlendirilmesinde fotogrametrik olarak her geçen gün yapılan yeniliklerden karşılığında Pix4D her geçen gün kendi içinde güncelleme yapmaktadır.

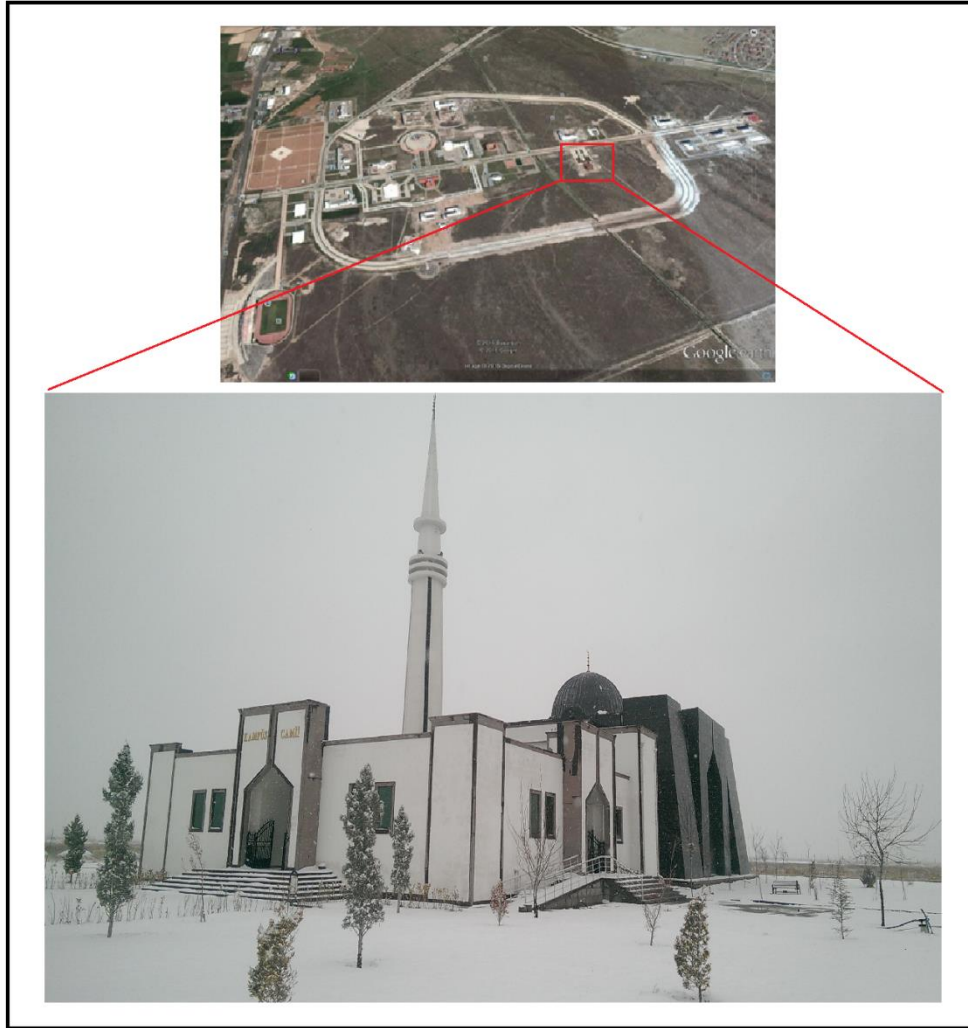
Yukarıda anlattığımız yazılımların yanı sıra bilgisayarlı görme (ComputerVision) ve fotogrametriktabanlı yazılımların gelişmesiyle birlikte farklı programlar geliştirilmiştir. Bu programlara örnek olarak açık kaynak kodlu OpenDroneMap ve VisualSFM yazılımlarını örnek verebiliriz (Greenwood, 2015).



4. UYGULAMA

4.1 Çalışma Alanı ve Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii

Çalışma kapsamında pilot uygulama objesi olarak Aksaray Üniversitesi Kampüs Cami seçilmiştir. Cami kampüs ana yolu üzerinde ve kampüsün orta kısmında yer almaktadır. Cami 1352 m² taban alanına sahiptir. Cami klasik yapılarda olduğu gibi düz hatlara sahip olmamasından dolayı 3B modelinin oluşturulması oldukça zordur. Ayrıca Kampüs Cami'nin yüksek bir minare, kubbe, eğik yüzeyler gibi çeşitli ve karmaşık cephelere sahip olması ve cami yüzeylerini kapatacak etrafında herhangi bir yapının mevcut olmaması gibi nedenlerden dolayı 3B model çalışması için iyi bir örnek teşkil etmektedir (Şekil 4.1).



Şekil 4.1: Aksaray Üniversitesi kampüs uydu görüntüsü (URL 5).

4.2 Kullanılan Ekipmanlar

Alçak irtifalar da uçuşun sabit olması amacıyla bu çalışmada çok rotorlu kanatlı İHA kullanılmıştır (Şekil 4.2). Ana çerçeve karbon fiberden oluşturulmuştur, 1.030 m kanat genişliğine sahiptir (rotor milleri arasında) ve yük olmadan ağırlığı 2.7 kg'dır ve bu üzerine eklenen donanımın kolayca taşınmasını sağlar. Başlıca sensörler arasında bir jiroskop, ivmeölçer, bir manyetometre ve bir barometre bulunmaktadır, ikincil sensörlerde ise bir higrometre ve termometre bulunmaktadır. Bu sensörler, bilgileri toplar ve gerçek zamanlı olarak telemetri yolu ile ana istasyona gönderirler. Çalışmada kullanılan İHA, 1000 metre'den yüksekte yaklaşık 30-40 dakikalık uçuş süresi sağlayan 12 hücreli lityum polimer pillerle çalışmaktadır. İHA'nın maksimum yükleme kapasitesi 1.2 kg olduğundan çalışma için hafif bir kamera seçilmesi gereklidir. ILCE-6000 yaklaşık 0.5 kg ağırlığında ve 6000×4000 piksel çözünürlüğe, 16 mm odak uzaklığına, 23.5×15.6 mm sensör boyutuna ve 4×4 μ m piksel boyutuna sahip bir kameradır. Kamera düşük gürültülü görüntüler elde etmek için 200 ISO hassasiyet, f/7.1 açıklığı ve sınırsız odak uzaklığı ve ışığın miktarına bağlı olarak otomatik shutter hızı (Güneşli bir günde yaklaşık olarak 1/640) kullanmaktadır. Topcon GR 3 GNSS alıcısı RTK ölçme tekniğinde, GPS ve GLONASS uyduları tarafından yayınlanan L1 / G1 ve L2 / G2 frekanslarını alabilen iki alıcıdan oluşur. Bu şekilde sabit olan alıcıya gelen veriler ve düzeltmeleri aynı anda gezici alıcıyada ulaştırılır. Post-process işleminden sonar ölçülen noktaların koordinatlarını santimetre doğrulukla elde etmek mümkündür. Hatalı koordinat kayıt etme olasılığını en aza indirmek için, ekipmanın konum güncelleme frekansı 20 Hz'dir (0.05 sn). Mutlak konumlarda elde edilen doğruluklar, statik yöntemle elde edilenler için yatayda 3 mm + 0.5 ppm, yükseklikte 5 mm + 0.5 ppm, kinematik yöntemle elde edilenler için ise yatay koordinatlarda 10 mm + 1 ppm ve düşey koordinatta 15 mm + 1 ppm'dir. Veriler, GNSS-RTK ekipmanı ile ölçülmüş olan bir yapay ağ kullanılarak kartografik referans sistemiyle ilişkilendirildi. TUREF/TM33 jeodezik referans sistemi ITRF zonu olarak 33K ve 100m yükseklik seçilerek, ITRF zonu 39K ve 50m yükseklik olan planimetrik koordinat sisteminde kullanıldı (Fernandez-Hernandez vd., 2015).



Şekil 4.2: Uygulamada Kullanılan İHA

4.3 Yer Kontrol Noktalarının Ölçümü

İHA ile elde edilen haritayı gerçek dünya ölçeğine uydurmak için, verilerini coğrafi olarak referanslandırmak gerekmektedir. En basit terimle coğrafi referanslandırma, "Aslında mekansal olan fakat mekânsal olarak koordinat sistemine sahip olmayan verilere coğrafi koordinatların atanma süreci" anlamına gelmektedir.

Coğrafi referanslandırma olmadan haritalar oluşturmak mümkündür fakat bu haritalar gerçek dünyayla ilişkili olmayacağından ölçülmüş bir veri olarak kullanılamaz. Bunun yanında referanslandırılmış İHA haritaları ile çalışmak oldukça kolaydır. Profesyoneller çalıştıkları projeyi her zaman coğrafi olarak referanslandırırılar. Referanslandırma işlemini gerçekleştirmek için görüntü işleme yazılımı havadan toplanan görüntülerde görünür olarak tanımlanabilen az sayıda noktanın gerçek dünya GNSS koordinatlarını bilmelidir. Bu koordinatlar İHA haritalama içeriğinde “yer kontrol noktaları” olarak adlandırılmaktadır (Greenwood, 2015). Bu çalışmada yer kontrol noktalarını ölçmek amacıyla cami ve çevresinde bulunan 24 nokta seçilmiştir. Ölçülmesi planlanan noktalar İHA uçuşu gerçekleştirilmeden önce işaretlenmiştir. Bu noktaların İHA uçuşu sırasında kolay görüntülenebilmesi için, bazı noktalar sabit zemin (Bina yüzeyi ve caminin önündeki zemin) üzerinde sadece boyanarak, diğer noktalar ise sabit olmayan zeminler üzerinde kullanılmak üzere yapay işaretler kullanılmıştır (Şekil 4.3). Bu işaretler daha sonra değerlendirme yazılımı içerisinde seçilecektir. Yer kontrol noktalarının koordinatlarının TUREF/TM33 sisteminde elde edilebilmesi için iki adet Topcon GR3 GNSS alıcısı kullanılmıştır ve alıcılardan biri sabit diğeri gezici olarak konfigüre edilerek ölçmeler tamamlanmıştır (Şekil 4.3) (Gruen vd., 2012).



Şekil 4.3: a) Yer kontrol noktası b) Sabit GNSS alıcısı c) Gezici GNSS alıcısı

4.4 Çalışma Alanı Uçuş Planı

Bu çalışmada uçuş planını oluşturmak amacıyla Mission Planner yazılımı kullanılmıştır. Uçuş, görüntüleri iki ayrı yükseklikten toplamak üzere planlanmıştır (Çizelge 4.1). İki yükseklikte de İHA görüntülerinde karşılaşılabilen kalite sorunları nedeniyle aynı kontrol noktaları ve donanım kullanılmıştır. İki uçuş içinde, ileri bindirme %80, yan bindirme %60 ve uçuş hızı 5 m/s dir.

Çizelge 4.1: Uçuş Planı

	Yükseklik (m)	Fotoğraf Sayıları	Arazideki Baz (m)	Şeritler Arası Mesafe (m)	Uçuş Süresi (dk.)	Resim Çekme Süresi (sn.)
Uçuş 1	50	89	10	29.38	4:05	1.95
Uçuş 2	100	83	20	58.75	6:55	3.99

4.5 Çalışmada Kullanılan Yazılım

Bu çalışmada AgiSoft PhotoScan yazılımının profesyonel sürümü kullanılmıştır. Büyük projelerde (100 fotoğraf ve daha fazla) hesaplama yapabilmek için 64 bit işletim sisteminde en az 6 GB RAM' e sahip bir donanıma sahip olunması

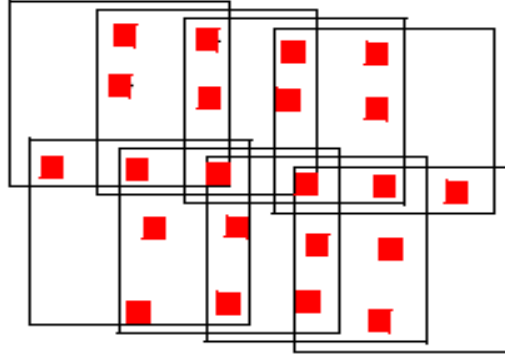
önerilmektedir. 32 bit işletim sisteminde projelerin hesaplanması esnasında yazılımsal sorunlar çıkmaktadır (Neitzel ve Klonowski, 2011). Uygulamanın ilk adımı yazılımda fotoğraflar arasındaki ortak noktaları bulduktan sonra bunları otomatik olarak eşleştirerek sıralamaktır. Ayrıca her fotoğrafta kameranın yerini belirleyerek kamera kalibrasyon parametrelerini düzeltmektedir. Fotoğrafların sıralanması bittikten sonra, yazılım iç yöneltme parametreleri ve kamera konumları ile ilişkilendirilmiş bir dizi seyrek nokta bulutu oluşturmaktadır. Nokta bulutu tam olarak bir dizi noktanın üç boyutlu bir boşlukta koordinat bilgisine ek olarak renk bilgisinin de bulunmasıdır. Seyrek nokta bulutu daha az noktadan oluşmuş bir nokta bulutudur. Seyrek nokta bulutu coğrafi olarak yüksek hassasiyette referanslandırılmamış düşük detaya sahip bir üç boyutlu model oluşturmak için kullanılabilir. Agisoft PhotoScan, kamera konumlarına ve optimize edilmiş seyrek nokta bulutuna yoğun nokta bulutu oluşturmak için ihtiyaç duymaktadır ve yüksek performanslı bir dizüstü bilgisayarda bu işlem yaklaşık 15 saat sürmektedir. Daha sonra, yazılım üç boyutlu çokgen şeklinde yüzeyi temsil eden bir yoğun nokta bulutu ağı oluşturmaktadır. Son adımda, yazılım üç boyutlu çokgen ağın üzerine resimlerden alınan dokuyu ekler ve modele derinlik ve hacim kazandırır. Elde edilen son ürün ise, arkeolojik araştırmalar, sel modellerinin oluşturulması ve afet hasar değerlendirmesi gibi spesifik çalışmalarda kullanılabilen detaylı bir üç Boyutlu modeldir (Greenwood, 2015).

4.6 İHA Görüntü Değerlendirmesi

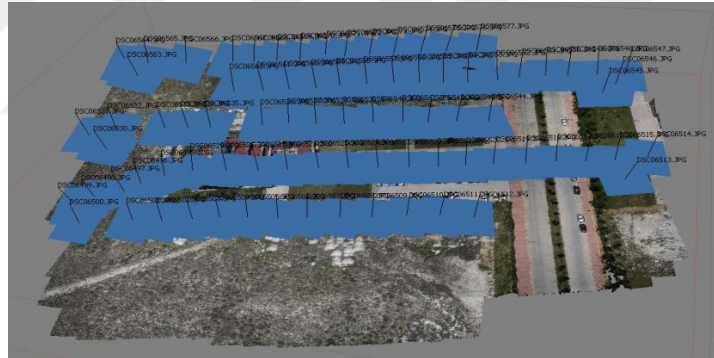
Çalışmada 50m ve 100m yükseklikten uçularak elde edilen İHA görüntüleri her iki yükseklik için düşük ve orta seviye olmak üzere iki doğruluk için değerlendirme yapılmıştır. Üretilcek modelin doğruluğunu doğrudan etkileyeceği için resimler üzerinde kırpma, döndürme veya yeniden boyutlandırma gibi değişiklikler yapılmamıştır. Fotogrametrik değerlendirme için birkaç aşama vardır. 3B Model oluşturma işlemlerinin her biri; resimlerde bulunan eş noktaların belirlenmesi, bunların eşleştirilmesi, nesnenin yüzeyini içeren nokta bulutunun oluşturulması, yüzey ağının tanımlanması ve daha sonra doku ile kaplanması adımlarını içerir (Bertram vd., 2014). Tez kapsamında yapılmış olan AgiSoft PhotoScan yazılımı ile 3B model üretim aşamaları sonraki bölümlerde anlatılmıştır.

4.6.1 Yönelme İşlemleri

Fotoğrafların seçilmesi ve yazılıma yüklenmesinden sonraki ilk aşamada fotoğrafların yönelme işlemlerinin yapılması gerekmektedir. Çalışma bölgesine ait İHA görüntüleri PhotoScan yazılımı örtüşen fotoğraflar üzerindeki ortak noktaları otomatik olarak aramakta ve eşleştirmeyi gerçekleştirmektedir (Şekil 4.4), her resim çekme anında kameranın konumunu belirlenmektedir (Şekil 4.5) ve bu aşamada kamera kalibrasyon parametreleri tanımlanmaktadır.



Şekil 4.4: Blok ve kolonlar (URL 6)



Şekil 4.5: Kamera konumları.

PhotoScan programında yönelme elemanlarının belirlenmesi için (50m ve 100m için) istenilen parametreler aşağıdaki gibi seçilmiştir;

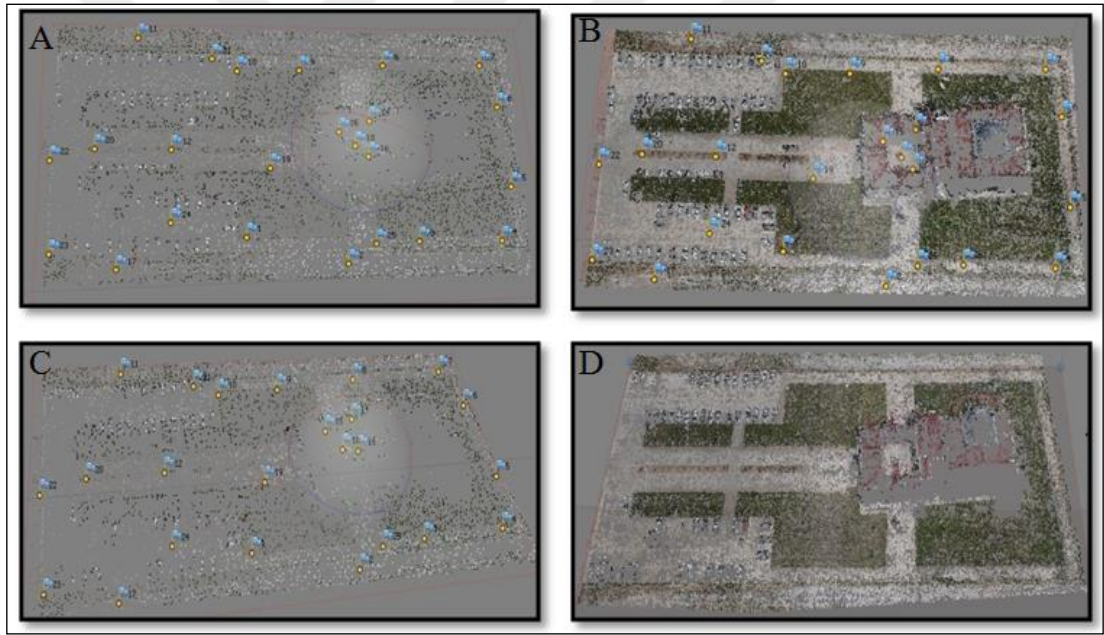
- A) Doğruluk: En düşük ve orta doğruluk (Bilgisayarın belleğine bağlı olarak).
- B) Çift ön seçimi: Genel.
- C) Ananokta sınırı: 40.000.
- D) Bağlantı noktası limiti: 10.000.
- E) Özellikleri maskeyle sınırla: Hayır.

Fotoğraf yönelme işleminin bir diğer sonucu ise seyrek nokta bulutunun oluşmasıdır. Fakat bu nokta bulutu daha sonraki 3B model üretimi aşamasında doğrudan kullanılmamaktadır. Yönelme işlemi tamamlandığında ve ikinci aşamaya

başlamadan önce yanlış konumlandırılmış fotoğraflar kaldırılmış ve çalışma alanı sınırı düzenlenmiştir.

Bir sonraki aşamada İHA görüntülerinde bulunan ve daha sonra ölçülen Yer Kontrol Noktalarının (YKN) işaretlenmesidir. Doğruluğu direk olarak etkileyeceği için YKN'nın doğru bir şekilde işaretlenmesi gerekmektedir. Çalışmada bazı İHA görüntülerinde YKN net bir şekilde görülememiştir ve bu noktalar doğruluğu azaltacağından dolayı çıkartılmıştır.

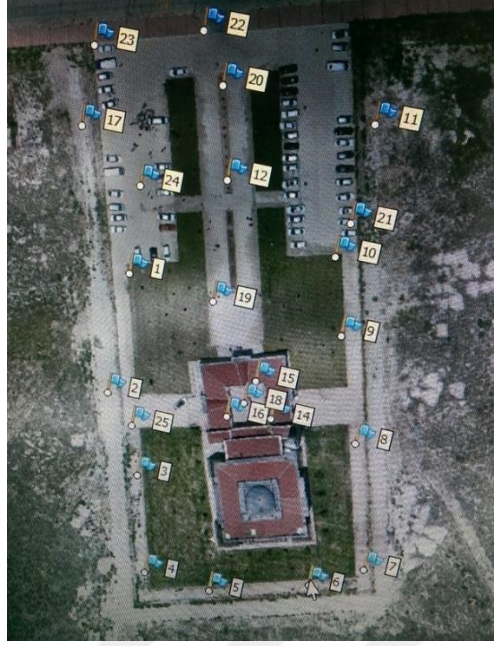
İHA görüntüleri çalışma bölgesinden daha geniş bir alanı kaplamasından ötürü yöneltlen görüntüler yeniden boyutlandırılarak ve döndürülerek sadece çalışma alanı olan Aksaray Üniversite Camii'ni kapsayacak alan çıkartılmış ve tüm işlemler yeniden tekrarlanmıştır. Şekil 4.6' de 50m ve 100m yükseklikten uçularak elde edilen İHA görüntüleri ile düşük ve orta olmak üzere her iki doğrulukta oluşturulan nokta bulutları gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Nokta bulutu (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.6.2 Kamera Yöneltilmesinin Optimize Edilmesi

İHA görüntülerinin özelliklerinden kamera yöneltilmeleri optimize edilmiştir. Bu işlem yapılırken uygun, yön, cx, cy, eğiklik, k1, k2, k3, k4 ve p1, p2 değerleri kontrol edilmiştir. Bu aşamanın sonuçları tüm YKN'lerin kendi konumunda olması gerekliliğidir. Tüm görüntülerde YKN'ler kontrol edilmiş ve tüm noktaların işaret merkezinde olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.7).



Şekil 4.7: Yer kontrol Noktaları.

4.6.3 Yoğun Nokta Bulutunun Oluşturulması

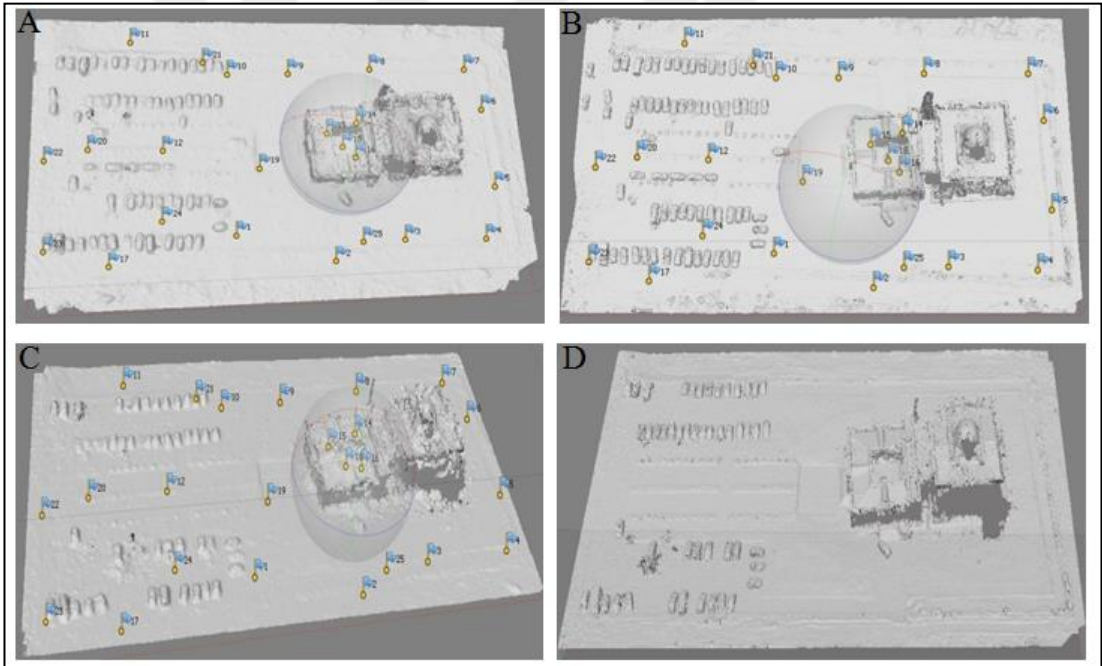
İHA'lerden elde edilen görüntüler üzerinden çok yüksek yoğunlukta nokta verisi üretilebilmektedir. Bu nokta bulutları kullanılarak arazi doğrudan gözlemlenebilmekte ve yorumlanabilmektedir. PhotoScan yazılımı, tahmini kamera konumlarına ve resimlere dayalı yoğun nokta bulutu oluşturma kabiliyetine sahip bir yazılımdır. Bu özellik kullanılarak çalışma bölgesine ait yoğun nokta bulutu oluşturulmuştur. Yoğun nokta bulutu oluşturma için gerekli parametreler şu şekilde seçilmiştir;

- a) Kalite: Yöneltilme doğruluğuna bağlı düşük ve orta doğruluk
- b) Derinlik Filtreleme Modu: Agresif

Bina yoğun nokta bulutu tamamlandığında, hem tüm yükseklikler (50m ve 100m) hemde tüm doğruluklar (düşük ve orta) için Şekil 4.8 and 4.9' da gösterildiği gibi yoğun bulut ve yoğun bulut sınıfları elde edilmiştir.



Şekil 4.8: Yoğun nokta bulutu (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk)



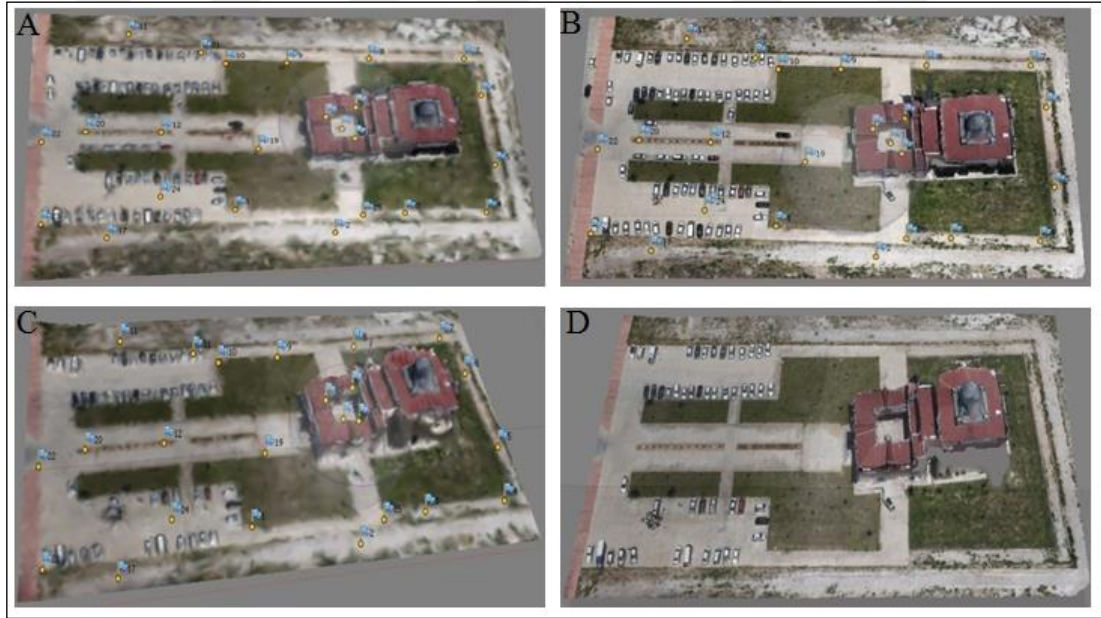
Şekil 4.9: Yoğun nokta bulutu sınıfları (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk)

4.6.4 Sayısal Yüzey Modelinin Oluşturulması

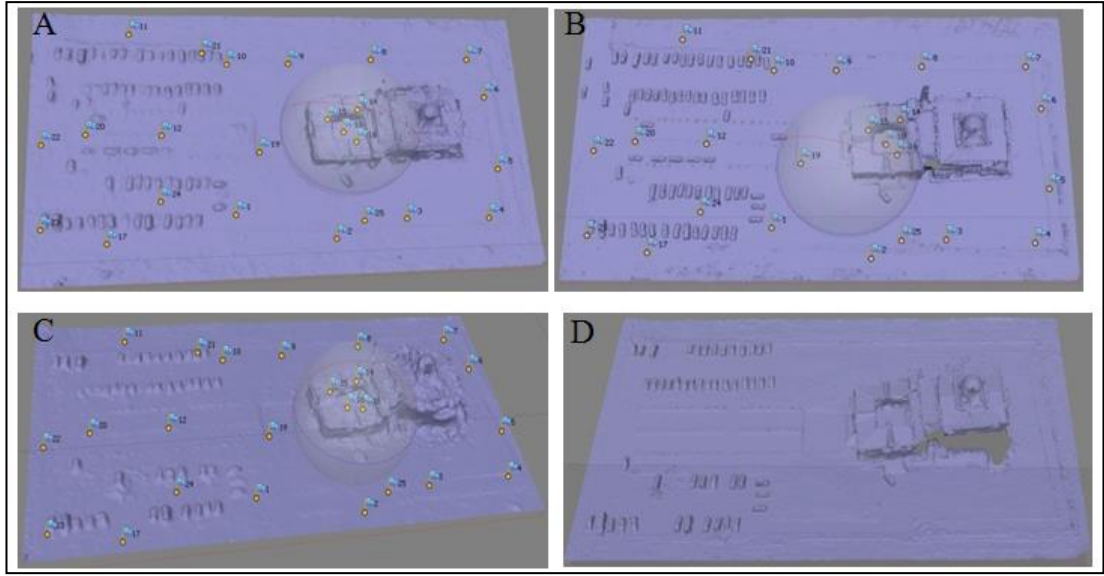
Yoğun nokta bulutunun oluşturulmasından sonra sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur. PhotoScan yazılımı, yoğun nokta bulutunu temel alarak nesne yüzeyini temsil eden bir 3B çokgen yüzey oluşturmaktadır. Sayısal Yüzey Modeli oluşturma (50m ve 100m yükseklik için) için gerekli parametreler şu şekilde seçilmiştir;

- a) Yüzey tipi: Keyfi; herhangi bir nesnenin modellemesi için kullanılabilir. Heykel, bina vb. gibi kapalı nesneler için seçilmelidir.
- b) Kaynak veri: Yoğun nokta bulut; daha önce yeniden yapılandırılmış yoğun nokta bulutuna dayalı yüksek kaliteli çıktı üretmektedir.
- c) Yüz sayısı: En düşük ve Orta seviye.
- d) İnterpolasyon: Etkin (varsayılan), bu seçenek ile bazı boşluklar otomatik olarak kapatılabilmektedir. Ortofoto üretimi için Etkin (varsayılan) ayarı önerilmektedir.

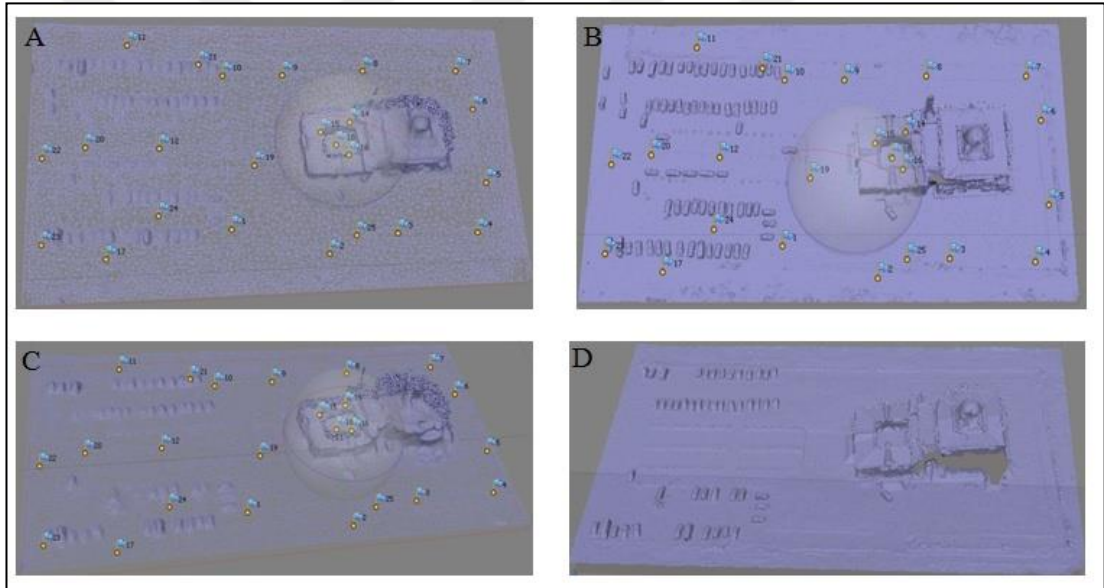
Sayısal Yüzey modelin oluşturulması ile birlikte üç model üretilebilmektedir; Gölge (Şekil 4.10), katı model (Şekil 4.11) ve üçgen (Şekil 4.12).



Şekil 4.10: Gölge model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



Şekil 4.11: Katı model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



Şekil 4.12: Üçgen model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.6.5 Model Dokusu Oluşturma

Doku eşleme modu, nesne dokusunun doku atlasında nasıl paketleneceğini belirlemektedir. Doğru doku eşleme modu seçimi en iyi doku paketlemeyi ve dolayısıyla nihai modelin daha iyi görsel kalitesini elde etmede yardımcı olmaktadır. Model dokusu oluşturma (50m ve 100m yükseklik için) için gerekli parametreler şu şekilde seçilmiştir;

- Haritalama modu: Ortofoto; Ortofoto haritalama modunda tüm nesne yüzeyi ortografik projeksiyonda dokusu oluşmaktadır.

- b) Karıştırma modu: Mozaik (varsayılan); yaklaşık geometrik modele dayalı ortofoto üretimi için özellikle yararlı olmaktadır.
- c) Doku boyutu sayısı: 4096×1 ; doku atlasının piksel cinsinden boyutu ve dışa aktarılacak üzere doku için dosya sayısını belirlemektedir.
- d) Renk düzeltmeyi etkinleştirin: Ayarlamayı, ancak kalitesiz sonuçlar ortaya koyduğu kanıtlanmış veri setleri için uzun sürebilir, bu nedenle kontrol etmeniz gerekmediğinden bu seçeneği etkinleştirmeniz önerilmektedir.

Yukarıdaki tüm aşamaların tamamlanması ve sonraki aşamaların yapılabilmesi için önce proje PSX formatına dönüştürülmüştür. Şekil 4.13'da oluşturulan modeller gösterilmiştir.

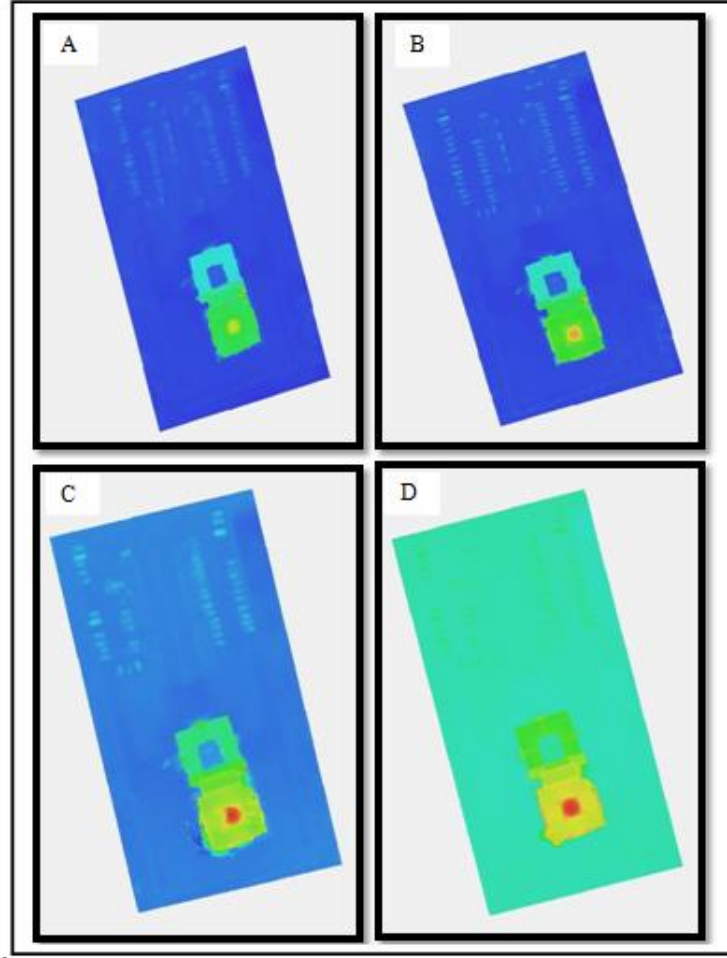


Şekil 4.13: Doku model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.6.6 Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Sayısal yükseklik modeli (SYM), model yüzeyini yükseklik değerlerinin düzenli bir grid halinde temsil etmektedir. Sayısal Yükseklik Modeli oluşturma (50m ve 100m yükseklik için) için gerekli parametreler aşağıdaki şekilde seçilmiş olup elde edilen SYM Şekil 4.14'de görülmektedir.

- a) Koordinat Sistemi: TUREF/TM33.
- b) Kaynak Veri: Yoğun Nokta Bulutu.
- c) Enterpolasyon: Etkin (varsayılan).



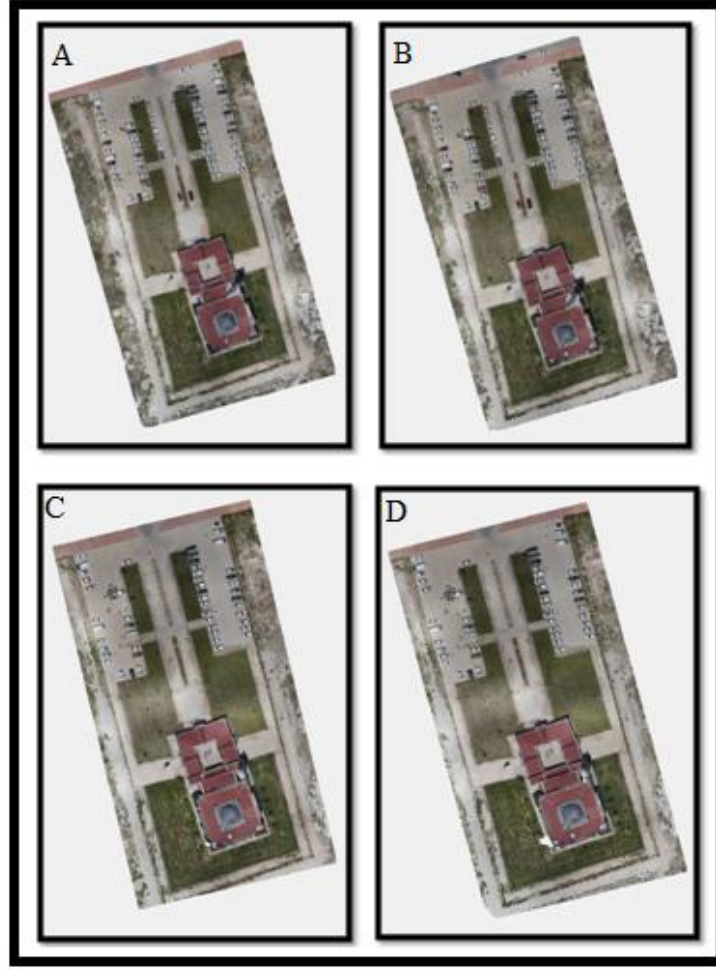
Şekil 4.14: Sayısal yükseklik modeli (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.6.7 Ortofoto Oluşturma

Yazılımlara girdi verisi olarak kullanılan fotoğraflara önceki aşamalarda yapılan işlemlerin gerçekleştirilmesinden sonra mozaiklenerek bütün bir ortomozaik haline dönüştürülebilmektedir.

PhotoScan yazılımı ortofoto üretimi yapmak için orjinal görüntüleri kullanmaktadır. Dolayısı ile bir doku atlası yapılmasına gerek kalmamaktadır. Ortofotolar bölgenin 3B modelinin üretilmesinde SYM ile birleştirilebilmektedir. Ortofoto oluşturma (50m ve 100m yükseklik için) için aşağıdaki parametreler seçilmiş ve elde edilen ortofoto görüntü Şekil 4.15’de verilmiştir.

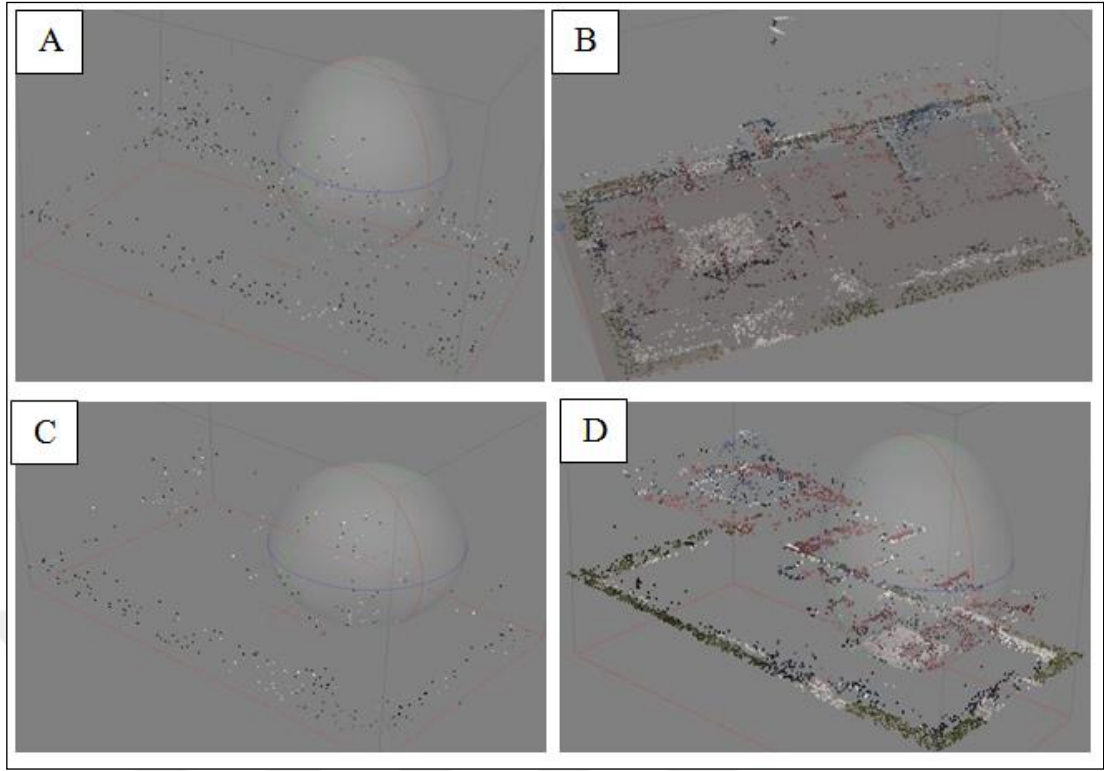
- a) Tip: Coğrafik.
- b) Koordinat sistemi: TUREF / TM33.
- c) Yüzey: Doku.
- d) Karıştırma modu: Mozaik (varsayılan).



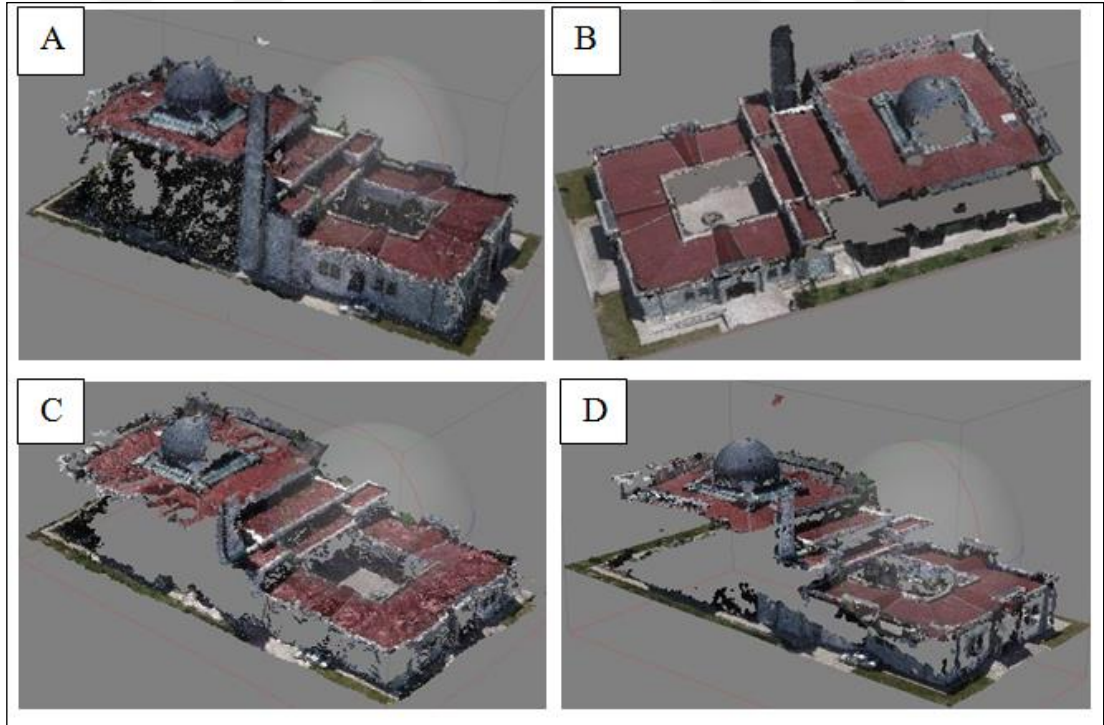
Şekil 4.15: Ortofoto (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.7 Üç Boyutlu Modelin Çıkartılması

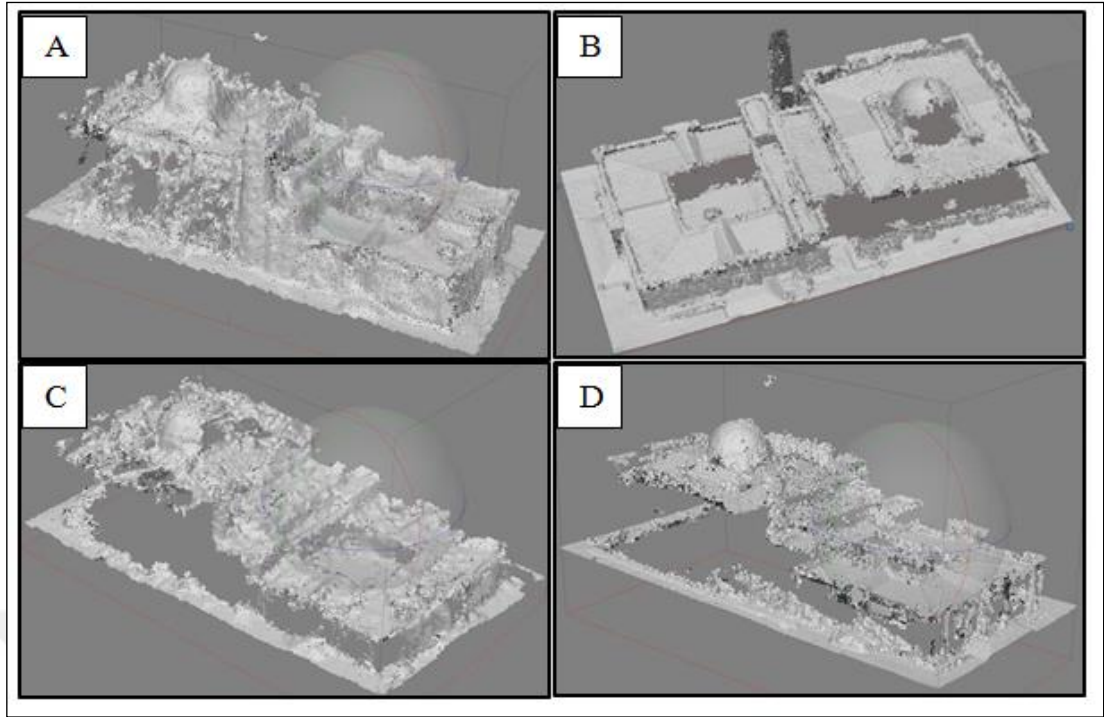
PhotoScan yazılımı yapılan işlemleri farklı formatlarda ve gösterimlerde (seyrek ve yoğun nokta bulutu, kamera kalibrasyonu ve kamera yöneltme parametreleri, yüzey modeli, sayısal yükseklik modeli ve ortomozaik) üretmemize olanak sağlamaktadır. Nokta bulutu ve kamera kalibrasyon parametreleri görüntü yöneltmeleri sonrasında elde edilebilir fakat diğer tüm sonuçlar için 3B modelin oluşturulması gerekmektedir. Çalışma sonucunda çalışma objesi olan Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii'ne ait nokta bulutu (Şekil 4.16), yoğun nokta bulutu (Şekil 4.17), yoğun nokta bulutu sınıfları (Şekil 4.18), gölgeli model (Şekil 4.19), katı model (Şekil 4.20), üçgen model (Şekil 4.21), dokulu model (Şekil 4.22) ve üç boyutlu modeli Şekil 4.23'de görülmektedir.



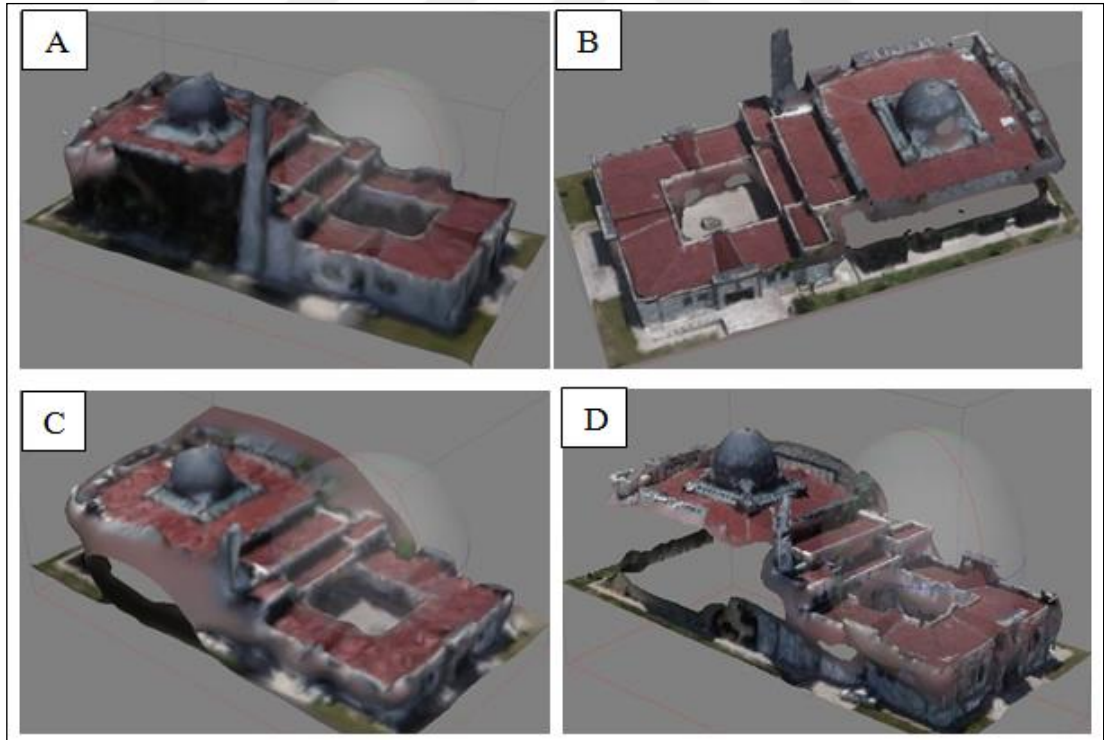
Şekil 4.16: Aksaray Üniversitesi kampüs camii nokta bulutu (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



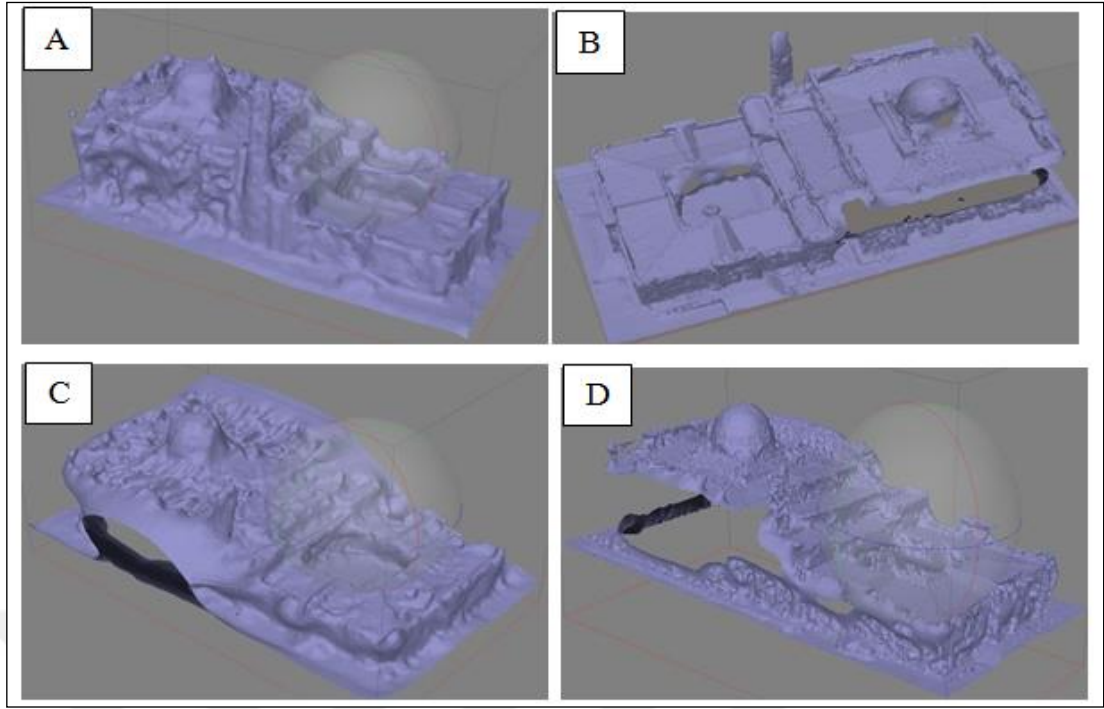
Şekil 4.17: Aksaray Üniversitesi kampüs camii yoğun nokta bulutu (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



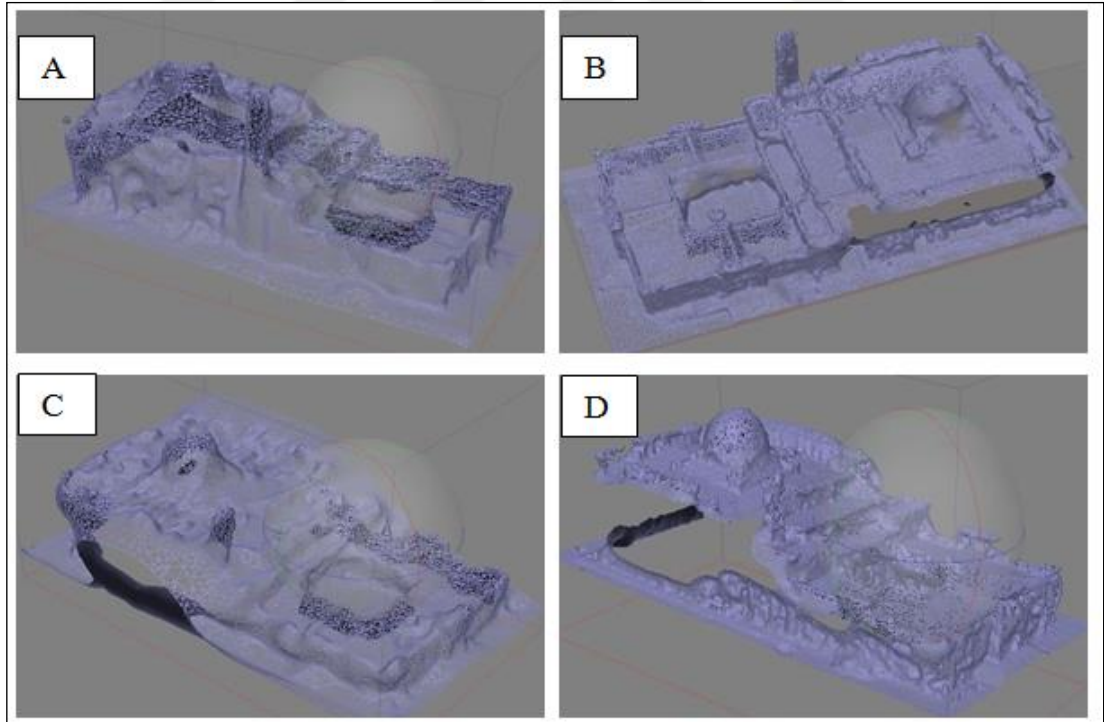
Şekil 4.18: Aksaray Üniversitesi kampüs camii yoğun nokta bulutu sınıfları (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



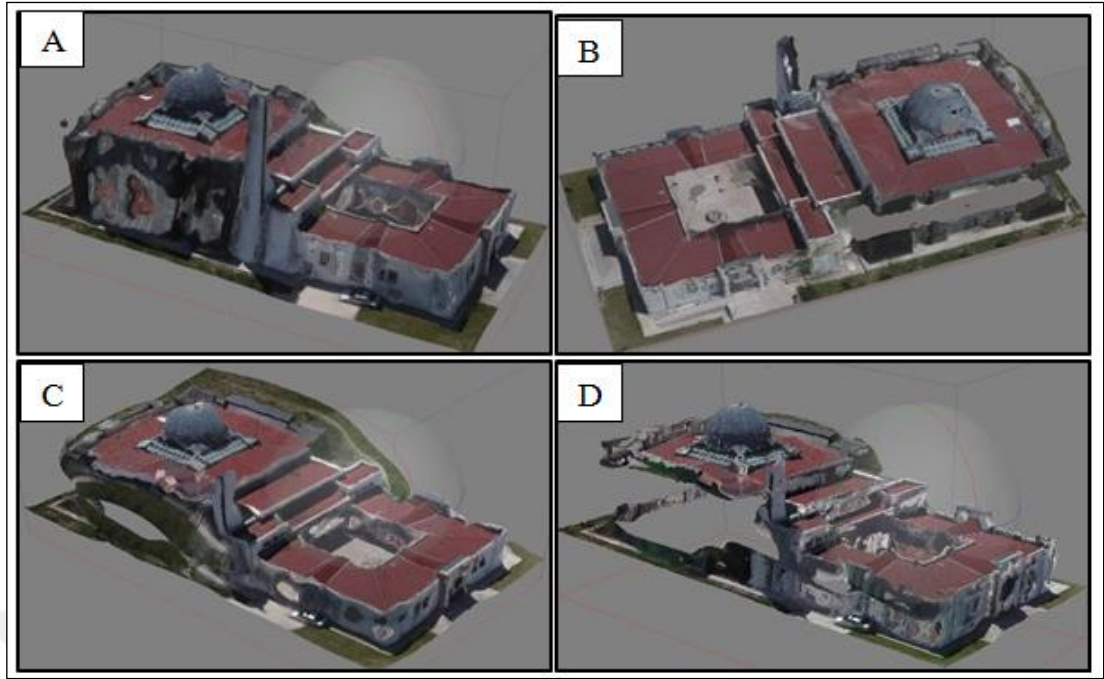
Şekil 4.19: Aksaray Üniversitesi kampüs camii gölgeli model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



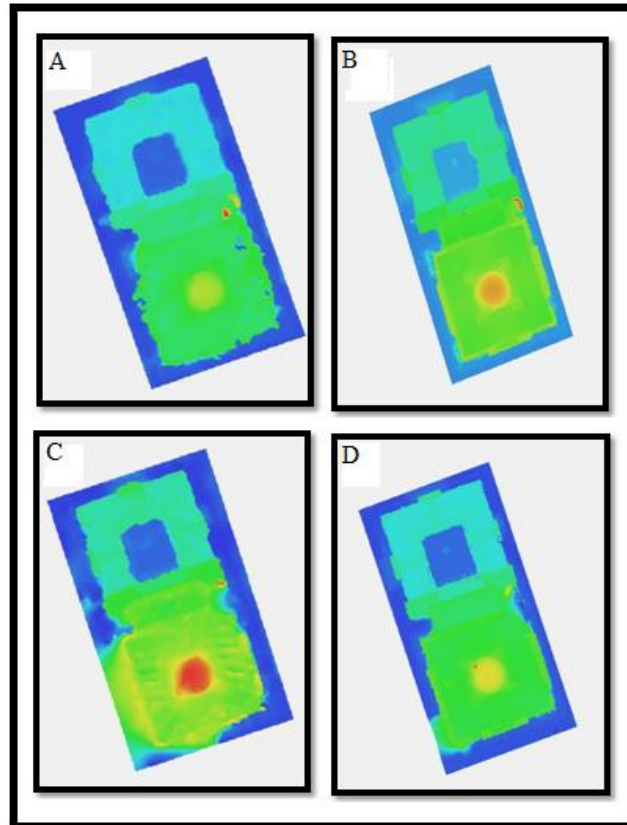
Şekil 4.20: Aksaray Üniversitesi kampüs camii katı model(A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



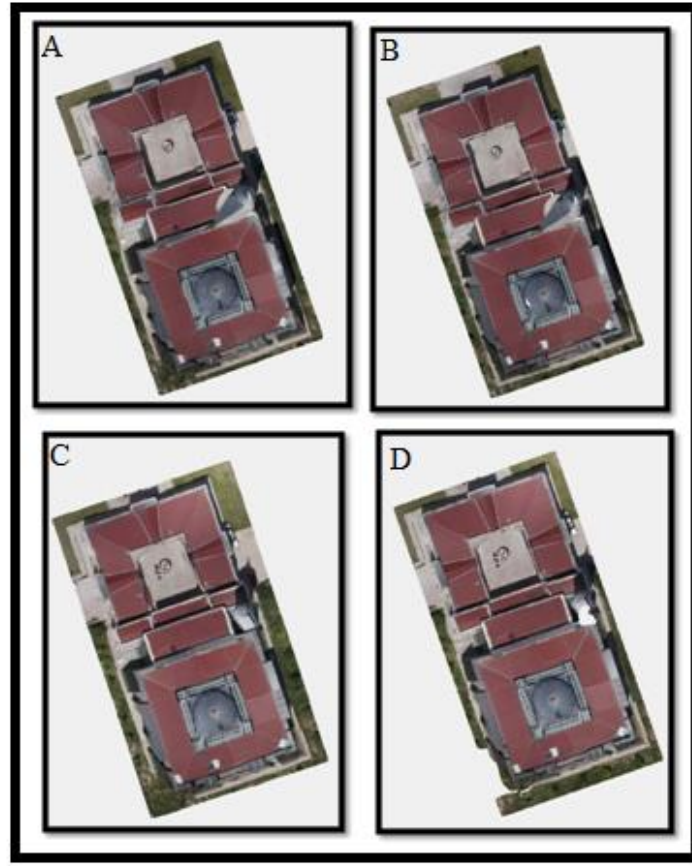
Şekil 4.21: Aksaray Üniversitesi kampüs camii üçgen model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



Şekil 4.22: Aksaray Üniversitesi kampüs camii doku model (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



Şekil 4.23: Aksaray Üniversitesi Kampüz Camii Sayısal Yükseklik Modeli (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).



Şekil 4.24: Aksaray Üniversitesi kampüs camii ortofoto görüntü (A: 50m yükseklik düşük doğruluk B: 50m yükseklik orta doğruluk C: 100m yükseklik düşük doğruluk D: 100m yükseklik orta doğruluk).

4.8 Üç Boyutlu Modelde Doğruluk Ölçmeleri

Çalışma kapsamında üretilen 3B modele ait konum doğruluğunun belirlenmesi için obje üzerinde belirlenen noktalar yersel ölçme yöntemleri kullanılarak ölçmeler yapılmış ve bu noktalara ait koordinat değerleri hesaplanarak cephe uzunlukları ve cephe yükseklikleri belirlenmiştir (Şekil 4.24). Yersel ölçme işlemi için elektronik ölçme aleti kullanılarak noktalara ait elde yatay açı, düşey açı ve eğik mesafe değerleri kullanılarak noktalara ait koordinatlar hesaplanmıştır (Tablo 4.2).

Çizelge 4.2: Ölçülen koordinat değerleri

Nokta No	X	Y	Z
1	586747.631	4244257.139	990.494
2	586745.176	4244258.154	990.492
3	586740.015	4244260.192	990.493
4	586737.840	4244261.052	990.490
5	586736.028	4244262.334	990.478
6	586731.086	4244264.300	990.487
7	586714.935	4244270.179	990.957
8	586706.587	4244272.433	990.409
9	586702.444	4244264.541	990.966
10	586700.656	4244260.038	990.941
11	586697.901	4244251.113	990.412
12	586714.912	4244243.494	990.401
13	586728.489	4244237.970	990.525
14	586728.491	4244237.946	1002.357
15	586720.959	4244241.268	990.558
16	586720.845	4244243.190	1027.079
17	586714.783	4244244.195	990.400
18	586715.208	4244244.274	996.058
19	586714.943	4244243.471	998.862
20	586697.896	4244251.110	996.606
21	586700.408	4244259.819	997.588
22	586706.608	4244272.439	996.383

Jedezik olarak ölçülen noktalardan oluşan cephe uzunlukları ve yüksekliklerielde edilen 3B model üzerinden de ölçülerek karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.3). Oluşturulan modele ait toplam hata miktarları Çizelge 4.4' de gösterilmiştir.



Şekil 4.25 A,B: Karşılaştırma yapılan cepheler

Çizelge 4.3: Cephe uzunluklarının karşılaştırılması

Cepheler	Model üzerinden Ölçülen Uzunluk (m)	Yersel Ölçme Yöntemi ile Hesaplanan Uzunluk (m)	Fark
1-2	2,63	2,66	0,03
3-4	2,36	2,34	0,02
5-6	5,37	5,32	0,05
7-8	8,69	8,63	0,06
8-9	8,97	8,93	0,04
9-10	4,96	4,85	0,11
10-11	9,15	9,35	0,20
11-12	18,69	18,25	0,44
8-22	6,47	5,97	0,50
10-21	6,62	6,65	0,03
11-20	6,57	6,19	0,38
12-19	8,40	8,46	0,06
17-18	5,44	5,66	0,22
15-16	X	36,52	X
13-14	12,15	11,83	0,32

Çizelge 4.4: Elde edilen üç boyutlu modeldeki hatalar

Uçuş	Doğruluk	Alan	Toplam XY Hata (m)	Toplam Z Hata (m)	Toplam Hata (m)	Toplam Hata (pik.)
50m Yükseklik	Düşük Doğruluk	Uygulama Alanı	0.023239	0.118695	0.120949	0.959
		Sadece Bina	0.012407	0.011245	0.016745	0.191
	orta Doğruluk	Uygulama Alanı	0.018258	0.017027	0.024966	0.343
		Sadece Bina	0.016387	0.026927	0.031522	0.177
100m Yükseklik	Düşük Doğruluk	Uygulama Alanı	0.035330	0.082637	0.089873	1.167
		Sadece Bina	0.017713	0.013246	0.022118	0.269
	orta Doğruluk	Uygulama Alanı	0.022312	0.069042	0.072557	0.624
		Sadece Bina	0.017744	0.013037	0.022019	0.253

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada Aksaray Üniversitesi Camii için üç boyutlu model üretilmiştir. Binaya ait 3B model üretmek için kullanılan İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmıştır. 3B modelin oluşturulması iki farklı uçuş yüksekliğinden elde edilen görüntüler ile yapılmıştır. İlk olarak uçuş yüksekliği 50 m seçilmiş ve uçuş planı yapılmıştır. Bu uçuş işlemi 04:45 dakika sürmüştür ve toplam 89 resim çekilmiştir. Daha sonra uçuş yüksekliği olarak 100 m seçilmiş ve uçuş planlaması yapılmıştır. Toplam 06:55 dakika süren bu uçuşta toplam 83 resim çekilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında üretilen 3B modelin doğruluğunun belirlenmesi amacı ile Camiiye ait bazı yatay ve dikey cephelerin uzunlukları yersel ölçme tekniği ile ölçüldü. Yine aynı cephelerin oluşturulan model üzerinden de ölçümü yapıldı. Yapılan karşılaştırma sonrasında farkların 2-50 cm arasında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Yüksek farkların çıktığı cephelerde üç boyutlu modellemenin tam yapılamadığı görülmektedir.

PhotoScan yazılımı ile iki farklı uçuş yüksekliklerinden elde edilen veriler iki farklı doğrulukta (düşük ve orta) değerlendirilmiştir. 50 m uçuş yüksekliği için en küçük konum hatası 1.24 cm, en küçük yükseklik hatası 1.12 cm, en büyük konum hatası 2.32 cm ve en büyük yükseklik hatası 2.69 cm bulunmuştur. 100 m uçuş yüksekliği için en küçük konum hatası 1.77 cm, en küçük yükseklik hatası 1.30 cm, en büyük konum hatası 3.53 cm ve en büyük yükseklik hatası 8.26 cm olarak bulunmuştur. Toplam ortalama hata 50 m uçuş yüksekliği için 4.85 cm, 100 m uçuş yüksekliği için ise 5.16 cm bulunmuştur.

Her iki uçuş sonuçlarında binanın bazı bölümlerinde özellikle minare gibi yüksek noktalarında boşluklar görülmüştür, bu sorun tüm hava fotogrametrisinde (İHA ile) gerçekleşebilmektedir. Çünkü bu çalışmada kullanılan İHA ile sadece dikey fotoğraf çekimleri yapılabilmekte ve dolayısı ile minareye ait net bir 3B model oluşturulamamaktadır.

Sonuçlar incelendiğinde bu çalışmada en iyi sonuç 50 metre uçuş yüksekliği ile elde edilen üç boyutlu modelden elde edilmiştir. Çünkü bu çalışma diğerine göre daha az zaman almış, daha az resim çekilmiş ve toplam hataların daha az çıktığı gözlemlenmiştir.

KAYNAKLAR

- Altan, M. O., Celikoyan, T. M., Kemper, G. ve Toz, G., 2004. Balloon photogrammetry for cultural heritage In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV-B5, 964-968.
- Australian Geomechanics Society (AGS), 2007. Guideline for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, Australian Geomechanics, Vol. 42, No. 1, pp. 13-36.
- Bemis S. P., Micklethwaite S., Turner D., James M. R., Akciz S., Thiele S. T., Bangash H. A., "Ground-based and UAV-Based photogrammetry: A multi-scale, high resolution mapping tool for structural geology and paleoseismology". Journal of Structural Geology 69 (2014) 163e178164.
- Bendea, H. F., Chiabrand, F., Tonolo, F. G. ve Marenchino, D., 2007. Mapping of archaeological areas using a low-cost UAV the Augusta Bagiennorum Test site, In: XXI International Symposium, Athens, Greece.
- Bertram T. T., Bock T. T., Bulgakov A. G. ve Evgenov A. A. "Generation the 3D Model Building by Using the Quadcopter", The 31st International Symposium on Automation and Robotics in Construction and Mining (ISARC 2014).
- Brutto M. L., Garraffa A., Meli P., "UAV Platforms For Cultural Heritage Survey: First Results". ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5, 2014 ISPRS Technical Commission V Symposium, 23 – 25 June 2014, Riva del Garda, Italy.
- Bryson M., and Sukkarieh S., "Vehicle Model-Aided Inertial Navigation for a UAV Using Low-Cost Sensors", in Proc. Australasian Conf. on Robotics and Automation, Canberra, Australia.
- Chao, H., Cao, Y., ve Chen, Y., "Autopilots for Small Unmanned Aerial Vehicles: A Survey," Int. J. Control Autom. Syst. 8(1), 36–44 (2010).
- Chiabrand, F., Nex, F., Piatti, D. ve Rinaudo, F., 2011. UAV and RPV systems for photogrammetric surveys in archaeological areas: two tests in the Piedmont region (Italy). Journal of Archaeological Science, 38(3), 697-710
- Choi, K., Lee, I., Shin, S. W. ve Ahn, K., 2008. A Project Overview for the Development of a Light and Flexible Rapid Mapping System for Emergency Response, In: The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B1, 915-920.
- Chou T. Y., Yeh M. L., Chen Y. C., Chen Y. H., "Disaster Monitoring And Management By The Unmanned Aerial Vehicle Technology", In: Wagner W., Székely, B. (eds.): ISPRS TC VII Symposium – 100 Years ISPRS, Vienna, Austria, July 5–7, 2010, IAPRS, Vol. XXXVIII, Part 7B.

- Chou, T. Y., Yeh, M. L., Chen, Y. C. ve Chen, Y. H., 2010. Disaster monitoring and management by the unmanned aerial vehicle technology.
- Colomina, I., ve Molina, P., 2014. Unmanned aerial systems for photogrammetry and remote sensing: A review. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 92, 79-97
- Coppa, U., Guarnieri, A., Pirotti, F. ve Vettore, A., 2008. Accuracy Enhancement of Unmanned Helicopter Positioning with Low Cost System, In: *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Congress, Beijing, China, XXXVII. Part B5, 843-849.
- Döner, F., Özdemir, S. ve Ceylan, M., İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı., 2014. 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
- Eisenbeis, H., 2009. UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland:: ETH.
- Eisenbeis H., "UAV Photogrammetry", Institut für Geodäsie und Photogrammetrie Eidgenössische Technische Hochschule Zürich Wolfgang-Pauli-Strasse 15 8093 Zürich, Copyright © 2009, Henri Eisenbeis.
- Eisenbeiss, H. (2004) "A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition". *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVI, part 5/W1, on CD-ROM.
- Eisenbeiss, H. ve Sauerbier, M., 2011. Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications, *The Photogrammetric Record*, 26(136), 400-421.
- Esposito S., Fallavollita P., Wahbeh W., Nardinocchi C., and Balsi M., "Performance Evaluation Of UAV Photogrammetric 3D Reconstruction". *IGARSS 2014*.
- European Union, August 2015. "Space Enabled Applications UAV systems for civilian applications", Business Innovation Observatory Contract No 190/PP/ENT/CIP/12/C/N03C01.
- Everaerts, J., Lewycky, N., ve Fransaer, D. (2004). Pegasus: design of a stratospheric long endurance UAV system for remote sensing. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 35(Part B).
- Everaerts, J., 2008. The use of unmanned aerial vehicles (UAVs) for remote sensing and mapping. *The*
- Fernández-Hernandez J., González-Aguilera D., Rodríguez-Gonzálvez P. ve Mancera-Taboada J., "Image-Based Modelling From Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Photogrammetry: An Effective, Low-Cost Tool For Archaeological Applications". *University of Oxford, Archaeometry* 57, 1 (2015) 128–145.

- Fotinopoulos, V., 2004. Balloon photogrammetry for archaeological surveys. In International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey (Vol. 35, p. B5).
- Fransaer, D., Lewycky, N., F., V. ve J., E., 2004. Pegasus : Business Model for a Stratospheric long Endurance Uav System for Remote Sensing, In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B2, 625-629.
- Gomez-Lahoz, J., ve Gonzalez-Aguilera, D., 2009. Recovering traditions in the digital era: the use of blimps for modelling the archaeological cultural heritage. *Journal of archaeological science*, 36(1), 100-109.
- Gonçalves J. A., Henriques R., "UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 104 (2015) 101–111.
- Graça N., Mitishita E., Gonçalves J., "Photogrammetric Mapping Using Unmanned Aerial Vehicle", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-1, 2014 ISPRS Technical Commission I Symposium, 17 – 20 November 2014, Denver, Colorado, USA.
- Greenwood F., July 2015. "Drones And Aerial Observation: New Technologies For Property Rights, Human Rights, And Global Development", Chapter Number 4, Cover Illustration And Interior Illustrations Are Valerie Altounian.
- Grenzdörffer G. J., Engel A., Teichert B. (2008). "The photogrammetric potential of low-cost UAVs in forestry and agriculture". *Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Beijing, China, 2008 37(B1): 1207-1213.
- Gruen A., Zhang Z., Eisenbeiss H., "UAV Photogrammetry In Remote Areas - 3d Modeling Of Drapham Dzong Bhutan", *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XXXIX-B1, 2012 XXII ISPRS Congress, 25 August – 01 September 2012, Melbourne, Australia.
- Haala N, Kada M. "An update on automatic 3d building reconstruction". *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* 65 (2010) 570–580.
- Haarbrink R. B., Koers E., "Helicopter UAV For Photogrammetry and Rapid Response", *Inter-Commission WG I/V, Autonomous Navigation* 2007.
- Haarbrink, R. B. ve Koers, E., 2006. Helicopter UAV for photogrammetry and rapid response, In: *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, ISPRS Workshop of Inter-Commission WG I/V, Autonomous Navigation, Antwerp, Belgium.

- Haarbrink, R. B., ve H. Eisenbeiss. 2008. Accurate DSM production from unmanned helicopter systems, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci* 37 (2008): 1259-1264.
- Haser, A.B., 2010. Bu insansız hava aracından daha önce yapmamış mıydık?, *Bilim ve Teknik Dergisi*, Aralık sayısı.
- Hoffmann, G. M., Rajnarayan, D. G., Waslander, S. L., Dostal, D., Jang, J. S. ve Tomlin, C. J., 2004. The Stanford Testbed Of Autonomous Rotorcraft For Multi Agent Control (Starmac), in 23rd Digital Avionics System Conference, 12.E.4- 121-10.
- Horcher, A. ve Visser, R. J. M., 2004. Unmanned Aerial Vehicles: Applications for Natural Resource Management and Monitoring, In: Council on Forest Engineering Annual Meeting, Hot Springs (AR), USA.
- Huber, M., 2010. Evergreen supports UAV team mapping Haitian Relief. *Aviation International News*, Landslide inventories in Europe and policy recommendations for their interoperability and harmonization, Publications Office.
- Jang, H. S., Lee, J. C., Kim, M. S., Kang, I. J. ve Kim, C. K., 2004. Construction of national cultural heritage management system using rc helicopter photographic syrveying system, In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B5, 473-478.
- Jizhou, W., Zongjian, L. ve Chengming, L., 2004. Reconstruction of buildings from a single UAV image, In: International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV, Part B8, 940-943.
- Jung S., "Design ve Development Of A Micro Air Vehicle (MAV): Test-Bed For Vision-Based Control". Abstract of Thesis Presented to the Graduate School of the University of Florida in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science, December 2004.
- Kaaniche, K., Champion, B., Pegard, C. ve Vasseur, P., 2005. A vision algorithm for dynamic detection of moving vehicles with a UAV, In: IEEE International Conference on Robotics and Automation, 1878-1883.
- Karaağaç, 2016. Uçan robotlar: geleceğin askeri harekât ortamında insansız hava aracı sistemleri.
- Kise, M., Rovira-Más, F. ve Zhang, Q., 2005. A stereovision-based crop row detection method for tractor-automated guidance, In: *Biosystems Eng*, 90, 357-367.
- Laliberte, A. S., Winters, C. ve Rango, A. 2007. Acquisition, orthorectification, and classification of hyperspatial UAV imagery. In *Fourth Annual Symposium: Research Insights in Semiarid Scosystems*, RISE, University of Arizona, Tucson.

- Li M., Nan L., Smith N., Wonka P., "Reconstructing building mass models from UAV images", Special Issue on CAD/Graphics 2015.
- Lucintel, 2011. "Growth Opportunity in Global UAV Market". Accessed July 1, 2012, at www.lucintel.com/LucintelBrief/UAVMarketOpportunity.pdf.
- Manyoky M., Theiler P., Steudler D., Eisenbeiss H. (2011) "Unmanned aerial vehicle in cadastral applications". Int. Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Zurich, Switzerland, 38 (1/C22).
- Marenchino, D., 2009. Low-cost UAV for the environmental emergency management, Photogrammetric procedures for rapid mapping activities.
- Masahiko, N., 2007. UAV borne mapping system for river environment, In: 28th Asian Association of Remote Sensing Conference, Kuala Lumpur, Malaysia.
- Maza, I., Caballero, F., Capitán, J., Martínez-de-Dios, J. R. ve Ollero, A., 2011. Experimental results in multi-UAV coordination for disaster management and civil security applications, Journal of intelligent & robotic systems, 61(1-4), 563-585.
- Nagai, M., Shibasaki, R., Manandhar, D. ve Zhao, H., 2004. Development of digital surface and feature extraction by integrating laser scanner and CCD sensor with IMU, In: International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XX ISPRS Congress, Istanbul, Turkey, XXXV-B5, 655-659.
- Naidoo, Y., Stopforth, R. ve Bright, G., 2011. Development of an UAV for search & rescue applications, In AFRICON, 2011 (pp. 1-6). IEEE.
- Nakano T., Kamiya I., Tobita M., Iwahashi J., Nakajima H., "Landform Monitoring In Active Volcano By UAV and Sfm-Mvs Technique", The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XL-8, 2014 ISPRS Technical Commission VIII Symposium, 09 – 12 December 2014, Hyderabad, India.
- Neitzel F., Klonowski J, "Mobile 3D Mapping With A Low-Cost Uav System". International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. XXXVIII-1/C22 UAV-g 2011, Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics, Zurich, Switzerland.
- Newcome, L., Unmanned Aviation: A Brief History of UAV's (American Institute of Aeronautics and Astronautics, Reston, 2004)
- Nex F., Remondino F. "UAV for 3D mapping applications: A review", Article in Applied Geomatics · march 2014.
- Niethammer, U., Rothmund, S. ve Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: Landslide processes, Ed.: CERIG Editions, Strasbourg, 69-74.

- Niethammer, U., Rothmund, S., James, M. R., Travelletti, J. ve Joswig, M., 2010. UAV-based remote sensing of landslides. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(Part 5), 496-501.
- Patias, P., Saatsoglou-Paliadeli, C., Georgoula, O., Pateraki, M., Stamnas, A. ve Kyriakou, N., 2007. Photogrammetric documentation and digital representation of the macedonian palace in Vergina-Aegeae, In: CIPA, XXI International CIPA Symposium, Athens, Greece.
- Pratt, K., R. R. Murphy vd., 2006. Requirements for Semi-Autonomous Flight in Miniature UAVs for Structural Inspection. . AUVSI's Unmanned Systems North America. Orlando, Florida, Association for Unmanned Vehicle Systems International.
- Puri, A., 2004. A Survey of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) for Traffic Surveillance, Internal Report, Department of Computer Science and Engineering, University of South Florida, Tampa, FL, USA, p. 29.
- Quaritsch, M., Kruggl, K., Wischounig-Strucl, D., Bhattacharya, S., Shah, M. ve Rinner, B. 2010. Networked UAVs as aerial sensor network for disaster management applications. *e& i Elektrotechnik und Informationstechnik*, 127(3), 56-63.
- Rau, J. Y., Jhan, J. P., Lo, C. F. ve Lin, Y. S., 2011. Landslide mapping using imagery acquired by a fixed-wing UAV, In *Proceedings of the International Conference on Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics*, (Vol. 38, p. 6).
- Rawat K. S., Lawrence E. E., "A mini-UAV VTOL Platform for Surveying Applications". *International Journal of Robotics and Automation (IJRA)* Vol. 3, No. 4, December 2014, pp. 259~267.
- Ro K., Oh J. S., ve Dong L., "Lessons Learned: Application of Small UAV for Urban Highway Traffic Monitoring", 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit 8 - 11 January 2007, Reno, Nevada.
- Rovira-Más, F., Zhang, Q. ve Reid, J. F., 2005. Creation of three-dimensional crop maps based on aerial stereoimages, In: *Biosystems Eng*, 90, 251-259.
- Saleri R., Pierrot-Deseilligny M., Bardiere E., Cappellini V., Nony N., De Luca L., Campi M., 2013, "UAV Photogrammetry for archaeological survey: The Theaters area of Pompeii.
- Samad A. M., Kamarulzaman N., Hamdani M. A., Mastor T. A. ve Hashim K. A., "The Potential of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) for Civilian and Mapping Application", 2013 IEEE 3rd International Conference on System Engineering and Technology, 19 - 20 Aug. 2013, Shah Alam, Malaysia.
- Spatalas, S., Tsioukas, V. ve Daniil, M., 2006. The use of remote controlled helicopter for the recording of large scale urban and suburban sites, In: *Culture of Representation*, Xanthi, Greece.

- Sugiura, R., Noguchi, N., ve Ishii, K., 2005. Remote-sensing technology for vegetation monitoring using an unmanned helicopter. *Biosystems engineering*, 90(4), 369-379.
- Suzuki, T., Miyoshi, D., Meguro, J. I., Amano, Y., Hashizume, T., Sato, K. ve Takiguchi, J. I. 2008. Real-time hazard map generation using small unmanned aerial vehicle. In *SICE Annual Conference*, 2008 (pp. 443-446). IEEE.
- Tahar K. N., "A New Approach On Slope Data Acquisition Using Unmanned Aerial Vehicle". *IJRRAS* 13 (3) December 2012.
- URL 1, <https://drones.altigator.com/onyxstar-foxc8-geo-system-for-aerial-photogrammetry-p-42067.html>.
- URL 2, <http://www.thestar.com.my/tech/tech-news/2016/03/28/rise-of-drones>.
- URL 3, <http://m-modelarstwo.cba.pl/Jak+wykonany+jest+samolot.html>
- URL 4, <http://www.menci.com/it/software-photogrammetry-about-support/faq/128-calibrazione-fotocamera-certificati/762-come-ottenere-un-certificato-della-camera-per-aps>.
- URL 5, <https://www.google.com/earth/>.
- URL 6, https://wiki.hexagongeospatial.com/index.php?title=Tie_Points.
- Vito, 2009. Vito, UAV Flights corporate website, Adres: <http://isprs.vgt.vito.be/uav/Testflights.html>, (accessed June 2 2009).
- Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve Sessions, J., 2014. A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. *International Journal of Remote Sensing Applications*, 4(3), 113-120.
- Winnefeld J. A., Kendall F., "Unmanned Systems Integrated Roadmap FY2013-2038" Approved for Open Publication Reference Number: 14-S-0553.
- Zhou, G., Li, C. ve Cheng, P., 2005. Unmanned aerial vehicle (UAV) real-time video registration for forest fire monitoring, In: *IEEE International, Geoscience and Remote Sensing Symposium*, 1803-1806.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Ali Abdulwahed MAHMOD

Doğum Tarihi ve Yeri : 1982/Dyalla-IRAK

E-posta adresi : ali_eng05@yahoo.com

EĞİTİM BİLGİLERİ (Kurum ve Yıl)

Lisans : Basrah Üniversitesi İnşaat Mühendisliği/2005

Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü/2016

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLERİ

Salahaddin Üniversitesi İnşaat Mühendisi 2009