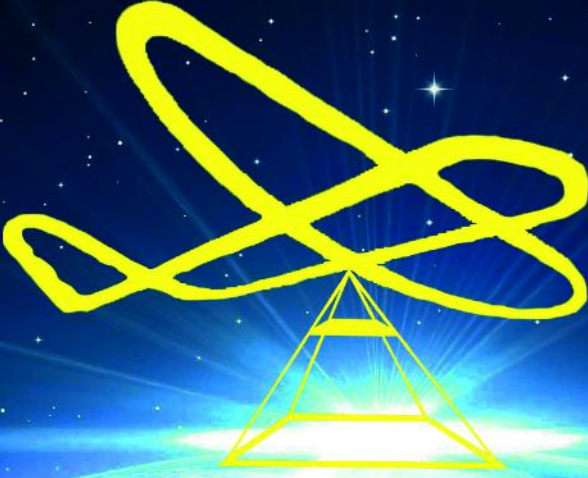


TÜRKİYE

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI DERGİSİ



Cilt: 2 Sayı: 1
Haziran
2020

e-ISSN 2687-6094



Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi
Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles

Dergi Hakkında

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak İnsansız Hava Araçlarının yer bilimleri ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan ve Uluslararası İndeks ve Veri tabanlarında taranan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi,

- ✚ İnsansız Hava Araçlarının kullanımı alanında ulusal ve uluslararası gelişmeleri Harita, Jeoloji, Çevre, Maden, Şehir Plancılığı, Ziraat vb. mühendislik alanı, Arkeoloji ve mimarlık ile ilgilenen bilim insanlarının bilgisine sunmak,
- ✚ Konu ile doğrudan veya dolaylı etkinliklerde bulunan bilim insanları, araştırmacılar, mühendisler ve diğer uygulayıcılar arasındaki bilgi ve deneyim paylaşımını güçlendirecek ve hızlandıracak, kolay erişilebilen, geniş katımlı bir tartışma ortamı sağlamak ve bunları yayma olanağı yaratmak,
- ✚ Türkiye'nin teknolojik ve ekonomik kalkınmasında rol oynayabilecek mesleki gelişmelere ilişkin sorunların daha etkin bir şekilde çözüme kavuşturulması açısından büyük önem taşıyan kurumlar arası işbirliğinin başlatılmasına ve geliştirilmesine katkıda bulunmak,
- ✚ Türkçe'nin İnsansız Hava araçları alanında bilim dili olarak geliştirilmesini ve yabancı sözcüklerden arındırılmasını özendirme amaçlarına sahiptir.

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisinin kapsamı;

- ✓ Temel İnsansız Hava Araçları Uygulamaları,
- ✓ İHA Fotogrametrisi ve İHA ile uzaktan algılama,
- ✓ İHA Lidar ve uygulamaları,
- ✓ İHA ile Coğrafi Bilgi Sistemleri Uygulamaları,
- ✓ İHA ile Endüstriyel ölçmeler,
- ✓ İHA ile deformasyon ölçmeleri,
- ✓ İHA ile madencilik ölçmeleri,
- ✓ İHA ile Şehircilik ve ulaşım planları çalışmaları,
- ✓ İHA ile hassas tarım uygulamaları,
- ✓ İHA ile yapılan tüm multidisipliner çalışmalar,

Yayınlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)

ISSN

2687-6094

WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/mihad>

İletişim

aulvi78@gmail.com



Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi
Turkish Journal of Unmanned Aerial Vehicles

EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi Ali ULVİ

Mersin Üniversitesi, FBE / Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Mersin

EDİTÖR YARDIMCILARI

Dr. Öğr. Üyesi Osman ORHAN

Mersin Üniversitesi, FBE / Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri
Mersin

EDİTÖR KURULU

- **PROF. DR. MURAT YAKAR,**
myakar@mersin.edu.tr,
MERSİN ÜNİVERSİTESİ
- **PROF. DR. HACI MURAT YILMAZ,**
hmuraty@gmail.com,
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
- **PROF. DR. ÖMER MUTLUOĞLU,**
omutluoglu@ktu.edu.tr,
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

DANIŞMA KURULU

- **PROF. DR. İBRAHİM YILMAZ,**
iyilmaz@aku.edu.tr,
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
- **DOÇ.DR. MURAT UYSAL,**
muysal@aku.edu.tr,
AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ
- **DOÇ. DR. FERRUH YILMAZTÜRK,**
yilmazturk@aksaray.edu.tr,
AKSARAY ÜNİVERSİTESİ
- **DOÇ DR. Bilgehan KEKEÇ,**
kekec@ktu.edu.tr,
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ NİZAR POLAT,**
nizarpolat@harran.edu.tr,
HARRAN ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ ALPER AKAR,**
alperakar@erzincan.edu.tr,
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖZLEM AKAR,**
oakar@erzincan.edu.tr,
ERZİNCAN BİNALİ YILDIRIM ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET ALİ DERELİ,**
madereli@gmail.com,
GİRESUN ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ RESUL ÇÖMERT,**
rcomert@gumushane.edu.tr,
GÜMÜŞHANE ÜNİVERSİTESİ
- **DR. ÖĞR. ÜYESİ HAYRİ ULVİ,**
hayriulvi@gmail.com,
GAZİ ÜNİVERSİTESİ

Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi Dil Editörleri

PROF. DR. CENGİZ ALYILMAZ,

calyilmaz@uludağ.edu.tr,

Uludağ Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

DOÇ. DR. SAVAŞ ŞAHİN,

savassahin@akdeniz.edu.tr,

Akdeniz Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Türk Dili ve Edebiyatı Bölümü

Mizanpaj

Arş. Gör. Abdurahman Yasin YİĞİT

ayasinyigit@mersin.edu.tr

Mersin Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü /Mersin

Arş. Gör. Aydın ALPTEKİN

aydinalptekin@mersin.edu.tr

Mersin Üniversitesi, Harita Müh. Bölümü /Mersin

İçindekiler

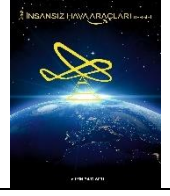
Contents

Araştırma Makaleleri; Research Articles;

S. No	Makale Adı (Tr./En.) ve Yazar Adı
1-7	Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi (Photogrammetric 3D Modelling of Ak Mosque with Unmanned Air Vehicle) Ahmet ŞAŞI
17- 21	Heyelan Bölgesinin İHA Kullanarak Modellenmesi (Modelling of a Landslide Site Using a UAV) Aydın ALPTEKİN & Murat YAKAR
22-27	SFM TEKNİĞİ İLE OLUŞTURULAN 3B MODELLERİN KÜLTÜREL MİRASIN BELGELENMESİ ÇALIŞMALARINDA KULLANILMASI: GÖZNE KALESİ ÖRNEĞİ (The Use of 3D Models Obtained by The Use of Sfm Technique in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of Castle Gozne) Mehmet Özgür ÇELİK, İrem YAKAR, Seda Nur Gamze HAMAL, Ganime Melike OĞUZ & Engin KANUN
28- 35	İnsansız Hava Araçları ile Harita Üretim Çalışmalarında Farklı Yüksekliklerde Yapılan Uçuşların Konum Doğruluğuna Etkisi (The Effect of Flights Made at Different Heights in Map Production Studies with Unmanned Aerial Vehicles on Location Accuracy) Alperen ERDOĞAN & Ömer Mutluoğlu

Derleme Makaleleri; Review Articles;

S. No	Makale Adı (Tr./En.) ve Yazar Adı
8-16	İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı (Unmanned Aerial Vehicles and Usage in Agricultural Applications) Mustafa AKKAMIŞ & Sevgi ÇALIŞKAN



Araştırma Makalesi

Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi

Ahmet ŞASI*¹

¹Konya Büyükşehir Belediyesi, Emlak Yönetimi Dairesi Başkanlığı, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

İnsansız Hava Aracı
Üç Boyutlu Model
Fotogrametri
Tarihi Eser
Kültürel Miras

ÖZ

Ülkemiz tarih boyunca çok sayıda medeniyet ve uygarlığa ev sahipliği yapmıştır. Üzerinde yaşadığımız coğrafya; tarih boyunca yaşayan medeniyet ve uygarlıkların kültür yapısını günümüzde mimari açıdan da yaşatan bir toprak parçasıdır. Dolayısıyla üzerinde yerel anlamda Konya ulusal anlamda Türkiye çok sayıda kültürel ve tarihi mirası bünyesinde bulundurmaktadır. Tarih boyunca ayakta kalan kültür varlıklarını bugün gelecek nesillere aktarmak için çalışmalar yapmak bizler için tarihe ve ülkemize olan bir borçtur. Bu yüzden kültür varlıklarının nesilden nesile aktarılabilmesi için kültür varlıklarına ait yapılan dokümantasyon ve belgeleme çalışmaları önemlidir. Bu uygulama, Karamanoğulları Beyliği Dönemi'ne ait Ak Camii'nin üç boyutlu modellemesini konu edinmektedir. Söz konusu kültür varlığına ait fotogrametrik yöntemle üç boyutlu modelleme için; tarihi esere ait fotoğrafların çekiminde Nikon D90 marka fotoğraf makinesi, DJI Phantom 4 marka insansız hava aracı kullanılmıştır. İnsansız hava aracı ile fotoğrafların elde edilmesinde DJI Go 4 ve Pix4Dcapture mobil uygulamaları kullanılmıştır. Elde edilen veriler AgiSoft Photoscan yazılımında değerlendirilmiş ve tarihi esere ait üç boyutlu model elde edilmiştir. Söz konusu kültür varlığına ait üç boyutlu modelin kültürel mirasın korunması noktasında gelecek nesillere bir kaynak olması amaçlanmıştır. Aynı zamanda tarihi eserde oluşabilecek tahribatlarda aslına uygun restorasyon imkânı sağlamakta olup elde edilen model, günümüzde pek çok meslek disiplininin de sorunlarına çözüm sunabileceği ön görülmüştür.

Photogrammetric 3D Modelling of Ak Mosque with Unmanned Air Vehicle

Keywords:

Unmanned Aerial Vehicle
Three-Dimensional Model
Photogrammetry
Historical Artifacts
Cultural Heritage

ABSTRACT

Our country has been home to many civilizations and civilizations throughout history. The geography we live on; It is a piece of land that has survived the cultural structure of civilizations and civilizations that lived throughout history. Thus, the local meaning in Konya, Turkey maintains a national sense in many cultural and historical heritage of the site. It is a debt for us and our country to make efforts to transfer the cultural assets that have survived throughout history to future generations today. Therefore, in order to transfer cultural assets from generation to generation, documentation and documentation of cultural assets are important. This application deals with the three-dimensional modeling of the Ak Mosque of the Karamanoğulları Principality Period. For three-dimensional modeling by photogrammetric method; Nikon D90 camera and DJI Phantom 4 unmanned aerial vehicle were used for the photographs of historical monuments. DJI Go 4 and Pix4Dcapture mobile applications were used to obtain photographs with unmanned aerial vehicles. The data obtained were evaluated in AgiSoft Photoscan software and a three dimensional model of historical work was obtained. The three-dimensional model of the cultural property in question is intended to be a resource for future generations in terms of the protection of cultural heritage. At the same time, it provides the original restoration opportunity for the damages that may occur in the historical monument, and the model obtained is predicted to present solutions to the problems of many professional disciplines today.

*Sorumlu Yazar

*(sasiahmet@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1217-3887

Kaynak Göster (APA);

Şasi, A. (2020). Ak Camii'nin İnsansız Hava Aracı ile Fotogrametrik 3B Modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 01-07.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca üzerinde yaşadığımız coğrafya farklı medeniyet ve uygarlıkları içinde barındırmıştır. Geçmişten günümüze kadar yaşayan toplumlar tarih boyunca kendi kültürlerini yansıtan varlıklar inşa etmişlerdir. Günümüze kadar yaşayan tarihin bize mirası olan bu varlıklar Kültür Varlıkları olarak tanımlanmaktadır. Kültür varlıklarını korumak, evrensel değerlere sahip çıkmak ve tarihi yaşatmak bütün insanlığın görevidir. Tarihimizin bize bıraktığı değerlere sahip çıkmak ve dünya kültür mirasına katkıda bulunabilmek için kültürel mirasın dokümantasyonuna yönelik belgeleme çalışmaları tarihsel gelişim ve kültür varlıklarının korunması için büyük bir önem arz etmektedir (Yakar ve Yılmaz, 2008).

Kültürel ve doğal miraslar, doğal ve doğal olmayan nedenlerden dolayı artan bir şekilde yok olma tehlikesi altındadır. Kültürel ve doğal miraslara sahip olan ülkeler, ekonomik, bilimsel ve teknik kaynakların yetersizliği nedeniyle bu mirasın korunmasında yetersiz kalmaktadır. Bundan dolayı, bu kültür mirasını korumak adına yapılan bilimsel çalışmaları ve geliştirilen yeni teknikleri paylaşmak tüm milletlerin görevidir. Tarih boyunca farklı uygarlık ve kültürler ev sahipliği yapmış ve yapmaya devam eden Türkiye coğrafyası, bu halklardan kalan kültürel mirasları üzerinde bulundurmaktadır. Bu eserleri hassas bir şekilde belgeleyerek koruma altına alınması ülkemiz için önemli olduğu kadar dünya kültür mirası için de büyük önem taşımaktadır (Yakar vd., 2011).

Günümüzde kültür varlıklarının belgelenmesi ve dokümantasyon çalışmaları fotogrametri tekniği ile hızlı, güvenilir ve en doğru şekilde yapılması mümkündür. Kültürel varlıklar detay içeren ayrıntılı bir mimariye sahip olduğundan kültürel mirasın belgelenmesi ve dokümantasyonu için en gelişmiş ölçme aracı ve tekniklerinin kullanılması gerekmektedir. Günümüzde gelişmekte olan insansız hava araçları, tarihi eserlerimizin dokümantasyonu için en uygun ölçüm araçlarından biridir. Özellikle tarihi dokuya zarar vermeden uzaktan yapılan bu tür çalışmaların dünya üzerinde yaygınlaşarak artması tarihi eserlerin dokümantasyonu ve belgelendirilmesi çalışmalarında büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ise hava fotogrametrisi tekniği kullanılmıştır. Hava fotogrametrisini tamamlayıcı olarak yersel fotogrametri tekniğinden de yararlanılmıştır.

2. KÜLTÜR VARLIKLARININ KORUNMASI VE DOKÜMANTASYONU

Kültür varlıklarının deprem ve yangın gibi doğal afetler sonucu tahrip olması, bir kısmının zarar görmesi, yıkılması gibi ihtimallere karşılık bugün coğrafyamızda sahip olduğumuz kültür miraslarının olası bir restorasyon çalışmalarına

altlık sağlayabilecek diğer meslek disiplinlerine de çalışma imkanı sunabilecek ürünler elde edilmektedir. Kültürel mirasın korunmasına yönelik yapılacak belgeleme çalışmalarında elde edilen bilgilerin, oluşturulan çeşitli ölçek ve nitelikteki dokümanların koruma çalışmalarında görev alacak farklı meslek gruplarına mensup uzmanlar tarafından anlaşılır ve kullanılabilir biçimde düzenlenmesi gerekir. Fotogrametri yöntemi ile belgelenen eserler dijital ortamda arşivlenmesi ile tarihin şahitleri olan kültür varlıkları hızlı ve ücretsiz olarak erişilebilme imkânı sağlanmaktadır (Ulvi ve Yiğit, 2019). Metrik, yazılı ve görsel belgeleme, kültürel mirasın mevcut durumu ve problemlerinin tespiti ile bu problemlerin çözümüne ilişkin her türlü koruma çalışmalarında temel veri olarak kullanıldığı gibi kültürel mirasın gelecek kuşaklara aktarılmasının ve topluma tanıtılmasının da önemli bir yoludur (Yakar vd., 2015). Kültür varlıklarının belgelenmesi, dokümantasyonu, üç boyutlu model çalışması, bütün öznitelik bilgilerinin bu çalışmalarla entegrasyonunun sağlanması ve bu çalışmaları teknolojinin bize sunduğu son imkânlarla sunulması; tarihin gelişimine, dünya kültür mirasına, teknolojiye ve bilime katkı sağlaması açısından önemlidir (Uysal vd., 2013).

3. ÇALIŞMA ALANI

Üç boyutlu modellemesi yapılan kültür varlığının ismi Ak Camii'dir. Konya İli, Selçuklu İlçesi, Ferhuniye Mahallesi, Alâeddin Caddesi üzerinde yer almaktadır. Bir kültür varlığı olan Ak Cami; 37°52'27.69" K enleminde 32°29'28.39" D boylamında yeryüzeyinde yer almaktadır. 1424 yılında Karamanoğulları Beyliği Döneminde yapılmıştır. Yapı, yapım döneminde de cami olarak inşa edilmiş olup halen cami olarak kullanılmaktadır. Taş malzeme kullanılarak yağma yapım tekniği kullanılmıştır. Yapım malzemesi moloz taştır. Kare planlı caminin üzeri kubbe ile örtülmüştür. Cami, cephelerindeki sivri kemerli oldukça büyük pencereler ile aydınlatılmaktadır. Yapıya ait kubbe kurşun kaplama olup süslemesiz sade bir camidir (Gümüş vd., 2010). Yapılan bu çalışmada elde edilen üç boyutlu modelin; yapıda meydana gelebilecek hasar ve tahribatlara yönelik kültürel mirasın aslına uygun restorasyon çalışmalarında altlık niteliği taşımaktadır.



Şekil 1. Ak Camii'nin Konumu

4. YÖNTEM

4.1. Çalışmada Kullanılan Teknik Donanım ve Yazılımlar

Düşük seviyeli uzaktan algılama için geleneksel platformlara ek olarak otomatik sistemler olan insansız hava araçları son yıllarda kullanıma sunulmuştur (Campana, 2017). Kültür varlığının üç boyutlu modellenmesinde yapının etrafını kapsayacak yer kontrol nokta tesisi yapılmış olup bu yer kontrol noktaları Topcon Fc-250 marka GPS ile koordinatlandırılmıştır. Yapıya ait fotoğraf çekiminde Nikon D90 marka fotoğraf makinesi ve Dji Phantom 4 marka insansız hava aracı kullanılmıştır. İnsansız hava aracının havada uçuşunu yapmak için Dji Go 4 ile Pix4Dcapture mobil uygulamaları kullanılmıştır. UAV Forecast mobil uygulaması ile uçuş için hava durumu kontrol edilmiştir.



Şekil 2. Nikon D90 fotoğraf makinesi, Topcon Fc-250 GPS ve Dji Phantom 4 insansız hava aracı

Elde edilen fotoğrafların fotogrametrik değerlendirilmesi aşamasında kullanılan yazılım ise Agisoft Photoscan'dır.

4.2. Fotogrametri Tekniği İle Değerleme

Kültür varlığının üç boyutlu modellenmesi çalışmamızda Dji Phantom 4 marka insansız hava aracı ile hava fotogrametrisi tekniğinden faydalanılmıştır. Aynı zamanda tarihi eser binanın cephelerinin modellenmesinin daha iyi sonuç verebilmesi için Nikon D90 marka fotoğraf makinesi ile yersel fotogrametri tekniği kullanılmıştır.

Ak Camii'nin fotogrametri tekniği ile üç boyutlu modelleme çalışması; arazi ve büro çalışmaları olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Arazi çalışmalarında yapının etrafına yer kontrol nokta tesisi yapılarak bu noktalar GPS ile ITRF-96 (Epok: 2005) koordinat sisteminde koordinatlandırılmıştır. Araziye tesis edilen yer kontrol noktalarının koordinatları ile dönüşüm yapılarak elde edilen model koordinatlı bir şekilde üretilmiştir.

Agisoft Photoscan program; fotoğraf çekilen kameralara ait kalibrasyon raporlarını oluşturmaktadır. Oluşan hatalara karşı düzeltme

miktarları hesaba dâhil edilmiştir. Yerden çekilen fotoğraflar ile havadan çekilen fotoğrafların birbirine entegrasyonunun sağlanabilmesi için fotoğraflar arasında keskin detaylara bağ noktaları atılmıştır. Bu noktaların diğer fotoğraflara isabet eden detaylar üzerinde eşleşmesi yapılmıştır. Eşleme işleminden sonra arazi ve büro çalışmaları akabinde elde edilen tüm bilgiler fotogrametrik yazılım sayesinde üç boyutlu model üretimi gerçekleştirilmiştir.

4.2.1. Ak Camii'ne ait arazi çalışması

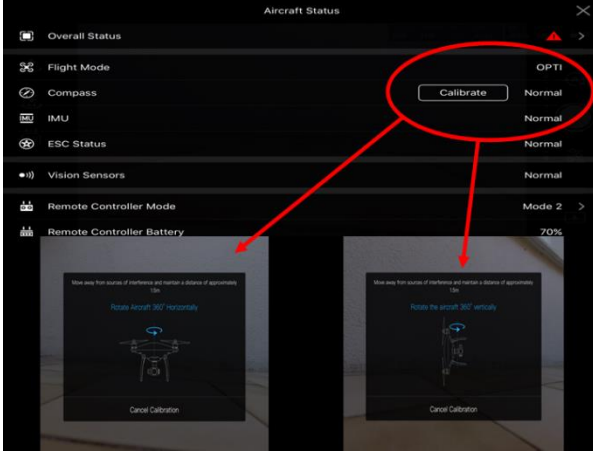
Ülkemizde insansız hava aracının kullanılmasına yönelik Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü'nün yayımlanmış olduğu talimatlar kapsamında uçuş öncesinde gerekli tüm izinler alınarak ilgili birimler bilgilendirildikten sonra güvenli bir şekilde uçuş yapılabilecek duruma gelinmiştir. Gerekli uçuş izinleri alındıktan sonra modelleme yapılacak yapının çevresine yer kontrol noktaları tesis edilmiştir. Bu noktalar, Topcon Fc-250 marka GPS ile ITRF-96 (Epok: 2005) koordinat sisteminde koordinatlandırılmıştır. Bu noktalar tesis edilirken; noktaların birbirlerini görmesine ve havadan çekilen fotoğraflarda önünde bir engel olmamasına dikkat edilmiştir. Ak Camii'nin üç boyutlu modellenmesi için arazi çalışmalarında; fotoğraf çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. İlk olarak Ak Camii'nin havadan enine ve boyuna yüksek oranda bindirmeli bir şekilde fotoğrafları insansız hava aracı ile çekilmiştir. Bu fotoğraf çekiminde kullanılan uçuş programları Dji Go 4 ve Pix4Dcapture mobil uygulamalarıdır. UavForecast uygulaması ile uçuş yapılacak olan ortamın insansız hava aracı uçurmaya uygun olup olmadığı tespit edilmiştir. Bu uygulama ile güneş doğuş ve batış saati, varsa rüzgârın hızı, hangi yönde estiği, havanın kapalılık oranı ve görüş mesafesi bilgilerinden faydalanılarak uçuş için uygun bir zaman olduğuna karar verilmiştir.



Şekil 3. Uçuş durumu için hava durumu kontrolü

Uçuş için hava durumunun uygunluğuna karar verildikten sonra Dji Phantom 4 marka insansız hava aracı Dji Go 4 mobil uygulamasına tanıtılmıştır. Daha sonra insansız hava aracının pusula kalibrasyonu yapılmıştır. Bu kalibrasyon önemlidir çünkü insansız hava aracının havada fotoğraf çekerken bazı sistemsel hataları giderir. En önemlisi insansız hava aracının havada fotoğraf çekiminde stabil olarak yüzeye dik bir şekilde titreşim olmaksızın durabilmesini sağlamaktadır.

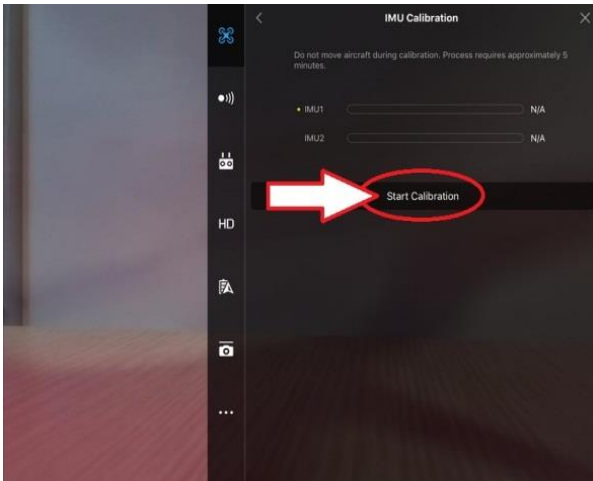
Pusula kalibrasyonu insansız hava aracının 360° yatay ve dikey yönde kendi etrafında döndürülmesi ile kalibre edilmektedir.



Şekil 4. Pusula kalibrasyonunun yapılması

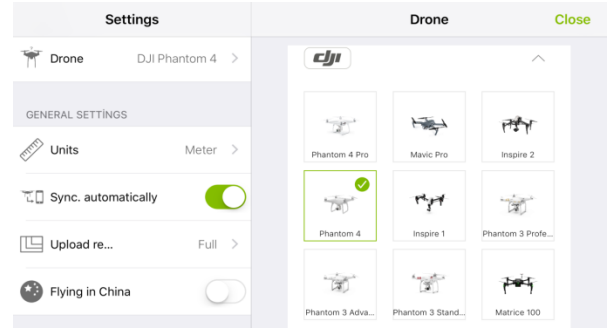
Pusula kalibrasyonu yapıldıktan sonra IMU kalibrasyonu yapılmıştır. Özellikle rüzgarlı havalarda insansız hava aracının stabil bir şekilde durmasını ve bu doğrultuda çekilen fotoğraflarda sürüklenme hatasını ortadan kaldırmaktadır.

Bu kalibrasyon yaklaşık beş (5) dakika sürmüştür.



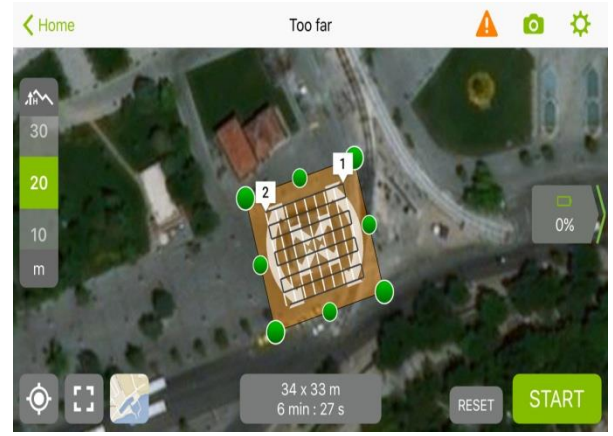
Şekil 5. IMU kalibrasyonunun yapılması

Uçuş için hava durumunun uygun olduğu karar verilerek akabinde IMU ve pusula kalibrasyonları yapıldıktan sonra hava fotoğrafı çekim işlemi gerçekleştirilmiştir. Söz konusu programa uçuş yapılacak olan insansız hava aracı tanıtılmıştır.



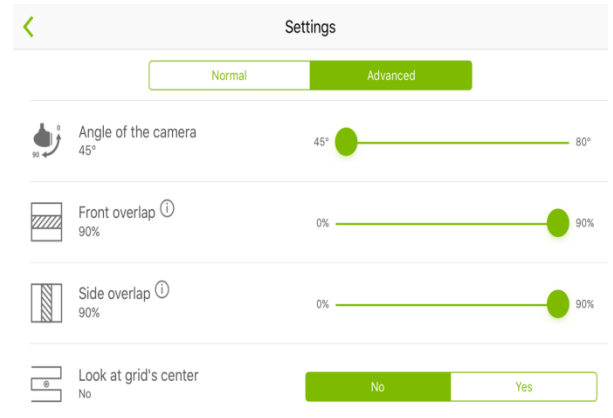
Şekil 6. Pix4dCapture programı ile insansız hava aracının eşleştirilmesi

Daha sonra tarihi eser bina uydu üzerinden programa tanıtılıp uçuş planına ait girizgâh ya da uçuş planı ile birlikte programda uçuş yapılacak alanın sınırları belirlenmiştir.



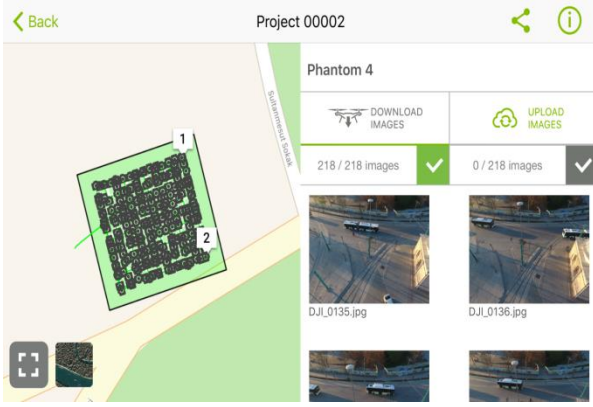
Şekil 7. Otonom uçuş yapılacak alanın sınırları belirlenmiştir

Proje sınırı belirlendikten sonra, uçuşa ait bilgilerin (kamera açısı, uçuş yüksekliği, enine ve boyuna bindirme oranları vb. gibi) programa iç aktarması yapılmıştır.



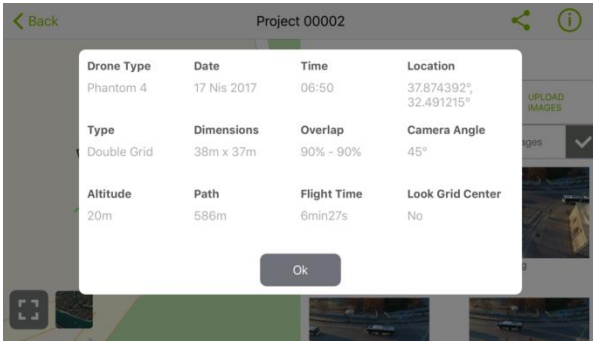
Şekil 8. Fotoğraf çekim bilgilerinin programa aktarılması

Bu aşamalardan sonra uçuş sonrasında programa girilen bilgiler doğrultusunda hava fotoğrafları otonom olarak elde edilmiştir. Toplam 218 adet fotoğraf otonom olarak çekilmiştir.



Şekil 9. Hava fotoğraflarının elde edilmesi

Pix4dCapture programı ile elde edilen uçuş fotoğraflarının karakteristik özelliklerini de özet şeklinde sunulmuştur.



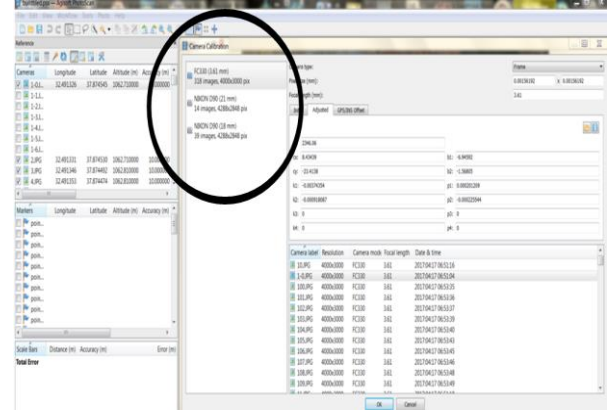
Şekil 10. Tarihi esere ait uçuş bilgileri

Üç boyutlu model üretiminin iyi bir şekilde elde edilebilmesi için bina yüzeyine ait eğik fotoğrafların çekilmesi gerekmektedir. Binanın her yüzeyine ait çekilen eğik fotoğraflar arasında yüksek oranda enine ve boyuna bindirme oranları vardır. Bu çekim işlemi Nikon D90 marka fotoğraf makinesi ve Djı Go 4 mobil uygulamasıyla insansız hava aracı ile manuel olarak gerçekleştirilmiştir. Araziden elde edilen tüm verilerin Agisoft PhotoScan programında değerlendirilmesi işlemi büro aşamasında gerçekleştirilmiştir.

4.2.2. Ak Camii'ne ait ofis çalışması

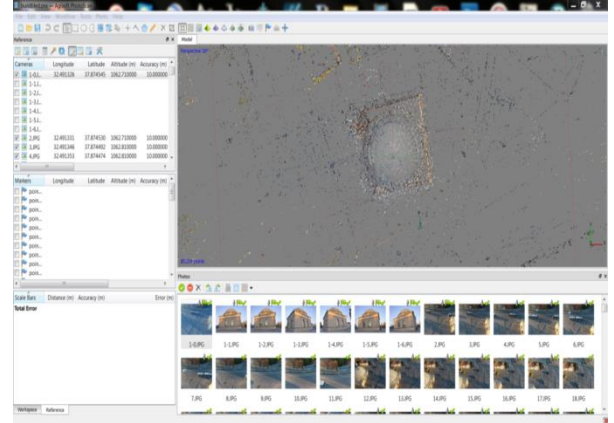
Araziden elde edilen hava fotoğrafları ve yer fotoğrafları Agisoft PhotoScan programına içe aktarılmıştır. Havadan ve yerden çekilen fotoğraflar arasında eşleme sağlanamayabilir. Bu yüzden her cephe üzerinde keskin detaylar üzerinden bağ noktaları kullanılmıştır. Bu durum binanın bütün cephe ve yüzeylerinde keskin detaylar bağ noktasıyla işaretlenerek diğer fotoğrafların da bu teknik ile eşleşmesi yapılmıştır.

Ayrıca; Nikon D90 fotoğraf makinesine ve insansız hava aracına ait kameraların kalibrasyon raporları program tarafından otomatik olarak elde edilerek bu parametreler model oluşturulurken kullanılmıştır.



Şekil 11. İnsansız hava aracına ait kameranın kalibrasyon raporu

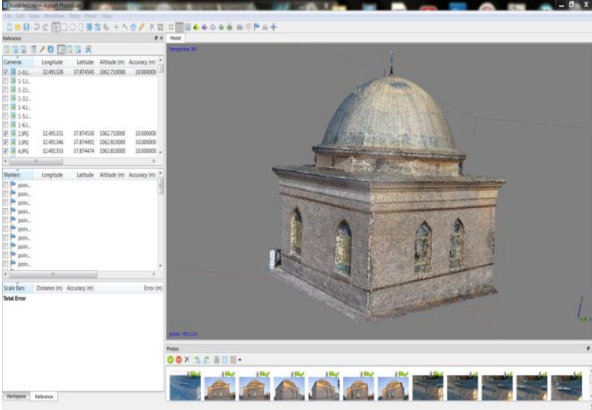
Agisoft PhotoScan programına eklenen fotoğrafların birbirleri ile eşleştirilme işlemi gerçekleştirilmiştir. Görüntü eşleme, 3B modelleme ve haritalamadaki önemli adımlardan biridir (Remondino vd., 2014). Workflow - Align Photos seçenekleri seçilerek fotoğraflar arasında eşleştirmeler yapılmıştır. Yüksek oranda bindirme sağlanan ortak alanlardan yani fotoğraflar üzerindeki model alanlardan nokta bulutu oluşmuştur. Fotoğrafların eşleştirilme işlemi 4 saat 58 dakika sürmüştür. Bu eşleme işlemi sonucunda 55,234 adet nokta bulutu üretilmiştir.



Şekil 12. Align Photos işlemi sonucunda elde edilen nokta bulutu görüntüsü

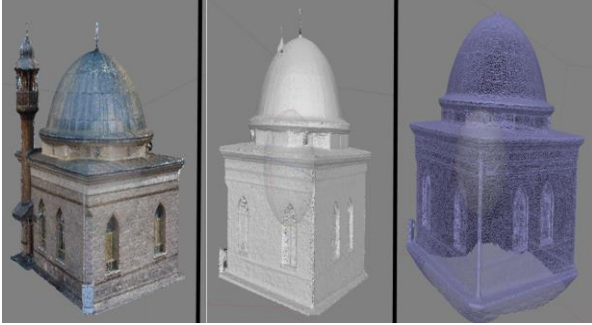
Align Photos ile eşleşmesi yapılan fotoğrafların arazide belirlenen ve koordinatları GPS yardımıyla ölçülen yer kontrol noktaları ile dengeleme işlemi yapılmıştır. Dengeleme işlemi tamamlandıktan sonra fotoğraflar ve fotoğrafların eşleştirilmesi işlemi ile birlikte elde edilen nokta bulutu arazi koordinat sistemine optimize edilmiştir. Optimize Camera Alignment sekmesi ile yapılmıştır.

Eşleşmiş fotoğraflar arazi koordinat sistemine optimize edilmiştir. Akabinde nokta bulutunun sıklaştırılma işlemi gerçekleştirilmiştir. Workflow - Build Dense Cloud - Medium - Mild seçenekleri seçilerek Build Dense Cloud işlemi 19 saat 21 dakika sürdü. 953,729 nokta bulutu üretilmiştir.



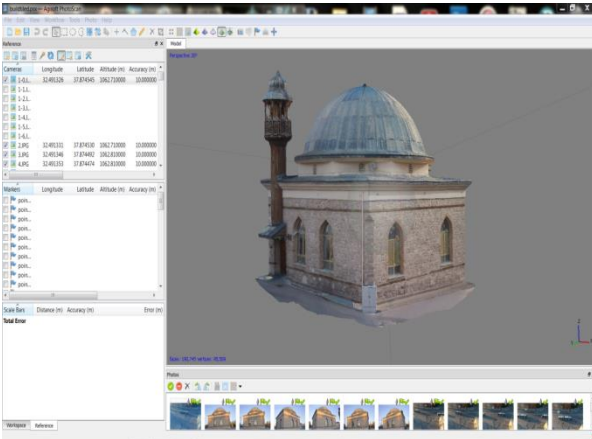
Şekil 13. Nokta bulutu sıklaştırması genel görünüm

Elde edilen yoğun nokta bulutundan katı model oluşturulmak üzere Workflow sekmesinden Build Mesh seçeneği seçildi. Çalışmamızda katı model oluşturmak için Arbitrary, Dense Cloud, High ve Enabled seçenekleri kullanılmıştır. Katı model; üretilmiş olan noktaların arasına çizgi ve yüzeyler oluşturulmasıyla elde edilmektedir.



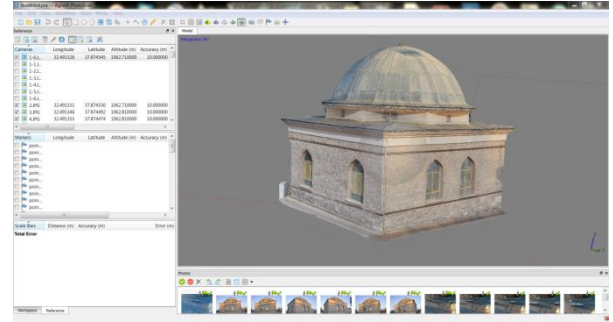
Şekil 14. Katı Model Oluşumu – Yüzey Kaplama – Üçgen Model

Build Mesh işleminden sonra katı modele cephelerin giydirilmesi için Workflow-Build Texture işlemi gerçekleştirilmiştir. Çalışmamızda Adaptive Ortofoto (dikey yüzeylerin giydirilmesinde kullanılır) Mosaic ve Enable Colour Correction seçenekleri kullanılmıştır. Process işlemi sonucunda katı modelin giydirilmesi tamamlandı.



Şekil 15. Katı modelin giydirilmesi işlemi (Build Texture)

Giydirilen objenin detaylarının ve kaplamalarının daha kaliteli görünmesi için Workflow menüsünden Build Tiled Model işlemi seçildi. Sonuç olarak; Ak Camii'ye ait üç boyutlu model koordinatlı olarak elde edilmiştir.



Şekil 16. Üç boyutlu modelin cephe görüntüsü (Build Tiled)

5. SONUÇLAR

Yapılan çalışmada; Konya İli, Selçuklu İlçesi, Ferhuniye Mahallesi'nde bulunan Ak Camii ile ilgili üç boyutlu model üretilmiştir. Üç boyutlu model üretimi saha çalışması ve ofis çalışması olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Tarihi eserin fotoğraf çekiminde Nikon D90 marka fotoğraf makinesi ile Dj Phantom 4 marka insansız hava aracı kullanılmıştır. Araziden elde edilen ITRF-96 koordinat sistemindeki noktalara ait koordinatlar Topcon Fc-250 marka GPS ile elde edilmiştir. GPS ile elde edilen koordinatların konum doğruluğu ± 2 cm ile ± 4 cm arasında değişmektedir. Elde edilen fotoğraflar Agisoft PhotoScan programında değerlendirilmiştir.

Elde edilen üç boyutlu model kültür varlıklarının belgelenmesi ve dokümantasyonu kapsamında ülkemiz ve devletimiz için önem arz etmektedir. Bu yüzden hem ülkemiz için hem de dünya kültür mirası açısından bu eserlerin aslına uygun bir biçimde korunması açısından gelecekte bir kaynak teşkil etmesi amaç edinilmektedir. Olası bir doğal afete veya fiziki müdahaleler karşısında kültürel miras niteliğinde olan tarihi eser binada oluşabilecek deformasyonlara karşı yapılacak aslına uygun restorasyon çalışmalarına doğru ve güvenilir bir kaynak oluşturulmuştur.

Yaptığım çalışma ile ülke genelinde kültür varlıklarının belgelenmesi ve dokümantasyonunun elde edilmesi çalışmaları kapsamında katkı sağlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Değerli katkılarını ve desteklerini benden esirgemeyen Prof. Dr. Murat YAKAR'a ve Dr. Ali ULVİ'ye en içten teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKÇA

- Campana, S. (2017). Drones in Archaeology. State-of-the-art and Future Perspectives. *Archaeological Prospection Journal*. 24(4), 275-296
- Gümüş, H., Koçak, F. (2010). Konya İl Merkezi Taşınmaz Kültür ve Tabiat Varlıkları Envanteri. *Konya Büyükşehir Belediyesi Taşınmaz Arşivi*.
- Remondino, F., Spera, M., G., Nocerino, E., Menna, F., Nex, F. (2014). State of the art in high density image matching. *The Photogrammetric Record Journal* 29(146), 144-146
- Ulvi, A., Yiğit, A., Y. (2019). Kültürel Mirasın Dijital Dokümantasyonu: Taşkent Sultan Çeşmesinin Fotogrametrik Teknikler Kullanarak 3B Modelinin Yapılması. *Türkiye Fotogrametri Dergisi* 1(1), 1 – 6
- Uysal, M., Toprak, A.S., Polat N. (2013). Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi. *TUFUAB VII. Teknik Sempozyumu*, Tabzon.
- Yakar, M., Yılmaz, H.M. (2008). Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması ve 3 Boyutlu modellemesi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Dergisi* 23(2), 25–33
- Yakar, M., Çetin, M., Yıldız, F., Metin, A., Uray, F., Kahya, İ., Çiçek, V. MERSİN LATİN İTALYAN KATOLİK KATEDRAL OKULU ÜÇ BOYUTLU MODELLEME ÇALIŞMASI VE ANİMASYONU *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı* 1822 Nisan 2011, Ankara
- Yakar, M., Orhan, O., Ulvi, A., Yiğit, A., Y., Yüzer, M., M. (2015). Sahip Ata Külliyesi Rölöve Örneği. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*

İnternet Kaynakları

URL-1.

www.agisoft.com

[Erişim Tarihi: 12.12.2019]

URL-2.

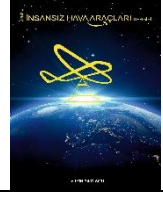
www.dji.com

[Erişim Tarihi: 03.11.2019]

URL-3.

<https://pix4d.com/>

[Erişim Tarihi: 05.01.2020]



Derleme Makalesi

İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı

Mustafa AKKAMIŞ^{*1}, Sevgi ÇALIŞKAN¹

¹ Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Ayhan Şahenk Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Niğde, Türkiye

Anahtar Kelimeler:

Uzaktan Algılama
İHA
Hassas tarım

ÖZ

Bitkisel üretimde sürdürülebilirliğin sağlanması yenilikçi tarım uygulamalarının uygulanması ile mümkündür. Bu yeniliklerin üretim alanında uygulanmasıyla tarım arazileri birçok açıdan iyileşmekte ve üretim verimliliği artırılmaktadır. Bu uygulamalardan bir tanesi olan hassas tarım son yıllarda bütün dünyada bilinen ve arazilerde giderek artan düzeyde uygulanmaya başlayan teknolojik değişimin öncüsü olmuştur. Hassas tarım uygulamalarından biri olan uzaktan algılama ise tarım arazilerinin özelliklerinin belirlenmesinde uydu ve uçak teknolojilerini kullanarak daha etkin tarımsal yönetim modeli oluşturmada üreticilere yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte son yıllarda uzaktan algılamada kullanılan uydu ve uçak sistemlerinin yerine daha yüksek çözünürlüklü görüntüler elde ederek diğer sistemlere göre hem hızlı hem daha ekonomik olan insansız hava araçları kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar bitki durumu inceleme, hastalık ve zararlı tespiti, bitkisel stres, verim tahmini, yabancı ot tespiti gibi işlemlerde geleneksel olarak yapılan yöntemlere göre daha hızlı, ekonomik ve daha verimli şekilde elde edilmektedir. Bu makalede insansız hava araçlarının genel yapısı ve tarımda kullanım alanları açıklanmış ayrıca bitkisel üretim amacıyla yapılan çalışmalar eklenerek insansız hava araçlarının bu çalışmalarda nasıl kullanıldığı açıklanmıştır.

Unmanned Aerial Vehicles and Usage in Agricultural Applications

Keywords:

Remote sensing
UAV
Precision Agriculture

ABSTRACT

Sustainability is possible in plant production through application of innovative agricultural practices. By applying innovations in the production area, agricultural lands are improved in many respects and the production efficiency is increased. Precision agriculture, which is one of applications, has been the pioneer of technological change, which has been known all over the world in recent years and has started to be applied gradually in the fields. Remote sensing one of the sensitive farming practices, helps producers to create more effective agricultural management model by using satellite and aircraft technologies in determining the characteristics of agricultural lands. However instead of satellite and aircraft systems used in remote sensing, unmanned aerial vehicles, which are both faster and more economical, have started to be used compared to other systems that obtain higher resolution images. These tools are obtained faster, economically and more efficiently in processes such as plant condition examination, disease and pest detection, plant stress, yield prediction, weed detection than the traditional methods. In article, the general structure of the unmanned aerial vehicles, their areas of usage in agriculture are explained, and how the unmanned aerial vehicles are used in these studies is explained by adding the studies conducted for the purpose of plant production.

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA);

*(mustafa4007@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-2760-0562
(sevcaliskan@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-7759-0809

Akkamış, M. & Çalışkan, S. (2020). İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 8-16.

Araştırma Makalesi
DOI: XXXXXXXXXXXXX

Geliş Tarihi: 23/03/2020; Kabul Tarihi: 07/05/2020

1. GİRİŞ

Teknolojinin her geçen gün ilerlemesi ve yaygınlaşması neredeyse bütün bilim alanlarında kullanılmasına olanak sağlamıştır. Günümüz teknolojisi geçmişe göre daha fazla fırsat verdiği için bundan geniş ölçüde yararlanılabilmektedir. Tarım da bu teknolojik gelişmeler çerçevesinde ileri düzey araştırmalar yapılacak bir alan haline gelmiştir. Arazilerde yapılan çalışmaların çoğu artık teknolojik aletler ile yapılarak daha az zaman ve işgücü ile yapılabilmektedir.

Uzaktan algılama, tarımsal işlemlerde kullanılan bu teknolojilerden birisidir. İlk olarak askeri amaçla kullanılan bu teknolojiler ile toprak özellikleri, yabancı ot ve hastalık ve zararlı durumu tespit edilebilmektedir. Uzaktan algılama teknolojilerinden birisi olan insansız hava araçları (İHA) son zamanlarda tarımsal üretim yapılan arazilerde kullanılmaya başlanmıştır. İnsansız hava araçları askeri ve sivil amaçlı olarak birçok işlemde uzun zamandır kullanılmaktadır. Bununla birlikte tarımda kullanımı her geçen gün artmaya devam etmektedir. Bu yüzden İHA'ların tarımda nasıl kullanılacağı ve yapılacak işlerde dikkat edilmesi gerekenler iyi bilinmelidir. İnsansız hava araçlarında bulunan farklı özelliklerden dolayı uydulardan elde edilen görüntüler ve yerden yapılan ölçümlere göre avantajlar sunmaktadır.

İHA tabanlı uzaktan algılama sistemlerinin geliştirilmesi, uzaktan algılama ve Hassas Tarım'ı bir adım öteye taşımıştır. Bitkileri izlemek için İHA'ların kullanılması, önceki yöntemlere kıyasla arazi verilerini kolay, hızlı ve uygun maliyetli bir şekilde elde etmek için büyük imkanlar sağlamaktadır. İHA tabanlı IoT (Internet of Things) teknolojisi, hassas tarımda uzaktan algılamanın geleceği olarak kabul edilir. İHA'ların alçak irtifada uçuş yeteneği sayesinde bitkilerin yüksek uzamsal çözünürlüklü görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlar. Ayrıca, İHA tabanlı izleme sistemleri, kullanıcının isteğine göre kullanılabilirlikleri için yüksek zamansal çözünürlüğe sahiptir (Tsouros vd., 2019).

Yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğü olan görüntüler elde edilmesi maliyeti düşürerek zamandan ve işgücünden tasarruf sağlar. Aynı zamanda kullanımının esnek olması ve havanın bulutlu olduğu koşullarda ölçüm yapabilmesi bu sistemleri avantajlı hale getirmektedir (Avdan ve ark., 2014). İnsansız hava aracı çoklu spektral görüntüleme sağlayabilen farklı kamera filtreleriyle bitkinin görüntülerini yakalayarak bitki sağlığı hakkında önemli bilgiler verir.

Tarım yapılan arazinin engebeli olmasından kaynaklanan sorunlar da İHA'ların arazide topladığı bilgiler ile gözlemlenebilir ve oluşan durum karşısında önceden önlem alınabilir. Ülkemizde tarım yapılan arazilerde İHA'ların kullanımı ile ilgili çalışmaların yapılması ile birlikte teknolojinin tarımla bütünleşmesinde en önemli adımlardan biri

atılmıştır. Bu sistemlerin giderek artması ile tarımsal faaliyetlerde çağın getirdiği olanaklardan olumlu düzeyde faydalanılabilmektedir. İHA'lar son zamanlarda Hassas Tarım (HT) için uzaktan algılama uygulamalarında çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Farklı tipteki sensörlerle donatılmış olan İHA'lardan, bitkilerin hangi bölgelerinin farklı bir yönetime ihtiyaç duydukları belirlenebilir (Kulbacki vd., 2018). İHA'lar ile bitkilerin hastalık-zararlı oranı ve sulamadan kaynaklanan farklılıklar incelenebilmektedir. Özel olarak üretilen kameralara sahip İHA'lar sayesinde hastalıklı ve stres durumundaki bitkiler incelenebilmektedir. Dünya çapında İHA'lar yalnızca veri toplama işlemlerinde değil bununla birlikte otonom ve programlanabilir kabiliyetleri sayesinde arazide istenilen bölgeye değişken oranlı uygulama yapılmasında da kullanılmaktadır. Yenilenen teknolojilerle daha az sürede daha fazla iş yapması ve gelişen uygulama alanları, İHA'ların önem düzeyini zamanla üst seviyelere çıkarmaktadır (Bozdoğan vd., 2016).

İHA ile yapılan ilaçlama, düşük çalışma yüksekliği, daha az sürüklenme, düşük maliyet ve yüksek esneklik avantajları sayesinde tarımsal havacılık uygulamalarında hızla gelişmektedir. Son zamanlarda düşük irtifa ve düşük hacimli ilaçlama için İHA tabanlı püskürtme sistemlerinin ve uygulama teknolojilerinin geliştirilmesi önemli bir ilerleme kaydetmiştir ve farklı ürünlere ilaçlama yapabilmek için çeşitli İHA türleri kullanılmaktadır (Lan vd., 2017). Aynı zamanda İHA'lar, tahılların ıslah ve çeşit geliştirme uygulamalarında üstün genotiplerin seçimi aşamasında istenmeyen durumları çözecek verimi yüksek olan fenotipleme çalışmaları için farklı bir stratejidir. İHA'lar, daha verimli olan ve biyotik, abiyotik streslere karşı önemli derecede direnç gösteren, yüksek verimli tahıl çeşitlerinin seçimini önemli ölçüde hızlandırabilecektir (Karaşahin ve Samancı, 2018). Bu çalışmada yapılan çalışmalar ve analizler doğrultusunda İHA'ların tarımsal üretimde hangi çalışmalarda kullanıldığı ve bu sistemlerin sağladığı avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir.

2. İNSANSIZ HAVA ARACININ TANIMI VE SINIFLANDIRILMASI

İnsansız hava araçları ile ilgili belirli bir tanım olmamakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan birkaç tanımı bulunmaktadır. Bunlardan yola çıkarak İHA en çok bilinen tanımıyla, içerisinde pilot bulunmayan, üzerinde amacına uygun olarak çeşitli aletler bulunduran, yerde bulunan bir pilot tarafından kontrol edilen veya önceden planlanan uçuş güzergahında otonom olarak yönlendirilen hava araçlarıdır (Kahveci ve Can, 2017). Aynı şekilde İHA'ların sınıflandırılması için de belirli bir standart bulunmamaktadır. Dolayısıyla sınıflandırma işlemine bakıldığında çalışmanın ihtiyacına göre

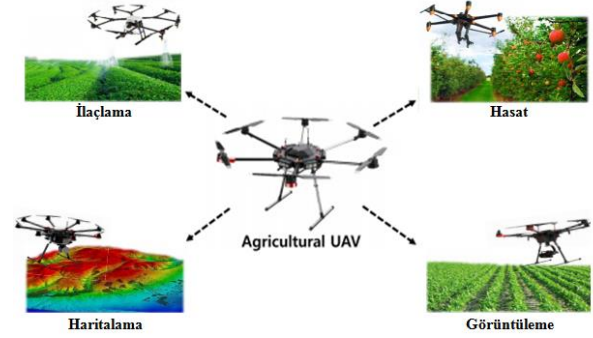
yapılması genelde ön plana çıkmaktadır. Sınıflandırmalara Tablo 1’de verilen başlıklar altında incelenebilmektedir. Tablo incelendiğinde İHA’lar farklı kullanım amacı ve teknik özelliklerine göre sınıflandırılmaktadır. Ancak bu sınıflandırmaların yanında en fazla kullanılan sınıflandırma, maksimum kalkış ağırlığı, gidebileceği mesafe, havada kalma süresi, çıkabileceği maksimum irtifa şeklinde yapılandırılır. Bu sınıflandırma dikkate alındığında ise İHA’lar genel olarak Mikro/Mini, Taktiksel, Stratejik ve Özel Görev İHA’ları olarak gruplandırılabilir (Korchenko ve Illyash, 2013; Yiğit vd., 2018).

Tablo 1. İHA’ların Sınıflandırılması (Korchenko ve Illyash, 2013; Yiğit vd., 2018)

Kullanım Alanına Göre	Sivil			Askeri	
	Kontrol Sisteminin Çeşidine Göre	Doğrudan	Gözlenen	Uyumsuz Otonom	Uyumlu Otonom
Uçuş Kurallarına Göre	Görerek		Aletli	Görerek- Aletli	
Kullanılan Alana Göre	Bölünmüş/Ayrılmış			Bölünmemiş/Ayrılmamış	
Aracın Tipine Göre	Uçak	Helikopter	Döner Kanat	Sabit Kanat	Güdümlü
Kanat Tipine Göre	Sabit			Döner	
Kalkış ve İniş Yönüne Göre	Dikey			Yatay	
Motor Tipine Göre	Gaz Türbinli		Elektrikli	Pistonlu	
Uçuş irtifasına göre	Düşük	Orta	Yüksek		

3. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARININ KULLANIM ALANLARI

Teknolojinin gelişmesiyle kullanım alanı da gelişen insansız hava araçları ilk olarak askeri amaçla kullanılmış ve 1916 yılında uçurulmuştur. Daha sonra insansız hava araçlarının sivil amaçla kullanıma başlanması 1950 yıllarında olmuştur. İnsansız hava araçları şimdiye kadar fotogrametri ve uzaktan algılama amacıyla kullanılmaya devam etmektedir. Örnek olarak: Harita yapımı, arkeolojik alanların incelenmesi, orman ve tarım uygulamaları, afet yönetimi olmak üzere birçok alanda insansız hava aracı kullanılmaya devam etmektedir (Rango vd., 2006; Çömert vd., 2012). Bu makalede daha çok İHA’ların tarımsal uygulamalarda kullanımı ele alınmıştır İHA’ların tarımsal üretimde hangi amaçla ve ne şekilde kullanıldığı ve bu teknolojinin gelecekte tarımsal amaçlı yapılacak olan çalışmalara öncülük edeceği düşünülen çalışmalar incelenmiştir.



Şekil 1. Tarımda farklı amaçlar için kullanılan İHA tipleri (Kim vd., 2016)

3.1 İnsansız Hava Araçlarının Tarımda Kullanıldığı Alanlar

Tarımda uzaktan algılama uygulamalarında genellikle yüksek zamansal çözünürlüğe sahip görüntüleme ihtiyacı vardır. Uydu görüntüleri ve uçak verilerinin elde edilmesi oldukça zordur ve maliyeti oldukça yüksektir. Bu nedenle Gps ve dijital kameralara sahip insansız hava araçları bütün dünyada araştırmaların odağı haline gelmiştir. İnsansız hava araçlarının tarımda kullanımını aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Urbahs ve Jonaite, 2013).

- Bitki örtüsünün kapladığı alanının belirlenmesi
- Bitki durumunun incelenmesi
- Bitki hastalıklarının belirlenmesi
- Doğal olaylardan zarar gören ürünün tanımlanması
- Bitki örtüsü ve biyokütle veriminin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi
- Verim tahmini
- Hasatta yapılan işlemlerin gözlemlenmesi
- Sonraki yetiştirme dönemi için toprağın incelenmesi
- Toprağın nem durumunun belirlenmesi
- Bitki fizyolojik değişimlerinin tahmin edilmesi
- Bitkide su stresinin belirlenmesi
- Yabancı otların tespiti
- Tarımsal ilaçlama

İnsansız hava araçları yukarıda belirtildiği gibi birçok tarımsal uygulamada kullanılmakta ve bu uygulamalar günümüzde giderek artmaktadır. Tarımsal üretimde genel anlamda İHA’lar hassas tarım uygulamalarında kullanılmaktadır. Bununla beraber İHA’lar bitki ve iklimsel koşulları incelemek amacıyla da kullanılmaktadır. Günümüzde en ucuz ve gelecekte en fazla kullanılacak arazi izleme türlerinden birisi insansız hava araçlarıdır. İHA’ların uçak ve uydulardan elde edilen görüntüleme göre bazı avantajları vardır. İHA’lar ile çekilen fotoğraflar istenilen herhangi bir zamanda elde edilebilir ve havanın bulutlu olmasından etkilenmediğinden arazinin tamamı görüntülenebilir. İHA’lar diğer sistemlere göre yüksek manevra kabiliyeti sayesinde yapılacak işlemde daha az zaman harcar ve

ulaşılması zor olan arazilerde kaliteli görüntü elde edilmesini sağlar (Urbahs ve Jonaite, 2013).

4. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE YAPILAN TARIMSAL UYGULAMALAR

İnsansız hava araçları istenilen zaman ve yerde esnek hareket kabiliyetlerine sahip olduklarından bitki türlerinin belirlenerek sınıflandırılması ve verimliliğinin tahmin edilmesi gibi çalışmalarda kullanılabilir. İHA'da bulunan kameralar ile yonca ve soya bitkilerinin tespiti yapılabilmekte ve elde edilen görüntüler kullanılarak türler sınıflandırılabilir (Doğan ve Yıldız, 2019). İHA'lar ile iklim verileri toplanabilir ve bu veriler bilgisayar yardımıyla işlenerek uygun ilaçlama zamanı ve uygulanacak kimyasal veya kimyasallar tespit edilebilir. Elde edilen fotoğrafların işlenmesi ile bitkide oluşabilecek herhangi bir olumsuzluğa karşı önceden müdahale edilebilmektedir (Reis, 2014).

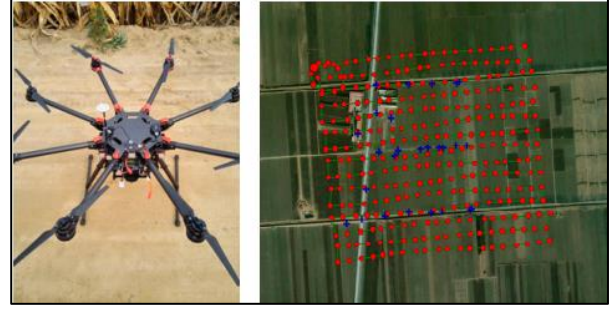
Bitki durumunu inceleme çalışmaları İHA'larla yapılabilmektedir. Bu amaçla yapılan bir çalışmada insansız hava aracıyla farklı gübre uygulaması yapılmış olan buğday bitkisinin yaprak alan indeksi ile yeşil normleştirilmiş bitki örtüsü indeksi (GNDVI) arasında önemli bir korelasyon ($R^2=0,85$) elde edildiği görülmüştür (Hunt ve ark., 2010). Aynı zamanda İHA ile üç boyutlu modelleme çalışmaları da yapılmaktadır. İHA ile alınan görüntüler ile arazinin üç boyutlu görüntüsü elde edilebilmekte ve verim tahmini yapılabilmektedir. Geipel vd. (2014), yaptıkları çalışmada spektral ve zamansal olarak İHA ile alınan görüntülerin üç boyutlu modellemesi yapılarak mısır verim tahmini için kullanılabilirliğini bildirmişlerdir.

4.1. Fenotipleme Çalışmalarında İHA Kullanımı

Hassas tarım ve uzaktan algılama çalışmalarında, arazideki bitki fenotipleri hakkında bilgi sağlayarak izleme ve görüntüleme yapılabilmektedir. Yani uydu ve uçakla elde edilen görüntüler uzaktan algılama için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu yöntemler büyük alanlar için mekansal çözünürlük sağlanmasına rağmen bitki fenotiplemesi için istenilen çözünürlüğe sahip değildirler. Ancak, İHA'lar tarımsal alan gözetimi için gelecek vaat eden bir teknolojidir. Çünkü İHA'lar tarafından çekilen görüntüler hem yüksek mekansal çözünürlük hem de hızlı geri dönüş kapasitesine sahiptir. (Berne vd., 2009).

Patateste geç yanıklığı direncinin değerlendirilmesi için fenotipleme çalışması İHA ile yapılan çalışmada farklı çeşitlerin olduğu 262 parselden oluşan bir arazi tasarlanmıştır. Çalışmada hem görsel değerlendirme hem de havadan alınan 11 fotoğrafın değerlendirilmesi yapılmıştır. İHA ile alınan hava fotoğrafları görüntü işleme yazılımına aktarılarak hastalık şiddeti tahmin edilmeye çalışılmıştır. Araştırmacılar çalışmayı iki yetiştirme sezonunda da denemiş ve hastalık şiddetinin

tahmininde İHA görüntülerinin geleneksel görsel değerlendirmeden daha etkili olduğu sonucuna varmışlardır. Bununla birlikte, ıslah amacıyla bitki fenotiplemesinde geleneksel uzaktan algılamanın uygulanması veri elde etmenin pahalı olması ve mekansal çözünürlüğün düşük olmasından dolayı sınırlıdır. Bu yüzden İHA kullanımı ile ıslah programlarında hedeflenen fenotipleme doğru bir şekilde yapılabilmektedir. Yu ve ark. (2016) soya bitkisinde yapılan denemede İHA ile yüksek çözünürlüklü olarak elde edilen görüntülerin ıslah edilen bitkilerin verim tahmininde kullanılabilirliğini belirtmişlerdir.



Şekil 2. Fenotiplemede kullanılan İHA platformu (Sol) ve örnek uçuş güzergahı (Sağ) (Su ve ark., 2019)

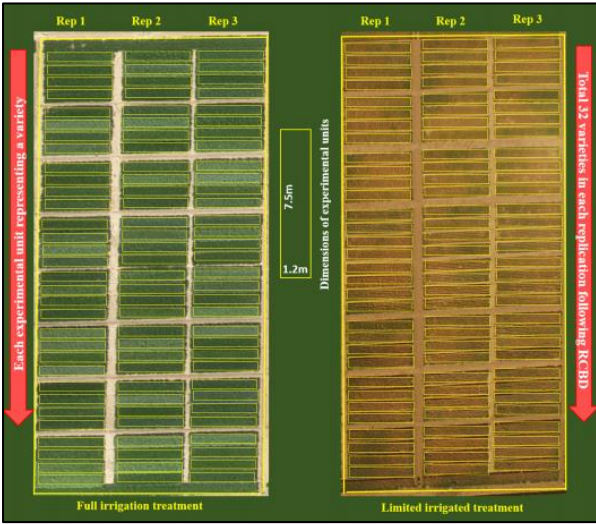
Yukarıda verilen şekilde de görüldüğü gibi Su ve ark., (2019) İHA kullanarak mısır bitkisinde fenotipleri karşılaştırmışlardır. Bu amaçla yaptıkları çalışmada bitki boyu ve yaprak alan indeksi tahmin edilmiştir. İHA'lerden elde edilen görüntülerden digital yüzey modeli çıkarılmış ve bunun bitki boyu ile olan ilişkisi $R^2 = 0.78$ olarak elde edilmiştir. Yaprak alan indeksi tahmini için de fiziksel radyasyon transferi PROSAIL modeli, hem büyümenin orta döneminde ($R^2 = 0.7490$, RMSE = 0.3443) hem de daha sonraki büyüme dönemlerinde ($R^2 = 0.7450$, RMSE = 0.3154) doğru bir tahmin performansı göstermiştir.

4.2. Verim Tahmininde İHA kullanımı

Tarım arazilerinin verimliliğinin izlenmesi geleneksel yöntemler ile çok zaman almakta ve etkin bir başarı sağlanamamaktadır. Bu yüzden arazilerde uzaktan algılama yöntemlerinden yararlanmak bu sorunu ortadan kaldırabilmektedir. Belirli bir yükseklikten elde edilen görüntüler görüntü işleme yöntemleri ile analiz edilebilir (Tabanlıoğlu vd., 2014). Bunun sonucunda ürün verimi ile ilgili tahminler yapılabilir.

Stroppiana ve ark. (2015) İtalya'nın kuzey bölgesinde çeltik arazisinde yaptıkları denemede İHA (DJI S1000 Octocopter) üzerindeki multispektral sensör (Tetracam ADCMicro) ile ürün verimini tahmin etmeye çalışmışlardır. Görüntüler yeryüzünün 70 m yukarısından alınmıştır. Alınan görüntülerin yeşil, kırmızı ve yakın kızılötesi yansımalarının oluşturulması için işlenmiştir. Aynı zamanda NDVI (Normalized Difference Vegetation

Index) ve RGRI (Red Green Ratio Index) bitki örtüsü indeksleri hesaplanarak çeltik verimi ile karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda arazideki ürün verimini tahmin etmede İHA görüntüleri ile yansıma görüntüleri arasında $R^2=0,42-0,54$ korelasyon elde edildiği ve bu görüntülerin hassas tarım uygulamalarında başarılı bir şekilde kullanılabilmesi belirtilmiştir (Stroppiana vd., 2015). Bu teknoloji geleneksel olarak yapılan görüntüleme çalışmalarına göre daha hızlı ve daha az maliyetli olduğu için İHA ile verim tahmin etme çalışmaları günümüzde giderek artmaktadır. Bir diğer çalışmada ise Furukava ve ark., (2020) mısırdaki verimi tahmin etmek amacıyla İHA verilerini kullanmışlardır. İHA ile elde edilen görüntülerden oluşturulan NDVI değerleri hasat verileri ile karşılaştırılmış ve R^2 değerinin 0,51 düzeyinde olduğunu tespit etmişlerdir. Bu değer İHA ile verim için oldukça kabul edilebilir olduğunu bildirmişlerdir.



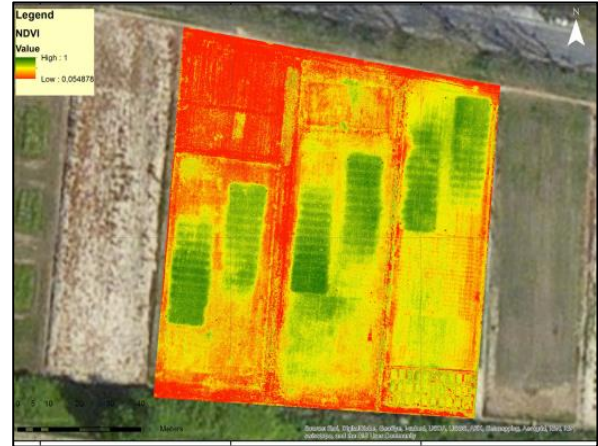
Şekil 3. İha ile farklı sulama yönetimi uygulanmış alanların verim tahmini amacıyla alınan görüntüler (Hassan vd., 2019)

4.3. Bitki Besleme ve Sulama Uygulamalarında İHA Kullanımı

Gübre uygulamaları bitkilerin büyümesini, rengini ve verimini etkilemektedir. Bu gübrelerden biri olan azot, yüksek hareket kabiliyeti nedeniyle arazide mekansal çözünürlüğe sahip bir besin olarak gözlenmektedir. Diğer yandan bitki yapraklarındaki azot klorofil molekülünde bulunduğu için azot ile klorofil içeriği arasında önemli bir ilişki vardır. Bu nedenle azot miktarını yüksek çözünürlükle izleyebilen sensörler alana özgü yapılacak uygulamalarda yararlı bilgiler sağlayacaktır. Agüera ve ark. (2011), bu amaçla insansız hava aracından alınan görüntüler ile yerden algılama yapan bir platformu (Pacific Vision, Inc.- çok spektrumlu radyometre) karşılaştırmışlardır. Bitki yetiştirme dönemi boyunca her iki sistem ile dört görüntü alınmış ve bunlardan azot durumu ile ilgili bir indeks hesaplanmıştır. Araştırma sonucunda hesaplanan

Normalleştirilmiş Fark Bitki İndeksi (NDVI) her iki sistem ile azot miktarını iyi derecede sağlamıştır. Ancak İHA'lar ile toprak ve gölge ile kaplı alanın ölçümü mümkün olduğundan İHA'dan elde edilen sonuçların diğer sisteme göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

İHA görüntüleri ile elde edilen yansıma verileri ile bitkinin gerçek besin maddesi ihtiyacını belirlemek hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlamaktadır. Çim bitkisi üzerinde yapılan bir çalışmada İHA ve el tipi görüntüleme aleti 3 farklı çim çeşidinin spektral yansımasını karşılaştırmak ve bunların N miktarı tahmininde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda el tipi alet ile İHA arasında önemli bir korelasyon (0,83 - 0,97) elde edilmiştir. İHA görüntüleri, çim bitkilerinin N durumunu ve mekansal değişkenliğini yeterli bir şekilde değerlendirebileceği ve golf sahaları veya yarış sahaları gibi geniş alanlar için İHA ile elde edilen veriler ile çim yönetiminin optimize edilebileceği açıklanmıştır. Ancak küçük yeşil alanlar için, el tipi sensörün daha ucuz ve daha pratik bir seçenek olabileceğine de dikkat edilmelidir.



Şekil 4. İnsansız hava aracına monte edilen Tetracam ADCMicro tarafından alınan çim arazisinin RGB görüntüsü (Caturegli vd., 2016).

Uzaktan algılama sistemlerinin içinde bulunan insansız hava araçları arazi içindeki mekansal değişimleri ve alana özgü yönetim sistemlerinin uygulanmasına olanak sağlamaktadır. Hassas sulama uygulamaları bu uygulamalar içerisinde değerlendirilebilir ve bu sayede su tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunabilir. Dolayısıyla İHA verileri ile arazinin su durumu belirli indekslerle belirlenebilir ve ardından ihtiyaca göre sulama yapılabilir. Üzüm bağında yapılan multispektral ve termal kameraya sahip İHA çalışmasında bağın su içeriği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen görüntü indeksleri ile stoma iletkenliği ve gövde su potansiyeli arasında bir ilişki bulunmuştur. Sonuç olarak, İHA kullanılarak yapılan termal ve multispektral görüntüler, bağ içindeki su durumunun mekansal değişkenliğinin değerlendirilmesine ve haritalandırılmasına olanak tanıdığı belirlenmiştir (Baluja vd., 2012). Bitki

örtüsü haritaları, ışımıyı önleme ve evaporatif yüzey alanı ile doğrudan ilişkili olduğundan sulamada buharlaşma katsayısını belirlemek için kullanılır. Chen ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada pamuk ve yer fıstığının sulama homojenliğini ve bitki katsayısını oluşturabilmek amacıyla İha kullanmışlardır. Çalışmanın sonunda kırmızı-yeşil vejetasyon indeksi (GRVI) değerinin NDVI'dan daha doğru sonuçlar ortaya koyduğu sonucuna varmışlardır.

4.4. Bitki Örtüsü Tahmininde ve Bitki Sayımında İHA Kullanımı

Yaprak alan indeksi (LAI), bitki yetiştirmede kullanılan en yaygın indekslerden birisidir. Bitki örtüsünün kapladığı alan (kanopi) ve yapısı LAI ile ilişkilidir. Bu yaklaşımdan yola çıkarak İHA ile bitki örtüsünün ölçümü uzaktan değerlendirilebilir. Soğanda yapılan bir çalışmada sekiz ayrı parselde ekili olan bitkilerin İHA ile görüntüleri alınmıştır. Görüntüler farklı modeller ile analiz edilmiş ve LAI ile kanopi arasında doğrusal bir ilişki olduğu tespit edilmiştir ($R^2=0,83$). Araştırmada ayrıca LAI ile kanopi arasındaki ilişkinin bitki gelişme dönemine göre değiştiği belirtilmiştir (Corcoles vd., 2013). İHA'nın bu işlemlerde kullanılması daha basit olmakta ve daha az zaman almaktadır. Bununla beraber bu sistemler yüksek maliyetli olduğundan daha büyük arazilere sahip çiftçiler tarafından veya kooperatifler aracılığıyla karşılanabilir.

Tarım arazilerindeki ağaçların kapladığı alan, yüksekliği ve taç genişliği (yoğunluğu) gibi geometrik parametreler bitki durumunu incelemede faydalı bilgiler sağlayabilir. Ancak bu bilgilerin alınması oldukça zaman almakta ve çok yoğun işgücü gerektirmektedir. Buna bağlı olarak yapılan bir çalışmada İHA ile ağaçlar üç boyutlu olarak izlenmiştir. Çalışma iki aşamalı olarak değerlendirilmiştir. İlk aşamasında İHA ile dijital yüzey modelleri elde edilmiş ve ikinci aşamada nesne tabanlı görüntü işleme teknikleri uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre hem tek ağaç hem de bütün ağaçlık alan % 97 ye varan doğruluk ile tahmin edilmiştir (Torres-Sánchez vd., 2015). Oluşturulan üç boyutlu haritalar ile ağaçlar ve arazi arasındaki bağlantılar belirlenebilir ve hassas tarım yapılarak yönetilen arazinin çevreye etkileri optimize edilebilir.



Şekil 5. İnsansız hava aracı ile kivinin bitki örtüsünün değerlendirilmesi (Xue vd., 2019)

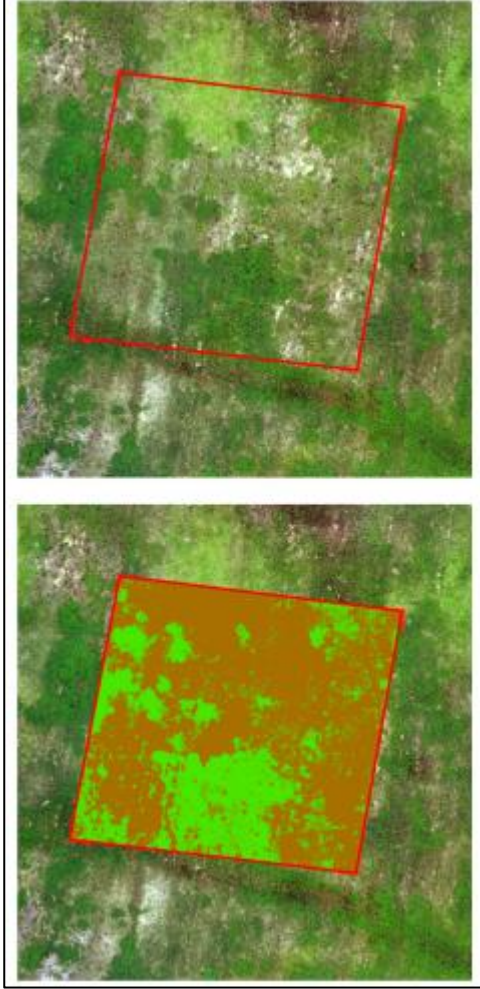
İHA'lar arazilerde uydu görüntülerinden daha avantajlı oldukları için bitki sayımı için kullanılabilirler. Alçak irtifada uçurulan İHA'lar ile elde edilen görüntülerden görüntü işleme uygulaması ile bitki sayımı yapılabilmektedir. Nitekim yapılan çalışmalara bakıldığında Nasip ve ark. (2015) % 89 ve Neto ve Miranda, (2009) % 92 oranında başarı yakalamışlardır. Bir diğer çalışmada ise Tavus ve ark. (2015), k-NN (k-En Yakın Komşu) yöntemi kullanarak bakla ve bezele bitkilerinin sayımını % 87.7 doğrulukla tespit etmişlerdir. Sonuçlar İHA ile bitki sayımının oldukça olumlu sonuçlar verdiğini göstermektedir.

4.5. Bitki Koruma Çalışmalarında İHA Kullanımı

Tarım arazilerinde pestisit ve gübre uygulamaları ürün veriminde oldukça önemlidir. Bu uygulamalar traktör, insan ve uçak ile yapıldığı zaman ekinler zarar görebilir ve dengesiz ilaçlama yapılabilir. Ayrıca uçak ve helikopter ile yapılan ilaçlama işleminde yan arazilere zarar verme potansiyeli olmakla birlikte maliyeti de oldukça yüksektir. İHA'ların kullanımı bu işlemlerde özellikle püskürtme uygulaması yapılırken hızlı ve etkili olmasından dolayı giderek artmaktadır. Bununla beraber püskürtülmeyen alan kalması veya üst üste aynı yere uygulanması verimi azaltıcı derecede etki yapabilir. Püskürtme sırasında rüzgarın yönü ve şiddeti de uygulama çözünürlüğünü olumsuz etkileyecektir. Faiçal ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada bu etkileri ortadan kaldırmak için bir algoritma geliştirmişlerdir. İHA yerdeki kablosuz sensör ağından verileri alır ve bu bilgiler ile belirli rotalarda rüzgarın şiddeti ve yönüne göre pestisit ve gübre uygulaması yapar. Araştırma sonucunda kablosuz sensör ağından 10 saniye aralıkla gönderilen bilgilerin 30 saniye aralıkla gönderilen bilgilere göre % 14 ve hiçbir bilgi göndermeden yapılan ilaçlamaya göre ise % 27 oranında ilaç kullanımını azalttığı tespit edilmiştir. Bir diğer çalışmada ise (Ay ve Ince, 2015), herhangi bir arazide kullanılabilecek bir İHA sistemi geliştirmişlerdir. Sistem, İHA'yı kontrol eden bir otopilot, yer kontrol istasyonu ve püskürtme mekanizmasından oluşmaktadır. Geliştirilen sistem ile herhangi bir arazide ilaçlama yapılmadan önce İHA'nın menzili, havada kalma süresi ve ne kadar dolmuş yapacağı önceden belirlenmiştir.

Tarımsal zararlıların izlenmesi için geleneksel uzaktan algılama yöntemleri, uzun zaman alan, yüksek maliyetli ve düşük doğrulukta olmaları nedeniyle tarımda etkin bir şekilde kullanılmamaktadır. Bunların yerine İHA'larla yapılan uzaktan algılama, zararlıların sadece bölgesel ve uzun süreli izlenmesine değil, aynı zamanda kontrolü için bilimsel bir temel sağlamaktadır. Yani, zararlı kontrolü zamanında ve etkin bir şekilde yapılmaktadır. Yue ve ark., (2012) zararlıların incelenmesi amacıyla yaptıkları çalışmada bitkileri sağlıklı, hafif hasarlı, ciddi hasarlı ve ölü bitki olarak ayırmışlardır. Alınan

görüntülerde sağlıklı bitkinin koyu yeşil, ölü bitkinin ise toprak rengine yakın olduğu ve hafif hasarlı bitkinin sağlıklı bitkiden biraz daha açık renkte olduğu gözlenmiştir. Ayrıca ciddi hasarlı bitkilerin sarı-yeşil renkte olduğu da belirlenmiştir. Sonuç olarak İHA'ların zararlı görüntülemesini algılamada geleneksel yöntemlere kıyasla daha hızlı ve daha az maliyetle yaptığını ve İHA'ların bu avantajları sayesinde hassas tarımda daha fazla uygulanmasının mümkün olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 6. K. Striata ile istila olmuş çim arazisi ve alt tarafta görüntünün renklendirilmiş sınıflandırılması (Hunter vd., 2019)

Yukarıda verilen şekilde de görüldüğü gibi alana özgü yapılan yabancı otları istila edilmiş arazinin önce haritası çıkarılır ve ardından bu haritalara göre uygulama yapılır. Bitki koruma çalışmalarında kullanılan İHA'ların traktörle yapılan geleneksel ilaçlama yöntemlerine göre bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Düşük yakıt tüketimi, daha verimli çalışma, daha az kimyasal uygulanması, düşük gürültü, operatörün kimyasaldan etkilenmemesi, düşük püskürtme oranı avantajları arasında yer alırken rüzgarın belli bir değerden yüksek olmasından dolayı kimyasalların sürüklenmesi, küçük ve yüksek engellere sahip arazilerde uygulama yapılmasının zorluğu, çok büyük arazilerde ise birkaç defa uçuş yapılma

zorunluluğu dezavantajları arasında sayılabilir (Pederi ve Cheporniuk, 2015).

Yabancı otların yok edilmesi için uygulanan herbisit miktarını optimize edebilmek için arazinin doğru ve anlık yabancı ot haritalarına ihtiyaç duyulur. Bu durumda yabancı otların sayısını ve miktarını tespit edebilmek için İHA'lar kullanılabilir. Bu çalışmalar spektral, mekansal ve zamansal çözünürlüklerden önemli derecede etkilenebilmektedir. Ayçiçeği ekili arazide yapılan çalışmada görünür ve yakın kızılötesi kameralarla elde edilen görüntüler ve nesne tabanlı görüntü analizi tekniği ile yabancı otlar belirlenmiştir. Her iki kamerada da en yüksek doğruluğun (%91) ekimden 50 gün sonra 40 m yükseklikten yapılan görüntülemelerden elde edildiği gözlenmiştir (Peña ve ark., 2015).

5. SONUÇLAR

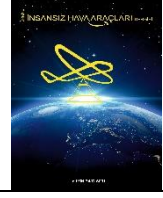
İnsansız hava araçlarının uzaktan algılama çalışmalarında kullanılmakta olan uydu ve uçaklara göre daha doğru, hızlı ve düşük maliyetli veriler kazandırması bu teknolojinin giderek yaygınlaşmasını sağlayacaktır. Bu araçlar ile elde edilen görüntüler görüntü işleme yazılımında değerlendirilerek amaca uygun hale getirilip uygulama yapılmaktadır. Bu sayede daha az işgücü ile daha kısa sürede uygulama yapılabilir. İHA'lar özellikle bitki koruma çalışmalarında traktör ile yapılan işlemlerde oluşan toprak sıkışıklığı ve sürüklenmeyi azalttığı için daha etkin bir uygulama sağladığından bu çalışmalarda daha fazla tercih edilmektedir. Dolayısıyla tarımsal ilaç kullanımı bu sistemler ile azaltılmakta ve bu sayede çevrenin korunması da sağlanmaktadır. Günümüzde bu araçların büyük arazilerde kullanımının uygun, küçük arazilerde ise uygun olmadığı belirtilmektedir. Ancak teknolojinin her geçen gün gelişmesi ile birlikte bu sistemlerin maliyetinin giderek azalması beklenmektedir. Bununla birlikte ülkemizde insansız hava araçlarının kullanımının yaygınlaşmasındaki engel yasal olarak bu araçların kullanımının izin gerektirmesidir.

KAYNAKÇA

- Agüera, F., Carvajal, F., Pérez, M. (2011). Measuring sunflower nitrogen status from an unmanned aerial vehicle-based system and an on the ground device. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, (s. 33-37). Zurich.
- Avdan, U., Bilget, Ö., Cömert, R., Savaşlı, E., Önder, O. (2014). İnsansız hava araçları yardımı ile tarımsal alanlarda yeşil bant normalize edilmiş bitki indeksi hesaplanması. 5. *UZAKTAN ALGILAMA-CBS SEMPOZYUMU*. İstanbul.

- Ay, F., Ince, G. (2015). Application of Pesticide Using Unmanned Aerial Vehicle. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Baluja, J., Diago, M. P., Balda, P., Zorer, R., Meggio, F., Morales, F., Tardaguila, J. (2012). Assessment of vineyard water status variability by thermal and multispectral imagery using an unmanned aerial vehicle (UAV). *Irrig. Sci.*, 511-522.
- Bozdoğan, A. M., Bozdoğan, N.Y., Öztekin, M. E., Keiyinci, S. (2016). Hassas Tarımda İnsansız Hava Aracı Kullanımı. International Multidisciplinary Congress of Eurasia. Odessa, Ukraine. 11-13 July 2016. 686-691.
- Caturegli, L., Corniglia, M., Gaetani, M., Grossi, N., Magni, S., Migliazzi, M., Volterrani, M. (2016). Unmanned Aerial Vehicle to Estimate Nitrogen Status of Turfgrasses. *Plos One*, 1-13.
- Corcoles, J. I., Ortega, J. F., Hernandez, D., Moreno, M. A. (2013). Estimation of leaf area index in onion (*Allium cepa* L.) using an unmanned aerial vehicle. *Biosystems engineering*, 31-42.
- Çömert, R., Avdan, U., Şenkal, E. (2012) İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler . *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu* . 16-19 Ekim 2012. Zonguldak.
- Dean, H., Fujikawa, S. J., Linden, D. S., Daughtry, C. S., McCarty, G. W., Hunt, R. (2010). Acquisition of NIR-Green-Blue Digital Photographs from Unmanned Aircraft for Crop Monitoring. *Remote Sensing*, 290-305.
- Doğan, Y., Yıldız, F. (2019). İha ile multispektral kameralardan sağlanan görüntüler yardımıyla bitki türlerinin sınıflandırılması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 16-22.
- Faiçal, B. S., Costa, F., Pessin, G., Ueyama, J., Freitas, H., Colombo, A., Braun, T. (2014). The use of unmanned aerial vehicles and wireless sensor networks. *Journal of Systems Architecture*, 393-404.
- Furukawa, F., Maruyama, K., Saito, Y.K., Kaneko, M. (2020) Corn Height Estimation Using UAV for Yield Prediction and Crop Monitoring. Unmanned Aerial Vehicle: Applications in Agriculture and Environment (e-book). 51-69.
- Geipel, J., Link, J., Claupein, W. (2014). Combined Spectral and Spatial Modeling of Corn Yield Based on Aerial Images and Crop Surface Models Acquired with an Unmanned Aircraft System. *Remote sensing*, 10335-10355.
- Hassan, M. A., Yang, M., Rasheed, A., Yang, G., Reynolds, M., Xia, X., Xiao, Y., He, Z. (2019). A rapid monitoring of NDVI across the wheat growth cycle for grain yield prediction using a multi-spectral UAV platform. *Plant Science*; 282; 95-103.
- Hunter, J. E., Gannon, T. W., Richardson, R. J., Yelverton, F. H. Leon, R. G. (2019). Integration of remote-weed mapping and an autonomous spraying unmanned aerial vehicle for site-specific weed management. *Pest Management Science*; 76 : 1386 - 1392.
- Karaşahin, M., Samancı, A. (2018). Mini İnsansız Hava Aracının Tahıl Islah Parsellerinde Fenotipik Seleksiyonda Kullanılabilirliği. *Selcuk J Agr Food Sci*; 32(3): 616-623.
- Kahveci, M., Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve türkiye'deki yasal durumu. *S.Ü. Müh. Bilim ve Tekn. Dergisi*, 5(4), 511-535.
- Kim, J., Kim, S., Ju, C., SoN, H. (2016). Unmanned Aerial Vehicles in Agriculture: A Review of Perspective of Platform, Control, and Applications. *IEEE*, 1-17.
- Korchenko , A. G., Ilyash, O. S. (2013). The Generalized Classification of Unmanned Air Vehicles. *IEEE 2nd International Conference*, (s. 28-34).
- Kulbacki, M.; Segen, J.; Knie'c, W.; Klempous, R.; Klwak, K.; Nikodem, J.; Kulbacka, J.; Serester, A. Survey of Drones for Agriculture Automation from Planting to Harvest. In Proceedings of the 2018 IEEE 22nd International Conference on Intelligent Engineering Systems (INES), Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 21-23 June 2018; pp. 353-358.
- Lan, Y., Shengde, C., Fritz, B. K. (2017). Current status and future trends of precision agricultural aviation technologies. *Int J Agric & Biol Eng*; 10(3): 1-17.
- Neto, J. C., Miranda, J. I. (2009). A genetic algorithm for citrus tree counting and canopy diameter estimation . *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto* (s. 6797-6804). Natal: INPE.

- Pederi, Y., Cheporniuk, H. (2015). Unmanned Aerial Vehicles and New Technological Methods of Monitoring and Crop Protection in Precision Agriculture. *3rd International Conference Actual Problems of Unmanned Aerial Vehicles Developments* (s. 298-301). IEEE.
- Peña, J., Torres-Sánchez, J., Serrano-Pérez, A., Castro, A., López-Granados, F. (2015). Quantifying Efficacy and Limits of Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology for Weed Seedling Detection as Affected by Sensor Resolution. *Sensors*, 5609-5626.
- Rango, A., Laliberte, A., Steele, C., Herrick, J. E., Bestelmeyer, B., Schmutz, T., Jenkins, V. (2006). Using Unmanned Aerial Vehicles for Rangelands: Current Applications and Future Potentials. *Environmental Practice*, 159-168.
- Reis, M. (2014). İnsansız Hava Araçları ile Bitki Koruma ve Tarım Uygulamaları. *ISITES*, (s. 1445-1449). Karabük.
- Su, W., Zhang, M., Bian, D., Liu, Z., Huang, J., Wang, W., Wu, J., Guo, H. (2019). Phenotyping of Corn Plants Using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Images. *Remote Sensing*; 11: 1-19.
- Şenyer, N., Ergün, E., Nasip, Ö. F. (2015). Plant counting with low altitude image processing. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Tabanlıoğlu, A., Yücedağ, A. Ç., Tüysüz, M., Tenekeci, M. E. (2014). Multicopter Usage for Analysis Productivity in Agriculture on GAP Region. *23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Tavus, M. R., Eker, M. E., Şenyer, N., Karabulut, B. (2015). Plant Counting By Using k-NN Classification on UAVs Images. *23rd Signal Processing and communications Applications Conference (SIU)*. Malatya: IEEE.
- Torres-Sánchez, J., López-Granados, F., Serrano, N., Arquero, O., Peña, J. (2015). High-Throughput 3-D Monitoring of Agricultural-Tree Plantations with Unmanned Aerial Vehicle (UAV) Technology. *Plos One*, 1-20.
- Tsouros, D.C., Bibi, S., Sarigiannidis, P.G. (2018) A Review on UAV-Based Applications for Precision Agriculture. *Information*; 10(349): 1-26.
- Urbahs, A., Jonaite, I. (2013). Features of the use of unmanned aerial vehicles for agriculture applications. *AVIATION*, 170-175.
- Xue, J., Fan, Y., Su, B., Fuentes, S. (2019) . Assessment of canopy vigor information from kiwifruit plants based on a digital surface model from unmanned aerial vehicle imagery. *Int J Agric & Biol Eng*; 12(1): 165-171.
- Yiğit, E., Yazar, I., Karakoç, H. (2018). İnsansız hava araçları (İha) ' nin kapsamlı sınıflandırması ve gelecek perspektifi. *Sürdürülebilir Havacılık Araştırmaları Dergisi*, 3(1), 10-19.
- Yu, N., Li, L., Schmitz, N., Tian, L., Greenberg, J., Diers, B. (2016). Development Of Methods To Improve Soybean Yield Estimation And Predict Plant Maturity With An Unmanned Aerial Vehicle Based Platform. *Remote Sensing of Environment*, 91-101.
- Yue, J., Lei, T., Li, C., Zhu, J. (2012). The application of unmanned aerial vehicle remote sensing in quickly monitoring crop pests. *Intelligent Automation and Soft Computing*, 1043-1052.



Araştırma Makalesi

Heyelan Bölgesinin İHA Kullanarak Modellenmesi

Aydın ALPTEKİN*¹, Murat YAKAR¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Heyelan
İHA
DSM
Ortofoto
3B Model

Heyelanlar can ve mal kaybına neden olan doğal afetlerdendir. Zemin ve kaya kütleleri üzerindeki kuvvetlerin değişmesi sonucu oluşan heyelanlar Türkiye’de yaygın olarak görülmektedir. Engelibeli araziler heyelana meyilli bölgelerdir. Heyelan olayı sonucu yerküre yeniden şekillenmektedir. Son yıllarda uzaktan algılama teknikleri ile afet bölgesinin modellenmesi ve izlenmesi yaygın bir hale gelmiştir. Mersin İli Çukurkeşlik Mahallesi’nde aşırı yağışların tetiklemesi sonucu bir heyelan meydana gelmiştir. Bu çalışmada heyelan bölgesinin modellenmesi insansız hava aracı (İHA) kullanarak yapılmış, arazinin sayısal yüzey modeli (DSM) ve ortofotosu üretilmiştir. Bu çalışma ile arazinin 3B modelinin İHA kullanarak kısa sürede ve yüksek hassasiyette üretilebileceği sonucuna varılmıştır.

Modelling of a Landslide Site Using a UAV

ABSTRACT

Keywords:

Landslide
UAV
DSM
Orthophoto
3D Model

Landslides are natural disasters that cause loss of life and property. Landslides formed as a result of changing the forces on the soil and rock masses are common in Turkey. Rough lands are areas prone to landslides. As a result of the landslide event, the earth is being reshaped. In recent years, modeling and monitoring of the disaster area has become common with remote sensing techniques. A landslide occurred in Mersin Province Çukurkeşlik District as a result of triggering excessive rainfall. In this study, modeling of the landslide zone was made by using unmanned aerial vehicle (UAV), and the digital surface model (DSM) and orthophoto of the land were produced. With this study, it was concluded that the 3D model of the land can be produced in a short time and with high precision by using UAV.

1. GİRİŞ

Türkiye sahip olduğu jeomorfolojik özelliklerinden dolayı sıklıkla doğal afetlere maruz kalmaktadır. Deprem, sel, dolu, heyelan, kaya düşmesi ve çığ felaketleri her yıl görülmektedir. Türkiye’de yerleşim yerlerinin her birinde en az bir doğal afet görülmektedir.

24 Ocak 2020 tarihinde merkez üssü Elazığ-Sivrice olan 6.8 (Mw) büyüklüğündeki depremde 41 kişi hayatını kaybetmiş ve 1607 kişi yaralanmıştır (Sarı ve Türk, 2020). 31 Ağustos 2017 tarihinde Trabzon’da dolu afeti meydana gelmiş ve maddi hasar yol açmıştır (Özdemir vd., 2019).

Heyelan can ve mal kaybına yol açan ve en sık görülen doğal afetlerdendir. Tektonik hareketler, aşırı yağışlar ve kontrolsüz kazılar kütle hareketlerinin başlıca sebeplerindendir. Zemin ve kaya kütleleri üzerindeki kuvvetlerin değişmesi sonucu heyelan olayı meydana gelmektedir. Heyelan olayı sayesinde yeryuvarı yeniden şekillenir. Heyelanları izleyebilmek için jeomorfolojik, hidrojeolojik, jeofizik ve jeodezik gözlemler yapmak gerekmektedir. Heyelanların oluşmasındaki sebepler topuk ve yamaç aşınması, ek yükleme ve yamaç örtüsünü kaldırma olarak gösterilebilir. Heyelanları önlemek için topuğa yük koyma, aşınmayı önleme, yüzey sularının şev içerisine girmesini önleme ve yeraltı sularının dışarı çıkartılması (drenaj) olarak sıralanabilir (Erguvanlı, 2016).

Nüfusun hızla artmasına paralel olarak kontrolsüz bir yapılaşma görülmektedir. Altyapı hizmetleri sağlıklı bir şekilde planlanmadan yapılmakta ve bu durum afetin yönetilmesinde çeşitli sorunlara yol açmaktadır. Afet yönetilmesinde afet bölgesinin hassas bir şekilde modellenmesi önemlidir. Günümüz teknolojisinde afet bölgesinin modellenmesinde uzaktan algılama tekniklerinden yararlanılmaktadır.

İnsansız hava aracı (İHA) mühendislik projelerinde, arkeolojik çalışmalarda ve tarımsal faaliyetlerde kullanılmaktadır. İHA kullanmanın en önemli avantajı ulaşılması zor olan yerlerden veri almamızı sağlamasıdır (Ulvi, 2020). İHA kullanılarak yapılan mühendislik modelleri son yıllarda hız kazanmıştır. (Aykut, 2019) kıyı kenar çizgisi belirlemede İHA kullanmıştır. (Ağca ve ark. 2019) kaya düşme potansiyelinin değerlendirilmesinde İHA kullanmışlardır. (Watanabe ve Kawahara, 2016) akarsu topografyasında değişimi İHA kullanarak modellemişlerdir. (Ulvi vd., 2020) İHA kullanarak tarihi bir kilisenin 3B nokta bulutunu oluşturmuşlardır. Ormanlık alanda bir karayolu projesi için İHA kullanımının işlevselliği (Fidancı ve Karabörk, 2019) tarafından değerlendirilmiştir.

Heyelan bölgesinin haritalandırılması heyelan ile mücadelede uygulayıcılara kolaylıklar sağlamaktadır. Doğal afetlerin analizlerinde verilerin hassas bir şekilde elde edilmesi önemlidir. Ucuz maliyetli İHA ile düşük yükseklikten uçuş

yaparak arazinin 3B modelini yüksek çözünürlükte oluşturabilmekteyiz.

(Car vd., 2016) bir heyelan bölgesinin modellenmesinde ucuz bir İHA olan DJI Phantom 2 kullanmışlar ve heyelan bölgesinin yüksek çözünürlükte 3B modelinin rahatlıkla üretilebileceğini belirtmişlerdir.

(Lucieer vd., 2014) yapmış oldukları bir çalışmada İHA fotogrametrisi kullanarak bir heyelan bölgesini modellemişler ve arazinin sayısal yükseklik modelinin (DEM) ve ortofotosunun İHA kullanarak cm hassasiyetinde elde edebileceğini belirtmişlerdir.

Mersin İli Yenişehir İlçesi Çukurkeşlik Mahallesi’nde aşırı yağışlardan kaynaklanan bir heyelan meydana gelmiştir. Heyelan bir bina ile tarım arazisinde maddi hasara neden olmuştur. Bu çalışmada İHA kullanarak heyelan bölgesinin 3B modeli oluşturulmuştur.

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Mersin İli Yenişehir İlçesi Çukurkeşlik Mahallesi’dir (Şekil 1). Bölge tipik Akdeniz iklimi etkisi altındadır. Toros Dağları ile Akdeniz arasında kalan Mersin şehri engebeli bir yerleşime sahiptir. Bölgede son yıllarda sürekli heyelan, kaya düşmesi, sel ve dolu felaketleri görülmektedir.



Şekil 1. Yer bulduru haritası

Doğu-Batı yönünde uzanan Toros Dağları bölgenin engebeli bir hal almasına sebep olmuştur. Sol yanal atımlı Ecemiş Fay zonu içerisinde kalan bölge tektonik açıdan aktiftir (Kartal vd., 2014).

Mersin İli’nde aşırı yağışlardan kaynaklanan heyelan olayı yaygın olarak görülmektedir. 2019 yılı Ocak ayında aşırı yağışlardan kaynaklanan bir heyelan meydana gelmiştir. Arazinin engebeli olması, aşırı yağış alması ve drenaj sisteminin

sağlıklı bir şekilde yapılmamış olması heyelan olayı olmasına sebep olmuştur. Heyelan olayı bir evde çatlak oluşmasına ve tarım arazisinde maddi hasara neden olmuştur.

Mersin ili için hazırlanmış heyelan envanter haritası bulunmamaktadır. Envanter haritasının oluşturulmasının ardından heyelan duyarlılık haritası oluşturulabilecektir. Böylece şehrin hangi bölgelerine yerleşimin kurulmaması gerektiği belirlenebilecektir.

3. METHOD

Uzaktan algılama teknikleri afetlerin modellenmesinde mühendislere büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Uydu görüntüleri, lazer tarayıcıdan elde edilen nokta bulutları ve İHA'lardan elde edilen görüntüler çalışma bölgesinin kolay bir şekilde modellenmesini sağlamaktadır. Uydu görüntüleri yüksek çözünürlükte olmadığı için net görüntü vermemektedir. Lazer tarayıcılar fiyatı yüksek olduğu için kolay bir şekilde temin edilememektedir. Günümüzde pek çok çeşit İHA bulunmaktadır. Bir kısmının fiyatı çok yüksek iken bir kısmının fiyatı ise düşüktür. Ekonomik bir İHA ile arazinin 3B modelini kısa bir zamanda yüksek çözünürlükte elde edebilmekteyiz. Bundan dolayı ekonomik İHA'lar sıklıkla tercih edilmektedir. Bu çalışmada özellikleri Tablo 1'de gösterilen Anafi Parrot marka İHA (Şekil 2) kullanılmıştır. Dört pervaneye sahip olan Anafi Parrot ekonomik olmasından ve kullanımının kolay olmasından dolayı afet bölgelerinin modellenmesinde rahatlıkla kullanılabilir.

Tablo 1. Anafi Parrot teknik özellikleri (Parrot, 2018)

Özellik	Değer
İHA ağırlığı	320 g
Kumanda ağırlığı	386 g
Batarya ağırlığı	126 g
Batarya sayısı	4
Uçuş süresi	25 dak
Mak. Yatay hız	15.2 m/s
Mak. Dikey hız	4 m/s
Mak. Rüzgar direnci	13.9 m/s
Mak. uzaklık	4000 m
Çalışma sıcaklığı	-10...40 C°



Şekil 2. Anafi Parrot

2.1. Verilerin Elde Edilmesi

Bu çalışmada uçuş planı akıllı telefona yüklenebilen Pix4Dcapture uygulaması sayesinde

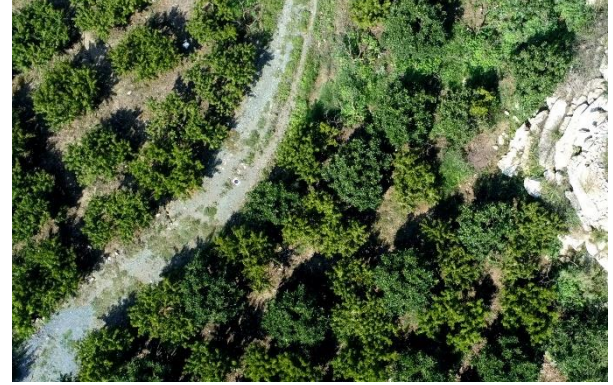
yapılmıştır. Grid mission özelliği kullanılarak hazırlanan uçuş planının özellikleri Tablo 2'de gösterilmektedir.

Uçuş yüksekliği ne kadar düşük olursa görüntü netliği o kadar artmaktadır. Bunun yanında resim sayısı artmaktadır ve işlemek daha vakit alıcı bir hal almaktadır. Bu çalışmada bilgisayar süreci yaklaşık iki saat sürmüştür.

Tablo 2. Uçuş planı bilgileri

Özellik	Değer
Uçuş yüksekliği	40 m
GSD	1.17 cm/px
Bindirme oranı	%80
Açı	90°
Resim sayısı	225

Bu çalışmada 5 adet yer kontrol noktası (YKN) (Şekil 3) kullanılarak arazi modellenmiştir. GPS kullanılarak YKN'lerin koordinatları ITRF-96 koordinat sisteminde dilim orta meridyeni 36 olacak şekilde alınmıştır.



Şekil 3. Yer kontrol noktası

2.2. Verilerin İşlenmesi

Araziden toplanan veriler kullanımı kolay olan Agisoft Metashape programında işlenmiştir. İşlem adımları Şekil 4'te gösterilmektedir.

Add Photos
Convert coordinates of photos
Align Photos
Build mesh
Add ground control points
Input marker coordinates
Optimize camera
Build dense cloud
Build mesh
Build texture
Generate orthophoto
Generate DSM

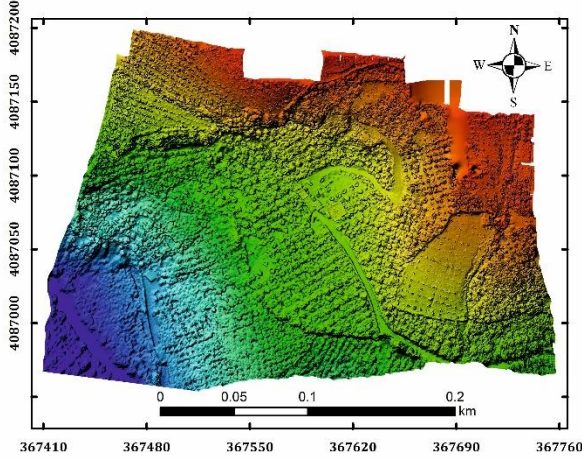
Şekil 4. İşlem Adımları

4. BULGULAR

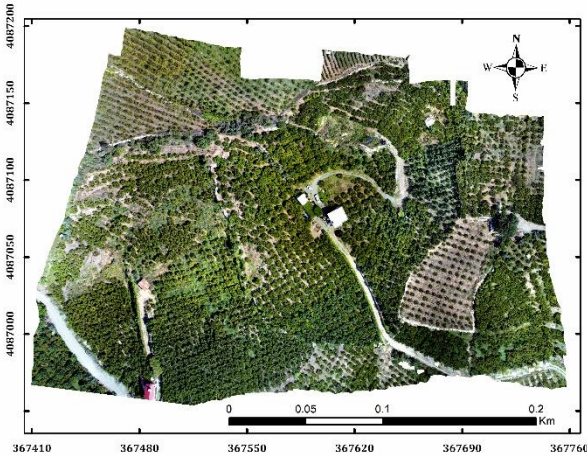
Arazinin modellenmesi İHA kullanılarak elde edilen resimlerin Agisoft Metashape programında işlenmesiyle yapılmıştır. Elde edilen sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortofoto ArcGIS programı kullanılarak gridlenmiştir (Şekil 5-6).

İHA ile çekilen resimlerin koordinatlandırılması için kullanılan YKN'lerdeki hata miktarı 4 cm'dir. Oluşturulan SYM 6.99 cm/pix, ortofoto ise 1.75 cm/pix'dir.

Heyelan bölgesinde ileride yapılacak olan ikinci bir uçuştan sonra ne kadar malzemenin kaydığı tespit edilebilecektir. Bölgenin engebeli olması ve düzensiz yağış alması bölgeyi heyelana maruz bırakmaktadır.



Şekil 5. Sayısal arazi modeli (DSM)



Şekil 6. Ortofoto

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada bir heyelan bölgesinin modellenmesi İHA kullanılarak yapılmıştır. Bölge aşırı yağış aldığı için yamaç topukları yağmur suyu tarafından aşınmıştır. Heyelan bölgelerini düzenli olarak gözlemlemek heyelanları önlemek için gerekli bir işlemdir.

Ülke olarak doğal afetlere karşı her zaman hazırlıklı olmalıyız. Bunun için her afet bölgesini düzenli aralıklarla gözlemlememiz ve tehlike haritalarını oluşturmamız gerekmektedir.

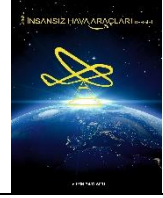
Bölgenin mevcut durumu kayıt altına alınmıştır, ıleri tarihlerde yeniden modellenmesi ile arazideki değişimler tespit edilebilecektir.

KAYNAKÇA

- Ağca, M., Gültekin, N. & Kaya, E. (2020). İnsansız Hava Aracından Elde Edilen Veriler ile Kaya Düşme Potansiyelinin Değerlendirilmesi: Adam Kayalar Örneği, Mersin. *Geomatik*, 5 (2) , 134-145. DOI: 10.29128/geomatik.595574
- Aykut, N. (2019). İnsansız Hava Araçlarının Kıyı Çizgisinin Belirlenmesinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Geomatik*, 4 (2) , 141-146. DOI: 10.29128/geomatik.503055
- Car, M., Kacunic, D J, & Kovacevic, M. (2016). Application of Unmanned Aerial Vehicle for Landslide Mapping. *International Symposium on Engineering Geodesy*. 20-22 Mayıs 2016, Varaždin, Croatia
- Erguvanlı, K. (2016) Mühendislik Jeolojisi. *TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası*. 5. Basım, 589 s.
- Fidancı, Y. & Karabörk, H. (2019). İnsansız Hava Araçlarının Ormanlık Alanlardaki Karayolu Projelerinde Kullanımı. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 9 (3), 473-485.
- Kartal, R. F., Beyhan, G., Keskinsezer, A. & Kadirioglu, F. T. (2014). Seismic Hazard Analysis of Mersin Province, Turkey Using Probabilistic and Statistical Methods. *Arabian Journal of Geosciences*, 7, 4443-4459. DOI 10.1007/s12517-013-1104-1
- Lucieer, A., Jong, S. M. & Turner, D. (2014) Mapping Landslide Displacements Using Structure from Motion (Sfm) and Image Correlation of Multi-Temporal UAV Photography. *Progress in Physical Geography*, Vol. 38(1) 97-116
- Özdemir, E., Kolay, O, & Yetemen, Ö. (2019). A Case Study of Rural Area Hail Storm in Yomra, Trabzon, on August 31, 2017. *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 4 (2) , 243-250. DOI: 10.35229/jaes.573842
- Parrot (2018). Anafi User Manual v2.2, pp.1-73.
- Sarı, S, & Türk, T. (2020). Depremde Meydana Gelebilecek Bina Hasarlarının Coğrafi Bilgi Sistemleri ile İncelenmesi. *Türkiye Coğrafi Bilgi Sistemleri Dergisi*, 2 (1) , 17-25
- Ulvi, A. (2020). Importance of Unmanned Aerial Vehicles (Uavs) in the Documentation of Cultural Heritage. *Turkish Journal of Engineering*, 4 (3), 104-112. DOI: 10.31127/tuje.637050

Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. & Kaya, Y. (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilisenin 3B Modelinin ve Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. *Geomatik*, 5 (1), 19-26. DOI: 10.29128/geomatik.560179

Watanabe, Y. & Kawahara, Y. (2016). UAV Photogrammetry for Monitoring Changes in River Topography and Vegetation. *Procedia Engineering* 154, 317 - 325



Araştırma Makalesi

Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği

Mehmet Özgür ÇELİK¹, İrem YAKAR², Seda Nur Gamze HAMAL¹, Ganime Melike OĞUZ¹, Engin KANUN¹

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

²İstanbul Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

ÖZ

Anahtar Kelimeler:

Hareket ile Nesne Oluşturma
3B Model
Kültürel Miras

Gözne Kalesi tarihi önemi bulunan kültürel miras niteliğinde bir varlıktır. Kültürel mirasın belgelenmesi; korunması ve yönetilmesi için önemlidir. Bu çalışmada gelişen teknolojiyle birlikte fotogrametrik yöntemler kullanılmakta ve kültür varlıkların üç boyutlu (3B) modeli üretilmektedir. Oluşturulan 3B model kültürel mirasın gelecek nesillere aktarılması, restitüsyon ve restorasyon çalışmalarında kullanılmaktadır. Model oluşturmada sıklıkla tercih edilen yöntem ise Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM) yöntemidir. SFM, iki boyutlu (2B) çekilen görüntülerden 3B model üretilmesini amaçlayan stereo görüntü tekniğini kullanan klasik bir fotogrametri yaklaşımıdır. Yöntemin temel amacı, 3B modellemektir. Diğer fotogrametrik tekniklere kıyasla, model geometrisi ve kamera pozisyon bilgisi otomatik olarak çözüldüğünden dolayı ayrıca kamera kalibrasyonuna ihtiyaç duyulmamaktadır. Bu çalışmada farklı 3B teknikleri ve parametreler kullanılarak, Gözne Kalesi'nin belgelenmesi amacıyla 3B modeller SFM algoritmasını kullanan ticari bir yazılımla oluşturulmuş ve 3B modellerin karşılaştırılması yapılmıştır.

The Use of 3D Models Obtained by The Use of Sfm Technique in Documentation of Cultural Heritage: Case Study of Castle Gozne

ABSTRACT

Keywords:

Structure From Motion
3D Model
Cultural Heritage

Gozne Castle is a cultural heritage property of historical importance. Documenting cultural heritage is of fundamental importance for protection and management. In this aspect, photogrammetric methods are used as a result of the developing technology. Thus, three dimensional (3D) models of cultural heritages are produced. The 3D model created is used in transferring cultural heritage to future generations, restitution and restoration studies. In this regard, the frequently preferred method is Structure From Motion (SFM) method. SFM is a classic photogrammetry approach that uses the stereo image technique, which aims to produce a 3D model from two dimensional (2D) captured images. The fundamental purpose of the method is 3D modeling. Compared to other photogrammetric techniques, model geometry and camera position information automatically decodes. Therefore, camera calibration is not required. In this study, 3D models of Castle Gozne is produced by the use of different flight techniques and parameters by using a commercial software which uses the SFM algorithm. The comparison of 3D models is also made

*Sorumlu Yazar

(mozgurcelikersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4569-888X
(yakari@itu.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7823-9674
(sedanurgamzeshamal@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-1050-3088
(melikoguzz@gmail.com) ORCID ID 0000-0003-0241-6870
(ekanun@mersin.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-2369-5322

Araştırma Makalesi
DOI: XXXXXXXXXXXXX

Kaynak Göster (APA);

Çelik, M.Ö., Yakar, İ., Hamal, S.N.G., Oğuz, G.M. & Kanun, E. (2020). Sfm Tekniği ile Oluşturulan 3B Modellerin Kültürel Mirasın Belgelemesi Çalışmalarında Kullanılması: Gözne Kalesi Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.

Geliş Tarihi: 06/04/2020; Kabul Tarihi: 06/05/2020

1. GİRİŞ

Mersin ili içerisinde bulunan, tarihi Ortaçağ dönemine dayanan Gözne Kalesi kültür varlığı özelliğine sahiptir. Kale, Toros Dağların güney yamacına kurulu Gözne Mahallesi'nde yer almaktadır. İl merkezine uzaklığı ise yaklaşık 30 km'dir (URL-1). Kale 1085 metre yükseklikte bulunan sarp kayalıklar üzerine inşa edilmiş, doğu ve batı olmak üzere iki yapıdan oluşmaktadır (URL-1). Doğudaki yapı üçü güneyde, biri doğuda toplamda dikdörtgen biçimli dört burçtan meydana gelmektedir (URL-1). Giriş batı kısmında yer alan tek kapıdandır. Batıdaki yapı ise üç pencere, iki kapıdan oluşan altıgen formlu kuledir (URL-1). Kulede tonoz taşların üzerinde süslemelerin bulunması kalenin bu bölümünün rütbeli asker veya yöneticiler tarafından kullanılmış olabileceğini göstermektedir (Sözlü ve Yılmaz, 2018). Kale yakınında bulunan Belenkeşlik ve Sinap Kaleleriyle birlikte bölgenin önemli ve büyük kalelerinden olan Çandır Kalesi yol güzergâhındadır. Bu çerçevede bakıldığında bazı kaynaklarda, bu yolu kontrol altında tutmak amacıyla karakol niteliğinde yapıldığı (URL-2) ve Ortaçağ savunma yapıları arasında kaldığı ifade edilmektedir (Sözlü ve Yılmaz, 2018).

Fotogrametri; bindirmeli olarak çekilen resimler aracılığıyla yeryüzündeki nesnelerin konumunu, şeklini ve boyutunu belirlemeye yarayan bilim dalıdır (Kraus, 1993; Yaşayan, 2011). Gelişen ve ilerleyen teknolojiyle birlikte fotogrametri klasik yersel ölçümlere göre daha doğru ve hızlı sonuçlar vermeye başlamıştır (Çelik vd., 2020). Günümüzde sıklıkla tercih edilmektedir. Fotogrametrik yöntemlerle üç boyutlu (3B) modelleme; küçük alanlardan geniş ve büyük alanlara, tarım, maden vb. alanlardan tarihi önemi bulunan kültürel yapılara kadar birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Ulvi ve Toprak, 2016; Yılmaz vd., 2018; Ulvi vd., 2019). Bundan dolayı 3B model oluşturmada farklı fotogrametrik yaklaşımlar kullanılmaya başlanmıştır (Sarıtürk ve Şeker, 2017). En çok tercih edilen ise Hareket ile Nesne Oluşturma-Structure From Motion (SFM) yöntemi olmuştur (Dellaert vd., 2000; Furukawa ve Hernández, 2013; Sarıtürk ve Şeker, 2017).

SFM; sıralı olarak çekilen iki boyutlu (2B) görüntülerden 3B modeli üretilmek istenen objenin ortak noktalarının tespit edilerek modeli oluşturmak için stereo görüntü tekniğini kullanan klasik bir fotogrametri yaklaşımıdır (Dellaert vd., 2000; Furukawa ve Hernández, 2013; Yakar ve Doğan, 2017). Yöntemde temel amaç, 3B modelleme olduğu için harita üretimine kıyasla daha çok 3B görselleştirme çalışmalarında kullanılmaktadır (Seren ve Demirel, 2016). Ayrıca bu teknik yüksek çözünürlüklü büyük veri setleriyle düşük maliyetli çalışma imkânı sağlamaktadır (Kolzenburg vd., 2016; Morgan ve Brogan, 2016; Sarıtürk ve Şeker, 2017). Bu çalışmada, çalışma alanı olan Gözne Kalesi'nin 3B modelleri SFM algoritmasını kullanan Agisoft Photoscan programı ile oluşturulmuş ve 3B

modellerin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışma kapsamında, kalenin 3B modelleri farklı açılardan ve farklı uçuş teknikleri ile çekilen 97 fotoğraftan elde edilmiştir. Üretilen bu farklı modellerin karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

2. YÖNTEM

Çalışma alanına ilişkin 3B modeller SFM algoritmasına sahip ticari yazılım Agisoft Photoscan ile üretilmiştir. 3B modellerin oluşturulabilmesi için üç farklı uçuş tekniği (grid, double grid ve circular) kullanılmıştır. Modellerin koordinatlı olması amacıyla GNSS alıcısı ile yer kontrol noktalarının (YKN) ölçümü gerçekleştirilmiştir.

3. UYGULAMA

3.1. Arazi Çalışmaları

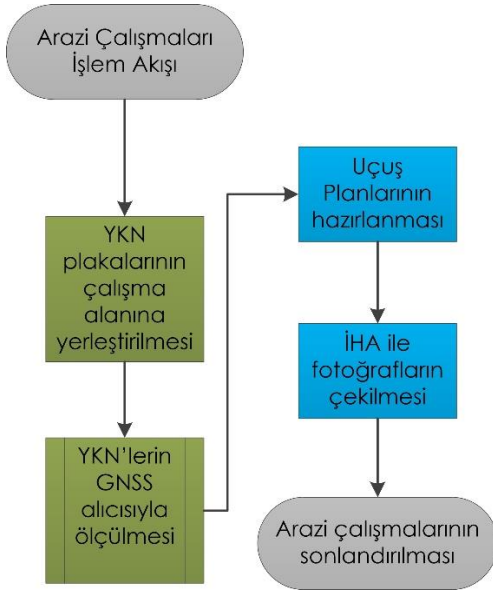
Çalışma çerçevesinde kalenin 3B modellerinin koordinatlı üretilmesi hedeflenmiştir. Bu doğrultuda çalışma alanını kapsayacak şekilde YKN'ler tesis edilmiştir. Öncelikle YKN'lerin çalışma bölgesine eşit dağılmasına dikkat edilmiştir. Sonrasında ise işaretlenen YKN'lerin koordinatları; Satlab SL800 GNSS alıcısı ile, UTM projeksiyonunda ITRF-96 datumu, GRS80 elipsoid, 2005.0 epok, 3 derece bölge 36 (EPSG:5256), TUSAGA Aktif CORS-TR sisteminde ölçülmüştür. Toplamda 5 adet YKN arazide işaretlenmiş ve koordinatlandırılmıştır.

3B model üretimi için gerekli olan fotoğraflar 21 MP 4K HDR kamera özelliğine sahip Parrot Anafi İnsansız Hava Aracı (İHA) ile çekilmiştir. Fotoğraflar çekilmeden önce ilk olarak uçuş planları hazırlanmıştır. Planlar İHA ile entegrasyonu yapılabilen Pix4Dcapture uygulamasında hazırlanmıştır. Üç farklı uçuş tekniği (grid, double grid ve circular) ve iki farklı kamera açısı (60° ve 80°) kullanılmıştır. Tüm uçuşlar 30 m yükseklikte gerçekleştirilmiştir. İlk iki teknikte boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olacak şekilde, circular mission'da ise iki fotoğraf arasındaki açı 4° ayarlanmıştır. (İHA belirlenen açıya (4°) her ulaştığında fotoğraf çekmiştir.) Yer örnekleme aralığı (YÖA) grid mission'da 0.82 cm/piksel, double grid mission'da 0.84 cm/piksel ve circular mission'da ise 0.99 cm/pikseldir.

Tablo 1. Kullanılan uçuş teknikleri ve parametreler

Uçuş Tekniği	H (m)	Kamera açısı	YÖA	Bindirme oranı	
				Enine	Boyuna
Grid		80°	0.82 cm/pix	%70	%80
Double grid	30	80°	0.84 cm/pix	%70	%80
Circular		60°	0.99 cm/pix	%70	%80

Arazi çalışmaları sırasında gerçekleştirilen işlem adımları aşağıdaki şekilde gösterilmiştir (Şekil 1).

**Şekil 1.** Arazi çalışmaları işlem akışı diyagramı

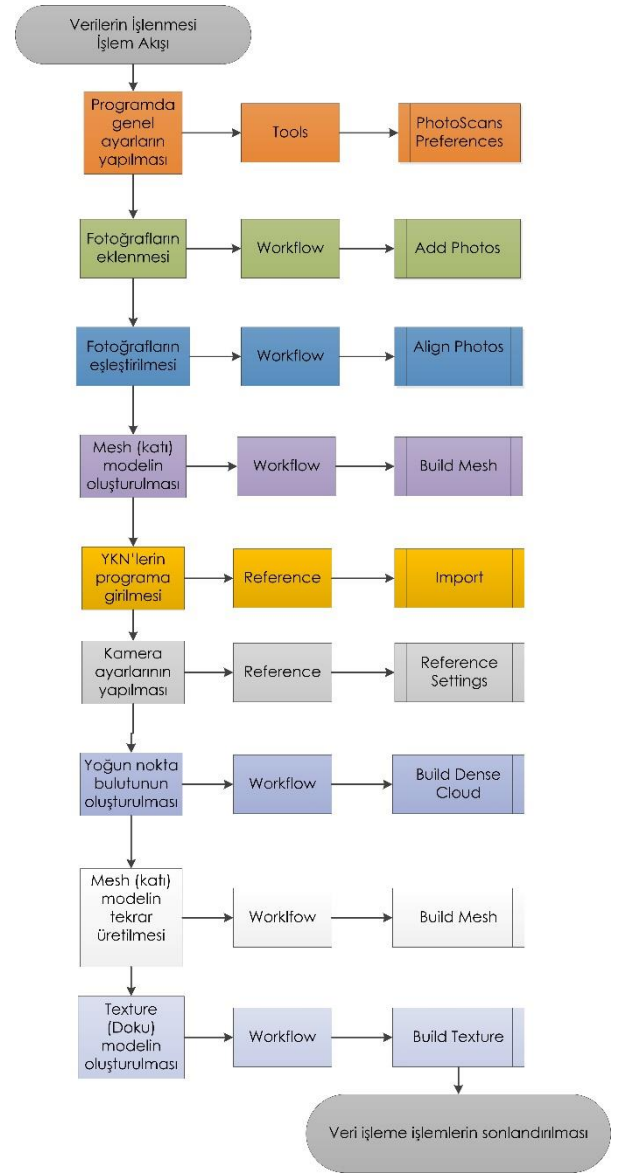
3.2. Ofis Çalışmaları

3.2.1. Verilerin işlenmesi

Arazi çalışmaları tamamlandıktan sonra elde edilen verilerin işleme aşamasına geçilmiştir. Çekilen görüntülerden Gözne Kalesi'ne ait 3B modellerin üretimi için Agisoft Photoscan programı kullanılmıştır. Agisoft programı; 3B rekonstrüksiyon, görselleştirme ve harita üretimi için geliştirilmiş ticari bir yazılımdır (URL-3).

Fotoğraflar yazılıma aktarılmış ve eşleştirilmiştir. Eşleştirilen fotoğraflardan seyrek nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu nokta bulutundan katı (mesh) model üretilmiştir. Bu işlemim temel amacı, geometrinin (model) oluşturularak YKN'lerin daha doğru şekilde model üzerinde işaretlenmesidir.

YKN'ler işaretlendikten sonra ilgisiz ve gereksiz noktaların elimine edilmesiyle yoğun nokta bulutu üretilmiştir. Bu aşamadan sonra tekrar katı model yoğun nokta bulutundan oluşturulmuş, bu modele dokunun (texture) giydirilmesiyle Kaleye ilişkin 3B modeller üretilmiştir. Yapılan işlemler aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 2).

**Şekil 2.** Verilerin işlenmesi çalışmaları işlem akışı diyagramı (Çelik vd., 2020'den düzenlenmiştir)

3.2.2. 3B Modellerin oluşturulması

3 uçuş tekniği, 2 kamera açısı ile 3 farklı uçuş 30 m yükseklikten gerçekleştirilerek 3B model üretimi için gerekli veriler (fotoğraflar) elde edilmiştir. Bu veriler ışığında 3B modeller oluşturulmuştur.

İlk olarak, grid mission tekniğinde, kamera açısı: 80°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.82 cm/piksel ve boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olacak şekilde parametreler belirlenmiş ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak elde edilen katı model ve doku giydirilmiş 3B model Şekil 3'te gösterilmiştir.



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 3. Grid mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

İkinci olarak, double grid mission tekniğinde, kamera açısı: 80°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.84 cm/piksel ve boyuna bindirme: %80, enine bindirme: %70 olarak parametreler ayarlanmış ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak oluşturulan katı model ve doku giydirilmiş 3B model aşağıdaki şekilde sunulmuştur (Şekil 4).



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 4. Double grid mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

Son olarak ise, circular mission tekniğinde, kamera açısı: 60°, 30 m yükseklik, YÖA: 0.99 cm/piksel ve iki fotoğraf arasındaki açı 4° olacak şekilde parametreler düzenlenmiş ve uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu teknik kullanılarak oluşturulan katı model ve doku giydirilmiş 3B model aşağıda gösterilmiştir (Şekil 5).



(a) Katı model



(b) Doku giydirilmiş model

Şekil 5. Circular mission tekniğinde katı ve doku giydirilmiş modeller

4. BULGULAR

Bu çalışmada, farklı uçuş teknikleri ve kamera açıları kullanılarak oluşturulan modeller irdelenmiştir. Tüm uçuşların aynı yükseklikten gerçekleştirilmesi tekniklerin sağlıklı kıyaslanmasının önünü açmıştır. İlk teknik (grid mission) kullanılarak İHA ile gerçekleştirilen uçuş sonucunda üretilen modelin; diğer tekniklerle karşılaştırıldığında yer örnekleme aralığı (YÖA) en iyi olan yöntem olduğu görülmektedir. Bu özelliği nedeniyle arazi hakkında daha ayrıntılı bilginin bu model üzerinden elde edilebileceği belirlenmiştir. Ayrıca model üzerinden, ölçümü yapılan YKN'lerin koordinatlarının okunmasının ve arazi üzerindeki detayların (yol, köprü, tarım alanı, bina vd.) tespit edilmesinin daha kolay gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Bunun sonucu olarak bu tekniğin daha çok arazi parçalarına ait harita üretimi (özellikle 2B harita) çalışmalarında kullanılması gerektiği öngörülmektedir.

Kullanılan ikinci teknik (double grid mission) ile oluşturulan modelin; hem harita üretimi hem de 3B model üretimi için başarılı bir performans sunduğu görülmektedir. Diğer tekniklerle karşılaştırıldığında harita üretimi için üçüncü teknikten, 3B model için ilk teknikten daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Harita üretimi için ilk teknikle kıyaslandığında ise, aynı arazi parçası bu teknikle iki kez uçulduğu (tarandığı) ve bunun sonucunda daha çok fotoğraf elde edildiği için harita çalışmalarında kullanılmasının daha uygun olabileceği öngörülmektedir.

Üçüncü ve son teknik (circular mission) ile elde edilen modelin; 3B model oluşturma çalışmalarında en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Bu yöntemin kullanılmasının temel amacı, yapıların (okul, bina, kültürel önemi olan kale, mezar vb.) 3B modellenmesi olduğu belirtilmektedir (URL-4). Ayrıca herhangi bir yapının 3B modelinin başarılı bir şekilde üretilebilmesi için yapının yan yüzeylerinin de görüntülenmesi gerekmektedir. Kullanılan teknik bu imkânı sağlamaktadır.

Tablo 2. Uçuş tekniklerin kullanıldığı çalışma alanları

Uçuş Tekniği	Harita üretimi	3B model
1. Grid	X	
2.Doublegrid	X	X
3. Circular		X

5. SONUÇLAR

Yapılacak çalışmanın amacı ve çalışma sonucunda beklenen çıktı ürünün özelliğine göre kullanılacak teknik ve parametrelerin (uçuş yüksekliği, kamera açısı, bindirme oranı gibi) değişkenlik göstermesi gerektiği belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, geçmişten günümüze ayakta kalarak gelebilmiş, kültür varlığı olan Gözne Kalesi'nin belgelenmesi ve farklı uçuş tekniklerinin sonuç ürününe katkısının irdelenmesidir.

Kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında günümüzde fotogrametrik yöntemler sıklıkla kullanılmakta ve bu tarihi önemi bulunan varlıkların 3B modeli üretilmektedir. Oluşturulan bu modelin kültürel miras niteliğindeki varlıkların daha iyi şekilde korunması, yönetilmesi, gelecek nesillere aktarılması, restitüsyon ve restorasyon çalışmalarında kullanılabilmesi ifade edilmektedir.

Çalışmanın devamında oluşturulan 3B modelin Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile entegrasyonun gerçekleştirilmesi amaçlanmakta, 3B modelin web portalı üzerinden sunulması ile kültür varlığının tanınırlığının ve ülke turizmüne katkısının artırılması öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

- Çelik, M, Alptekin, A, Bünyan Ünel, F, Kuşak, L, & Kanun, E. (2020). The Effect Of Different Flight Heights On Generated Digital Products: DSM and Orthophoto. *Mersin Photogrammetry Journal*, 2 (1), 1-9. Retrieved from <https://Dergipark.Org.Tr/Tr/Pub/Mephoj/Issue/52791/636366>.
- Dellaert, F. Seitz, S. M., Thorpe, C. E., & Thrun, S. (2000). Structure from motion without correspondence. *Proceedings. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, CVPR 2000 (Cat. No.PR00662)*, Hilton Head Island, SC, 557-564 Vol. 2, doi:10.1109/CVPR.2000.854916.
- Furukawa, Y., ve Hernández, C. (2013). Multi-View Stereo: A Tutorial. *Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision*, Vol. 9, No. 1-2, 1-148.
- Kraus, K. (1993). *Photogrammetry Volume I, Fundamentals and Standard Process*, Ferd. Dummlers Verlag, ISBN: 978-3427786849 Bonn, Germany.
- Kolzenburg, S., Favalli, M., Fornaciai, A., Isola, I., Harris, A. J. L., Nannipieri, L., & Giordano, D. (2016). Rapid updating and improvement of airborne lidar DEMs through ground-based sfm 3-d modelling of volcanic features. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol. 54, No. 11, 6687-6699.
- Morgan, J. A., ve Brogan, D. J. (2016). *How to Visual SFM*. Department of Civil & Environmental Engineering Colorado State University Fort Collins, Colorado.
- Sarıtürk, B., ve Şeker D.Z. (2017). SFM Tekniği ile 3B Obje Modellenmesinde Kullanılan Ticari ve Açık-Kaynak Kodlu Yazılımların Karşılaştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 126-131.
- Seren, A. M., ve Demirel, H. (2016). Açık Alanda Bulunan Büyük Objelerin 3 Boyutlu Modellenmesi: Güncel Geomatik Mühendisliği Yöntemlerinin Karşılaştırılması, 8. *Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu*, 19-21 Ekim 2016, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sözlü, H., ve Yılmaz L. (2018). Mersin Orta Toroslar'da Sinap, Gözne ve Belenkeşlik Kaleleri. *I. Uluslararası Akdeniz Sempozyumu / 1. International Mediterranean Symposium, Bildiri Tam Metinleri Kitabı*, 6(6), 193-209, ISBN: 978-605-81003-5-0, Mersin.

- Ulvi, A., ve Toprak, A.S. (2016). Investigation Of Three-Dimensional Modelling Availability Taken Photograph Of The Unmanned Aerial Vehicle; Sample Of Kanlidivane Church. *International Journal Of Engineering and Geosciences*, 1(1), 1-7. doi: 10.26833/ijeg.285216.
- Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A., & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal Of Engineering Science*, 7(3), 64-73, doi: 0.13189/ujes.2019.070303.
- Yılmaz, H. M., Mutluoglu, O., Ulvi, A., Yaman, A., & Bilgilioglu, S. S. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Journal of Geomatics*, No. 2018; 3(2), 129-136.
- Yakar, M., ve Dogan, Y. (2017). Silifke Aşağı Dünya Obruğunun İHA Kullanılarak Üç Boyutlu Modellenmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, Özel Sayı, 94-101.
- Yaşayan, A. (2011). Fotogramteri. *T.C. Anadolu Üniversitesi yayınları*, No. 2295, Eskişehir, Türkiye.

İnternet Kaynakları

URL-1.

<https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/merisn/gezilecekyer/gozne-kalesi>
[Erişim Tarihi: 30.03.2020]

URL-2.

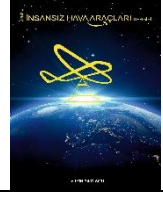
<http://www.dosimm.gov.tr/muze/252>
[Erişim Tarihi: 30.03.2020]

URL-3.

<https://www.agisoft.com/about/>
[Erişim Tarihi: 02.04.2020]

URL-4.

<https://www.pix4d.com/blog/3d-models-choose-angle-between-images-circular-missions>
[Erişim Tarihi: 02.04.2020]



Araştırma Makalesi

İnsansız Hava Araçları ile Harita Üretim Çalışmalarında Farklı Yüksekliklerde Yapılan Uçuşların Konum Doğruluğuna Etkisi

Alperen ERDOĞAN^{*1}, Ömer MUTLUOĞLU²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksekokulu, Yozgat, Türkiye

²Konya Teknik Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Konya, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA
Fotogrametri
SYM
YKN

ÖZ

Çağımız teknolojisinin gelişmesi farklı disiplinleri etkilediği gibi mühendislik çalışmalarını da büyük oranda etkilenmiştir. Harita mühendisliğinde harita üretim tekniklerine de katkı sağlamıştır. İnsansız hava araçları bu gelişmelerle beraber büyük ölçüde harita üretiminde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, DJI Phantom 3 Pro ile kaydedilen görüntülerden ortofoto ve nokta bulutu üretilerek nokta konum doğruluğu araştırılmıştır. Ortofoto ve Sayısal Yükseklik Modeli Virtual Surveyor yazılımında birleştirilmiştir. Test alanı 100x100 m. boyutlarında yükseklik farkının çok az olduğu bir yer seçilmiştir. Daha sonra test alanı 20x20 m'lik kareler ağına bölünerek bir grid ağı oluşturulmuştur. Grid ağının kesişim ve köşe noktalarında işaretleme yapılmıştır. İşaretlenen bu noktaların koordinatları (Y,X,H) RTK-GPS ölçme yöntemiyle belirlenmiştir. Test alanında İHA ile 50 m. ve 80 m yükseklikten %70-%80 bindirmeli olarak görüntüler alınmıştır. Alınan görüntüler fotogrametrik olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda elde edilen nokta koordinatlarıyla, RTK-GPS ölçme yöntemiyle elde edilen nokta koordinatları karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda ortalama yatay ve düşey yöndeki nokta konum doğruluğu elde edilmiştir.

The Effect of Flights Made at Different Heights in Map Production Studies with Unmanned Aerial Vehicles on Location Accuracy

Keywords

UAV
Photogrammetry
DEM
GCP

ABSTRACT

The development of technology in nowadays has affected different disciplines as well as engineering studies and has also strengthened map production techniques in map engineering. Unmanned aerial vehicles are largely used in map production with all these developments. In this study, orthophoto and point cloud were produced from the images recorded with DJI Phantom 3 Pro and the point position accuracy was investigated. Orthophoto and Digital Elevation Model are combined in Virtual Surveyor software. The test area is 100x100 meters in size and a place where the height difference is very small was chosen. Then, a grid network has been created by dividing the testing area of 20x20 m² network. Corners and the intersection points of the grid network have been marked. Coordinates of the marked points (Y, X, H) have been surveyed by RTK-GPS survey methods. Images with an 70% overlap -80% overlap have been taken 50 m and 80 m above of the test area by UAV. Those images have been evaluated photogrammetricly. Then, the comparison has been made between point coordinates obtained by the evaluation and point coordinates obtained by the RTK-GPS measurement method. At the end of the study, average point spatial accuracy in the horizontal and vertical positions has been obtained by the comparison results.

1. GİRİŞ

Günümüzde birçok alanda uzaktan algılama ve fotogrametri teknikleri ile üretilen veriler kullanılmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte günümüzde uzaktan algılama ve fotogrametri ile veri üretim platformu olarak insansız hava araçları (İHA) kullanılmaya başlanmıştır. Düşük maliyet, hız, yüksek çözünürlük ve tekrarlı uçuş kabiliyeti sayesinde insansız hava araçları küçük alanlar için tercih edilmektedir (Eisenbeis, 2009; Changchun, 2010). Ayrıca insansız hava araçları, ulaşılması zor ve tehlikeli olduğu ve özenle davranılması gereken arkeolojik alanlarda, ölçüm yapılmasını kolaylıkla sağladığı için tercih edilmektedir (Ulvi vd., 2020).

Haritayı tanımlayacak olursak, istenilen amaca ve ilgi alanına hizmet eden, ilgili bölgenin belirli ölçeklerde ve ilgili yönetmeliğe uygun olarak kullanıcıya sunulan materyaldir. Üretilen haritalardan istenilen doğruluk, tamamlık, amaca uygunluk, anlaşılabilirlik, okunabilirlik, estetiklik gibi bazı tamam özellikler vardır (Zıba ve Yılmaz, 2019).

Harita üretiminde yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri de fotogrametridir. Fotogrametri, fiziksel cisimler ve oluşturdukları çevreden yansıyan ışınların şekillendirdiği görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjilerin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucu güvenilir bilgilerin elde edildiği bir teknoloji, bilim ve sanat dalıdır (Öksüz vd., 2011, Sönmez ve Şeker, 2014). Daha kısa bir tanım yapacak olursak; 2 boyutlu resimlerden 3 boyutlu model ve üzerinden her türlü ölçü ve bilgi alınabilecek harita üretebilen bir sistemdir.

Ortofoto görüntü; eğiklik, dönüklük ve yükseklik farkından dolayı meydana gelen hataların düzeltilmesi ve dik izdüşüm haline getirildiği sayısal görüntülerdir (Yastıklı, 2009). Ortofoto görüntüler araziye bire bir tasvir ettiği için birçok alanda altlık görüntü olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle kullanılan ortofoto görüntünün doğruluğu için doğruluğuna etki etmektedir.

2. İHA FOTOGRAMETRİSİ

İHA fotogrametrisi terminolojide uzaktan kumandalı çalışan ve bağımsız veya yarı bağımlı, içinde pilot bulunmayan bir fotogrametrik ölçüm platformu tanımlar (Ulvi vd., 2019). Platform fotogrametrik ölçüm sistemleri ile donatılmıştır. Bu aynı zamanda küçük veya orta boy sabit video veya video kamera, termik veya kızılötesi kamera sistemleri ve hava LIDAR sistemlerini de içerir. Mevcut standart İHA, lokal bir koordinat sistemine uygulanan sensörlerin kaydını ve konumunu ve yönlerini izlemeyi sağlar. Bu nedenle İHA fotogrametrisi, insansız bir hava aracı yardımıyla fotogrametrik ölçümler yapan bir teknik olarak anlaşılabilir (Ulvi, 2020).

Yersel ve hava fotogrametrisini bir araya getiren İHA fotogrametrisi 3B sayısal yüzey modeli ve ortofoto oluşturma aracı olarak kullanılmaktadır.

İHA fotogrametrisinin hızla yaygınlaşmasının temel nedenlerden birincisi geleneksel fotogrametri de kullanılan matematik/istatistik model ile uyumlu olmasıdır. Diğer bir nedeni ise dijital kameraların hava fotogrametrisinde kullanılabilirliğidir (Torun, 2017).

3. İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Harwin ve arkadaşları (2015) çalışmalarında %80 ve %90 bindirmeli ve doğru olarak incelenen ($\sigma \leq 2$ mm), yoğun halde dağıtılmış yer kontrol noktaları ile dikey ve eğik görüntüler kaydetmiştir. Bu, çeşitli durumların test edilmesine ve harita üretim doğruluğuna etkisini değerlendirmeye olanak tanımıştır. Bu araştırma sonucunda İHA fotogrametrisi için kamera kalibrasyonu ve yer kontrol noktaları ile ilgili kararlara yardımcı olacak öneriler sunulmuştur.

Salach ve arkadaşları (2018) çalışmalarında sayısal arazi modellerinin (SAM) düşey hatasını, sahada ölçülen arazi verilerine dayanarak değerlendirmiş ve İHA ile havadan lazer taramasıyla karşılaştırmışlardır. Veriler, yaz aylarında çeşitli arazi örtüsü türlerinin gözlemlendiği Levees ve çevresi üzerindeki bir koridor uçuş görevi sırasında elde edilmiştir. Çalışma sonuçları, LiDAR teknolojisi kullanılarak elde edilen arazi modellerinin daha doğru olduğunu açıkça gösterdi.

Türk ve Öcalan (2020) çalışmalarında, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesi içinde 9 adet YKN işaretlemiş, İHA ile fotogrametrik amaçlı uçuş gerçekleştirilmiştir. Uçuş sonucunda elde edilen görüntüler Pix4D fotogrametrik değerlendirme yazılımında YKN'li ve YKN'siz olmak üzere farklı yaklaşımlar ile değerlendirilmiştir. YKN kullanılarak üretilen orto-görüntünün doğruluğu yatayda 3,6 cm, düşeyde ise 5 cm olarak elde edilmiştir. Çalışmada farklı GNSS istasyonları da kullanılarak istasyon noktasının çalışma alanına uzaklığının üretilen ortofotonun doğruluğuna etkisini araştırmıştır. Sonuç olarak, İHA'lar ile yapılan çalışmalarda herhangi bir YKN kullanılmaksızın yüksek doğrulukta (≤ 10 cm) fotogrametrik ürünlerin elde edilebileceğini ortaya koymuşlardır. Ancak çalışma da istenilen hassasiyetlerin önem taşıdığını belirtmişlerdir.

Yılmaz ve arkadaşları (2018) çalışmalarında İHA ile Aksaray Üniversitesi kampüsünün hava fotoğraflarını çekmiş ve bu fotoğraflar kullanılarak kampüs alanının ortofotosu elde etmiştir. Elde edilen sonuçlar insansız hava araçlarının küçük boyutlu alanlar için beklenen doğruluğu sağladığı görülmüştür.

4. MATERYAL METOD

Bu çalışma kapsamında tam otomatik uçuş yeteneğine sahip Dji firmasının ürettiği Dji Phantom 3 Pro isimli insansız hava aracı kullanılmıştır. Hazırlanan uçuş planlarına göre uçuş otomatik olarak gerçekleştirilmekte ve belirlenen aralık ve güzergâha göre çalışma alanına ait fotoğraflar çekilmiştir. Fotoğraf çekim işlemi araçta bulunan sabitlenmiş 12 MP çözünürlüklü FC 300 X isimli dijital kamera ile gerçekleştirilmiştir. İnsansız hava aracına ve fotoğraf makinesine ait teknik bilgiler aşağıda gösterilmiştir.

DJİ Phantom Professional 3

- 1280 gram
- Max hız 16 m/s
- Tırmanış/iniş 5m/s 3 m/s
- 23 dk uçuş süresi (4.480 mAh batarya)
- Max irtifa 6000 feet
- Navigasyon: GPS / GLONASS



Şekil 2. Phantom 3 Pro

Kamera FC 300x

- 12 MP
- 4000x3000 Çözünürlük
- F:2.8
- 1/2000 sn deklanşör hızı (URL-1)



Şekil 3. FC 300 X

GNSS Alıcısı

- Kompakt hafif tasarım
- 24 GPS +11 Glonass Uyduları
- 6.4 km kapsama
- Entegre bluetooth iletişimi
- Çift frekanslı



Şekil 4. Topcon Hiper Pro GPS alıcı



Şekil 5. Kireç ile Boyanmış Yer Kontrol Noktası (20cm çapında orta daireye sahip)

İnsansız hava aracı ile arazi ölçümüne geçmeden önce uçuş alanı, hava şartları ve K index değerine bakıldı. Uçuş yüksekliği ve bindirmemize bağlı olarak istenilen değerlerde uçuş planı hazırlandı. Uçuş planları insansız hava aracının kontrol yazılımı olan Pix4D'nin Dji için geliştirmiş olduğu Pix4D Capture yazılımı kullanıldı. Uçuş yükseklikleri 50 ile 80 metre olarak bindirme oranlarında %70 ve %80 olarak ayarlanarak, 50 metre de %70, 50 metrede %80, olarak planlandı. Uçuş planlarından elde edilen görüntü sayıları ve kapladığı alan;

50 m % 70 bindirme 55 resim 300 Mb

50 m % 80 bindirme 70 resim 387 Mb

80 m % 70 bindirme 18 resim 81.7 Mb

80 m % 80 bindirme 55 resim 275 Mb,

şeklindedir.



Şekil 6. Pix4D Capture Uçuş Planı

İnsansız hava aracından elde edilen görüntülerin harita olarak kullanılabilmesi için yer kontrol noktaları ile koordinatlandırılması gerekmektedir. Koordinatlandırma işlemi için çalışma alanına homojen şekilde dağıtılmış YKN'ları işaretlenmelidir. Bu çalışma içerisinde 100x100

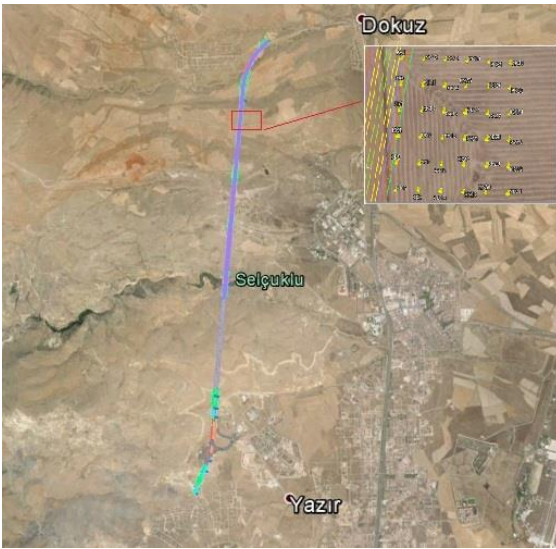
m'lik bir alan içerisinde 36 adet karelej noktası işaretlenmiştir ve bunların 5 adeti YKN olarak geri kalan noktalar ise kontrol noktaları olarak kullanılmıştır. Yerleştirilen karelej noktalarının koordinatları TOPCON Hiper Pro marka GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak ölçülmüştür.

Karelej noktaları model koordinat değerleri ile arazi ölçümlerinden elde edilen koordinat değerlerinin karşılaştırılması yapılmıştır. Arazide GNSS alıcı ile ölçülen koordinatlar (Tablo 1) gösterilmiştir.

4.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, insansız hava aracı ile elde edilen ortofoto görüntülerin ve sayısal yüzey modellerinin doğruluk analizi yapılmıştır. İnsansız hava aracı ile farklı uçuş modlarında elde edilen görüntülerin, aynı yer kontrol noktaları kullanılarak, 100x100 m'lik bir alanda 20 m aralıklarla 36 adet karelej noktası işaretlenmiştir. Bu işaretlenen noktalar 50 m yükseklikte %70 ve %80 bindirmeler ve 80 m yükseklikte %70 ve %80 bindirmeli olacak şekilde görüntüler alınmıştır. Arazi koordinatları GNSS alıcısı yardımıyla ölçülen koordinatlar ile Pix4D programından elde edilen koordinatlar karşılaştırılmıştır.

Çalışma alanı Konya Selçuk Üniversitesi Kampüsünün kuzeybatısından geçmekte olan, Dokuz mevkiisinde son bulan çevre yolu projesinin 96+600.000 km'si ile 108+000.000 km'si arasındaki kesim 2 olarak adlandırılan karayolu projesinin 106+100.000 km'si kenarında 100x100m²'lik içerisinde 20m aralıklarla 36 adet karelej noktası işaretlenmiş ve bunların 5 tanesi YKN olarak kullanılmıştır.



Şekil 1. KGM Kesim 2 projesinin uydu görünümü

5. BULGULAR

Karelej noktalarının karşılaştırılmasında ilk olarak 50 m yükseklik, %70 ve %80 bindirmeler ile üretilen koordinatlar karşılaştırılmıştır. Sayısallaştırma sonucu elde edilen koordinatlar ile araziden elde edilen koordinat değerlerinin farkları belirlenmiş ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Çalışmanın ikinci adımında 80 m yükseklik, %70 ve %80 bindirmeler ile üretilen koordinatlar ve arasındaki farklar ile karesel ortalama hataları hesaplanmıştır (1,2,3). Bu çalışmaların karesel ortalama hatası gösterilmiştir.

Tablo 1. Arazide elde edilen koordinatlar

Nokta No	Y	X	Z
1	454943.728	4212792.691	1260.343
2	454943.711	4212772.674	1260.415
3	454943.715	4212752.635	1260.622
4	454943.719	4212732.689	1260.701
5	454943.668	4212712.664	1260.721
6	454943.679	4212692.641	1260.745
7	454963.709	4212692.673	1260.283
8	454963.724	4212712.682	1260.337
9	454963.672	4212732.670	1260.333
10	454963.689	4212752.671	1260.089
11	454963.696	4212772.645	1260.168
12	454963.734	4212792.676	1259.952
13	454983.720	4212792.674	1259.500
14	454983.783	4212772.637	1259.636
15	454983.704	4212752.656	1259.773
16	454983.659	4212732.635	1259.900
17	454983.698	4212712.649	1260.010
18	454983.668	4212692.656	1260.019
19	455003.724	4212692.632	1259.805
20	455003.711	4212712.682	1259.738
21	455003.716	4212732.668	1259.652
22	455003.705	4212752.689	1259.507
23	455003.703	4212772.676	1259.320
24	455003.695	4212792.684	1259.194
25	455023.714	4212792.637	1258.617
26	455023.688	4212772.641	1258.754
27	455023.732	4212752.634	1258.860
28	455023.726	4212732.674	1258.972
29	455023.698	4212712.655	1258.964
30	455023.698	4212692.684	1259.046
31	455043.722	4212692.654	1258.555
32	455043.744	4212712.662	1258.538
33	455043.783	4212732.645	1258.503
34	455043.713	4212752.681	1258.404
35	455043.729	4212772.650	1258.319
36	455043.711	4212792.701	1258.159

Tablo 2. 50 m % 70 bindirmeli görüntülerden üretilen model koordinatları

Nokta No	Y	X	Z
1	454943.760	4212792.696	1260.328
2	454943.756	4212772.724	1260.442
3	454943.734	4212752.697	1260.598
4	454943.729	4212732.686	1260.631
5	454943.648	4212712.670	1260.668
6	454943.660	4212692.669	1260.755
7	454963.742	4212692.724	1260.326
8	454963.688	4212712.736	1260.394
9	454963.625	4212732.700	1260.306
10	454963.730	4212752.724	1259.995
11	454963.678	4212772.689	1260.110
12	454963.737	4212792.730	1260.038
13	454983.686	4212792.712	1259.501
14	454983.790	4212772.691	1259.571
15	454983.650	4212752.663	1259.741
16	454983.683	4212732.586	1259.891
17	454983.675	4212712.635	1260.075
18	454983.649	4212692.710	1260.070
19	455003.730	4212692.691	1259.795
20	455003.729	4212712.622	1259.756
21	455003.756	4212732.622	1259.598
22	455003.647	4212752.663	1259.446
23	455003.691	4212772.726	1259.268
24	455003.704	4212792.644	1259.137
25	455023.748	4212792.679	1258.585
26	455023.664	4212772.659	1258.698
27	455023.724	4212752.568	1258.794
28	455023.765	4212732.612	1258.931
29	455023.729	4212712.554	1258.977
30	455023.674	4212692.675	1259.039
31	455043.733	4212692.641	1258.560
32	455043.755	4212712.604	1258.509
33	455043.796	4212732.555	1258.440
34	455043.810	4212752.634	1258.339
35	455043.743	4212772.628	1258.261
36	455043.721	4212792.709	1258.150

Tablo 3. 50 m % 80 bindirmeli görüntülerden üretilen model koordinatları

Nokta No	Y	X	Z
1	454943.673	4212792.699	1260.405
2	454943.670	4212772.731	1260.375
3	454943.681	4212752.655	1260.556
4	454943.679	4212732.697	1260.689
5	454943.652	4212712.726	1260.740
6	454943.646	4212692.731	1260.779
7	454963.762	4212692.718	1260.289
8	454963.699	4212712.736	1260.339
9	454963.628	4212732.731	1260.285
10	454963.684	4212752.662	1260.036
11	454963.638	4212772.679	1260.111
12	454963.690	4212792.677	1259.952
13	454983.668	4212792.679	1259.485
14	454983.757	4212772.695	1259.549
15	454983.642	4212752.608	1259.722
16	454983.657	4212732.611	1259.919
17	454983.678	4212712.716	1259.951
18	454983.704	4212692.714	1259.962
19	455003.715	4212692.670	1259.749
20	455003.680	4212712.735	1259.631
21	455003.671	4212732.651	1259.622
22	455003.674	4212752.598	1259.462
23	455003.658	4212772.646	1259.269
24	455003.672	4212792.627	1259.134
25	455023.721	4212792.613	1258.594
26	455023.661	4212772.601	1258.697
27	455023.719	4212752.596	1258.831
28	455023.721	4212732.660	1258.988
29	455023.662	4212712.697	1258.931
30	455023.681	4212692.657	1258.954
31	455043.744	4212692.649	1258.541
32	455043.711	4212712.716	1258.529
33	455043.730	4212732.590	1258.568
34	455043.762	4212752.627	1258.362
35	455043.720	4212772.604	1258.244
36	455043.673	4212792.673	1258.162

$$[VV]_x=369.850 \quad [VV]_y=801.310 \quad [VV]_z=828.530$$

$$m_x = \sqrt{\frac{[VV]_x}{36}} = 3.205 \quad (1.1)$$

$$m_y = \sqrt{\frac{[VV]_y}{36}} = 4.718 \quad (2.1)$$

$$m_z = \sqrt{\frac{[VV]_z}{36}} = 4.797 \quad (3.1)$$

$$[VV]_x=458.730 \quad [VV]_y=748.060 \quad [VV]_z=873.880$$

$$m_x = \sqrt{\frac{[VV]_x}{36}} = 3.569 \quad (1.2)$$

$$m_y = \sqrt{\frac{[VV]_y}{36}} = 4.558 \quad (2.2)$$

$$m_z = \sqrt{\frac{[VV]_z}{36}} = 4.927 \quad (3.2)$$

Tablo 4. 80 m % 70 bindirmeli görüntülerden üretilen model koordinatları

Nokta No	Y	X	Z
1	454943.690	4212792.730	1260.413
2	454943.701	4212772.730	1260.474
3	454943.715	4212752.718	1260.621
4	454943.712	4212732.744	1260.624
5	454943.663	4212712.705	1260.675
6	454943.662	4212692.689	1260.815
7	454963.765	4212692.705	1260.410
8	454963.703	4212712.759	1260.342
9	454963.642	4212732.754	1260.313
10	454963.720	4212752.741	1260.108
11	454963.670	4212772.693	1260.210
12	454963.725	4212792.705	1260.001
13	454983.738	4212792.678	1259.552
14	454983.780	4212772.733	1259.701
15	454983.631	4212752.648	1259.841
16	454983.704	4212732.599	1259.906
17	454983.704	4212712.664	1260.054
18	454983.714	4212692.690	1260.087
19	455003.732	4212692.658	1259.899
20	455003.716	4212712.667	1259.765
21	455003.756	4212732.658	1259.625
22	455003.660	4212752.688	1259.519
23	455003.672	4212772.712	1259.369
24	455003.683	4212792.640	1259.239
25	455023.769	4212792.639	1258.641
26	455023.659	4212772.650	1258.764
27	455023.719	4212752.643	1258.799
28	455023.744	4212732.660	1258.906
29	455023.685	4212712.643	1258.955
30	455023.675	4212692.689	1259.107
31	455043.734	4212692.696	1258.617
32	455043.690	4212712.638	1258.505
33	455043.741	4212732.590	1258.431
34	455043.734	4212752.663	1258.354
35	455043.697	4212772.626	1258.242
36	455043.694	4212792.671	1258.162

Tablo 5. 80 m % 80 bindirmeli görüntülerden üretilen model koordinatları

Nokta No	Y	X	Z
1	454943.680	4212792.705	1260.382
2	454943.729	4212772.749	1260.460
3	454943.701	4212752.745	1260.586
4	454943.736	4212732.762	1260.654
5	454943.676	4212712.707	1260.680
6	454943.674	4212692.660	1260.771
7	454963.769	4212692.682	1260.338
8	454963.726	4212712.725	1260.346
9	454963.648	4212732.712	1260.287
10	454963.706	4212752.751	1260.106
11	454963.664	4212772.689	1260.206
12	454963.740	4212792.693	1259.943
13	454983.691	4212792.680	1259.546
14	454983.753	4212772.674	1259.708
15	454983.664	4212752.638	1259.855
16	454983.683	4212732.597	1259.894
17	454983.712	4212712.667	1260.075
18	454983.727	4212692.663	1260.105
19	455003.751	4212692.654	1259.858
20	455003.714	4212712.665	1259.725
21	455003.727	4212732.645	1259.601
22	455003.667	4212752.713	1259.510
23	455003.680	4212772.693	1259.365
24	455003.674	4212792.629	1259.272
25	455023.757	4212792.627	1258.614
26	455023.640	4212772.664	1258.742
27	455023.713	4212752.677	1258.817
28	455023.737	4212732.641	1258.923
29	455023.708	4212712.629	1258.934
30	455023.681	4212692.662	1259.074
31	455043.736	4212692.677	1258.609
32	455043.713	4212712.624	1258.505
33	455043.771	4212732.581	1258.457
34	455043.741	4212752.679	1258.361
35	455043.668	4212772.625	1258.274
36	455043.684	4212792.668	1258.127

$$[VV]_x=343.950 \quad [VV]_y=645.130 \quad [VV]_z=1065.300$$

$$m_x = \sqrt{\frac{[VV]_x}{36}} = 3.091 \quad (1.3)$$

$$m_y = \sqrt{\frac{[VV]_y}{36}} = 4.233 \quad (2.3)$$

$$m_z = \sqrt{\frac{[VV]_z}{36}} = 5.440 \quad (3.3)$$

$$[VV]_x=311.750 \quad [VV]_y=590.310 \quad [VV]_z=729.280$$

$$m_x = \sqrt{\frac{[VV]_x}{36}} = 2.984 \quad (1.4)$$

$$m_y = \sqrt{\frac{[VV]_y}{36}} = 4.049 \quad (2.4)$$

$$m_z = \sqrt{\frac{[VV]_z}{36}} = 4.500 \quad (3.4)$$

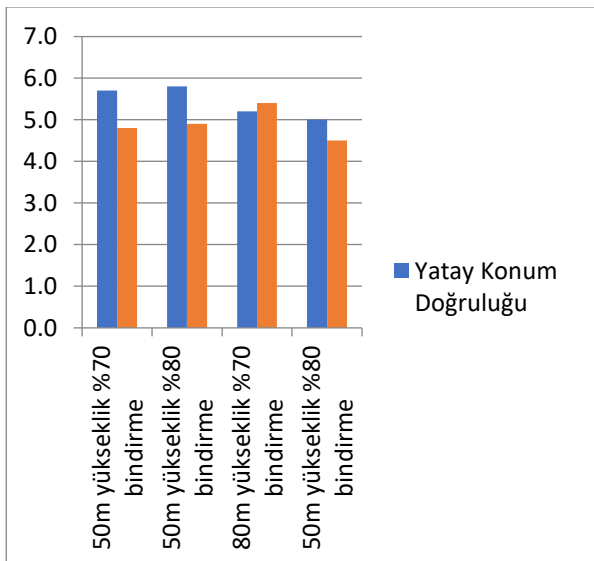
6. BULGULAR

İHA'ların yaygın olarak kullanılan alanlarından biri harita üretme çalışmalarıdır. Harita üretiminde, mekansal doğruluğun amaçlanan amacına uygun olarak noktalanması oldukça önemlidir. Bu çalışmada, iki farklı bindirme oranına sahip görüntüler, test alanının 50 m ve 80 m yukarısından İHA tarafından alınmıştır. Görüntüler Pix4D Mapper Pro yazılımı ile değerlendirildi. Üretilen ortofoto ve sayısal yükseklik modeli Virtual Surveyor 3B harita üzerinden sayısallaştırma yöntemi ile harita koordinatları ile RTK-GPS ölçümünden elde edilen koordinatlar karşılaştırılmıştır. Nokta doğruluğu karşılaştırmanın sonunda yatayda 5-6 cm bulundu, düşeyde ise 5 cm olarak bulunmuştur. Bu doğruluk, harita üretimi için bir referans olarak kabul edilen Büyük Ölçekli Haritaların Üretimi Hakkında Yönetmelik ve Harita Bilgileri'ne göre onay sınırları arasında yer almaktadır. Diğer çalışmalarla karşılaştırıldığında, nokta uzaysal doğrulukları İHA'ların uçuş yüksekliği, dijital kameraların teknik özellikleri, görüntü örtüşme oranları ve ayarlama için kullanılan Yer Kontrol Noktalarının sayısı bakımından farklılık gösterir.

7. SONUÇ

Çalışma sonucunda 50 m yükseklikten %70 ve %80 bindirmeli olarak ve 80 m yükseklikten %70 ve %80 bindirmeli olarak alınan görüntülerin değerlendirilmesi sonucu (Tablo 6) bulunan nokta konum doğrulukları hemen hemen aynıdır. Bindirme oranı arttıkça çalışma süresi ve alınan görüntü sayısı artmaktadır. Ancak uçuş yüksekliği arttıkça görüntü sayısı azalmaktadır. Buna ilaveten görüntü sayısının artması işleme süresini uzatmakta ve depolama alanına ihtiyacı artırdığı görülmüştür.

Tablo 6. Uçuş Yüksekliği ve Bindirme Oranlarına Göre Konum doğrulukları (cm)



Mühendislik alanında haritalar çok önemli bir yere aittir, dolayısıyla harita üretimi oldukça büyük önem taşımaktadır. Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde İHA'lar ile harita üretimine yönelik bir hüküm bulunmamaktadır. Bu yönetmeliğe ilave edilecek yer örnekleme aralığı, uçuş yüksekliği, kamera çözünürlüğü, ile ilgili maddeler; harita üretimi isteyen özel sektör, kamu kurumları ve İHA ile harita üretimi yapan sektör çalışanları arasındaki anlaşmazlıklar ortadan kaldırılabılır.

KAYNAKÇA

- Changchun, L., Li, S., Hai-Bo, W. ve Tianjie, L., (2010), The research on unmanned aerial vehicle remote sensing and its applications, *In Advanced Computer Control (ICACC)*, 1(2), 644-647).
- Eisenbeiss, H., 2009. UAV Photogrammetry, Dresden Teknoloji Üniversitesi, *Zurich Federal Teknoloji Enstitüsü Doktora Tezi*, Zurich
- Harwin, S., Arko Lucieer and Jon Osborn, (2015), The Impact of the Calibration Method on the Accuracy of Point Clouds Derived Using Unmanned Aerial Vehicle Multi-View Stereopsis. *Remote Sensing*, 7 (9), 21
- Öksüz M., Yıldırım Ç., Sağlam Ö., Karaarslan Y., Görmüş K.S., Kutoğlu Ş. H., (2011) Zonguldak Kozlu Bölgesi'nin Su Baskınlarına Yönelik Risk Araştırması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara
- Salach, A., Bakua, K., Pilarska, M., Ostrowski, W., Górski, K., Kurczyn'ski, Z. (2018), Accuracy assessment of point clouds from LiDAR and dense image matching acquired using the UAV platform for DTM creation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7 (9), 342
- Sönmez E. ve Şeker D.Z., (2014).İzmir Havagazı Fabrikası 4 Nolu İdari Binasının Yersel Fotogrametri Yöntemiyle Modellenmesi. *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014)*, İstanbul
- Torun A., (2017), İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörü Ve İHA Fotogrametrisinin Ölçme Bağlamında Konumlandırılması, *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*
- Türk T. ve ÖCALAN T. (2020). PPK GNSS Sistemine Sahip İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Fotogrametrik Ürünlerin Doğruluğunun Farklı

Yaklaşımlarla İrdelenmesi, Türkiye
Fotogrametri Dergisi,2(1),22-28

Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y., & Kaya, Y. (2019). The Use of Photogrammetric Techniques in Documenting Cultural Heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science Vol. 7(3)*, pp. 64-73 / DOI: 10.13189/ujes.2019.070303

Ulvi A. (2020). Importance Of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) In The Documentation Of Cultural Heritage, *Turkish Journal of Engineering (TUJE)*, 4(3), 104-112.

Ulvi A., Yakar M, Yiğit A.Y. Ve Kaya Y. (2020). İHA ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu Nokta Bulutu ve Modelinin Üretilmesi, *Geomatik Dergisi*, 5(1);22-30

Yastıklı, N., (2009), Ortofoto Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, *Harita Mühendisliği Bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı*, İstanbul

Yılmaz H., Mutluoğlu Ö., Ulvi A., Yaman A., Bilgilioğlu S.. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Geomatik Dergisi* , 3 (2) , 129-136

Zıba H.E., Yılmaz H.M.(2019), "Karayolu Projeleri İçin İHA İle Şeritvari Harita Üretimi", *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 23-32.,

URL-1.

<https://www.dji.com/phantom-3-pro>

[Erişim tarihi: 26.04.2016]