

İNSANSIZ HAVA ARACI GÖRÜNTÜLERİ İLE SAYISAL FOTOGRAMETRİK HARİTA VE ORTOFOTO ÜRETİMİ; AKSARAY ÜNİVERSİTESİ KAMPÜSÜ ÖRNEĞİ

H.Can ^{a,*}, F. Yılmaztürk ^b

^a BMD Mühendislik, Çankaya, Ankara, Türkiye – huseyincan1340@gmail.com

^b Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye – yilmazturk@aksaray.edu.tr

Anahtar Kelimeler: İHA, Fotogrametri, Harita, Ortofoto

ÖZET:

Gelişen teknoloji ile yeni bir taşıyıcı platform olan İHA sistemleri, farklı mühendislik projelerine altyapı desteği sağlayan fotogrametrik çalışmalar için önemli bir yere sahip olmuştur. İHA sistemlerinden elde edilen görüntülerin kullanıldığı fotogrametrik ölçümlerle birçok çalışma için ideal çözümler üretilebilmektedir. İHA görüntülerinin kullanıldığı fotogrametrik çalışmaların tercih edilmesinin temel sebepleri yöntemin düşük maliyetli, hızlı ve yüksek hassasiyette veri üretme yeteneğine sahip olmasıdır. Bu çalışmada, düşük maliyetli İHA kullanılarak büyük alanların fotogrametrik yöntemle sayısal fotogrametrik hâlihazır harita ve ortofoto üretme potansiyelinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda çalışma bölgesi olarak yaklaşık 300 hektarlık bir alana sahip Aksaray Üniversitesi Yerleşke Alanı seçilmiştir. Çalışma bölgesine ait 924 hava fotoğrafı, Dji Phantom 4 Pro multikopter İHA ile çekilmiştir. Elde edilen görüntüler ortofoto üretimi amacıyla SfM (Structure from Motion) algoritması kullanan fotogrametrik bir yazılım desteği ile işlenmiş ve stereo değerlendirme ile sayısallaştırılmıştır. Üretilen ürünler değerlendirildiğinde düşük maliyetli multikopter bir İHA olan Dji Phantom 4 Pro görüntüleri ile büyük alanlarda hava fotogrametrisi çalışması yapmanın mümkün olduğu görülmüştür. Karşılaşılan dezavantajlarsa kullanılan İHA'nın özellikle kötü hava koşullarından kolaylıkla etkilenmesi ve çok sayıda görüntüyü işlemek için yüksek donanımlı bilgisayar gereksinimidir.

Key Words: UAV, Photogrammetry, Map, Orthophotos

ABSTRACT:

Technological improvements led UAV systems which are new load carrying platforms, to gain an important place in photogrammetric studies by providing infrastructural support to different engineering projects. Photogrammetrical surveys, in which images obtained from UAVs are used, can be used for numerous ideal solutions. The main reason of preference of these photogrammetrical surveys are the low cost, high speed and the ability to produce data with high precision. The aim of this study is to evaluate the potential of producing digital photogrammetrical base map and orthophotos of large areas with photogrammetrical methods by using a low-cost UAV system. For this aim, Aksaray University Campus is chosen as the project area which has a field size of approximately 300 hectares. 924 aerial photographs of the project area are shot with DJI Phantom 4 Pro Multicopter UAV. For orthophoto production, the images are digitized with stereo evaluation by using a photogrammetrical software which uses SfM (Structure from Motion) algorithm. The evaluation of the final products showed that it is possible to perform large area aerial photogrammetrical operations with a low-cost multicopter UAV like DJI Phantom 4 Pro. The disadvantages experienced are the negative effects of adverse weather conditions on the UAV used, and the requirement of a highly capable computer system to process a large number of images.

1. GİRİŞ

Fotogrametri, fotoğraflar üzerinden mekânsal ölçümlerin ve geometrik olarak güvenilir ürünlerin elde edilebildiği bir bilim dalıdır. Gelişen teknoloji sayesinde fotogrametri bilimi farklı dallara ayrılmış ve birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Geçmişten günümüze fotogrametrinin tarihsel sürecinde, plançete fotogrametrisi, analog fotogrametri, analitik fotogrametri ve digital fotogrametri olmak üzere farklı kullanım şekilleri olmuştur. Fotogrametrinin zamanla gelişme göstermesinin en önemli nedeni, pozitif bilim dallarının temel kabul ettiği doğruluk, esneklik ve pratiklik prensiplerini esas kabul etmesidir. 1990'lı yıllardan sonra gelişen teknoloji ile sayısal fotogrametri bilimi, mühendislik alanında vazgeçilmez bir değerlendirme yöntemi olarak yerini almıştır.

Fotogrametri bilimi, kullanılan platformun yüksekliğine göre yersel fotogrametri ve hava fotogrametrisi olmak üzere iki temel sınıfa ayrılmaktadır. İlk uygulamalar yersel fotogrametri alanında olmuştur. Hava fotogrametrisi ise geniş alanların ölçümüne olanak sağlaması avantajı ile tercih edilmektedir. Hava fotogrametrisi, hava fotoğrafları üzerinden yeryüzünün ya da belirli nesnelerin fiziksel boyutlarını koordinatlar ve arazi modeli ile ölçümünü sağlamaktadır. Ancak hava fotoğrafları ile sağlanamayan yüksek doğruluk, kalite kontrol ve tamamlayıcı bilgiler için yersel ölçümler hava fotogrametrisinin vazgeçilmez bir parçası olmaya devam edecektir.

Ülkemizde hava fotogrametrisi çalışmaları, 1927 yılında başlamış olup, 1929 yılında ilk kez Bergama-Çandarlı paftası üretilmiştir. 1936 yılında ise hava fotoğrafları çekilerek 140km²'lik bir alanın 1/2000 ölçekli fotoplanları yapılarak İstanbul'un imar planları için gerekli altlık sağlanmıştır. Yerel

*Sorumlu yazar.

yönetimlerde ise 1987 yılında, büyük ölçekli haritaların fotogrametri ile üretiminin yapımı başlamıştır. Ülkemizde hava fotogrametrisi çalışmalarını büyük ölçüde gerçekleştiren kurum Harita Genel Komutanlığı'dır. Harita Genel Komutanlığı, yaptığı çalışmalar ile 1939 yılından itibaren yaklaşık 6.400 adet hava fotoğrafı arşivine sahiptir. Türk Silahlı Kuvvetlerinin, kamu kurum ve kuruluşları ile özel sektörün planlama ve analiz çalışmalarında ihtiyaç duyduğu Coğrafi Bilgi Sistemlerine altlık oluşturma amacı ile ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretimini gerçekleştirmektedir.

Son yıllarda ise fotogrametrik uygulamaların ticari alanda kullanımının hızlı bir şekilde arttığı görülmektedir. Bu artışın temel sebeplerinin; yüksek çözünürlüklü kamera ve bilgisayarlar teknolojilerinin gelişimi, fotogrametrik yazılımların düşük maliyetli ve ulaşılabilir olmasının yanı sıra insansız hava araçlarının üretilmesi ile gerçekleştiği söylenebilir. İnsansız Hava Araçları ilk olarak askeri alanda kullanılmaya başlansa da düşük maliyet ve insansız olarak uçuşa özelliği ile sivil havacılıkta kullanılmak üzere üreticilere ilham vermiştir. Özellikle İHA'lar zor çalışma bölgeleri için insanlara büyük kolaylıklar sağlayarak sivil kullanıma hızlı bir girişte bulunmuştur.

Askeri kullanım alanlarının yanı sıra jeolojik ve meteorolojik araştırmalar, arkeolojik alanların incelenmesi, radyasyon seviyesinin incelenmesi, heyelanların incelenmesi, doğal afet yönetimi, uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, deformasyon analizi, yeryüzünün haritalanması ve üç boyutlu şehir veya arazi modelleme gibi farklı kullanım alanları günümüzde İHA'lar ile yapılabilmektedir. İHA ve İHAS sınıfları azami havada kalış süresi ile uçuş irtifasına bağlı olarak Mini, Taktik, Operatif ve Stratejik olmak üzere 4 ana gruba ayrılmaktadır. Bu çalışmada mini İHA'ların fotogrametrik yönden değerlendirilmesi ele alınacaktır.

İHA sistemi, karmaşık bir yapıda olup birden fazla bileşenin uyumlu ve eşgüdümlü çalışmasını gerektiren, insanlı sistemlerin uçurulmasından farklı olarak alt unsurların bir araya gelip senkronize bir şekilde çalışmasıyla sonuç veren bir sistemdir. İHA sistemlerin temel olarak hava aracı, yer kontrol istasyonu ve veri terminali bileşenlerinden oluştuğu söylenebilir.

İHA'ların hava fotogrametrisi ve sayısal fotogrametri ile bütünleşmesi sayesinde hava fotoğraflarının alımı kolaylaşmış, hassas ve tekrarlı ölçüm yeteneği kazanılmıştır. Sayısal görüntüler direkt olarak bilgisayarda görüntülenebilir, iyileştirilebilir ve ölçülebilir duruma gelmiştir. Ölçme sistemleri ise sabittir ve kalibrasyona ihtiyacı bulunmaz. Bu sayede yüksek çözünürlüklü, düşük distorsiyonlu sayısal görüntülerin iç ve dış yöneltmeleri, görüntü işleme ve değerlendirmeleri otomatik olarak yapılabilir.

Günümüzde İHA'lar ile elde edilen görüntülerin çoğu fotogrametrik yazılım programları ile işlenebilir. Bindirmeli olarak alınan hava fotoğrafları bu yazılımlardaki görüntü eşleme işlemi ile otomatik olarak birleştirilir. Çalışma amacına göre bağlayıcı noktalar manuel olarak da eklenebilir. Yüksek doğruluk istenildiğinde ise yer kontrol noktaları ile konum hassasiyeti artırılabilir. İHA'ların üzerinde bulunan navigasyon sistemi (GPS /IMU) sayesinde oluşturulan ve konumlandırılan görüntüler için kolaylıkla blok nirengi dengelemesi yapılabilir. Sonuç ürünleri olarak sayısal yükseklik modeli, ortomozaik ve nokta bulutu klasik yöntemlere göre hızlı bir şekilde sağlanabilir.

1.1 Amaç ve Kapsam

Günümüzde, yeni bir taşıyıcı platformu olan insansız hava araçları birbirinden farklı alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda birçok araştırmacı, mühendislik alanı için İHA fotogrametrisini araştırmayı ve geliştirmeyi amaçlamıştır. Bir anlamda mobil haritalama sistemi olan İHA fotogrametrisi, üzerinde farklı sensörleri bulunduran, sürekli olarak platformun 3 boyutlu koordinatlarını sağlayabilen, aynı zamanda mekânsal veri toplayabilen ve isteğe bağlı olarak yer kontrollü GPS verilerini destekleyen bir platformdur.

Yeni bir teknoloji olmasına rağmen İHA fotogrametrisi, diğer ölçüm tekniklerine göre hızlı, hassas, düşük maliyetli ve tekrarlı ölçü elde etme özelliklerinden dolayı üstünlüğünü kanıtlamaya başlamıştır. İHA'lar, çeşitlenmesi ve farklı sensör seçenekleri barındırması ile birçok alanda kendine yer bulmuştur.

Bu çalışmanın temel amacı; İHA fotogrametrisi kapsamında, multikopter mini İHA sistemi ile sayısal fotogrametrik harita ve ortofoto üretmektir.

Bu kapsamda, Aksaray Üniversitesi Yerleşke Alanı çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Üniversite Yerleşke Alanı'nın multikopter ile görüntü alımları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı doğrultusunda multikopter İHA ile 21 Mart 2018 tarihinde çekilen görüntüler kullanılmıştır.

İHA ile elde edilen görüntüler, yer kontrol noktalı olmak üzere Agisoft PhotoScan Professional 1.3.1 programında değerlendirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan bir başka konu ise, İHA'lar ile elde edilen görüntülerin fotogrametrinin otomatik yöntemlerle değerlendirme kısmıdır. Bunun için tercih edilen fotogrametrik yazılımda, otomatik olarak yer kontrol noktaları ile üretilen nokta bulutu verilerinden SYM üretilmiştir.

2. İHA İLE FOTOGRAMETRİ

İHA; pilotsuz hava aracı sistemi, uzaktan pilotaj kontrol sistemi ve bu ikisi arasında komuta-kontrol iletişim ortamı olmak üzere oluşan üç bileşenden oluşan entegre sistemler bütünüdür. İHA'nın temel bileşenleri; ana gövdeyi oluşturan iskelet,kanat, pervane, motor ve batarya, kontrol birimini oluşturan elektronik algılayıcılar, haberleşme elektroniği, GNSS ve kullanım amacına dönük sensör, kamera gibi algılayıcılar ile İHA planlama, uçuş ve yönetimi amaçlı haberleşme, yazılım ve donanımdan oluşmaktadır.

2.1 İHA'ların Kullanım Alanları

Her kullanıldığı alana kolaylık sağlayan insansız hava araçları ilk olarak askeri amaçlarda kullanılsa da hobi amaçlı kullanımından proje ve analiz amaçlı kullanımına kadar geniş bir yelpazeye sahiptir. Harita mühendisliğinde kullanım alanları şöyledir;

- Sayısal arazi modelleri
- Sayısal yükseklik modelleri
- Sayısal yüzey modelleri
- Kent haritaları
- Coğrafi bilgi sistemi
- Arazi bilgi sistemi
- 3 Boyutlu model oluşturma

3. UYGULAMA

3.1. Jeodezik Çalışmalar

3.1.1. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi Ve Ölçümü

Üretilecek olan sayısal fotogrametrik halihazır haritanın ülke koordinat sistemine bağlanması amacıyla uçuş öncesi araziye uygun şekilde dağılmış yer kontrol noktalarının tesis edilmesi gerekmektedir. Yeni nokta tesislerinden önce proje alanında mevcut noktaların olup olmadığı araştırılmalıdır. Üniversite içerisinde yapılan araştırmaların neticesinde daha önceki çalışmada kullanılan “KANT” isimli pilye tesisinin mevcut ve sağlam olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak yeni tesisler yapılmadan önce Google Earth yardımıyla noktaların yaklaşık olarak nereye tesis edileceği belirlenmiştir. Sonrasında ise arazide yapılan istikşaf çalışması neticesinde toplam 13 adet YKN tesisi çivi olarak yapılmıştır.



Şekil 3.1. YKN Tesis Planı – Google Earth

Bu noktalar belirlenirken, uçuş süresine kadar ve hatta sonraki muhtemel projelere altlık oluşturması amacıyla kolay tahrip olmayacak yerlerin seçilmesi amaçlanmıştır. Tesis edilen her YKN’ye havai nirengi işleminde kolay farkedilmesi için Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği’nin belirlediği standartlara uygun olarak kanat yapılmıştır. Bu noktalarda yapılacak ölçümler sayesinde istenilen konum ve yükseklik doğruluğu elde edilmektedir.

a- Statik Ölçü Yöntemi

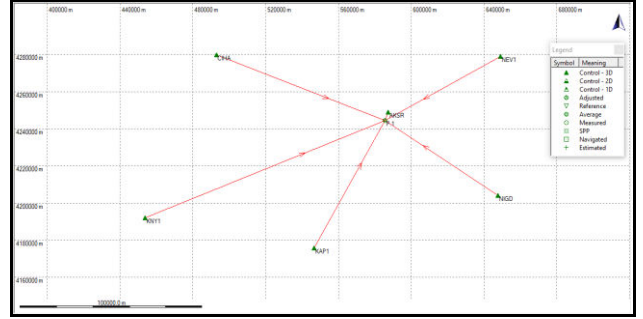
YKN’lerin ölçümünde referans noktası olarak kullanılan kampüs içerisinde yer alan ve daha önce ölçümü üniversite tarafından yapılan “KANT” noktası P.1 ismiyle TUSAGA-Aktif’e dayalı olarak tekrar ölçülmüştür. P.1 noktası AKSR, CIHA, KAPN, KNY1, NEVS, NIGD TUSAGA-Aktif istasyonlarına dayalı olarak çözümlenmiştir..

Statik ölçü Topcon GR3 çift frekanslı GNSS alıcısı ile yapılmıştır. Yapılan statik ölçüye ait hesaplamalar öncelikle Topcon Tools 8.2.3 yazılımında değerlendirilerek RINEX olarak dışarı aktarılmıştır. Hesaplama ve dengeleme işlemleri için LeicaGeo Office 7.0 yazılımı kullanılmıştır. Ölçü gününe ait hassas efemeris bilgisi "www.gnsscalendar.com" web sitesinden indirilmiştir.

Point ID	Point Class	Start	End	Duration	GNSS Type	Type	Height Reading	Measurement Type	Antenna Type	QZD	QZD
AKSR	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
CIHA	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
KAP	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
KNY1	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
NEVS	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
NIGD	Control	02/21/2018 01:58:45	02/21/2018 01:59:15	29h 39' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0870	Vertical	TRIMBLE130	NOVA	1403
P.1	Adjusted	02/21/2018 14:13:55	02/21/2018 15:47:25	1h 33' 30"	GPS/GNSS	Static	0.0800	Vertical	TP5082	NOVA	1403

Şekil 3.2. LeicaGeo Office 7.0, GPS-Process Sekmesi

GPS ile ölçüm sonrasında P.1 noktasına ait koordinatlar ITRF 96 D.O.M 33 sisteminde hesaplanmıştır.



Şekil 3.3. LeicaGeo Office 7.0, View/Edit Sekmesi

Elde edilen koordinat değerleri ile daha önce hesaplanan değerler arasındaki farkın uygun değerlerde olduğu görülmüştür.

MEVCUT NOKTAYA AİT KOORDİNAT FARKLARI									
N.N	İLK ÖLÇÜYE AİT DEĞERLER			GÜNCEL HESAP SONUCU ELDE EDİLEN DEĞERLER			FARKLAR		
	X	Y	Z	X	Y	Z	DX	DY	DZ
P.1 (KANT)	4154903,6466	2800433,6601	3934884,1743	4154903,6566	2800433,6574	3934884,1719	-0,0100	0,0027	0,0024

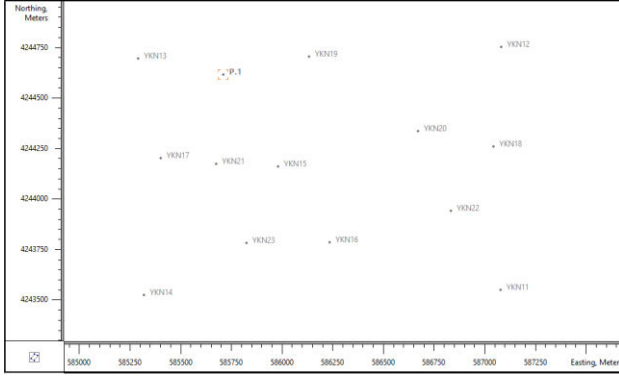
b- RTK Ölçü Yöntemi

Statik ölçü tamamlandıktan sonra tesis edilen YKN ölçüleri için RTK ölçü yöntemi tercih edilmiştir. Bu yöntem için bir referans ve bir gezeiciye ihtiyaç olduğu bilinmektedir. Bu proje kapsamında P.1 noktası referans(sabit) olarak kullanılmış ve diğer tüm YKN’lerin koordinat ve elipsoit kot değerleri buna bağlı olarak hesaplanmıştır. Ölçü işlemi yapılırken sistemin “FIXED” olduğu kontrol edilmiş ve uydu sayısının yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Yapılan ölçüler sonucunda tesis edilen tüm noktaların koordinat(Grid, Kartezyen, Coğrafi) ve elipsoit kot değerleri ITRF 96 datumunda elde edilmiştir.

Icon	Name	Grid Northing	Grid Easting (m)	Elevation (m)	Code	Control	Note	Photo Notes	Layer	Color	Source
P.1	P.1	424814,125	35770,398	958,196		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN11	YKN11	424348,633	357078,178	955,275		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN12	YKN12	424470,610	357081,838	954,813		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN13	YKN13	424486,514	355260,632	957,378		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN14	YKN14	424352,175	355320,035	956,603		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN15	YKN15	424418,118	355981,135	955,960		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN16	YKN16	424378,384	356237,480	956,077		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN17	YKN17	424420,580	355403,942	955,878		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN18	YKN18	424426,997	357044,552	955,981		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN19	YKN19	424470,125	358132,927	955,321		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN20	YKN20	424333,488	356677,298	955,468		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN21	YKN21	424417,644	355677,567	956,187		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN22	YKN22	424399,524	356835,758	956,096		None			BYCODE(0)	BYLAYER	
YKN23	YKN23	424378,430	355825,175	956,072		None			BYCODE(0)	BYLAYER	

Şekil 3.4. Topcon Link 8.2.3, Points



Şekil 3.5. TopconLink 8.2.3, CAD View

Elipsoit yüzeyden ortometrik kotlara geçiş yapmak için TG03 Ulusal Jeoidi referans alınmış ve proje alanındaki ortalama N(jeoidondüslasyonu) değeri tespit edilmiştir. GPS ölçüleri ile belirlenen elipsoid yükseklik değerlerinden N değerleri farkı alınarak ortometrik kotlar hesaplanmıştır. Proje kapsamında kullanılan ortalama N değeri 34.832m 'dir.

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİ KOORDİNAT ÖZET CETVELİ						
ITRF 96 DOM 33 3°Ref.Épok 2005						
N.N	SAĞA	YUKARI	ELİPSOİT KOT	N DEĞERİ	ORTOMETRİK KOT	TESİS CİNSİ
P.1	585710,398	4244614,126	993,028	34,832	958,196	PİLYE
YKN11	587078,178	4243548,633	990,107	34,832	955,275	ÇİVİ
YKN12	587081,838	4244750,610	989,645	34,832	954,813	ÇİVİ
YKN13	585290,632	4244694,514	992,410	34,832	957,578	ÇİVİ
YKN14	585320,035	4243525,175	991,435	34,832	956,603	ÇİVİ
YKN15	585981,135	4244161,118	990,792	34,832	955,960	ÇİVİ
YKN16	586237,400	4243783,864	990,909	34,832	956,077	ÇİVİ
YKN17	585403,942	4244200,580	990,710	34,832	955,878	ÇİVİ
YKN18	587044,552	4244258,997	990,793	34,832	955,961	ÇİVİ
YKN19	586132,927	4244703,125	990,553	34,832	955,721	ÇİVİ
YKN20	586671,206	4244335,486	990,480	34,832	955,648	ÇİVİ
YKN21	585677,567	4244173,644	991,029	34,832	956,197	ÇİVİ
YKN22	586835,758	4243939,524	990,928	34,832	956,096	ÇİVİ
YKN23	585825,175	4243780,430	990,904	34,832	956,072	ÇİVİ

3.2. Fotogrametrik Çalışmalar

3.2.1. Hava Fotoğraflarının Çekimi

Haritası üretilecek alanın görüntüleri, DJI marka Phantom 4 pro modeli, dikey iniş kalkış yapıp havada asılı durabilen ve üç eksenle hareket edebilen uzaktan kontrollü insansız hava aracı ile alınmıştır. İHA,düşeyde -90° ile +30° arasında hareket kalibiyetine sahip, 4000x3000 çözünürlükte fotoğraf verebilen 20 MP kamera taşımaktadır.

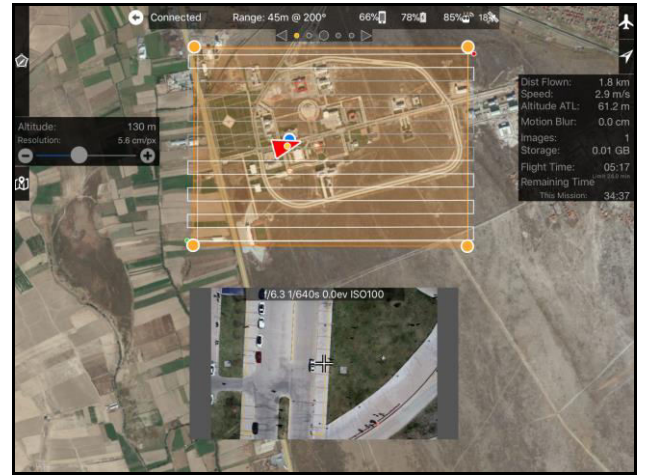


Şekil 3.6. DJI Phantom 4 Pro

Parametre	Özellikleri
Ağırlık	1388 gr (Batarya dahil)
Maksimum Hız	S-modu: 72 km/s A-modu: 58 km/s P-modu: 50 km/s
Maksimum Yükselme	S-modu: 6 m/s P-modu: 5 m/s
Maksimum Alçalma	S-modu: 4 m/s P-modu: 3 m/s
Kamera	1-INCH 20MP Sensör Kamera
Video	DCI 4K/60 (4096 x 2160/60fps)
Maksimum İrtifa	6000m (19685 feet)
Uçuş Süresi	Yaklaşık 30 dakika (5870 mAh batarya ile)
Çalışma Isısı	0° - 40°C
Bitrate	100Mbps
Navigasyon	GPS/GLONASS

Uçuşlar; hava koşullarının uygun olduğu bir günde ve İHA'nın batarya yeterlilik süresine bağlı olarak 3 parça halinde yapılmıştır.

Uçuş planı, "Map Pilot for DJI" uygulaması yardımı ile hazırlanmıştır.

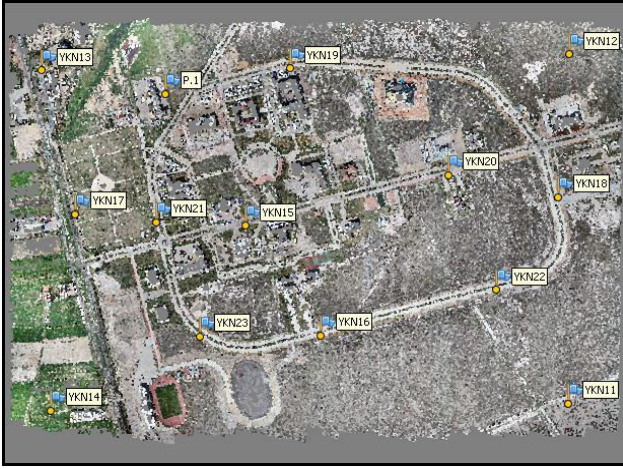


Şekil 3.7. Map Pilot for DJI

Üniversite yerleşke alanında yükseklik farkının fazla olmamasından dolayı tüm fotoğraflar 140 metre sabit yükseklikten çekilmiştir. Uçuş yüksekliğine bağlı olarak, fotoğrafların yer örnekleme aralığı (GSD) 6.2 cm/px'dir. Çekim yapılan kolon hatları, İHA'nınrüzgarın esme yönüne uygunluğu göz önünde bulundurularak kuzey – güney doğrultusunda belirlenmiştir.Fotoğraflar çekilirken; boyuna %80, enine %60 bindirme olmasına dikkat edilmiştir.

3.2.2. Bağlama Noktalarının Üretilmesi ve Havai Nirengi

Elde edilen bindirmeli fotoğraflardan,havai nirengide demet dengelemesi için kullanılacak olan bağlama noktaları üretilmesi gerekmektedir. Bağlama noktaları üretimi işleminde "AgisoftPhotoScan Professional 1.3.1" yazılımı kullanılmıştır. Bu işlem sonucunda 660.414 bağlama noktası oluşmuştur.



Şekil 3.8. AgisoftPhotoScan Professional 1.3.1, TiePoints

Üretilen noktaların referanslandırılması için jeodezik hesap sonucu elde edilen YKN koordinat bilgileri yazılıma aktararak, her bir YKN'nin girdiği tüm fotoğraflarda üzerine işaretlenmesinin ardından yapılan dengeleme sonucunda üretilen bağlama noktalarının da jeodezik koordinatlarının elde edilmesi ile havai nirengi işlemi tamamlanmış olur.

Reference			
Cameras			
	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)
☒ DJI_0004.JPG	587147.839503	4243492.064415	1080.015040
☒ DJI_0005.JPG	587148.284911	4243533.886519	1080.215040
☒ DJI_0006.JPG	587148.462660	4243558.852378	1080.115040
☒ DJI_0007.JPG	587149.190791	4243599.012245	1080.315040
☒ DJI_0008.JPG	587149.674623	4243626.908004	1080.315040
☒ DJI_0009.JPG	587150.138921	4243668.776579	1080.315040
☒ DJI_0010.JPG	587150.639942	4243710.392676	1080.215040
☒ DJI_0011.JPG	587150.933141	4243738.166112	1080.315040
Markers			
	Easting (m)	Northing (m)	Altitude (m)
☒ P.1	585710.398000	4244614.126000	958.195600
☒ YKN11	587078.178000	4243548.633000	955.275000
☒ YKN12	587081.838000	4244750.610000	954.813000
☒ YKN13	585290.632000	4244694.514000	957.578000
☒ YKN14	585320.035000	4243525.175000	956.603000
☒ YKN15	585981.135000	4244161.118000	955.960000
☒ YKN16	586237.400000	4243783.864000	956.077000
☒ YKN17	585403.942000	4244200.580000	955.878000

Şekil 3.9. AgisoftPhotoScan Professional 1.3.1, Reference

3.2.3. Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi

Yüksekliklerin sayısal olarak tanımlanabilmesi için sonsuz sayıda noktaya gereksinim vardır. Sonsuz sayıda nokta üretimi de olanaksız olduğu için, belirli sıklıkta bir nokta kümesi seçilir ve yüzey bu noktalardan yararlanılarak matematiksel olarak temsil edilmeye çalışılır. Yeryüzünün bu biçimde temsili Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) olarak tanımlanır.

Sayısal Yükseklik Modeli'nin üretilmesi için öncelikle bindirmeli fotoğraflar üzerinde karşılıklı eşlenik noktalar belirlenmelidir. Bu aşamada, görüntüleri piksel bazında eşleyerek yoğun nokta bulutu oluşturabilen "Agisoft PhotoScan Professional 1.3.1" yazılımı kullanılmıştır. Sayısal Yükseklik Modeli 40.144.916 nokta ile oluşturulmuştur.



Şekil 3.10. AgisoftPhotoScan Professional 1.3.1, Dense Cloud

3.2.4. Ortofoto Üretimi

Fotogrametrik çalışmalarda çekilen hava fotoğrafları merkezsel iz düşüm prensibine dayanarak çekildiği için fotoğraf yüzeyinde homojen bir ölçek sağlanamamakta ve bu fotoğraflar harita olarak kullanılamamaktadır. Ölçekteki bu bozulmanın nedeni; arazi yüzeyinin her yerde düz olmaması, yani; rölyef kayması olarak tanımlanan, arazideki yükseklik farkının fazla olmasından kaynaklı meydana gelen görüntü bozulması ve yüzeyden yansıyan ışınların kamera optik merkezine aynı uzaklıkta olmamasından kaynaklı piksel boyutundaki meydana gelen farklılıklardır.

Bu hatanın ortadan kalkması için fotoğrafların ortorektifikasyon işlemi görmesi, yani; arazideki farklı yüksekliklerdeki noktaların dik iz düşüm mantığındaki gibi arazideki gerçek koordinatına ötelenmesi gerekmektedir. Bahsi geçen bu öteleme işleminin gerçekleştirilmesi için DTM noktalarının yani; Sayısal Yükseklik Modeli'nin olması gerekmektedir.

Ortorektifikasyon işlemi gören fotoğrafların kenarlarında arazinin durumuna göre içe doğru düzeltmeler meydana gelir. Bu içe çekilme fazla ise rölyef etkisinin fazla olmasından kaynaklı olduğu söylenebilir. Ortorektifiye edilmiş fotoğraflar mozaikleme işlemi ile tek bir fotoğraf haline getirilir. Bu işlemde hangi bölgenin görüntüsünün hangi fotoğraftan geleceği yazılım tarafından belirlenmektedir. Mozaikleme işleminin sonucunda homojen ölçekli tek bir fotoğraf elde edilir.



Şekil 3.11. AgisoftPhotoScan Professional 1.3.1, Orthomosaic

3.2.5. Sayısal Fotogrametrik Harita Üretimi

Koordinat ve yükseklik bilgilerini birlikte içeren fotogrametrik sayısalştırma "LeicaPhotogrammetry Suite" yazılımının "Microstation" destekli çalışan "Pro600" modülü kullanılacaktır.

Bu amaçla, ilk işlem adımı olarak "Microstation" projesi üzerine, resim orta nokta koordinatları ve adlarının bulunduğu bir proje indeksi hazırlanması gerekmektedir. Bu fotoğraf adları, indeks üzerinde ilgili bölgeleri içeren fotoğrafları açma konusunda fayda sağlayacaktır. Ayrıca harita üretilecek alanda yeteri kadar fotoğraf olup olmadığını da önceden kontrol etme imkanı sağlayacaktır.

Sonraki adımda, fotoğraflara kamera iç ve dış yönelme işlem adımları uygulanmış olan blok proje dosyası oluşturulmalıdır. Yeni bir blok dosyasında ilk olarak koordinat sistemi ve datum tanımlanmalıdır. Arazi çalışmasında tesis edilen YKN'lerin ortalama yükseklik değeri ve fotoğraf çekim anındaki kamera ortalama yükseklik değerlerinin farkına göre yaklaşık bir uçuş yüksekliği girilmelidir. Kamera kalibrasyon raporunda bulunan kamera odak uzaklığı ve asal nokta konum bilgileri, kamera özellikleri bölümüne girilmelidir.

Ortalama uçuş yüksekliği (metre): 140



Şekil 3.13. 1-INCH 20MP Sensör Kamera

Odak uzaklığı (mm): 8.8

Asal nokta x_0 (mm): 0.0

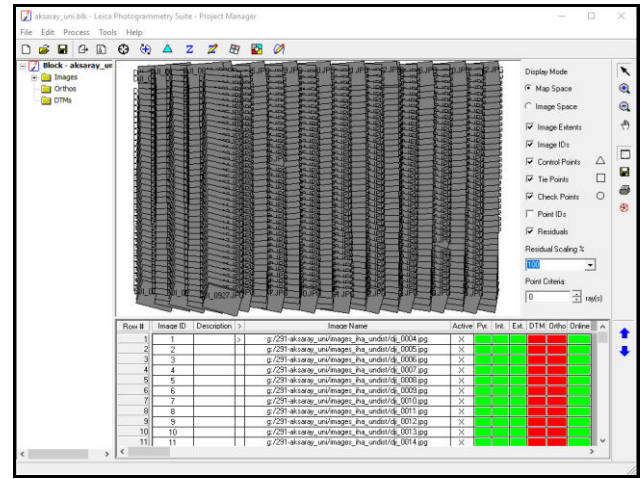
Asal nokta y_0 (mm): 0.0

İç yönelme işlem adımının tamamlanabilmesi için kameranın elde ettiği fotoğrafın bir pikselinin boyutunun girilmesi yeterli olmaktadır. Dış yönelme işlem adımında ise "Agisoft PhotoScan Professional 1.3.1" yazılımında yaptığımız dengelemenin ardından dış aktardığımız dış yönelme parametreleri kullanılmaktadır. Bu konum ve dönüklük bilgileri her bir fotoğrafa uygulandığında dış yönelme işlem adımı da tamamlanmış olur.

İç yönelme:

X yönünde piksel boyutu (micron): 2.4123

Y yönünde piksel boyutu (micron): 2.4123



Şekil 3.14. LeicaPhotogrammetry Suite – Project Manager

Çizim aşamasında, fotoğrafların stereo olarak görülebildiği "Leica Photogrammetry Suite" ve yapılan çizimlerin "CAD" formatında saklanabildiği "Microstation", "Pro600" modülü ile birbiri ile bağlantılı ve eş zamanlı olarak çalışabilen şekilde açılmaktadır. Ana ekrandaki modelleri stereo görebilmek için 3B görüş sağlayan gözlük gerekmektedir. Stereo modelde görülen detaylar, özel çizim mouse'u yardımı ile her detay yükseklik bilgisiyle ve farklı tabakalarda olmak üzere sayısalştırılmaktadır.

Harita üretimine başlamadan önce, tüm YKN'ler konum ve kot olarak 3B modelde kontrol edilmiştir. Ayrıca kolon geçişlerinin de kontrolü yapılarak her hangi bir problemin olmadığından emin olduktan sonra harita üretim işlemine başlanmıştır.

Çizilen her bir modelin birleştirilmesi ile proje alanının sayısal haritası elde edilmiştir. Bu çizimdeki hataları tespit etmek ve gerekli düzeltme ya da eklemeleri yapmak amacıyla edit çalışması yapılmalıdır.

Editleme işleminde;

- Temizlenmesi gereken DTM noktaları temizlenmelidir.
- Çizim aşamasında yapılan çizimlerin çift, bindirmeli ya da boşluklu olma durumları incelenip gerekiyorsa düzeltilmelidir.
- Tabakaların ve çizgi tiplerinin kontrolü yapılmalıdır.

- Gerekli yerlere yer kotu ve yollara belli aralıklarla yol kotu yazdırılmalıdır.
- Gerektiğinde detay noktalarına atılan sembollerin açısal düzeltmeleri yapılmalıdır.
- Çizgi özellikli olması gereken yerler çizgi, alan özellikli olması gereken yerler alan yapılmalıdır.
- Şev taraması yapılmalıdır.
- Merdiven, sundurma, bina ve seraların taramaları yapılmalıdır.
- Asfalt ve toprak yol uçları açılmalı, toprak yolların yaklaşık olarak kuzeye bakan tarafları kesikli çizgi haline getirilmelidir.
- Akarsu ve derelere istikamet oku koyulmalıdır.
- Mesken alanlara kat adedi yazdırılmalıdır.
- Eş yükseklik eğrisi geçirilmelidir.
- İçinde eş yükseklik eğrisi olmaması gereken alanlar kapalı alan haline getirilerek eğriler temizlenmelidir.
- Eş yükseklik eğrilerine kot yazdırılmalıdır.
- Eş yükseklik eğrilerinde yararlanılarak kot noktaları kontrol edilmelidir.
- Enerji nakil hattı ve elektrik hatlarının devamlılığı kontrol edilmelidir.
- Yöre, mevkii, dere ve yol isimlendirmeleri yapılmalıdır.

Blok halinde bulunan bu veride çizim aşamasında oluşabilecek çizgilerin; çift, bindirmeli ya da boşluklu olma durumları, tabakaların ve çizgi tiplerinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Şev, merdiven, sundurma, bina ve seraların taramaları yapılmalıdır. Haritadan, arazinin topoğrafik durumu hakkında bilgi edinilebilmesi amacıyla eş yükseklik eğrisi geçirilmelidir. Eş yükseklik eğrileri, sayısal yükseklik modeli noktaları referans alınarak enterpolasyon mantığı ile otomatik olarak üretilmektedir. Üstünden eğri geçmemesi gereken alanlardan eğrilerin temizlenmesi gerekmektedir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

4.1. Sonuç

Bu çalışma kapsamında özellikle tarım amaçlı çalışmalar için farklı özelliklere sahip insansız hava araçları ile veri toplamanın uygunluğu ve elde edilen verinin bilgiye dönüştürülmesindeki doğruluğu incelenmiştir.

Bu bağlamda multikopter İHA'nın avantaj ve dezavantajları şu şekildedir;

- Multikopter olan İHA (DJI Phantom 4 Pro)'ın avantajları: Basit bir tasarımı olmasına rağmen üzerinde bulundurduğu 4 adet pervane ile görüntü alımında yeterli stabilizasyonu sağlar. Yüksek çözünürlüklü kamerası (20 MP) sahip ve üzerinde

bulundurduğu GPS ve IMU'nun hassasiyeti yeterlidir. Nadir dışında istenilen farklı açılardan da veri toplayabilir. Özellikle 3 boyutlu model üretiminde multikopter tipi İHA'lar kullanılmalıdır. Ayrıca küçük boyutlu olması sayesinde her türlü alanda iniş kalkış yeteneği mevcuttur. Sivil kullanıcıların kolaylı ulaşabileceği düşük bütçeli bir İHA'dır.

- Multikopter İHA (DJI Phantom 4 Pro)'ın dezavantajları: Kötü hava koşullarından kolaylıkla etkilenmektedir. Batarya ömrünün 20 dk. olması sebebiyle küçük alanlardaki projeler için uygundur.

- Bu İHA'lar ile elde edilen görüntüler fotogrametrisinin temelleri doğrultusunda otomatik olarak değerlendirilmiştir. Otomatik değerlendirmeler çalışmaya uygun yazılımlar sayesinde yapılmıştır. Buna göre;

- İHA'dan elde edilen görüntülerin işlenmesi ve analiz edilebilmesi için üretilmiş son yılların en çok tercih edilen "Agisoft PhotoScan" programı, bu çalışmalar da kolay kullanımı ile hızlı ve doğruluğu yüksek sonuçlar üretmiştir.

- "Agisoft PhotoScan" programı, klasik fotogrametrik yazılımların sahip olduğu işlem adımlarına sahiptir. Projenin amacına göre kullanılacak parametrelerin belirlenmesi kolaydır. Üretilen sonuçları diğer yazılımlara entegre edilebilecek farklı formatlarda kullanıcıya sunma imkanı verir. Bu çalışmada programın bu özelliğinden yararlanılmıştır.

- "Agisoft PhotoScan" programının tek dezavantajı, işlem adımlarında sıralı devam etmesi ve kullanıcıya ara işlem adımlarında müdahaleye izin vermemesidir. Her hangi yanlış adımda en baştan başlangıç işlemini yapıyor olması süre anlamında kullanıcının zaman kaybetmesine sebep olmaktadır.

- İHA'dan elde edilen görüntüler ile "Erdas Imagine" programının "Leica Photogrammetry Suite" modülü ve "Microstation" programının, birbirine bağlı ve eş zamanlı çalışması "Pro600" modülü ile sağlanarak stereo modeller elde edilerek bölgenin haritası üretilmiştir.

- "Leica Photogrammetry Suite" modülünde stereo modeller elde edilerek üretilen haritanın yükseklik bilgisine de sahip olması sağlanmıştır.

4.2. Öneriler

Bu çalışma sonrası karşılaşılan problem doğrultusunda sunulan öneriler ise şöyledir:

- İHA ile yapılacak çalışmalarda projenin amacına yönelik İHA seçimi yapılmalı, hassas çalışmalarda, konum ve dönüklük bilgilerini yüksek doğrulukta olan İHA tercih edilmeli,

- Kullanılacak yer kontrol noktaları uçuş öncesi homojen bir şekilde tesis edilmeli, yer örnekleme aralığı göz önüne alınarak görüntülerde ayırt edilebilen noktalar kullanılmalı, yükseklik değeri projenin asıl hedefi ise mutlaka yükseklik farkı olan yerlerden de yer kontrol noktası ölçümü yapılmalı,

- Özellikle stereo modelden harita üretimi yapılacak ise İHA ile alınacak görüntüler %80 boyuna, %60 enine bindirme oranları olmalı,

Sonuç olarak, teknolojinin ilerlemesi ile fotogrametri alanında büyük gelişmeler söz konusudur. Yüksek maliyetlerle uçaklar sayesinde alınana görüntüler yerine günümüzde insansız hava araçları ile alınan görüntüler mühendislik çalışmalarında kullanılmaya oldukça elverişlidir. İHA'lerden faydalanılarak büyük ölçekli harita üretimin ve 3boyutlu modellerin birçok alan için uygun, hızlı, kullanımının kolay ve düşük maliyetlerle yapılabileceği görülmektedir. Giderek daha da gelişeceği düşünülen teknoloji sayesinde daha yüksek çözünürlüklü dijital kamera türlerinin İHA'lar ile kullanılabileceği düşünülmektedir. Bu sayede özellikle küçük alanlarda yüksek doğrulukla haritacılık sektöründe yeni bir dönem başlayacağını söylemek mümkündür.

5. KAYNAKLAR

- Abdulahit T.,** (2016). “İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektörünün Bugünü ve Yarını”, HKMO Harita Bülteni, Kasım 2016.
- Abdulahit T.,** (2017). “İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla”, Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, Ağustos 2017.
- Akan S., Bayram İ., Çam Y., Kacar H.,** (2014). “İnsansız Hava Araçlarının Sivil havacıkta Kullanımı” (Bitirme Tezi). Erciyes Üniversitesi, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Haziran 2014, Kayseri.
- Akgül M., Yurtseven H., Demir M., Akay A., Gülci S., Öztürk T.,** (2016). İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları. Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University
- Arpacı K. E.,** (2013). “Düşük Maliyetli Fotogrametrik Sistemlerin Küçük Objelerin 3 Boyutlu Modellenmesi Çalışmalarında Kullanım Olanakları” (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çam A., Fırat O., Yılmaz A.,** (2013). Harita Genel Komutanlığında Ortofoto ve Sayısal Yüzey Modeli Üretimi Faaliyetleri. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13 Kasım2013, Ankara.
- Çoşkun Z.,** (2012). Düşük Maliyetli İHA (İnsansız Hava Aracı) ile Mobil Harita Üretiminin Bugünü ve Geleceği, Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi,
- Fotogrametri Anabilim Dalı,** (2005). Fotogrametri Arazi Çalışması Föyü, İ.T.Ü. İnaat Fakültesi Matbaası, İstanbul.
- Kılıç F.,** (2012). Fotogrametri Ders Notları. Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yaşayan, A., Uysal M., Varlık A. ve Avdan, U.,** 2011. Fotogrametri, T.C Anadolu Üniversitesi Yayını, 1.Basım, Eskişehir.
- Yılmaz, H. M., Mutluoğlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A. ve Bilgilioğlu, S. S.,** 2018. İnsansız Hava Aracı ile

Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü
Örneği. Geomatik Dergisi, 3(2), 129-136.