



KARAYOLU PROJELERİ İÇİN İHA İLE ŞERİTVARİ HARİTA ÜRETİMİ PRODUCTION OF STRIP MAP USING UAV FOR HIGHWAY PROJECTS Halil Emre ZIBA¹, Hacı Murat YILMAZ²

¹Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakülte, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

²Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye

Anahtar Kelimeler:
İnsansız Hava Araçları
Şeritvari Harita
Fotogrametri

Keywords:
Photogrammetry
Stripped Map
Unmanned Air
Vehicle(UAV)

ÖZ

Çağımıza uygun olarak gelişen teknoloji etkinlikleri birçok alanı etkilediği gibi mühendislik alanını da etkilemektedir. Hiç kuşkusuz teknoloji ile iç içe olan harita mühendisliğinin, harita üretim yöntemlerinden olan fotogrametrik yöntemlerin yeni gözde aracı insansız hava araçları teknolojinin bir meyvesidir. İnsansız hava araçları kısa bir süre içinde kendisine hava fotogrametrisi alanında yer bulmuştur. Bu çalışmada insansız hava aracı kullanarak Çankırı Belediyesi yol çalışması kapsamın da 1/1000 ölçekli bir şeritvari harita üretilmiştir. Bu üretim esnasında yer kontrol ve baz noktaları için GPS olarak TOPCON GR3, hava fotoğrafı verisi elde etmek için İHA olarak Dji Phontom 4pro, dengeleme işlemi için Agi Soft, çizimde ise Leica Photogrammetry Suite ve Microstation V8i kullanılmıştır.

ABSTRACT

Developing technology events in accordance with requirements are affecting engineering as well as several sectors. Unmanned air vehicle which is favorite vehicle for geomatic engineering and photogrametry procedure is the most affective product of technology. Unmanned air vehicle has taken part in aerial photogrammetry in a very short. In this work, 1/1000 scale strip map as part of Çankırı municipality roadwork has been produced by using unmanned air vehicle. In the process of producing map, TOPCON GR3 as GPS has been used for ground control and base stations and Dji Phantom 4pro to get aerial photo data, Agi Soft for compensation and Leica Photogrammetry Suite and Microstation V8i has been used for drawing.

1. GİRİŞ

Karayolları, insanların veya yüklerin belirli araçlarla bir konumdan başka bir konuma gitmesini sağlayan ulaşım çeşididir. Karayolları ülkelerin refah seviyelerinin artmasında önemli bir role sahiptir. Karayollarının bu rolü üstlenmesinin en önemli sebebi birçok iş ve hizmet sektörü ile ilişkili olmasıdır. Bir ülkenin ekonomisi ve kalkınması ile doğrudan ilgili olan karayolları bütün dünyada bir medeniyet olarak kabul görmektedir. Türkiye de özellikle 1950' li yıllardan sonra önem verilen karayolları günümüzde çok geniş ve gelişmiş bir ağa sahiptir. Türkiye de hem yük taşımacılığında hem yolcu taşımacılığında diğer ulaşım çeşitlerine göre önde olan karayollarının önemi buradan da anlaşılmaktadır. Hem şehirlerarası hem şehir içi karayolları insanların iş hayatları ve sosyal hayatları için vazgeçilmez bir ihtiyaçtır.

Haritanın tarihi M.Ö 8200 yıllara dayanmaktadır. Tarihte en eski haritalardan birisi olarak kabul edilen Çatalhöyük şehir planı bunu desteklemektedir.

Türklerde ilk harita ise Osmanlı zamanında Piri Reis'in hazırlamış olduğu dünya haritası ve Denizcilik adlı eserde yayınlanan Akdeniz kıyı haritasıdır.

Tarihi çok eski yıllara dayanan ve insanlar için önem arz eden harita sözcüğü birçok kaynak da çeşitli alanlarda uzmanlaşmış bilim adamları tarafından farklı şekillerde tanımlanmıştır ve sınıflandırılmıştır. İsviçreli Prof. E.IMHOF'a göre ' Yeryüzünün veya belli bir parçasının küçültülmüş, genelleştirilmiş ve bütünlenmiş olarak düz zemin üzerine iki boyutta gösterilme tekniğidir.' Yine E.IMHOF'a göre harita sınıflandırması ölçek esasına göre yapılmıştır ve haritaları 3 kısma ayırmıştır. İlk olarak planları 1/10.000 dâhil büyük ölçekli haritalardır olarak tanımlamıştır. İkinci olarak Topografik ve detay haritalarını 1/10.000 küçük olan 1/100.000 dâhil ölçekli haritalar olarak tanımlamıştır. Son olarak ise coğrafya ve genel görünüm haritaları, 1/100.000' den daha küçük ölçekli haritalar olarak tanımlamıştır. Türk Kara Kuvvetlerine göre ise haritalar ölçeklerine göre, tiplerine göre ve kullanım maksatlarına göre ana başlıklara ayrılmıştır.

Harita kelimesini yorumlarsak; insanların amaçlarına ve ilgilendikleri alanlara hizmet eden, ilgili bölgenin istenilen ölçeklerde ve gerekli yönetmeliklere uygun küçültülerek kullanıcıya sunulan materyallerdir. Her haritadan istenilen bazı temel özelliklere şöyledir;

- Doğruluk
- Tamamlık
- Amaca Uygunluk
- Anlaşılabilirlik
- Okunabilirlik
- Estetiklik

Haritalar insan yaşamında çok önemli bir yere sahiptir. Teknolojinin gelişmesiyle özellikle

ulaşımında sağlık sektöründen ticarete, ticaretten turizm sektörüne kadar birçok sektöre konum bulmada kolaylık sağlayarak hizmet etmiştir. Mühendislik alanında ise şehirleşmelerde kullanılan haritalardan alt yapı haritalarına kadar amaçlarına göre düzenlenerek birçok projeye altlık oluşturmuşlardır. Ayrıca uzaktan algılama alanında da afet yönetiminde ve proje kapsamında bölgesel incelemelerde kullanılmaktadırlar. Haritaların bilimden kamu hizmetine kadar kullanım alanlarını incelediğimizde görülüyor ki eskiden günümüze kadar önemi giderek artmaya devam etmiştir.

Bir yerin gözle görülebilen dere, tepe, nehir, orman gibi doğal; karayolu, demiryolu, enerji nakil hattı, her türlü yapı ve tesis, kanal vb. yapay özelliklerini gösteren ve belirli ölçeklerdeki haritalara halihazır harita (durum haritası) denir (Yıldız, 2016). Öncelikle halihazır haritanın tanımının yapılmasının sebebi aslında Şeritvari haritalar bir çeşit halihazır harita olmasıdır. Şeritvari haritalar basit bir şekilde tanımlarsak 1/1000, 1/2000, 1/5000 gibi ölçeklerde üretilen güzergah haritalarıdır. Detaylı tanımı ise şeritvari haritalar; mühendislik projelerinde kullanılan, proje kapsamındaki gerekli güzergâh eksenin sağ tarafından veya sol tarafından 50m ile 200m arasındaki uzaklıkta bir bölgeyi kapsayacak şekilde çizilen haritalardır. Şeritvari haritanın kullanım alanları bakacak olursak; Ulaşım ağı projeleri (Karayolu, demiryolu, tünel), enerji nakil hattı projeleri (Elektrik, petrol, doğalgaz boru hattı), kanal projeleri, isale hattı projeleri, dere ıslahları gibi projelerde kullanılır.

Şeritvari harita üretiminde birden fazla yöntem bulunmaktadır. Eski zamanlardan günümüze kadar gelen klasik yöntemler olarak adlandırılan yöntemler, GPS veya Total Station gibi klasik aletler kullanılarak yapılır. Şeritvari haritanın tanımına ve yönetmeliğine uygun olarak güzergâh eksenini ve eksenin sağ ve solundan 50m ile 200m arası bölgenin tüm detayları GPS veya Total Station yardımıyla nokta alınarak oluşturulur. Bir başka şeritvari üretim yöntemi ise uygulamada da kullanılacak olan fotoğraf verisi kullanılarak oluşturulur. Fotoğraf verileri fotogrametrik yöntemlerle elde edilir. Bu yöntemlerde eskiden günümüze kadar birçok araç kullanılmıştır. Son zamanlarda ise uygulamada da kullanılan insansız hava araçları yaygınlaşmaya başlamıştır.

Yapılan çalışmada temel amaç; insansız hava araçlarının özelliklerinin, gelişiminin, kullanım alanlarının irdelenmesi ve uygulama olarak ise Çankırı Belediyesi yol çalışması kapsamında yapılan 1/1000 ölçekli şeritvari haritanın insansız hava aracı kullanılarak üretilmesi ve analizidir.

2. İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI

Çağımızda harita yapımı için kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Fotogrametri bilimi de kuşkusuz harita yapımının en kullanışlı yöntemlerinden birisidir. Fotogrametri en basit şekilde özetlenirse; temel verisi farklı şekillerde farklı amaçlar doğrultusunda çekilen fotoğraflar olan ve bu fotoğraflar üzerinde ölçüm ve analiz yapabilme tekniğine sahip bir bilim dalıdır. Fotogrametri birçok özellik bakımından sınıflara ayrılmaktadır. Uygulama alanlarına göre; jeodezik fotogrametri, endüstri fotogrametrisi, kadastro fotogrametrisi, mühendislik fotogrametrisi, mimarlık fotogrametrisi, topografik fotogrametri gibi gruplara ayrılmaktadır. Değerlendirme yöntemlerine göre; grafik fotogrametri, analog fotogrametri, analitik fotogrametri ve sayısal fotogrametri olarak gruplanır. Fotoğraf verisi elde edilen yerin konumuna göre ise; yersel fotogrametri, hava fotogrametrisi ve yakın resim fotogrametrisi olarak gruplanır. Ancak bu çalışmada insansız hava araçlarını da içinde barındıran hava fotogrametrisinin üzerinde duracağız.

Hava fotogrametrisi en sade tanımıyla uçak, insansız hava aracı veya havadan fotoğraf çekebilme yeteneğine sahip benzer araçlarda bulunan bir kamera yardımıyla çekilmiş fotoğraf verilerini kullanarak çalışan bir fotogrametri sınıfıdır. Hava fotogrametrisi özellikle; geniş alanlarda çalışma amacına uygun birçok türde harita üretiminin de kolaylık sağladığı için ayrıca uzaktan algılama kapsamında yapılan bitki örtüsü analizi veya orman yangını yayılma alanı gibi afet incelemelerinde kolaylık sağladığı için kullanılmaktadır.

Hava fotogrametrisinin de ürün oluşturmak için öncelikle veri elde edilmek üzere bir uçuş planı düzenlenmesi ve uygulanması gerekmektedir. Uçuş planı; projelerde kullanılacak olan araçların hava fotoğrafı elde etmek üzere arazide yarı otomatik ya da otomatik olarak izlediği yol planıdır. İlgili çalışma alanının bir uçuş planı çerçevesinde havadan çekilen fotoğraflarına hava fotoğrafı denir. Hava fotoğrafları elde edilirken; bulut, rüzgâr, kar gibi olumsuz hava şartlarına ve güneş açısına dikkat edilmelidir. Hava fotoğrafları harita üretiminde yaygın olarak kullanılan klasik harita üretim tekniklerinden dolayı çok yaygın bir veri kaynağı olmasa da, harita üretiminde çok yönlü ve ekonomik olan bir kaynaktır. Hava fotoğraflarının avantajlarını şöyle sıralarsak;

- Çalışma amacına uygun olarak ilgili bölgenin en geniş çapta görülmesini sağlayabilir.
- Belirli özelliklere sahip bir hava fotoğrafı farklı alanlarda bilgi sahibi olan kişiler tarafından tamamen farklı yorumlanabilir. Buda gösteriyor ki, hava fotoğrafı sayesinde tek veriyle birden fazla sonuca ulaşılabilir.

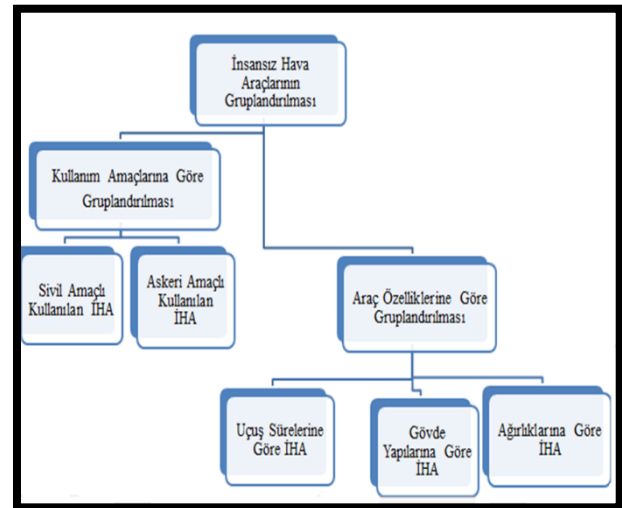
- Klasik ölçümlerde hareketli nesnelerin ölçümü pek mümkün değildir. Hava fotoğrafı o anda hareketli hareketsiz bütün nesnelerin görüntüsünü aldığı için hareketli nesnelere de durdurarak hareketli nesnelere verisini sunar. Bu avantajı özellikle uzaktan algılama alanında devingen olayların incelenmesinde, analizinin yapılmasında büyük katkı sağlar.

Fotogrametrik metotların dönemimizdeki teknolojiyi temsil eden en önemli aracı ise insansız hava araçlarıdır. Genel tanımıyla insansız hava araçları; harita yapımında fotoğraf verisi temelli bir metot olan fotogrametrisinin, teknoloji ile ortaya çıkmış en kullanışlı ve ekonomik aracıdır. Başka bir tanımla ise; içerisinde canlı bir sürücü bulunmayan, önceden belirlenmiş amaçlar doğrultusunda kullanılan, belli bir plan çerçevesinde çalışan, otomatik veya yarı otomatik uçuşa yeteneğine sahip araçlara insansız hava araçları denir.

2.1. İHA'ların Gruplandırılması

İnsansız hava araçları çeşitli özelliklerine göre ve kullanım amaçlarına göre gruplara ayrılmaktadır. Bu gruplamanın en önemli sebebi insansız hava araçlarının kullanıldıkları projelere amaç ve özellik olarak uygun olup olmadığını görmektir. İHA'ların gruplandırılması Tablo 1' de özetlenmiştir.

Tablo 1. İHA'ların gruplandırılması.



2.2. İHA'ların Kullanım Alanları

İnsansız hava araçları mühendisliğin çağa ayak uydurmasıyla birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. 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. Kullanım alanlarından bazıları şöyledir; Harita mühendisliğinde kullanım alanları,

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

Genel kullanım alanları,

- İnşaat mühendisliği
- Arkeoloji
- Mimarlık
- Askeriye
- Afet yönetimi
- Ormancılık
- Tarım
- Trafik de hız kontrolü
- Gemi endüstrisi
- Sanayi endüstrisi

3. UYGULAMA

Çankırı Belediyesi yol çalışması kapsamında yapılan 1/1000 ölçekli şeritvari haritanın insansız hava aracı kullanılarak üretilmesi ve sonuçlarının analiz edilmesidir.

3.1 Uygulamada Kullanılan Materyaller

Uygulamada arazi çalışmasında Topcon Gr3 ve DJI Phantom 4pro kullanılmıştır. Kullanılan İHA görüntüsü Şekil 1’de, özellikleri ise Tablo 2’de gösterilmiştir.

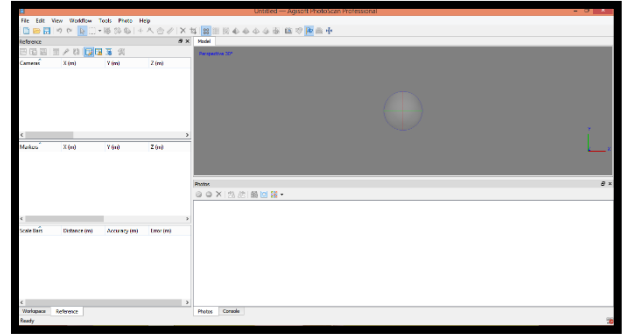
Tablo 2. Dji Phantom 4pro teknik özellikleri(URL-1).

Phantom	
Ağırlık (Batarya ve Kanatlar Dahil)	1388 gr
Çapraz Boyut (Pervaneler Hariç)	350 mm
Maks. Yükselme Hızı	Sport modu: 6 m/sn; GPS modu: 5 m/sn
Maks. Alçalma Hızı	Sport modu: 4 m/sn; GPS modu: 3 m/sn
Maks. Hızı	72 km/s (S-modu); 58 km/s (A-modu); 50 km/s (P-modu)
Maks. Yatırma Açısı	42° (Sport modu); 35° (İrtifa modu); 25° (GPS modu)
Maks. Aşsal Hız	250°/sn (Sport modu); 150°/sn (İrtifa modu)
Maks. Deniz Seviyesi Üzeri Servis Tavanı	6000 m
Maks. Rüzgar Hızı Direnci	10 m/sn
Maks. Uçuş Süresi	Yakl. 30 dakika
Çalışma Sıcaklığı Aralığı	0° - 40°C
Uydu Konumlandırma Sistemleri	GPS/GLONASS
Süzülme Hassasiyet Aralığı	Dikey: ±0,1 m (Görüş Konumlandırması ile); ±0,5 m (GPS Konumlandırması ile)
	Yatay: ±0,3 m (Görüş Konumlandırması ile); ±1,5 m (GPS Konumlandırması ile)

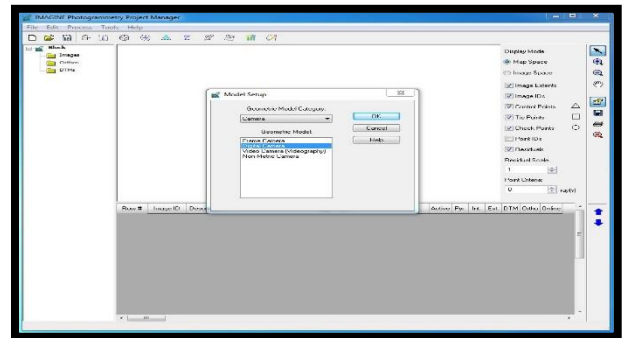


Şekil 1. DJI Phantom 4pro

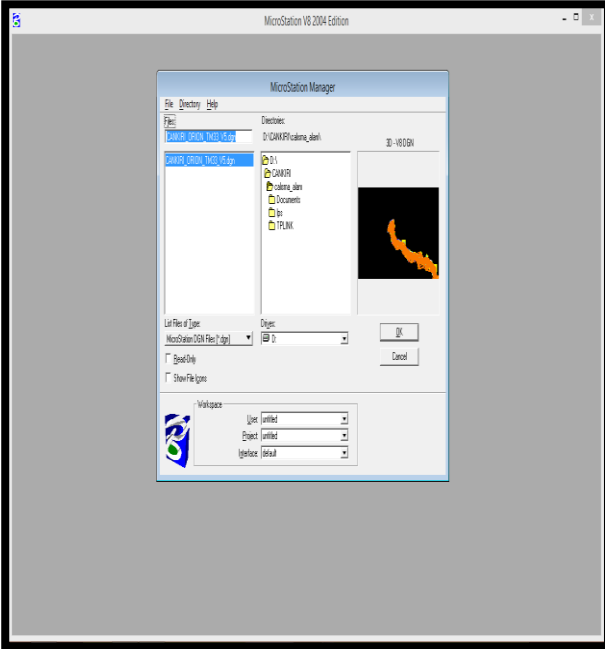
Uygulamada büro çalışmalarında; Şekil 2’de gösterilen Agisoft PhotoScan Professional programı ile dengeleme işlemi, Şekil 3 ve Şekil 4’da gösterilen Leica Photogrammetry Suite ve Microstation V8i programlarında ise çizim işlemleri yapılmıştır.



Şekil 2. Agisoft PhotoScan Professional programı



Şekil 3. Leica Photogrammetry Suite programı



Şekil 4. Microstation V8i programı

3.2 Uygulama Alanı

Çalışma alanı Çankırı bölgesinde yaklaşık 2km uzunluğunda bir bölgedir. Bölge ve çalışma alanları görüntüleri aşağıda yer alan Şekil 5,6 ve 7' de gösterilmiştir.



Şekil 5. Alanın Agisoft PhotoScan Professional ile gösterimi.



Şekil 6. Çankırı İl Haritası



Şekil 7. Çalışma alanının Google Earth ile gösterimi

3.3 Uygulama İşlemleri

Öncelikle arazi ortamında yer kontrol noktaları tesis edilmiştir. Noktalar GPS Topcon GR3 ile RTK yöntemi kullanılarak tesis edilmiştir. Nokta tesisi işlemi 4 saat sürmüştür. Arazi ortamında çekilen fotoğraflarda rahat gözükecek şekilde noktalar üç daire şeklinde araziye boya yardımıyla işaretlenmiştir. Ortasındaki daire yer kontrol noktasını temsil etmiştir. Bu noktaların yerleri belirlenirken uçuş planı kolonlarının köşe noktaları ve projeye uygun bölgeler dikkate alınmıştır.

YKN noktaları işaretlendikten sonra insansız hava aracıyla fotoğraf çekim işlemine geçilmiştir. Bu aşamada proje kapsamında Dji Phantom 4pro kullanılmıştır. Öncelikle bir uçuş planı hazırlanmış, 'kml' uzantılı çalışma alanı Map Pilot For Dji içine atılmış, işaretleme yapıp uçuş alanı oluşturulmuştur. Uçuş hatları otomatik olarak oluşmuştur. Uygulamada uçuş yüksekliği 130m bindirme oranları %80 enine, %60 boyuna olacak şekilde hazırlanmıştır. Uçuş planı hazırlandıktan sonra cihazın ev diye nitelendirdiği bir başlangıç

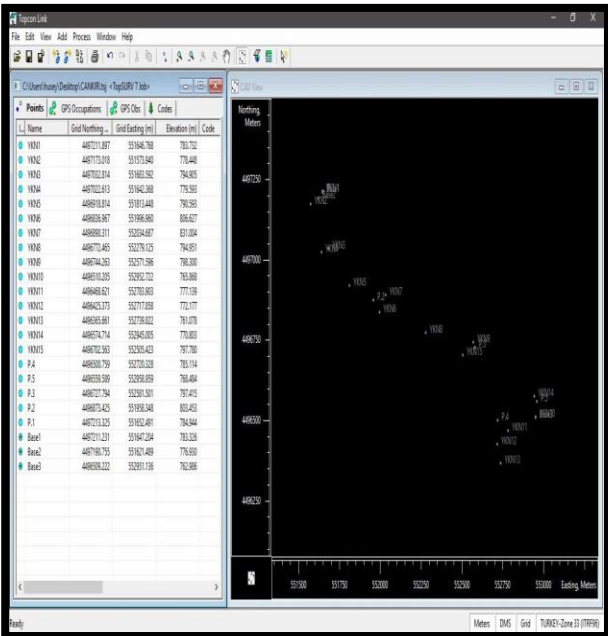
noktasından, cihaz önce zemine dik bir şekilde 130m havalanmış daha sonra uçuş planına uygun şekilde uçuş alanına giderek belirlenen güzergâhta istenilen verileri toplam 2 saat fotoğraf çekerek elde etmiştir.

Arazi işlemleri sonucunda çalışma bölgesine 15 tane yer kontrol noktası işaretlenmiştir. Ayrıca insansız hava aracı kullanılarak 274 fotoğraf elde edilmiştir. Bu veriler işlenmek ve sonuç verisi elde etmek amacıyla büro çalışmasına geçilmiştir. İHA ile elde edilen örnek bir fotoğraf Şekil 8’da yer almaktadır.



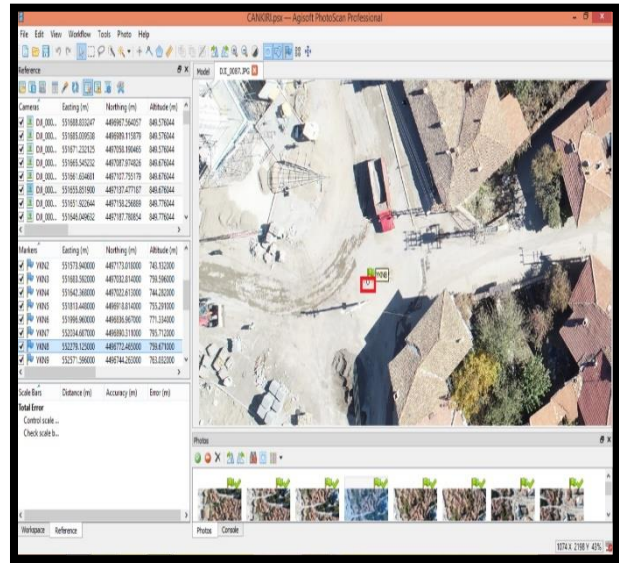
Şekil 8. İHA fotoğraf verisi

Büro işlemlerinde ise RTK verilerinin istenilen koordinat dönüşümü yapılabilmesi ve istenilen formatta kayıt edilebilmesi için Topcon Link programı kullanılır. Şekil 9 ‘da gösterildiği gibi 15 adet yer kontrol noktası 5 adet poligon noktası ve 3 adet baz noktası Topcon Link programında görüntülenmiştir.



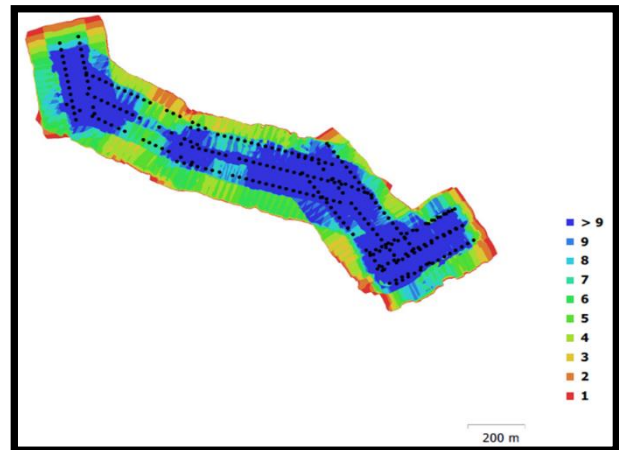
Şekil 9. Noktaların Topcon Link programında gösterimi

Arazide insansız hava aracı ile elde edilen 274 fotoğraf verileri, poligon noktaları ve yer kontrol noktaları koordinat verileri Agisoft Photo Scan Professional programında açılmıştır. Veriler kullanılarak nokta bağlama işlemi yapılmış ve 3 boyutlu bir model oluşmuştur ancak bu model ölçeksiz ve araziye paralel konumda değildir. Poligon ve yer kontrol noktaları programda Şekil 10’da gösterildiği ‘Filter Photos by Markers’ seçeneği kullanılarak noktalar arazide işaretlemesi yapılan yerlere tek tek yerleştirilmiştir. Bu işlemler tamamlandıktan sonra ‘Optimize Camera’ seçeneği kullanarak dengeleme işlemi yapılır. Dengeleme işleminin yapılmasıyla birlikte ölçeksiz ve zemine paralel olmayan 3 boyutlu model ölçekli ve zemine paralel konuma gelmiştir.

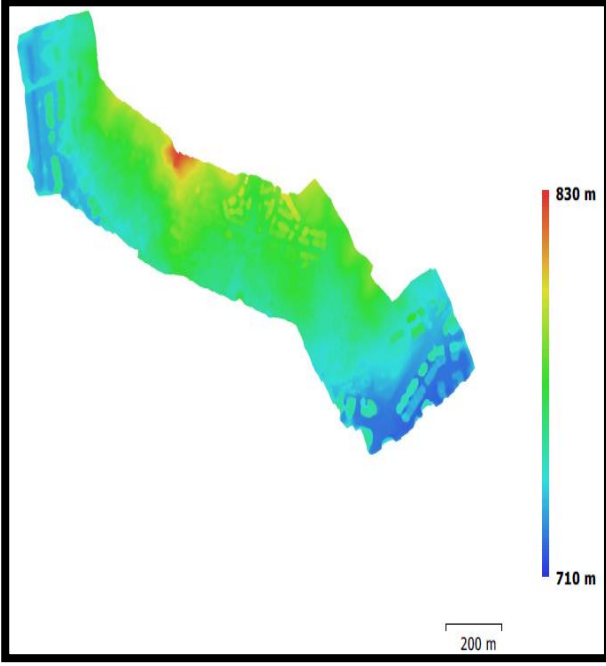


Şekil 10. Filter Photos by Markers ile noktaların arazi ortamında belirlenen yerlere konulması

Son olarak programdan ‘Generate Report’ seçeneği kullanılarak rapor alınır. Bu raporda elde edilen verilerin bazıları Şekil 11, 12 ‘de gösterilmiştir.



Şekil 11. Kamera lokasyonları ve görüntü bindirmeleri

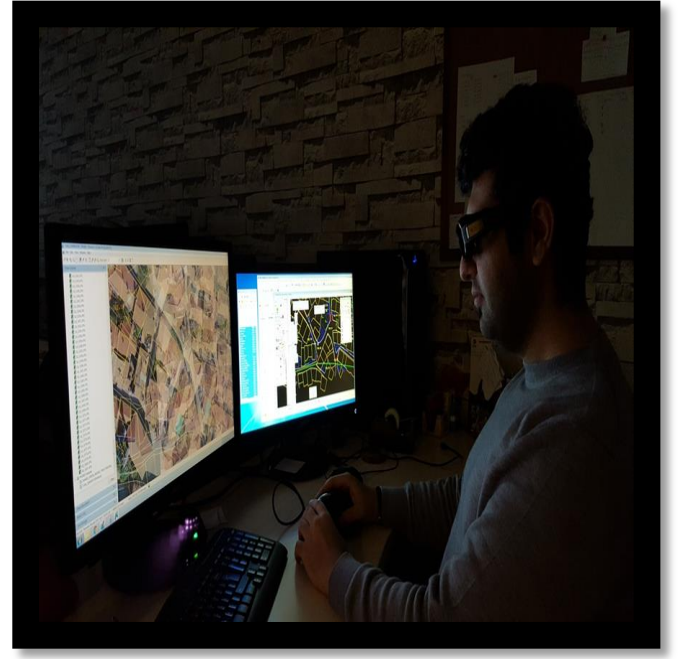


Şekil 12. Sayısal yükseklik modeli

Dengeleme Agisoft PhotoScan Professional ile yapılmış görüntülerin çizime hazır hale gelmesi için Leica Photogrammetry Suite 9.1 kullanılmıştır. Programda çizim blokları oluşturulması gerekir bunun için dengelenmiş görüntüler, interior orientation seçeneğinden iç yönlendirmeler ve exterior information seçeneğinden dış yönlendirmeler programa girilir ve her Şekil için şekil x. görüldüğü gibi girilen verilerin karşısı yeşil renk olur. Görüntü piramidi, iç yönlendime elemanları ve dış yönlendime elemanları kullanılarak Leica Photogrammetry Suite 9.1 programında çizim blokları oluşturulmuştur.

Çizim için gerekli bloklar oluşturulduktan sonra Leica Photogrammetry Suite 9.1 ile Microstation V8i programlarının eş zamanlı çalışması için Microstation V8i modülü PR600 kullanılmış ve stealth 3d mouse, 3d çizim gözlüğü yardımı ile bloklarda görülen alanlar tek tek çizilmiştir. Çizim çalışması hangi bölge çiziliyorsa o alanı temsil eden yan yana bulunan 2 fotoğraf seçilir ve çizim yapılır. Çizim sırasında her yapı veya bölge cinsine göre farklı renklerde çizilmiştir. Örnek verecek olursak binalar sarı renkte, yollar beyaz renkte, sundurmalar mavi renkte çizilmiştir.

Çizim işlemlerinin bitmesiyle birlikte harita hazır hale gelmesi için düzenleme işlemlerine geçilir ve gerekli düzenlemeler ile istenilen harita üretilmiş olur.



Şekil 13. Çizim çalışması.

4. BULGULAR

Uygulama kapsamında arazi çalışmalarına bakıldığında yer kontrol noktalarının atılması 4 saat ve İHA aracılığıyla 274 adet fotoğraf verisi elde etme ise 2 saat sürmüştür. Arazi çalışması toplam 6 saat sürmüştür. Bu projede dikkat edilmesi gereken bir diğer husus ise merkez bir bölge olduğundan dolayı yol çevresinde yapılaşma fazladır. İHA ile ölçüm bu fazla detaylı yapıların haritalanmasında fotoğraf verileri sayesinde kolaylık sağlamıştır.

Maliyet bakımından incelendiğinde ise projede kullanılan DJI Phantom 4pro fiyatı 10.900 TL'dir. Bir günlük arazide çalışan tekniker gideri 150 TL ve mühendis gideri 200 TL'dir. Ayrıca yer kontrol noktaları için kiralanan Topcan Gr3 bir günlük kiralanan 250 TL, yol ve yemek masrafları da 100 TL olmak üzere toplam 11.600 TL'dir. Topcon Gr3 satın alınması halinde maliyet artacaktır.

Doğruluk bakımından inceleme yapılması için arazide RTK yöntemi ile yapılan kontrol ölçüleri ve harita üzerinden yapılan ölçüler kullanılmıştır. Konum doğruluğu için gerekli detay alımları yapay yapılardan almırken, kot doğruluğu için arazi alanından boş kot okunmuştur. Bu verilerin kıyaslanması sonucunda, y koordinatlarında (sağa) $\pm 1,5$ cm hata bulunurken, x koordinatlarında (yukarı) ± 1 cm hata bulunmuştur. Ortalama konum hatası ise $\pm 1,25$ cm bulunmuştur. Ayrıca ortalama kot hatasının $\pm 1,2$ cm olduğu görülmüştür. Kıyaslamada kullanılan tüm nokta verileri Tablo 3, Tablo 4 ve Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 3. Arazide elde edilen kontrol verileri.

N.N	SAĞA	YUKARI	KOT _(ÖLÇÜLEN)	KOD
H101	551618,260	4497245,230	745,477	BOSKOT
H102	551604,332	4497217,176	728,855	OKUL
H103	551626,289	4497142,173	746,094	BOSKOT
H104	551634,015	4497034,835	746,993	BOSKOT
H105	551694,478	4496975,589	751,265	BOSKOT
H106	551718,663	4496977,974	753,567	BOSKOT
H107	551754,596	4496951,428	757,347	BOSKOT
H108	551801,510	4496971,302	762,038	BOSKOT
H109	551847,017	4496958,006	766,011	BOSKOT
H110	551948,642	4496879,000	770,855	BOSKOT
H111	551643,661	4497051,356	747,268	TİCARİ
H112	552027,002	4496830,603	778,719	BOSKOT
H113	552083,748	4496821,088	778,626	BOSKOT
H114	552081,212	4496845,123	780,138	BOSKOT
H115	552217,308	4496793,906	768,438	BOSKOT
H116	552263,031	4496784,533	765,897	BOSKOT
H117	552380,570	4496763,417	768,155	BOSKOT
H118	552521,732	4496733,311	765,934	BOSKOT
H119	551812,435	4496943,118	751,480	CAMI
H120	552642,934	4496617,933	757,065	BOSKOT
H121	552610,741	4496603,269	755,021	BOSKOT
H122	552718,431	4496467,732	744,420	BOSKOT
H123	552730,717	4496430,628	739,853	BOSKOT
H124	552793,586	4496451,432	739,064	BOSKOT
H125	552845,939	4496469,721	736,456	BOSKOT
H126	552878,922	4496508,332	734,232	RESMİ_BİNA
H127	552880,002	4496444,574	733,804	BOSKOT
H128	552931,732	4496510,832	733,258	BOSKOT
H129	552964,278	4496505,011	732,373	BOSKOT
H130	552827,298	4496489,569	737,244	BOSKOT
H131	552760,413	4496461,733	742,165	BOSKOT

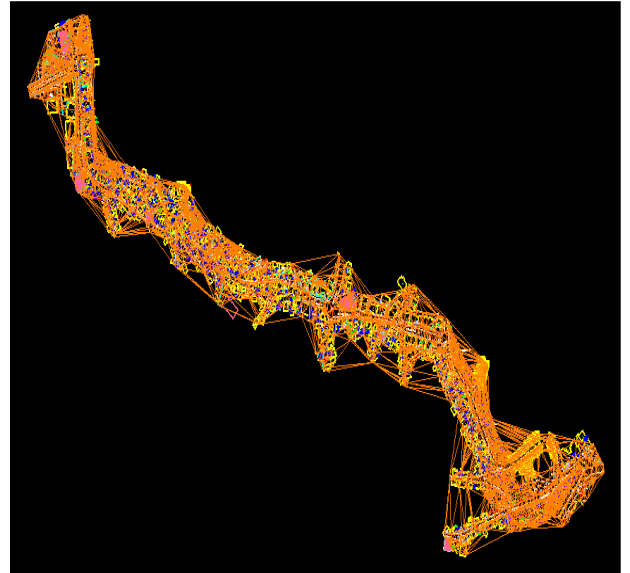
Tablo 4. Model üzerinden elde edilen kontrol verileri

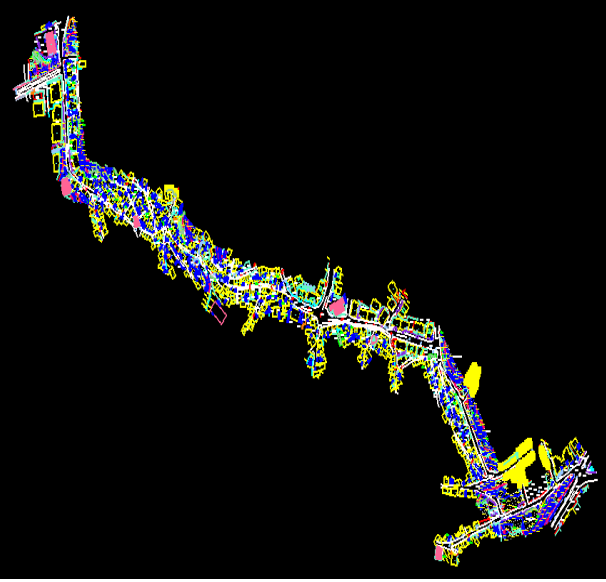
N.N	SAĞA	YUKARI	KOT _(MODEL)
H101	551618,260	4497245,230	745,410
H102	551604,342	4497217,187	740,842
H103	551626,289	4497142,173	746,099
H104	551634,015	4497034,835	746,991
H105	551694,478	4496975,589	751,261
H106	551718,663	4496977,974	753,568
H107	551754,596	4496951,428	757,370
H108	551801,510	4496971,302	762,032
H109	551847,017	4496958,006	766,000
H110	551948,642	4496879,000	770,852
H111	551643,661	4497051,356	757,279
H112	552027,002	4496830,603	778,717
H113	552083,748	4496821,088	778,624
H114	552081,212	4496845,123	780,145
H115	552217,308	4496793,906	768,431
H116	552263,031	4496784,533	765,844
H117	552380,570	4496763,417	768,153
H118	552521,732	4496733,311	765,938
H119	551812,412	4496943,108	762,480
H120	552642,934	4496617,933	757,068
H121	552610,741	4496603,269	755,018
H122	552718,431	4496467,732	744,418
H123	552730,717	4496430,628	739,872
H124	552793,586	4496451,432	739,086
H125	552845,939	4496469,721	736,435
H126	552878,910	4496508,341	758,255
H127	552880,002	4496444,574	733,801
H128	552931,732	4496510,832	733,287
H129	552964,278	4496505,011	732,372
H130	552827,298	4496489,569	737,248
H131	552760,413	4496461,733	742,174

Tablo 5. Verilerin fark sonuçları.

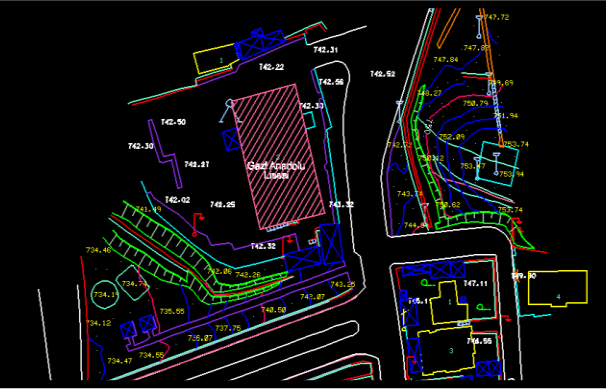
SAĞA	FARK		MUTLAK DEĞER
	YUKARI	KOT	
0,000	0,000	0,067	0,067
-0,010	-0,011	-11,987	11,987
0,000	0,000	-0,005	0,005
0,000	0,000	0,002	0,002
0,000	0,000	0,004	0,004
0,000	0,000	-0,001	0,001
0,000	0,000	-0,023	0,023
0,000	0,000	0,006	0,006
0,000	0,000	0,011	0,011
0,000	0,000	0,003	0,003
0,000	0,000	-10,011	10,011
0,000	0,000	0,002	0,002
0,000	0,000	0,002	0,002
0,000	0,000	-0,007	0,007
0,000	0,000	0,007	0,007
0,000	0,000	0,053	0,053
0,000	0,000	0,002	0,002
0,000	0,000	-0,004	0,004
0,023	0,010	-11,000	11,000
0,000	0,000	-0,003	0,003
0,000	0,000	0,003	0,003
0,000	0,000	0,002	0,002
0,000	0,000	-0,019	0,019
0,000	0,000	-0,022	0,022
0,000	0,000	0,021	0,021
0,012	-0,009	-24,023	24,023
0,000	0,000	0,003	0,003
0,000	0,000	-0,029	0,029
0,000	0,000	0,001	0,001
0,000	0,000	-0,004	0,004
0,000	0,000	-0,009	0,009

Yönetmeliğe uygun şekilde insansız hava aracı ile üretilen 1/1000 ölçekli 2 km uzunluklu şeritvari haritanın aşağıda yer alan şekil 14, şekil 15 ve şekil 16'da genel görünümü ve bazı bölgelerinin detaylı görünümü gösterilmiştir.

**Şekil 14.** Üretilen haritanın üçgenleme yapılmış genel görünümü



Şekil 15. Üretilen haritanın genel görünümü



Şekil 16. Haritanın detaylı görünümünden bir bölge

5. SONUÇ

Mühendislik alanında haritalar konuma dayalı birçok mühendislik projesinin temel altlığıdır. Bu nedenle harita temelli mühendislik projelerinde harita üretimi çok önemli bir yere sahiptir. Bu üretimin mühendisliğin temel amacı olan minimum sürede, minimum maliyette ve maksimum doğrulukta olması gerekmektedir. Haritacılar bu ilkeler doğrultusunda ürün elde etmek için teknoloji ile entegre çalışmalar yapmışlardır ve yeni harita üretim araçlarına yönelmişlerdir. Nitekim harita üretiminin son dönemde en gözde aracı İHA'lardır.

Çalışmada da görüldüğü gibi İHA'lar ile proje yapım yöntemlerine bir yenisi daha eklenmiş ve yönetmeliklere uygun doğrulukta şeritvari harita elde edilmiştir. Arazi çalışmalarında kullanıcıya kolaylık sağlayan bu araçlar mühendisliğin yeni gözdesi olacağını göstermiştir.

Ancak insansız hava araçlarının da her sistemde olduğu gibi olumsuz yanları da mevcuttur. En önemli dezavantajlarının başında hava şartlarından çok etkilenmesi gelmektedir. Bunun yanında her fotogrametrik ölçümde olduğu gibi işlem adımı fazladır ve her işlemde biriken hatalar sonucu doğruluğu düşebilmektedir. Ayrıca kullanımlarının ve izin yönetmeliklerinin detaylı olması da kullanıcıyı İHA yönteminden uzaklaştırdığı düşünülmektedir.

Sonuç olarak insansız hava araçlarının olumlu ve olumsuz yanlarıyla harita üretim yöntemlerine yeni bir pencere açtığı ve gittikçe yaygınlaşacağı görülmektedir.

BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Çankırı Belediyesi yol çalışması kapsamında BMD Mühendislik tarafından yapılan İHA ile şeritvari harita üretimi projesini uygulama ve analiz etmemi sağlayan BMD Mühendislik ailesine, BMD Mühendislik müdürü İsa MISIRLI'ya, mühendisleri Sinan GÖRGÜLÜ 'ye projenin her adımında bilgileri ile destek olan Hüseyin Can'a ve Çankırı Belediyesine desteklerinden dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Akademik hayatımda önemli bir yere sahip olan çok değerli hocam Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ 'a bilgi ve emeklerinden dolayı teşekkürü borç bilirim.

KAYNAKÇA

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A. E., Gülcü, S. ve Öztürk, T., 2016. İnsansız hava araçları ile yüksek hassasiyette sayısal yükseklik modeli üretimi ve ormancılıkta kullanım olanakları. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 66(1), 104-118.

Atak, H., 2018. İnsansız hava araçları kullanarak ortofoto harita üretimi ve doğruluk analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Avdan, U., Şenkal, E. ve Çömert, R. (2012, Ekim 16-19). İnsansız hava araçlarının kullanım alanları ve gelecekteki beklentiler. IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu. Zonguldak.

Ayyıldız, E., Özmüş, L., Açar, F., Tuna, H., Özer, E. ve Erkek, B., et al. (2015, Mayıs 21-23). İnsansız hava aracı ve uçak platformlarından elde edilen görüntülerin ortofoto üretiminde karşılaştırılması. TUFUAB VIII. Teknik Sempozyumu. Konya.

Chipman, J. W., Kiefer, R. W. ve Lillesand, T. M., Uzaktan Algılama Ve Görüntü Yorumlama, Kaan Şevki Kavak(Editör), 7. Basımdan çeviri, Palme Yayınevi, Ankara.

Çetin, B., Barış S., Saroğlu S., 2011. Türkiye de Karayolları Gelişimine Tarihsel Bir Bakış. Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 1(1), 123-150.

Dikmen, M., 2015. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sistemlerinin Hava Hukuku Bakımından İncelenmesi. Savunma Bilimleri Dergisi, 14(1), 145-176.

Erdoğan, A., 2016. Şeritvari haritaların insansız hava araçları ile üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Gençerk, E. Y., 2016. İnsansız hava aracı fotogrametri uygulaması ile inşaat projesi imalat durumunun araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Gürçay, E., 2017. Sürekli gözlem yapan referans istasyonları tekniği ile insansız hava araçlarının konumlandırılması, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kahveci, M. ve Can, N., 2017. Selçuk Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 5(4), 511-535.

Karkinli, A. E., Kesikoğlu, M. H., Atasever, Ü. H. ve Erkan, B. (2015, Temmuz 2). İnsansız Hava Araçları ile Sayısal Arazi Modeli Üretimi.

Kılınçoğlu, D. B., 2016. Farklı insansız hava araçları ile elde edilen görüntülerin otomatik fotogrametrik yöntemlerle değerlendirilmesi ve doğruluk analizi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Kule A., 2015. İnsansız Hava Araçları Sistemleri, Beta Basımevi, İstanbul.

Öztürk, O., Bilgilioğlu, B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. ve Uluğ, R. İnsansız Hava Aracı Görüntüleri ile Ortofoto Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması.

Savaş, T., Karaderili, M. ve Usanmaz, Ö., 2018. İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Ayrılmamış Hava Sahasına Entegrasyonu ile İlgili Mevzuatların Değerlendirilmesi. Mühendis ve Makina Dergisi, 59(691), 1-14.

Sesören A., 2012. Fotojeoloji, 2. Basım, İstanbul.

Toprak, A. S., 2014. Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Torun, A., 2017. İnsansız Hava Aracı (İHA) Sektöründe Trend: İHA Fotogrametrisi Bakışıyla. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi(Özel Sayı), 35-52.

Yaşar, M. İ., 2018. Türkiye ölçeğinde insansız hava araçları için mekansal bilgi sisteminin tsarlanması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze.

Yaşayan, A., Uysal M., Varlık A. ve Avdan, U., 2011. Fotogrametri, T.C Anadolu Üniversitesi Yayını, 1. Basım, Eskişehir.

Yıldız, F., 2016. İmar Bilgisi, 10. basım, Nobel Basımevi, Ankara.

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.

URL-1 < <https://www.dji.com/phantom-4-pro> > Erişim Tarihi: 27.03.2019