

İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI İLE SAYISAL ARAZİ MODELİ ÜRETİMİ

M. Uysal^a, A.S. Toprak^{b*}, N. Polat^a

^a Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü - (muysal, npolat)@aku.edu.tr

^b Afyon Kocatepe Üniversitesi, Uzaktan Eğitim Meslek Yüksek Okulu, - astoprak@aku.edu.tr

ANAHTAR KELİMELER: Agisoft, Fotogrametri, İHA, SAM

ÖZET:

Sayısal Arazi Modeli (SAM) birçok mühendislik uygulaması ve analizleri için temel teşkil eden çok önemli topografik üründür. SAM topografyanın sayısal gösterimi olarak adlandırılabilir. Diğer bir ifade ile SAM arazi üzerindeki doğal ve yapay unsurlar çıkarıldıktan sonra kalan çıplak yer yüzeyini belirtmektedir. Bu husus göz önünde bulundurulduğunda arazi analizleri, hacim hesapları, yol uygulamaları ve üç boyutlu modelleme çalışmaları için SAM vazgeçilmez bir altlık niteliğindedir. SAM üretiminde birçok farklı teknik kullanılmaktadır. Bu tekniklerden biri olan fotogrametri hızlı ve güvenilir bir veri elde etme yöntemi olduğundan çok büyük avantaj sağlamaktadır.

SAM üretiminde teknolojik gelişmelere paralel olarak veri toplama sistemlerinde de değişimler yaşanmaktadır. Günümüzde bu değişimlerden biri veri elde etme platformu olarak kullanılan İnsansız Hava Araçlarıdır (İHA). Son zamanlarda büyük gelişim gösteren ve farklı amaçlar için kullanılabilen İHA' lar fotogrametrik veri elde etme amacıyla yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA' lar genel olarak üzerinde insan bulunmadan uçabilen ve uzaktan kontrol edilen sistemler olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde İHA' lardan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde kullanılan fotogrametrik yazılımlar yersel lazer tarayıcılar kadar hassas nokta bulutları elde etmeye imkân sağlamaktadır. Bu gelişmeler ışığında İHA' ların fotogrametrik tekniklerle birlikte kullanımı yaygınlaşmakta ve İHA Fotogrametrisi olarak adlandırabileceğimiz bu yöntem yakın zamanda Hava ve yersel Fotogrametri arasındaki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, Afyonkarahisar İli merkezinde bulunan Şahitler Kayası mevkiinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı höyük şeklinde olup, yaklaşık 240m x 180m x 40m (U x G x Y) boyutlarındadır. Bu çalışma ile Şahitler Kayası Höyüğünün İHA ile fotogrametrik teknikler kullanılarak SAM' nin üretilmesi ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bu çalışmada toplam 27 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) uygulama alanına homojen olarak tesis edilmiştir. YKN' lerin koordinatlandırma işlemi Stonex S9 GNSS cihazı ile RTK yönteminden yararlanılarak yapılmış ve koordinatlar ITRF96 datum sisteminde 2005.00 Epok' da elde edilmiştir. Fotoğraf çekimleri İHA üzerinde bulunan Canon A810 Dijital Fotoğraf Makinası ile ortalama 60m yükseklikten gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda SAM üretiminde İHA' lar ile fotogrametrik tekniklerin birlikte kullanılması, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği anlamında önemli katkılar sağlamaktadır.

KEYWORDS: Agisoft, DTM, Photogrammetry, UAV

ABSTRACT:

Digital Terrain Model (DTM) is a very important topographic products for many engineering applications and analysis. DTM can be expressed as a digital representation of the topography. In other words the DTM refers to bare ground surface after removal the natural and artificial elements on land. Considering this issue a DTM is an indispensable basis for many studies such as three-dimensional modeling, terrain analysis, volume calculations, route planing. In the production of DTM, there are many different techniques. Photogrammetry, one of these techniques, provides great advantage in getting fast and reliable data.

Data collection systems for DTM production change parallel with technological advances. Today, one of these changes is Unmanned Aerial Vehicles (UAV) using as a platform for collecting data. UAV 's photogrammetry has been used widely in order to obtain data. UAV 's are defined as systems that can fly without human and remotly controled. Today, the data obtained from UAV 's can be used in the photogrammetric software to produce point clouds as sensitive as terrestrial laser scanners. In light of these developments, UAV 's use with photogrammetric techniques are widespread and can be named as the UAV Photogrammetry and this method is expected to fill the gap between aerial and terrestrial photogrammetry recently.

This study was carried out in Sahitler rock site at Afyonkarahisar. The study area is in the form of mounds, in size 240m x 180m x 40m (L x W x H). In this study, we intended to generate the DTM of Sahitler rock site using photogrammetric techniques and the analysis the accuracy of it. 27 Ground Control Points were uniformly established in the study area. Georeferencing process is carried out with the equipments of S9 GNSS in ITRF96 and 2005.00 Epoke, and Canon A810 Digital Camera. The flight is performed at an altitude of 60m with UAV. According the results of the SAM production process, it is possible to say that, the use of UAV with photogrammetric techniques provides reliable accuracy, speed, cost, and brings a breath of fresh air in terms of product diversity.

1. GİRİŞ

Sayısal Arazi Modeli (SAM) insan yapısı ve bitki örtüsünü gibi detaylar çıkarıldığında kalan çıplak yer yüzeyini belirtmektedir (Höhle, 2009). Birçok uygulamada SAM ve Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) kavramları eşdeğer anlamda kullanılmakla beraber birtakım farklılıklar da barındırmaktadır.

Bu kavramlar 1950’li yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk uygulamalarda veri toplama yöntemi olarak çoğunlukla yersel yöntemler ve fotogrametri kullanılmaktaydı (İscan, 2005, Kaczynski vd., 2004). Sonraki dönemlerde teknolojik gelişmelere paralel olarak Uydü görüntüleri, Radar ve Lidar teknolojileri ile SAM üretimi gerçekleştirilmektedir (Sefercik, 2007). SAM üretimi doğal kaynakların yönetimi, yer bilimleri, askeri uygulamalar, mühendislik projeleri, kent yönetimi, üç boyutlu görselleştirme gibi birçok uygulama alanında başarı ile kullanılmaktadır (Yastıklı ve Esirtgen, 2011). Kullanım alanlarının çokluğu düşünüldüğünde SAM’ ın üretimi için zaman, maliyet ve doğruluk kavramları büyük önem arz etmektedir.

Farklı mühendislik problemlerinin çözümünde fotogrametrik tekniklerin kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Ancak yüksek yapıları doğal ya da yapay detaylarda, fotoğraf çekme olanaklarının kısıtlı olması bu gelişimi bir nebze de olsa törpülemiştir. Bu nedenle günümüzde, Fotogrametri tekniğinde kullanılan verileri elde etmek için, son zamanlarda büyük gelişim gösteren ve farklı amaçlar için kullanılabilen İHA taşıyıcı platformları da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır (Uysal vd., 2013a, 2013b). İHA’ lardan elde edilen verilerin fotogrametrik tekniklerle değerlendirilmesi ile hem hava hem de yersel fotogrametrinin sağlamış olduğu avantajlar bir araya toplanmıştır (Toprak, 2014). İHA’ lar yardımı ile fotogrametrik çözümler için istenilen zamanda görüntü elde edilebilmesi, bu tekniğin daha efektif kullanılmasına imkân sağlamaktadır. Günümüzde ortofoto ve SAM üretimi için hazır set olarak kullanıcıya sunulan bu sistemler hem veri toplama, hem de veri değerlendirme safhalarını daha kolay hale getirmiştir (Toprak, 2014).

Bu uygulama ile, İHA’ lardan elde edilen verilerle fotogrametrik teknikler kullanılarak SAM elde edilmesi ve doğruluk analizinin yapılması amaçlanmıştır. Uygulamada fotogrametrik yazılım olarak Agisoft Photoscan tercih edilmiştir (URL-1). Elde edilen SAM’ ın doğruluk analizi için uygulama alanından 250 adet kontrol noktası, Global Navigation Satellite System (GNSS) Cihazı ile Real Time Kinematik (RTK) yöntemiyle ölçülmüştür. Cloud Compare yazılımında Ölçülen kontrol noktaları ile fotogrametrik teknikler yardımıyla üretilen SAM arasında, Z eksenindeki farklar hesaplanmış ve kontrol noktaların hata dağılımları incelenmiştir.

2. İNSANSIZ HAVA ARACI

İHA’ lar “Yerine getireceği göreve bağlı olarak, yarı otomatik, otomatik veya bunların birleşimiyle uzaktan kontrol edilen, çeşitli yüklemelerle, atmosferde veya dışında belirli bir süre aralığında özel görevleri yerine getiren, insansız, tekrar kullanılabilir motorize hava araçları” olarak tanımlanır (Blyenburgh, 1999). Aynı zamanda İHA’ lar insansız hava araçları olmalarına rağmen, insan operatörler tarafından kontrol edilen veya operatörün uçuş planlaması ile tamamen otonom uçuş gerçekleştirebilen araçlardır (Eisenbeiss, 2009). 1979 yılında, İHA’ ların fotogrametrik amaçlı ilk denemeleri yapılmıştır (Przybilla ve Wester-Ebbinghaus, 1979).

Bu uygulamada taşıyıcı platform olarak Turkuav Octo XI İHA, fotoğraf çekimleri için İHA üzerine yerleştirilen Canon EOS M Dijital fotoğraf makinası kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. İHA ve dijital kamera.

Turkuav Octo XI İHA mikrocopter uçuş elektroniklerini kullanmaktadır. Bu uçuş elektronikleri; yükseklik ve pozisyon sabitleme, yön sabitleme, eve dönüş, düşük batarya uyarısı, otonom iniş ve kalkış, otonom uçuş ve obje takibi gibi özelliklerini içermektedir. Bu özellikler, Mikrocopter MK Tools yazılımına bağlantı yapılarak, gerek uçuş öncesi gerekse uçuş esnasında kullanılabilmekte ve seyrüsefer durum bilgilerini anlık olarak görüntülenebilmektedir. Bunun yanı sıra yazılım, online harita üzerinden otonom uçuş planı yapmaya imkan vermektedir. Bu otonom uçuş planında yatay ve düşey hız, yükseklik, yön, noktada bekleme süresi, noktayı bulma hassasiyeti, koordinat bilgileri ve kamera açısı gibi detayları belirtebilmekte mümkündür. Uçuş elektroniklerine, her bir otonom uçuşta standart olarak 250m yarıçap ve yüksekliğe sahip bir silindire içerisinde 32 güzergâh noktası tanımlanabilmektedir. Ayrıca Cihaz 2kg yük taşıyabilmekte ve 12-20dk arasında uçuş yapabilmektedir (URL-2).

Canon EOS M Dijital fotoğraf makinası, 18 Megapiksel değerinde etkin piksele ve 22,3*14,9 Cmos özellikli görüntü sensörü kullanılmaktadır. Jpeg ve Raw formatlarında fotoğraf çekebilen cihazın en büyük görüntüsü 5184x3456 olup piksel büyüklüğü 4.3 µ boyutundadır. Cihazın gövde ağırlığı 298gr ve EF-M 22mm lens ile birlikte toplam 403gr ağırlığa ulaşmaktadır (URL-3).

3. UYGULAMA

3.1 Uygulama Alanı

Uygulama alanı olarak Afyonkarahisar İli Merkezinde bulunan Şahitler Kayası Höyüğü seçilmiştir. Uygulama alanının yaklaşık boyutları 240m x 180m x 40m (U x G x Y)’ dir (Şekil 2).



Şekil 2. Uygulama alanı.

3.2 Uçuş Planı ve Veri Toplama

Öncelikle İHA ile otonom uçuş yapabilmek için uçuş planı hazırlanmıştır. Bunun için İHA' nın MK Tools yazılımına bağlantısı yapılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Uçuş planı hazırlık aşaması.

Yazılımda cihazın uçuş, motor, seyir kontrolcülerin ve kumpasın hata verip vermediği kontrol edilerek ve OSD menüsüne geçiş yapılmıştır. OSD ekranından çalışma alanına ait online harita yüklenmiş ve bu harita üzerinden 4 kolonda 32 noktalık uçuş planı hazırlanmıştır. Uçuş ve kamera bilgileri Tablo 1'de verilmiştir.

DEĞERLER (Canon EOS M Dijital Kamera)	
Piksel Büyüklükleri (μ)	4.3
Kamera Asal Uzaklığı (c, mm)	22.0132
Uçuş Yüksekliği (h, m)	60
Fotoğraf Ölçeği (M_r , $1/m_r$)	1/3000
Arazideki Piksel Büyüklükleri (m_r x Piksel Büyüklüğü, cm)	1.3

Tablo 1. Uçuş ve kamera bilgileri

Uçuş planına göre cihazın iniş ve kalkış süreleri hariç uçuş süresi yaklaşık 8.30 dakika olarak hesaplanmıştır. Oluşturulan uçuş planı, uygulama alanında İHA' ya yüklenmek üzere kayıt edilmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Uçuş planı.

Bu işlemin tamamlanmasından sonra fotogrametrik değerlendirme yapılabilmesi için uygulama alanına homojen olarak $50*50cm'$ lik alüminyum plakalar halinde kırmızı-beyaz mektup zarfı desenli toplam 27 adet YKN tesis edilmiştir.

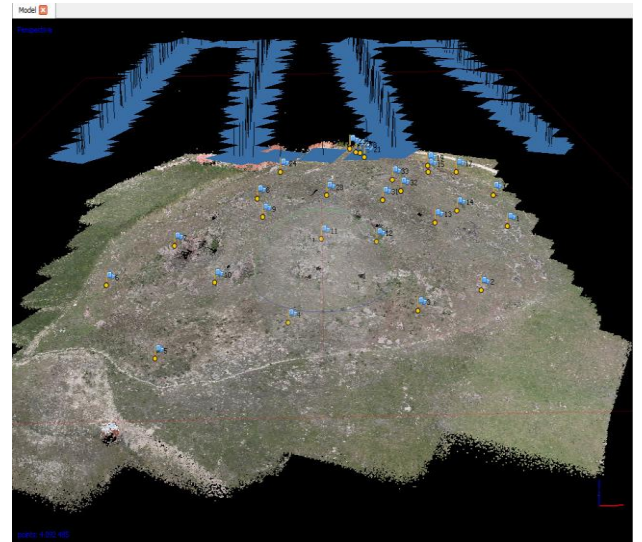
YKN' ler, Stonex S9 GNSS cihazı ile RTK yönteminden yararlanılarak ITRF96 datum sisteminde 2005.00 Epok' da koordinatlandırılmıştır. RTK yöntemi için yaklaşık 3km uzaklıktaki Afyon Kocatepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Binası üzerinde bulunan sabit istasyon kullanılmıştır. İHA ile fotogrametrik teknikler yardımıyla üretilen SAM' ın doğruluk analizi için uygulama alanından RTK yöntemiyle 250 adet kontrol noktası ölçülmüştür.

Koordinatlandırma işlemlerinin tamamlanmasından sonra İHA üzerindeki Canon EOS M kamerası ile fotoğraf çekimi gerçekleştirilmiştir.

Öncelikle MK Tools yazılımının OSD menüsünde kayıt edilen uçuş planı İHA' ya aktarılmıştır. Daha sonra OSD ekranından uydu sayısı, uçuş modu, batarya durumu bilgileri kontrol edilmiştir. İHA uçuşa hazır hale geldikten sonra Dijital Kameranın iki saniyede bir çekime ayarlanmıştır. Bu sayede çekilen fotoğraf sayısını artırmış ve dolayısı ile bozuk ya da bulanık fotoğrafla karşılaşma ihtimalini azaltmıştır. Bu işlemden sonra İHA ile uçuşa başlanmış ve fotoğraf çekimleri yapılmıştır. İHA ile uygulama alanına ait toplam 250 adet fotoğraf çekilmiştir.

3.3 SAM Üretimi

Bu aşamada ilk olarak İHA ile çekilen fotoğraflardan bozuk ya da bulanık olanlar ayıklanmış ve seçilen 200 fotoğraf Agisoft Photoscan yazılımına aktarılmıştır. Yazılım ile otomatik olarak fotoğraflardan 4 092 485 noktadan oluşan seyrek aralıklı nokta bulutu üretilmiş ve bu işlemin ardından 27 adet YKN resimler üzerinden işaretlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. İHA ile Fotogrametrik teknikle üretilen seyrek aralıklı nokta bulutu, fotoğraf çekim noktaları ve YKN' ler.

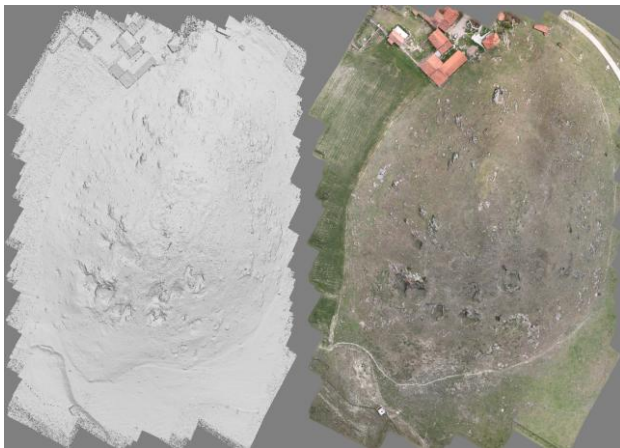
Fotogrametrik değerlendirme aşamasında yapılan dengeleme işlemi sonucunda 27 adet YKN' nin X, Y, ve Z' lerinde ki doğruluk değerleri Tablo 2' de verilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlara göre YKN' lerin dengeleme işlemi sonucunda, en düşük 0.53cm ile 4 numaralı noktada, en büyük 4.37cm ile 16 numaralı noktada ve ortalama 2.37cm doğruluk değerine sahip olduğu görülmüştür (Tablo2).

N.N.	M _x (cm)	M _y (cm)	M _z (cm)	M _{xyz} (cm)
1	-0.26	0.77	-1.11	1.37
2	-1.19	1.43	-0.27	1.88
3	-0.68	0.92	-0.80	1.39
4	-0.42	0.14	-0.28	0.53
5	-0.75	-0.39	-0.01	0.84
6	0.57	-1.64	0.13	1.74
7	0.57	-0.64	-1.51	1.74
8	-0.37	-1.00	-0.27	1.10
9	-1.26	0.23	-2.68	2.97
10	-0.25	-0.34	1.92	1.96
11	-0.90	-0.13	1.99	2.19
12	-2.20	1.67	1.52	3.15
13	-0.91	1.41	2.25	2.80
14	0.09	1.48	1.56	2.16
15	0.32	2.19	-0.55	2.28
16	0.85	3.71	-2.15	4.37
17	0.39	0.53	-0.02	0.65
18	2.04	-0.08	-3.05	3.67
19	1.24	0.37	2.15	2.51
20	0.63	-0.98	-0.98	1.52
21	0.92	-2.69	-0.12	2.84
22	1.51	-2.23	1.56	3.11
23	-0.81	-1.72	2.60	3.23
24	-1.29	-1.69	-1.04	2.37
25	1.10	-0.33	-3.02	3.23
26	1.46	0.25	-0.41	1.53
27	-0.21	-0.98	1.26	1.61
Total	1.01	1.41	1.61	2.37

Tablo 2. Dengeleme işleminde YKN' lere ait nokta konum doğrulukları.

Dengeleme işleminin tamamlanmasından sonra sık aralıklı nokta bulutu üretimine geçilmiştir. Bu işlem sonucunda fotoğraflardan 26 025 883 noktadan oluşan sık aralıklı nokta bulutu üretilmiştir. Üretilen sık aralıklı nokta bulutundan üçgen model oluşturulmuş ve üçgen modelin gerçek doku ile kaplanmasıyla SAM üretimi tamamlanmıştır (Şekil 6).

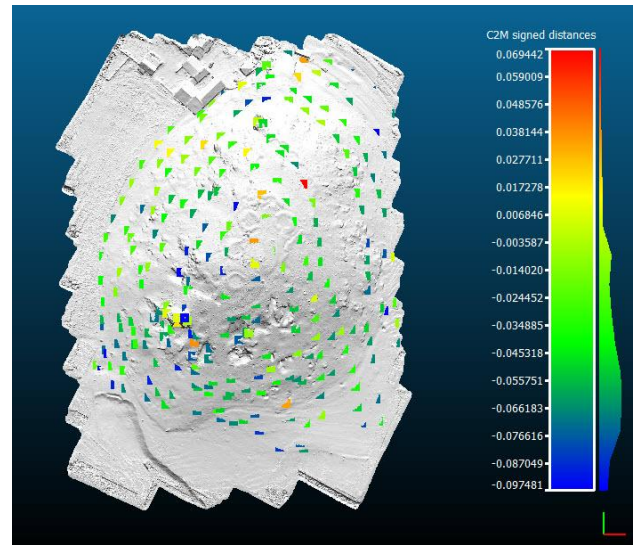


Şekil 6. İHA ile fotogrametrik teknikler kullanılarak üretilen SAM.

4. DOĞRULUK ANALİZİ

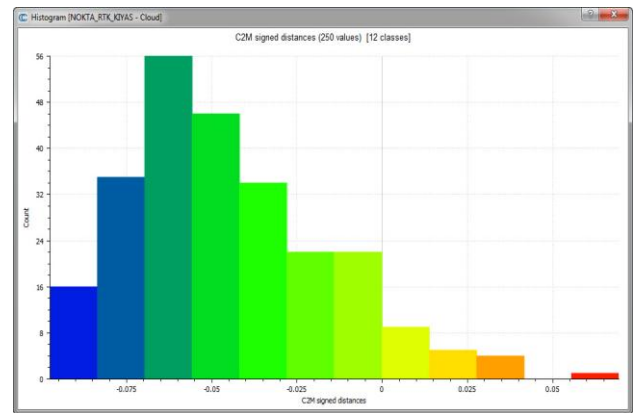
Doğruluk analizi için öncelikle araziden RTK yöntemiyle ölçülmüş olan 250 adet kontrol noktası ve İHA yardımıyla

üretilen SAM' ın Z eksenindeki farkları hesaplanmıştır. Bulunan farklar -9.75 cm ile +6.94 cm aralığındadır. Doğruluk analizinde RTK yöntemiyle ölçülmüş olan kontrol noktalarının, SAM üzerindeki dağılımı ve farkları Şekil 7' de görülmektedir.



Şekil 7. Kontrol noktalarının SAM üzerindeki dağılımı ve farkları.

Bunun yanı sıra kontrol noktalarına ait hataların ortalama değeri -4.57cm bulunmuş ve hata aralıklarına göre kontrol nokta sayılarının dağılımı Şekil 8' de ki histogramda verilmiştir.



Şekil 8. Hata aralıklarına göre kontrol nokta sayılarının dağılımı.

5. SONUÇ

İHA' ların günümüzde farklı alanlarda ve farklı amaçlarla kullanımı giderek artmaktadır. İHA' ların fotogrametrik çalışmalarda veri toplama amaçlı kullanımının, mühendislik projelerine yeni bir ivme kazandıracağı aşikârdır.

Bu uygulamada İHA' ların SAM üretimindeki kullanım olanaklarının belirlenmesi amaçlanmıştır. İHA yardımıyla çekilen fotoğrafların fotogrametrik tekniklerle değerlendirilmesi sonucunda SAM üretilmiş ve YKN' lere ait nokta konum doğrulukları X, Y, ve Z eksenlerinde 2.37cm olarak bulunmuştur.

Doğruluk analizi neticesinde GNSS cihazı ile RTK yöntemiyle ölçülmüş olan 250 adet kontrol noktasının, İHA yardımıyla üretilen SAM' dan Z ekseninde ortalama -4.37cm farka sahip

olduğu belirlenmiş ve yeterli doğruluğun sağlandığı görülmüştür.

Yapılan Uygulama neticesinde İHA' lar ile fotogrametrik tekniklerin SAM üretiminde kullanılması, bu alanda yapılan işlere doğruluk, hız, maliyet ve ürün çeşitliliği anlamında önemli katkılar sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

Blyenburgh Van, P., 1999, "UAVs: and Overview, In: Air & Space Europe", I, 5/6, 43-47.

Eisenbeiss, H., 2009, "UAV Photogrammetry" Doctor of Sciences, ETH Zurich, Switzerland, Mitteilungen Nr. 105

Höhle, J., (2009), DEM Generation Using a Digital Large Format Frame Camera. Photogrammetric Engineering & Remote Sensing Vol. 75, No.1, January 2009, pp. 87-93.

İşcan, L., (2005), "İkonos Uydu Görüntüleri İle Ortofoto Yapımının Araştırılması ", Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Kaczynski, R., Majde, A., Ewiak, I., (2004). "Accuracy of DTM and Ortho Generated from Ikonos Stereo Images", ISPRS2004 Congress, İstanbul.

Przybilla, H.-J. and Wester-Ebbinghaus, W., 1979, "Bildflug mit ferngelenktem Kleinflugzeug, In: Bildmessung und Luftbildwesen, Zeitschrift fuer Photogrammetrie und Fernerkudung", 47, 5, 137-142.

Sefercik, U. G., 2007. "Radar Interferometri Tekniği İle Sym Üretimi ve Doğruluk Değerlendirmeleri", Tmmob Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 11.Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 2-6 Nisan 2007, Ankara

Toprak, A. S., 2014. "Fotogrametrik Tekniklerin İnsansız Hava Araçları İle Mühendislik Projelerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması", Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek lisans tezi, Konya.

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013a, Afyon Gedik Ahmet Paşa (İmaret) Camisinin Fotogrametrik Yöntemle Üç Boyutlu Modellenmesi, TUFUAB 2013, Trabzon.

Uysal M., Toprak A.S., Polat N., 2013b, Photo Realistic 3D Modeling with UAV: Gedik Ahmet Pasha Mosque in Afyonkarahisar, CIPA 2013 Symposium, 3-6 September 2013, 659-662

Yastıklı N. ve Esirtgen F., 2011. "Sayısal Yükseklik Modellerinde Kalite Değerlendirme ve Doğruluk Analizi", Tmmob Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı 18-22 Nisan 2011, Ankara

URL-1, <http://www.agisoft.ru>

URL-2, <http://www.robonik.com.tr>

URL-3, <http://www.canon.com.tr>