

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.

*Sorumlu Yazar

Kaynak Göster (APA);

^{*}(alperen.erdogan@bozok.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1240-833X
(omutluohlu@ktun.ed.tr) ORCID ID 0000-0002-7846-3713

Erdoğan, A. & Mutluoğlu, Ö. (2020). İnsansız Hava Araçları ile Harita Üretim Çalışmalarında Farklı Yüksekliklerde Yapılan Uçuşların Konum Doğruluğuna Etkisi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 28-35.

Geliş Tarihi: 08/04/2020; Kabul Tarihi: 06/05/2020

Araştırma Makalesi
DOI: XXXXXXXXXXXX

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 kullanıya 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

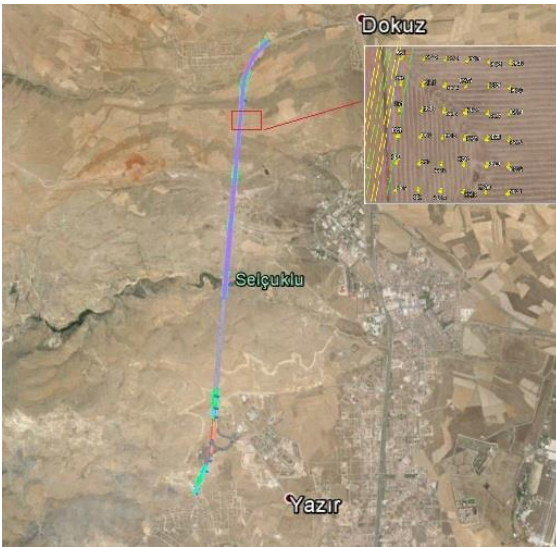
m'lik bir alan içerisinde 36 adet karelej noktası işaretlenmiştir ve bunların 5 adeti YKN olarak geri kalan noktalar ise kontrol noktaları olarak kullanılmıştır. Yerleştirilen karelej noktalarının koordinatları TOPCON Hiper Pro marka GNSS alıcısı ile TUSAGA-Aktif sistemine bağlı olarak ölçülmüştür.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

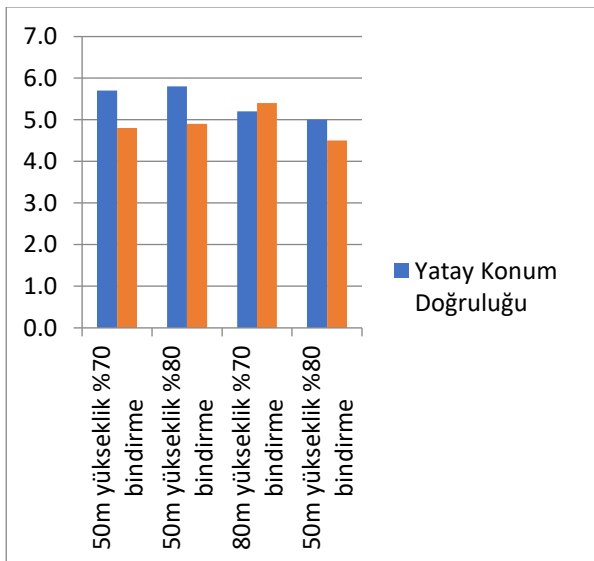
6. BULGULAR

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]