

İNSANIZ HAVA ARACI (İHA) GÖRÜNTÜLERİ İLE ORTOFOTO ÜRETİMİNDE YÜKSEKLİK VE KAMERA AÇISININ DOĞRULUĞA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

O. Öztürk^{a,*}, B. B. Bilgilioğlu^a, M. F. Çelik^a, S.S. Bilgilioğlu^b, R. Uluç^a

^a İTÜ, İnşaat Fakültesi, 34467 Maslak İstanbul - (oozturk16, bilgilioğlu16, celikmeh, ulug15)@itu.edu.tr

^b ASÜ, Mühendislik Fakültesi, 68100, Aksaray, sefa.bilgilioğlu@itu.edu.tr

ANAHTAR KELİMELELER: İnsansız Hava Aracı (İHA), Ortofoto Görüntü, Eğik Fotogrametri, Dijital Fotogrametri

ÖZET:

İnsansız Hava Araçları (İHA) otomatik veya yarı otomatik uçuş prensibine sahip başlangıçta askeri amaçlar için kullanılan motorlu veya motorsuz hava araçlarıdır. Son yıllarda meydana gelen gelişmelerle birlikte İHA'lar, afet yönetim ve planlama, ormancılık, fotogrametrik ölçme, yol ve nehir gözlemleri, arazilerin üç boyutlu (3B) modellerinin üretilmesi gibi birçok ticari ve bilimsel çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA'lara dijital kameralarının entegre edilmesi yüksek çözünürlükte görüntülerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesi zor ve zaman alıcı görünmesine rağmen dijital fotogrametri ile birlikte bu sorun ortadan kalkmakta ve objenin veya arazinin 3B yoğun nokta bulutu, Sayısal Yüzey Modeli (SYM) ve ortofoto görüntüleri üretilebilmektedir. Bu çalışmada, İTÜ Ayazağa Kampüsünde 60m, 80m ve 100m yüksekliklerinde uçuşlar gerçekleştirilerek 60m ve 80m yükseklikte 90°, 100m yükseklikte 45°, 60° ve 90° kamera açıları kullanılarak yüksek çözünürlüklü dijital görüntüler elde edilmiştir ve alanın ortofotoları üretilmiştir. Çalışma bölgesinde jeodezik yöntemler kullanılarak önceden tesis edilmiş 5 adet yer kontrol noktası ile ortofoto görüntülerin doğrulukları test edilmiştir. Bu çalışma kapsamında hem farklı yüksekliklerin, hem de aynı yükseklikte farklı kamera açılarının üretilen ortofoto görüntünün doğruluğuna etkisi irdelenmiştir.

KEY WORDS: Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto Image, Oblique Photogrammetry, Digital Photogrammetry

ABSTRACT:

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) are motorized or non-motorized aerial vehicle with an automatic or semi-automatic flight principle. Firstly, UAV's were used for military purposes. Along with the developments in recent years, UAV's have been widely used in many commercial and scientific studies such as disaster management and planning, forestry, photogrammetric survey, road and river observations and the production of 3D models of land or object. High-resolution images can be obtained with the integration of digital cameras into UAV's. Although image processing is difficult and time-consuming, digital photogrammetry alleviates this problem and can produce 3D dense point cloud, Digital Surface Model (DSM) and orthophoto images. In this study, 60m, 80m and 100m altitude flights were carried out in the application area. During these flights, high resolution digital images were obtained using 90° camera angle in the 60m and 80m altitude and 45°, 60°, 90° in the 100 m altitude. The accuracy of orthophoto images was tested with 5 ground control points pre-installed in the application area using geodesic methods. In this study, the effects to orthophoto images generation at different altitudes images and different camera angles at the same altitude were researched.

1. GİRİŞ

Son yıllarda, dijital fotogrametri çalışmalarında dijital kameraların entegre edildiği İHA'lar tarafından elde edilen görüntüler üzerinden üretilen ürünlerin kullanımı önemli ölçüde yaygınlaşmıştır. Ayrıca, RPV (Remotely Piloted Vehicle), ROA (Remotely Operated Aircraft), RPA (Remotely Piloted Aircraft), UAVS (Unmanned Aerial Vehicle Systems) ve UAV (Unmanned Aerial Vehicle) şeklinde literatürde tanımlanmalar üretilmiştir (Eisenbeis 2009).

İHA'lar hız, maliyet, doğruluk gibi sağladıkları birçok avantajlardan dolayı farklı çalışma gruplarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Niethammer vd., (2010), yüksek çözünürlüklü heyelan görüntülerinin elde edilmesi ve heyelanların izlenmesi, Wing vd., (2014), orman alanlarda yüzeylerin çıkarılması, Döner vd., (2014), İHA görüntülerinin haritalama çalışmalarında kullanılması, Mases vd., (2015), İHA'ların geniş ölçekli afet çalışmalarında iletişim sağlaması, Akgül vd., (2016), yüksek hassasiyetli sayısal yükseklik modeli

üretilmesi ve ormancılık alanlarında kullanılması çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

İHA'lar, klasik hava fotogrametrisinde kullanılan uçakların tersine objeye yakın ve düşük yüksekliklerde uçuş imkânı sunmaktadır. Ulaşımın zor olduğu ve insanlı hava araçlarının kullanılmayacağı bazı durumlarda İHA'lar tek alternatif yöntem olarak tercih edilmektedir. Ayrıca, küçük çaplı klasik hava fotogrametrisi uygulamalarında gereksiz veri hacmi ve yüksek maliyete karşılık İHA'ların kullanılmasıyla büyük oranda tasarruf sağlanabilmektedir. İHA'lar yardımıyla gerçekleştirilen çalışmalar yersel fotogrametrideki hassasiyete yaklaşmakta ve çalışmaları kısa sürede tamamlayabilmesi açısından birçok farklı alanda uygulanma olanağı bulmaktadır (Eisenbeis, 2009).

İHA görüntüleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturma ve objenin 3B modellenmesi çalışmalarında kullanılabilmektedir. Fotogrametrik işlemler yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesiyle birlikte mozaik görüntüler ve ortofoto haritalar üretilebilmekte, bu haritalar

* Sorumlu yazar: oozturk16@itu.edu.tr

üzerinden çizim ve görüntü yorumlama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında hem farklı yüksekliklerin, hem de aynı yükseklikte farklı kamera açılarının üretilen ortofoto görüntünün doğruluğuna etkisi irdelenmiştir.

2. YÖNTEM

Bilgisayarlı görme uygulamalarında görüntülerdeki bağlantı noktalarının çıkarılmasında nesne tanıma algoritmalarına sıklıkla yer verilir. Nesne tanıma, medikal görüntü işlemede tanı koyma, savunma sanayinde, güvenlik veya hedef tanıma gibi amaçlarla birçok farklı alanda kullanılmaktadır (Jain 1989, Zhou vd. 2009). Kullanılacak nesne tanıma yöntemini, kullanım amacı belirleyecektir. Nesne tanıma görünüş tabanlı veya öznelik tabanlı olarak yapılabilmektedir.

Öznelik tabanlı nesne tanıma yöntemleri ise, nesnenin global veya bölgesel özneliklerinin kullanımına göre kendi içinde ayrılır (Ma Yi vd., 2004). Değişken koşulların varlığı ve en önemli zorlayıcı faktör olan nesnenin başka nesnelere tarafından engellenmiş olma durumu sebepleriyle, bölgesel özneliklerden faydalanarak tanıma işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır. Böylece nesnelere bütününden bağımsız olarak aranabilir olmuştur (Çetin, 2011).

Lowé vd., (2004) algoritması nesnelere bölgesel özneliklerinin ölçekten bağımsız olarak çıkarılmasında kullanılan bir yöntemdir. Çıkarılan bu öznelikler nesnenin ölçeği ve yöneliminden bağımsız olduğundan gerçek resimlerde, farklı açılardan görünen nesne veya ortamları eşleştirme amacıyla kullanılabilir.

Görüntü eşleme işlemi sonrasında, görüntü alımında kullanılan kameranın iç ve dış yönelme elemanları kullanılarak eşlenen pikselin 3B koordinatları hesaplanmaktadır. Buradaki temel sorun problemin karmaşık olması, eşleme işleminin başarısının birçok faktöre bağlı olmasıdır. Yaşanan sorunların çözümü için gerek fotogrametri gerekse bilgisayarlı görselleştirme ("computer vision") alanında birçok yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda kullanılan en bilinen yaklaşım SGM (Semi Global Matching)'dir. Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak çok sık nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme aralığına (YÖA=GSD) eşit olabilmektedir (Yastıklı, 2012).

Bu yöntemle, stereo görüntülerdeki renk, ton, ölçek değişimleri ya da görüntülerdeki tekrarlı yapı özelliği gösteren çim alanları, ağaçlık alanlar, ormanlık alanlar ve kentsel alanlarda da görüntü eşleme işlemi başarı ile gerçekleştirilebilmektedir (Haala, 2013).

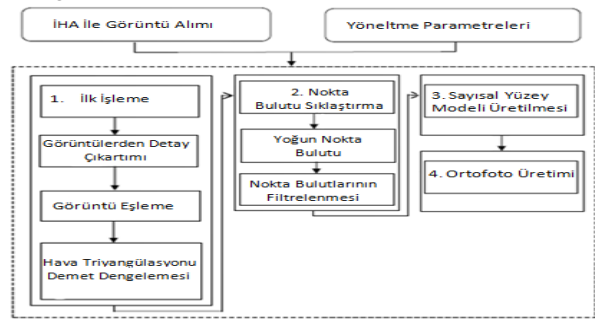
Oluşturulan SYM üzerinden ortofoto görüntüler üretilmesi için görüntülere ortorektifikasyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ortorektifikasyon işlemi gerçekleştirilerek görüntü verisi doğru mesafe, pozisyon, açı, alan ölçümü yapmak mümkündür (Düzgün, 2010).

İHA'lerden elde edilen görüntüler klasik fotogrametrik yazılımlar veya bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilebilir. Bu yöntemlerin fotogrametrik temelini aynı olmasına rağmen bilgisayar destekli görüntü işleme tekniklerinde farklı algoritmalar kullanılması, verilerin değerlendirilmesinde yeni bir bakış açısının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

İHA yardımıyla elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin değerlendirilmesinin klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlar

kullanılarak gerçekleştirilmesi oldukça zor ve zaman alıcı bir işittir. Bu amaçla, yoğun veri kümelerinin işlenmesi için bilgisayarlı görme (computer vision) teknikleri İHA görüntülerinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bilgisayarlı görme teknolojilerinin sağladıkları yüksek hız ve doğruluğun yanı sıra getirdikleri minimum operatör katkısı, ana ve zor aşama olan ortak alanların belirlenip stereo modelin oluşturulması için gereken ve operatörün görsel aktivitelerine dayanan elle yapılan işlemler yarı otomatik veya otomatik hale getirilmektedir (Yaşayan, 2011).

Günümüzde, geliştirilen ticari amaçlı yazılımlar iç yönelme ve dış yönelme aşamalarını gerçekleştirme için kendilerine özgü algoritmalara sahiptir ve böylece İHA görüntüleri büyük bir başarı ile geometrik olarak düzeltilerek yönlendirilebilmektedir (Bhandari, 2015). Bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar kullanılarak görüntülerin değerlendirilmesindeki iş akışı Şekil 1' de gösterilmektedir.



Şekil 1: Bilgisayarlı Görme Tabanlı Görüntülerin Değerlendirilmesi

İHA görüntülerinin bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlarla değerlendirilmesi için öncelikle programlara iç ve dış yönelme parametreleri tanımlanmış İHA görüntüleri yüklenerek başlanmaktadır. İlk işleme, nokta bulutu oluşturulması, SYM üretilmesi, ortofoto üretilmesi şeklinde devam eden işlemler olarak sıralanabilir.

3. UYGULAMA

3.1. Çalışma Bölgesi

İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesinde yer alan ve yaklaşık 8 ha alana sahip kamu konutları çalışma bölgesi olarak seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2: Çalışma Bölgesi

3.2. Kullanılan Araç ve Yazılımlar

Bu çalışma kapsamında otomatik ve yarı otomatik uçuş yeteneğine sahip DJI firmasının ürettiği PHANTOM-4 modeli insansız hava aracı kullanılmıştır (Şekil 3). PHANTOM-4 İHA entegre GoPro kamera ile görüntü kaydı yapmaktadır. Yapılan tüm uçuşlar için bindirme oranları %80 enine ve %60 boyuna olarak belirlenmiştir. Kullanılan İHA'nın teknik özellikleri aşağıdaki gibidir;

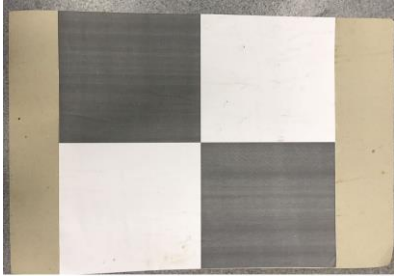
- 1380 gr. ağırlık
- Maksimum uçuş süresi yaklaşık 28 dakika
- Görüntü boyutu 4000*3000
- 1/2.3"CMOS



Şekil 3: DJI PHANTOM-4

3.3. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

İHA'ya entegre edilmiş GPS/INS alıcısı ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş fotoğrafların dengelenmesi için çalışma alanını kapsayacak biçimde 20 adet yer kontrol noktası (YKN) tesis edilmiştir. YKN fotogrametrik değerlendirme aşamasında net görüntülenebilmesi için 50cm x 50cm boyutlarında tasarlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 4: Yer Kontrol Noktası

Nokta konumları belirlenirken görüşün açık olmasına, yansıtıcı etki (multipath) oluşmasına neden olabilecek herhangi bir cisimden uzak olmasına ve çalışma bölgesinin karakteristik özelliklerini en iyi şekilde belirlenebileceği homojen bir dağılım göstermesine dikkat edilmiştir (Şekil 4). Nokta koordinatları çift frekanslı GNSS alıcıları kullanılarak hızlı statik ölçme tekniği ile 30 dakika ölçme süreleri gözetilerek gözlenmiştir. Baz çözümlenmeleri IGS (International GNSS Station) noktası İSTA ve İSKİ UKBS (İSKİ Uzeydan Konum Belirleme Sistemi) PALA noktasına ait 1 saniyelik gözlem verileri kullanılarak Leica Geo Office yardımıyla belirlenmiştir. İSTA noktasının çalışma bölgesine olan uzaklığı yaklaşık 1.5 km, PALA noktasının ise yaklaşık 7 km'dir. Minimum uydu yükseklik açısı 150 ve troposfer modeli olarak GMF (Global Mapping Function) seçilerek dengeleme sonrası koordinatlar belirlenmiştir.



Şekil 4: Yer Kontrol Noktaları Dağılımı

BULGULAR

Yapılan çalışma sonrasında aynı bölgeye ait 3 farklı açı ile aynı yükseklikten elde edilen 3 farklı ortofoto üzerinde yapılan doğruluk analizlerinin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde; 45° lik açı ile çekilen fotoğraflardan üretilen ortofotonun diğerlerine göre daha yüksek doğrulukta olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak resim çekim açısıyla güneş ışınlarının uygun olması olarak değerlendirilmiştir. Üç farklı açı ile üretilen ortofoto görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. 100 m yükseklikte 45°, 60°, 90° resim çekim açılı görüntüler kullanılarak üretilen ortofoto görüntüleri

	100m 90°		100m 60°		100m 45°		80m 90°		60m 90°	
Konrol Noktası	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)	XY(m)	Z(m)
101	0.026	0.074	0.035	0.056	0.029	0.034	0.015	0.017	0.018	0.016
102	0.064	0.065	0.049	0.065	0.025	0.027	0.028	0.023	0.028	0.011
104	0.042	0.052	0.033	0.04	0.033	0.027	0.031	0.021	0.02	0.041
109	0.074	0.053	0.034	0.033	0.028	0.029	0.018	0.029	0.016	0.021
120	0.028	0.049	0.025	0.037	0.019	0.014	0.015	0.025	0.017	0.013
KOH(m)	0.046	0.059	0.035	0.046	0.026	0.028	0.022	0.023	0.02	0.021

Tablo 1: Üç farklı yükseklik ve üç kamera açısı ile üretilen ortofoto haritaların nokta konum doğruluğu

SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İTÜ Ayazağa Yerleşkesinde yapılan bu çalışma ile İHA'ların ortofoto üretiminde başarı ile kullanılabileceği gösterilmiştir. Farklı yüksekliklerde ve farklı resim açılarıyla üretilen ortofotolar doğruluk açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç ürünler irdelendiğinde resim çekimi için resim çekim açısının doğru belirlenmesinin yanında resim çekimi için en uygun zamanında belirlenmesinin önemli olduğu ortaya konulmuştur. Bu açıdan bakıldığında klasik fotogrametrik çalışmalardan elde edilen bilgi ve birikimin İHA destekli fotogrametri çalışmalarında da önemli olduğu değerlendirilmiştir.

REFERENCES

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., 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 66(1): 104-118. DOI: 10.17099/jffiu.23976

Bhandari, B., Oli, U., Pudasaini, U. ve Panta, N., 2015. Generation Of High Resolution DSM Using UAV Images, FIG Working Week 2015 From the Wisdom of the Ages to the Challenges of the Modern World, 17-21 May 2015, Sofia, Bulgaria.

Çetin, F. H., 2011. Bir görüntüdeki nesnenin bir başka görüntüde bulunması, Yüksek Lisans Tezi, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Döner, F., Özdemir, S. ve Ceylan, M., İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama Ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı., 2014. 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

Düzgün, Ş., 2010. Uzaktan algılamaya giriş ders notları, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

Eisenbeis, H., 2009. UAV photogrammetry. Zurich, Switzerland:: ETH.

Haala, N., 2013. The Landscape of Dense Image Matching Algorithms. In: Fritsch, D. (Ed.): Photogrammetric Week '13, Wichmann, Berlin/Offenbach, 271-284.

Jain, A. K., 1989. Fundamentals of digital image processing, Prentice Hall.

Lowe, D. G., 2004. Distinctive image features from scale-invariant keypoints. International journal of computer vision, 60(2), 91-110.

Ma Yi et al., An invitation to 3-D vision: from images to geometric models, Springer Verlag, 2004.

Mesas-Carrascosa, F. J., Notario-García, M. D., de Larriva, J. E. M., de la Orden, M. S., & Porras, A. G. F. (2014). Validation of measurements of land plot area using UAV imagery. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 33, 270-279.

Niethammer, U., Rothmund, S. and Joswig, M., 2009. UAV-based remote sensing of the slow moving landslide Super-Sauze, In: Landslide processes, Ed.: CERIG Editions, Strasbourg, 69-74.

Wing, M. G., Burnett, J., Johnson, S., Akay, A. E. ve Sessions, J., 2014. A Low-cost unmanned aerial system for remote sensing of forested landscapes. International Journal of Remote Sensing Applications, 4(3), 113-120.

Yastıklı, N. ve Bayraktar, H., 2014. Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları İle Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, 5. Uzaktan Algılama-Cbs Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.

Yaşayan, A., Uysal, M., Varlık, A., Avdan, U., 2011. Fotogrametri. T.C. Anadolu Üniversitesi Yayın No: 2295
Zhou, H., Yuan, Y. ve Shi, C., 2009. Object tracking using SIFT features and mean shift, Computer Vision and Image Understanding (CVIU), Vol.113, No.3, pp.345-352.