

# İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri ile Ortogörüntü Üretiminde Yükseklik ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması

Ozan Öztürk<sup>1\*</sup>, Burhan Baha Bilgilioğlu<sup>1</sup>, Mehmet Furkan Çelik<sup>1</sup>, Süleyman Sefa Bilgilioğlu<sup>2</sup>, Raşit Uluğ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Teknik Üniversitesi, Geomatik Mühendisliği Bölümü, 34469 Maslak, İstanbul  
(oozturk16, bilgilioğlu16, celikmeh, ulug15)@itu.edu.tr ORCID ID 0000-0002-5979-6360, ORCID ID 0000-0001-6950-4336, ORCID ID 0000-0001-8564-9340, ORCID ID 0000-0002-9237-2025  
<sup>2</sup> Aksaray Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 68100, Aksaray  
(sefa.bilgilioğlu@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-0881-0396

## Öz

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 yönetimi ve planlama, ormancılık, fotogrametrik değerlendirme, yol ve nehir gözlemleri, arazilerin üç boyutlu (3B) modellerinin üretilmesi gibi birçok ticari ve akademik çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA'lara dijital kameralarının entegre edilmesi yüksek çözünürlükte görüntülerin elde edilmesini sağlamıştır. Bu görüntülerin değerlendirilmesi zor ve zaman alıcı olmasına rağmen dijital fotogrametri ile birlikte bu sorun ortadan kalkmakta ve objenin veya arazinin 3 boyutlu(3B) yoğun nokta bulutu, sayısal yüzey modeli (SYM) ve ortogörüntüleri üretilmektedir. 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 ile yüksek çözünürlüklü sayısal görüntüler elde edilerek alanın ortogörüntüleri üretilmiştir. Daha sonra çalışma alanında jeodezik yöntemler kullanılarak önceden tesis edilmiş 5 adet yer kontrol noktası ile ortogörüntülerin doğrulukları test edilmiştir. Ayrıca, farklı yüksekliklerin ve aynı yükseklikte farklı kamera açılarından üretilen ortogörüntünün doğruluk irdelemesi gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İnsansız Hava Aracı (İHA), OrtoGörüntü, Eğik Fotogrametri, Dijital Fotogrametri

## The Investigation of The Height and The Camera Angle in The Production of Orthoimage with Images of Unmanned Aerial Vehicle (UAV)

### 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 assessment, 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 orthoimages. In this study, orthoimage was obtained from high resolution digital images which taken using 90° camera angles at 60 and 80-meter altitude and 45°, 60° and 90° camera angles at 100-meter altitude in Istanbul Technical University Ayazağa campus. Subsequently, using geodetic methods, accuracy of orthoimages were tested via 5 ground control points which established before study. Also, effect of different altitude and camera angles at same altitude on accuracy of orthoimages were investigated.

\* Sorumlu Yazar

**Keywords:** *Unmanned Aerial Vehicle (UAV), Orthophoto Image, Oblique Photogrammetry, Digital Photogrammetry*

## 1. GİRİŞ

Son yıllarda, dijital fotogrametri çalışmalarında dijital kameraların entegre edildiği İHA'lar tarafından elde edilen görüntülerden üretilen verilerin kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. İHA'lar hız, maliyet, doğruluk gibi sağladıkları birçok avantajlardan dolayı farklı çalışma gruplarında yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır. İHA yardımıyla gerçekleştirilen çalışmalar yersel fotogrametrideki hassasiyete yaklaşmakta ve çalışmaları kısa sürede tamamlayabilmesi açısından birçok farklı alanda uygulanma olanağı bulmaktadır (Eisenbeis, 2009).

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 alternatif bir yöntem olarak önerilmektedir. Ayrıca, küçük çaplı klasik hava fotogrametrisi uygulamalarında karşılaşılan yüksek orandaki veri hacmi ve maliyete karşılık İHA'ların kullanılmasıyla büyük oranda ekonomi sağlanabilmektedir. İHA görüntüleri yüksek çözünürlüklü sayısal yükseklik modeli oluşturma ve objelerin 3 boyutlu modellenmesi çalışmalarında kullanılabilir.

Fotogrametrik işlemler yapılarak görüntülerin yeniden düzenlenmesiyle birlikte ortogörüntüler üretilebilmekte, bu görüntüler üzerinden çizim ve görüntü yorumlama işlemleri gerçekleştirilebilmektedir. Bu çalışma kapsamında hem farklı yüksekliklerin, hem de aynı yükseklikte farklı kamera açıları

kullanılarak elde edilen görüntüler yardımıyla üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu irdelenmiştir.

## 2. YÖNTEM

İHA'lardan elde edilen görüntüler klasik fotogrametrik yazılımlar veya bilgisayar destekli görüntü işleme teknikleri ile değerlendirilebilir. Bu yöntemlerin fotogrametrik temelinin aynı olmasına karşı 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 iştir. 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).

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).

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 öznitelik tabanlı olarak yapılabilmektedir.

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

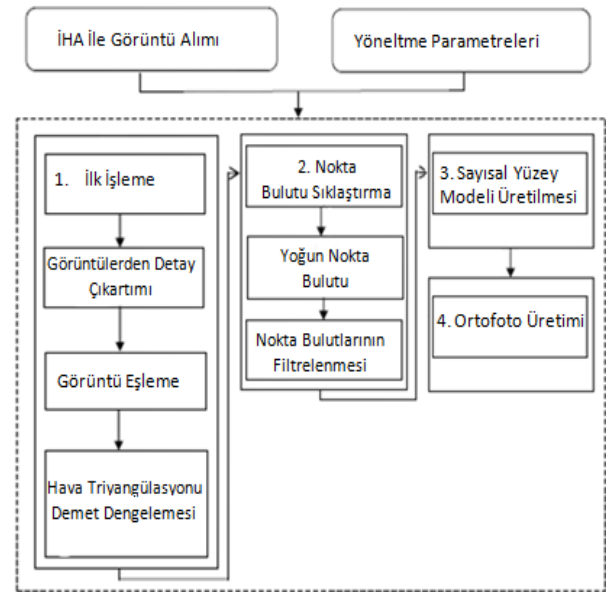
Lowe ve arkadaşlarının 2004 yılında ortaya koydukları algoritma, nesnelere bölgesel özniteliklerinin ölçekten bağımsız olarak çıkarılmasında kullanılan bir yöntem olarak ortaya konulmuştur. Çıkarılan bu öznitelikler nesnenin ölçeği ve yöneliminden bağımsız olduğundan gerçek görüntülerde farklı açılardan 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 görme (computer vision) alanında birçok yöntem önerilmiştir. Bu kapsamda kullanılan en bilinen yaklaşım SGM (Semi Global Matching)'dir. Yoğun görüntü eşleme algoritmaları kullanılarak yoğun nokta bulutu üretilmekte, üretilen sayısal yüzey modelinin sıklığı stereo görüntülerin yer örnekleme aralığına (YÖA/GSD) eşit olabilmektedir (Yastıklı, 2012).

Oluşturulan SYM üzerinden ortogörüntüler üretilebilmesi için görüntülere ortorektifikasyon işleminin gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Ortorektifikasyon işlemi

gerçekleştirilerek görüntü verisi doğru mesafe, pozisyon, açı, alan ölçümü yapmak mümkündür (Düzgün, 2010).

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 yöneltilmektedir (Bhandari, 2015). Bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar kullanılarak görüntülerin değerlendirilmesindeki iş akışı Şekil 1' de gösterilmektedir.

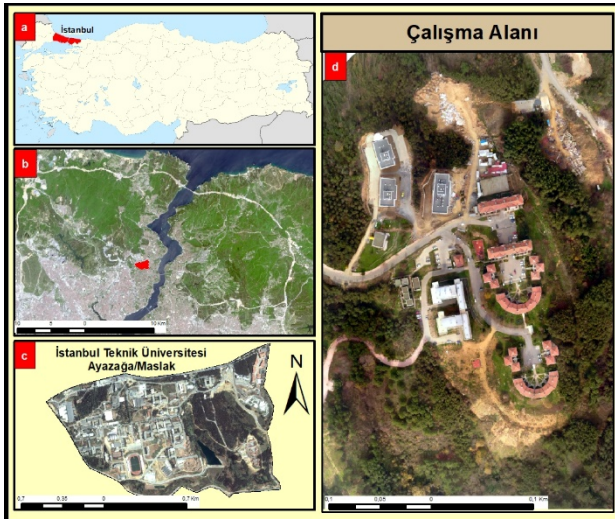


Şekil 1: Bilgisayarlı Görme Tabanlı Görüntülerin Değerlendirilmesi (Bhandari, 2015)

### 3. UYGULAMA

#### 3.1. Çalışma Alanı

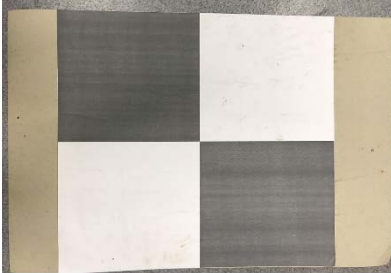
İstanbul Teknik Üniversitesi Ayazağa Yerleşkesinde yer alan ve yaklaşık 8 ha alana sahip kamu konutları çalışma alanı olarak seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanı (a. Türkiye İller Haritası, b. İstanbul Landsat Uydu Görüntüsü, c. İTÜ İKONOS Uydu Görüntüsü, d. Çalışma Alanı (Ortogörüntü))

### 3.2. Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

İHA'ya entegre edilmiş GPS/IMU alıcısı ile dış yöneltme elemanları belirlenmiş fotoğrafların dengelenebilmesi 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).



Şekil 3. Yer Kontrol Noktası

Nokta konumlarının belirlenmesinde Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHÜY) kriterleri incelenmiştir. Nokta seçiminde 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. Nokta koordinatları çift frekanslı GNSS alıcıları kullanılarak hızlı statik ölçme

teknigi ile 30 dakika ölçme süreleri gözetilerek belirlenmiştir. Hızlı statik ölçme yöntemi tamsayı belirsizliğinin çözümüne olanak sağlayan ve kısa bazların (< 20 km) 5-10 mm + 1ppm hassasiyeti ile belirlenebildiği ölçme tekniğidir. Baz çözümlenmesi IGS (International GNSS Station) noktası ISTA ve İSKİ UKBS (İSKİ Uzaydan Konum Belirleme Sistemi) PALA noktasına ait 1 saniyelik gözlem verileri kullanılarak Leica Geo Office yardımıyla belirlenmiştir. ISTA 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 baz çözümü gerçekleştirilmiştir. Dengeleme sonrası nokta konumlarının karesel ortalama hatası  $\pm 1.1 - 2.4$  cm olarak hesaplanmıştır. Çalışma alanına tesis edilmiş YKN 'lerin dağılımı şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Yer Kontrol Noktaları Dağılımı

### 3.3. Görüntülerin Elde Edilmesi

İHA'lerden elde edilen görüntülerin değerlendirilebilmesi için görüntülerin belirli örtü oranıyla çekilmesi gerekmektedir. Klasik hava fotogrametrisinde görüntüler %60 boyuna ve %20 enine örtü oranıyla çekilmektedir. Ancak, bilgisayarlı görme tabanlı sayısal fotogrametrik yazılımlarda kullanılan algoritmalar %80 boyuna ve %60 enine örtü oranıyla daha doğru görüntü eşleştirilmesi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle, çalışma alanında yapılan tüm uçuşlar söz konusu örtü oranı göz önünde bulundurularak gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, çalışma alanındaki tüm uçuşlar aynı gün içinde ve en kısa sürede tamamlanarak güneş ışını etkisi en aza indirilmiştir. Aynı alana ait farklı açı ve yükseklikten çekilen ham görüntüler şekil 5'de gösterilmiştir.



Şekil 5. Çekilen Resimler ve Özellikleri

### 3.4. 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 6). PHANTOM 4 İHA entegre GoPro kamera ile görüntü kaydı yapmaktadır. Kullanılan GoPro kameranın teknik özellikleri;

- Görüntü boyutu 4000\*3000
- 1/2.3"CMOS sensör
- 35 mm odak uzaklığı
- Piksel boyutu 6 mm \* 4 mm



Şekil 6. DJI PHANTOM-4

İHA'dan elde edilen görüntülerin değerlendirmesi AgiSoft Photoscan yazılımında gerçekleştirilmiştir. AgiSoft Photoscan, hem çok sayıda yüksek çözünürlüklü görüntülerin eşlenmesi hem de bu görüntüler kullanılarak 3 boyutlu modeller ve ortogörüntülerin üretilmesine olanak sağlamaktadır.

#### 3.4.1. İHA Görüntülerinin Fotogrametrik Değerlendirilmesi,

İHA'lerden elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntülerin fotogrametrik değerlendirilmesi için birçok yazılım mevcuttur. Ancak, İHA'lerden çok sayıda yüksek çözünürlüklü görüntü elde edilmektedir. Bu görüntülerin klasik fotogrametrik yaklaşımlı yazılımlarla değerlendirilmesi zaman alıcı ve zor bir işidir. Bu amaçla sayısal fotogrametrisinin dâhil edildiği bilgisayarlı görme tabanlı yazılımlar kullanılması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu çalışmada, çalışma alanından İHA ile elde edilmiş görüntüler değerlendirilmeye alınmadan önce DJI Phantom 4' e entegre GoPro kameranın kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Daha sonradan İHA' da bulunan GPS/IMU sistemi verileri kullanılarak hava trayangülasyonu sonucu dış yöneltme

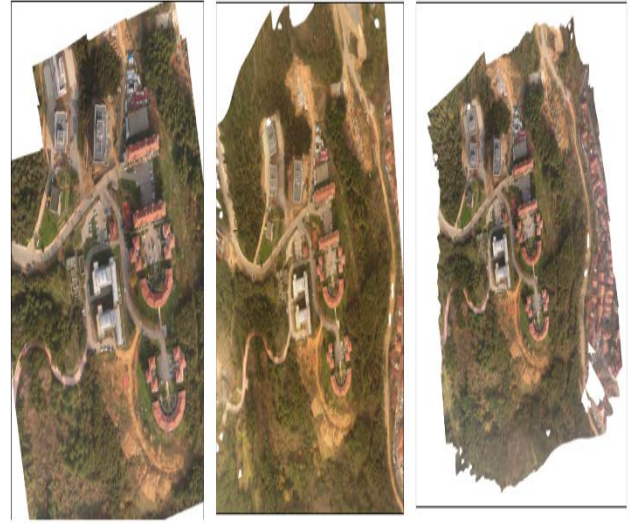
parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler yazılımda girdi parametresi olarak kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan bilgisayarlı görme tabanlı yazılım olan AgiSoft Photoscan ile çalışma alanından elde edilmiş İHA görüntülerine sırasıyla, görüntülerden detay çıkarılması (bağlantı noktaları), görüntü eşleme, hava triyagülasyonu, sayısal yüzey modeli üretilmesi ve ortogörüntülerin üretilmesi işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yazılımda, görüntülerin değerlendirilmesi YKN'lerin konumlandırılması dışında tam otomatik olarak gerçekleştirilmektedir. Çalışmada öncelikle 20 adet YKN tesis edilmiştir. Ancak, çalışma esnasında gerçekleşen bazı olumsuz durumlardan dolayı YKN'lerde deformasyonlar meydana gelmiş ve deforme olan bu 5 adet YKN çalışmaya dahil edilmemiştir. Test kontrol noktaları olarak hataların yüksek çıkma ihtimali olan yüksekliğin ani değişim gösterdiği 5 nokta seçilmiştir. Çalışma alanına homojen olarak dağıtılan farklı 10 YKN ise ortogörüntülerin üretilmesi için kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan fotogrametrik değerlendirme iş akışı yöntem bölümünde Şekil 1' de net bir biçimde açıklanmıştır.

#### 4. BULGULAR

Yapılan çalışma sonrasında GNSS ölçmeleri ile koordinat değerleri hesaplanmış noktalar ile 3 farklı kamera açısı ile aynı yükseklikten elde edilen 3 farklı ortogörüntü ve 3 farklı yükseklikten elde edilen 3 farklı ortogörüntü üzerinde yapılan koordinat okumaları karşılaştırılarak elde edilen doğruluk analizlerinin sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Doğruluk analizinin yapılacağı noktalar belirlenmek için yüksekliklerin değiştiği alanlardaki noktaların kullanılması tercih edilmiştir. Tablo incelendiğinde; 450 lik açı ile çekilen fotoğraflardan üretilen ortogörüntü diğerlerine göre daha yüksek doğrulukta olduğu görülmüştür. Bunun nedeni olarak resim çekim açısıyla güneş ışınlarının uygun olması olarak değerlendirilmiştir. Üç farklı açı ile üretilen ortogörüntüler Şekil 7'da verilmiştir.



Şekil 7. 100 m yükseklikte 450, 600, 900 resim çekim açılı görüntüler kullanılarak üretilen ortogörüntüler

Kamera açıları kendi içinde dikkate alındığında, 450 kamera açısı ile elde edilen kullanılarak üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu en yüksek çıkmıştır. Görüntü çekim yükseklikleri kendi içinde dikkate alındığında, 60m yükseklik 900 kamera açısı kullanılarak üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu en yüksek çıkmıştır.

Tablo 1. Üç farklı yükseklik ve üç kamera açısı ile üretilen ortogörüntülerin nokta konum doğruluğu

Kontrol Noktası	100m 90°		100m 60°		100m 45°		80m 90°		60m 90°	
	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
109	0.074	0.053	0.034	0.033	0.028	0.029	0.018	0.029	0.016	0.021
114	0.042	0.052	0.033	0.04	0.033	0.027	0.031	0.021	0.02	0.041
120	0.028	0.049	0.025	0.037	0.019	0.014	0.015	0.025	0.017	0.013
KOH(m)	0.047	0.0586	0.0352	0.0462	0.0268	0.0262	0.0214	0.023	0.0198	0.0204

## 5. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

İTÜ Ayazağa Yerleşkesinde yapılan bu çalışma ile İHA'ların ortogörüntü üretiminde başarı ile kullanılabileceği bir kez daha gösterilmiştir. Farklı yüksekliklerde ve farklı resim açılarıyla üretilen ortogörüntüler doğruluk açısından karşılaştırılmıştır. Sonuç ürünler irdelendiğinde görüntü elde edilmesi için görüntü çekim açının 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. Eğik görüntü çekim açısı kullanılarak elde edilen görüntüler yardımıyla üretilen ortogörüntülerde, dik(nadir) görüntü çekim açısına nazaran daha az boşluklu(veri alınamamış) bölgeler rastlanmaktadır. Ancak bu avantaj beraberinde daha fazla veri hacmi gibi dezavantajlar doğurmaktadır. Bilindiği üzere bilgisayarlı görme tabanlı dijital fotogrametrik yazılımlarda, yüzlerce görüntünün aynı değerlendirilebilmesi için normal seviyenin üstünde donanım yapısı gerekmektedir. Eğik fotogrametri ile birlikte eklenen veri hacmi, yüksek donanım seviyesi ve bununla birlikte maliyet gerektirebilir.

**NOT:** Bu çalışma Afyon Kocatepe Üniversitesinde 27- 29 Nisan 2017 tarihleri arasında gerçekleştirilen TUFUAB IX. Teknik Sempozyumunda sunula ve yeniden hakemlik sürecinden geçirilerek Kabul edilmiş halidir.

## KAYNAKÇA

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülcü, 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, Y., Soatto, S., Košecká, J., & Sastry, S. S. (2004). Step-by-Step Building of a 3-D Model from Images. An Invitation to 3-D Vision, 375-411.
- 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.: CERG 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.