






ACCURACY EVALUATION OF ORTHOPHOTO MAPS OBTAINED BY UAV SYSTEMS

Rüştü Çallı¹ , Samed İnyurt^{*1} , Ömer Yıldırım¹ 

¹Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Harita Mühendisliği, Tokat, Türkiye

Abstract

Unmanned Aerial Vehicles (UAV), which is one of the most important gains of the developing technology, was firstly used for military purposes, but soon became an important issue of our daily life. In addition to the ability to produce three-dimensional spatial information with the UAV, it provides less labor, time and cost advantage compared to conventional measurement methods, playing an important role in the spread of UAV usage. UAV systems, whose usage are becoming widespread and diverse day by day, are in a continuous development to meet the high accuracy requirements, especially for surveying activities. For this reason, UAV hardware and software features are also constantly developing. In this study, firstly, the accuracy comparisons of the data sets based on the UAV with GNSS-RTK and the UAV without this feature were studied. Later, the accuracy comparisons of the data sets processed by Pix4D Mapper and Agisoft FotoScan photogrammetry software. As a result of the comparisons, it was seen that the horizontal and vertical accuracy values obtained for the UAV data with GNSS-RTK were better than the horizontal and vertical accuracy values obtained for other UAV data. When the software were evaluated among themselves, it was seen that the horizontal and vertical accuracy of the data sets obtained with Pix4D Mapper software was better. On the other hand, while Agisoft FotoScan software gives better results in horizontal position accuracy of data sets based on UAV without GNSS-RTK, Pix4D Mapper software gives better results in vertical position accuracy of those.

Keywords: Agisoft fotoScan, unmanned aerial vehicle (UAV), Pix4D mapper.

İHA SİSTEMLERİ İLE ELDE EDİLEN ORTOFOTO HARİTALARIN DOĞRULUK DEĞERLENDİRMESİ

Özet

Gelişen teknolojinin en önemli kazançlarından biri olan İnsansız Hava Araçları (İHA) ilk önceleri askeri amaçla kullanılmaya başlanmakla birlikte kısa zamanda günlük hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. İHA ile üç boyutlu konumsal bilgi üretilebilmesinin yanı sıra klasik ölçüm yöntemlerine göre daha az iş gücü, zaman ve maliyet avantajı sağlaması, İHA kullanımının yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Kullanımları her geçen gün çeşitlenerek yaygınlaşan İHA sistemleri, özellikle haritacılık faaliyetlerinin gereksinimi olan yüksek doğruluk ihtiyacının karşılanması için sürekli bir gelişim içerisindedir. Bu çalışmada, GNSS –RTK özellikli İHA ve bu özelliğe sahip olmayan İHA kullanılarak aynı koşullarda elde edilen resimler, Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametri yazılımları kullanılarak üretilen ortofotoların doğruluk karşılaştırmaları yapılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, GNSS-RTK özellikli İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinin, diğer İHA verileri için elde edilen yatay ve düşey doğruluk değerlerinden daha iyi olduğu görülmüştür. Yazılımlar kendi aralarında değerlendirildiğinde ise Pix4D Mapper yazılımı ile elde edilen veri setlerinin yatay ve düşey doğruluklarının daha iyi olduğu görülmüştür. Diğer taraftan Agisoft FotoScan yazılımı, GNSS-RTK özellikli olmayan İHA odaklı veri setlerinin yatay konum doğrulukları konusunda daha iyi sonuç verirken, düşey konum doğruluğunda ise Pix4D Mapper yazılımının daha iyi sonuç verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Agisoft fotoScan, insansız hava aracı (İHA), Pix4D mapper.

1 Giriş

Son yıllarda teknoloji alanında meydana gelen gelişmeler, havacılık, elektronik, haberleşme, navigasyon teknolojilerinde kendini göstermiş, hayatımızın önemli bir parçası haline gelmiştir. Diğer yandan söz konusu bu alanlarda meydana gelen gelişmelerin entegrasyonu ile

sivil ve askeri amaçla kullanılmak üzere İnsansız Hava Araçlarının (İHA) gelişmesini sağlamıştır [1].

İHA'ların tarihi, hava araçlarının tarihi ile aynı yıllarda başlamıştır. Günümüzde İHA olarak tanımlanan hava araçlarının ilk örneği 19. yüzyıl sonlarında ABD'li Charles geliştirmiştir. Tarihsel gelişimine göre İnsansız hava araçları başlangıçta askeri amaçlar için kullanılmıştır [2].

* Corresponding author.

E-mail address: samed_inyurt@hotmail.com (S. İnyurt)

Received 03 February 2023; Received in revised form 09 May 2023; Accepted 12 June 2023

2587-1943 | © 2023 IJIEA. All rights reserved.

Doi: <https://doi.org/10.46460/ijiea.1247369>

Askeri alanda ABD tarafından Afganistan'da, keşif, gözetleme ve istihbarat faaliyetlerinde kullanılan İHA'lar, daha sonra silahlı olarak ve saldırı amacıyla kullanılmaya başlanmıştır [3]. Gelişen teknolojiye paralel olarak, son yıllarda Global Navigation Satellite System (GNSS), ve çözünürlüğü yüksek kameralar entegre edilerek kullanılmaya başlanan İHA'lar, uzaktan algılama (UA), sayısal harita üretimi ve fotogrametri amaçlı bilimsel çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır [4-6]. Uydu ve insanlı hava araçları ile 20-50 cm/pixel bandında yüksek çözünürlükte konumsal veriler elde edilebilmesine karşın İHA'lar daha düşük irtifalardan uçabildikleri için 1 cm/pixel yüksek çözünürlükte veri elde edebilmek mümkündür.

Akdeniz H. [7], "Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar" konulu çalışmasında sayısal ortofotoların acil durumlarda sağlayabileceği olanakları araştırmış ve bu kapsamda 1999 Gölcük depremi sonrası bölgenin harita genel komutanlığı tarafından yapılan sayısal ortofotolarını incelemiştir. Bunun için ortofoto üretim aşamaları olan, çalışma bölgesine nirengi noktası tesisi, hava görüntülerinin çekilmesi, sayısal arazi modeli oluşturulması işlem adımlarını gerçekleştirmiştir. Sonrasında bu ortofotoları birleştirilerek ortofoto mozaik görüntü oluşturulmuştur. Oluşturulan bu görüntüler hızlı bir şekilde ilgili kurumlara dağıtılmıştır. Bu çalışmada afetin hemen ardından ilk 30 saat içinde sayısal ortofotoların üretilerek çalışmaların kısa sürede etkin bir şekilde yapılacağı vurgulanmıştır.

Spreckels ve ark. [8] çalışmasında Vexcel UltraCamD dijital hava kamerası ile Almanya'da bir kömür madeninin hava görüntülerini çekmişlerdir. Uygulamada 45 adet yer kontrol noktası kullanılmış ve koordinatları GPS ile ölçülmüştür. Doğu-batı uçuşları 10 cm yer örnekleme aralığında çapraz uçuşlar ise, 8 cm yer örnekleme aralığında gerçekleştirilmiştir. 10 cm GSD için 130 adet hava görüntüsü, 8 cm GSD için ise 77 adet hava görüntüsü elde edilmiştir. Daha sonra "Leica LPS" yazılımında blok dengeleme yapılmış ve yer kontrol noktaları için karesel ortalama hatalar x yönünde 2.15 cm, y yönünde ise 3.31 cm bulunmuştur. Daha sonra çalışma bölgesinin dijital yükseklik modeli ve ortofoto mozaik görüntüsü üretilmiştir.

Remondino [9], çalışmasında İHA ile yapılan haritacılık faaliyetlerinde yüksek çözünürlüklü görüntülere, az maliyetle hızlı ulaşılabilmesi ve elde edilen bu görüntülerin çeşitli programlarda işlenmesi sonucu kısa sürede sonuç ürünlerin elde edilmesi ve daha birçok avantajının olduğuna değinmiştir. İnsansız hava araçlarının meskun alanlarda kullanılabilirliğini artırmak için yönetmeliklerin bu sistemlere göre yenilenmesi ve yeni sistemlere uygun teknik şartnameler oluşturulması gerektiği görüşünü savunmuştur.

Aguera-Vega ve ark. [10] sayısal yüzey modelinde koordinatlandırma için kullanılan YKN'nin sayısının ve İHA fotogrametrisi ile elde edilen ortofoto doğruluklarının etkisini incelemiştir. Zemin seviyesinden 120 m yükseklikte, yaklaşık 17 hektarlık alanda gerçekleştirilen çalışmada, bölge yüzeyinin 160 adet fotoğrafı çekilmiş ve farklı YKN noktalarını dikkate alan fotogrametri projesi yapılmıştır. Çalışmada doğruluk ölçüm yöntemi olarak RMS kullanılmıştır. Sonuçlar, kullanılan YKN sayısı arttıkça hem yatay hem de dikey doğruluğun arttığını

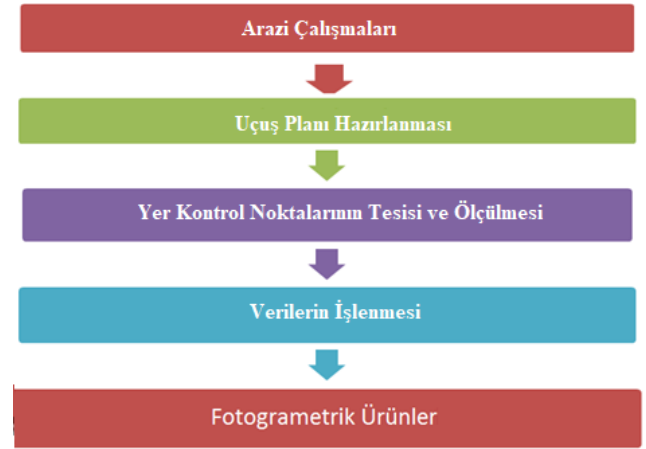
göstermiştir.

Tercan [11], İHA ile bir karayolu üzerinde yaptığı çalışmada, %85 enine, %65 boyuna bindirmeli 140 metre uçuş gerçekleştirmiştir. Bu uçuş sonrasında sayısal yüzey modeli ve ortofoto harita üretmeyi amaçlamıştır. Çalışma alanına Cors-RTK yöntemi ile 7 adet yer kontrol noktası tesis edilmiştir. Karayolu üzerinde yapılan jeodezik çalışmalar sonucunda yersel ölçümler ile karşılaştırması yapılmıştır. Sonuçta mekânsal alanlarda 4.9 cm, toprak zeminde 7.32 cm ve sert zeminde 3.96 cm yatay doğruluk elde edilmiştir. Ortofoto, sayısal yüzey modeli üretimi düz arazi yapılarında ve bitki örtüsünün yoğun olmadığı yerlerde kullanılabileceği belirtmiştir.

Bu çalışmada Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılarak RTK özelliğine sahip olan ve olmayan İHA kullanılarak üretilen ortofotoların doğruluk araştırması yapılmıştır. Bunun için çalışma alanında 100 metre yükseklikten ve %80-%60 boyuna-enine bindirmeli görüntüler İHA ile elde edilmiştir. Çalışma alan içerisinde yer alan 19 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) ve 50 adet detay noktasına ait koordinatların GNSS ölçümleri yapılmıştır.

2 Yöntem

İHA ile fotogrametrik çalışmalar, arazi çalışmaları, uçuş planlarının hazırlanması, yer kontrol noktalarının tesisi, verilerin işlenmesi olarak 4 temel aşamada oluşmaktadır. Bu aşamalar Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. İHA ile görüntü elde edilmesi ve fotogrametrik olarak işlenmesi.

İnsansız Hava Aracı ile fotogrametrik yapmadan önce arazinin durumu tespit edilmelidir. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış yer kontrol noktaları yönetmeliklerde belirtildiği ölçüde tesis edilmelidir. Uçuş öncesi İHA için uygun iniş ve kalkış sahası ayarlanmalı ve İHA'nın görev yapacağı yükseklik göz önünde bulundurularak olası kazalara sebep olabilecek engellere (GSM istasyonu, enerji nakil hattı, yüksek binalar vb.) dikkat edilmelidir. Uçuş planlaması yapılan alanda planlanan haritanın nitelikleri göz önüne alınarak ve varsa ilgili mevzuata uygun uçuş yüksekliğine bağlı olarak fotoğraflarda görülebilecek boyutta yer noktaları tesis edilmelidir. Tesis edilen bu noktalar yine ilgili yönetmelikler ve hassasiyet doğrultusunda istenilen koordinat sisteminde 3 boyutlu koordinatları ölçülmelidir.

Uçuş sonrası elde edilen fotoğraflardan ortofoto harita ve sayısal arazi modeli oluşturmak için farklı fotogrametrik yazılımlar mevcuttur. Bu yazılımların en çok kullanılanları Pix4D Mapper, Agisoft FotoScan, 3D Survey, DroneDeploy 3D Mapping, AutoDesk ReCap vb. yazılımlardır. Bu tez çalışmasında Pix4D Mapper ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılmıştır.

Pix4D Mapper yazılımı, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli, ortofoto haritalar, doku modelleri, 3 boyutlu model üretmek için İHA ile çekilen fotoğrafları kullanır. Bu yazılım ürettiği tüm verileri istenilen koordinat sisteminde çıktı verisi olarak kullanıcıya sunar. Nokta bulutu verilerini “.las, .laz, .ply, .xyz” formatlarında, ortomozaik ve DSM görüntüleri “.tif, .jpg” formatlarında, 3 B modeli ise “.ply, .fbx, .obj” formatlarında çıktı verisi olarak üretebilir.

Agisoft FotoScan yazılımı, İHA ile bindirmeli çekilen fotoğraflardan profesyonel 3 B modeller, nokta bulutu, sayısal yüzey modeli ve ortofoto haritalar üretmede kullanılan fotogrametrik yazılımlardandır. Bu yazılım fotogrametrik üçgenleme, yoğun nokta bulutu düzenleme ve sınıflandırma, sayısal arazi modeli ve sayısal yüzey modeli üretimi, mesafe ölçme, hacim ve alan hesaplama, stereoskopik değerlendirme gibi birçok özelliği kullanıcılara sunar.

3 Uygulama

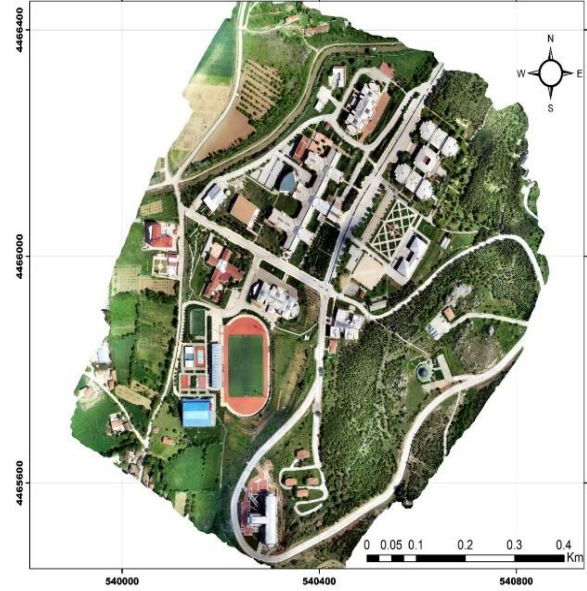
Bu çalışmada amaç insansız hava araçlarından elde edilen görüntüler koordinatlı (RTK çözümlü) ve koordinatsız (YKN koordinatları kullanılarak çözüm) olarak PIX4D ve Agisoft PhotoScan yazılımlarında değerlendirilmesi sonucu hassasiyetin irdelenmesidir. Yapılan değerlendirme sonrasında elde edilen sonuçlar üzerinde bir karşılaştırma yaparak sonuç ürünlerin hangisinin daha hassas olduğu tespiti yapılmıştır.

Çalışma bölgesi olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi belirlenmiştir. Çalışma bölgesinin alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli uçuş kolonları olacak şekilde otonom bir plan hazırlanmıştır. Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. Çalışmada DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır.



Şekil 2. Projede Kullanılan Multicopter, GNSS Alıcısı, Kontrol birimi ve Kamera sistemi örneği.

Çalışma alanını kapsayan 19 adet yer kontrol noktasının konumsal bilgileri dört adet çift frekanslı Jeodezik GNSS alıcıları (Trimble, Topcon) ile ölçülmüştür. 2 saatlik statik GNSS ölçüleri TUSAGA Aktif sistemine bağlı olarak Leica LGO V.8.3 yazılımı ile üç boyutlu (3D) olarak değerlendirilmiştir. Uygulama alanının haritası, Şekil 3’de gösterilmiştir.



Şekil 3. GOP Üniversitesi Çalışma alanı.



Şekil 4. Yer Kontrol Noktası örneği.

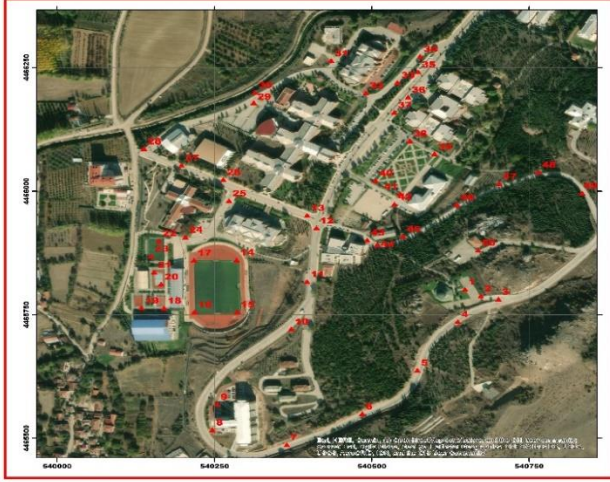
Çalışma alanı olarak Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü yerleşkesi seçilmiştir. Çalışma alanı 68,58 hektar olup, uçuş yüksekliği 100 metre, uçuş kolonları %80 boyuna ve %60 enine bindirmeli olarak planlanmıştır. Toplamda 588 adet fotoğraf elde edilmiştir. Proje kapsamında ve bu fotoğraflar iki farklı yazılımda aynı veriler kullanılarak RTK çözüm ve YKN çözüm olarak değerlendirilmiştir. DJI Phantom 4 RTK drone seti ve yer istasyonu kullanılmıştır. Çalışma alanına homojen olarak dağılmış 19 adet Yer Kontrol Noktasının TUREF/TM36 koordinatları GNSS alıcısı ile elde edilmiştir.

Uygulama alanına homojen olarak dağılmış 50 adet nokta GNSS alıcısı ile CORS-TR ağı kullanılarak 12 epok ölçü ile her detay noktaya ait kullanılacak referans koordinatlar elde edilmiştir. Ölçülen noktalara ait örnek görüntü Şekil 5’de gösterilmiştir.



Şekil 5. Ortomosaik görüntüsü (YKN çözüm).

Ölçülen noktaların uygulama alanına dağılımı Şekil 5'de gösterilmiştir. Bu noktalar arazi üzerinde ve Ortomosaik görüntülerde net bir şekilde belirlenebilen noktalarlardır.



Şekil 6. Arazi koordinatlarının uygulama alanına dağılımı.

Çalışma YKN noktalarından faydalanarak ve RTK özelliği olan İHA kullanılarak elde edilen koordinatların doğruluk değerlendirmesi Pix4D ve Agisoft FotoScan yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Söz konusu bu çalışmanın gerçekleştirilebilmesi için çalışma alanı içerisine 19 adet YKN atılmış ve 50 adet detay noktasının nihai koordinatları bu YKN noktaları yardımıyla ve RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak ayrı ayrı farklı iki yazılım üzerinden üretilmiştir. Çalışmada referans değer olarak kullanılması düşünülen detay noktalara ait koordinatların ölçümleri GNSS ölçümleri yardımıyla elde edilmiştir.

Çalışmanın ilk bölümünde Pix4D yazılımı kullanılarak RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak 50 adet detay noktasına ait koordinatlar üretilmiş ve her bir koordinat bileşenine karesel ortalama hata değerleri elde edilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{348}{49}} = \pm 2.66 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3056}{49}} = \pm 7.89 \text{ cm}$$

Çalışmanın ikinci bölümünde Pix4D yazılımı kullanılarak çalışma alanı içerisinde yer alan 19 adet YKN noktasından faydalanarak 50 adet detay noktasına koordinatlar üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen karesel ortalama değerleri aşağıda gösterilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{521}{49}} = \pm 3.26 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{158}{49}} = \pm 1.80 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3506}{49}} = \pm 7.01 \text{ cm}$$

Çalışmanın üçüncü bölümünde Agisoft FotoScan yazılımı kullanılarak RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak 50 adet detay noktasına ait koordinatlar üretilmiş ve her bir koordinat bileşenine karesel ortalama hata değerleri elde edilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{254}{49}} = \pm 2.28 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{210}{49}} = \pm 2.07 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{3506}{49}} = \pm 8.45 \text{ cm}$$

Çalışmanın son bölümünde ise Agisoft FotoScan yazılımı kullanılarak çalışma alanı içerisinde yer alan 19 adet YKN noktasından faydalanarak 50 adet detay noktasına koordinatlar üretilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen karesel ortalama değerleri aşağıda gösterilmiştir.

$$mY = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IY}{n-1}} = \sqrt{\frac{66.3}{49}} = \pm 1.16 \text{ cm}$$

$$mX = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta IX}{n-1}} = \sqrt{\frac{87.4}{49}} = \pm 1.33 \text{ cm}$$

$$mh = \pm \sqrt{\frac{\sum I \Delta Ih}{n-1}} = \sqrt{\frac{2769.01}{49}} = \pm 7.51 \text{ cm}$$

4 Sonuçlar

RTK sistemine sahip İHA ve RTK sistemine sahip olamayan iki farklı İHA aynı uçuş yüksekliği ve örtme oranları kullanılarak stereo fotoğraflar çekilmiştir. Bu fotoğrafların değerlendirilmesinde Pix4 D Mapper ve Agisoft FotoScan fotogrametrik yazılımları kullanılmıştır.

İlk değerlendirme her iki yazılımda, sadece İHA sistemi tarafından fotoğraflara atanan RTK koordinatları kullanılarak yapılmış ve Pix4D Mapper yazılımı değerlendirmesi sonucunda 3.03 cm/pix GSD değeri ile

çalışma alanının ortofoto haritası üretilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 0.39$ cm, $Y=\pm 0.34$ cm ve yükseklikte doğruluğu $h=\pm 1.74$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımı ile yapılan değerlendirme sonucunda ise GSD değeri 2.64 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 7.19$ cm, $Y=7.13$ cm olarak, yükseklikte doğruluk da $h=10.12$ cm olarak bulunmuştur.

İkinci değerlendirme ise RTK sistemi olmayan İHA ile elde edilen resimler ve uçuş öncesi çalışma alanına tesis edilen 19 adet YKN kullanılarak uygulanmıştır. Değerlendirme sonrasında oluşan veriler Pix4D Mapper yazılımında 3.02 cm/pix GSD değeri ile üretilmiştir. Bu değerlendirme sonucu oluşan verilerde yatayda konum doğruluğu $X=\pm 3.31$ cm, $Y=\pm 2.62$ cm ve yükseklikte doğruluğu $h=\pm 2.92$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan yazılımında ise GSD değeri 2.63 cm/pix olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu $X=\pm 1.67$ cm, $Y=1.51$ cm olarak, yükseklikte doğruluğu $h=0.41$ cm olarak bulunmuştur.

Her iki yöntemle elde edilen veri setlerinin doğruluklarının kıyaslanması amacıyla arazide tespit edilen elli adet belğin detay noktalarının GNSS ölçme yöntemlerinden CORS tekniği kullanılarak belirlenen koordinatları kullanılmıştır. Bu kıyaslama neticesinde Pix4D Mapper ile RTK koordinatları kullanılarak elde edilen verilerin yatayda konum doğrulukları $X=\pm 1.40$ cm, $Y=\pm 1.2$ cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise $h=\pm 1.6$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları $X=\pm 2.07$ cm, $Y=\pm 2.28$ cm olarak, düşeyde konum doğruluğu ise $h=\pm 8.45$ cm olarak bulunmuştur. YKN kullanılarak elde edilen verilerin doğrulukları ise Pix4D Mapper 'da yatayda konum doğrulukları $X=\pm 3.26$ cm, $Y=\pm 1.80$ cm olarak, yükseklik ise $h=\pm 7.01$ cm olarak bulunulmuştur. Agisoft FotoScan 'da ise yatayda konum doğrulukları $X=\pm 1.33$ cm, $Y=\pm 1.16$ cm olarak, yükseklikte ise $h=\pm 7.51$ cm olarak bulunmuştur. Yapılan analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde, RTK özelliğine sahip İHA kullanılarak daha yüksek doğruluklu konumsal bilgi elde edildiği tespit edilmiştir. Diğer yandan kullanılan yazılımların performans irdelemesi yapıldığında, Pix4D Mapper yazılımının çözüm işlem basamaklarının hızlı ve yüksek doğruluklu konum bilgisi ürettiği görülmüştür. Buna ek olarak uygulanan tüm yöntemlerde Büyük Ölçekli Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilmiş olan "0-10 cm/pix GSD değerinde ve detay noktaların yatay konum doğruluğu ± 7 cm ve yükseklik doğruluğu (σ_H) ± 7 cm" gerekliliğini sağladığı tespit edilmiştir.

Geçmişten günümüze konum bilgisi hayatımızın önemli bir parçası olmuş ve olmaya devam edecektir. Bu bilginin elde edilmesinde kullanılan araçlardan biri olan İHA teknolojisi beraberinde kullanılabilir teknoloji ile önemli bir araç haline gelmiştir. Diğer tüm alanlarda olduğu gibi, haritacılık alanında da ihtiyaç duyulan zaman, maliyet, insan gücü gibi etkenlerin minimuma indirilmesi ihtiyacı, kullanılması planlanan İHA'nın seçilmesinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla satın alınması planlanan İHA'nın sahip olduğu donanımsal özelliklerin, konumsal doğruluğa etki edebileceği göz önünde bulundurularak fayda-maliyet ilişkisi gözetilerek seçilmesi gerektiği düşünülmektedir.

Bilgilendirme

Bu çalışma, ikinci yazarın danışmanlığı, üçüncü yazarın eş danışmanlığı tarafından yürütülen, birinci yazarın "İHA Sistemleri ile Elde Edilen Ortofoto Haritaların Doğruluk Değerlendirmesi" isimli yüksek lisans tezinden üretilmiştir".

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Bu çalışmada Etik Kurul Onay belgesine gerek yoktur.

Referanslar

- [1] Yıldırım, Ö., Susam, T., Yaprak, S., Delen, A., & İnyurt, S. (2016). UAV Sistemlerinin Tarımsal Amaçlar İçin Kullanılabilirliği. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*.
- [2] Kahveci, M., & Can, N. (2017). İnsansız hava araçları: tarihçesi, tanımı, dünyada ve Türkiye'deki yasal durumu. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5(4), 511-535.
- [3] Tarık, A. K., & Avaner, T. (2019). Silahlı insansız hava araçlarının uluslararası alanda ve iç güvenlikte sevk ve idaresine ilişkin hukuki saptamalar. *Savunma Bilimleri Dergisi*, 18(36), 43-66.
- [4] Öztürk, O., Bilgilioğlu, B. B., Çelik, M. F., Bilgilioğlu, S. S., & Raşit, U. L. U. G. (2017). İnsansız Hava Aracı (İHA) Görüntüleri İle Ortofoto Üretiminde Yükseklik Ve Kamera Açısının Doğruluğa Etkisinin Araştırılması. *Geomatik*, 2(3), 135-142.
- [5] Doğan, Y., Başçıftçi, F. (2021). Determination of Karamanoglu Mehmetbey University Buildings by Unmanned Aerial Vehicle UAV. *ISPEC 11th International Conferences on Engineering & Natural Sciences*, Muş.
- [6] Başçıftçi, F., Doğan, Y., Karaağaç, A. (2022). Examining the Types of Unmanned Aerial Vehicles and Their Usage Areas. *Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi*, (20), 120-128.
- [7] Akdeniz H. (2004). Kriz yönetiminde sayısal ortofoto haritaların sağlayabileceği olanaklar. *Jeodezi ve Jeoinformasyon Dergisi*, (91), 13-20.
- [8] Spreckelsa, V., Fischer, C., Schlienkamp, A., & Syrek, L. (2005). Photogrammetric stereoplottling capabilities of Vexcel UltracamD digital aerial imagery. *Red*, 620, 690.
- [9] Remondino, F., Barazzetti, L., Nex, F., Scaioni, M., & Sarazzi, D. (2011). UAV photogrammetry for mapping and 3d modeling—current status and future perspectives. *International archives of the photogrammetry. Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(1), C22.
- [10] Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., & Martínez-Carricondo, P. (2017). Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement*, 98, 221-227.
- [11] Tercan, E. (2018). Karayolu ölçmelerinde insansız hava araçlarının kullanılması: Okurcalar şehir merkezi örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 649-660.