

PPK GNSS Sistemine Sahip İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Fotogrametrik Ürünlerin Doğruluğunun Farklı Yaklaşımlarla İrdelenmesi

Tarık Türk*¹, Taylan ÖCALAN²

¹Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

²Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İnsansız Hava Aracı
Fotogrametri
Post-Processing
Kinematik

ÖZ

Günümüzde, İnsansız Hava Aracı (İHA) fotogrametrisi ile Yer Kontrol Noktası (YKN) kullanılarak yüksek doğrulukta orto-görüntü, nokta bulutu ve Sayısal Yüzey Modeli (SYM) gibi fotogrametrik ürünler üretilebilmektedir. Bununla birlikte, ölçü sonrası veri değerlendirme (Post Processing Kinematic - PPK) ve/veya Gerçek Zamanlı Kinematik (Real Time Kinematic-RTK) konumlama modunda çalışan GNSS alıcı/antenine sahip İHA'lar ile YKN kullanılmadan, doğrudan hassas konum belirleme ile yüksek doğrulukta orto-görüntüler, nokta bulutları ve SYM'ler üretilebilmesi yönünde araştırmalar yapılmaktadır.

Bu çalışmada, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesi sınırları içerisine 9 adet YKN tesis edilip işaretlendikten sonra, 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. Çalışma alanına yakın sabit GNSS istasyonu referans alınarak (görece kısa baz) YKN'siz yapılan değerlendirme sonucunda üretilen orto-görüntünün doğruluğu yatayda 4.5 cm, düşeyde ise 9 cm iken; çalışma alanına uzak SIVS isimli TUSAGA-Aktif GNSS istasyonu referans alınarak (görece uzun baz) YKN'siz yapılan değerlendirme sonucunda ise orto-görüntünün doğruluğu yatayda 9.1 cm, düşeyde 8.9 cm olarak elde edilmiştir. Sonuç olarak, İHA'lar ile yapılan çalışmalarda herhangi bir YKN kullanılmaksızın yüksek doğrulukta (≤ 10 cm) fotogrametrik ürünlerin elde edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, gerçekleştirilecek çalışmanın amacı ve niteliğine uygun olarak, farklı doğruluk seviyelerinde fotogrametrik ürünlerin elde edilmesinde YKN kullanılmadan gerçekleştirilen yaklaşımların potansiyel taşıdığı tespit edilmiştir.

Examining the Accuracy of Photogrammetric Products Obtained by Unmanned Aerial Vehicles having PPK GNSS System with Different Approaches

Keywords

Unmanned Aerial
Vehicle
Photogrammetry
Post-Processing
Kinematic

ABSTRACT

Today, photogrammetric products such as high accurate ortho-images, point clouds and Digital Surface Model (DSM) can be generated by Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry using Ground Control Point (GCP). In addition to this, several researches have been conducted to generate high accurate ortho-images, point clouds and DEMs by UAVs that have GNSS receiver/antenna and run in Post Processing Kinematic (PPK) and/or Real Time Kinematic (RTK) modes without using GCPs .

In this study, after establishing and marking 9 GCPs in the campus of Sivas Cumhuriyet University, a photogrammetric flight was performed by UAV equipped with PPK. Images obtained from this flight were processed by Pix4D, a photogrammetric processing software, following different strategies as: with GCPs and without GCPs. The accuracy of the ortho-image produced using GCPs was obtained as 3.6 cm in horizontal and 5.0 cm in vertical. Since the accuracy of the ortho-image produced from the without GCPs strategy by considering the permanent GNSS station located close to the study area as reference (relatively short baseline), was computed as 4.5 cm horizontally and 9.0 cm vertically, the accuracy of the ortho-image produced from the same strategy by using CORS-TR GNSS station far away from the study area, namely SIVS, as reference (relatively long baseline) was computed as 9.1 cm horizontally and 8.9 cm vertically. As a result, whether obtaining high accurate (≤ 10 cm) photogrammetric products without using GCPs for the studies conducted by UAVs or not was examined. Considering the outcomes, the approaches covering the without using the GCP strategy have potential for obtaining photogrammetric products with different-level accuracies which are proper to the aim and quality of the study.

*Sorumlu Yazar

*(tarikturk@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0002 - 2671 - 7590
(tocalan@yildiz.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0003 - 0861 - 013X

Araştırma Makalesi / DOI: XXXXXXXXXXXX

Kaynak Göster:

TÜRK, T., 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.

Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tufod/issue/53476/693407>
Geliş Tarihi: 24/02/2020; Kabul Tarihi: 08/03/2020

1. GİRİŞ

İnsansız Hava Aracı (İHA) sistemleri her geçen gün hızlı bir şekilde gelişmekte, bu kapsamda İHA-fotogrametrisi klasik fotogrametri ile uzaktan algılama yöntemlerine önemli bir alternatif haline gelmektedir. Bu sistemler, yalnız fotogrametrik ve uzaktan algılama uygulamalarında değil, tarımsal ve çevresel uygulamalar (Zarco-Tejada, vd., 2012), istihbarat, takip ve keşif görevleri (Molina, vd., 2012), havadan gözlemlene (Merz and Chapman, 2011), kültürel miras (Rinaudo, vd., 2012), geleneksel haritalama ve geomatik (Seki vd., 2017; Ulvi, 2018; Yılmaz vd., 2018), fotogrametrik kadaströ uygulamaları (Manyoky, vd., 2011) gibi farklı alanlarda da etkin biçimde kullanılmaktadır (Birdal vd., 2016; Birdal vd., 2017). Dünya'nın birçok ülkesinde bu sistemlerin yaygın olarak kullanımına yönelik hukuki ve teknik altyapılar hazırlanmaktadır. Bu kapsamda, ülkemizde de 26 Haziran 2018 tarihinde Resmi Gazete'de yayınlanarak yürürlüğe giren güncellenen Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği'nin 45. maddesi uyarınca Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü (TKGM) ile Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü (MAPEG) tarafından kullanılacak haritaların İHA Sistemleri ile üretimine ve kontrol edilmesine yönelik mevzuatlar yayınlanmıştır.



Şekil 1. İHA türleri (Birdal, 2016'dan uyarlanmıştır)

İHA sistemleri; genel olarak insansız hava platformları, yer istasyonları ve iletişim bağlantılarından oluşmaktadır. Bunlar, İHA sistemlerinin temel bileşenleri olarak kabul edilirler. İHA sistemleri uygulamalarında elde edilen görüntülerin coğrafi konumlandırma işlemine tabi tutulması gerekmektedir. Bu işlem, dolaylı olarak Yer Kontrol Noktalarının (YKN) (D'oleire-Oltmanns vd., 2012; Birdal, 2016) kullanımıyla ya da doğrudan konum belirleme sistemi yardımıyla (Turner vd., 2014; Nagai vd., 2009; Zhang vd., 2019; Tomaštk vd., 2019) gerçekleştirilebilmektedir. Orto-görüntülerin üretiminde YKN kullanımının zaman, maliyet ve

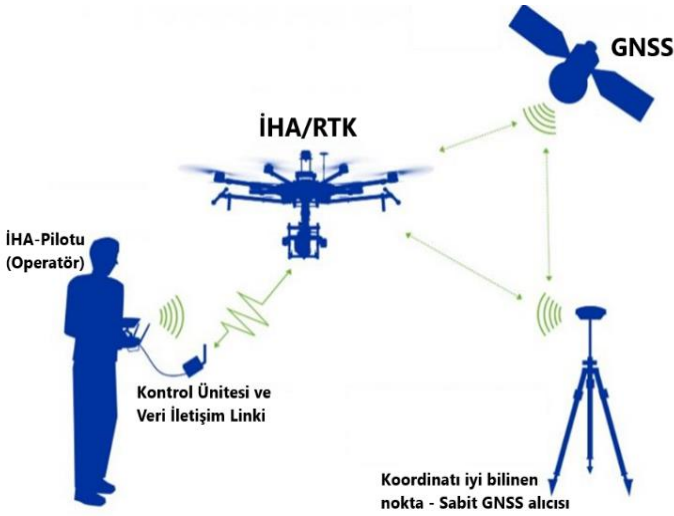
işgücü gibi ölçütler açısından olumsuz bir unsur olması ve tam anlamıyla gerçek-zamanlı elde edilememesi, doğrudan konum belirlemeye yönelik bir eğilim oluşmasını sağlamıştır (Eling vd., 2014). Bu nedenle İHA sistemlerinden elde edilen görüntülerin coğrafi konumlandırma işlemi, İHA'daki GNSS alıcısı/anteni teknik özelliklerine bağlı olarak PPK ve/veya RTK konumlama özelliklerinde olabilmektedir. İHA sistemlerinin gerçek zamanlı coğrafi konumlandırılmasında kullanılan Gerçek Zamanlı Kinematik (Real-Time Kinematic-RTK) ölçme tekniği, aynı zamanda uçuşta toplanan kinematik ham GNSS verisinin Ölçüm Sonrası Kinematik Değerlendirme (Post Processing Kinematic-PPK) tekniğiyle de analizine imkan tanıyarak, GNSS ile konumlamada bütünsel olarak sağlamaktadır. İHA'larda bu yöntemin kullanılması ile doğruluk, zaman, maliyet ve işgücü açısından en uygun sonuçlar elde edilebilmektedir.

Örneğin tek frekanslı kod (pseudorange) ölçülerinin kullanıldığı temel diferansiyel GNSS (DGNSS) tekniğinde birkaç desimetre civarında bir konum doğruluğu elde edilirken, çift frekans ve taşıyıcı faz (carrier phase) ölçülerinin kullanıldığı gerçek zamanlı kinematik (RTK) tekniklerde ise santimetre seviyesinde konum doğruluğu elde edilebilmektedir (Öcalan, 2015). Bu yönüyle klasik-RTK ve ağ-RTK teknikleri gerçek zamanlı jeodezik çalışmalarda kullanıcılar için vazgeçilmez olmuştur (Rizos vd., 2012). Bu durum son onbeş yıldır birçok devlet, organizasyon ve ticari kuruluş tarafından RTK kullanıcılarını desteklemek amacıyla CORS (Continuously Operating Reference Stations) olarak adlandırılan ve aktif olarak çalışan sabit GNSS referans istasyonu ağlarının kurulmasına ve ağ-RTK tekniğinin farklı matematiksel düzeltme modellerinin (VRS, FKP, MAC, PRS) geliştirilmesine katkıda bulunmuştur (Öcalan, 2015). Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde sayıları giderek artan bu ağların kullanımının yaygınlaşması tüm RTK kullanıcılarına önemli faydalar sunmaktadır. GNSS uygulamalarına yeni bir anlayış getiren, veri aktarım ve iletişim donanımlarının tümüyle gerçek zamanda, anlık ya da tanımlı küçük gecikme zaman dilimlerinde tüm kullanıcılara hizmet verecek şekilde düzeltme verilerini yayınlayan CORS ağları, genellikle ulusal ya da yerel ölçekte faaliyet göstermektedir (Öcalan, 2015). Türkiye'de ise kısaca TUSAGA-Aktif ismiyle anılan ve Ağ-RTK ilkesine göre çalışan CORS sistemi gerçek zamanlı GNSS uygulamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.1. Gerçek Zamanlı Kinematik (RTK) Yöntem

GNSS'e dayalı yüksek doğrulukta gerçek zamanlı konum belirleme uygulamaları temel olarak çift/çoklu frekans GNSS alıcıları kullanılarak, taşıyıcı faz (carrier phase) ölçüleri ile gerçekleştirilmektedir (Kahveci vd., 2011). RTK yöntemi temel olarak klasik-RTK ve ağ-RTK (CORS tekniği) olarak ikiye ayrılmaktadır. İHA ile gerçekleştirilen RTK tabanlı

uygulamalar genel anlamda görece kısa baz uzunluğu kullanımı amaçlı klasik-RTK ile yapılmaktadır. Çalışma alanı içerisinde yada yakınında koordinatı iyi bilinen bir referans noktasına (base) kurulan sabit GNSS alıcısı, veri iletişim bağlantısı aracılığıyla İHA sistemindeki alıcıya düzeltme verisi göndermektedir. Böylece kinematik hareket sağlayan İHA sisteminin gerçek zamanda cm düzeyindeki konumu belirlenebilmektedir. Çalışmada kullanılan sabit nokta aynı zamanda İHA'dan elde edilecek fotogrametrik ürünlerin datum tanımında da kullanılmaktadır. Şekil-2 temsili olarak İHA/RTK sisteminin kullanımını göstermektedir.



Şekil 2. RTK GNSS alıcı/anten özelliğine sahip İHA'ların temel çalışma ilkesi (URL 1)

1.2. Ölçüm Sonrası Kinematik (PPK) Değerlendirme Yöntemi

GNSS literatüründe “post-processing” terimi, GNSS gözlemlerinin elde edilmesinden sonra farklı nitelikteki yazılımlarla (ticari, bilimsel, web tabanlı vb.) büro ortamında ölçme verisinin değerlendirilmesi ve analizi işlemi olarak tanımlanırken, bu terim İHA sistemleri uygulamalarında kinematik uçuş GNSS verisinin büroda analizini ifade etmekte ve kısaca PPK olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntemde de aynı RTK uygulamalarına benzer şekilde çalışma alanı içerisinde yada yakınında koordinatı iyi bilinen bir referans noktasına (base) sabit GNSS alıcısı kurulmaktadır. Sabit alıcı statik gözlem yaparken, İHA üzerindeki alıcı kinematik gözlem yapmaktadır. Daha sonra İHA ile elde edilen kinematik GNSS verisi, bağıl (rölatif) konumlama ilkesine dayalı olarak sabit nokta koordinatına dayalı olarak epok epok analiz edilmektedir. PPK yöntemi bu bağlamda kısaca İHA ile kinematik GNSS gözlemlerinin toplanması ve bu gözlemlerin daha sonra büroda farklı nitelikteki

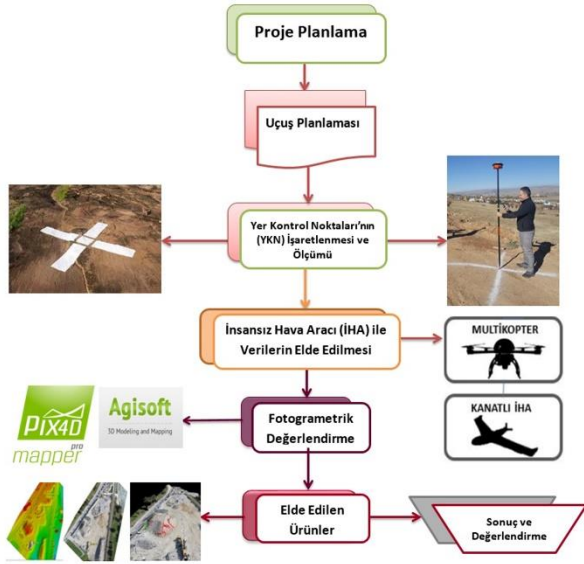
yazılımlar ile değerlendirilerek, yüksek doğrulukta baz bileşenlerinin ve/veya nokta koordinatlarının elde edilmesidir (Kahveci vd., 2011). Sonuç olarak PPK yöntemi ile ölçü sonrası İHA sistemi ile elde edilen görüntülerin coğrafi konumlandırma işlemi hassas olarak sağlanmaktadır.

Tablo 1. Gerçek zamanlı kinematik (RTK) yöntem ve ölçüm sonrası kinematik değerlendirme (PPK) yöntemleri arasındaki temel farklar (Kahveci vd., 2011'den uyarlanmıştır)

Gerçek Zamanlı Hesaplama (RTK)	Büroda Analiz ve Hesaplama (Post-Processing)
Ölçüm sırasında yakın gerçek zamanlı olarak hassas konum belirleme olanaklıdır.	Ölçüm bittikten belirli bir süre sonra istenilen hassas konum belirlenebilir.
Özellikle tek epok ölçülerde kontrollü ve güvenilir sonuç sorunu söz konusu olup, referans istasyondan uzaklaşıldıkça düzeltme hatası artar ve konum doğruluğu düşer.	Kontrollü ve güvenilir yüksek doğruluk elde etmek olanaklıdır. Hassas atmosferik modelleme, iterasyonlu çözüm, hesaplama yöntemi (L1, L2, L3 vb.) seçimi, ağı dengelemesi yapılır. Veri değerlendirme ve analizinde farklı stratejiler kullanılabilir.
Yeterli sıklıkta referans istasyonu/istasyonları yoksa düzeltme almada sorunlar yaşanabilir. Klasik-RTK'da en yakın referans istasyonu verileri kullanılır. Ağ-RTK'da kullanılan matematiksel düzeltme modeli önemlidir.	Hesaplamalarda tek yada çok sayıda referans istasyonu verileri temin edilip, kullanılabilir.
Datum belirleme önemlidir. Dikkat edilmelidir.	Datum belirleme kontrollü olarak etkin şekilde sağlanır.
Hesaplamalar için ayrıca post-process yazılımı gerekmez.	Hesaplamalar için post-process yazılımı gereklidir.

2. KULLANILAN VERİLER VE YÖNTEM

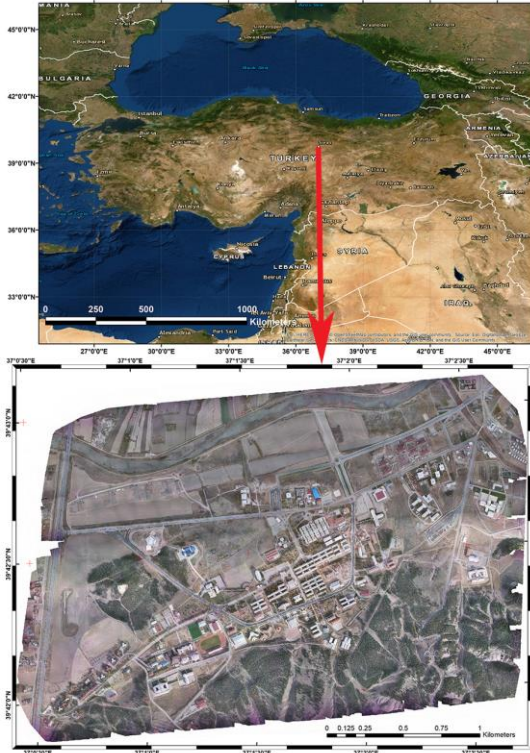
Gerçekleştirilen bu çalışmada, İHA' lardan elde edilen verilerle üretilen Sayısal Yüzey Modeli (SYM), nokta bulutu ve orto-görüntü gibi fotogrametrik ürünlerin, farklı disiplinler yada disiplinlerarası çalışmalarda yüksek doğruluk gerektiren uygulamalar (≤ 10 cm) için kullanılabilirliği, kısa ve uzun baz PPK konumlama modu analizleri ile YKN'li ve YKN'siz yaklaşımlarla araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma kapsamında izlenen işlem adımları Şekil 3'de gösterilmektedir.



Şekil 3. İHA fotogrametrisinde izlenen temel işlem adımları

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada Sivas Cumhuriyet Üniversitesi yerleşkesi uygulama alanı olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Bu alan yaklaşık olarak 600 hektar civarındadır.



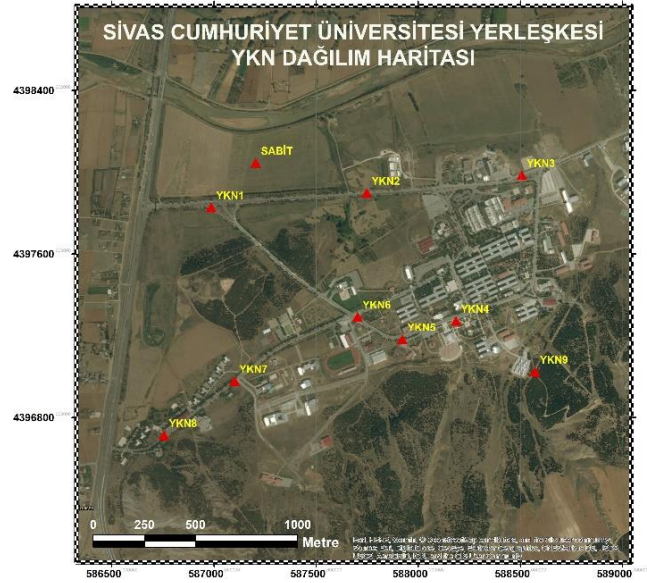
Şekil 4. Çalışma alanı: Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Yerleşkesi

2.2. Arazi Çalışması ve Verilerin Elde Edilmesi

Çalışmada ilk olarak proje planlaması yapılmıştır. Bu kapsamda öncelikle çalışma alanına

mümkün olduğunca homojen olarak dağılacak şekilde 9 adet YKN tesis edilmiştir (Şekil 5). Ardından bu YKN'lerin zemin işaretlemeleri yapılarak görüntü üzerinden kolaylıkla belirlenebilmeleri sağlanmıştır. Tesis edilen tüm YKN'lerin konumu TUSAGA-Aktif (CORS-TR) sisteminden faydalanarak GNSS ağ-RTK VRS yöntemiyle gerçek zamanlı olarak elde edilmiştir. Elde edilen konum bilgileri Tablo 2'de verilmektedir.

Şekil 5. Çalışma bölgesi için YKN dağılım haritası



Tablo 2. YKN ve sabit istasyon noktalarının konum bilgileri

Datum: ITRF96 Epok:2005.000			
Dilim Genişliği: 3° Dilim Orta Meridyeni: 36°			
Nokta No	Yukarı-x (m)	Sağa-y (m)	Elipsoidal Yük.- h (m)
SABİT	4398021.562	587209.921	1289.331
YKN1	4397827.752	586986.888	1290.294
YKN2	4397898.062	587748.485	1292.221
YKN3	4397985.635	588507.865	1296.539
YKN4	4397272.510	588185.067	1314.208
YKN5	4397182.466	587922.730	1310.521
YKN6	4397292.382	587703.997	1300.111
YKN7	4396978.497	587100.978	1298.228
YKN8	4396713.017	586755.950	1295.922
YKN9	4397023.840	588572.293	1329.401

Çalışma alanında gerçekleştirilen uçuş 3.37 cm Yer Örnekleme Aralığı (YÖA-GSD), % 80 boyuna bindirme oranı, % 60 enine bindirme oranı olacak şekilde planlanmış ve tek bir uçuş ile toplam 1170 adet görüntü elde edilmiştir.

Çalışma kapsamında kullanılan İHA sistemi marka/modeli C-Astral Bramor PPX'dir. Bu sisteme ait teknik bilgiler aşağıda sunulmuştur.

PPK Modülü
24.3 MP çözünürlüklü RGB kamera (6000 x 4000 piksel)
3,5 saat havada kalma süresi
150 km teknik menzil
Maksimum hız 23m/sn
15 m/s kadar rüzgara dayanımlı
Kalkış ağırlığı yaklaşık 4 kg
Bütünleştirilmiş IMU sistemi
Güçlendirilmiş karbon yapı ve dayanıklı kompozit gövde
Kolay kurulum ve hızlı göreve başlama
%100 otonom
Fırlatma rampası ile güvenli kalkış
Paraşüt ile güvenli iniş
Çalışma sıcaklığı -25°C / +40°

2.3. Verilerin Değerlendirilmesi ve Analizi

Arazi çalışmalarından elde edilen görüntülerin değerlendirilmesinde Pix4D Mapper Pro 4.3.33 fotogrametrik değerlendirme yazılımı kullanılmıştır. Değerlendirme yapılırken aşağıda belirtilen iki yaklaşım uygulanmıştır.

- YKN'ler kullanılarak fotogrametrik değerlendirme
- YKN'ler kullanılmadan fotogrametrik değerlendirme
 - Çalışma alanı içerisine tesis edilen sabit referans noktası kullanılarak (kısa baz) PPK çözümü
 - TUSAGA-Aktif SIVS sabit referans istasyonu kullanılarak (uzun baz) PPK çözümü

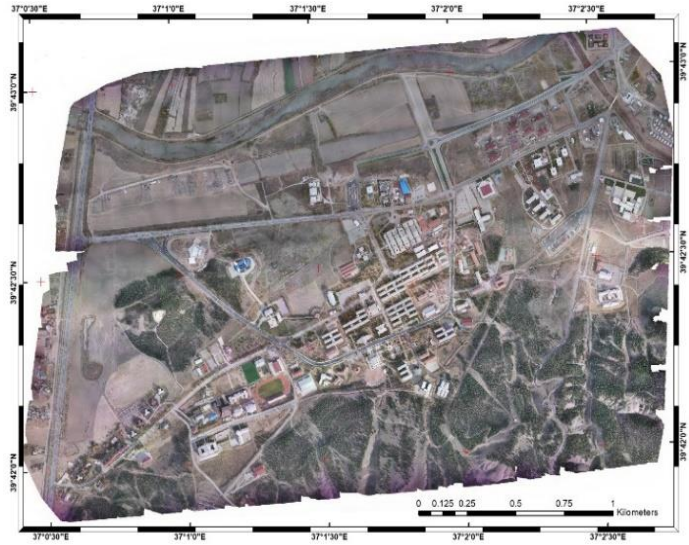
YKN'ler kullanılarak yapılan değerlendirme esnasında standart İHA fotogrametrisi işlem adımları uygulanmıştır. YKN'ler kullanılmadan yapılan değerlendirmede ise İHA'dan elde edilen kinematik gözlem verileri ile çalışma alanındaki sabit istasyon statik gözlem verisi referans alınarak (kısa baz) PPK çözümü gerçekleştirilmiştir. Kısa baz çözümünde kullanılan referans istasyonu statik verisi uçuş süresine eşit nitelikte yaklaşık 70 dakikalık gözlem bilgilerini içermektedir. Daha sonra ise İHA'dan elde edilen kinematik verilerle Sivas il sınırı içerisinde yer alan SIVS isimli TUSAGA-Aktif istasyonu referans alınarak (uzun baz) PPK çözümü gerçekleştirilmiştir. Bu çözüm için uçuş süresini kapsayan 24 saat ve 1 sn aralıklı RINEX formatındaki SIVS istasyonu statik gözlem verisi kullanılmıştır. Yapılan kısa ve uzun baz PPK çözümleri için IGS final (sp3) uydu yörünge bilgileri kullanılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yukarıda belirtilen her iki yaklaşımın fotogrametrik değerlendirme yazılımında uygulanmasıyla çalışma alanına ait nokta bulutu, SYM (DSM) ve orto-görüntü (Şekil 6) elde edilmiştir.

İki farklı yaklaşımın uygulanması sonucunda elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri Tablo 3'de sunulmaktadır.

Şekil 6. Sivas Cumhuriyet Üniversitesi yerleşkesine ait orto-görüntü



Tablo 3. Değerlendirme türüne göre elde edilen karesel ortalama hata (RMSE) değerleri

Değerlendirme Türü	RMSE (Yatay) (cm)	RMSE (Düşey) (cm)
YKN kullanılarak	3.6	5.0
YKN'siz (Kısa Baz Çözümü)	4.5	9.0
YKN'siz (Uzun Baz Çözümü) SIVS noktasına dayalı	9.1	8.9

Elde edilen RMSE değerleri literatürde yapılan benzer çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Tomaştık vd. (2019) tarafından 300 metre yükseklik farkının bulunduğu ve bitki örtüsünün orman olduğu çalışma alanında farklı stratejilerle uçuş yapılmıştır. Bu çalışmada YKN (4 ve 9 adet olmak üzere iki farklı yaklaşım) kullanılarak ve YKN kullanılmadan (PPK yöntemiyle) üretilen ortogörüntü ve Sayısal Yüzey Modeli (YM) gibi ürünlerin arazide belirlenen kontrol noktalarıyla (check point) karşılaştırılması sonucunda RMSE değerleri elde edilmiştir. 9 YKN kullanılarak elde edilen RMSE değerleri yatayda 8 cm ile 20 cm arasında iken, düşeyde 16 cm ile 62 cm

arasındadır. YKN kullanılmadan (PPK yöntemiyle) elde edilen RMSE değerlerine bakıldığında ise, yatayda 6 cm ile 9 cm arasında değişmekte iken düşeyde 8 cm ile 15 cm arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu makale kapsamında elde edilen RMSE değerleri ile söz konusu çalışmada elde edilen değerler karşılaştırıldığında; 9 YKN kullanarak elde edilen sonuçlarda hem yatayda hem de düşeyde çalışmamızın daha doğru sonuç verdiği, PPK çözümüyle (YKN siz) edilen sonuçlarda ise yaklaşık benzer sonuçların çıktığı görülmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden biri olarak literatürdeki çalışmanın ormanlık alanda gerçekleştirilmesi gösterilebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Kullanım ve uygulama alanı giderek artan GNSS teknolojisinde hassas ve yüksek doğrulukta konum bilgisinin elde edilmesi için geleneksel olarak bağıl konum belirleme tekniklerinin kullanıldığı bilinmektedir. Günümüzde mutlak anlamda yüksek doğruluk sağlayan GNSS-PPP (Precise Point Positioning) gibi alternatif konum belirleme teknikleri geliştirilse de, bağıl konumlamaya dayalı İHA uygulamaları geomatik/harita disiplini çalışmalarında etkinliğini sürdürmektedir.

Buna karşın önümüzdeki süreçte İHA uygulamalarında mutlak anlamda doğrudan konumlandırma yönteminin; kullanıcılar için zaman, maliyet, doğruluk ve işgücü gibi ölçütler dikkate alındığında sağladığı faydalar açısından ön plana çıkarak giderek yaygınlaşacağı da öngörülmektedir.

Bu kapsamda gerçekleştirilen bu çalışmada GNSS konumlama teknikleri açısından gelişim dinamikleri vurgulanarak, özelinde İHA-fotogrametrisi bağlamında elde edilecek ürün doğrulukları için YKN'li ve YKN'siz çözümler karşılaştırılmıştır. Geleneksel klasik fotogrametrik kıymetlendirme uygulamalarında gerek datum tanımı, gerekse ürün doğrulukları açısından YKN kullanımı ve bunların doğruluğu hiç kuşkusuz son derece önemlidir. İHA sistemlerinin etkin kullanımıyla yaygınlaşan İHA-fotogrametrisi uygulamalarında da şüphesiz YKN kullanımı en uygun çözümler için kritik öneme sahiptir ve gereklidir. Ancak gelişen ve değişen teknoloji, GNSS konum belirlemedeki yenilikler, uygulamanın niteliği ve elde edilecek ürünlerin doğruluğu açısından kullanıcılara alternatifler yaratmaktadır.

Bu nedenle bu çalışmada YKN'lere gereksinim duyulmadan doğrudan konumlandırma ile yüksek doğrulukta (≤ 10 cm) fotogrametrik ürünlerin elde edilmesindeki yaklaşımlar test edilerek araştırılmış ve sunulmuştur. Bulgular göstermiştir ki; İHA sistemleri ile YKN kullanmaksızın tarım, ormancılık vb. çalışmalarda gereksinim duyulan en uygun doğrulukta fotogrametrik ürünler bu yaklaşımla elde edilebilir. Ancak jeodezik nitelikteki yüksek

doğruluk gerektiren temel çalışmalar için üretilen fotogrametrik ürünler için YKN'li yaklaşımların kullanımı hala kaçınılmaz ve gereklidir.

BİLGİLENDİRME

Bu çalışma, 25-27 Nisan 2019 tarihleri arasında Aksaray'da düzenlenen Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği (TUFUAB) 10. Teknik Sempozyumu'nda sunulmuştur.

KAYNAKÇA

- Birdal AC. 2016. Determination of Tree Heights Using Unmanned Air Vehicles, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Ana Bilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir.
- Birdal, A. C., Avdan, U., & Türk, T. (2017). Estimating tree heights with images from an unmanned aerial vehicle. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 8(2), 1144-1156.
- D'Oleire-Oltmanns S., Marzloff I., Peter KD., Ries JB. 2012. Unmanned aerial vehicle (UAV) for monitoring soil erosion in Morocco. *Remote Sens.* 4, 3390-3416.
- Eling, C, Klingbeil, L., Kuhlmann, H., 2014. Development of an RTK-GPS system for precise real-time positioning of lightweight UAVs, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 52, 5.
- Manyoky M., Theiler P., Steudler D., Eisenbeiss H., 2011. Unmanned aerial vehicle in cadastral applications, *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XXXVIII-1/C22, 57-62.
- Merz T., Chapman S. 2011. Autonomous unmanned helicopter system for remote sensing missions in unknown environments. *ISPRS, Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inform. Sci.* XXXVIII-1/C22, 277-282.
- Molina P., Pares M., Colomina I., Vitoria T., Silva P., Skaloud J., Kornus W., Prades R., Aguilera C., 2012. Drones to the Rescue! Unmanned aerial search missions based on thermal imaging and reliable navigation. *InsideGNSS* 7, 36-47
- Rinaudo F., Chiabrando F., Lingua A., Spanò AT., 2012. Archaeological site monitoring: UAV photogrammetry can be an answer. *International Archives Of The Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXIX n. B5, 583-588.
- Rizos, C., Janssen, V., Roberts, C. ve Grinter, T., 2012. FIG Working Week 2012 "Precise Point Positioning: Is the Era of Differential GNSS Positioning Drawing to an End?", Rome, Italy, (6-10 May 2012)
- Kahveci, M., Karagöz, H., Selbesoğlu, M.,O., 2011, Statik ve RTK GNSS Ölçüm ve Hesaplamalarının Karşılaştırılması, hkm Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2011/1, Sayı 104.
- URL 1, 2019. RTK/PPK konumlama modu özelliğine sahip İHA'ların temel çalışma ilkesi

- <https://www.heliguy.com/blog/2019/01/24/i-s-rtk-the-future-of-drone-mapping/>
- Nagai, M., Chen, T., Shibasaki, R., Kumagai, H., Ahmed, A., 2009. UAV-borne 3-D mapping system by multisensor integration, *IEEE Trans Geosci Remote Sens*, 47, 701–708.
- Öcalan, T., 2015. GNSS Ağlarında GPS Hassas Nokta Konumlama (GPS-PPP) Tekniği Yaklaşımli Çözümler, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, İstanbul.
- Seki, M , Tiryakioğlu, İ , Uysal, M., (2017). Farklı Veri Toplama Yöntemleriyle Yapılan Hacim Hesaplarının Karşılaştırılması. *Geomatik* , 2 (2) , 106-111 . DOI: 10.29128/geomatik.322901
- Tomaščík, J., Mokroš, M., Surový, P., Grznárová, A., Merganič, J., 2019. UAV RTK/PPK Method—An Optimal Solution for Mapping Inaccessible Forested Areas? *Remote Sens.* , 11, 721.
- Turner D, Lucieer A, Wallace L. 2014. Direct Georeferencing of Ultrahigh-Resolution UAV Imagery. *IEEE Transactions On Geoscience and Remote Sensing*, 52, 2738–2745.
- Ulvi, A., (2018). Analysis of the Utility Of The Unmanned Aerial Vehicle (UAV) in Volume Calculation by Using Photogrammetric Techniques. *International Journal of Engineering and Geosciences* , 3 (2) , 43-49 . DOI: 10.26833/ijeg.377080
- Yılmaz, H , Mutluoğlu, Ö , Ulvi, A , Yaman, A, Bilgilioğlu, S., (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi Ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneği. *Geomatik* , 3 (2) , 129-136 . DOI: 10.29128/geomatik.369553
- Zarco-Tejada PJ., 2012. González-Dugo V., Berni JAJ. Fluorescence, temperature and narrow-band indices acquired from a UAV platform for water stress detection using a micro-hyperspectral imager and a thermal camera, *Remote Sensing of Environment*, 117, 322-337.
- Zhang, H., Aldana-Jague, E., Clapuyt, F., Wilken, F., Vanacker, V., and Van Oost, K., 2019. Evaluating the potential of post-processing kinematic (PPK) georeferencing for UAV-based structure-from-motion (SfM) photogrammetry and surface change detection, *Earth Surf. Dynam.*, 7, 807–827, <https://doi.org/10.5194/esurf-7-807-2019>