

## İHA fotogrametrisi konum doğruluğuna kamera odak uzaklığı etkisinin incelenmesi

Ahmet Erdem Can Hastaoğlu<sup>1</sup>, Kemal Özgür Hastaoğlu<sup>\*2</sup>, Fatih Poyraz<sup>2</sup>, Yavuz Gül<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Geomine ARGE Yazılım Müh. Ltd. Şti., Cumhuriyet Teknokent, Sivas, Türkiye

<sup>2</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

<sup>3</sup>Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

İHA  
Fotogrametri  
Doğruluk  
Odak Uzaklığı

### ÖZ

Son yıllarda İHA fotogrametri yöntemi Harita Mühendisliği alanında oldukça yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. İHA fotogrametri ürünlerine ait konum doğruluklarını etkileyen birçok parametre bulunmaktadır. Bunların başında ise Yer Örnekleme Aralığı (YÖA) gelmektedir. YÖA arttıkça konum doğruluğu da düşmektedir. YÖA ise uçuş yüksekliği ve odak uzaklığına bağlı olarak değişmektedir. Gerçekleştirilen bu çalışmada odak uzaklığı değeri değiştirilmesiyile oluşan YÖA artışının konum doğruluğuna etkisi incelenmiştir. Bu amaçla aynı çalışma sahasında uçuş yüksekliği sabit tutularak odak uzaklığı değiştirilmiş ve aynı hava koşullarında uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Yaklaşık 15 ha'lık bir alanda 9 adet Yer Kontrol Noktası (YKN) ve 7 adet de Denetleme Noktası (DN) tesis edilmiştir. Dört farklı uçuşta odak uzaklığı sırası ile 16 mm, 20mm, 24 mm ve 35 mm olarak ayarlanmıştır. Fotogrametrik değerlendirmeler sonucunda her bir odak uzaklığı için Kontrol Noktalarına ait Karesel Ortalama Hata (KOH) değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda 35 mm yerine 16 mm, 20 mm ve 24 mm odak uzaklığı kullanıldığında sırasıyla YÖA %106, %66 ve %43 artmasına rağmen konum doğruluğunda 20 mm ve 24 mm için  $\pm 10$ 'lik değişim gözlenirken 16 mm için %122'lik bir değişim gözlenmiştir. Sonuç olarak Odak uzaklığı 20mm'den daha küçük olduğunda konum doğruluğunda dramatik bir düşüş gözlenmiştir.

## Investigation of camera focal length effect on UAV photogrammetry position accuracy

### Keywords

UAV  
Photogrammetry  
Accuracy  
Focal Length

### ABSTRACT

In recent years, the UAV photogrammetry method has been used widely in the field of Geomatics Engineering. There are many parameters that affect the location accuracy of UAV photogrammetry products. The most important of these is ground sample distance (GSD). The higher the GSD, the lower the position accuracy. GSD changes depending on the flight altitude, camera pixel size and focal length. In this study, the effect of the increase in GSD caused by changing the focal length value on the position accuracy was investigated. For this purpose, the focal length was changed by keeping the flight height and camera pixel size constant in the same study area, and flights were carried out under the same weather conditions. 9 Ground Control Points (GCP) and 7 Control Points (CP) have been established in an area of approximately 15 ha. In four different flights, the focal length is set to 16mm, 20mm, 24mm and 35mm, respectively. As a result of the photogrammetric evaluations, the RMS values of the Control Points for each focal length were obtained. Using 16mm, 20mm, and 24mm focal lengths instead of 35mm increased GSD 106%, 66% and 43% respectively. On the other hand, while there was a  $\pm 10\%$  change in position accuracy for 20 mm and 24 mm, a 122% change was observed for 16 mm. As a result, when the focal length is smaller than 20mm, a dramatic decrease in position accuracy has been observed.

### \*Sorumlu Yazar

(erdemca35@gmail.com) ORCID ID 0000 - 0002 - 4483 - 933X  
\*(khastaoglu@cumhuriyet.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0002 - 5077 - 5889  
(fpoyraz@cumhuriyet.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0001 - 9471 - 7261  
(ygul@cumhuriyet.edu.tr) ORCID ID 0000 - 0002 - 2969 - 577X

### Kaynak Göster:

Hastaoglu A E C, Hastaoglu K O, Poyraz F & Gul Y (2021). İHA fotogrametrisi konum doğruluğuna kamera odak uzaklığı etkisinin incelenmesi. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(1), 22-28

## 1. GİRİŞ

Hava fotogrametrisi, belirli bir yükseklikten hava araçları yardımıyla elde edilen fotoğrafları kullanan fotogrametri tekniği olup ihtiyaca bağlı haritalamada yaygın bir yöntem olarak kullanılmaktadır (Toprak, 2014).

Gelişen teknoloji ile birlikte İHA' lar, başta askeri uygulamalar olmak üzere, arkeolojik alan incelemesi, meteorolojik ve jeolojik araştırmalar, doğal afet yönetimi, ulusal veya uluslararası sınır devriyesi, orman yangını tespiti, yeryüzünün haritalanması vb. gibi alanlarda etkin ve verimli bir şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Okuyama ve ark., 2005; Ollero ve Merino, 2006; Xiang ve Tian, 2011; Mozas-Calvache ve ark., 2012; Niethammer ve ark., 2012; Gül, 2019; Hastaoğlu ve ark. 2019).

İHA fotogrametrisinde konum doğruluğunu etkileyen birçok faktör bulunmaktadır. Bunlar şu şekilde özetlenebilir; uçuş yüksekliği, kamera ayarları, meteorolojik koşullar, uçuş planı, yer kontrol noktalarının dizaynı. Özellikle YKN dizaynı ve doğrudan georeferans yapan sistemlerin doğruluğu nasıl etkilediğinin araştırılması ile ilgili birçok araştırma gerçekleştirilmiştir. (Ruzgienė ve ark., 2015; Agüera-Vega ve ark., 2017; Kapıcıoğlu ve ark., 2018; Rabah ve ark., 2018; Sanz-Ablanedo ve ark., 2018; Forlani ve ark., 2018; Ferrer-González ve ark., 2020; Oniga ve ark., 2020). Bunun yansısı yine meteorolojik koşulların İHA fotogrametri koşullarını nasıl etkilediği ile ilgili çalışmalarda gerçekleştirilmiştir (LaFay, 2015; Corporation, 2018; Sarı, 2017).

İHA fotogrametri konum doğruluğu ile YÖA arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. YÖA ile konum doğruluğu arasındaki ilişki birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir (Domingo ve ark., 2019; Marre ve ark., 2019; Stöcker ve ark., 2019). YÖA artışı İHA fotogrametri konum doğruluğunu direkt etkilemektedir. YÖA ise uçuş yüksekliği ve odak uzaklığına bağlı olarak değişmektedir.

Bu çalışmada YÖA' nı değiştiren uçuş yüksekliği sabit tutularak odak uzaklığı değerleri değiştirilmiş ve farklı YÖA sahip uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Farklı odak uzaklığı değerlerine bağlı olarak değişen YÖA değerlerinin İHA fotogrametri konum doğruluğunu nasıl etkilediği incelenmiştir. Bu incelemeyi gerçekleştirebilmek için İHA uçuşları aynı gün ve saatte, aynı meteorolojik koşullarda, aynı İHA ve kamera kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma esnasında kullanılan objektifin odak uzaklığı değeri sırası ile 16 mm, 20mm, 24 mm ve 35 mm olarak ayarlanmış ve uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Uçuşlar neticesinde elde edilen fotoğraflar fotogrametrik değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

Fotogrametrik değerlendirme aşamasında çalışma sahasında daha önceden tesis edilen DN' lere ilişkin KOH değerleri hesaplanmış ve bu KOH değerleri yorumlanarak odak uzaklığı ile İHA fotogrametri konum doğruluğu arasındaki ilişki ayrıntılı olarak incelenmiştir.

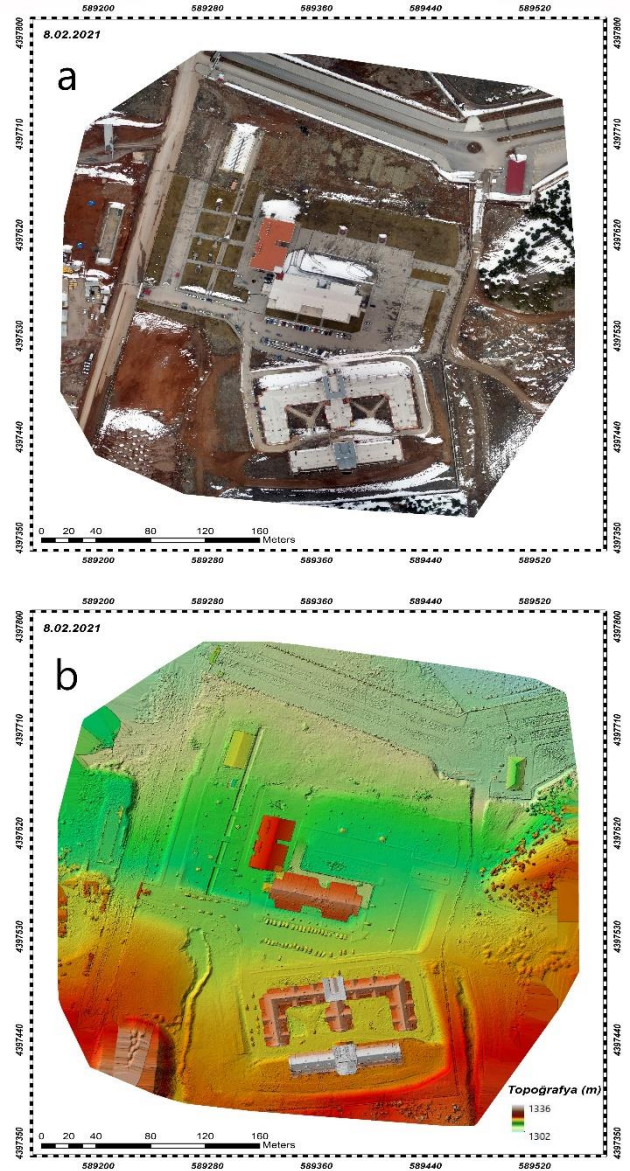
## 2. YÖNTEM

İHA fotogrametrisinde kamera odak uzaklığının konum doğruluğuna etkisini incelemek için aynı çalışma

sahasında, aynı YKN ve DN' ler kullanılarak aynı uçuş yüksekliğinde, aynı meteorolojik koşullarda aynı kamera kullanılarak uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlarda sadece kamera odak uzaklığı değiştirilmiştir. Haliyle kamera odak uzaklığına bağlı olarak uçuşlara ait YÖA değerleri de değişmiştir. Gerçekleştirilen uçuşlar neticesinde her bir uçuş için DN noktalarına ait KOH değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar YÖA ile karşılaştırılarak analizler yapılmıştır.

### 2.1. Çalışma Sahası

Çalışma sahası olarak Sivas Cumhuriyet Teknokent alanı seçilmiştir. Şekil 1' de çalışma sahasına ait ortofoto görüntü ve sayısal yükseklik modeli verilmektedir. Çalışma sahası yaklaşık 15hektarlık bir alandır.



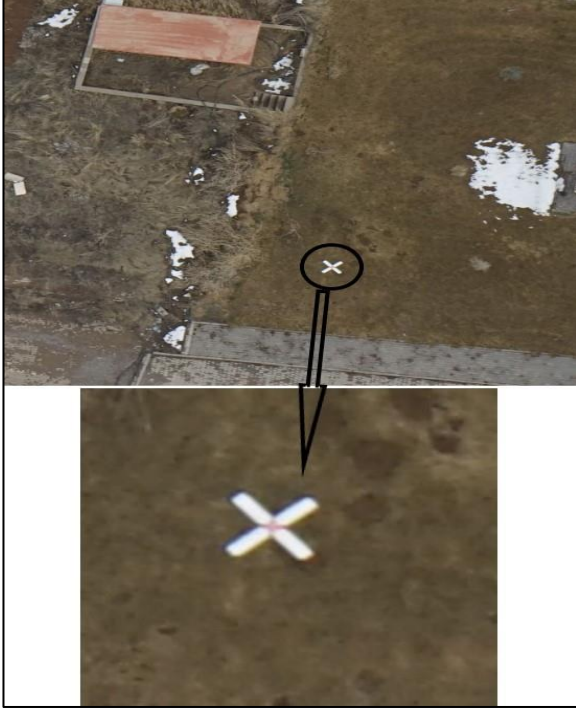
Şekil 1. a) Çalışma sahası ortofoto görüntü b) Çalışma sahası SYM

### 2.2. YKN ve DN Tesis Ölçü

Çalışma sahasında 9 adet YKN ve 7 adet DN noktası tesis edilmiştir. Bu YKN ve DN noktalarında RTK GNSS (Real Time Kinematic Global Navigation Satellite Systems) ölçü yöntemine göre 2 farklı zamanda 10 ar

epok ölçü gerçekleştirilmiştir. Ölçülerde Geomine firmasına ait SATLAB SL600 marka RTK konum doğruluğu yatayda 8mm + 1ppm, düşeyde 15mm + 1ppm olan GNSS alıcı setleri kullanılmıştır.

Şekil 2 ve Şekil 3' de çalışma sahasına tesis edilen YKN ve DN noktalarının bazılarının ilişkin görüntüler verilmektedir.



Şekil 2. YKN noktası örnek tesis



Şekil 3. DN noktası örnek tesis

### 2.3. İHA Uçuşları ve Fotogrametrik Değerlendirme

Aynı meteorolojik ve ışık koşullarını yakalamak amacıyla çalışma sahasında aynı gün ve saat içerisinde 4

farklı uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlarda Geomine firmasına ait DJI Matrice 600 pro marka hexacopter, DJI Ronin MX Gimbal, Sony A7r (36,4 MP) kamera ve Sony Zeiss Vario-Tessar FE 16-35 mm f/4 lensten oluşan ekipman kullanılmıştır. (Şekil 4)



Şekil 4. Çalışmada kullanılan İHA ve ekipmanları

Sırası ile uçuşlarda aynı zoom lensin, 16, 20, 24 ve 35 mm odak uzaklığına ayarlanmış halleri kullanılmıştır. Diğer tüm uçuş parametreleri uçuşlarda sabit tutulmuştur. Tablo 1' de uçuş konfigürasyonlarına ait bilgiler verilmektedir.

Tablo 1. Uçuş Bilgileri

Uçuş Konfigürasyonu	I	II	III	IV
Uçuş Yüksekliği (m)	180	180	180	180
Kamera Özellikleri	Sony A7R	Sony A7R	Sony A7R	Sony A7R
Görüntü Biçimi	7360 × 4144	7360 × 4144	7360 × 4144	7360 × 4144
Odak Uzaklığı (mm)	16	20	24	35
YÖA (cm)	5.00	4.05	3.47	2.45
Bindirme Oranı(%)	80/60	80/60	80/60	80/60
Görüntü Sayısı	12	14	27	52
Çalışma Alanı (ha)	15	15	15	15

Tablo 1'den de açıkça görüleceği üzere odak uzaklığı değiştirildiğinde YÖA değerleri de 5.00 ile 2.45 cm arasında değişmektedir. Yine odak uzaklığına bağlı olarak görüntü sayıları da değişmektedir.

İHA ile çekilen görüntüler lisansı Geomine firmasına ait PIX4D yazılımı kullanılarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme aşamasında RTK GNSS yöntemi ile koordinat değerleri elde edilen 7 adet nokta DN noktası olarak işaretlenmiş ve değerlendirme sonucunda bu noktalara ait KOH değerleri elde edilmiştir.

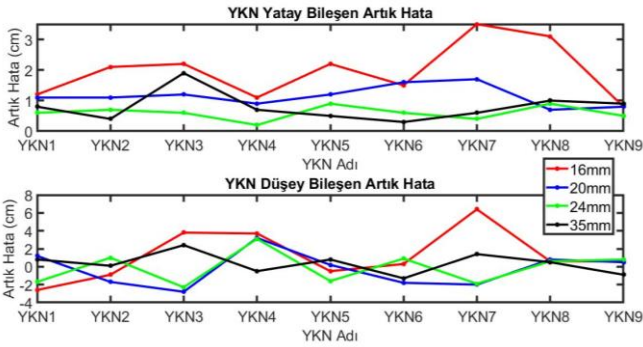
### 3. BULGULAR

Her bir uçuşa ait fotogrametrik değerlendirme neticesinde YKN noktaları için elde edilen 3 boyutlu KOH değerleri Tablo 2 ve Şekil 7' de verilmiştir. Tablo 2 ve

Şekil 7 incelendiğinde Elipsoidal Yükseklik bileşenine ait KOH değerlerinin yatay bileşene göre daha yüksek olduğu görülmektedir. 20 mm, 24 mm, 35 mm için KOH değerleri yakın değerler iken 16 mm için bu değerlerin yaklaşık 2 kat arttığı gözlenmektedir. 3B konum için KOH değerleri incelendiğinde 16 mm dışında sonuçların 1.67-2.20 cm arasında değişirken, 16 mm odak uzaklığı içinse bu değer arttığı ve 3.53 cm olduğu gözlenmektedir. Bu artış her üç boyutta da oransal olarak gözlenmektedir. Sonuç olarak YKN noktaları KOH değerleri 16 mm odak uzaklığı için yaklaşık 1.5 kat artmakta fakat diğer odak uzaklıkları için yaklaşık eşit değerler çıkmaktadır.

**Tablo 2.** YKN KOH değerleri

Odak Uz. (mm)	YKN KOH (cm)			
	Yukarı	Sağa	Elip. Yük.	Konum
16	1,56	1,48	2,80	3,53
20	0,68	0,98	1,86	2,20
24	0,35	0,53	1,72	1,83
35	0,39	0,84	1,39	1,67



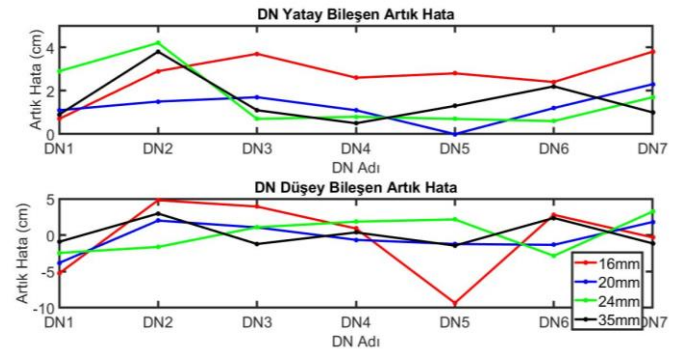
**Şekil 5.** YKN artık hata değerleri

Şekil 5' de ise YKN' lere ilişkin artık hatalar sunulmaktadır. Şekil 5 incelendiğinde artık hata değerlerinin 16mm için diğer odak uzaklıklarına göre gerek değişim aralığı gerekse değerlerin daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Tablo 3'de ise DN noktaları için elde edilen KOH değerleri sunulmaktadır. DN noktalarında da YKN' lere benzer şekilde sonuçlar gözlenmektedir. 20 mm, 24 mm ve 35 mm için KOH değerlerinde benzerlik gözlenirken, 16 mm için bu değerlerde net bir artış gözlenmektedir. Bu artış miktarı kendisini en net Yükseklik bileşeninde göstermektedir. Sonuç olarak 16 mm odak uzaklığı dışında 3B konum KOH değeri 2.40-2.74 cm arasında değişirken 16 mm için bu değer 5.59 cm' ye çıkmaktadır.

**Tablo 3.** DN KOH değerleri

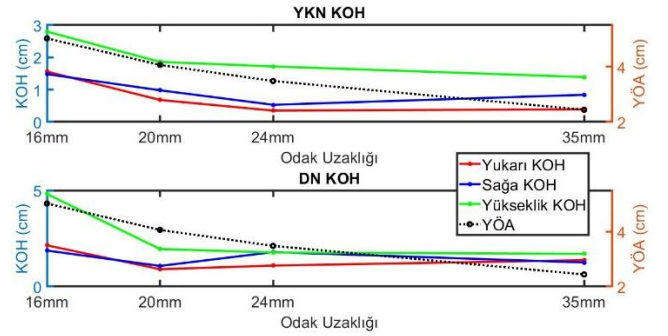
Odak Uz. (mm)	DN KOH (cm)			
	Yukarı	Sağa	Elip. Yük.	Konum
16	2,14	1,87	4,81	5,59
20	0,90	1,07	1,95	2,40
24	1,09	1,79	1,77	2,74
35	1,37	1,25	1,70	2,52



**Şekil 6.** DN artık hata değerleri

Şekil 6' da DN' lere ilişkin artık hatalar sunulmaktadır. Şekil 6 incelendiğinde artık hata değerlerinin YKN' lere olduğu gibi 16mm için diğer odak uzaklıklarına göre gerek değişim aralığı gerekse değerlerin daha yüksek olduğu gözlenmektedir.

Yukarıda Tablo 2 ve Tablo3' de sunulan değerler Şekil 7' de özet olarak sunulmaktadır. Şekil 7 incelendiğinde özellikle yükseklik bileşeni için 16 mm odak uzaklığı kullanıldığında KOH değerindeki artış net bir şekilde gözlenmektedir.



**Şekil 7.** YKN ve DN KOH değerleri

Odak uzaklığına bağlı olarak KOH değerlerindeki değişimin daha net anlaşılması amacı ile 35 mm odak uzaklığı YÖA ve KOH değerleri referans alınarak diğer odak uzaklıkları için değişim oranları hesaplanmıştır. 35 mm odak uzaklığında YÖA en küçük değere sahip olması ve radyal distorsiyon değerinin en az olmasından kaynaklı KOH değerlerinin minimum olması beklenmektedir. Bu yüzden referans verisi olarak 35 mm odak uzaklığı verileri seçilmiştir. Tablo 4' de 35mm değerlerine oranla diğer odak uzaklıkları için YÖA, DN ve YKN KOH değerlerindeki artış oranları sunulmaktadır. Tablo 3' de 24 mm için 35 mm odak uzaklığına göre YÖA %43 artarken (2.45 cm' den 3.47 cm' ye çıkmış) DN ve YKN konum KOH değerleri sadece %9 artmıştır. Yine aynı şekilde 20 mm için 35 mm odak uzaklığına göre YÖA %66 artarken (2.45 cm' den 4.05 cm' ye çıkmış) DN ve YKN konum KOH değerleri %25 bir değişim gözlenmiştir. Fakat 16 mm için 35 mm odak uzaklığına göre YÖA %106 artarken (2.45 cm' den 5.00 cm' ye çıkmış) DN ve YKN konum KOH değerleri de sırası ile %122 ve %111 artmıştır. Buradan da açıkça anlaşılacağı üzere 20 ve 24 mm odak uzaklıkları kullanıldığında KOH değerlerinde 35 mm değerlerine göre küçük değişimler gözlenirken odak uzaklığı 16 mm olduğunda KOH değerlerinde %100' ün üzerinde bir değişim gözlenmektedir.

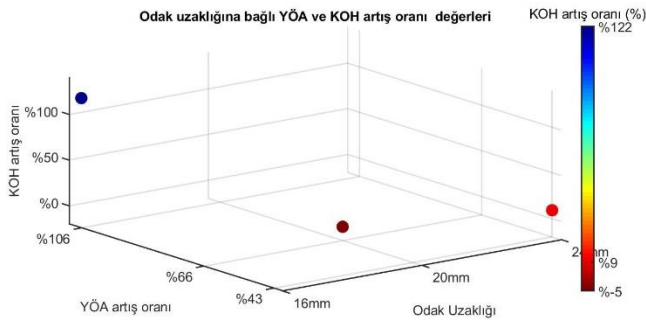
**Tablo 4.** YÖA ve DN, YKN konum KOH değişim oranları

Odak Uz. (mm)	Değişim Oranı (%)		
	YÖA	DN KOH	YKN KOH
16	106	122	111
20	66	-5	25
24	43	9	9

Tablo 5' de ise 35 mm odak uzaklığı referans alındığında 16 mm, 20 mm ve 24 mm odak uzaklığı için DN noktaları Yukarı, Sağa, Elipsoida Yükseklik ve Konum bileşenleri için KOH değerlerindeki değişim oranları verilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere 16mm odak uzaklığında yatayda %50 civarı düşeyde ise %183 değişim gözlenmektedir. Fakat diğer odak uzaklıklarında genel olarak anlamlı değişimler gözlenmemektedir. Sonuçta konum için KOH değeri 16mm için %122 değişirken 20mm ve 24 mm için değişim  $\pm$  %10' u geçmemektedir.

**Tablo 5.** DN KOH değişim oranları

Odak Uz. (mm)	DN KOH Değişim Oranı (%)			
	Yukarı	Sağa	Elip. Yük.	Konum
16	56	50	183	122
20	-35	-14	14	-5
24	-21	44	4	9

**Şekil 8.** Odak Uzaklığına bağlı YÖA ve KOH artış oranı

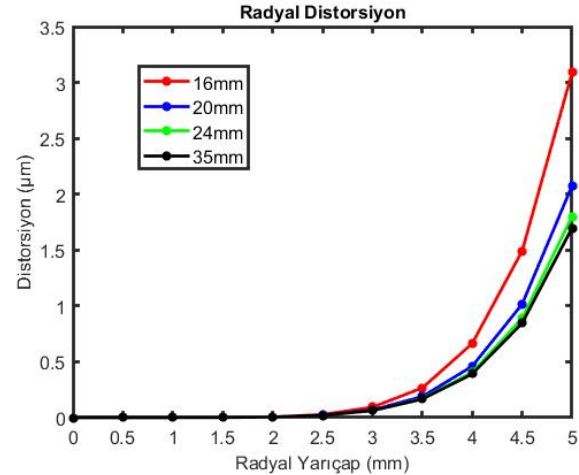
Şekil 8' de YÖA ve odak uzaklığının oransal değişimine karşılık DN konum KOH değerindeki oransal değişim gösterilmektedir. Buradan da anlaşılacağı üzere DN noktaları için 35 mm odak uzaklığı YÖA ve konum KOH değerleri referans alındığında 20 mm ve 24 mm YÖA değerleri %43 ve %66 artarken konum KOH değerleri  $\pm$  %10' civarında değişmesine karşın 16 mm için YÖA %106 artarken konum KOH değeri %122 artmaktadır. Özetle 16 mm odak uzaklığı kullanıldığında KOH değerleri özellikle Yükseklik bileşeninde dramatik olarak artmaktadır.

Özetle yapılan analizler neticesinde odak uzaklığını 35 mm için 2.45 cm elde edilirken sırası ile 24 mm, 20 mm, 16 mm odak uzaklığı için YÖA' ları 3.47, 4.05 ve 5.00 cm olarak elde edilmiştir. Odak uzaklığına bağlı olarak sistematik artış gösteren YÖA değerlerinin konum doğruluğunu aynı sistematiğe etkileyip etkilemediğini görmek için sahaya tesis edilen 7 adet DN'nın Yukarı, Sağa, Yükseklik bileşenlerine ait KOH değerleri incelenmiştir. Yapılan inceleme neticesinde YÖA' daki

sistematik artışın konum KOH değerlerinde gerçekleşmediği gözlenmiştir. Özellikle 20mm ve 24 mm için konum KOH değerlerindeki artış miktarı  $\pm$  %10 civarında değişirken bu değişim 16 mm odak uzaklığı için %122 olarak belirlenmiştir. 16 mm odak uzaklığı KOH değerlerindeki artış oranı yatay bileşen için %50 civarında iken düşeyde %183 oranında gerçekleşmiştir.

Odak uzaklığının azalması ile KOH değerinin artması analitik fotogrametri açısından beklenen bir durumdur. Odak uzaklığı arttıkça, lens yüzeyinde kenar bölgeler değil de merkeze yakın bölgeler ışık geçişi için daha çok kullanılmaktadır. En büyük sistematik hata olan radyal distorsiyon, lens merkezinden kenarlara gittikçe artar. Dolayısı ile, kısa odak uzunluğunda lensin kenar bölgeleri daha çok kullanılır, daha büyük sistematik hata resim düzlemine yansır.

Odak uzaklığına bağlı olarak değişen KOH değerlerinin kamera kalibrasyon parametreleri ile ilişkisini araştırmak amacıyla her bir odak uzaklığına ait radyal distorsiyon grafikleri çizdirilmiştir. Şekil 9' da sunulan grafik incelendiğinde radyal distorsiyon değerlerinin 35mm' den 16 mm odak uzaklığına artarak devam eden gaussian bir eğri yapısında olduğu görülmektedir. Radyal distorsiyon değeri lens merkezinden kenarlara gittikçe gaussian eğri şeklinde artmaktadır. Kısa odak uzaklıkları kullanıldığında lensin kenar bölgelerini daha çok kullanmasından kaynaklı daha büyük sistematik hatalar resim düzlemine yansımaktadır.

**Şekil 9.** Radyal distorsiyon grafiği

#### 4. SONUÇLAR

Bilindiği üzere İHA fotogrametrisinde konum doğruluğunu etkileyen en önemli bileşenlerden birisi kullanılan kamera özellikleridir. Bu kameraların çözünürlüğü, lens diyafram açıklığı ve objektif odak uzaklığı bunlardan en önemlileridir. Özellikle kamera çözünürlüğü doğrudan görüntü YÖA ve konum doğruluğunu etkilemektedir. Diyafram açıklığı ise objektifin içinden geçen ışığın miktarını ayarlayan kontrol mekanizmasıdır ve doğrudan fotoğrafın alan derinliğini etkilemektedir. Alan derinliği ise fotoğraf üzerinde en net nokta ile arka plandaki en net nokta arasındaki uzaklıktır. Objektif odak uzaklığı da hem YÖA hem de alan derinliğini etkileyen en önemli parametrelerden birisidir.

Odak uzaklığının artırılması ile objektiflerin baktıkları alanda görüntüyü görme genişliği azalmaktadır. Dolayısı ile, kısa odak uzunluğunda lenslerin kullanımı ile görüntünün görme genişliği artacağından kenar bölgelerdeki sistematik olarak artan radyal distorsiyon etkisi de bu görüntülerde artacaktır. Özetle kısa odak uzunlukları için radyal distorsiyon etkisi uzun odak uzaklığına göre daha fazladır.

Bu çalışma da aynı meteorolojik koşullarda aynı yükseklikten aynı hız ve aynı İHA ile aynı kamera kullanılarak farklı uçuşlar gerçekleştirilmiştir. Bu uçuşlarda sadece kamera objektif odak uzaklığı değiştirilmiştir. Bunun amacı objektif odak uzaklığının konum doğruluğuna etkisinin araştırılmasıdır. Çalışmada gerçekleştirilen uçuşlarda odak uzaklığına bağlı olarak YÖA 2.5 ila 5 cm arasında değişmektedir. Odak uzaklığına bağlı değişen bu YÖA değerlerinin konum doğruluğunu nasıl etkilediği gerçekleştirilen uçuş sonuçlarına göre yorumlanmıştır.

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda 35 mm odak uzaklığına sahip objektif kullanmak yerine daha geniş görüntü alanına sahip 20 mm ve 24 mm odak uzaklığına sahip objektiflerin kullanımı 180 m yükseklikteki bir uçuşta konum KOH değerini YÖA artışıyla doğru orantılı olarak etkilememektedir. Bunun yanı sıra YÖA %43 ve %66 artarken KOH değerlerinde anlamlı bir artış gözlenmemektedir. Fakat 16 mm odak uzaklığına sahip objektif kullanıldığında YÖA artış %106 iken konum KOH artışı da %122 olarak belirlenmiştir. Yani 16 mm odak uzaklığında YÖA artış etkisi doğru orantılı olarak konum doğruluğunu etkilemiştir. Bu etkinin en önemli sebebi 16 mm odak uzaklığındaki fotoğraflarda en büyük radyal distorsiyon değerine sahip olmasıdır.

Özellikle odak uzaklığına bağlı olarak alan derinliği değişmektedir. Alan derinliği, kullanılan objektifin odak uzunluğu ile ters orantılıdır. Yani odak uzunluğu yüksek objektiflerde netlediğimiz alanın arkasında ve önünde bulunan nesnelerin netliği azalır. Özetle 35mm odak uzaklığına sahip objektif her ne kadar YÖA en iyi sonucu verse de alan derinliği açısından dezavantajlıdır. Yani YÖA artmasına karşın netlediğimiz alanın arkasında ve önünde bulunan nesnelerin netliği azalmaktadır. Bu nedenle odak uzaklığı düşürüldüğünde YÖA artmasına rağmen alan derinliği ve netlikte artmaktadır. Özellikle 20mm ve 24 mm odak uzaklığına sahip objektiflerde YÖA artışından kaynaklanan dezavantajın alan derinliğindeki artış ile telafi edile bilindiği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra odak uzaklığının azaltılmasıyla alan derinliğinin artmasının yanı sıra radyal distorsiyon değeri de artmaktadır. Özellikle 16mm odak uzaklığı için radyal distorsiyon değerindeki dramatik artış etkisini KOH değerlerinde göstermektedir.

Sonuç olarak bu çalışmada 180 m yükseklikten gerçekleştirilen uçuşlar ile objektif odak uzaklığına bağlı olarak KOH değerlerinin değişimi incelenmiştir. Ve bu çalışma neticesinde odak uzaklığına bağlı YÖA' daki artış, alan derinliğindeki değişim ve radyal distorsiyon değişimi neticesinde KOH hatasındaki değişim ayrıntılı olarak incelenmiştir. 16 mm' den büyük odak uzaklığı için kısmen benzer KOH değerleri elde edilirken 16 mm için KOH değerinde dramatik bir artış gözlenmiştir. Radyal distorsiyon değerindeki artışa bağlı olarak böyle bir sonuç elde edildiği düşünülmektedir. Tabi ki böyle bir

hipotezin doğrulanması için çok daha geniş çaplı bir çalışmaya ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat gerçekleştirilen bu çalışma ileride gerçekleştirilecek birçok çalışmaya ışık tutma niteliğindedir. Radyal distorsiyon, alan derinliği ve YÖA' na bağlı olarak KOH değerlerindeki değişimin sistematik olup olmadığının daha detaylı araştırılması için farklı uçuş yükseklikleri, farklı meteorolojik koşullar, farklı kameralar ve en önemlisi farklı odak uzaklığına sahip objektifler kullanılarak gerçekleştirilecek birçok uçuştan elde edilen veriler ayrıntılı olarak incelenmelidir.

## BİLGİLENDİRME/TEŞEKKÜR

Geomine ARGE Mühendislik Yazılım Danışmanlık Ltd. Şti. ve çalışanlarına çalışmaya sundukları yazılım ve donanım desteğinden dolayı teşekkür ederiz.

Bu çalışma 26-29 Mayıs 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilen 18. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayında kısa video olarak sunulan " İHA Fotogrametrisi Konum Doğruluğuna Kamera Odak Uzaklığı Etkisinin İncelenmesi" başlıklı çalışmanın revize edilmiş ve genişletilmiş halidir.

## ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

Yazarlar bu araştırma makalesine eşit katkı sunmuşlardır.

## ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

## KAYNAKÇA

- 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.
- Corporation L (2018). Aerial imaging: how to achieve the correct ground resolution. *Lumenera Corporation White Paper Series. Lumenera Corporation, Ottawa*, pp. 1–6, 2018.
- Domingo D, Ørka HO, Næsset E, Kachamba D & Gobakken T. (2019). Effects of UAV Image Resolution, Camera Type, and Image Overlap on Accuracy of Biomass Predictions in a Tropical Woodland. *Remote Sensing*. 2019;11(8):948.
- Ferrer-González E, Agüera-Vega F, Carvajal-Ramírez F & Martínez-Carricondo P (2020). UAV Photogrammetry Accuracy Assessment for Corridor Mapping Based on the Number and Distribution of Ground Control Points. *Remote Sensing*, 12(15), 2447.
- Forlani G, Dall'Asta E, Diotri F, Cella U M D, Roncella R & Santise M (2018). Quality assessment of DSMs produced from UAV flights georeferenced with on-board RTK positioning. *Remote Sensing*, 10(2), 311.
- Gül Y (2019). Açık maden işletmelerinde insansız hava aracı (İHA) uygulamaları. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 62(1), 99-112.

- Hastaoğlu K Ö, Gül Y, Poyraz F & Kara B C (2019). Monitoring 3D areal displacements by a new methodology and software using UAV photogrammetry. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 83, 101916.
- Kapıcıoğlu H Ş, Hastaoğlu K Ö, Poyraz F, Gül Y (2018). Investigation of topographic effect in ground control point selection in UAV photogrammetry: Gaziantep/Nizip. *International Conference On Innovative Engineering Applications - CIEA 2018*, 1174-1178.
- LaFay M (2015). Drones for dummies. *John Wiley & Sons*, 2015.
- Marre G, Holon F, Luqu, S, Boissery P & Deter J (2019). Monitoring marine habitats with photogrammetry: a cost-effective, accurate, precise and high-resolution reconstruction method. *Frontiers in Marine Science*, 6, 276.
- Mozas-Calvache A T, Pérez-García J L, Cardenal-Escarcena F J, Mata-Castro E & Delgado-García J (2012). Method for photogrammetric surveying of archaeological sites with light aerial platforms. *Journal of Archaeological Science*, 39(2), 521-530.
- Niethammer U, James M R, Rothmund S, Travalletti J & Joswig M (2012). UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: *Evaluation and results. Engineering Geology*, 128, 2-11.
- Okuyama S, Torii T, Nawa Y, Kinoshita I, Suzuki A, Shibuya M & Miyazaki N (2005, February). Development of a remote radiation monitoring system using unmanned helicopter. *In International Congress Series* (Vol. 1276, pp. 422-423). Elsevier.
- Ollero A & Merino L (2006). Unmanned aerial vehicles as tools for forest-fire fighting. *Forest Ecology and Management*, 234(1), S263.
- Oniga V E, Breaban A I, Pfeifer N & Chirila C (2020). Determining the suitable number of ground control points for UAS images georeferencing by varying number and spatial distribution. *Remote Sensing*, 12(5), 876.
- Rabah M, Basiouny M, Ghanem E & Elhadary A (2018). Using RTK and VRS in direct geo-referencing of the UAV imagery. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 7(2), 220-226.
- Ruzgienė B, Berteška T, Gečyte S, Jakubauskienė E & Aksamitauskas V Č (2015). The surface modelling based on UAV Photogrammetry and qualitative estimation. *Measurement*, 73, 619-627.
- Sanz-Ablanedo E, Chandler J H, Rodríguez-Pérez J R & Ordóñez C (2018). Accuracy of unmanned aerial vehicle (UAV) and SfM photogrammetry survey as a function of the number and location of ground control points used. *Remote Sensing*, 10(10), 1606.
- Sarı F D (2017). Farklı Hava Şartlarında Drone Video Çekimi. <https://www.droneturk.com.tr/farkli-hava-sartlarinda-drone-video-cekimi/>. [Accessed: 10-Feb-2019].
- Stöcker C, Nex F, Koeva M & Gerke M (2019). UAV-based cadastral mapping: an assessment of the impact of flight parameters and ground truth measurements on the absolute accuracy of derived orthoimages. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*.
- Toprak A S (2014). Fotogrametrik tekniklerin insansız hava araçları ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2014.
- Xiang H, Tian L (2011). Development of a low-cost agricultural remote sensing system based on an autonomous unmanned aerial vehicle (UAV). *Biosyst. Eng.*, 108(2), 174-190.

