

# İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması

(Searching The Possibilities of Large Scale Photogrammetric Map Production via Model Aircraft)

Serkan KARAKIŞ

Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Jeodezi ve Fotogrametri Mühendisliği Bölümü 67100 Merkez, Zonguldak  
jeodezi@hotmail.com

## ÖZET

Günümüz haritacılık alanında fotogrametri ve uzaktan algılama, gelişen teknolojilerle birlikte vazgeçilmez bir hal almıştır. Kullanılan görüntüleme sistemleri ve taşıyıcı platformların olabildiğince gelişmesi ve bir o kadar da karışık hal alması sebebiyle uygulamalarda değişik güçlükler yaşanmaktadır. Bu bağlamda maliyetler de düşünüldüğünde, basit sistemlerle en uygun haritalama platformunun kullanılması ve bununla birlikte istenilen hassasiyetin de yakalanabilmesiyle ihtiyaçların daha kısa şekilde karşılanması, kuşkusuz insan fikrinin kabul edeceği bir yaklaşımdır. Bu nedenle çalışma kapsamında, İnsansız Hava Aracı (İHA) olarak bir model uçağın kullanılması, bunun üzerine yerleştirilecek metrik olmayan bir kameranın ve görüntülerinin haritalama amacına yönelik kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Model Uçak, Yakın Saha Fotogrametrisi, Büyük Ölçekli Harita, Metrik Olmayan Kamera, Elektronik Zamanlayıcı

## ABSTRACT

Photogrammetry and remote sensing have been indispensable in today's surveying with the emerging technologies. Some difficulties are being experienced in applications due to the incredible advances in imaging systems used and carrier platforms, and their increasing complexity in parallel with these advances. In this context, it is the most agreeable approach to utilize the most suitable mapping platform with basic systems owing to cost reducing purposes and to achieve the precision desired in meeting the requirements in shorter time span. This is why a model plane as an Unmanned Air Vehicle(UAV) is considered to be employed throughout this study with a non-metric camera mounted on it in order to use the images to be captured for mapping purposes.

**Keywords:** Model Aircraft, Close-Range Photogrammetry, Large Scale Map, Non-Metric Camera, Electronic Timer

## 1. GİRİŞ

Fotogrametrinin etkin bir şekilde kullanılmaya başlanmasından bu yana çok çeşitli taşıyıcı platform ve görüntüleme sistemleri kullanılmıştır.

Helikopterlerden uçaklara, uzay mekiklerinden uydulara kadar bir çok taşıyıcı platform, yapılan projeye uygunluğuna göre literatürdeki yerlerini almıştır. Son zamanlarda bu anlamda en çok kendinden söz ettiren taşıyıcı platformlardan birisi de kuşkusuz insansız hava aracı (İHA) dır (Karakış 2011).

Blyenburgh, 1999'da İHA'ları "Yerine getireceği göreve bağlı olarak, yarı otomatik, otomatik veya bunların kombinasyonu ile uzaktan kontrol edilen, çeşitli yüklemelerle, atmosferde veya dışında belirli bir süre aralığında özel görevleri yerine getiren, insansız, tekrar kullanılabilir motorize hava araçları" olarak tanımlamıştır (Blyenburgh 1999).

Günümüzde birçok farklı amaç için kullanılabilen İHA'lar fotogrametri için de taşıyıcı platform olarak kullanılmaktadır. Uçak, helikopter veya zeplin şeklinde farklı uçuş şartlarına sahip birçok İHA'dan bahsetmek mümkündür (Eisenbeiss 2009). Farklı boyut ve motor seçenekleriyle üretilen İHA'lar için göz önünde bulundurulması gereken konulardan biri de taşıyacağı yük olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüz fotogrametrik ihtiyaçları içinde uçakları ele aldığımızda, uçuş ve fotogrametri ekibini ve bunun yanında görüntüleme sistemini üzerinde taşıyabilecek tonajlı uçaklardan söz etmek yerinde olacaktır. Böyle bir uçak üzerinde ekibi oluşturan insanların ağırlığı ve yaklaşık 50kg civarındaki fotogrametrik görüntüleme sisteminin ağırlığı düşünüldüğünde İHA'lar için, insan faktörünün dışında, görüntüleme sisteminin boyut ve ağırlığı, kullanılacak sistemi kısıtlayıcı en büyük etken olmaktadır (Pinkney et al. 1997, Blyenburgh 1999, Karakış 2011).

## 2. SİSTEMİN TASARIMI

Çalışma kapsamında kullanılan İHA 60 (0.60 in<sup>3</sup>) lık patlarlı motora sahip yakıtlı bir model uçaktır. Kanat açıklığı 1.90m olan aracın iniş takımları arasında kameranın yerleştirilebileceği uygun bir kısım mevcuttur. Bu kısmın iniş takımları arasında olması, hem ağırlık merkezi

açısından hem de herhangi bir düşme yaşanması durumunda kameranın korunması açısından uygun bir ortam sağlamaktadır.

Şekil 1 (a)'da fotogrametrik amaçla donatılmış Cessna tipi bir uçak ve Şekil 1 (b)'de çalışmada kullanılan model uçak gösterilmiştir.



Şekil 1. (a) Cessna tipi uçak, (b) model uçak (Karakış 2011)

Uçağın altında kontrol amaçlı uzanan insan ile, model uçağın yanında duran insan, şekil üzerinde boyutlar hakkında bir fikir vermektedir.

Model uçak FM sinyali kullanarak veri transferi yapan 8 kanallı bir kumanda tarafından yönetilmektedir (Şekil 2). Her bir kanal model uçağa hareket çeşitliliğini aktarmaktadır. Bu çalışmada kullanılan model uçakta motor devri, yükseliş, kanat ve kuyruk dümenleri olmak üzere 4 kanal kullanılmaktadır. Geri kalan kanallar fotoğraf çekimi ve diğer işlemler için kullanılabilir.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan kumanda sistemi (Karakış 2011)

Çalışmada Canon EOS450D DSLR kamera kullanılmıştır. Boyutlarıyla model uçağın gövdesine tam olarak yerleştirilebilen kamera 12MP çözünürlüğe sahiptir. Kameranın teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Canon EOS450D Teknik Özellikleri.

Maksimum Çerçeve Boyutu (Piksel)	4272 x 2848
Sensör Boyutu (mm)	22.2 x 14.8
Piksel Büyüklüğü (µ)	5
Maksimum Perde Hızı (sn)	1/4000
Ağırlık(g)	475
Boyutlar (mm)	129x98x62
İşlemci	Digic III

Kamera 1/4000 sn maksimum perde hızına sahiptir. Bu hız çekim anında uçağın hareketinden kaynaklanacak olası sürüklenme hatalarında önemli rol oynamaktadır. Uçağın en düşük ~60 km/h hızı düşünüldüğünde, bir görüntü alımının başlangıcı ve bitişi arasında uçak uçuş doğrultusunda belirli bir mesafe ilerlemiş olacaktır. Bu hareketin belirli bir değere ulaşması görüntü üzerinde yürümelere (piksellerin birbirine karışarak bulanıklaşmasına) neden olacaktır. Görüntü yürümesinin hesaplanması için iki temel bağıntıdan söz etmek mümkündür. Bunlardan birincisi yer örnekleme aralığıdır (YÖA). Formül 2.1'de yaklaşık kabul edilen uçuş yüksekliğine ve kameranın teknik bilgilerine bağlı olarak YÖA değeri;

$$YÖA = \frac{H}{c} \times \text{Algılayıcı piksel boyutu}$$

$$H \cong 250m, \quad c = 18mm$$

(2.1)

Algılayıcı piksel boyutu =  $5 \mu\text{m}$  #

YÖA  $\cong 7\text{cm}$

olarak verilebilir (Karakış 2011).

Tüm bunların yanında ikinci temel bileşen ise perde süresi boyunca uçağın yer değiştirmesidir. Formül 2.2'de 60 km hız için yaklaşık yer değiştirme miktarı:

$$x \cong \text{Hız} \times \text{Perde Süresi}$$

$$\text{Hız} \cong \frac{60\text{km}}{h} \quad (2.2)$$

$$\text{Perde süresi} = \frac{1}{4000} \text{sn}$$

$x \cong 4\text{mm}$  olur (Karakış 2011).

Uçağın, kamera üzerindeki yapılan ilk deneme uçuşlarında, perde hızı değişken bırakılarak (diyafram açıklığı sabit), farklı görüntüler alınmıştır. Bu alınan görüntüler sonucunda YÖA'nın  $\frac{1}{4}$ 'üne kadar olan sürüklenmelerin görüntü yürümesine yol açmadığı belirlenmiştir (Karakış 2011).

Kameranın, model uçağın uçuşu esnasında görüntü alabilmesi ayrı bir problemdir. Çalışmanın başlarında görüntü alımı için kumanda sisteminin boş kanallarından birinin kullanılması düşünülmüştür. Bu anlamda, kumanda üzerinden verilecek komutla, bir servonun hareket ettirilerek kamera deklanşörüne basması hedeflenmiştir. Ancak ~60 km hızda elle deklanşöre müdahale etmek, düzgün bindirme alanlarının oluşması için pek mümkün olmamaktadır. 250 m uçuş yüksekliği, 18 mm odak uzaklığı ve %60 boyuna bindirme oranı ele alındığında, baz mesafesi Formül 2.3'te ve uçağın 60 km hızda iki fotoğraf çekimi arasındaki süre Formül 2.4'ten;

$$B = mv \times s' \times \left(1 - \frac{p}{100}\right) = 300 \times 0.4 = 120 \text{ m} \quad (2.3)$$

(mv: Resim diyafr.)

s': Uçuş yönündeki resim boyutu,

p: Boyuna bindirme)

$$t = \frac{B}{V} = \left(\frac{120}{16.7\text{m/sn}}\right) = 7.2 \text{ sn} \quad (2.4)$$

(t: İki fotoğraf çekimi arasındaki süre,

B: Uçuş bazı, V: Uçuş hızı) #

olarak belirlenmektedir (Karakış 2011).

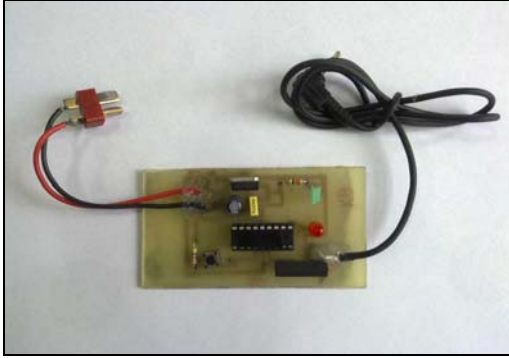
Yukarıdaki eşitliklerde kullanılan hızın, uçağın havada kalabildiği minimum hız olduğu düşünülürse bu sürenin çok daha kısaltılması gerekmektedir. Model uçağın standart uçaklardan farklı olarak havadaki stabilitesi daha düşük olmaktadır. Bu durum ve model uçağın yaklaşık olarak 120 km/s'e kadar çıkabilen hızı düşünüldüğünde bu sürenin çok daha kısa tutulması uygun olacaktır.

Saniye cinsinden ifade edilen çekim zamanlaması, uçağı kumanda eden için olabildiğince zor olduğu gibi, yardımcı uçuş ekibi tarafından bile eşit periyotlarda yapılması zor bir işlem olmaktadır. Bu nedenle sistemde elektronik bir zamanlayıcı kullanılması uygun görülmüştür. Elektronik zamanlayıcı için, kristali içine bütünleştirilmiş bir entegre kullanılmıştır. Bu sayede dış bir kristale gerek kalmaksızın hassas zaman fonksiyonları entegre içine programlanabilmektedir.

Zamanlayıcı için C programlama dili kullanılmıştır. Programda görüntü alımı için döngü kullanılmıştır. Kamera üzerindeki hafıza kartı, kameranın 12MP çekim modunda en fazla 2000 görüntü aldığı için, bu değer üzerinde herhangi bir döngü sayısı girmek yeterli olmuştur. Sistemin deneme aşamalarında uçağın havada yaşayabileceği dönüklüklerden dolayı 2 saniye çekim aralıkları tanımlanmıştır. Ancak ilk deneme aşamalarında havada yaşanan uçağın dönme hareketlerinden dolayı yer yer %40 bindirme oranına kadar azalmalar olmuştur. Bu nedenle asıl alımların yapılmasından önce sistem için 1 sn çekim aralıkları girilmiştir.

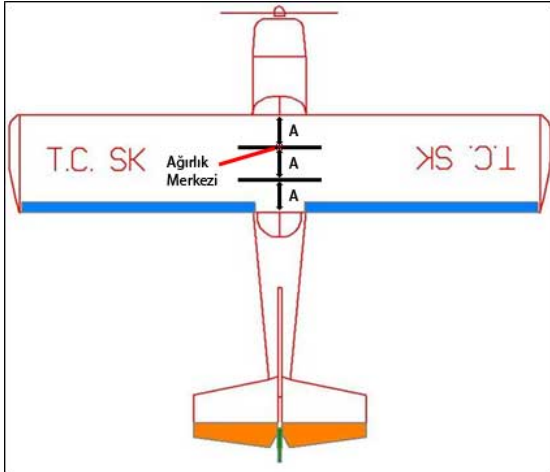
Her ne kadar çekim aralıkları 1 sn olarak planlansa da asıl çekim aralığı 1.25 sn olarak gerçekleşmiştir. Kameranın deklanşörüne çok kısa basmanın, kamera işlemcisinin çok yavaş olduğu zamanlarda nadiren de olsa görüntü alımını pas geçmesinden dolayı 0.25 saniye deklanşör bekleme süresi tanımlanmıştır. Bu şekilde parmak ucuyla deklanşöre bir süre basılı tutmak gibi, 0.25 saniye deklanşör elektronik olarak basılı tutulmaktadır. Yukarıda bahsedilen 1.25 saniye çekim aralığında ki 0.25 saniyelik artış buradan kaynaklanmaktadır. Sürenin

çekimlere etkisi detaylı olarak uygulama kısmında aktarılacaktır.



Şekil 3. Elektronik zamanlayıcı donanımı (Karakış 2011).

Model uçakların çoğunda, ağırlık merkezi uçağın kanat genişliğinin başlangıcından 1/3 kadar geridedir. Örneğin önden arkaya doğru kanat genişliği 30cm olan bir uçak için bu değer kanadın ön kısmından 10 cm geridedir. Şekil 4'te ağırlık merkezinin yeri gösterilmektedir.



Şekil 4. Uçağın ağırlık merkezinin konumu (Karakış 2011).

Kameranın bu kısmın altına yerleştirilmesinin iki avantajı vardır. Bunlardan birincisi uçağın uçuş şartlarının motorun çekeceği yük dışında hiç değişmemesi, ikincisi ise herhangi bir düşme anında bu kısmın tam tekerlekler arasında kalarak kameranın korunmasıdır. Şekil 5'te kameranın tekerlekler arasında ağırlık merkezine yerleştirilmiş hali gösterilmektedir.



Şekil 5. Model uçak üzerine kameranın yerleştirilmiş görüntüsü (Karakış 2011).

Kamera birbirine paralel iki saplama ile gövde arasına sıkıştırılmış ve model uçağın uçuş sırasında hava alarak kontrolsüz hareket etmesini önlemek için dışı uçak kaplama filmi ve bant ile sıkı bir şekilde kapatılmıştır. Model uçağın üzerinde, kameranın son hali alttan görünümde Şekil 6'da, yandan görünümde Şekil 7'de gösterilmiştir.

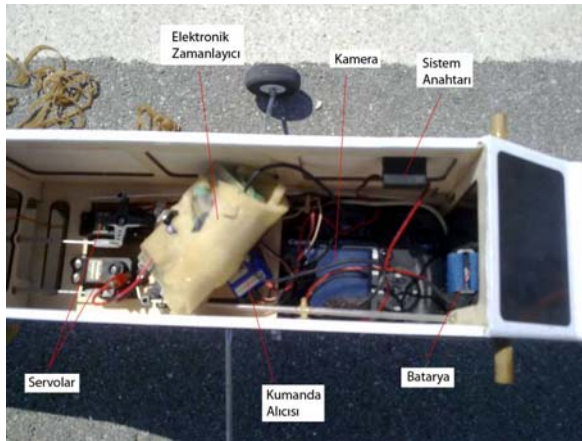


Şekil 6. Model uçak üzerinde kameranın son hali (alttan görünüm) (Karakış 2011).



Şekil 7. Model uçak üzerinde kameranın çekime hazır hali (yandan görünüm) (Karakış 2011).

Şekil 8'de tüm ekipmanların model uçak içine yerleştirilmiş son hali verilmektedir. Şekilde 60 gr ağırlığındaki elektronik zamanlayıcı, bir sünger içine sarılmış, henüz burun kısmına tam olarak oturtulmamış halde verilmektedir.



Şekil 8. Model uçağın ekipmanlar içine yerleştirilmiş görüntüsü (Karakış 2011).

Elektronik zamanlayıcı ve USB aktarım kablosu kameraya sürekli bağlı olarak tutulmaktadır. Böylece uçuştan hemen sonra veriler kolaylıkla herhangi bir bilgisayara aktarılabilir. Ancak kameranın ekstra bir besleme girişi olmadığı için, uçuş anında yapılan çekim sayılarına bağlı olarak 3-4 uçuşun ardından kameranın bataryasının şarj edilmesi için koruyucu kaplama bant çıkarılarak kamera açığa alınmakta ve bataryası kamera içinden ayrılarak şarj işlemi gerçekleştirilmektedir.

### 3. UYGULAMA

Zonguldak'ta farklı tarihlerde, birden çok uçuş gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uçuşlardan ikisi 10 ve 12 Kasım 2010 tarihlerindedir. İki uçuş için de yaklaşık başlama saati öğlen 12:30 sıralarındadır. 10 Kasım 2011 tarihli uçuşta, kamera sabit diyafram açıklığına ayarlanmış ve perde sürelerinin, kamera tarafından, gelen ışık gücüne göre otomatik ayarlanması sağlanmıştır. Model uçak tüm uçuş aşamalarında 60 ile 65 km/h hızları arasında uçurulmuştur. 1/500 ile 1/4000 saniye perde süreleri arasında birçok görüntü alınmıştır. Formül 2.1 ve 2.2' de verilen bağıntılar yardımıyla, görüntü alımları sırasında uçağın yer değiştirmesi hesaplanmış ve görüntüler üzerinde görsel olarak yürümler gözlenmiştir. Yüksekliğe bağlı olarak, hesaplanan piksel boyutunun  $\frac{1}{4}$ 'ü aşılmadığı sürece görüntülerde herhangi bir bulanıklığa rastlanmamıştır. Şekil 9'da 1/500 sn perde süresiyle alınmış bir görüntü, Şekil 10'da aynı görüntüde detaylara yakınlaştırma yapıldığında görüntü yürümesinden oluşan bulanıklıklar gösterilmektedir. Burada yukarıda bahsedilen formüllerden ulaşılan hareket değerinin pikselin yarı değeri olan  $\sim 3$  cm olduğu bunun dışında, model uçağın uçuş yönü haricindeki eksenlere göre olan ani dönme hareketlerinin etkileri de dikkate alınmalıdır.



Şekil 9. 1/500 sn perde süresi için görüntü örneği (Karakış 2011).



Şekil 10. 1/500 sn perde süresi için yakınlaştırılmış görüntü örneği (Karakış 2011).

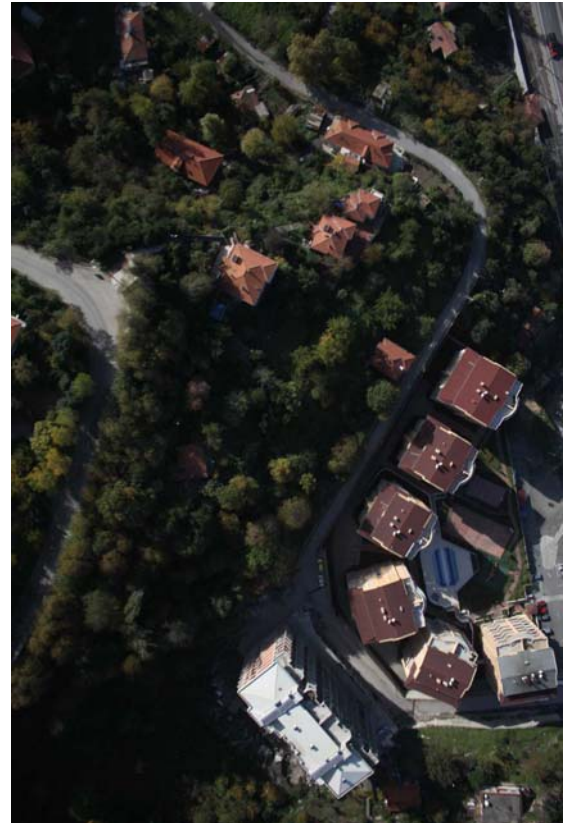


Şekil 12. 1/1000 sn perde süresi için yakınlaştırılmış görüntü örneği (Karakış 2011).

1/600, 1/800 sn gibi değerlerde de yürümler olduğu belirlenmiştir. 1/1000 sn perde süresi için yukarıda bahsedilen formüllerden hareket değerinin pikselin  $\frac{1}{4}$ 'üne karşılık gelen  $\sim 1.5$  cm olduğu göz önüne alındığında, kamera netleme problemi dışında uçakta ani bir hareket değişikliği yaşanmadığında görüntülerde bulanıklaşma olmadığı görülmektedir. Şekil 11' de 1/1000 sn perde süresinde alınmış bir görüntü, Şekil 12'de bu görüntü üzerinden yakınlaştırılarak kesilmiş detaylar gösterilmektedir.

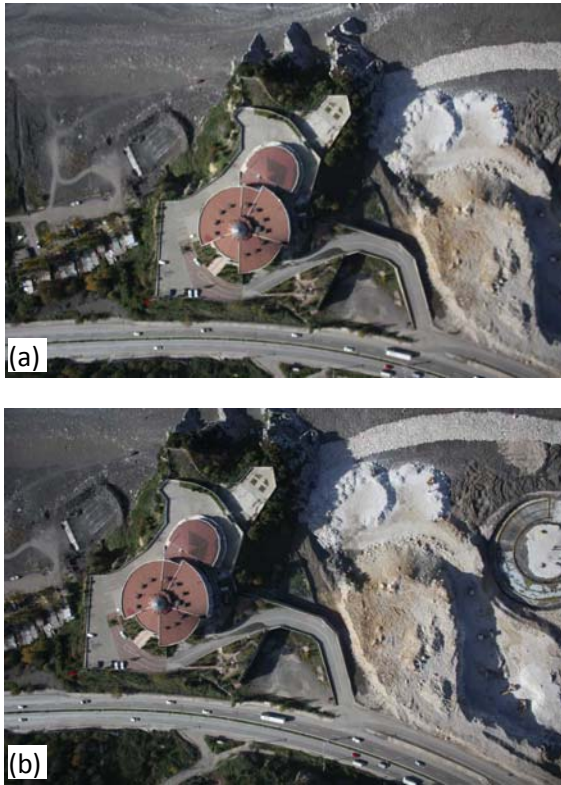


Şekil 11. 1/1000 sn perde süresi için görüntü örneği (Karakış 2011).



Şekil 13. Bina ve yeşil alan detaylarına örnek görüntü (YÖA $\cong$ 5cm, Uçuş Yüksekliği=180m) (Karakış 2011).

Kameranın radyal ve teğetsel distorsiyonları da dahil olmak üzere iç yöneltme bilinmeyenleri laboratuvar ortamında belirlenmiş ve çalışmada kullanılmıştır. Çalışmada tüm uçuş alanı için alınan görüntüler demet blok dengeleme ile ve bazı uygun görüntü çiftleri için yöneltmeleri yapılmış ve sonuçların örtüştüğü görülmüştür. Çalışmaya altlık olması açısından iki uygun ardışık görüntü Zonguldak Polisevi civarı için seçilmiştir. Seçilen kısımda topoğrafyanın dik ve değişik harita detaylarını içermesi ileri analizler için uygun ortam sağlamaktadır. RTK GPS yöntemiyle araziden toplanan yer kontrol noktaları (YKN) yardımıyla, görüntülerin değerlendirilmesi Z/I Imagestation yazılımı altında yapılmıştır. Bölge için sayısal yükseklik modeli stereo çiftten üretilmiş ve sonrasında üretilen orto görüntüler üzerinden detay çıkarımları yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında bina ve yol detaylarına ilişkin bölgeyi karakterize eden bazı detaylar çıkartılmış ve konumsal analizleri yapılmıştır. Stereo modelin sol ve sağ görüntüleri Şekil 14 (a) ve (b)' de verilmektedir.



Şekil 14. (a) stereo modelin sol görüntüsü, (b) stere modelin sağ görüntüsü (Karakış 2011).

Bölgeye ait güncel bir halihazır haritanın bulunmaması nedeniyle test alanı orto görüntüsü üzerinde belirlenen detaylar, GPS ölçüleriyle ve 2010 yılında alınmış Vexcel UltraCam X orto

görüntüleri üzerinden yapılan sayısallaştırma (Şekil 15) ile karşılaştırılmıştır. GPS verileri ile yapılan karşılaştırma sonucu oluşan fark vektörleri 2010 yılı Vexcel görüntülerinden elde edilen fark vektörleri ile çok yakın değerler olması nedeniyle görsel olarak ortogörüntüler üzerinden yapılan karşılaştırmalar Şekil 16'da verilmektedir.



Şekil 15. 2010 yılı Vexcel UltraCam X orto görüntüsü üzerinden elle sayısallaştırma sonucu (Karakış 2011).



Şekil 16. Elle Sayısallaştırma sonucunun test alanı orto görüntüsü üzerine çakıştırılmış hali (Karakış 2011).

#### 4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışma kapsamında İHA olarak kullanılan bir model uçak ve üzerine yerleştirilmiş metrik olmayan bir kamera yardımıyla büyük ölçekli harita yapılabilişinin araştırılması amaçlanmıştır. Alınan görüntülerin uygun yüksekliklerde  $\approx 5\text{cm}$  YÖA sağladığı ve yine uygun yazılımlar ve yeterli YKN kullanımı ile çok güçlü semantik bilgiye sahip sonuç ürünler alınabileceği gözlemlenmiştir.

Test alanı ve 2010 yılı orto görüntüleri arasında yapılan karşılaştırmada fark vektör bileşenlerinin en büyüğü Y yönünde olmak üzere  $\pm 22\text{cm}$ 'yi geçmediği gözlemlenmiştir.

Kamera objektifinin değişken odak uzaklığına sahip olması ve sonsuza netlemenin tam düzgün çalışmamasından dolayı görüntülerin otomatik netleme modunda alınması, görüntü üzerinde özellikle farklı yüksekliklere sahip detaylarda bulanıklaşma oluşmasına yol açmaktadır. Bu da yukarıda bahsedilen hata vektörlerinin 1-2 desimetre civarında oluşmasına neden olmaktadır.

Kullanılacak kamera ve uygun uçuş yüksekliğine bağlı olarak, istenilen ölçekte büyük ölçekli harita üretimine olanak sağlayacak veriler İHA yardımıyla üretilebilecektir.

Yukarıda bahsedilen tüm sorun ve çıkarımlara bağlı olarak aşağıda maddeler halinde verilen önerilerin yapılması uygun olacaktır;

- İHA olarak kullanılacak modelin kullanım alanına ve buna bağlı olarak büyüklüğünü dikkate alarak uygun kamera seçimi yapılmalıdır.
- Günümüz kameralarıyla kit olarak verilen objektifler odaklama problemlerinden dolayı görüntülerde bozulmalara neden olmaktadır. Bu nedenle kamera için üretilmiş daha profesyonel bir objektifin kullanılması uygun olacaktır. Sabit 35mm odak uzaklığına sahip farklı bir lensle, farklı bir bölge için alınan görüntülerde hata oranları piksel altı değerlere düştüğü belirlenmiştir.
- Elle deklanşör müdahalesinin kumanda yardımıyla da olsa zamanlama sorunlarını beraberinde getirmesinden dolayı elektronik bir zamanlayıcının sistemin içine dahil edilmesi gerekmektedir.
- Kullanılacak modele bağlı olarak uygun pist bulunması günümüz yapılaşmasında oldukça

büyük sorunlar oluşturmaktadır. Özellikle dar alanlarda kullanımın, çevredekilere zarar vermemesi için operatörün oldukça sıkı bir eğitimden geçmesi kaçınılmazdır.

#### KAYNAKLAR

- Blyenburgh, P.V. 1999, **UAVS - Current Situation And Considerations For The Way Forward, Development and Operation of UAVs for Military and Civil Applications Report**, Belgium.
- Eisenbeiss, H. 2009, **UAV Photogrammetry PhD Thesis (unpublished)**, ETH Zurich Switzerland.
- Pinkney, F., Hampel D., DiPierro S., Abbe B.S., Sheha M. 1997, **UAV Communications Payload Development**, MILCOM 97 Proceedings Volume: 1, 2-5 November 1997, pp. 403-407.
- Karakış, S. 2011, **Küçük Alanlarda Model Uçaklarla Haritalama Amaçlı Veri Üretim Olanaklarının Araştırılması**, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeodezi ve Fot. Müh. Böl. ABD Doktora Tezi, Zonguldak.