

İHA ve Hava Kameralı Uçak İle Havadan Alınan Görüntüler Sonucu Elde Edilen Ürünlerin Karşılaştırılması

Yasemin KILIÇ^{1*}, Kübra EKİNCİ², Dr. Akın KISA³

¹Harita Mühendisi, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara yasemin.kilic@csb.gov.tr

²Uzman Yardımcısı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara kubra.ekinci@csb.gov.tr

³Daire Başkanı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Coğrafi Bilgi Sistemleri Genel Müdürlüğü, Ankara akin.kisa@csb.gov.tr

Özet

Birçok meslek alanında istenildiği gibi haritacılık kullanım alanında da hassasiyeti yüksek verilerin hızlı bir şekilde üretilmesi istenilmektedir. Fotogrametri, harita yapımında yüksek hassasiyetli arazi modelleri ve ölçülebilen detay sayısının fazlalığı gibi bir çok avantaj sağlamaktadır. Gelişen teknoloji ile beraber İnsansız Hava Araçları (İHA) Fotogrametri ve Uzaktan Algılama çalışmalarında kendine önemli bir yer bulmuştur. Bu platformda herhangi bir oturan pilot bulunmadığından cihazın kontrolü çeşitli uzaktan bağlantı platformları ile sağlanmaktadır. (Bluetooth, remote connection vb.) İHA'ların özellikle küçük bölgelerde hızlı, hassas ve düşük maliyetle çalıştığı için kaçak yapılaşmada, kıyı kenar tespitinde, köy yerleşik alanlarının tespitinde, büyük ölçekli harita üretiminde ve doğal sit alanları takibi gibi birçok alanda tercih edildiği görülmüştür.

Isparta – Aksu bölgesinde sayısal hava kamerası bulunan uçak ile yer örnekleme aralığı 10 cm olan havadan görüntü alımları yapılmıştır. Aynı alanda İHA kullanarak yer örnekleme aralığı 5 cm olan görüntü alımı da gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada her iki platformdan alınan görüntülerden üretilen gerçek ortofoto görüntüleri, sayısal yüzey modelleri ve nokta bulutlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler

True Ortofoto, Uzaktan Algılama, İHA, Fotogrametri,

ABSTRACT

As in many disciplines, rapid production of highly accurate data is an essential requirement in mapping sector. Photogrammetry provides many advantages in map production such as very accurate terrain models and redundancy in measurable details. With the help of improving technology, Unmanned Air Vehicles (UAV) have taken an important place in the Photogrammetry and Remote Sensing studies. In this platform, no pilot exists and the control is ensured using various remote control methods (Bluetooth, remote connection etc.). Since UAVs are fast, accurate and low-cost to operate particularly in small areas, they are preferred to be used in many applications such as determining illegal housing, locating coastal line, determining village settlements, producing large scale maps and monitoring natural protected areas.

Aerial data acquisition has been made with a digital aerial camera mounted on an airplane in Isparta – Aksu region (GSD = 10 cm). In the same region, data acquisition with UAV has been performed as well (GSD = 5 cm). In this study, comparison of true orthophotos, Digital Surface Models (DSM) and point clouds produced from images taken by two different platforms is done.

Keywords

True Orthophoto, Remote Sensing, UAV, Photogrametry,

1. GİRİŞ

Gelişen teknoloji ile uçak ve uçak kamera sistemi kullanılarak hassasiyeti yüksek veriler elde edilmekte ve bu veriler birçok alanda kullanılmaktadır. Özellikle kamera özelliklerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesiyle İnsansız hava aracının kullanımı yaygınlaşmıştır. Ayrıca İnsansız hava araçları otomatik pilot ve GPS IMU sistemlerine sahiptir. Bu sistem sayesinde verinin üretileceği alana dair uçuş planı önceden hazırlanmakta ve uçuş otomatik olarak yapılabilmektedir. GPS IM' lar sayesinde görüntü alımı sırasında İHA da meydana gelen dönüklükler belirlenebilmektedir.

İHA lar kullanılarak yapılan veri toplama işlemi klasik hava fotogrametrisinde yapılan yöntem gibi, bir uçuş planı doğrultusunda gerçekleşmektedir. DASK kapsamında yürütülen True-Ortofoto Üretim İş projesinde bazı bölgelerde çeşitli sebeplerden dolayı uçuşlar yapılamamıştır. Uçağın giremediği bu bölgelerde İHA ile görüntü alımı yapılmıştır. Bu yüzden her iki üretim şeklinin karşılaştırılması adına bir test çalışmasının yapılması uygun görülmüştür.

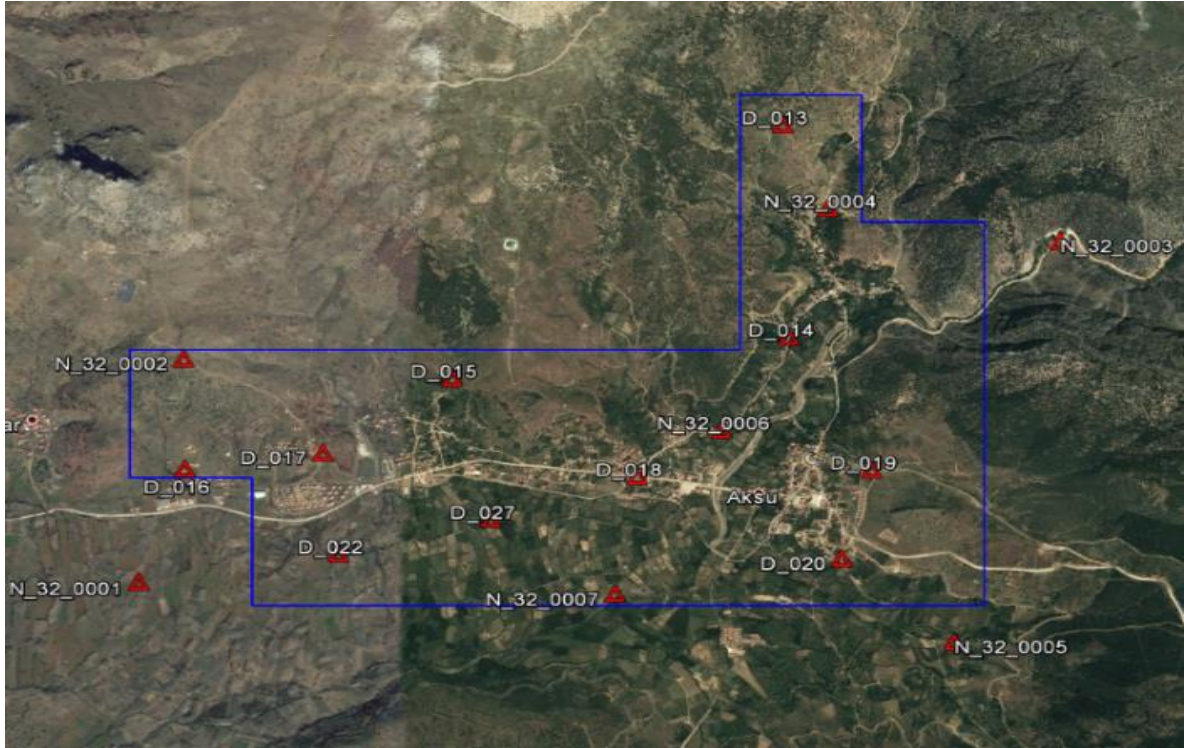
* Sorumlu Yazar E-posta: yasemin.kilic@csb.gov.tr (Yasemin Kılıç)

2. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı olarak Isparta- Aksu bölgesi seçilmiştir. Seçilen bu çalışma alanında farklı katsayılar ve değerlere sahip binalar, yollar, bitki örtüsü ve bölgelerde bulunmaktadır. Bu sayede farklı uygulama tiplerinin arazi şekilleriyle de ilişkisi irdelenmiştir. Çalışma alanı olan Isparta'nın Aksu İlçesinde İHA ve uçak platformları ve buna bağlı olarak farklı kameralar ve yazılımlar kullanılarak true ortofoto, DSM ve nokta bulutu üretimi yapılmıştır. Elde edilen ürünler farklı yöntemlerle incelenerek karşılaştırılmıştır.

3. YER KONTROL NOKTALARININ TESİS ÇALIŞMALARININ YAPILMASI

Planlama ve Jeodezi Çalışmaları: Çalışma alanı olan Isparta Aksu Bölgesine 17 adet kontrol noktası tesis edilmiştir. Noktalar çalışma alanına homojen olarak dağıtılmıştır. Bu sonuç ürünün doğruluğu ve hassasiyeti için önemlidir.



Şekil-1

4. UÇUŞUN GERÇEKLEŞTİRİLMESİ VE FOTOĞRAFLARIN ELEDE EDİLMESİ

Çalışmanın İHA ile yapılan kısmında keşif, gözlem ve ölçüm amacıyla üretilmiş Quest UAV Q200 (Şekil-3) ve Sony-A600 SLR dijital kamera (Şekil-2) kullanılmıştır. İHA 5 kg olup 1500 metre maksimum yükseklikten uçuş ve ortalama 60 dakika havada kalma süresine sahiptir. Yer Örnekleme Aralığı piksel başına 1.5cm'ye kadar inebilmektedir. Sony-A600 SLR ise etkin 24 MP ve 4000x3000 çözünürlüğünde fotoğraf üretebilme kapasitesine sahiptir. Elde edilen fotoğraflarda cihaz üzerinde entegre olarak bulunan GPS sayesinde RTK ölçümüyle fotoğraf koordinatları elde edilir. Bu sayede Yer Kontrol Noktaları ile dengeleme yapılarak daha hassas bir ölçüm elde edilebilmektedir.

Çalışmanın uçak ile yapılan kısmında fotogrametrik ölçüm için yapılan operasyonlar için donatılmış özelliklerle modifiye edilen, CESSNA T260H (Şekil-4) model numaralı uçak ve UltraCam-X dijital kamera (Şekil-5) kullanılmıştır. Kamera, 14.430x9420 piksel çözünürlüğe sahip olup, 500 metreden 3.2 cm, 300 metrede yükseklikten 2.2 cm Yer Örnekleme Aralığı sağlayabilmektedir.

Uçuş gerçekleştirildikten sonra elde edilen fotoğraflar analiz edilmiştir. Fotogrametrik harita yapımı için uygun olmayan fotoğraflar ayıklandıktan sonra üretim aşamasına geçilmiştir.



Şekil-2



Şekil-3



Şekil-4



Şekil-5

5. FOTOGRAMETRİK YAZILIMLAR VE FOTOĞRAFLARIN İŞLENMESİ

Tamamlan uçuşlardan sonra ayıklanan üretim için kullanılacak fotoğraflar yeni bir klasörde toplanmıştır. Cihaz üzerindeki GPS verilerinden yararlanarak fotoğraflara koordinat verileri eklenmiştir.

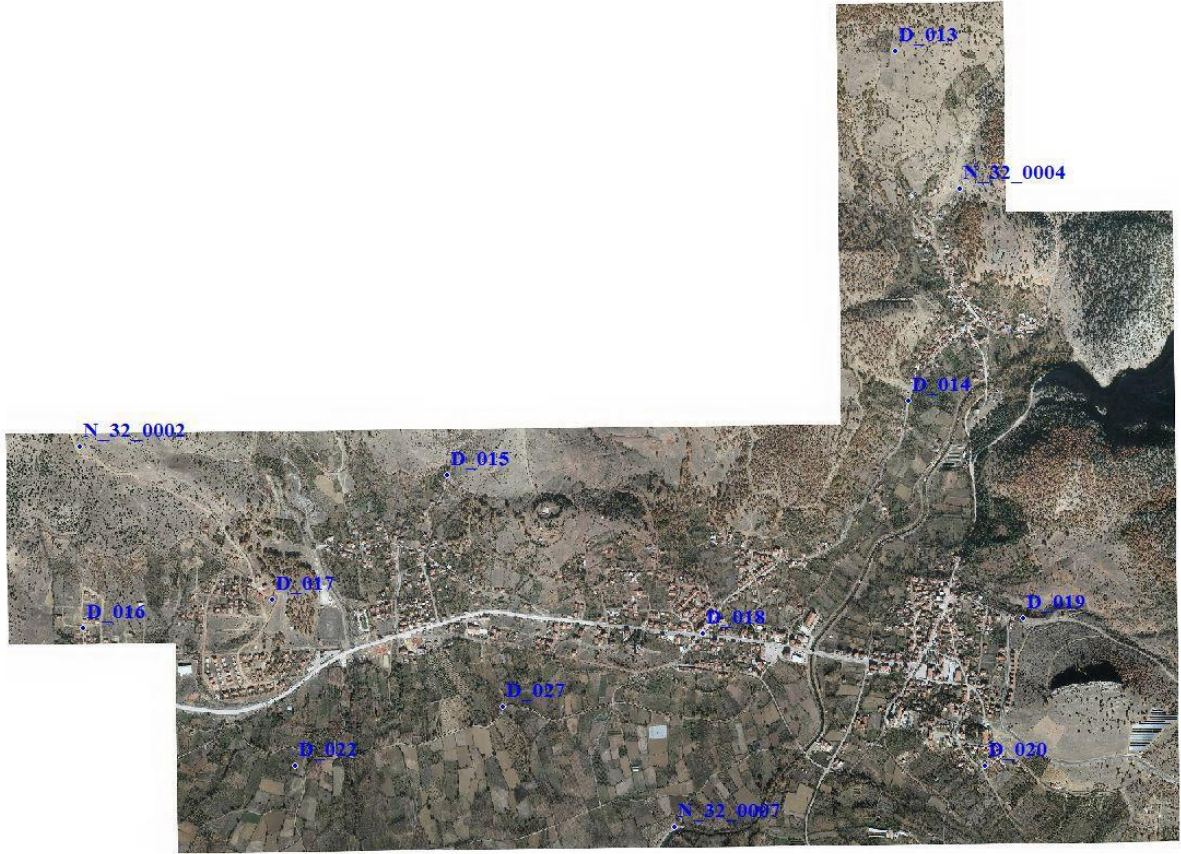
İHA ile çekilen görüntüler ile ortofoto üretimi aşamasında AGISOFT programı kullanılmıştır. Yazılım havai nirengi dengelenmesini, yükseklik verilerinin toplanmasını ve ortofoto üretimini otomatik olarak gerçekleştirmektedir. Toplam 760 fotoğraf kullanılmıştır.

6. SONUÇ ÜRÜNLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

İnsansız Hava Aracından elde edilmiş görüntüler ile Gerçek (True) Ortofoto, DEM ve nokta bulutu üretimleri gerçekleştirilmiştir. Böylece İnsansız Hava Aracı için geliştirilen AGISOFT yazılımı ile Hava Kameralı Uçak için geliştirilen SURE yazılımı karşılaştırılmıştır.

6.1. Gerçek (True) Ortofotoların Karşılaştırılması

True Ortofoto : Ortofotolarda yüksekliği olan objelerin düşey olarak (ortogonal) çekilememesinden kaynaklanan sebeple dış sınırlarının farklı bir konumda çıkması ve bununla birlikte ortaya çıkan kayıp alanların giderilmesi için çeşitli açılardan çekilmiş farklı fotoğraflar ve DSM kullanılarak ortogonal hale getirilen ortofotolardır.



Şekil -6 Hava kameralı uçaktan çekilen fotoğraflarla üretilen true ortofoto



Şekil -7 İHA ile çekilen fotoğraflarla üretilen true ortofoto



Şekil-8 Hava Kameralı uçak ile elde edilen görüntü



Şekil-9 İHA ile elde edilen görüntü



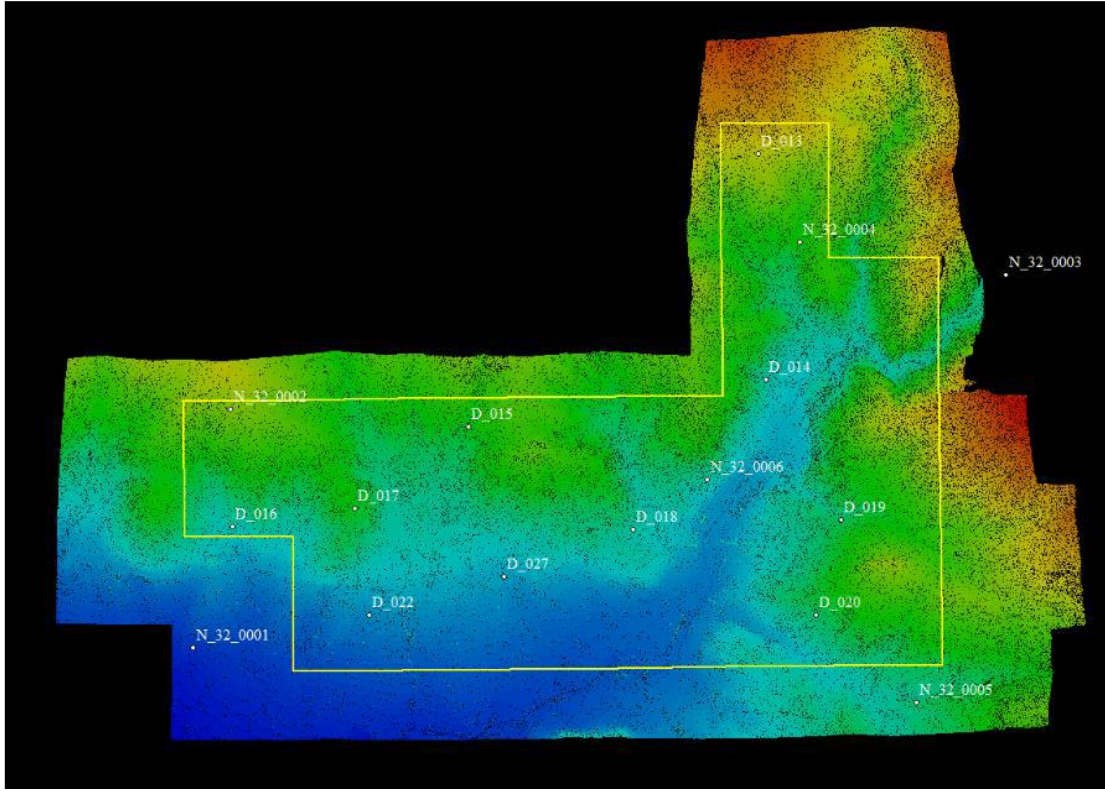
Şekil-10 Üretilen ortofotoların bindirmeli bir şekilde karşılaştırılmış görüntüsü

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda aynı Yer Kontrol Noktaları ilke üretilen iki farklı True Ortofoto arasında konumsal doğruluğun ve görsel açıdan bütünlüğün sağlandığı görülmüştür.

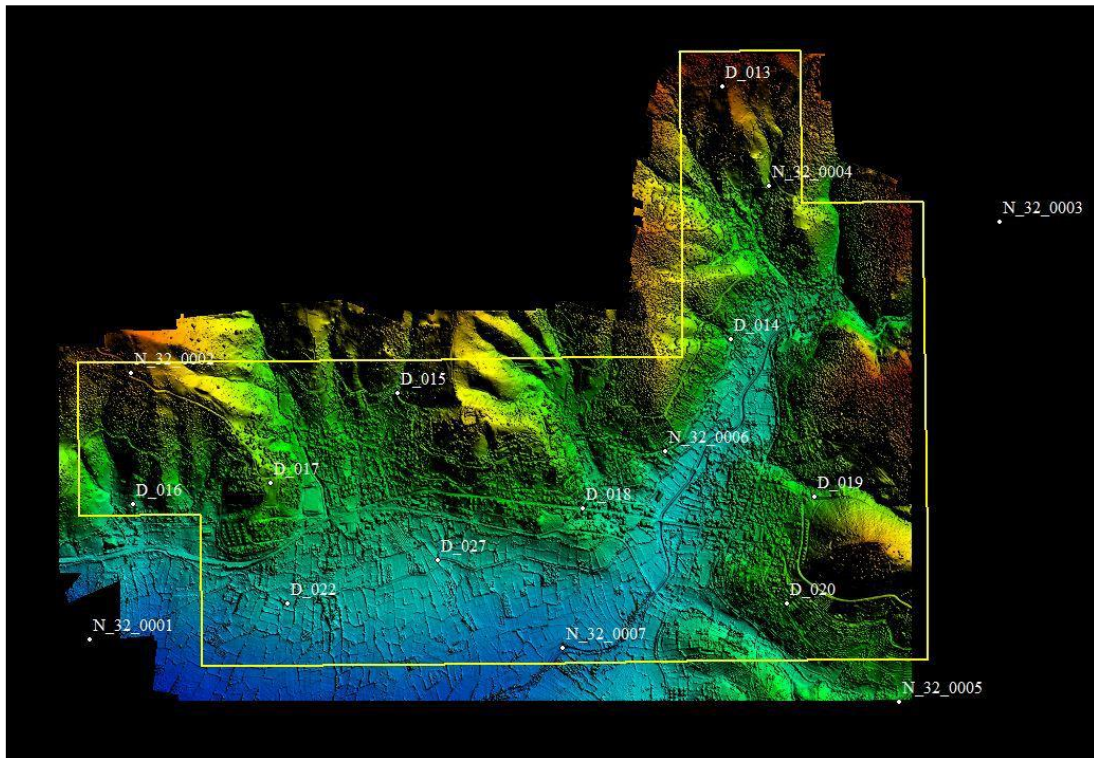
6.2 DSM (Sayısal Yükseklik Modeli) Karşılaştırılması

Sayısal Yüzey Modeli: Yeryüzüne ait konum ve yükseklik bilgilerinden elde edilen, yalın arazi yüzeyinin yanında bitki örtüsü, ağaç, bina, vb. diğer tüm objelerin de dahil edildiği matematiksel bir yüzeydir. Bu modeller, 3 Boyutlu Kent Modeli, sivil havacılık, silüet analizleri gibi çalışma alanlarının yanında topografya ile ilişkisi olan tüm birimlerin temel ihtiyaçlarını oluşturmaktadır.

Sonuç ürünü olarak elde edilen DSM'ler Global Mapper programında açılarak, üretim için kullanılan YKN'lerin DSM 'den yükseklik verileri (H- Ortometrik) okunmuş ve üretim esnasında kullanılan (hesaplanan) Ortometrik Yüksekliklerle farklı alınarak DSM kontrolü sağlanmıştır. Elde edilen farklar karşılaştırılmıştır.



Şekil -11 Uçaktan gelen görüntülerden üretilen DSM'in Global Mapper programında, YKN ve Tahdit (Bölge Sınırı) ile birlikte genel görünümü.



Şekil-12 İHA'dan gelen görüntülerden üretilen DSM'in Global Mapper programında, YKN ve Tahdit (Bölge Sınırı) ile birlikte genel görünümü.

TRUE ORTOFOTO - DSM KONTROLÜ						
NOKTA ADI	SAĞA	YUKARI	DSM_H.ORT	H.ORT	H.ORT FARK	TEST
N_32_0002	591597.697	4186455.708	1362.477	1362.538	-0.061	UYGUN
N_32_0004	594497.303	4187307.526	1281.700	1281.742	-0.042	UYGUN
N_32_0007	593559.597	4185202.011	1206.744	1206.775	-0.031	UYGUN
D_013	594287.452	4187759.969	1393.354	1393.353	0.001	UYGUN
D_014	594328.570	4186606.272	1234.223	1234.130	0.093	UYGUN
D_015	592810.182	4186364.612	1276.341	1276.355	-0.014	UYGUN
D_016	591609.024	4185857.543	1231.839	1231.924	-0.085	UYGUN
D_017	592231.613	4185952.135	1274.507	1274.271	0.236	UYGUN
D_018	593651.210	4185839.976	1231.341	1231.324	0.017	UYGUN
D_019	594708.932	4185889.502	1258.964	1258.905	0.059	UYGUN
D_020	594580.354	4185403.762	1249.907	1249.896	0.011	UYGUN
D_022	592307.642	4185405.339	1214.114	1214.105	0.009	UYGUN
D_027	592993.911	4185600.105	1218.314	1218.095	0.219	UYGUN
RMS					0.095	

Şekil-13 Uçaktan gelen görüntülerle üretilen DSM'den okunan yükseklik verisi ile hesaplanan yükseklik verisinin karşılaştırma tablosu.

TRUE ORTOFOTO - DSM KONTROLÜ						
NOKTA ADI	SAĞA	YUKARI	DSM_H.ORT	H.ORT	H.ORT FARK	TEST
N_32_0002	591597.697	4186455.708	1362.477	1362.496	-0.019	UYGUN
N_32_0004	594497.303	4187307.526	1281.700	1281.714	-0.014	UYGUN
N_32_0007	593559.597	4185202.011	1206.744	1206.834	-0.090	UYGUN
D_013	594287.452	4187759.969	1393.354	1393.360	-0.006	UYGUN
D_014	594328.569	4186606.272	1234.223	1234.279	-0.056	UYGUN
D_015	592810.182	4186364.612	1276.341	1276.285	0.056	UYGUN
D_016	591609.024	4185857.543	1231.839	1231.871	-0.032	UYGUN
D_017	592231.613	4185952.135	1274.507	1274.495	0.012	UYGUN
D_018	593651.210	4185839.976	1231.341	1231.342	-0.001	UYGUN
D_022	592307.642	4185405.339	1214.114	1214.104	0.010	UYGUN
D_027	592993.911	4185600.105	1218.314	1218.261	0.053	UYGUN
RMS					0.041	

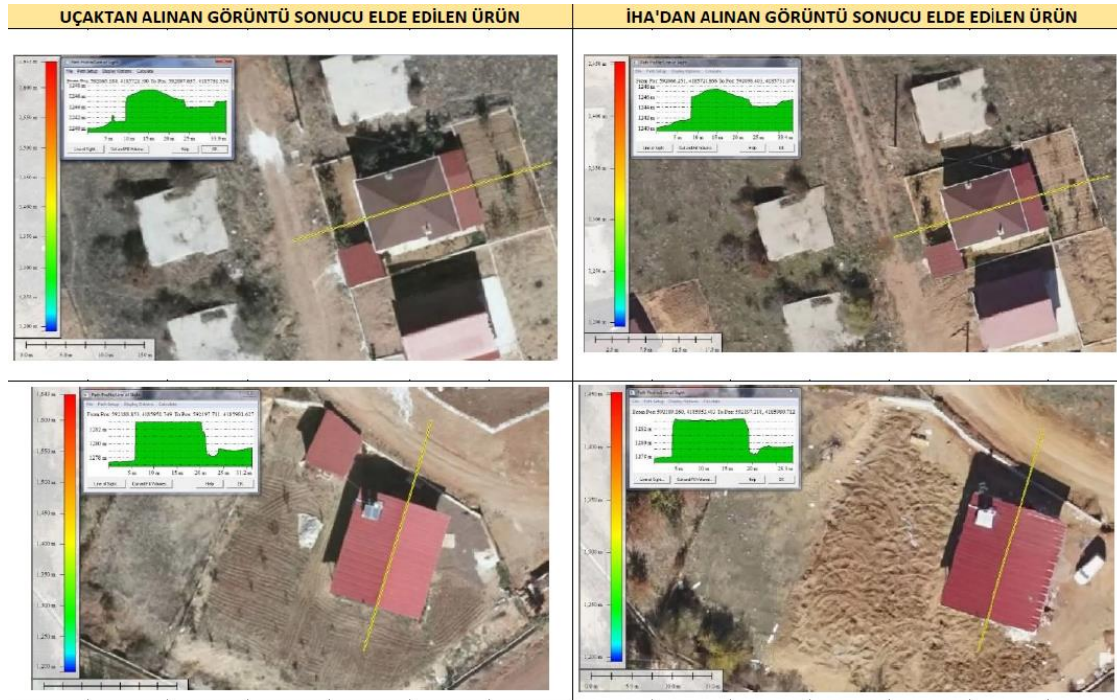
Şekil -14 İHA'dan gelen görüntülerle üretilen DSM'den okunan yükseklik verisi ile hesaplanan yükseklik verisinin karşılaştırma tablosu.

DSM KONTROL FARKLARININ KARŞILAŞTIRILMASI				
NOKTA ADI	UCAK_H.ORT_FARK	İHA_H.ORT_FARK	H.ORT FARK	TEST
N_32_0002	1362.538	1362.496	0.042	UYGUN
N_32_0004	1281.742	1281.714	0.028	UYGUN
N_32_0007	1206.775	1206.834	-0.059	UYGUN
D_013	1393.353	1393.360	-0.007	UYGUN
D_014	1234.130	1234.279	-0.149	UYGUN
D_015	1276.355	1276.285	0.070	UYGUN
D_016	1231.924	1231.871	0.053	UYGUN
D_017	1274.271	1274.495	-0.224	UYGUN
D_018	1231.324	1231.342	-0.018	UYGUN
D_022	1214.105	1214.104	0.001	UYGUN
D_027	1218.095	1218.261	-0.166	UYGUN
RMS			0.094	

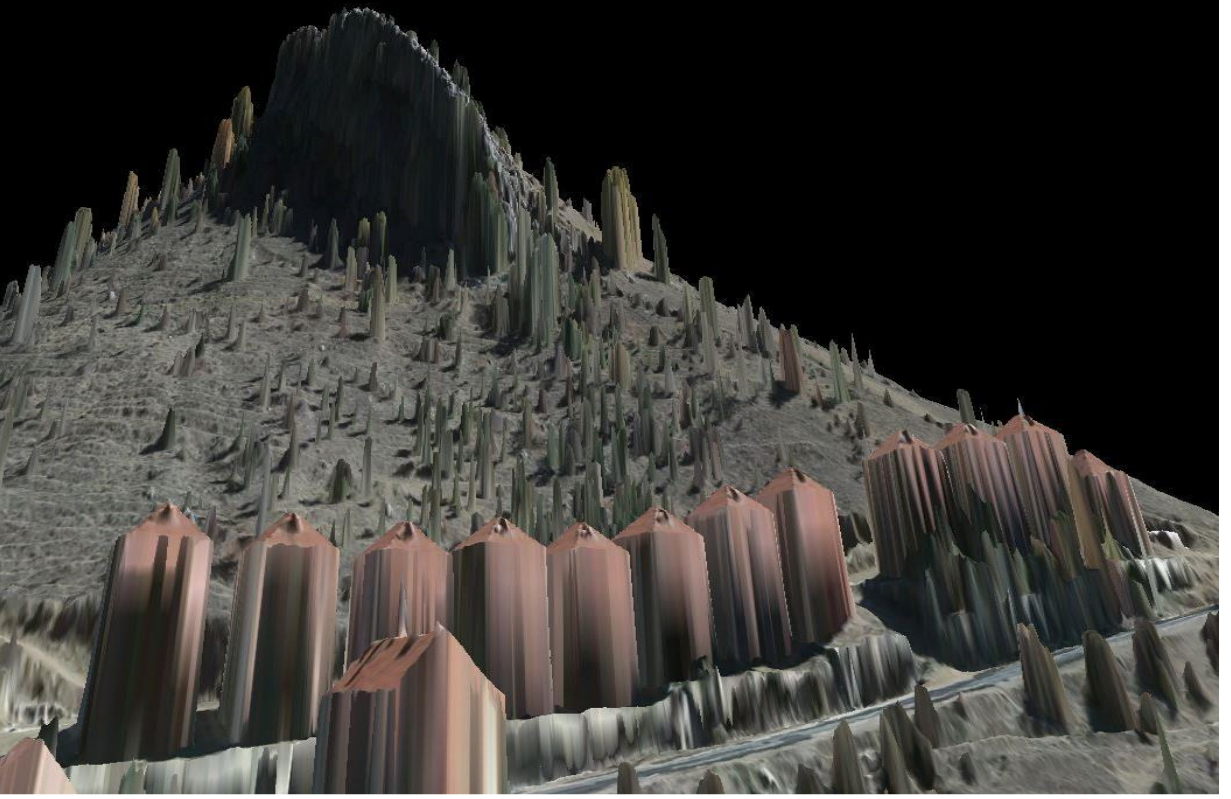
Şekil-15 DSM kontrol farklarının karşılaştırılması ve standart sapması.

6.4 Kesit Karşılaştırılması

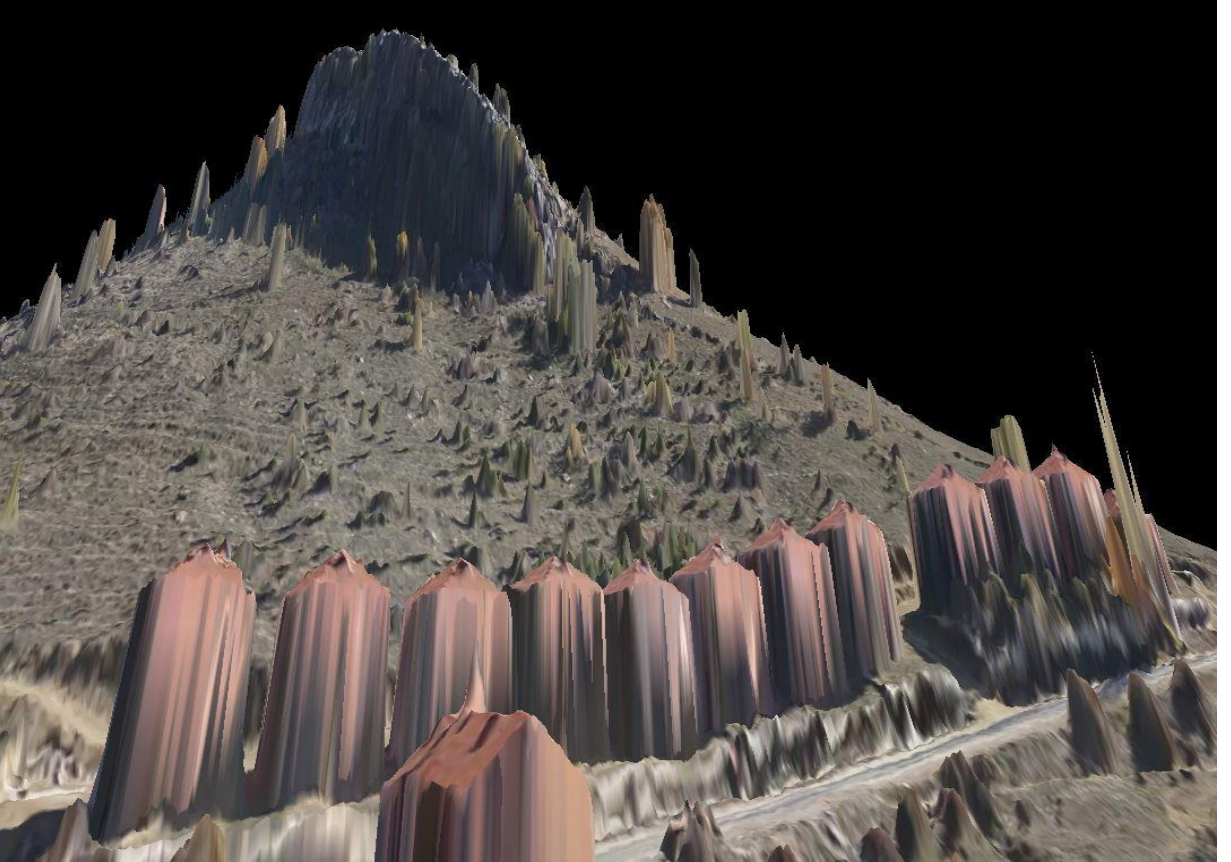
Kesit görünüm, bir cismin kesildiği varsayılarak, görünmeyen iç kısımlarının görünür olarak ifade ediliş şeklidir. Sonuç ürünü olarak elde edilen DSM ve True-Ortofotolar iki ayrı Global Mapper programında üst üste açılarak, aynı binalar için kesit alınmıştır. Kesit grafiği ve tablolarda yer alan yükseklik verileri karşılaştırılmıştır. Ayrıca bölgeye rastgele kesitler atılmış ve her iki üretimle karşılaştırılmıştır.



Şekil -16 İki farklı üretim için DSM ve True Ortofotodan alınan kesit tablosu



Şekli-17 Uçaktan çekilen görüntülerin Global Mapper programında elde edilmiş üç boyut (3D) görüntüsü



Şekil-18 IHA'dan çekilen görüntülerin Global Mapper programında elde edilmiş üç boyut (3D) görüntüsü

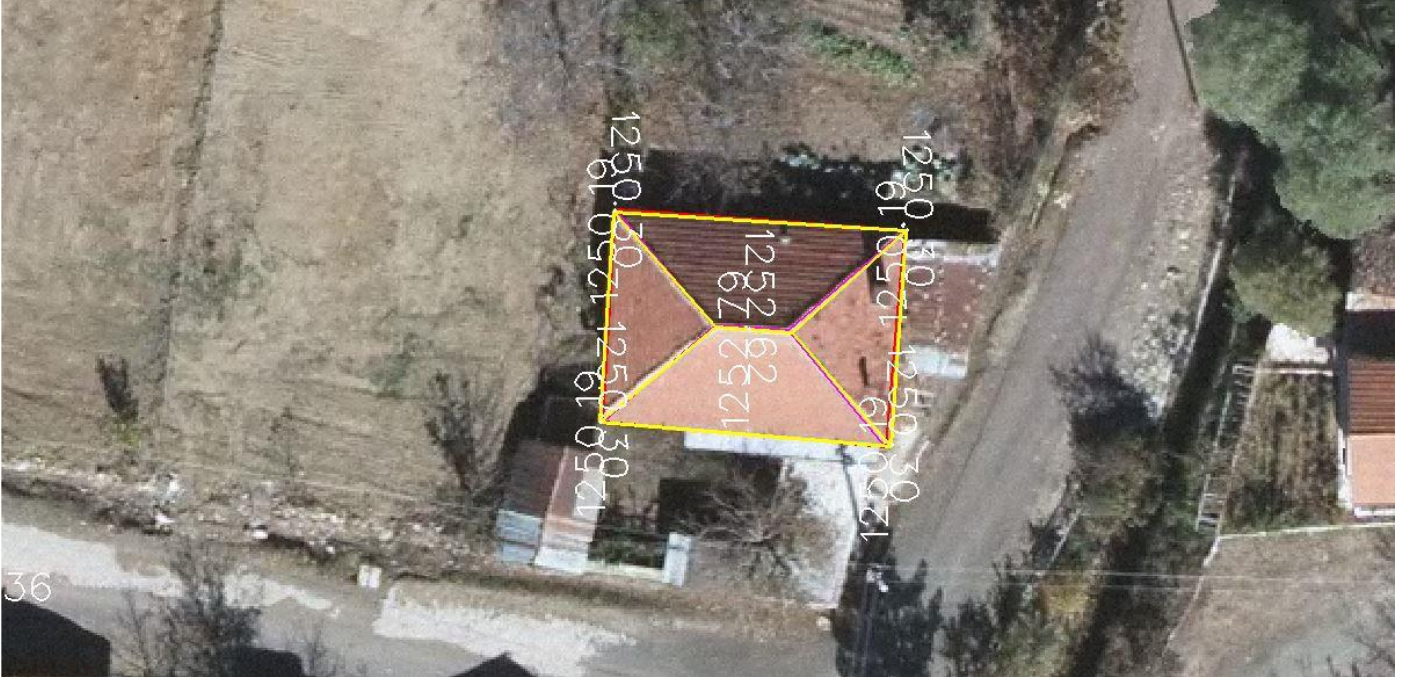
Alınan kesit grafikleri ve sonuçları karşılaştırıldığında konumsal doğruluğun sağlandığı, yükseklik farklarının hata sınırları içerisinde kaldığı ve üç boyutlu görünümlerin birbirleriyle bütünlük sağladığı görülmüştür.

6.5 Stereo Karşılaştırılması

İHA'dan ve Uçaktan alınan hava fotoğraflarının ayrı ayrı dengelenmesi sonucunda elde edilen dış yöneltme parametreleri (EO), kamera parametreleri ve hava fotoğrafları kullanılarak iki ayrı stereo model oluşturulmuştur. Operatörlere oluşturulan bu modellerde aynı bölgede stereo çizim yaptırılmış ve bu çizimler karşılaştırılmıştır.



Şekil-19 Stereo Karşılaştırılması



Şekil -20 Bindirilmiş Stereo Karşılaştırılması

7. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

İHA ve uçaktan alınan hava fotoğrafları ile iki ayrı şekilde 1/1000 ölçeğinde True-Ortofotosu üretilen Isparta-Aksu Bölgesi'nde yapılan kontroller ve karşılaştırmalar sonucunda aynı YKN'lerle üretilen iki ürün arasındaki görsel, konumsal ve yükseklik farklarının kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre gerekli durumlarda, ülke sınırlarına yakın olan bölgelerde, normal uçakla fotoğraf alımının yasak olduğu askeri bölgelerde İHA kullanımında bir sakınca görülmediği tespit edilmiştir.

Ayrıca yapılan bu çalışmada zaman, hassasiyet, iş yükü, kullanılabilirlik vb. kriterler açısından hazırlanan karşılaştırma tablosu aşağıda verilmiştir.

Tablo-1 Karşılaştırma Tablosu

KARŞILAŞTIRMA TABLOSU	İHA Görüntüleri ile Gerçekleştirilen Fotogrametrik Çalışmalar	Hava Kameralı Uçak Görüntüleri ile Gerçekleştirilen Fotogrametrik Çalışmalar
Görüntü Alım Donanımı	Daha Ucuz	Daha Pahalı
Görüntü İşleme Yazılımı	Daha Ucuz	Daha Pahalı
Fotogrametrik Nirengi	Otomatik	Otomatik
Ortofoto Üretimi	Otomatik	Otomatik
Ortofoto Mozaik Üretimi	Otomatik	Otomatik

Kullanılabilirlik	Küçük alanlarda daha verimli	Büyük alanlarda daha verimli
Hassasiyet	BÖHHBÜY'ne uygun	BÖHHBÜY'ne uygun
Zaman	Küçük alanlarda daha kısa zamanda üretim imkanı sağlar.	Daha fazla zaman gerektirir
İş Yüğü	Büyük alanlarda daha fazla görüntü ile çalışmak iş yükünü artırmakta ve kontrolü azaltmaktadır.	Daha az fotoğraf ile çalışıldığı için daha kontrollüdür ve iş yükü daha azdır

Kaynaklar

Li, X.J., Damen, M.C.J., 2010, *Coastline change detection with satellite remote sensing for environmental management of the Pearl River Estuary, China, Journal of Marine Systems*,

O. Shakernia, R. Vidal, C. S. Sharp, Y. Ma and S. S. Sastry, "Multiple-view motion estimation and control for landing an unmanned aerial vehicle", *Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation*,

Uğur AVDAN, Emre ŞENKAL, Resul ÇÖMERT Serhan TUNCER *Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2016)*, 5-7 Ekim 2016, Adana

V. Yılmaz, A. Akar, Ö. Akar, O. Güngör, F. Karşı, E. Gökalp *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013)*, 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon.

URL-1 <https://www.csb.gov.tr/turkce/index.php>