

[972]

İHA İLE FOTOGRAMETRİK VERİ ÜRETİMİ

İlgin ÖZEMİR¹, Melis UZAR²

Harita Mühendisi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 34349, İstanbul, ilginozemir@gmail.com

²Yrd. Doç. Dr., Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, 34220, İstanbul, auzar@yildiz.edu.tr

ÖZET

İnsansız Hava Aracı (İHA) bir uçuş planına bağlı olarak ya da olmayarak otomatik / yarı-otomatik / manuel hareket edebilen bir araçtır. Bununla birlikte İHA, başka bir araç ya da kontrol istasyonu içerisindeki bir pilot tarafından uzaktan kumanda edilerek uçurulan bir veri toplama platformudur. İHA platformları, günümüzde fotogrametrik veri üretimi için farklı disiplinlerin ve farklı uygulama alanlarında denetim, gözetim ve analiz yapmaya olanak veren önemli bir veri kaynağıdır. Gelişen fotogrametrik sensör, platform ve uzaktan algılama teknolojileri sayesinde İHA, klasik hava fotogrametrisine göre yüksek mekansal ve zamansal çözünürlük olanaklarını sağladığı için gittikçe yaygınlaşan bir platformdur. İHA' ların fotogrametrik veri üretimi amacıyla kullanılması ile hızlı analiz ve düşük maliyet sağlanmaktadır.

Bu çalışmada, İHA ile Gaziantep 5. Organize Sanayi Bölgesinde fotogrametrik veri üretimi için veriler işlenmiş ve doğruluk analizi yapılmıştır. Bu çalışmadaki veriler, 78.3 hektar alanda kamera kalibrasyonu yapılmış 16.3644 mm odak uzaklığı ve 14.2 MP mekansal çözünürlüğe sahip Sony NEX-5 marka kamera monte edilmiş İHA ile elde edilmiştir. İHA platformu kullanılarak 435 adet hava fotoğrafı elde edilmiştir. Verilerin işlenmesi için gerekli olan 4 adet Yer Kontrol Noktasının (YKN), TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak GRS 1980 elipsoid datumunda 3 derecelik Türkiye Ulusal Referans Sistemi' nde, 36. dilimde, epok 2005' te projeksiyonlanmış (ITRF96 evrensel olarak EPSG:5256) koordinatlarının ölçülüp, girilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada elde edilen hava fotoğrafları işlenmiş ve Yer Örnekleme Mesafesi (YÖM) 3.53 cm olan ortofoto ve YÖM 7.06 cm olan Sayısal Yüzey Modeli (SYM) üretilmiştir. Üretilmiş olan fotogrametrik verilerin doğruluğunun araştırılması için GNSS ölçme tekniği ile elde edilen veriler işlenmiş ve doğruluk analizi yapılmıştır.

Anahtar Sözcükler: İHA, Ortofoto, SYM

ABSTRACT

THE GENERATION OF PHOTOGRAMMETRIC DATA WITH UNMANNED AERIAL VEHICLE

Unmanned Aerial Vehicle (UAV), is a vehicle which can stick to flight plan or not, can be operated autonomously / semi-autonomously / manuel. At the same time UAV is a data collecting platform which can be commanded and be flighted by a pilot with a vehicle or ground control station. UAV platforms, are valuable data source which enables surveillance, control and analysis in different disciplines and different application areas nowadays to generate of photogrammetric data. UAV by means of developing photogrammetric sensors, platforms and remote sensing technologies UAV is a platform that is becoming increasingly common because it provides opportunities for high spatial and temporal resolution compared to the classical aerial photogrammetry. UAVs provide rapid analysis and accordingly saving time and low cost to generate instant data and to monitor photogrammetric data generation. Rapid analysis and cost savings are achieved by using UAVs for generating photogrammetric data.

In this study, considering all these advantages, the data was processed and accuracy analysis was made to generate photogrammetric data with UAV in Gaziantep 5th Organized Industrial Site. In this study, data collecting was performed in 122 m height, was covered by 78.3 hectare area with using UAV which has a 16.22 mm focal length and 14.2 MP spatial resolution Sony Nex-5 camera mounted. Obtaining 435 aerial photos was performed by UAV. 4 pieces Ground Control Points (GCP), which was required to process the data, was measured, projected and entered coordinates by connecting TUSAGA-Active network in GRS1980 ellipsoid datum, in 3 degrees Turkey's National Reference System (ITRF96, universally EPSG:5256), in 36th Zone in epochs 2005. Aerial photos obtained from this study was processed and generated orthophoto with 3.53 cm Ground Sample Distance (GSD) and Digital Surface Model (DSM) with 7.06 cm GSD. The data was obtained by GNSS measurement technique was processed and made accuracy analysis to search the accuracy of photogrammetric data.

Key Words: DEM, Orthophoto, UAV

1.GİRİŞ

Günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte fotogrametri, uzaktan algılama, fotogrametrik algılayıcılar ve taşıma platformları hızlı bir şekilde gelişmektedir. 1858' den beri farklı platformlar kullanılarak elde edilen fotogrametrik veriye alternatif olarak İnsansız Hava Aracı (İHA) platformu 1970'lerde ortaya çıkmıştır (Newhall, 1969),

(Whittlesley, 1970). 1970'li yıllardan günümüze kadar modern teknoloji ile gelişen balon, zeplin, model helikopter/uçak, döner/sabit kanatlı İHA geliştirilmiş ve anlık görüntüleme, analiz, denetleme amacıyla harita üretimi ile bilimsel açıdan katkı sağlamaya başlamıştır.

Fotogrametri ve uzaktan algılamanın yanı sıra bilgisayar bilimleri, robotik ve yapay zeka topluluklarında yaygın olarak kullanılan İHA terimi, bir uçuş planına bağlı olarak/olmayarak otomatik, yarı otomatik ya da manuel hareket edebilen veya istasyondan bir pilot tarafından uzaktan kumanda edilerek uçurulan bir ölçüm aracıdır (Döner vd., 2014), (Eisenbeiss, 2009). İHA platformu; sayısal kamera, GPS/INS entegrasyonundan oluşan bir sistemdir (Eisenbeiss, 2003). İHA platformu denetim, gözetim, harita üretimi ve 3 boyutlu modelleme konularında değerli bir veri kaynağı olarak kullanılabilir (Nex ve Remondino, 2013). Aynı zamanda İHA'lar, fotogrametrik veri üretimi amacıyla anlık veri üretimi ve görüntülenmesini, hızlı veri analizi ve buna bağlı olarak zaman ve maliyet tasarrufu sağlamaktadır. İHA, klasik hava fotogrametrisi ve uydu görüntüleri ile yapılan uzaktan algılamaya göre düşük maliyet ve daha düşük irtifadan uçuşu sebebiyle daha yüksek çözünürlük olanaklarını sağladığı için gittikçe yaygınlaşan bir platformdur. Tüm bu sağladığı avantajlar ele alındığında İHA ile fotogrametrik veri olan 3 boyutlu nokta bulutu, Sayısal Yüzey Modeli (SYM), ortofoto ve 3 boyutlu model üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Hava fotoğrafların sahip olduğu eğiklik, dönüklük ve diferansiyel alanlarda yükseklik etkileri giderilmiş, ölçeklendirilmiş, dik izdüşüm haline getirilmesi ile oluşan bir harita ile aynı geometrik niteliklerine sahip görüntülere ortofoto denilmektedir (Yastıklı, 2009). Arazinin son durumu hakkında bilgiyi bir koordinat sisteminde sunan ortofoto altlık veri olarak kullanılabilir. Ortofotonun üretilmesi için 3 boyutlu nokta bulutu ve Sayısal Yüzey Modeli üretilmesi gerekmektedir. Bina, ağaç, kule ve diğer objelerin yüzeyine ilişkin arazi üzerindeki konumu ve yükseklik bilgisini içeren Sayısal Yüzey Modeli ise 3 boyutlu nokta bulutu verisinin katı modele dönüştürülmesini takiben üretilmektedir. Bu çalışmada 3 boyutlu nokta bulutu üretimi için her fotoğraftaki ortak piksellerin eşlenmesi sağlanmıştır. Ortak piksellerin eşlenmesi için modern bir yöntem olan yoğun görüntü eşleme yöntemi kullanılmıştır. Yoğun görüntü eşleme yönteminde eşlenen pikseller arasındaki farklılıkların ölçülmesi yoluyla radyometrik farklılıkların ve gürültünün modellenmesi yapılmaktadır (Hirschmüller, 2011; Yastıklı, 2014). Bu çalışmada İHA sistemi kullanarak; fotogrametrik veri üretimi, işlenmesi, harita üretimi ve elde edilen bilgilerin değerlendirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi hedeflenmektedir. Veri işlenmesi sonucunda fotogrametrik yöntem ile veri üretimi (Sayısal Yüzey Modeli, 3 Boyutlu Model, ortofoto) sağlanmaktadır. İlk aşamada proje parametrelerine bağlı olarak otonom uçuş planlaması yapılmaktadır. İkinci aşama veri toplama aşamasıdır. Son aşaması ise elde edilen verilerin iş istasyonunda işlenmesinden oluşmaktadır.

2.İHA İLE FOTOGRAMETRİK VERİ ÜRETİMİ

2.1.Çalışma Alanı ve Kullanılan Veriler

Çalışma alanı Gaziantep ili, Şehitkamil ilçesinde, Adana-Şanlıurfa otoyolu üzerindeki Gaziantep 5. Organize Sanayi Bölgesi'ne ait 78.3 hektarlık bir bölgedir. Bu çalışmada gerekli olan ham veriler Piksel Harita tarafında temin edilmiştir. Bu verilerin elde edilmesi aşamasında firmanın kendi yapımı olan sabit kanatlı İHA kullanılmıştır. Ayrıca bu İHA platformunda, 14.2 MP tam kare Exmor APS-C HD CMOS sensörlü 16mm (kalibre edilmemiş hali) Sony Nex - 5 kamera kullanılmıştır (Şekil 1). Şekil 2'de çalışma alanı ve İHA Uçuş Planı için tanımlanan alan Google Earth üzerinde gösterilmiştir.

Bu çalışmada İnsansız Hava Aracı ile ölçümler 78.3 hektarlık bir alan için yaklaşık olarak 32 dakika sürmüştür.. İHA uçuş planında tanımlanan fotoğraf çekim noktaları, bir başlangıç noktasına bağlı olarak sıra ile otonom olarak izlenmiştir. İHA ile uçuş tamamlandıktan sonra proje alanı içerisinde olmadan çalışma alanına yakın bir bölgeye kurulan file düzenek ile güvenli iniş işlemi tamamlanmıştır. Çizelge 1'de İHA'ya ve Çizelge 2'de sayısal kameraya ait teknik özelliklerin detayları verilmiştir. İHA sisteminde kullanılmış olan Sony Nex 5 sayısal kameranın uçuştan önce kamera kalibrasyonu yapılmıştır. Kamera kalibrasyonu sonucunda elde edilen kamera kalibrasyon parametreleri de Çizelge 3'te verilmiştir. Kamera kalibrasyon raporunda elde edilen parametre, kamera distorsiyon hataları ve standart sapmalar fotogrametrik veri üretimi için uygun olduğu saptanmıştır.



Şekil 1. Sabit kanatlı İHA ve Sony Nex 5 sayısal kamera.**Çizelge 1.** Sabit kanatlı İHA' nın teknik özellikleri.

| | |
|----------------------|--|
| Gövde ağırlığı | 1.7 kg |
| Maksimum ağırlık | 2.7 kg |
| Ortalama uçuş süresi | 20 dk 50 km/sa, maksimum uçuş süresi 40 dk |
| GPS/IMU sistemi | Var (IMU yatay sensör isz500, düşey sensör idg500) |
| Motor | Var 400 watt elektrikli |
| Paraşüt desteği | Yok |
| Otopilot | Var |
| Menzil | 20 km |

Çizelge 2. Sony Nex-5 sayısal kameranın teknik özellikleri.

| | |
|--------------------------------------|-----------------------|
| Çözünürlük | 14.2 MP |
| Tam çerçeve görüntü penceresi | Var |
| Odak uzaklığı (kalibre edilmiş hali) | 16.3644 mm |
| Piksel büyüklüğü | 5.22928µm X 5.22928µm |
| Cx | 0.01 mm |
| Cy | 0.01 mm |
| K ₁ | <0.01 |
| K ₂ | <0.01 |
| K ₃ | <0.01 |

Çizelge 3. Sony Nex 5 sayısal kameranın kalibrasyon parametreleri.

| Sony Nex 5 | | | | | |
|--|--------------------|-----------------------|--------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Nokta Sayısı | 1000 | | | | |
| Görüntü Sayısı | 10 | | | | |
| Gör.koor.KareselOrt.Hatası | 1.00 (um) | | | | |
| Sensör Boyutları | Piksel Boyutu (mm) | | | | |
| H | 4592 | 0.00522928 | | | |
| V | 3056 | 0.00522928 | | | |
| Kamera Değişkenleri | İlk Değer | Top. Dengeleme | Sonuç Değer | İlk Standart Sapma | Son Standart Sapma (mm) |
| C | 16.3644 | 0.00000 | 16.3644 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| XP | -0.2676 | 0.0000 | -0.2676 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| YP | 0.0222 | 0.0000 | 0.0222 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| K1 | 2.95507e-004 | 0.000e-000 | 2.95507e-004 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| K2 | 1.39037e-006 | 0.000e-000 | -1.39037e-006 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| K3 | 3.94594e-011 | 0.000e-000 | 3.94594e-011 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| P1 | 1.27774e-004 | 0.000e-000 | 1.27774e-004 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| P2 | 6.53556e-007 | 0.000e-000 | 6.53556e-007 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| B1 | 3.03579e-004 | 0.000e-000 | 3.03579e-004 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| B2 | 1.44668e-004 | 0.000e-000 | 1.44668e-004 | 1.0e+003 | 1.000e-003 |
| Maksimum gözlenen radyal mesafe karşılaştırıldı. | | | | | 1.000 mm |

2.2.Yer Kontrol Noktalarının Tesisi

Çalışma alanında tesis edilen Yer Kontrol Noktaları (YKN) mümkün olduğunca projenin dış köşelerine doğru homojen bir şekilde tesis edilmiştir. Arazi düze yakın topografik özelliğe sahip kabul edilebilir. Çalışma alanına 4 adet Yer Kontrol Noktası İHA uçuş planından önce tesis edilmiştir (Şekil 2). Verilerin işlenmesi için gerekli olan 4 adet YKN, TUSAGA-Aktif ağına bağlanılarak GRS 1980 elipsoid datumunda 3 derecelik Türkiye Ulusal Referans Sistemi'nde, 36. dilimde, epok 2005'te projeksiyonlanmış (ITRF96 evrensel olarak EPSG:5256) koordinatlarının ölçülüp, girilmesi ile gerçekleşmiştir. YKN koordinatları ve standart sapmaları Çizelge 4'te gösterilmiştir. Ölçülmüş olan noktaların koordinatlarının standart sapmaları bu noktaların YKN olarak kullanılabilir olduğunu göstermektedir.



Şekil 2. Çalışma alanı ve YKN' larının tesisinin Google Earth programında gösterimi.

Çizelge 4. YKN, UTM projeksiyon sisteminde ITRF-96 datumunda koordinatları ve standart sapmaları.

| Nokta No | Y (m) ± σ (m) (Sağa) | X m ± σ (m) (Yukarı) | H m ± σ (m) (Ortometrik) |
|----------|----------------------|-----------------------|--------------------------|
| P.2 | 618095.9714 ± 0.0151 | 4118124.3334 ± 0.0133 | 921.4509 ± 0.0231 |
| P.7 | 617654.4426 ± 0.0034 | 4118724.8833 ± 0.0042 | 927.3711 ± 0.0049 |
| P.13 | 617648.7531 ± 0.0054 | 4118463.7513 ± 0.0058 | 927.6308 ± 0.0081 |
| P.18 | 617973.1321 ± 0.0098 | 4117950.6015 ± 0.0087 | 924.8506 ± 0.0102 |

2.3.İHA Uçuş Planı Hazırlanması

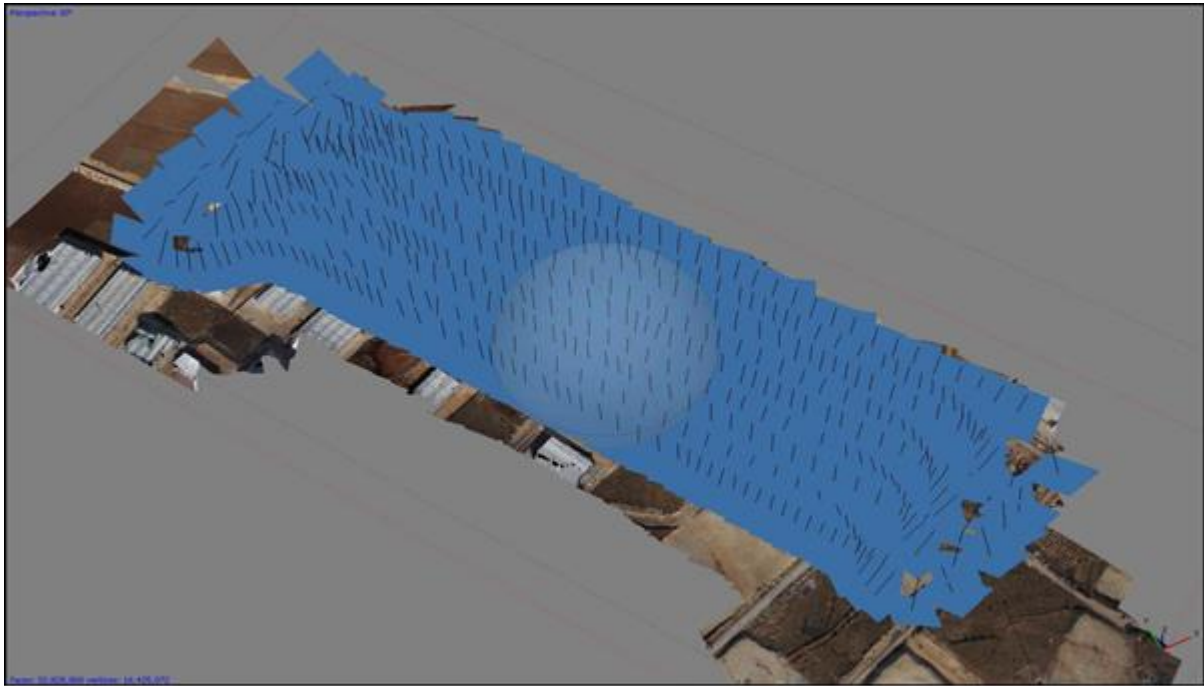
İHA uçuş planı, ilgili çalışma alanının tanımlandıktan sonra bu alana ait tüm fotoğrafların elde edilmesi gereken noktalardan geçecek şekilde hazırlanmıştır. Fotoğraf elde etme aşamasında, noktalardan geçerken bindirme oranları ile oluşturulmuş bloklar üzerinde uçuş gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, enine %80 ve boyuna %70 bindirme oranları kullanılmıştır. Bir diğer proje parametresi olan uçuş yüksekliği ise 122 metredir. Uçuş planına altlık teşkil eden Google Earth programı kullanılarak hazırlanmış uçuş planı, daha sonra uçuş kontrol paket programlarına yüklenmiştir. Bu çalışmanın bu uygulama aşamasında açık kaynak kodlu "MissionPlanner" programı kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Çalışma alanı için uçuş kontrol programının ara yüzü görüntüsü.

2.4.İHA Veri Toplama

Otonom uçuş işlemi bir önceki bölümde belirtilen ön hazırlık işlemleri tamamlandıktan sonra gerçekleştirilmiştir. Uçuş yapılırken yer kontrol istasyonu olan diz üstü bilgisayarda uçuşun takibi gerçekleştirilmiştir. Otonom uçuş sırasında fotoğraf orta noktalarının koordinatları kaydedilmiştir. Çalışma alanından toplam 435 adet hava fotoğrafı çekilmiştir. Otonom uçuş gerçekleştirilmeden proje parametresi olarak belirlenmiş olan enine %80, boyuna %70 bindirme oranları ile hava fotoğraflarının kapladıkları alan Şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çalışma alanı için kullanılan hava fotoğrafları ve kapladıkları alanların gösterimi.

2.5.İHA Verilerinin İşlenmesi

2.5.1.Verilerin Kalite Kontrolü

İHA platformları için veri işlenmesi aşamasından önce verilerin kalite kontrolünün yapılması önemli bir adımdır. Özellikle verilerin gerçek zamanlı kalite kontrolü, veri toplamanın kısıtlı sürede olması ve çoğu zaman tekrarı mümkün olmaması sebebi ile projenin veri işleme aşaması için yapılmaktadır (Eisenbeiss H., 2009). Verilerin gerçek zamanlı kalite kontrolü uçuş yapılırken Yer Kontrol İstasyonu olan diz üstü bilgisayarı kullanılmıştır. Elde edilen hava fotoğrafları koordinat ve dönüklüklerinin standart sapmaları ($\sigma = \pm 5$ cm) ve Yer Kontrol Noktaları'nın

koordinat ve standart sapmaları ($\sigma = \pm 2$ cm) kabul edilebilir aralıkta bulunmaktadır.

2.5.2. Veri İşleme

Verilerin kalite ve kontrolü tamamlandıktan sonra fotogrametrik veri üretimi için Agisoft PhotoScan Professional programında verilerin işlenmesine başlanılmıştır. İHA ile elde edilen verilerin elde edilen hava fotoğraflarının bir vektör harita ile aynı ölçümleri sunulabilmesi için işlenmesi zorunlu bir gerekliliktir. Giriş kısmında açıklanmış olan ortofoto, vektör harita ile aynı ölçümleri sunmaktadır. Ayrıca bu çalışmada ortofoto üretimi için gerekli olan Sayısal Yüzey Modeli ve 3 boyutlu nokta bulutu üretimi de yapılmıştır.

Elde edilen hava fotoğraflarının işlenmesi, ilgili fotoğrafların iş istasyonunda programa yüklenilmesi ile başlanılmıştır. Bir sonraki adımda ise, objelerin matematiksel hesaplanabilmesi ve ölçülmesi için, bir referans sistemi içinde tanımlanmıştır. Bunu takiben hava fotoğraflarının koordinat ve dönüklük bilgileri programa girilmiştir. Kullanılan kameranın iç yöneltme elemanları, kamera kalibrasyon bilgileri ve distorsiyon hataları yöneltme işleminin yapılması için programa yüklenmiştir. Bu aşamalardan sonra Agisoft PhotoScan Professional programı her bir görüntüdeki koordinat ve dönüklük değerleri ile fotoğrafları 3 boyutlu uzay koordinat sistemine yerleştirilmiştir. Girilmiş olan parametre ve veriler ile hava fotoğraflarının karşılıklı yöneltmesini yapılmıştır. Bu işlemi yaparken Agisoft PhotoScan Professional programı hava fotoğraflarındaki ortak pikselleri bularak yoğun görüntü eşleme yöntemini kullanmaktadır. Yoğun görüntü eşleme yöntemi her fotoğraftaki ortak pikselleri kendisine komşu fotoğraflarda eşlemektedir. Mevcut işleme aşamasında her görüntüdeki özellik içeren noktaların üst sınırını dikkate alan ve görüntülerde eşlenen piksellere “key point” adı verilmektedir. Bu değere sıfır girilmesi en fazla key point hesaplanmasını sağlarken, “key point” güvenilirliğinin düşmesine sebep olur. Bir diğer parametre olan “tie point” ise her pikseldeki bağlama noktalarının maksimum sayısını temsil etmektedir. Bunu takiben, YKN'lerin programda ölçülmesi YKN'lerin bulunduğu hava fotoğrafları filtrelenerek yapılmıştır. Şekil 5' te gösterildiği şekilde iş akışı otomatik olarak tamamlanmıştır. YKN'ları için Toplam Karesel Ortamalama Hatası 0.499 piksel olarak elde edilmiştir. Çizelge 5'te her bir YKN'nin kaç adet fotoğrafta tekrar ölçüldüğü bilgisi projeksiyon kolonunda gösterilmiştir. Sonuç olarak 3 boyutlu nokta bulutu verisi üretimi otomatik olarak yapılmıştır (Şekil 5).

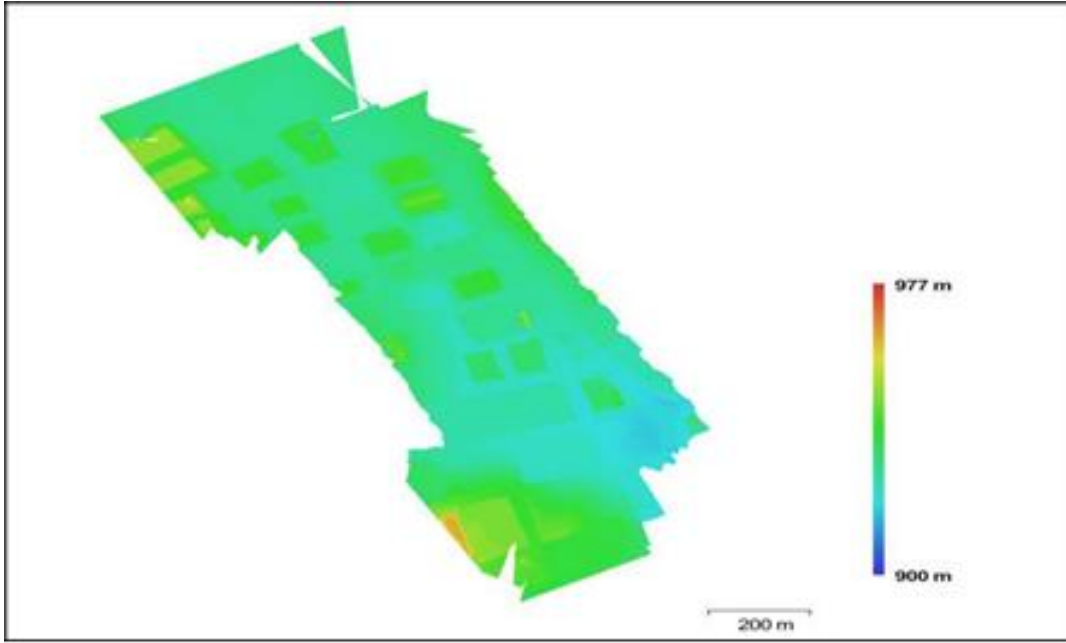


Şekil 5. Üretilmiş olan 3 boyutlu nokta bulutunun Agisoft Professional Programında gösterimi.

Çizelge 5. YKN ölçüm hataları.

| Nokta No | XY hatası (m) | Z hatası (m) | Hata (m) | Projeksiyon Sayısı | Hata (piksel) |
|---------------|------------------|-------------------|------------------|--------------------|---------------|
| P.2 | 0.0104344 | -0.00155561 | 0.0105497 | 30 | 0.420 |
| P.7 | 0.00838816 | 0.00136355 | 0.00849826 | 18 | 0.593 |
| P.13 | 0.0174304 | 0.00235906 | 0.0175893 | 11 | 0.467 |
| P.18 | 0.0115996 | -0.00170866 | 0.0117248 | 20 | 0.531 |
| Toplam | 0.0124259 | 0.00178633 | 0.0125536 | | 0.499 |

Sayısal Yüzey Modeli 3 boyutlu nokta bulutu verisinden üretilmiştir (Şekil 6). SYM'ye ait YÖM mesafesi 7.06 cm'dir. Çalışma alanına ait ortofoto Sayısal Yüzey Modeli ve 3 boyutlu nokta bulutu üzerine elde edilen hava fotoğraflarının giydirilmesi ile üretilmiştir ve EPSG: 5256 TUREF 36. dilimde projeksiyonlanmıştır. Üretilmiş olan ortofotonun YÖM'ü 3.06 cm'dir (Şekil 7).



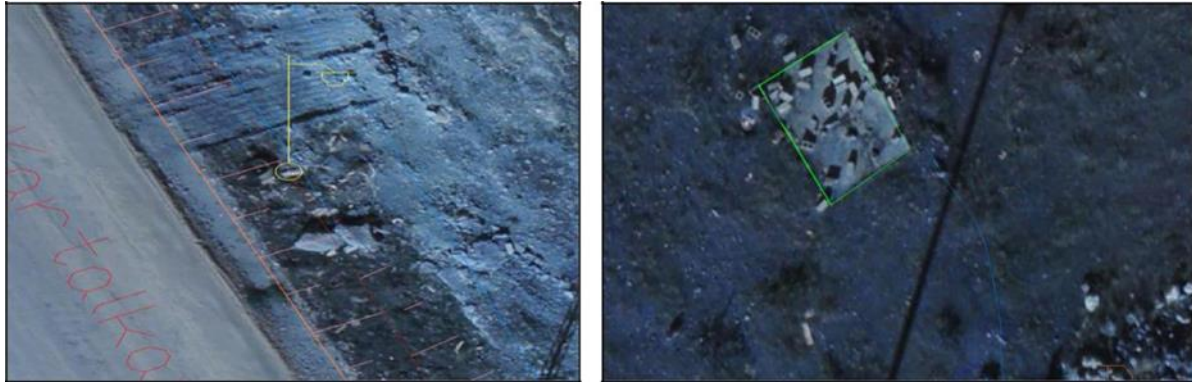
Şekil 6. Üretilmiş olan Sayısal Yüzey Modelinin gösterimi.



Şekil 7. Üretilmiş ortofoto görüntüsü.

2.6 Verilerin Karşılaştırılması

Bu aşamada, üretilmiş olan ortofotonun doğruluğunun araştırılması için 2007 yılı öncesi üretilmiş olan bölgeye ait halihazır haritada referans olarak kullanılmıştır. Halihazır harita ile ortofoto arasında ortak obje olarak beton zemin köşesi, yarım bırakılmış beton bina, elektrik ve telefon direği kullanılmıştır (Şekil 8).



| | |
|---------------------|-----------------------|
| İnşaat Halinde Bina | Şev Şose |
| Elektirik Direği | Şev Üstü |
| Cadde, Yol Adı | Şev Altı |
| Şev Tarama | Yükseklik Eğrisi (1m) |

Şekil 8. Halihazır harita ve ortofoto koordinatlarının Netcad programında karşılaştırılması.

Karşılaştırma sonucunda hem vektör harita hem de raster üzerinde aynı objelerin koordinatları ölçülmüştür. Vektör harita olarak halihazır, raster harita olarak ortofoto kullanılmıştır. Koordinat farkları ve bu koordinatlar arasındaki yatay mesafe ölçüsü çizgi uzunluğu olarak Çizelge 6' da gösterilmiştir.

Çizelge 6. Ortofoto ve halihazır harita koordinat karşılaştırılmasının gösterimi

| Çizgi No | X vektör (m) | Y vektör (m) | X raster (m) | Y raster (m) | Çizgi Uzunluğu (m) |
|----------|---------------|--------------|---------------|--------------|--------------------|
| C.1 | 4118511.79800 | 617927.83200 | 4118511.86080 | 617927.84134 | 0.063491 |
| C.2 | 4118513.78400 | 617926.93500 | 4118513.83893 | 617926.95644 | 0.058964 |
| C.3 | 4118791.63100 | 617796.65200 | 4118791.57390 | 617796.57671 | 0.094494 |
| C.4 | 4117845.19285 | 618156.79451 | 4117845.26546 | 618156.78531 | 0.073188 |
| C.5 | 4118065.30087 | 618084.07138 | 4118065.34240 | 618084.08626 | 0.044118 |
| C.6 | 4118176.33699 | 618051.72844 | 4118176.40823 | 618051.70447 | 0.075164 |
| C.7 | 4117956.26378 | 618120.35051 | 4117956.33868 | 618120.35141 | 0.074904 |
| C.8 | 4118310.07215 | 617799.05198 | 4118310.13246 | 617799.11480 | 0.087084 |

3.SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Gaziantep ili 5. Organize Sanayi Bölgesi' ne ait bir bölgede Sony Nex 5 kamera monte edilmiş sabit kanatlı İHA kullanılarak YÖM 3.06 cm ortofoto ve YÖM 7.06 cm Sayısal Yüzey Modeli üretimi yapılmıştır. Verilerin elde edilmesi 32 dakika gibi kısa bir sürede gerçekleşmiştir. Elde edilen veriler Agisoft PhotoScan yazılımında işlenmiştir. Çalışma alanına ait 2007 yılında üretilmiş olan halihazır harita referans olarak kullanılarak verilerin kalitesi ve doğruluğu araştırılmıştır. Referans veri eski tarihli olmasına karşın raster veri ile referans veri arasındaki farkın cm aralığında olması sonuçların güvenilir olduğunu kanıtlamıştır. Ayrıca, İHA ile Veri Toplama aşamasında uçuş planı kontrol yazılımına sabit kanatlı İHA' nın her bloğu tamamladıktan sonra bir sonraki bloğa geçerken dönüş işlemi gerçekleşmektedir. Çalışmada İHA dönüş işlemi yaparken fotoğraf çekmesine izin veren komut kullanılmıştır. Bu komutun kullanılmasından dolayı proje alanı dışında 3 boyutlu nokta verisi üretimi yapılmıştır. Buna karşın nokta bulutu verisi proje alanı dışında olmasından dolayı boşluklar oluşmuştur. Bu boşluklar ortofoto üzerinde yırtılmalara yol açtığı gözlenmiştir. Fakat bu alan proje alanı sınırı dışında olduğu için problem teşkil etmemektedir. Bu sebepten ötürü daha sonra yapılması planlanan çalışmalar için bloklar arası dönüşte fotoğraf çekme modunun kapatılması önerilebilmektedir. Çalışma alanına ait giydirilmiş 3 boyutlu model kent ve arazi yönetimi için gerekli olan analizlerin yapılması mümkündür. Tüm bu sonuçlar doğrultusunda fotogrametrik veri üretimi için İHA' ların yüksek doğruluk sunma, kısa sürede veri elde edebilme, tekrarlı ölçü imkanı ile yüksek zamansal çözünürlüğe sahip olma, düşük maliyet ile uygulama gerçekleştirme gibi avantajlara sahip olduğu gözlenmiştir. Büyük ölçekli harita üretimi içerikli çalışmalarda elde edilmesi planlanan verilerin çokluğu ve alanda harcanacak zaman dikkate alındığında sabit kanatlı İHA sistemleri klasik ölçme işlemine göre

çok daha tercih edilebilir konumdadır. Sabit kanatlı İHA platformunun çalışma alanında kısa sürede hava fotoğrafı elde etme ve bu süre içerisinde daha geniş bir alanı kapsama kabiliyeti en önemli avantajları arasında yer almaktadır. Ayrıca sabit kanatlı İHA platformları düşük ya da yüksek irtifada seyir ederek proje amacının ihtiyacına göre düşük / yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafı elde etme imkanı sunmaktadır. İnsan yaşamı için tehlikeli ortamlarda uzaktan veri toplama (afet yönetiminde yangın, deprem, patlama ya da volkanik hareketlerin incelenmesi gibi) imkanını sunarak anında çözüm üretecek gerçek zamanlı veri kontrolünü ve üretimini sağlamaktadır. Tüm bu avantajlar göz önüne alındığında İHA platformu, diğer Uzaktan Algılama ve Fotogrametri verisi elde etme platformlarından üstün kılmaktadır. Elde edilen veriler kullanılarak arkeolojik belgeleme, afet yönetimi, orman alanlarının tespiti ve orman envanterinin çıkarılması, trafik yoğunluğunun harita üretimi, kaçak yapı tespiti, gürültü ve hava kirlilik analizi gibi çalışmalar yapılabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agisoft PhotoScan User Manuel**, 2016, Professional Edition Version 1.2: http://www.agisoft.com/pdf/photoscan-pro_1_2_en.pdf
- Ceylan M., Döner F., Özdemir S.**, 2014, İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Veri Toplama ve Haritalama Çalışmalarında Kullanımı, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye.
- Eisenbeiß H.**, 2009, UAV Photogrammetry, *ETH Zurich for the degree of Doctor of Science*, ISSN 0252-9335. ISBN: 978-3-906467-86-3, Zurich, Switzerland.
- Eisenbeiss, H.**, 2003, Positions und Orientierungsbestimmung eines autonomen Helikopters - Vergleich zwischen direkter Georeferenzierung und Aerotriangulation mit Videobilddaten, *Diploma Thesis, Institute for Photogrammetry and Remote Sensing, University of Technology*, p. 86, Dresden, Germany.
- Newhall, B.**, 1969, Airborne camera: The world from the air and outer space, *Hasting House, Trowbridge & London*, p. 144.
- Nex F., Remondino F.**, 2014, UAV for 3D mapping applications: a review, *Applied Geomatics, Volume 6, Issue 1, pp 1-15*, Enschede, Netherlands.
- Whittlesley, J. H.**, 1970, Tethered Balloon for Archaeological Photos, *In: Photogrammetric Engineering*, 36, 2, 181-186.
- Yastıklı N.**, 2009, Ortofoto Ders Notları, *Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı*, İstanbul, Türkiye.
- Yastıklı N., Bayraktar H.**, 2014, Yoğun Görüntü Eşleme Algoritmaları ile Yüksek Çözünürlüklü Sayısal Yüzey Modeli Üretimi, *V. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, İstanbul, Türkiye.
- Hirschmuüller, H.**, 2011, Semi-Global Matching – motivation, developments and applications, *In Photogrammetric Week 11, Fritsch, D. (ed)*, Wichmann, Heidelberg, pp. 173-184.