



## CEVHER SAHALARINDA İNSANSIZ HAVA ARACI İLE TEMEL DÜZEYDE SAYISAL YÜKSEKLİK MODELİ OLUŞTURMA, HARPUT ÖRNEĞİ

Selim TAŞKAYA<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 08200, Artvin, Türkiye

**Özet:** İHA (İnsansız Hava Aracı), ilerleyen teknolojiyle beraber özellikle inşaat, maden ve haritacılık sektöründe de yerini almıştır. Zaman, iş gücü ve maliyet gibi parametrelerin külfetini en aza indirmesine yol açmıştır. İHA görüntülerinden ilgili alanının konum koordinatları ile beraber Z adı verilen yüksekliklerin farkından dengeleme sayesinde üzerinde uçuş yapılan bölgenin üç boyutlu modellenmesi, eğim ve kübaj (hacim) hesaplarına erişmek son derece kolay olmaktadır. Açık maden ocak sahalarında olası hacim hesapları da İHA fotogrametrisi ile mümkündür. Çalışmamız, Elazığ İli Harput Mahallesi Alayaprak denilen mevki de seramik işlerinde kullanılmak üzere çıkarılan kırmızı toprak cevherinin sayısal yükseklik modeli oluşturulmaya çalışıldı. Basit düzeyde SYM(Sayısal Yükseklik Modeli) oluşumu hakkında irdeleme yapıldı. Toplam, 20 yer kontrol noktasından öncelikle RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) yersel ölçümle noktalarının koordinatları belirlendi. Sonra 45 metre yükseklikten irtifa alınarak RTK sız bir İHA ile kolonlar taranarak karesel ortalama sapmaları değerlendirildi. Ortalama dengeleme ile 17443.839 nokta elde edilerek nokta bulutu oluşturularak DEM (Digital Yükseklik Modeli) verisi elde edildi. Yer ölçek aralığı 4,78 cm/piksel alınarak ne kadar metre küp cevher olabilirliği araştırıldı.

**Anahtar kelimeler:** İHA (İnsansız hava aracı), Cevher sahası, Sayısal yükseklik modeli


### Creating a Basic Level Digital Height Model with Unmanned Aerial Vehicle in Ore Fields, Harput Example

**Abstract:** UAV (Unmanned Aerial Vehicle) has taken its place especially in the construction, mining and cartography sectors with the advancing technology. It has led to the minimization of the burden of parameters such as time, labor and cost. It is extremely easy to access the three-dimensional modeling, slope and cubage (volume) calculations of the region on which the flight is made, thanks to the balancing from the location coordinates of the relevant area from the UAV images, as well as the difference of the heights called Z. Possible volume calculations in open mining sites are also possible with UAV photogrammetry. In our study, it was tried to create a numerical elevation model of the red soil ore extracted to be used in ceramic works in the location called Alayaprak in the Harput District of Elazığ. A discussion was made about the formation of DEM (Digital Elevation Model) at a simple level. First of all, the coordinates of the points were determined by RTK (Real Time Kinematics) ground measurement from a total of 20 ground control points. Then, by taking an altitude of 45 meters, the columns were scanned with a UAV without RTK and their mean square deviations were evaluated. DEM (Digital Elevation Model) data was obtained by creating a point cloud by obtaining 17443.839 points with average balancing. By taking the ground measure range of 4.78 cm/pixel, the possibility of how many cubic meters of ore was investigated.

**Keywords:** UAV (Unmanned aerial vehicle), Ore field, Digital elevation model

\*Sorumlu yazar (Corresponding author): Artvin Çoruh Üniversitesi, Artvin Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 08200, Artvin, Türkiye

E mail: selim\_taskaya@artvin.edu.tr (S. TAŞKAYA)

Selim TAŞKAYA  <https://orcid.org/0000-0002-4290-3684>

**Gönderi:** 10 Şubat 2022

**Kabul:** 06 Nisan 2022

**Yayınlanma:** 01 Temmuz 2022

**Received:** February 10, 2022

**Accepted:** April 06, 2022

**Published:** July 01, 2022

**Cite as:** Taşkaya S. 2022. Creating a basic level digital height model with UAV in ore fields, Harput example. BSJ Eng Sci, 5(3): 87-97.

### 1. Giriş

Gelişen teknolojiye paralel olarak, son yıllarda Global Positioning System (GPS), ve çözünürlüğü yüksek kameralar entegre edilerek kullanılmaya başlanan İHA'lar, uzaktan algılama (UA), sayısal harita üretimi ve fotogrametri amaçlı bilimsel çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır (Öztürk ve ark., 2017).

İHA sistemleri ile harita yapımı yersel yöntemler ve havadan harita yapımı yöntemleri arasında bütünleştirilmiş bir yöntemdir (Çallı, 2021). Detay alımını gerektiren bütün ölçü ekipmanları uydu veya uçaktan farklı olarak düşük irtifada uçan İHA'lara entegre edilmektedir. Konumsal verilerin tamamı yer kontrol

noktaları hariç olmak üzere güvenli bir şekilde havadan gerçekleştirilmektedir (Ağca ve ark., 2020). Uydu ve insanlı hava araçları ile 20-50 cm/pixel bandında yüksek çözünürlükte konumsal veriler elde edilebilmesine karşın İHA'lar daha düşük irtifalardan uçabildikleri için 1 cm/pixel yüksek çözünürlükte veri elde edebilmek mümkündür (Çallı, 2021).

Uzaktan algılanan görüntülerin geometrik düzeltmesindeki YKN (Yer Kontrol Noktaları) seçimi ile örnekleme tasarımının ilişkisini araştırmak amacıyla hem bir simülasyon deneyi hem de gerçek görüntü analizleri gerçekleştirmiştir. Çalışmada basit rastgele örnekleme, uzaysal kapsama örnekleme ve evrensel



kriging model tabanlı örnekleme karşılaştırılmıştır (Wang ve ark., 2012). Sonuçlar, örnekleme tasarımının YKN'lerdeki geometrik düzeltmenin doğruluğunu güçlü bir şekilde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca çalışmaya göre evrensel kriging model tabanlı örnekleme YKN optimizasyonu, hem simülasyon hem de gerçek görüntü deneylerinde en iyi sonucu ortaya koymuştur. Bu sonuçlara ek olarak çalışmada, YKN'lerin daha dağınık olmasının geometrik düzeltme doğruluğunu artırdığı belirtilmiştir (Çallı, 2021).

İnsansız hava aracı ile yapılan fotogrametrik çalışmalar sonucu elde edilen fotoğraflar ile yapılan değerlendirme sonucunda, kazı-dolgu ve kübaj hesaplarında, arazi ve saha çalışmalarının izlenmesinde ve doğruluğunun mühendislik projelerinde kullanılabileceği araştırılmıştır. Değerleme sonucunda üretilen ortofoto, sayısal yüzey modeli (SYM), SAM 5 santimetre çözünürlüğündedir (Gençerk, 2016).

Sonuç ürünleri üzerinde kübaj hesabı çıkarımı, en kesit-boy kesit alımı ve analizi ile maliyet, zaman ve doğruluk açısından değerlendirilerek mühendislik projelerinde kullanılabileceğini göstermiştir (Numan, 2020).

İHA'lar farklı mühendislik alanlarındaki uygulamaları üzerinde çalışmalar yapmıştır. Beş farklı uygulamada yapılan çalışmalar sonucunda İHA'nın kullanılabilirliği ve sonuç ürünleri açısından değerlendirilebilirliği karşılaştırılmıştır. Birinci uygulamada mühendislik projelerinde kullanılmak üzere hali hazır haritaların yapımında doğruluk analizleri irdelenmiştir. İkinci uygulamada bir alanın hacim hesabı yapılarak doğruluk analizi yapılmıştır. Üçüncü ve dördüncü uygulamalarda arkeolojik çalışmalar ve kültürel mirasın belgelenmesi açısından doğruluk analizleri yapılmıştır. Beşinci uygulamada ise İHA'dan elde edilmiş görüntülerden fotogrametrik değerlendirme programları yardımı ile üretilen ortofotonun doğruluk analizi yapılmıştır. Bu uygulamalar sonucunda İHA'nın Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğinde belirtilen hassasiyet ve doğrulukta veriler üretilmiştir (Toprak, 2014).

Jeobilimde önemli bir uygulama olan yüksek çözünürlüklü topografya (HRT) verilerinin üretilmesi (yani, nokta bulutlar, dijital yüzey modelleri - DSM'ler - veya dijital yükseklik modelleri - DEM'ler) 2-boyutlu görüntülerin kullanılması, hareket yapısından (SfM) ve çoklu görüş stereo (MVS) fotogrametrisinin kullanılması önemli hal almıştır (James ve Robson, 2012; Eltner ve ark., 2016).

## 2. Teorik Çerçeve ve Kapsam

Teknolojinin günümüz hayatına kattığı birçok yenilik bulunmaktadır. Bu yeniliğin en popüler olanlarından biri insansız hava araçları (İHA)'dır. İHA'lar insan hayatı için az risk taşımaları ve özel görevleri yerine getirebilmeleri nedeniyle askeri veya sivil bütün kullanıcı kesimine hitap etmektedir. Dolayısıyla, İHA'ların kullanımı yaygınlaşmış ve farklı amaçlara hizmet etmeye başlamışlardır. İHA'ların yaygınlaşmasıyla birlikte birçok tasarımcı ve araştırmacı bu konuya yönelmiştir. Bunun sonucunda,

askeri ve sivil havacılık kullanımı için birçok hava araçları tasarlanmıştır. İHA'larda askeri amaçlı kullanım alanları; savunma, haritalama ve saldırı vb. iken, sivil amaçlı kullanım alanları; tarım arazileri ilaçlamada, acil durumlarda arama ve kurtarma, trafik kontrolü, yük nakliye, yangın söndürme vb. gibidir. Bu uygulama alanlarının günümüzde en yaygın olanları; kargo taşıma, haritalandırma, savunma, trafik denetimi ve film sektörüdür (Austin, 2010; Bilgin, 2021). Günümüzdeki teknolojik gelişmeler İHA'lar üzerine yapılan çalışmaları artırmış ve İHA'ları popüler bir mühendislik uygulama sahası haline getirmiştir. İHA'lar meteoroloji, havadan mayın tespiti, dijital haritalama, elektronik harp, radar doygunluk ve karıştırma, kurtarma, havadan fotoğraf ve video çekimi, trafik gözetleme, küçük paket taşıma, bilimsel araştırmalar vb. birçok askeri ve sivil uygulamalar ile günlük hayattaki durumların gözlem ve analizini hızlı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirmektedir (Austin, 2010; Akyürek ve ark., 2012; Bilgin, 2021). İHA'lar ile ilgili farklı pek çok sınıflandırma mevcuttur. Bu sınıflandırma türlerine göre bir İHA birden fazla sınıflama modeli içinde bulunabildiği gibi aynı sınıflandırma modeli içerisinde birden fazla kategoriye ait özellikleri de içerisinde barındırabilmektedir. Bu sınıflamalar büyüklük, irtifa, uçuş süresi, faydalı yük kapasitesi, faydalı yük türü, yakıt türü, kullanım amacı ve komuta biçimi gibi farklı modeller ile ayrılmaktadır. Ülkemizde İHA sınıflandırılmasında temel kriter irtifa iken NATO ve AB ülkelerinde İHA'nın ağırlığına göre sınıflandırılmaktadır (Bilgin, 2021). İnsansız Hava Aracı (İHA); içinde aracı kontrol eden bir pilotun veya herhangi bir canlının olmadığı, sadece kullanıldığı işleve uygun kamera, fotoğraf makinesi, lazer tarama makinesi veya GNSS gibi ekipmanların kullanıldığı bir çeşit uçaktır. Uçağın yönetimi uzaktan kumanda veya otomatik olarak sağlanmaktadır. İHA'ların askeri, sivil (hobi ve ticari) ve bilimsel amaçlı kullanımları günden güne yaygınlaşmasından dolayı bu konunun gelecekte iyi bir yer edineceği söz konusu olmaktadır. Bu ilginin başlıca temel nedenleri arasında sivil amaçlı İHA'ların çok geniş kullanım alanlarının olması kadar yüksek doğruluk, zaman ve maliyet tasarrufunun elde edilmesi de bu nedenler arasında dâhil edilebilir (Konar, 2020; Bilgin, 2021). İnsansız hava araçları, uçuş esnasında içerisinde pilot olmayan, uzaktan komuta ya da kendi taşıdıkları denetleyicilerle kontrol edilebilen hava araçlarıdır.

İHA'lar farklı amaçlar için tasarlanmakta ve üretilmektedir. Kullanım amacına yönelik olarak farklı İHA modelleri günümüzde pek çok sektörde kullanılmaktadır. Farklı model İHA'ların ortaya çıkmasında en önemli unsurlar maliyet ve kullanım amacına yönelik gereksinimlerdir. Bu nedenle İHA'lar uçuş prensiplerine göre sabit kanatlı ve döner kanatlı olarak üretilmektedir. Ayrıca son yıllarda gelişmekte olan hibrit tip İHA'lar hem döner kanatlı hem de sabit kanatlı İHA'ların özelliklerine sahip olduğu için farklı bir sınıf olarak incelenir (Macheret ve ark., 2011). Bilişim alanındaki teknolojik yenilikler, yapay zekâ ve ileri

mühendislik disiplinlerinde yaşanan hızlı gelişmeler, insansız sistemlerin ilerlemesinde basamak taşı olmuştur. Böylece bu sistemler 21. yüzyılda yoğun biçimde askeri ve sivil alanlarda kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar içinde en çok kullanılan ve gelişen araçlar ise İHA sistemleridir. Bu araçlar başlangıçta farklı görevlere yönelik olarak askeri alanlarda sıklıkla kullanılmıştır. Ancak geçtiğimiz 20 yılda sivil pek çok alanda başarılı olarak kullanılmıştır. Her geçen gün yeni beceri ve kabiliyetler kazanan İHA'lar, yangın söndürme, haritalama, tarımsal ilaçlama, havadan video çekimleri ve kargo taşımacılığı gibi alanlarda yaygın olarak kullanılmaktadır (URL-1; Bilgin, 2021). Döner kanatlı İHA'lar farklı boyut ve özelliklerde tasarlanabilmektedir. Tek rotorlu helikopterler ile birlikte üç, dört, altı ve sekiz rotorlu konfigürasyonları en çok kullanılan döner kanatlı İHA türleridir. Döner kanatlı İHA modellerinin avantajları olduğu gibi birçok dezavantajları da mevcuttur. Fakat döner kanat yapısının dikey iniş kalkış yapabilme, havada askıda kalabilme ve düşük hızda uçuş yapabilme, küçük boyutları ve daha iyi manevra kabiliyeti olması nedeniyle sabit kanatlı İHA'lara göre daha avantajlıdır. Farklı döner kanatlı İHA'lar günümüzde askeri amaçlarla birlikte sivil alanlarda da kullanılmaktadır. Bu sivil alanların başında yüksek gerilim hatları denetiminde, sınır güvenliği için devriyelerde, arama-kurtarma faaliyetlerinde, petrol ve doğalgaz aramalarında, yangın takibi ve söndürme işlemlerinde, topografya ve tarımsal faaliyetlerde sıklıkla kullanılmaktadır (Şengül, 2016; Bilgin, 2021).

### 3. Materyal ve Yöntem

Temel nokta için ölçek değişmez özellik dönüşümü (SIFT) operatörünü uygulandı. Fotoğraflardan 3B nokta bulutları oluşturmak için algılama, belli araştırmalar, bu operatörün en güçlü ve en sağlamlardan biri olduğu sonucuna vardı. Görüntü varyasyonları (Remondino ve El-Hakim, 2006; Juan ve Gwun, 2009). Titizlik gerektiren klasik hava fotogrametrisinin aksine, kameraların uçuş planlaması ve ön kalibrasyonu (Kamal ve Samar, 2008), SfM süreçte basitlik sağlıyor, kameraların ayrıntılı planlaması veya kalibrasyonundan, görüntüler farklı olsa bile farklı kameralardan kullanılabilir. SfM algoritmasından türetilen kamera konumları, Yer kontrol koordinatlarının sağladığı ölçek ve yönlendirme puanıdır (GCP'ler). Georeferencing bu modelin genellikle az sayıda kullanarak gerçekleştirilir. GCP'ler fotoğrafların hem yerde hem de her yerde net bir şekilde görülebilen yerlerde bulunur (Martínez-Carricondo ve ark., 2018). Elde edilen ürünler ihraç edildikten sonra, fotogrametrik projede elde edilen doğruluğu değerlendirir. Doğruluk değerlendirmesi genellikle istatistiksel ortalamaya dayanır. Son yıllarda çok sayıda çalışma yapılmıştır. İHA tarafından elde edilen ürünlerin doğruluğunu değerlendirmeye yönelik fotogrametride en iyi hesaplama yöntemi karesel ortalama hata (RMSE) dengelemesidir. Birçok yazar kesin etkilerini araştırmıştır. Uçuş rakımı, arazi morfolojisi ve Dijital

Yüzey Modelinde (DSM) bulunan GCP sayısı ve ortofoto doğruluğu gibi parametreler, ortaya çıkan ürünlerin doğruluğuna sahiptir (Aguera-Vega ve ark. 2016).

Buradan hareketle yer kontrol noktalarından kesin olarak nokta koordinatları değeri bulunan noktalar üzerine İHA gönderilmek suretiyle alınan görüntüler işlenerek görüntülerden elde edilen, hesaplanan koordinatların farkının karesel ortalama hataları (Denklem 1, 2 ve 3) (Martínez-Carricondo ve ark, 2018) giderildikten sonra SYM adını verdiğimiz digital yükseklik belirleme işlemi ile Z kot farklarından da ilgili bölgede kübaj (hacim) hesaplanması yapılabilir.

$$RMSE_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_{Oi} - X_{GNSSi})^2}{n}} \quad (1)$$

$$RMSE_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y_{Oi} - Y_{GNSSi})^2}{n}} \quad (2)$$

$$RMSE_{xy} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [(X_{Oi} - X_{GNSSi})^2 + (Y_{Oi} - Y_{GNSSi})^2]}{n}} \quad (3)$$

Y-X koordinatları ve Z kot farkları aynı bu aradan dengelemesi yapılarak yaklaşık değeri bulunur. Sayısal yükseklik modeli bu şekilde hareketle belirlenir.

### 4. Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı olarak Elazığ İlinin kuzey bölgesinde bulunan Harput Mahallesi Alayaprak mevki seçilmiştir. Burada özellikle seramik alanında ham madde olarak iş görebilecek nitelikte kırmızı toprak cevheri mevcuttur. Amaç olarak en kısa şekilde bu bölgede bulunması olası cevher miktarının yaklaşık kestirimini hesaplayabilmektir.

Şekil 1'de Alayaprak bölgesinde yer alan kırmızı toprak alanının görüntüsünden dağınık şekilde birden fazla parsel şeklinde cevherin yer aldığı gözükmemektedir. Sonra bu bölgede öncelikle homojen şekilde 20 adet yer kontrol noktası belirlenip arazi üzerine aplikesi yapıldı



Şekil 1. Alayaprak bölgesi parsel sorgu görüntüsü (URL-2).

Yer Kontrol Noktaları aynen Şekil 2'de görüldüğü cevher bölgesini içerisine alacak şekilde şevin bitim noktalarına yol kenarlarına tepe kameradan bakılınca görülecek şekilde döşendi.



Şekil 2. YKN işaretlerinin arazideki görünümü.

Tablo 1’de de görüleceği üzere İHA ortofoto görüntülerinin enine ve boyuna bindirme oranları %70 ve %60 şeklinde belirlenerek bölge üzerinde otomat olarak İHA 45 metre irtifadan uçurularak 189 adet fotoğraf elde edildi.

**Tablo 1.** Uçuşa ait bilgiler

Uçuş bilgileri	Değerler
Enine Bindirme Oranı (%)	70
Boyuna Bindirme Oranı (%)	60
Uçuş Yüksekliği (m)	45
Çekilen Fotoğraf Sayısı (adet)	189

Tablo 2’de yer kontrol noktaları RTK (Gerçek Zamanlı Kinematik) adı verilen yersel ölçü sistemi ile ölçülerek homojen şekilde yerleri belirlenen noktaların Elazığ İl orta meridyeni girilerek Y-X konum koordinatları ve Z kot farkları belirlendi.

**Tablo 2.** Yer kontrol noktalarının koordinatları

Nokta Numarası	Y (Sağ Değer)	X (Yukarı Değer)	Z (Yükseklik)
1	544861,103	4265912,561	1252,807
2	544861,687	4265979,452	1248,745
3	545069,482	4265830,752	1263,916
4	545162,381	4265684,089	1275,329
5	544766,791	4265828,857	1261,502
6	544720,556	4265885,660	1265,103
7	544780,494	4265723,773	1279,421
8	544903,918	4265710,450	1200,693
9	545021,581	4265941,552	1242,365
10	544937,412	4266171,111	1223,125
11	544763,513	4268825,445	1292,512
12	544662,623	4267722,566	1268,842
13	544789,136	4267982,986	1245,452
14	544563,233	4268762,197	1253,645
15	544231,965	4269512,598	1264,847
16	544989,566	4268872,598	1254,322
17	544976,233	4267921,486	1278,634
18	544785,644	4265524,589	1230,632
19	544567,522	4265752,276	1230,556
20	544786,563	4263772,816	1254,222

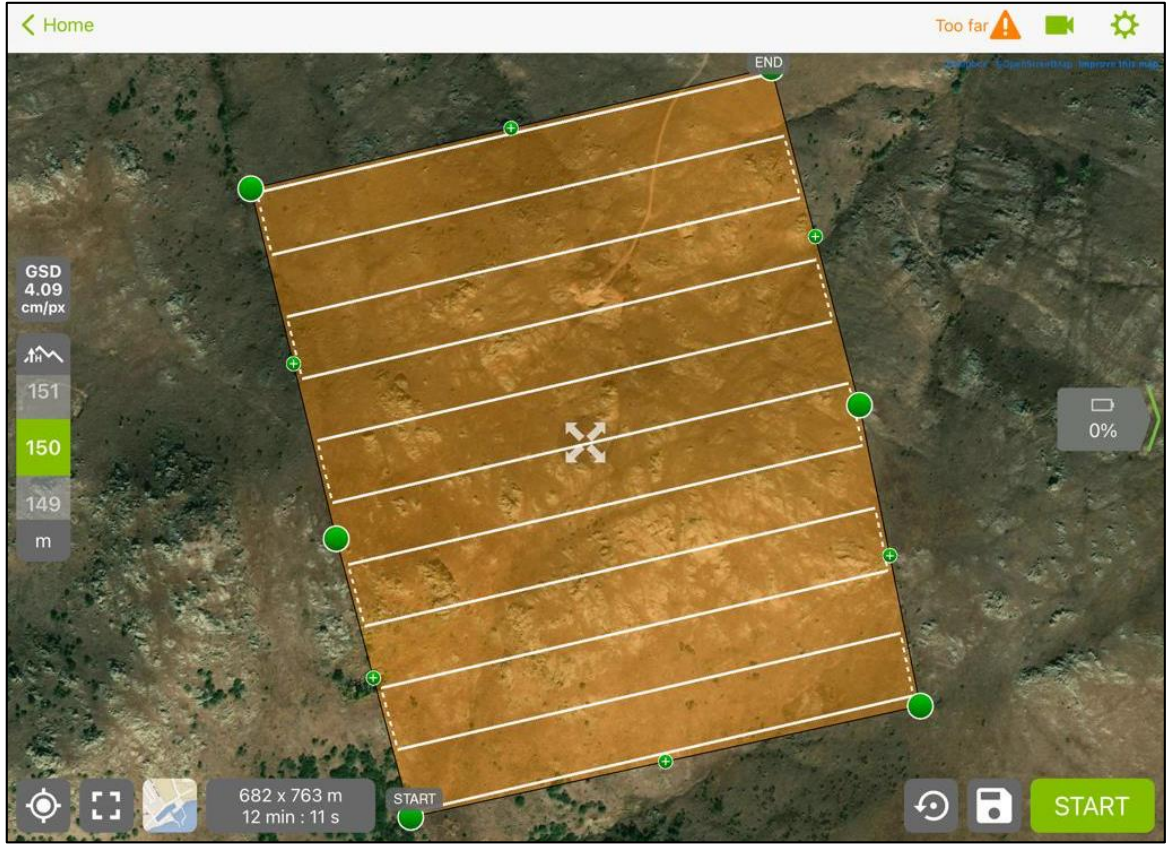
Şekil 3’de 20 nokta üzerinde RTK’sı olmayan yani aynı anda sadece uçuş esnasında fotoğraf görüntüleri alabilen İHA dan güneybatı istikametinden uçuşla ileri geri dikdörtgen şeklinde kolonlar meydana getirerek görevini yapmış şekilde 45 metre irtifadan yerine göre eğimin doğrultusunda azalma veya artma yaparak başladığı noktaya gelmiştir.

Şekil 4 ve Şekil 5’de oluşturulan uçuş planı neticesinde Pix4DCapture, GoogleEarth ve Netcad 8 programlarında oluşturulan uçuş güzergâhları verilmiştir. Cevher sahasında %70 boyuna, %60 enine bindirme oranlarında alınan görüntüler Workflow > Add Photos komutu ile programa aktarılmıştır. Bu aşamada eklenen fotoğraflara Elazığ dilim orta meridyenine ait (TUREF / TM33) koordinat sistemi tanımlanmıştır. Import > Reference

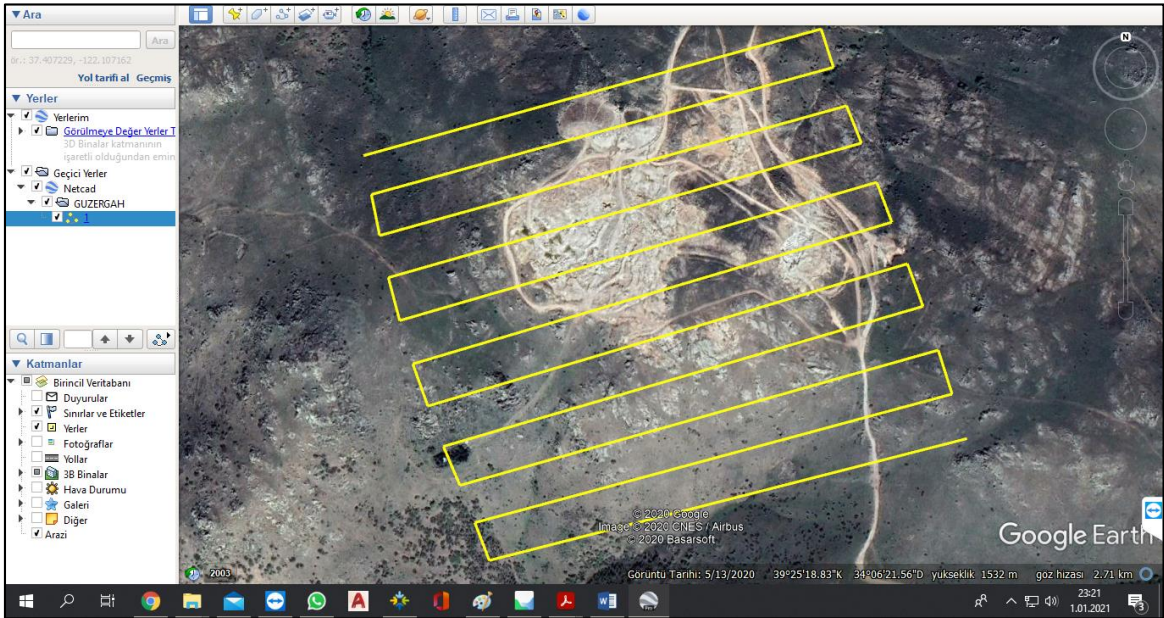
komutu ile YKN’ a ait koordinatlar projeye aktarılmıştır. Projeye eklenen yer kontrol noktalarını Şekil 6’da verilmiştir. Mevcut noktaların saha üzerindeki dağılımı ise Şekil 7’de gösterilmiştir.

Şekil 7’de, Workflow > Align Photos ile fotoğrafların birbirine hizalama işlemi yapılır. Burada oluşan hizalı fotoğraflardan Tie Points (bağlantı noktaları) oluşturulur. Yer Kontrol Noktalarının eşleme işlemi fotoğraflar üzerinden yapılır. Ardından Nokta bulutu oluşturmak için Workflow > Build Dense Cloud komutu izlenir.

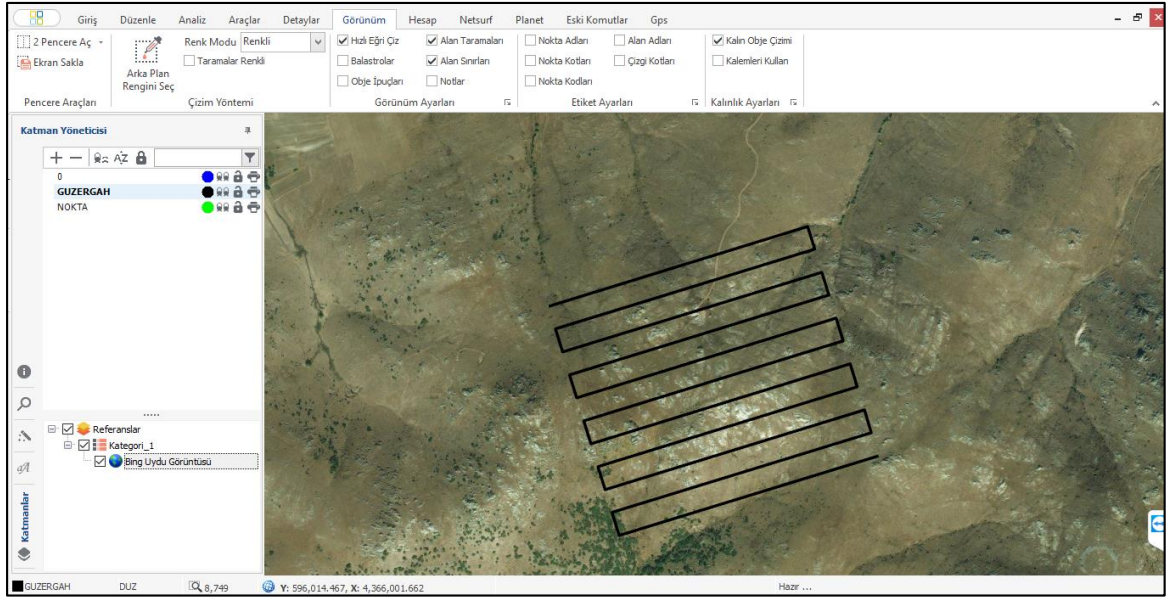
Tablo 3’de ise, görüntülerin programa aktarılması ile birlikte karesel ortalama hata dengelemelerinden  $m_y = +/-1,89$ ,  $m_x = +/-2,12$  ve  $m_z = +/-0,089$  parametreleri elde edilmiştir.



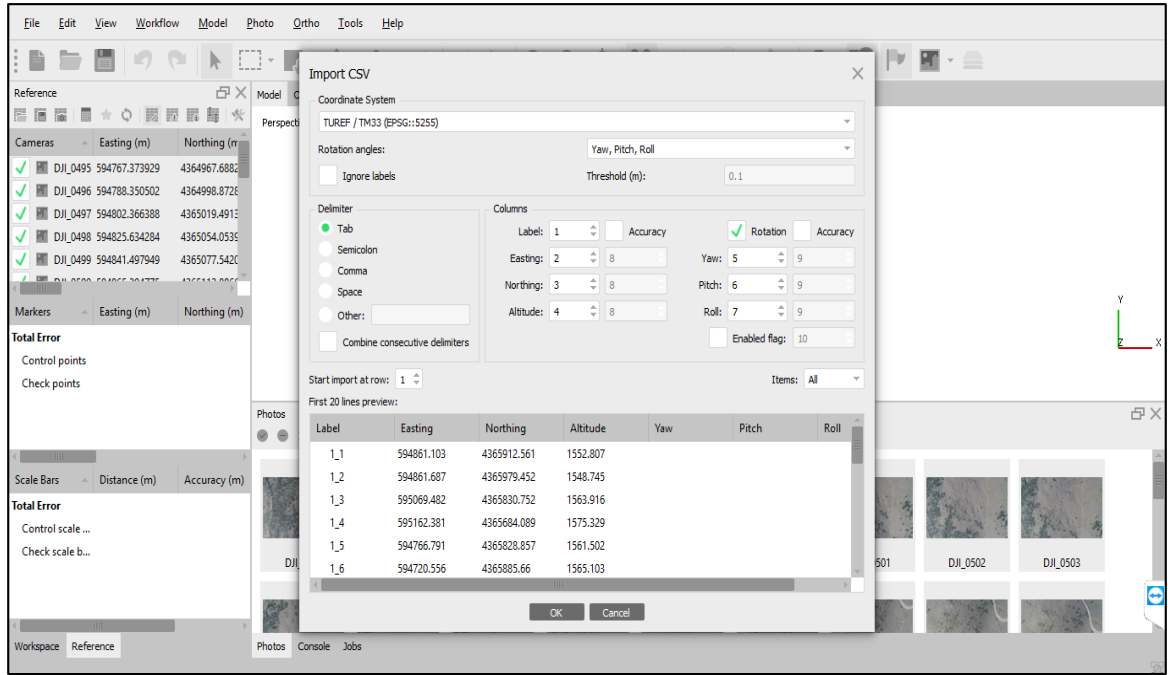
Şekil 3. Pix4DCapture üzerinden alınan uçuş güzergahı.



Şekil 4. GoogleEarth üzerinden alınan uçuş güzergahı.



Şekil 5. Netcad 8 üzerinden alınan uçuş güzergahı.



Şekil 6. Yer kontrol noktalarının eklenmesi.



Şekil 7. Yer kontrol noktalarının arazideki dağılımı.

Tablo 3. Resim görüntülerinin koordinatları

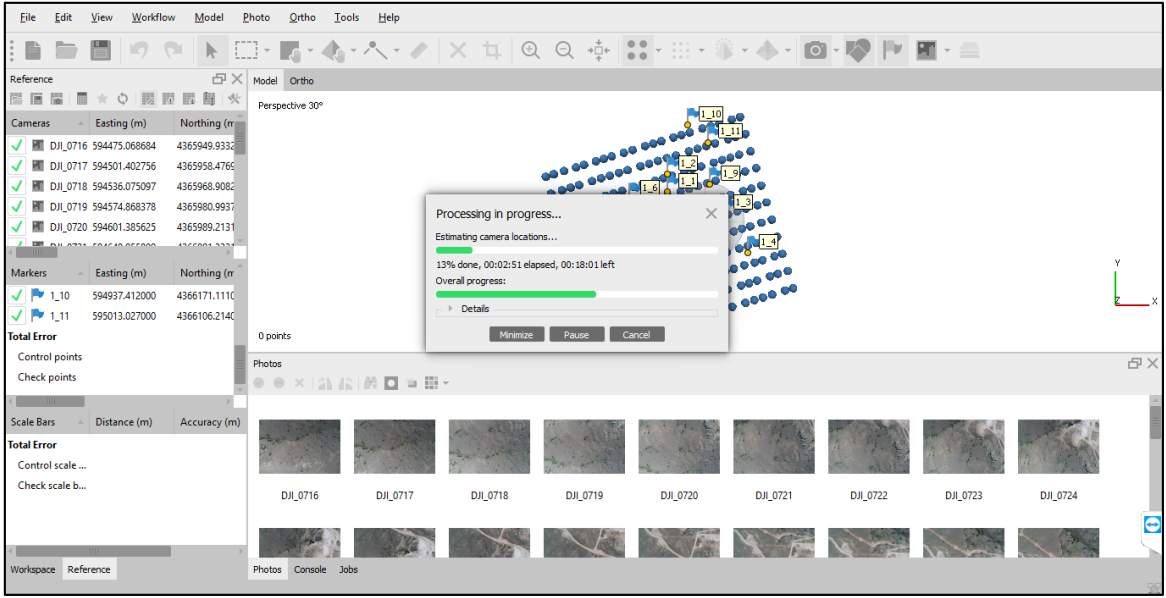
Nokta Numarası	Y (Sağ Değer)	X (Yukarı Değer)	Z (Yükseklik)
1	544861,231	4265912,552	1252,807
2	544861,542	4265979,463	1248,745
3	545069,363	4265830,755	1263,916
4	545162,448	4265684,087	1275,329
5	544766,617	4265828,845	1261,502
6	544720,233	4265885,656	1265,103
7	544780,522	4265723,781	1279,421
8	544903,122	4265710,456	1200,693
9	545021,333	4265941,563	1242,365
10	544937,522	4266171,184	1223,125
11	544763,465	4268825,432	1292,512
12	544662,786	4267722,545	1268,842
13	544789,522	4267982,987	1245,452
14	544563,335	4268762,142	1253,645
15	544231,265	4269512,555	1264,847
16	544989,855	4268872,574	1254,322
17	544976,422	4267921,417	1278,634
18	544785,586	4265524,555	1230,632
19	544567,415	4265752,241	1230,556
20	544786,585	4263772,821	1254,222

Şekil 8 ve 9'da, nokta bulutu oluşturma aşamasına ait ekran görüntüsü verilmiştir. Agisoft Metashape programı üzerinden hava fotoğrafları işlenerek 3 boyutlu nokta bulut verisi elde edilmiştir. 3B nokta bulut verisi üzerinden ortofoto ve sayısal yüzey modeli oluşturulmuştur. Bu işlemler için Workflow > Build DEM ve Workflow > Build Orthomosaic komutları kullanılmıştır. Sayısal Yüzey Modeli üretiminin ardından ortofoto üretimi gerçekleştirilmiştir. 4,93 cm/pixel YÖM (Yer Önlem Mesafesi) sahip olan ortofoto şekil 10 ve 11'de

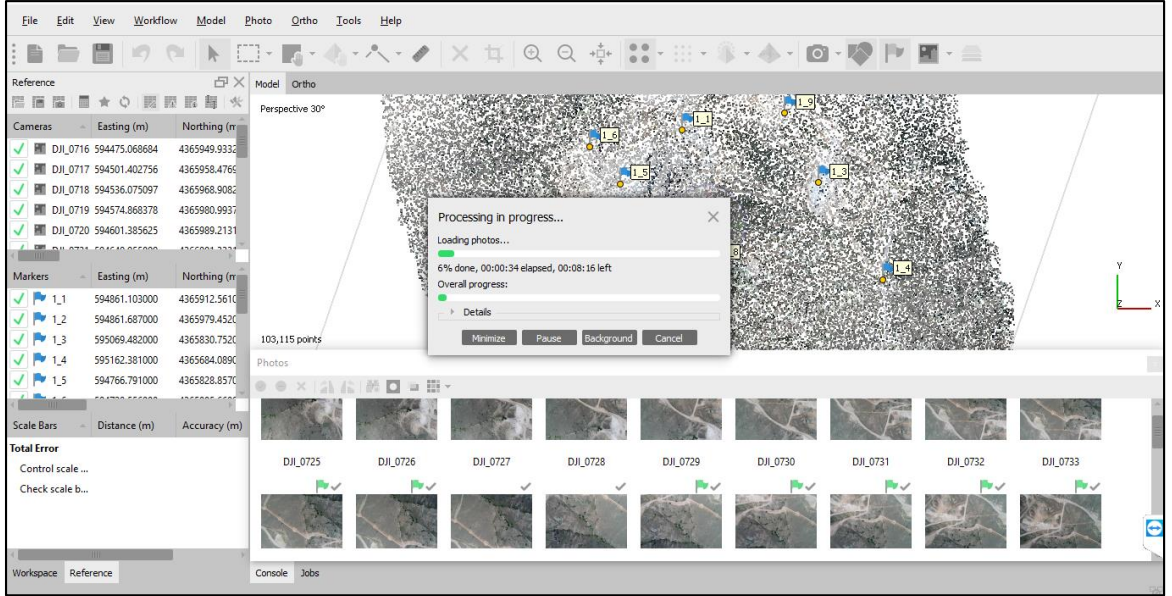
verilmiştir.

Ortofoto görüntüleri ile beraber toplamda 17 binin üzerinde nokta elde edilerek nokta bulutu meydana getirildi. Yer Önlem Mesafesi ise 4,78 cm/piksel aralığında sonuç ürün verdi. Sonrasında Z kot farkları ışığında hacimsel boyutu incelendi.

Çeşitli hacim kestirimlerinden yapılarak toplam cevher miktarının 2 milyon metreküp üzerinde olabileceği sonucuna varıldı. Çeşitli geometrik şekiller sonucunda hacim hesapları Şekil 12'de verilmiştir.

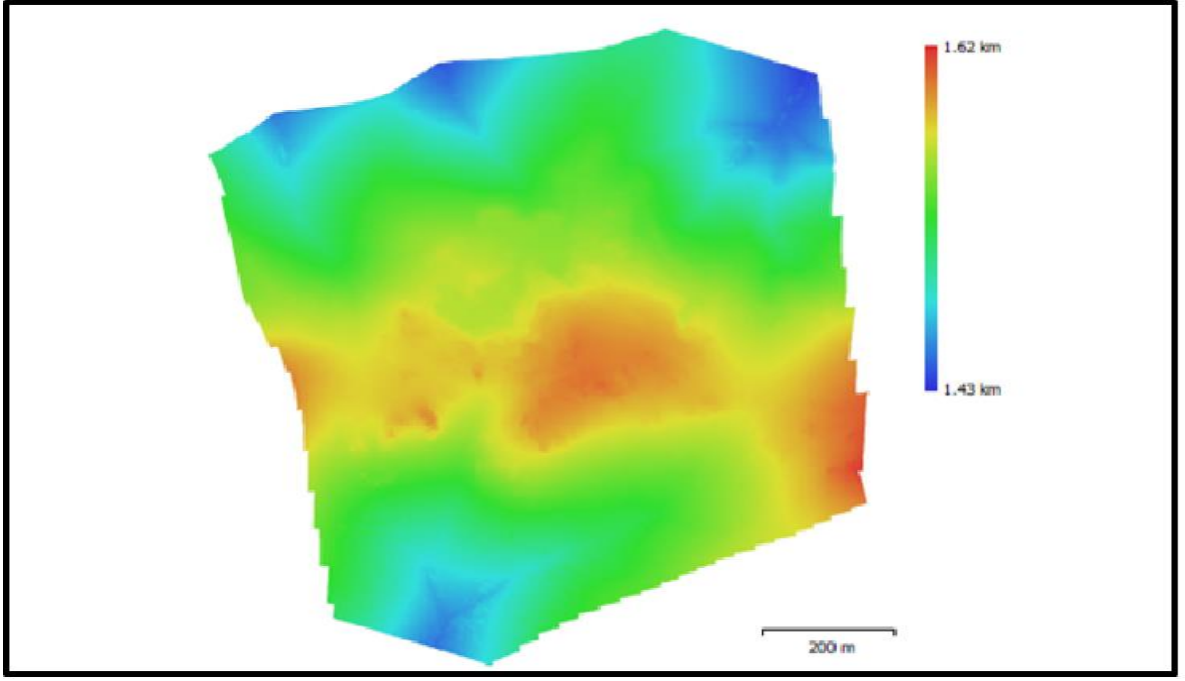


Şekil 8. Fotoğrafların birbirine hizalanması, align photos işlemi.

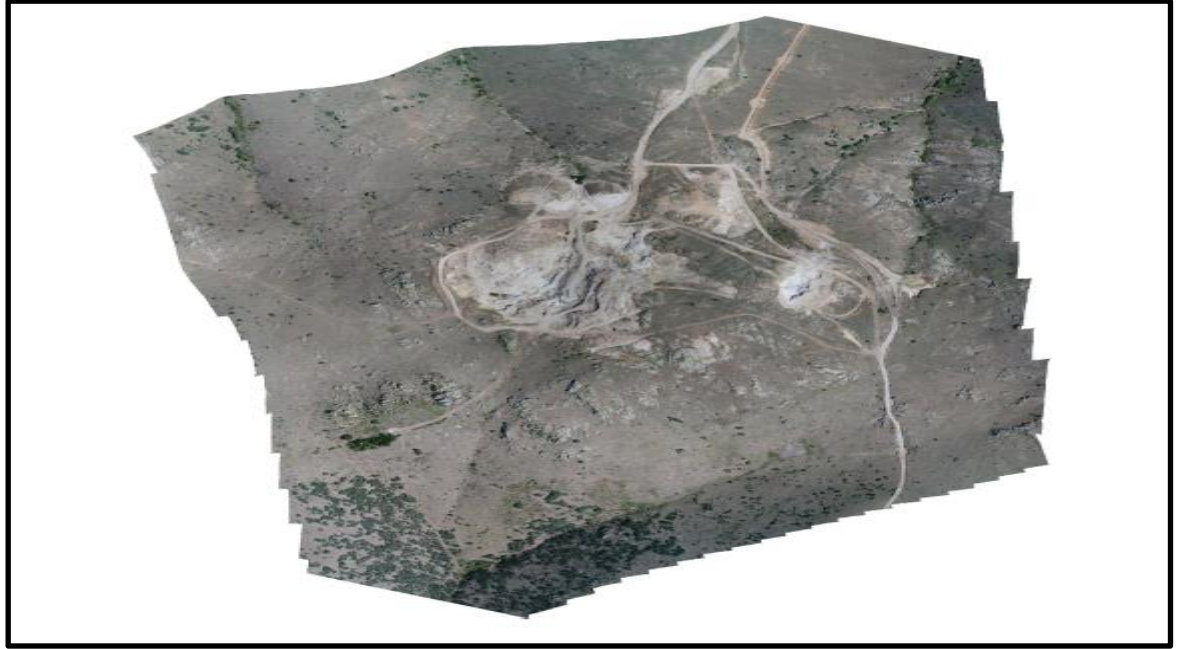


Şekil 9. Nokta bulutu oluşturma aşaması.

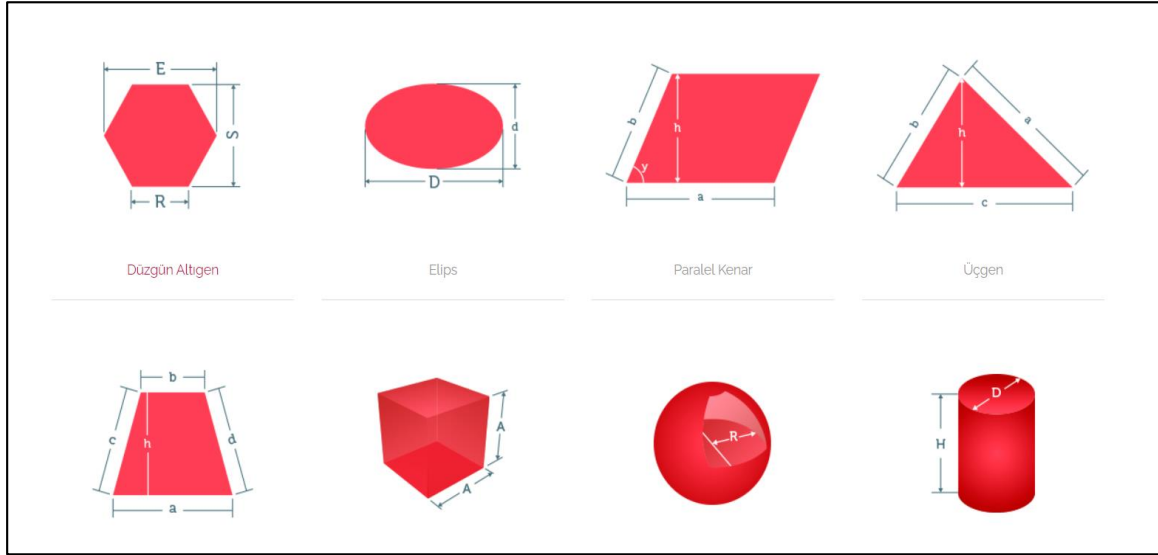




Şekil 10. DEM görüntüsü (Digital yüksekli modeli).



Şekil 11. Ortofoto görüntü.



Şekil 12. Çeşitli geometrik şekiller sonucunda hacim hesapları (URL-3).

İHA teknolojisi beraberinde kullanılabilir teknolojiler ile önemli bir araç haline gelmiştir. Diğer tüm alanlarda olduğu gibi, haritacılık alanında da ihtiyaç duyulan zaman, maliyet, insan gücü gibi etkenlerin minimuma indirilmesi ihtiyacı, kullanılması planlanan İHA'nın seçilmesinde önemli rol oynamaktadır. Dolayısıyla satın alınması planlanan İHA'nın sahip olduğu donanımsal özelliklerin, konumsal doğruluğa etki edebileceği göz önünde bulundurularak fayda-maliyet ilişkisi gözetilerek seçilmesi gerektiği düşünülmektedir (Çallı, 2021).

## 5. Sonuç

İHA teknolojisi ile birlikte günümüzde yersel olarak ölçüm yapılamayacak özellikteki arazilerde güvenli şekilde halihazır modellemesi yapılabilmektedir. RTK'lı ya da RTK'sız olarak fotoğraf görüntüleri elde edilebilir. RTK sistemi olmayan İHA ile elde edilen resimler ve uçuş öncesi çalışma alanına tesis edilen 20 adet YKN kullanılarak uygulanmıştır. Değerlendirme sonrasında oluşan veriler Pix4D yazılımında 5,17 cm/piksel değeri ile üretilmiştir. Bu değerlendirme sonucu oluşan verilerde yatayda konum doğruluğu yukarı değer= $\pm 2,73$ cm, sağa değer= $\pm 3,55$  cm ve yükseklikte doğruluğu yükseklik= $\pm 3,17$ cm olarak bulunmuştur. Agisoft yazılımında ise değeri 4,78 cm/piksel olarak elde edilmiştir. Bu verilerin yatay konum doğruluğu yukarı değer=  $\pm 1,33$  cm, sağa değer= $1,21$  cm olarak, yükseklikte doğruluğu yükseklikte= $0,53$  cm olarak bulunmuştur. 17443,839 nokta ile elde edilen sayısal yükseklik modelinden Yaklaşık maliyet stok oranı hesaplanarak İHA yardımıyla doğruluk farkı yersel ölçülerden nasıl olabileceği İHA'nın maden sahalarındaki kullanıma elverişliliği incelenmeye sağlanmıştır. Önerimiz, açık maden olan ocak alanlarında yersel ölçüm işlemlerinin zaman ve maliyet açısından yükü fazla olacağından dolayı, her hacim sorgulama işleminde İHA sistemleri ile kısa zamanda ve az insan gücü ile hacim (kübaj) hesaplamalarının yapılması büyük fayda sağlayacaktır.

## Katkı Oranı Beyanı

Tüm işlemler eserin tek yazarı olan S.T. (%100) tarafından yapılmıştır. Yazar makalenin son halini inceleyip onaylamıştır.

## Çatışma Beyanı

Yazar bu çalışmada hiçbir çıkar ilişkisi olmadığını beyan etmektedirler.

## Destek ve Teşekkür Beyanı

Çalışmamızda, yer kontrol noktalarının belirlenmesi ve İHA uçuş işlemlerinde yardımlarından dolayı Metalurji ve Malzeme Yüksek Mühendisi Semih TAŞKAYA'ya teşekkürü borç bilirim.

## Kaynaklar

- Agüera-Vega F, Carvajal-Ramírez F, Martínez-Carricondo P. 2016. Accuracy of digital surface models and orthophotos derived from unmanned aerial vehicle photogrammetry. J Surv Eng, 143(2): 4016025.
- Ağca M, Kaya E, Yılmaz H. 2020. Yersel ve fotogrametrik yöntemler ile kaya bloklarının hacimlerinin hesaplanması: selime örneği, Aksaray. Afyon Kocatepe Üniv Fen Müh Bil Derg, 20(3): 465-473.
- Akyürek S, Yılmaz MA, Karakaya M, Taşkıran M. 2012. İnsansız hava araçları muharebe alanında ve terörle mücadelede devrimsel dönüşüm. Bilge Adamlar Stratejik Araş Merk, 1(53): 4-12.
- Austin R. 2010. Unmanned aircraft systems. Wiley & Sons, New York, US, pp: 368.
- Bilgin M. 2021. İnsansız hava araçlarının dış yüzeylerinin akıllı aydınlatılması ile gözden kaybolmasının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivil Havacılık Anabilim dalı, Kayseri, Türkiye, pp: 61.
- Çallı R. 2021. İHA sistemleri ile elde edilen ortofoto haritalarının doğruluk değerlendirmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim dalı, Tokat, Türkiye, pp: 143.
- Eltner A, Kaiser A, Castillo C, Rock G, Neugirg F, Abellán A. 2016. Image-based surface reconstruction in geomorphometry -

- merits, limits and developments, *Earth Surf Dynam*, 4: 359-389. doi: 10.5194/esurf-4-359-2016.
- Gençerk EY. 2016. İnsansız hava aracı fotogrametrisi uygulaması ile inşaat projesi imalat durumunun araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Geomatik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, pp: 101.
- James MR, Robson S. 2012. Straightforward reconstruction of 3-D surfaces and topography with a camera: Accuracy and geoscience application. *J Geophys Res-Earth*, 117: 1-17.
- Juan L, Gwon O. 2009. A comparison of sift, pca-sift and surf. *Int. J Image Process*, 3: 143-152.
- Kamal WA, Samar R. 2008. A mission planning approach for UAV applications. *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, 3101-3106. URL: <http://dx.doi.org/10.1109/CDC.2008.4739187> (erişim tarihi: 09 Ocak 2022).
- Konar M. 2020. Simultaneous determination of maximum acceleration and endurance of morphing uav with abc algorithm-based model. *Aircraft Eng Aerospace Technol*, 92(4): 579-586.
- Macheret J, Teichman J, Kraig R. 2011. conceptual design of low-signature high endurance hybrid-electric UAV. *Defense Technical Information Center*, Virginia, US, pp: 63.
- Martínez-Carricondo P, Agüera-Vegaa F, Carvajal-Ramírez F, Mesas-Carrascosab FJ, García-Ferrerb A, Pérez-Porras FJ. 2018. Assessment of UAV-photogrammetric mapping accuracy based on variation of ground control points. *Int J App Earth Observ Geoinf*, 72: 1-10. doi: 10.1016/j.jag.2018.05.015.
- Numan AB. 2020. Geleneksel fotogrametri ve insansız hava aracı (İHA) sonuç ürünlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim dalı, Zonguldak, Türkiye, pp: 87.
- Öztürk O, Bilgilioğlu B, Çelik M, Bilgilioğlu S, Uluğ R. 2017. İnsansız hava aracı (İHA) görüntüleri ile ortogörüntü üretiminde yükseklik ve kamera açısının doğruluğa etkisinin araştırılması. *Geomatik*, 2(3): 135-142.
- Remondino F, El-Hakim S. 2006. Image-based 3D modelling: a review. *Photogramm Rec*, 21(115): 269-291.
- Şengül B. 2016. Döner kanatlı İHA'lar ile sabit kanatlı İHA'ların karşılaştı. URL: [https://prezi.com/y\\_6abbpq2r-w/doner-kanatli-ih039lar-ile-sabitkanatli-ih039larn-karslast](https://prezi.com/y_6abbpq2r-w/doner-kanatli-ih039lar-ile-sabitkanatli-ih039larn-karslast) (erişim tarihi: 10 Mart 2020).
- Toprak AS. 2014. Fotogrametrik tekniklerin İHA ile mühendislik projelerinde kullanılabilirliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Harita Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya, Türkiye, pp: 173.
- URL-1. Firefighting drone infographic <https://www.dronefly.com/firefighting-drones-drones-in-the-field-infographic> (erişim tarihi: 01 Mart 2021).
- URL-2: <https://parselorgu.tkgm.gov.tr/> (erişim tarihi: 10 Mart 2020).
- URL-3: <https://www.maliyetbul.com/geometrik-sekil-alan-hacim-hesaplamalari.php> (erişim tarihi: 10 Mart 2020).
- Wang J, Gea Y, Heuvelink GBM, Zhou C, Brus D. 2012. Effect of the sampling design of ground control points on the geometric correction of remotely sensed imagery. *Int J App Earth Observ Geoinf*, 18(1): 91-100.