



## İNSANSIZ HAVA ARAÇLARI KULLANILARAK SÜLEYMAN DEMİREL ÜNİVERSİTESİ YERLEŞKESİNİN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ ORTOFOTO HARİTASININ HAZIRLANMASI

Erhan ŞENER\*

Süleyman Demirel Üniversitesi, Uzaktan Algılama Arş.ve Uyg.Merkezi, Isparta, Türkiye

### Anahtar Kelimeler

İnsansız hava aracı,  
Fotogrametri,  
Ortofoto,  
Nokta bulutu,  
3D modelleme.

### Öz

Günümüzün en önemli yenilikçi teknolojilerinden olan insansız hava araçlarının (İHA) kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Ayrıca, İHA fotogrametrisinin gelişmesiyle birlikte insansız hava araçları kullanılarak elde edilen veriler birçok mühendislik projesinde kullanılmaktadır. Faydalı yük taşıma kapasiteleri ile uçuş sürelerinin de artmasıyla birlikte gelecekte de hayatımızın hemen her alanında kullanımlarının artacağı öngörülmektedir. Bu çalışma kapsamında Süleyman Demirel Üniversitesinin Yerleşkesinin yaklaşık 4,5km<sup>2</sup>lik bir alanında İnsansız Hava Aracı ile otonom uçuşlar yapılarak 485 adet hava fotoğrafı çekilmiştir. Söz konusu hava fotoğrafları yersel çalışmalar ile birlikte fotogrametrik olarak değerlendirilerek yerleşkeye ait yüksek çözünürlüğe sahip ortofoto haritası üretilmiştir. Aynı zamanda detaylı nokta bulutu ve sayısal arazi modeli ile birlikte düzensiz üçgenler ağı kullanılarak yerleşkeye ait mesh yapısında 3 boyutlu katı model elde edilmiştir.

## PREPARATION OF THE HIGH-RESOLUTION ORTHOPHOTO MAP OF SÜLEYMAN DEMİREL UNIVERSITY PLACEMENT BY USING UNMANNED AERIAL VEHICLE

### Keywords

Unmanned aerial vehicle,  
Photogrammetry,  
Orthophoto,  
Point cloud,  
3D modelling.

### Abstract

The use of unmanned aerial vehicles (UAVs), which is one of today's most important innovative technologies, has become widespread in recent years. In addition, with the development of UAV photogrammetry, data obtained by using unmanned aerial vehicles are used in many engineering projects. It is predicted that their use will increase in almost every area of our lives With increasing load bearing capacities and flight times in the future. Within the scope of this study, 485 air photographs were taken by autonomous flights with the unmanned aerial vehicle in an area of 4.5 km<sup>2</sup> of the campus of Süleyman Demirel University. These aerial photographs have been evaluated photogrammetrically together with survey studies and a high resolution orthophoto map of the site was produced. At the same time, 3D solid model was obtained by using irregular triangles network together with detailed point cloud and digital terrain model.

### Alıntı / Cite

Şener, E., (2019). İnsansız Hava Araçları Kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesinin Yüksek Çözünürlüklü Ortofoto Haritasının Hazırlanması, Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 7(2), 393-402.

### Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

E. Şener, 0000-0001-6263-8366

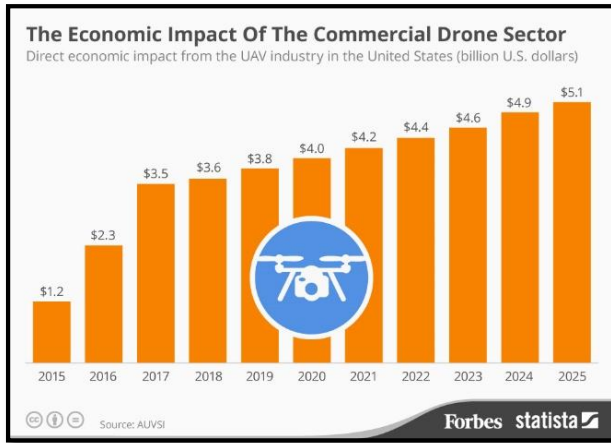
### Makale Süreci / Article Process

|                                  |            |
|----------------------------------|------------|
| Başvuru Tarihi / Submission Date | 10.01.2019 |
| Revizyon Tarihi / Revision Date  | 11.02.2019 |
| Kabul Tarihi / Accepted Date     | 12.02.2019 |
| Yayın Tarihi / Published Date    | 26.06.2019 |

\* İlgili yazar / Corresponding author: erhansener@sdu.edu.tr, +90-246-211-1585

## 1. Giriş

Günümüzün en önemli yenilikçi teknolojilerinden olan insansız hava araçlarının (İHA) kullanımı son yıllarda oldukça yaygınlaşmıştır. Özellikle üzerinde barındırdığı otonom sistemler, faydalı yük taşıma kapasiteleri, motor teknolojileri, uzak mesafelerden veri aktarım teknolojileri, taşıdığı çeşitli sensörler ve bu sensörler tarafından toplanılan verilerin yapay zeka teknolojileri tarafından kullanımı ile insansız hava araçları hayatımızın her alanında yoğun olarak kullanılmaktadır. Söz konusu yeteneklerinin gelişimine paralel olarak özellikle faydalı yük taşıma kapasiteleri ile uçuş sürelerinin arttırılmasıyla birlikte gelecekte de İnsansız Hava Araçlarının çok yaygın olarak kullanılacağı öngörülmektedir. Günümüz ticari drone sektöründe en önemli ülkelerden birisi olan ABD'nin 2025 yılında ticari amaçlı drone sektörünün büyüklüğünün 5.1 milyar USD civarında olacağı öngörülmektedir (Şekil 1). Dünyadaki gelişmelere bağlı olarak ülkemizde de son yıllarda İnsansız Hava Araçları kullanılarak yapılan bilimsel çalışmalar önemli oranlarda artmıştır. Özellikle fotogrametrik harita üretimi, kaya düşmeleri, madencilik, yol vb. mühendislik projelerinin fizibilitesi, arkeolojik araştırmalar, kültürel yapıların İHA fotogrametrisi ile dijital belgelenmesi, vb. konularda araştırmalar yapılmıştır (Tercan, 2017a; Tercan, 2017b; Akgül vd., 2016; Karakış, 2012; Uslu ve Uysal, 2017; Yılmaz vd., 2018; Toprak, 2014; Avdan vd., 2014; Yücel ve Yücel, 2017; Ulusoy vd., 2017).



**Şekil 1.** ABD'nin ticari drone sektörünün gelecek projeksiyonu (McCarthy, 2015)

Özellikle son yıllarda insansız hava araçlarının kullanımlarının yaygınlaşması ile birlikte başta haritacılık olmak üzere çeşitli mühendislik projelerinde kullanımları da artmıştır. Fotogrametrik amaçlı kullanımlarda zaman ve maliyet açısından çok daha avantajlı olan İHA'lar ile yüksek konumsal doğruluklara ulaşmak mümkündür. İnsansız Hava Aracı temelli veri toplama ve haritalama ihtiyaç duyulan yeterli konumsal doğruluğu sağlayabilmektedir (Yılmaz vd., 2018).

İnsansız Hava Araçlarından elde edilen verilerin uydulardan alınan verilere göre bazı avantajları vardır. Özellikle lokal çalışmalarda uydu görüntülerine nazaran konumsal ve zamansal çözünürlükleri çok daha yüksek olan veriler elde edilebilmektedir. Ayrıca gerek düşük maliyetleri gerekse de çekimlerin programlanması aşamalarında da insansız hava araçlarının fayda maliyet oranları çok daha yüksektir. Optik kameraların yanısıra İHA'lara entegre edilen termal kızılötesi, multispectral ve hyperspectral kameralar ile elektromanyetik spektrumun çok geniş bir aralığında algılama yapılarak veri toplama yeteneklerinin arttırılması mümkündür.

İnsansız Hava Araçlarının taşıyıcı platform olarak kullanıldığı fotogrametrik amaçlı çalışmalarda, elde edilen verilerin doğruluğunun istenilen hassasiyette olması çok önemlidir. Doğruluğun değerlendirilmesi genellikle istatistiksel Karesel Ortalama Hata (KOH-RMSE) temel alınarak yapılır. Son yıllarda, İHA fotogrametrisi ile elde edilen ürünlerin doğruluğunu değerlendirmek için birçok çalışma yapılmıştır (Yılmaz vd., 2013, Dandois vd., 2015, Agüera-Vera vd., 2016, Amrullah vd., 2016, Vautherin vd., 2016). Genel olarak İHA Fotogrametrisinde elde edilen ürünlerin doğruluğunu etkileyen en önemli parametre yer kontrol noktalarının sayısı ve arazideki homojen dağılımıdır.

Hava fotoğraflarındaki eğiklik ve dönüklük etkileri ile arazinin yükseklik farklarından oluşan hatalar giderilmek suretiyle elde edilen, her noktasında sabit bir ölçeğe sahip olan, çekildikleri anda arazinin gerçek durumunu gösteren görüntülere "ortofoto", denir. Hava fotoğrafları ve uydu görüntülerinden üretilen ortofotolar üzerine çeşitli açıklayıcı bilgi ve yazılar, grid hatları, harita kenar bilgileri, pafta isimleri, eş yükseklik eğrileri, yükseklik (kot) noktaları, ölçek, üretim yılı, ölçek göstergesi, detayların sembolleri ve gerekli görülen diğer bilgiler eklenmek suretiyle elde edilen haritalara "ortofoto harita" adı verilmektedir (Özbalımcı, 2007).

Bu çalışmanın amacı Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesi kapsamında yapılacak tüm konumsal planlama çalışmaları ile haritalama çalışmalarında altlık olarak kullanılmak üzere yerleşkeye ait yüksek çözünürlüklü ortofoto haritasının hazırlanmasıdır. Bu amaçla İnsansız Hava Aracı ile edilen 485 adet fotoğraf Pix4D yazılımı ile değerlendirilerek Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait yüksek çözünürlüklü ortofoto haritası hazırlanmıştır. Ayrıca fotogrametrik yöntemler ile yerleşkeye ait Nokta Bulutu ve Sayısal Arazi Modeli elde edilmiştir.

## 2. Bilimsel Yazın Taraması

İnsansız Hava Araçları, boş veya pilotsuz motorlu havasal araçlar olarak tanımlanmaktadır. İHA'ların kontrol mekanizması uzaktan, yarı otomatik, otomatik veya bunların birkaçının birleşiminden oluşmaktadır.

İHA'ların diğer hava araçlarından en önemli farkı İHA'larda fiziksel olarak pilotun bulunmamasıdır (Eisenbeiss, 2004, Rawat ve Lawrence, 2014; Yılmaz vd., 2018).

İnsansız Hava Araçlarının standart bir sınıflaması olmayıp faydalı yük taşıma kapasitesi, uçuş süresi ve irtifası, kullanım alanı, otonom sistemler taşıyıp taşıyamaması, yakıt türü ile kanat yapılarına göre çeşitli sınıflandırmalar mevcuttur. İnsansız Hava Araçlarının genel olarak ağırlık, boyut, uçuş süresi ve irtifasına yönelik olan sınıflandırma aşağıda verilmiştir.

**Tablo 1.** İnsansız Hava Araçlarının genel sınıflandırması (İyibilgin vd., 2016; U.S. Department of Transportation, 2013; Suraj vd., 2013).

| İHA Sınıfı       | Ağırlık (Pound) | Boyut (Feet) | Uçuş Yüksekliği | Uçuş Hızı (Mil/Saat) | Uçuş Yarıçapı (Mil) | Uçuş Süresi (Saat) |
|------------------|-----------------|--------------|-----------------|----------------------|---------------------|--------------------|
| Nano             | <1              | <1           | <400            | <25                  | <1                  | <1                 |
| Mikro            | 1-45            | <3           | <3000           | 10-25                | 1-5                 | 1                  |
| Küçük İHA        | 45-55           | <10          | <10000          | 50-75                | 5-25                | 1-4                |
| Çok Hafif Uçak*  | 55-225          | <30          | <15000          | 75-150               | 25-75               | 4-6                |
| Hafif Spor Uçak* | 255-1320        | <45          | <18000          | 75-150               | 50-100              | 6-12               |
| Küçük Uçak       | 1320-12500      | <60          | <25000          | 100-200              | 100-200             | 24-36              |
| Orta Uçak*       | 12500-41000     | -            | <100000         | -                    | -                   | -                  |

\*FAA - Tanımlanan insanlı uçak ağırlık kategorileri

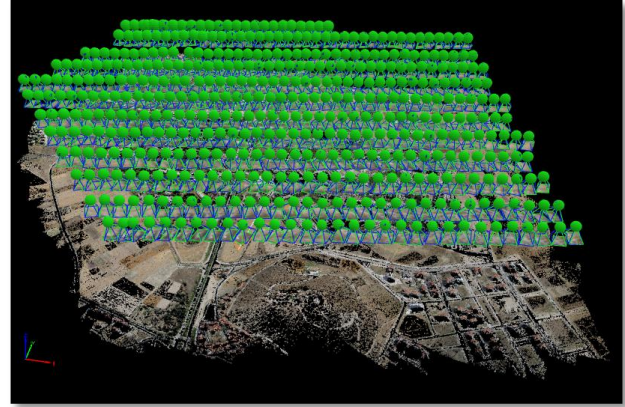
İnsansız Hava Araçlarının tarım, ormancılık, madencilik, acil durum yönetim, arkeoloji, mimari ve haritacılık gibi birçok disiplinde kullanılması, düşük maliyetli, hızlı ve güvenilir veriler üretmesi gibi birçok avantajı olmasına rağmen dezavantajları da vardır. Bunlar sınırlı yük taşıyabildiklerinden büyük alanları içeren uygulamalarda yetersiz kalmaları, havada kalma sürelerinin az olması, rüzgârlı havalarda uygulama yapma imkânının kısıtlı olması, iniş, kalkış ve uçuş aşamasında yaşanan sıkıntılar olarak sıralamak mümkündür (Eisenbeiss ve Sauerbier, 2011; Rawat ve Lawrence, 2014, Mahmod ve Yılmaz, 2018)

### 3. Materyal ve Yöntem

1992 yılında kurulan Süleyman Demirel Üniversitesi yaklaşık 10.000 dekarlık merkezi yerleşke alanına sahiptir. 18 Mayıs 2018 tarih ve 30425 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Yükseköğretim Kanunu İle Bazı Kanun Ve Kanun Hükmünde Kararnamelerde Değişiklik Yapılmasına Dair 7141 Numaralı Kanun" ile Süleyman Demirel Üniversitesinden bazı fakülte ve Meslek Yüksekokullarını bünyesine katan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi adıyla yeni bir üniversite kurulmuştur. Halen Süleyman Demirel Üniversitesi bünyesinde 14 fakülte, 2 yüksekokulu, 1 devlet konservatuvarı, 4 meslek yüksekokulu, 6 enstitüsü ile 47 araştırma uygulama merkezi barındırmaktadır.

Bu çalışmada Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesinde uçuş öncesinde belirlenen güzergah

boyunca insansız hava aracı ile otonom uçuşlar gerçekleştirilerek elde edilen verilerden yüksek çözünürlüklü Ortofoto Haritası ile birlikte Sayısal Arazi Modeli (SAM) ve nokta bulutu oluşturulmuştur. Bu amaçla DJI Matrice 600 Pro insansız hava aracına entegre edilen Ronin MX gimbal ile kontrol edilen Sony A7R (ILCE-7R) dijital fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Söz konusu insansız hava aracı ile otonom uçuşlar gerçekleştirilerek %80 bindirme oranına sahip olan 485 adet hava fotoğrafı çekilmiştir (Şekil 2).



**Şekil 2.** İnsansız Hava Aracı ile çekilen fotoğrafların konumlarına ait ışın bulutları (raycloud)

Ayrıca TUSAGA –Aktif sistemine bağlı Topcon Hyper+GNNS alıcısı kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesinde homojen olarak dağılmış 18 adet yer kontrol noktaları tesis edilerek doğruluk analizleri yapılmıştır. Doğruluk analizlerinde kullanılan olasılıksal hata, karesel ortalama hata ve oransal hata gibi çeşitli yöntemler bulunmakla birlikte bu çalışmada karesel ortalama hata yöntemi (Root Mean Square Error -RMSE) kullanılmıştır. Karesel Ortalama Hata analizinde hatalar yer kontrol ölçümleri veya referans veri ile üretilen harita ya da sayısal yükseklik modelinin arasındaki farkların toplamının ortalamasının karekökü olarak tanımlanır (Kılınçoğlu, 2016).

Çalışmada fotogrametrik değerlendirme amacıyla kullanılan Pix4D yazılımı CBS ve CAD tabanlı düzenleme araçlarıyla yoğun olarak kullanılan haritalama ve modelleme çözümüdür. Özellikle hemen hemen tüm kamera ve lenslerin tanımlanabildiği sistemde ayrıca RGB kameraların yanısıra multispectral ve termal kameralara ait verilerinde değerlendirebildiği bir yazılımdır.

İnsansız Hava aracı ile otonom uçuşlar gerçekleştirilerek elde edilen çekilen 485 adet hava fotoğrafının Dell 7116T iş istasyonunda Pix4D yazılımı kullanılarak fotogrametrik değerlendirilmesi ile Süleyman Demirel Üniversitesi Yerleşkesine ait yüksek çözünürlüklü ortofoto haritası, sayısal arazi modeli ve nokta bulutu oluşturulmuştur.

#### 4. Araştırma Bulguları

İnsansız Hava Aracı ile elde edilen verilerin fotogrametrik değerlendirmesi için kullanılan Pix4D yazılımında öncelikle fotoğraflar arasındaki ortak noktalar otomatik olarak eşleştirilerek kameranın konumu ve dönüklükleri hesaplanmıştır. Bu aşamada 2 fotoğrafta 2905021, 3 fotoğrafta 837838 ve 4 fotoğrafta ise 398338 olmak üzere tüm fotoğraflarda ortalama 33008 ortak nokta (keypoint) belirlenerek eşleştirilmiştir. Daha sonra yer kontrol noktaları sisteme tanımlanmasıyla birlikte sonuçların doğruluğunun test edilmesi aşamasında Karesel Ortalama Hata (KOH) 3.87cm olarak hesaplanmıştır.

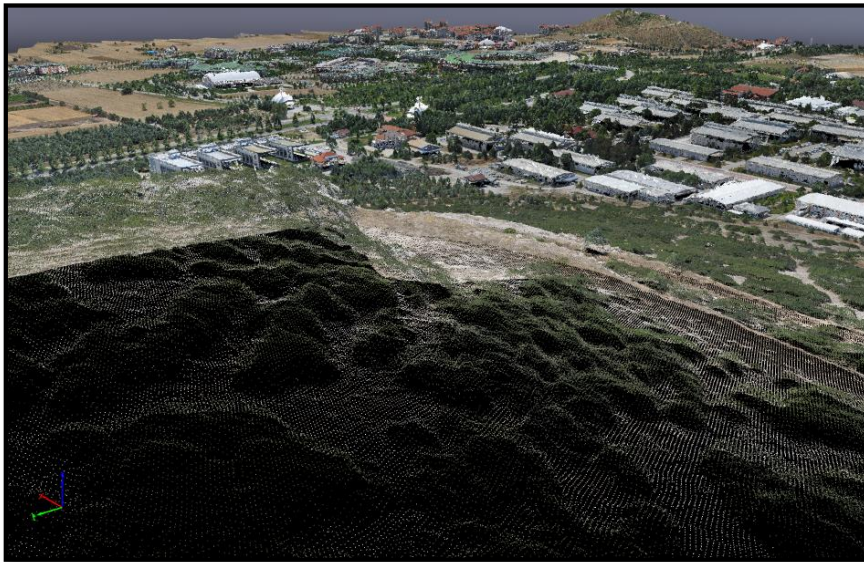
Sayısal Arazi Modeli (SAM) üretimi için öncelikle çalışma alanına ait yüksek çözünürlüklü nokta bulutu üretilmiştir. Nokta bulutu genellikle kapladığı alana bağlı olarak çok büyük miktarlarda nokta içeren ve bulunduğu alan veya nesnelerin karakteristik yapılarını ayrıntı bir şekilde tanımlanmasını sağlayan yükseklik ve koordinat bilgilerini içeren noktasal verilerdir. Bu çalışma kapsamında Pix4D yazılımı ile Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait üretilen nokta bulutu toplamda 264.679.719 adet nokta içermektedir (Şekil 3). Kullanılan yazılım ile Las, Laz, Ply, Xyz formatlarında nokta bulutu ve Obj, Dxf gibi farklı formatlarda ise doku giydirilmiş 3 boyutlu görüntüler elde edilebilir.

Oluşturulan nokta bulutu kullanılarak öncelikle Sayısal Arazi Modeli hazırlanmıştır (Şekil 4). Sayısal

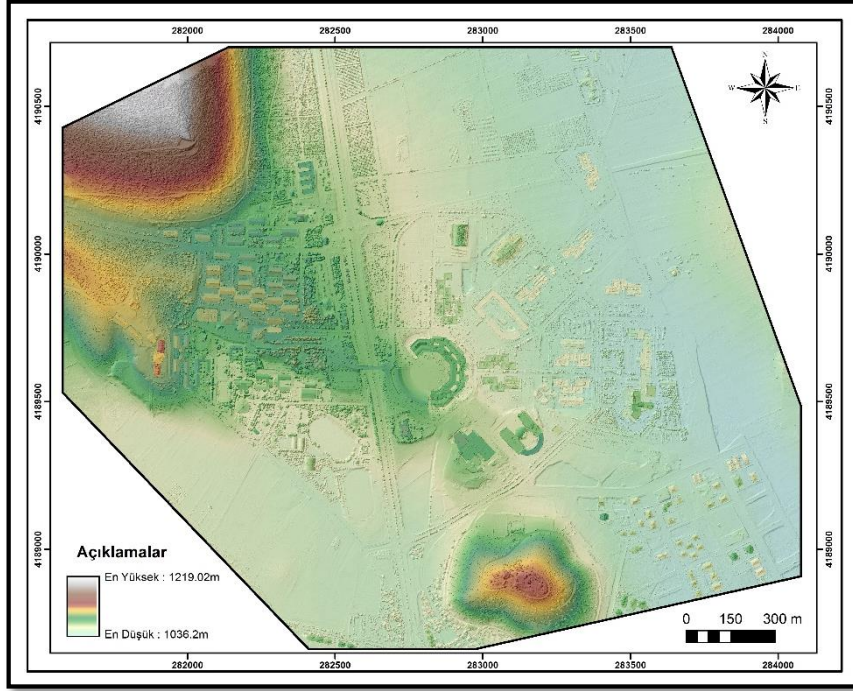
Arazi Modelinin Sayısal Yükseklik Modelinden farkı arazi üzerindeki objelerin (ağaç, bina vb.) yükseklik bilgilerini de içermesidir. Sayısal Arazi Modeli kullanılarak Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait 2.9cm. yersel çözünürlüğe sahip ortofoto haritası elde edilmiştir (Şekil 5).

Mühendislik projelerinde kullanılmak üzere hazırlanan ortofoto ve sayısal arazi modellerinde kazı ve dolgu miktarlarında daha hassas hesaplama yapabilmek için öncelikle nokta bulutunun işlenerek bitki örtüsü ve benzeri objelerin etkilerini en aza indirgenmesi gerekmektedir. Bu şekilde mevcut yüzey hassas bir şekilde yüksek çözünürlük ile ortaya çıkarıldığından dolayı sözkonusu veri üzerinde yapılacak hesaplamaların da çok daha hassas olması sağlanabilir.

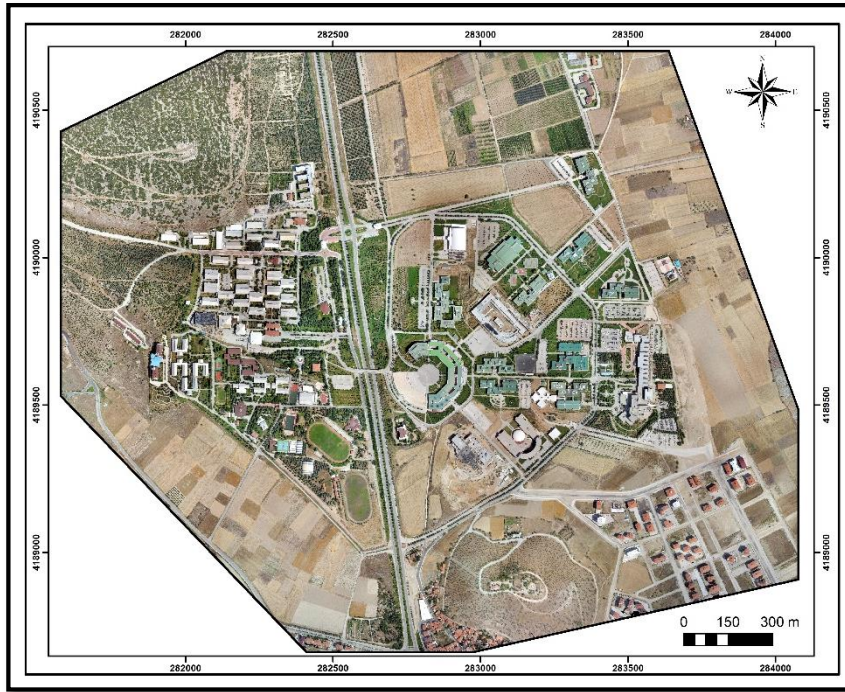
Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait Ortofoto görüntüler ile sayısal arazi modellerine ait detaylı haritalar Şekil 6 ve 7'de sunulmuştur. Ayrıca çalışma kapsamında düzensiz üçgenler ağı kullanılarak nokta bulutundan yerleşkeye ait mesh yapısında 3 boyutlu katı model elde edilmiştir. Sözkonusu katı modeller incelendiğinde bazı binaların yan cephelerinde insansız hava aracından elde edilen fotoğrafların açılarından kaynaklanan ve nokta sayısının nispeten az olmasından dolayı bozukluklar olduğu belirlenmiştir. Buna rağmen 3 boyutlu katı modelin genelinde modellemelerin çok iyi olduğu gözlenmiştir (Şekil 8).



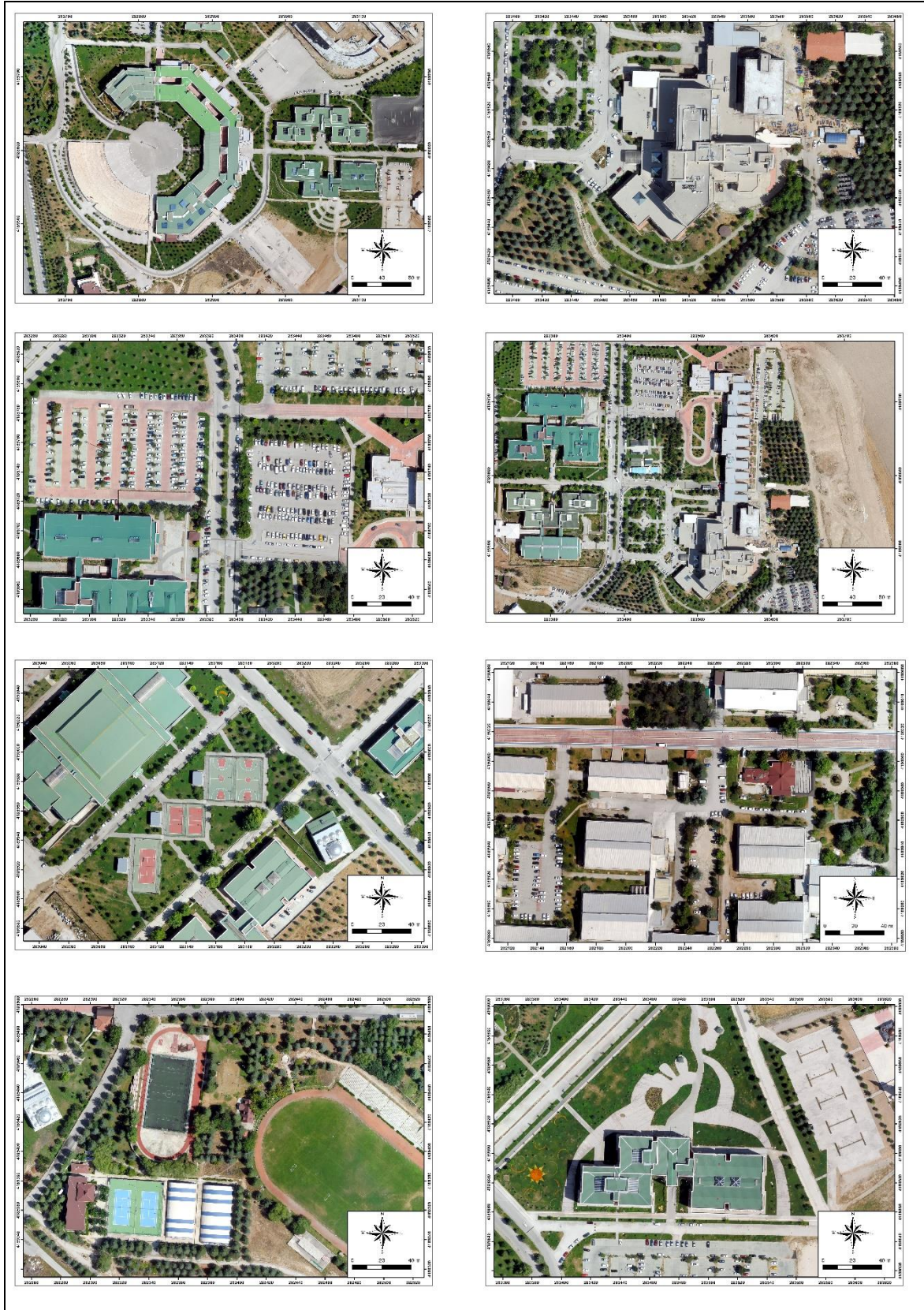
Şekil 3. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait Nokta Bulutu



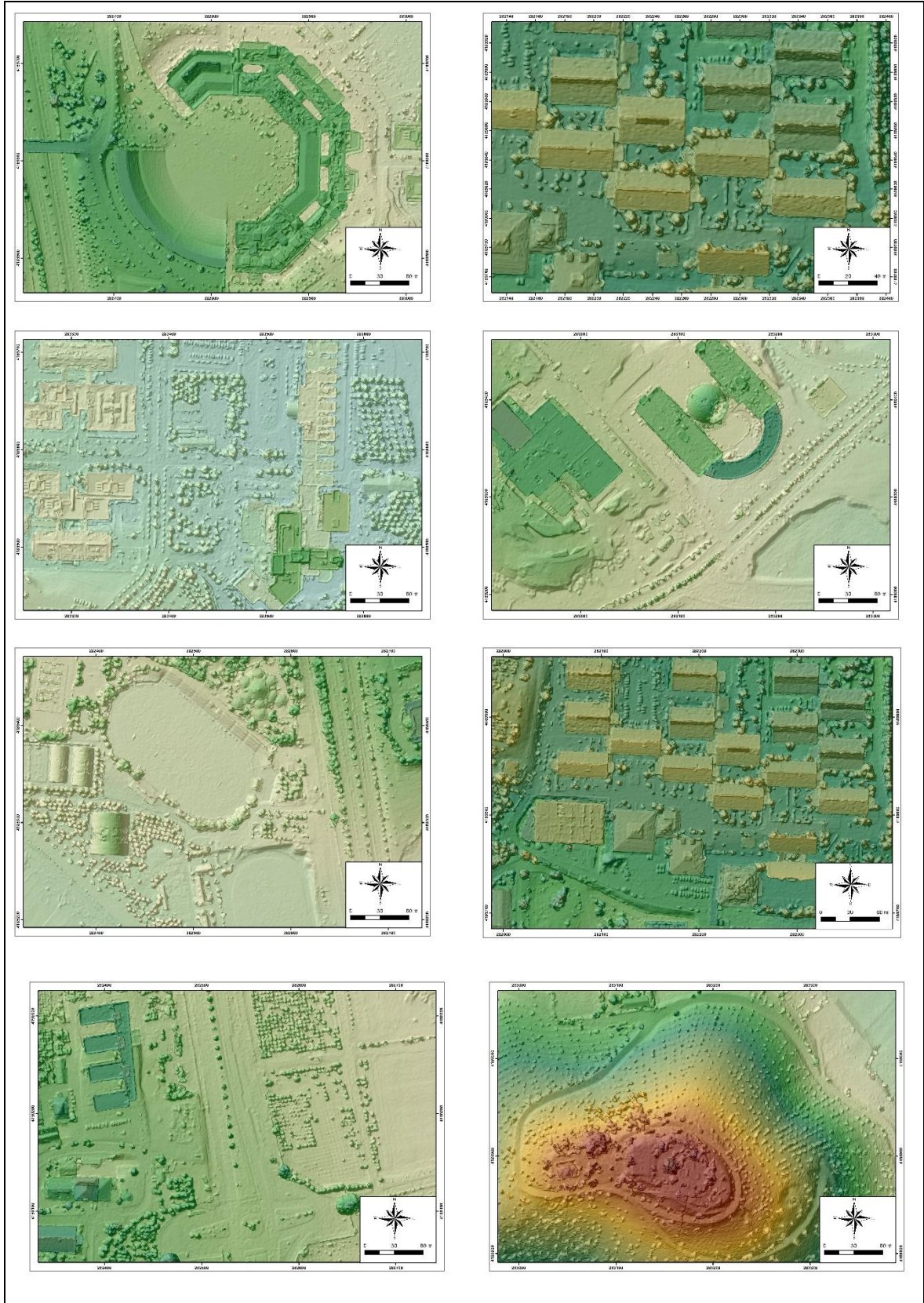
Şekil 4. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait Sayısal Arazi Modeli



Şekil 5. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait Ortofoto harita



Şekil 6. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait hazırlanan Ortofoto görüntülerden bazı detaylar



Şekil 7. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait hazırlanan Sayısal Yüzey Modelinden bazı detaylar



Şekil 8. Süleyman Demirel Üniversitesi yerleşkesine ait hazırlanan 3 boyutlu katı modeller



## 5. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışma kapsamında insansız hava araçları kullanılarak fotogrametrik ölçüm ve değerlendirme esasına dayalı bir uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Süleyman Demirel Üniversitesinin yaklaşık 4,5km<sup>2</sup>lik yerleşke alanında insansız hava araçları kullanılarak 485 adet hava fotoğrafı çekilmiştir. Söz konusu hava fotoğraflarının fotogrametrik olarak değerlendirilmesi ile Karesel Ortalama Hata oranı 3.87cm ve yersel çözünürlüğü 2.9cm. olan ortofoto haritası üretilmiştir. Ayrıca yüksek konumsal detay içeren nokta bulutu ile sayısal arazi modeli de üretilmiştir.

Çalışma kapsamında üretilen nokta bulutu, ortofoto harita ve sayısal arazi modeli, yersel arazi çalışmalarına nazaran çok daha kısa zamanda ve düşük maliyet ile hazırlanmıştır. Ayrıca yüksek doğruluk oranları ile özellikle kazı ve dolgu gerektiren mühendislik projelerinde rahatlıkla kullanılabilir.

İHA fotogrametrisinde konumsal doğruluğu etkileyen en önemli parametre, çalışma alanında homojen olarak tesis edilen yer kontrol noktalarının yeterli sayıda olmalarıdır. Aynı şekilde yersel çözünürlüğü etkileyen en önemli parametreler ise uçuş yüksekliği, kameranın çözünürlüğü ve sensör boyutlarıdır. Fotogrametrik değerlendirmede çıktı kalitelerinin iyi seviyelerde olması için uçuş öncesinde iyi bir planlama çalışması gerekmektedir. Bu planlama çalışmasında projenin amacı doğrultusunda uçuş güzergahı ile yüksekliği, çekilecek fotoğrafların bindirme oranları, yer kontrol noktalarının optimum bir şekilde tesis edilmelidir. Ayrıca fotogrametrik değerlendirme sonunda doğruluk analizlerinin mutlaka yapılarak karesel ortalama hata oranlarının kabul edilebilir seviyelerde olmasına dikkat edilmelidir.

İnsansız Hava Araçlarının faydalı yük taşıma kapasiteleri ile uçuş sürelerinin artmasıyla birlikte özellikle İHA fotogrametrisindeki gelişmelere paralel olarak özellikle haritacılık alanındaki kullanımlarının çok daha fazla olacağı öngörülmektedir.

### Conflict of Interest / Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

No conflict of interest was declared by the authors.

### Kaynaklar

Agüera-Vega, F., Carvajal-Ramírez, F., Martínez-Carricondo, P., 2017. Assessment of photogrammetric mapping accuracy based on variation ground control points number using unmanned aerial vehicle. *Measurement* 98, 221-227.

Akgül, M., Yurtseven, H., Demir, M., Akay, A.E., Gülci, S., Öztürk, T., 2016. İnsansız Hava Araçları ile Yüksek Hassasiyette Sayısal Yükseklik Modeli Üretimi ve Ormancılıkta Kullanım Olanakları. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University* 66(1): 104-118.

Amrullah, C., Suwardhi, D., Meilano, I., 2016. Product accuracy effect of oblique and vertical non-metric digital camera utilization in UAV-photogrammetry to determine fault plane. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci.* III-6, 41 – 48

Avdan, U., Şenkal, E., Çömert, R., & Tuncer, S. 2014. İnsansız hava aracı ile oluşturulan verilerin doğruluk analizi. 5. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (UZAL-CBS 2014), 14-17.

Dandois, J.P., Olano, M., Ellis, E.C., 2015. Optimal altitude, overlap, and weather conditions for computer vision uav estimates of forest structure. *Remote Sens.* 7, 13895 – 13920.

Eisenbeiss, H., 2004. "A mini unmanned aerial vehicle (UAV): system overview and image acquisition". *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. XXXVI, part 5/W1, on CD-ROM.

Eisenbeiss, H., Sauerbier, M. (2011). Investigation of UAV systems and flight modes for photogrammetric applications. *The Photogrammetric Record*, n26(136), 400-421.

İyibilgin, O., Korkmaz, Y., Fındık, F., 2016. Geçmişten günümüze insansız hava araçlarının gelişimi. *Sakarya University Journal of Science*, 20 (2), 103-109.

Karakış, S., 2012. İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Büyük Ölçekli Fotogrametrik Harita Üretim Olanaklarının Araştırılması. *Harita Dergisi*, (147), 13-20.

Kılınçoğlu, D. B., 2016. Farklı İnsansız Hava Araçları İle Elde Edilen Görüntülerin Otomatik Fotogrametrik Yöntemlerle Değerlendirilmesi ve Doğruluk Analizi. *Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü.*

McCarthy, N., 2015. The Economic Impact Of The Commercial Drone Sector. *Çevrimiçi.* (25.12.2018): <https://www.statista.com/chart/3898/the-economic-impact-of-the-commercial-drone-sector>

Mahmod, A.A., Yılmaz, H.M., 2018. Generating to Three Dimensional Models from Taken Photos in Vertical Position with Unmanned Aerial Vehicles: Aksaray University Campus Mosque. *Aksaray University Journal of Science and Engineering* 2 (2), 144-160

- Özbalıumcu, M., 2007. Fotogrametrik Yöntemle Ortofoto Harita Üretiminin Temel Esasları, Ortofotonun Yararları ve Kullanım Alanları. TUFUAB IX. Teknik Sempozyumu, İstanbul
- Rawat K. S., Lawrence E. E., 2014. "A mini-UAV VTOL Platform for Surveying Applications". International Journal of Robotics and Automation (IJRA) Vol. 3, No. 4, December 2014, pp. 259-267.
- Suraj G. Gupta, Mangesh M. Ghonge, P. M. Jawandhiya., 2013. Review of Unmanned Aircraft System (UAS), International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology (IJARCET), Volume 2, Issue 4,
- Tercan, E., 2017a. İnsansız Hava Aracı Kullanılarak Antik Kent ve Tarihi Kervan Yolunun Fotogrametrik Belgelenmesi: Sarıhacılar Örneđi. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 5(3), 633-642.
- Tercan, E., 2017b. Karayolu Projelerinde İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Sayısal Arazi Modeli-nin Değerlendirilmesi: Bucak-Kocaaaliler Yolu Örneđi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 8(2), 172-183.
- Toprak, A. S., 2014, Fotogrametrik Tekniklerin İnsansız Hava Araçları ile Mühendislik Projelerinde Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2014.
- U.S. Department of Transportation, 2013. Unmanned Aircraft System (UAS) Service Demand 2015-2035: Literature Review and Projections of Future Usage, Version 0.1. Technical Report No: DOT-VNTSC-DoD-13-01, Cambridge, MA 02142
- Ulusoy, İ., Şen, E., Tuncer, A., Sönmez, H., Bayhan, H., 2017. 3D Multi-view Stereo Modelling of an Open Mine Pit Using a Lightweight UAV. Türkiye Jeoloji Bülteni/Geological Bulletin of Turkey, 60(2), 223-242.
- Uslu, A., Uysal, M., 2017. Arkeolojik Eserlerin Fotogrametri Yöntemi İle 3 Boyutlu Modellenmesi: Demeter Heykeli Örneđi. Geomatik, 2(2), 60-65.
- Vautherin, J., Rutishauser, S., Schneider-Zapp, K., Choi, H.F., Chovancova, V., Glass, A., Strecha, C., 2016. Photogrammetric accuracy and modeling of rolling shutter applications. Geomorphology 179, 300 - 314
- Yılmaz, V., Akar, A., Akar, Ö., Güngör, O., Karlı, F., Gökalp, E. (2013). İnsansız Hava Aracı ile Üretilen Ortofoto Haritalarda Doğruluk Analizi. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliđi VII. Teknik Sempozyumu (TUFUAB'2013), 23-25 Mayıs 2013.
- Yılmaz, H. M., Mutluođlu, Ö., Ulvi, A., Yaman, A., & Bilgiliođlu, S. S. (2018). İnsansız Hava Aracı İle Ortofoto Üretimi ve Aksaray Üniversitesi Kampüsü Örneđi. Journal of Geomatics, 3(2), 103-110.
- Yücel, D.Ş., Yücel, M. A., 2017. Terk edilmiş kömür ocaklarında oluşan maden göllerinin hidrokimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve insansız hava aracı ile üç boyutlu modellenmesi. Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 23(6).