

İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Arkeolojik Alanlarda Belgeleme: Sarıkaya Roma Hamamı (Therma Basilica) Örneği

Emine Saka AKIN¹, Alperen ERDOĞAN²

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 66200, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefaati Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, 66200, Yozgat, Türkiye

(Alınış / Received: 19.12.2021, Kabul / Accepted: 22.06.2022, Online Yayınlanma / Published Online: 20.12.2022)

Anahtar Kelimeler

Arkeolojik Alan,
İHA Fotogrametrisi,
Belgeleme,
Koruma,
Sarıkaya Roma Hamamı

Öz: Arkeolojik alanlarda belgeleme çalışmaları son yıllarda kullanılan yeni teknikler sayesinde daha kolay, hassas, ekonomik ve kısa sürede yapılmaktadır. Bu çalışmada bu tekniklerden İnsansız Hava Araçları (İHA) Fotogrametrisinin arkeolojik alanlarda belgeleme çalışmalarında kullanılmasının Yersel Lazer Tarama (YLT) tekniğine göre avantajlarının tartışılması amaçlanmıştır. Yozgat İli, Sarıkaya İlçe merkezinde bulunan ve M.S. 1. Yüzyıla dayandırılan Sarıkaya Roma Hamamı çalışmada örnek alan seçilmiştir. İHA ile belgelemeye yönelik kazı alanında uçuş öncesinde araziye Yer Kontrol Noktaları (YKN) işaretlenmiş ve GPS (Global Positioning System) ile koordinatlandırılmıştır. İHA ile elde edilen görüntüler ile çalışma alanının ortofotosu ve nokta bulutu verileri Structure From Motion (SFM) tekniği ile üretilerek Sarıkaya Roma Hamamı'nın Üç Boyutlu (3B) modeli yaklaşık 4 cm. hassasiyetinde üretilmiştir. Bu veriler aynı alanda daha önce YLT tekniği ile yapılan verilerle karşılaştırılmış ve birbirleri ile benzer hassasiyete ulaştığı görülmüştür. Sonuç olarak İHA Fotogrametri tekniğinin arkeolojik alana zarar vermeden kullanılabilmesi, kısa zaman, az uzman gerektirmesi ve daha ekonomik olması YLT tekniğine göre avantajlı yönleridir. Zengin bir kültürel mirasa sahip Türkiye'de pek çok eserin ivedilikle belgelenmesinde İHA Fotogrametri tekniği büyük katkı sağlayacaktır.

Documentation in Archaeological Sites with Unmanned Aerial Vehicles (UAV): The Case of Sarıkaya Roman Bath (Therma Basilica)

Keywords

Archaeological Site
UAV Photogrammetry,
Documentation,
Conservation,
Sarıkaya Roman Bath

Abstract: Documentation studies in archaeological sites are made easier, more sensitive, economical and in a short time thanks to the new techniques used in recent years. In this study, it is aimed to discuss the advantages of using Unmanned Aerial Vehicles (UAV) Photogrammetry in documentation studies in archaeological sites compared to Terrestrial Laser Scanning (TLS) technique. In the study, Sarıkaya Roman Bath, dating back to the 1st century (A.D.), was chosen as a sample area. Ground Control Points were marked on the ground before the flight in the excavation area for documentation with UAV and coordinated with Global Positioning System (GPS). The orthophoto of the study area and point cloud data obtained with the Structure From Motion (SFM) technique are produced with the images obtained by the UAV, and the Three-Dimensional (3D) model of Sarıkaya Roman Bath is approximately 4 cm. manufactured with precision. These data were compared with the data made with the TLS in the same area before and it was seen that they reached similar sensitivity with each other. As a result, the UAV Photogrammetry technique is advantageous compared to the TLS technique, which does not harm the archaeological site, requires less time, requires less specialist, and is more economical. In Turkey, which is rich in cultural heritage, UAV Photogrammetry technique will make a great contribution to the urgent documentation of many works, that are on the verge of extinction due to the lack of resources.

1. Giriş

Tarihi yapılar ve arkeolojik alanların korunması kavramı dünyada bilimsel bir uğraş olarak 19. Yüzyılda ele alınmış ve dünyadaki miras alanlarının korunması amacıyla uluslararası bir hareket yaratma fikri de I. Dünya Savaşı'ndan sonra ortaya çıkmıştır. Atina'da 1931 yılında *I. Uluslararası Tarihi Anıtlar Mimar ve Teknisyenler Konferansı (Atina Konferansı)* ile uluslararası bir boyut kazanmıştır. İkinci Dünya Savaşı sonrası çıkan ekonomik, teknik, sosyal ve toplumsal pek çok sorunun üstesinden gelebilmek için Birleşmiş Milletler (BM) bünyesinde kültürel ve tarihi mirasın korunması için UNESCO (1946), daha sonra ICCROM (1959), ICOMOS (1965) kurulmuştur. Uluslararası boyuta taşınan koruma kavramı sözleşmeler, tüzükler, ilke kararları ile geliştirilmiş ve genişletilmiştir. Venedik Tüzüğü (1964) bu konuda yapılan en kapsamlı tüzük olup daha sonra oluşturulan koruma ile ilgili sözleşme, tüzük, ilke kararları ve yasalara temel olmuştur [1]. Venedik Tüzüğü ile koruma ve bakım çalışmalarında tüm modern teknik yöntemlerle birlikte, doğa bilimleri yoluyla ispatlanmış ve pratik deneyimlerle garanti edilmiş modern konservasyon yöntemlerinin kullanılmasına veya modern teknik önlemlerin alınmasına izin verilmiştir.

Türkiye'de 1973 yılında çıkarılan 1710 sayılı yasaya kadar arkeolojik alanların çevresiyle birlikte korunmasını sağlayacak koruma ölçütleri tanımlanmamıştır. Daha sonra 1999'da "Arkeolojik Mirasın Korunmasına İlişkin Avrupa Sözleşmesi"ni (Valetta) imzalayan Türkiye halen bu belgenin öngördüğü ilkeleri izlemeye çalışmaktadır [2].

Uzun süre doğa ve insan tahribatı altında kalan arkeolojik alanların belgelenmesinin (rölöve) güvenli, ekonomik, etkin ve hızlı bir şekilde yapılamaması en önemli koruma sorunlarından biridir. Arkeolojik alanlarda belgeleme işlemi uzmanlık, teknik ve maliyet isteyen bir çalışma olmasının yanı sıra arazi şartları ve zararlı hayvanlardan dolayı da tehlikeli bir çalışmadır. Ayrıca arkeolojik alanların bakım ve onarımları ile buluntuların saklanması yükümlülüğünün kazıyı yapan arkeologlara verilmesine karşın yapılacak belgeleme (rölöve), sağlamlaştırma, malzeme ile ilgili sorunların aşılması da disiplinler arası bir ekip çalışmasını gerektirmektedir. Arkeologlar mimarlık, strüktür ve zemin mühendisliği, harita mühendisliği, malzeme, kimya gibi bilim dalları alanındaki uzmanlarla iş birliği içerisinde olmalıdır [1].

Türkiye'de 2002 yılında 6.812 olan sit sayısı 2021 yılı sonunda 22.233 olmuştur. Yıllara göre oldukça artış gösteren bu sayılara rağmen 2021 yılı itibari ile sit alanlarının 21.512 [3] tanesi olan arkeolojik sit alanında 670 arkeolojik faaliyet [4] yürütülmüştür. Bu faaliyetlerde gelişen teknolojilerin kullanılması

daha hassas, hızlı ve ekonomik belgeleme çalışmalarının yürütülmesine katkı sağlayacaktır.

Günümüzde klasik bilgisayar tabanlı Üç Boyutlu (3B) modelleme tekniklerinin yanı sıra fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı tekniklerde 3B modelleme çalışmalarında da kullanılmaktadır. Fotogrametrik ve mesafe ölçme tabanlı ölçme sistemleri gerçek obje geometrisinin belirlenmesinin yanı sıra objenin coğrafi referansı ile modellenmesi imkânı da sağlamaktadır. Ayrıca bu teknolojiler objenin gerçek görüntüsü ile alım yaptıkları için gerçek görüntünün doku olarak modellere geçirilmesi konusunda daha avantajlı olanaklar sağlamaktadır [5]. Bu bağlamda fotogrametri özellikle yeni gelişen görüntü işleme teknikleri ve hem Yersel hem de İHA bazlı uygulamaları ile mimari, arkeolojik ve tarihi eserlerin 3B modelleme çalışmalarında avantajlı hale gelmiştir [6]. Günümüzde yersel fotogrametrinin 3B (Üç Boyutlu) belgeleme çalışmalarında sıklıkla kullanılmasına rağmen özelliğiyle yapıların üst cephelerinin fotoğraflarının çekilememesinden dolayı eksiklikleri bulunmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi konusunda tüm özel sektör ve kamu kuruluşlarında da yaygın olarak kullanılan İHA fotogrametrisi her alanda önemli avantajlar sağlamaktadır.

İHA fotogrametrisi, genel olarak bir hava aracına entegre edilen kamera ile çekilmiş fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametri sürecidir [7]. İHA Fotogrametrisi Yer Kontrol Noktalarının (YKN) yerleştirilmesi ve detaylar üzerine birkaç fotoğraf çekimi yapılması dışında arkeolojik alana girilmeden, esere dokunmadan rölövelerinin çıkarılmasına ve 3B modelleme yapılmasına imkân vererek diğer tekniklere göre daha avantajlı olmaktadır. Böylece arkeolojik alanın rölövesinin oluşturulmasının yanı sıra 3B modelleme ile alanı detaylıca açıklayan, anlatım gücü yüksek bir sunuşta sağlayacaktır. Güçlü bir anlatım tarihi esere ait dağınık parçaların bir araya getirilmesi olarak adlandırılan anastylosis uygulamalarında da [1] önemli rol oynayacaktır.

Bu çalışmada arkeolojik sit alanı içinde bulunan ve inşa edildiği günden bu yana termal suyunun hala hamama ulaştığı iki yapıdan biri- diğeri İngiltere Bath kentinde bulunan Roma Hamamı- olan Sarıkaya Roma Hamamı seçilmiştir. Bu çalışmada arkeolojik alanların koruma, düzenleme, restorasyon, konservasyon ve çevre düzenleme projelerinin yapılması için gerekli belgelemenin (rölöve) güvenli, ekonomik, etkin ve hızlı bir şekilde yapılmasında İHA teknolojisinin Yersel Lazer Tarama (YLT) tekniğine göre avantajlarının tartışılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan materyallerin elde edilebilmesi için kurum ve kuruluşlardan gerekli izinler alınmıştır. Bu doğrultuda; Yozgat Sarıkaya İlçesi Roma Hamamı'nda bilimsel çalışma ve fotoğraf çekimi için

26.02.2021 tarihinde Yozgat Valiliği, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Kültür İşleri Şube Müdürlüğü'nden ve 2013 yılında Yersel Tarama Tekniği ile Çağ Firmasına yaptırılan belgeleme çalışmalarının sonuçlarının kullanılması için 08.06.2021 tarihinde Çağ Firması ve 09.11.2021 tarihinde Yozgat Müzesi'nden gerekli izinler alınmıştır.

2.1. Materyal

Sarıkaya Roma Hamamı Yozgat İli Sarıkaya İlçe merkezinde bulunan Roma Dönemi'ne ait termal bir

hamamdır. Kent merkezi deniz seviyesinden 1170 metre yükseklikte, genellikle dalgalı düzlüklerin geniş yer tuttuğu bir plato üzerinde kurulmuştur. İlk yerleşimi M.S. 1. Yüzyıla dayandırılan kent merkezinde çok sayıda termal kaynakların ve tarım ve hayvancılığa uygun arazilerinin olması nedeniyle, bu kent tarih boyunca sürekli bir yerleşim yeri olmuştur. Günümüz Sarıkaya İlçe merkezinde bulunan bu yerleşim Roma Döneminde Aqua Sarvenae, Geç Roma Dönemi'nde ise Therma Basilica olarak isimlendirilmiştir [8], (Şekil 1).



Şekil 1. Sarıkaya Roma Hamamı Hava Fotoğrafı [9, 10]

İmparatorluk ya da kentin ileri gelenleri tarafından yaptırılan bu termal hamamlardan Sarıkaya'da bulunan Thermae Basilica hamamının Roma Krallarından biri tarafından inşa ettirildiği öne sürülmektedir. Roma Kralının, hamamı kızının amansız hastalığı nedeniyle inşa ettirdiği ve bu hamam sayesinde kızının iyileştiği söylenilmektedir. Bu nedenle de Kral Kızı Roma Hamamı olarak da adlandırılmaktadır. Yine Kurt Bittel tarafından da Sarıkaya Roma Hamamı'nın Terzili Hamam-Thermae Basilica isimlerini taşıdığı ifade edilmektedir [11; 12].

Fransız gezgin Chantre 1893-1894 yılları arasında Anadolu'da yapmış olduğu gezilerde Sarıkaya Roma Hamamı'nın cephesinin çizimlerini yaparak hamamla ilgili ilk bilgileri modern kaynaklara geçirmiştir [13; 8]. Daha sonra ise Alişar Höyük kazılarını yürüten Dr. Von Der Osten'in 1927-1932 yıllarında yaptığı kazılar üzerine yazdığı "Alişar Höyük" kitabında Sarıkaya Roma Hamamı'na ait ilk fotoğrafları, cephe çizimleri ve rekonstrüksiyon denemesi yer almıştır. Dr. Von Der Osten'in 1932 yılında görevlendirdiği Richard C. Haines başkanlığında Sarıkaya Roma Hamamı'nda ilk kazılar gerçekleştirilmiştir. Yapı eklenti ve değişikliklerle Geç Roma, Anadolu Selçuklu ve Osmanlı dönemlerinde de kullanılmıştır. Ancak hamam

Cumhuriyet Dönemi'nde yapılan alt yapı uygulamaları sonucunda oldukça tahribe uğramıştır [8]. Sarıkaya Roma Hamamı 1970'li yıllara kadar kalıntıları üzerine yapılan eklentilerle hamam olarak kullanılmıştır [14]. Böylece hem yapı üzerine yapılan eklentiler hem de Sarıkaya kentinin zemin kotunun yükselmesi ile Sarıkaya Roma Hamamı'nın batı cephesi dışında kalan kısımları toprak altında kalmıştır. Sarıkaya Roma Hamamı'nın bulunduğu alan 1987 yılında taşınmaz kültür varlığı olarak tescil edilmiştir. Hamamın üzerini uzun yıllardır örten dolgu toprak 2010 yılında Yozgat Müzesi kontrolünde temizlenmeye başlanmış ve kazı çalışmaları başlatılmıştır. Yapılan kazı çalışmaları ile 2013 yılında da sit alanı olarak belirlenmiştir. Bu kazılar 2015 yılına kadar devam ettirilmiş, etrafında bulunan yapılar kamulaştırılarak hamam kısmen gün yüzüne çıkarılmıştır. Günümüzde Roma Hamamı'nın büyük bölümü üzerinde olduğu düşünülen ve halen işletilmekte olan birçok modern hamam yapısı bulunmaktadır.

2.2. Metot

YKN'lerin uçuş yapılmadan önce koordinatlarının ölçülmesi gerektiğinden YKN'lerin koordinatları

ölçülmüştür. Bu uygulamada YKN'ler araziye geçici olarak işaretlenebilen ve çalışma bittikten sonra arazi de hiçbir hasar bırakmadan kaldırılabilen kırmızı ve beyaz renkte boyanmış 25x25 cm ebatlarında brandalar (Şekil 2.a) ile işaretlenmiştir. Fotogrametrik ürünlerin kalitesini değerlendirmek, birçok değişkenin (kamera özellikleri, hava şartları, bindirme oranı, kullanılan YKN sayısı, İHA teknik özellikleri gibi) dikkate alınmasını gerektirdiğinden YKN'lerin ölçülmesi karmaşık ve dikkat isteyen bir işlemdir. [15]. YKN'lerin koordinatlarının (Tablo 1) ölçümü için Hi-Target V90 GNSS alıcısı (Şekil 2.b) kullanılmıştır ve karesel ortalama hataları hesaplanmıştır.



(a)



(b)

Şekil 2. Yer Kontrol Noktası (a), GPS (b)

Tablo 1. YKN Koordinatları ve Hataları (Pix4D Sonuç Raporu)

YKN No	Y(m)	X(m)	Z(m)	Y(mm)	X(mm)	Z(mm)
SRH1 (3D)	446353,728	4373668,306	1141,369	-5	-2	9
SRH2 (3D)	446359,180	4373653,663	1141,329	-1	-3	-2
SRH3 (3D)	446378,075	4373649,853	1141,229	11	-12	-9
SRH4 (3D)	446368,757	4373629,143	1140,721	4	1	-6
SRH5 (3D)	446367,810	4373613,316	1142,798	7	6	4
SRH6 (3D)	446352,532	4373618,246	1140,456	8	6	9
SRH7 (3D)	446339,149	4373628,302	1139,908	-9	6	-7
SRH8 (3D)	446342,054	4373644,140	1139,923	-10	5	-16
SRH9 (3D)	446354,924	4373645,896	1140,533	-4	-11	17
SRH10 (3D)	446355,216	4373622,069	1142,278	-3	4	1
KOH				7,06	6,53	9,33

Uçuş, DJI Mavic Pro 2 (Şekil 3) İHA ile yapılmıştır. Henüz otonom uçuş gerçekleştirebilen bir yazılım olmaması uçuşun manuel kontrol ile yapılmasını gerektirmiştir. İHA'dan çekilen görüntülerin büyük ölçüde bindirmeli olmasına dikkat edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3. (a) DJI Mavic Pro 2, (b) Faro Focus Lazer Tarayıcı

İHA'dan elde edilen görüntüler ile Pix4D yazılımından nokta bulutu ve ortofotolar üretilmiştir. Pix4D yazılımı çizim yapmak ve rölöve ölçülerini almak için de kullanılmıştır.

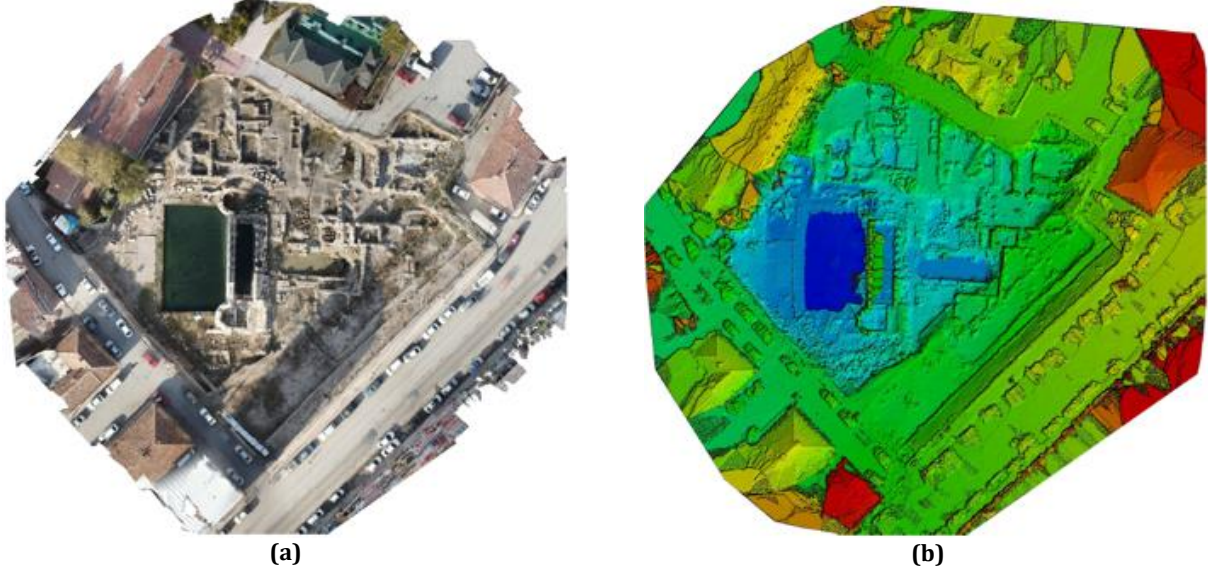
Çalışmada Faro Focus Lazer Tarayıcı yardımı ile üretilen tarama verisinden hazırlanan vaziyet planları kullanılmıştır. DJI Mavic Pro 2 ile görüntü alınarak Structure From Motion (SFM) tekniği ile 3B nokta bulutları üretilmiştir. SFM Tekniği çeşitli bilgisayar programları tarafından kullanılmaktadır. Çalışmada Pix4D Mapper kullanılmıştır. Daha sonra YLT tekniği ile mevzi koordinatlı üretilmiş veriler Netcad programında dönüştürülmüş ve çalışmadan elde edilen ortofoto ile karşılaştırılmıştır.

Structure From Motion Tekniği (SFM) asıl olarak Stereoskopik Fotogrametri ile aynı temellere dayanmaktadır [16]. Her iki teknikte üç boyutlu yapısal model birbiri ile kesişen bir seri görüntünün işlenmesi ile elde edilebilmektedir. Fakat SFM tekniğinde üç boyutlu geometrik modelin kurulabilmesi için kamera pozisyonu ile geometrik model üzerindeki hedeflerin koordinatlarının bilinmesine gerek yoktur [17]. Üç boyutlu bir model oluşturmak için, bir alan veya nesnenin büyük bir örtüşme (yaklaşık %80) olan, farklı açılarda ve farklı mesafelerde çekilmiş bir dizi görüntüsüne ihtiyaç vardır [18]. SFM tekniğinde kullanılan koordinat sistemi görüntü uzayı veya nesne uzayıdır. Oluşan üç boyutlu nesne uzayının gerçek konumuna ve boyutuna getirilebilmesi için, en az üç adet YKN'ye ihtiyaç vardır [16].

3. Bulgular ve Değerlendirme

Bu çalışmada Sarıkaya Roma Hamamı'nın bugüne kadar genişletilen kazı alanının ve arazinin ortofotosu, çalışma alanının nokta bulutu verileri üretilerek (Şekil 4a, 4b) çevresinin 3B modeli (Şekil 5) yapılarak rölöve için gerekli bilgilere ulaşılmıştır (Şekil 6).

Tablo 1'de model üretiminde kullanılan 10 adet yer kontrol noktasının hataları gösterilmiştir. Bu hatalar alanda daha önce koordinatları ölçülen sabit bir nokta olmadığı için GPS Cors-Tr yöntemi ile hesaplanmıştır.



Şekil 4. (a) Ortofoto, (b) Dijital Yükseklik Modeli



Şekil 5. Görüntü giydirilmiş 3B Model



Şekil 6. Nokta bulutundan üretilen ortoplan görüntüsü ve rölöve çizimi

Belirlenen yer kontrol noktalarının haricinde çalışma alanı içerisinde kontrol amaçlı olarak, arazide kolayca ayırt edilebilen köşe ve kenarlardan alım yapılmıştır. Bu noktaların koordinatları Global Navigation Satellite Systems (GNSS) cihazı ile ölçülmüştür. Bu koordinatlar referans olarak kabul edilmiştir. Doğruluk analizinde karesel ortalama hata denklemleri kullanılmıştır. Fotogrametrik projenin doğruluğu geo-referanslamada (modelin konumlandırılması) kullanılmayan kontrol noktaları

kullanılarak hesaplanmıştır ve Karesel Ortalama Hataları (KOH) da Tablo 2 ve Tablo 3 de gösterilmiştir. (YXZ); her bir noktanın GNSS alıcı ile ölçülen koordinatları, (yxz); nokta bulutu üzerinden ölçülen nokta koordinatları, (n); nokta sayısını belirtmektedir [19]. Arazinin topoğrafik yapısı ve arazi üzerinde bulunan tüm yapılar bu modelde 3,75 cm hassasiyetinde gösterilebilmektedir (Tablo 3).

Tablo 1. Kontrol Noktaları (KN) GNSS ve Model Koordinatları

KN No	Y(m)	X(m)	Z(m)	y(m)	x(m)	z(m)
KON1	446364,794	4373630,650	1141,557	446364,808	4373630,666	1141,578
KON2	446363,191	4373652,607	1141,707	446363,201	4373652,577	1141,678
KON3	446371,670	4373629,240	1140,720	446371,701	4373629,268	1140,679
KON4	446397,130	4373634,770	1143,050	446397,108	4373634,784	1143,069
KON5	446337,050	4373634,340	1140,030	446337,063	4373634,331	1140,045
KON6	446374,150	4373654,690	1142,080	446374,159	4373654,702	1142,103

$$KOH_y = \frac{\sum_{i=1}^n (Y - y)^2}{n} \quad (1)$$

$$KOH_x = \frac{\sum_{i=1}^n (X - x)^2}{n} \quad (2)$$

$$KOH_z = \frac{\sum_{i=1}^n (Z - z)^2}{n} \quad (3)$$

$$KOH_z = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Y - y)^2 + \sum_{i=1}^n (X - x)^2 + \sum_{i=1}^n (Z - z)^2}{n}} \quad (4)$$

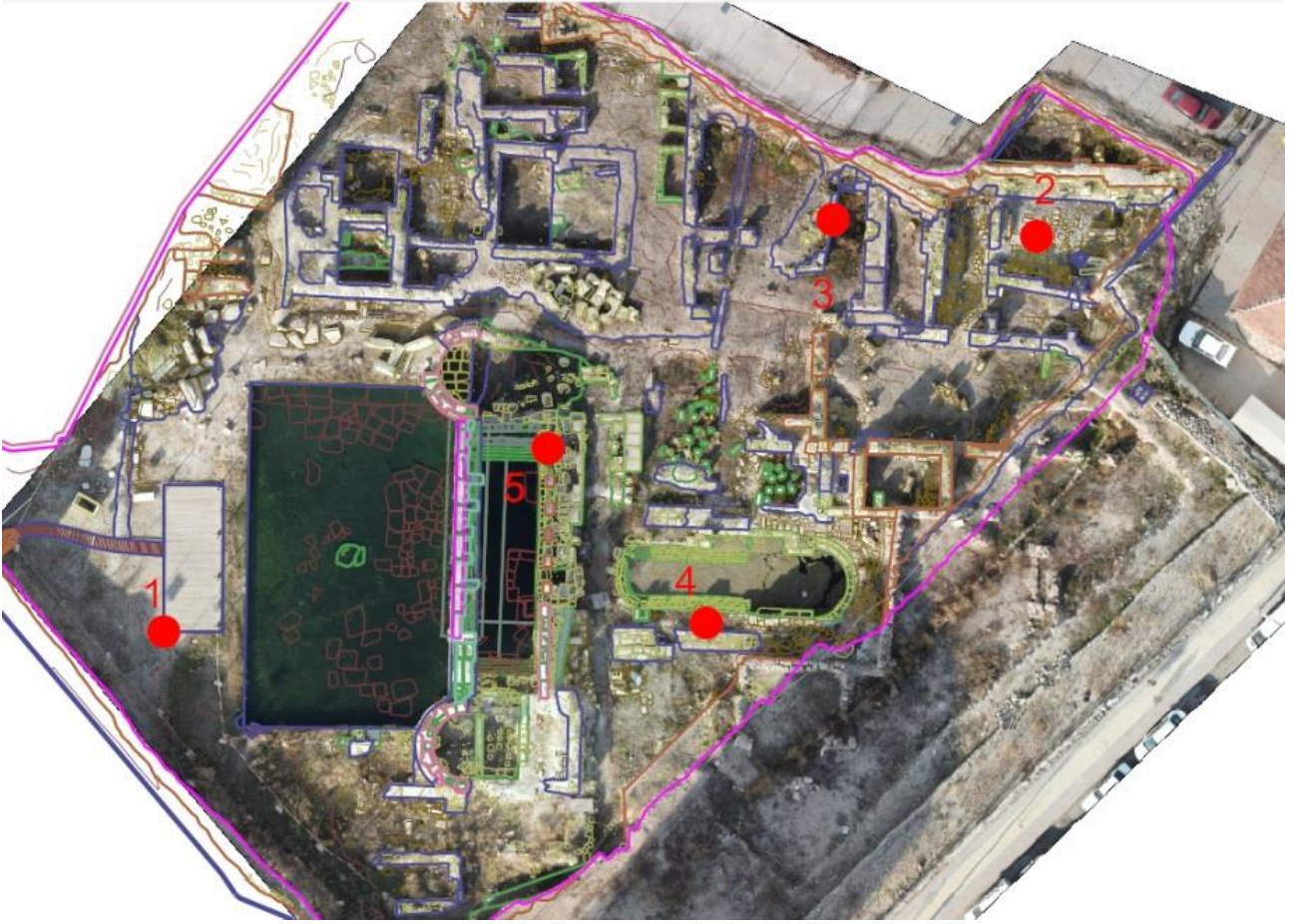
Tablo 3. Kontrol Noktaları (KN) Hataları

KN No	Vy(cm)	Vx(cm)	Vz(cm)	VyVy	VxVx	VzVz
KON1	1,4	1,6	2,1	1,96	2,56	4,41
KON2	1	-3	-2,9	1	9	8,41
KON3	3,1	2,8	-4,1	9,61	7,84	16,81
KON4	-2,2	1,4	1,9	4,84	1,96	3,61
KON5	1,3	-0,9	1,5	1,69	0,81	2,25
KON6	0,9	1,2	2,3	0,81	1,44	5,29

KOH=3,75 cm

Yapılan çalışmalarla Sarıkaya Roma Hamamı'nın halihazırda İHA'dan elde edilen görüntüler yardımı ile ulusal koordinat sisteminde üretilen ortofoto ile elde edilmiştir. Daha sonra üretilen ortofoto Yozgat Müze Müdürlüğü'nün 2013 yılında sonlandırdığı kazı çalışmaları esnasında Çağ Restorasyon firmasına hazırlattığı YLT verisi ve çizimleri karşılaştırılmıştır (Şekil 7). Mevzii koordinat sistemi kullanılarak üretilen YLT verileri öncelikle ulusal koordinat sistemine Netcad'de dönüştürülmüş ve ortofoto ile

çakıştırılması yapılmıştır. İHA fotogrametrisi (y, x) ile YLT (Y, X) tekniği verilerinin karşılaştırılmasında kazı alanında bulunan keskin köşe noktaları (Şekil 7) kullanılmıştır. Elde edilen verilerin yatay düzlemde birbiri ile $\pm 0,7$ cm (Tablo 4) hassasiyetinde çakıştığı görülmüştür. Ancak YLT tekniği ve İHA fotogrametrisi yönteminin yükseklik referansları farklı sistemde olduğu için yüksekliklerinin kontrolü yapılamamıştır. Böylece İHA fotogrametrisi tekniği açık kazı alanlarında kullanılabilirliğini kanıtlamıştır.



Şekil 7. Ortofoto ile sayısal harita çakıştırılmış görüntü

Tablo 4. YLT ve İHA Verilerinin Karşılaştırılması (Y, X-YLT / y, x-İHA Verileri)

Nokta No	Y (m)	X (m)	Y (m)	X (m)	Vy(cm)	Vx(cm)
1	446336,981	4373629,103	446336,988	4373629,102	-0,7	0,1
2	446396,318	4373655,976	446396,323	4373655,970	-0,5	0,6
3	446382,458	4373657,114	446382,474	4373657,097	-1,6	1,7
4	446373,858	4373629,690	446373,847	4373629,678	1,1	1,2
5	446363,069	4373641,557	446363,084	4373641,562	-1,5	-0,5

KOH=0,7 cm

4. Tartışma ve Sonuç

Son yıllarda tarihi, arkeolojik, kültürel ve mimari mirasın korunması gerekliliği konusunda yapılan olumlu çalışmalar bu alanların korunmasına yönelik dikkatleri de arttırmıştır. Anadolu toprakları üzerinde bulunan Türkiye, tarih öncesi devirlerden günümüze kadar pek çok medeniyetin izinlerini barındırır. Tarihi, arkeolojik, kültürel ve mimari mirasın bu denli zengin olması nedeniyle bu alanların çalışılması, belgelenmesi ve korunmasına yönelik projelerinin yapılması da ekonomik ve teknik açılardan güçlük oluşturmaktadır. Bu güçlüklerin aşılmasında yaşanan zorluklar bu alanların yok olmasına neden olmaktadır. Yok olmaya tehlikesi ile karşı karşıya kalan bu değerlerin önerilen belgeleme tekniğiyle belgelenmesi, ekonomik ve kısa süre içinde

tamamlanabilecek bir koruma müdahalesi olması bakımından gereklidir.

Bu çalışma tarihi, arkeolojik, kültürel ve mimari mirasın korunmasına yönelik yapılacak tüm çalışmalara özellikle hızlı ve ekonomik bir belgeleme tekniği sunması açısından önemlidir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler yersel ölçme tekniğiyle karşılaştırıldığında 3,75 cm; YLT verileri ile karşılaştırıldığında ise 1 cm'nin altında hassasiyet elde edilmiş olup İHA'nın belgelemedeki avantajları şu şekilde sıralanmıştır;

- Arkeolojik alana sadece fotoğraf çekimi dışında girilmediğinden belgelemenin korunacak yapıya dokunmadan ve zarar vermeden yapılmasına,

- YLT Tekniği kullanılarak yapılan belgeleme çalışmalarında nokta bulutlarının üretilmesinin yoğun arazi ve ofis çalışmaları nedeniyle daha fazla uzman ekip gerektirmektedir. İHA teknolojisi ile arazi ve ofis çalışması için en fazla iki uzman kişinin bu çalışma için yeterli olmasına,
- Arazi çalışmaları sırasında zor arazi şartları ve zararlı hayvan kaynaklı tehditlere karşılık, belgeleme çalışmalarında insan güvenliğinin sağlanmasına,
- Arazi çalışmalarının 2-3 gün içinde tamamlanması, uzun süreli arazi çalışması gerektirmemesine
- Arazi ve ofis çalışmalarında fazla araç ve ekipmana ihtiyaç duyulmamasına, böylece daha az uzman ekip, ekipman ve daha kısa süre ile maliyetin düşmesine,
- İHA fotogrametri tekniği ile belgelenen yapının Coğrafi Bilgi Sistemi'ne (CBS) kolayca entegre edilebilecek bir altlık oluşturulmasına,
- Oluşturulan 3B modeller ile güçlü bir anlatım ifadesine kavuşacak arkeolojik alanda yapılacak her türlü projede ve anastylosis çalışmalarında daha hassas ve doğru verilerin kullanılmasına olanak verecektir.

Sonuç olarak İHA teknolojisinin bu bağlamda kullanılması Türkiye'de yapılan koruma çalışmalarına yapılacak yatırımların daha ekonomik olmasına ve sonrasında daha fazla alanın korunmasına yönelik yatırımların artmasına neden olarak tarihi, arkeolojik, kültürel ve mimari mirasın korunarak geleceğe aktarılmasına daha çok katkı sağlayacaktır. Ayrıca tarihi ve arkeolojik alanlarda koruma çalışmalarında bilim ve teknolojinin olanakları kullanılarak elde edilen somut ve hassas veriler gelecekte yapılacak tartışmaların önüne geçecektir.

Teşekkür

Bu çalışma 6602b-MÜH/20-401 nolu proje ile Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri kapsamında desteklenmiştir. Yozgat Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Komisyonuna, Yozgat Valiliği, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğüne, Yozgat Müzesine ve Çağ Firmasına teşekkür ederiz.

Etik Beyanı/Declaration of Ethical Code

Bu çalışmada, "Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi" kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin "Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler" başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Yozgat Sarıkaya İlçesi Roma Hamamı'nda bilimsel çalışma ve fotoğraf çekimi için 26.02.2021 tarihinde Yozgat Valiliği, İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü, Kültür İşleri Şube Müdürlüğü'nden ve 2013 yılında Yersel Tarama Tekniği ile Çağ Firmasına yaptırılan belgeleme çalışmalarının sonuçlarının kullanılması için 08.06.2021 tarihinde Çağ Firması ve 09.11.2021 tarihinde Yozgat Müzesi'nden gerekli izinler alınmıştır.

Kaynakça

- [1] Ahunbay Z, 2004. Tarihi Çevre Koruma ve Restorasyon, 3. Baskı, Yapı Yayın-28, İstanbul.
- [2] Ahunbay, Z. 2010. Arkeolojik Alanlarda Koruma Sorunları Kuramsal ve Yasal Açılardan Değerlendirme, Tübaked 8, 103-118.
- [3] Anonim, 2022. <https://kvmgm.ktb.gov.tr/TR-44973/turkiye-geneli-sit-alanlari-istatistikleri.html> (Erişim tarihi 27.05.2022)
- [4] Anonim, 2022. <https://www.trthaber.com/foto-galeri/2021-yilinda-670-arkeolojik-kazi-yapildi/43346/sayfa-3.html> (Erişim tarihi 27.05.2022)
- [5] Mirdan, O., ve Yakar, M. 2017. Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı ile Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar, Geomatik, 2(3), 118-125.
- [6] Asri, İ., ve Çorumluoğlu, Ö. 2014. Tarihi Yerleşim Alanlarının Yersel Fotogrametri Yöntemi ile 3B Modellenmesi: Santa-Harabeleri Örneği, Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (UZAL-CBS 2014). İstanbul.
- [7] Yiğit A. Y. ve Ulvi, A., 2020. İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği, Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2(2), 46-54.
- [8] Şenyurt, H. K. 2016. Sarıkaya Roma Hamamı Tarihiçesi ve 2010-2015 Yılı Kazı Çalışmaları Sonuçları, I. Uluslararası Bozok Sempozyumu Bildiri Kitabı- I. Cilt, Yozgat, 110-124.
- [9] Emine Saka AKIN, Alperen ERDOĞAN Fotoğraf Arşivi.
- [10] Anonim,2021. <https://earth.google.com/web/search/Sar%c4%b1kaya,+Yozgat/@390> (Erişim tarihi 26.06.2021)
- [11] Haines, R. C. 1985. Die Badeanlage von Terzili Hamam, Mit einer Einführung von Kurt Bittel, İstanbul, Mitteilungen 35, 1985 von Richard C. Haines, 227-235, İstitüt für Klassische Arcaologie Universitat Graz, 228-229.
- [12] Çoban, H. 2016. Roma Dönemi Hastaneleri, Asklepionlar ve Sarıkaya Roma Hamamı, I. Uluslararası Bozok Sempozyumu Bildiri Kitabı-I.Cilt, Yozgat, 98-109.
- [13] Chantre, E. 1898. Mission en Cappadoce 1893-1894, Paris.

- [14] Anonim, 2021.
<http://www.sarikaya.gov.tr/roma-hamami-tarihcesi-ve-kazilar> (Erişim Tarihi 21.03.2021)
- [15] Ulvi, A. 2021. The Effect of the Distribution and Numbers of Ground Control Points on the Precision of Producing Orthophoto Maps with an Unmanned Aerial Vehicle, *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 20(6), 806-817.
- [16] Önal, O., Bozdağ, Ö., ve Ersoy, A. 2017. İzmir Agorası'ndaki Roma Dönemine Ait Hamam Yapısının SFM Tekniği ile 3 Boyutlu Katı Modelinin Oluşturulması, *Uluslararası 6. Tarihi Yapıların Korunması ve Güçlendirilmesi Sempozyumu*.
- [17] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J., ve Reynolds, J. M. 2012. 'Structure-from-Motion' Photogrammetry: A Low-Cost, Effective Tool for Geoscience Applications, *Geomorphology*, 179, 300-314.
- [18] Barszcz, M., Montusiewicz, J., Paśnikowska-Łukaszuk, M., ve Sałamacha, A. 2021. Comparative Analysis of Digital Models of Objects of Cultural Heritage Obtained by the "3D SLS" and "SFM" Methods, *Applied Sciences*, 11(12), 5321.
- [19] Ulvi, A. 2021. İHA Fotogrametrisine Genel Bakış: Geleneksel Topoğrafik Harita Yapımı Tekniği ile Maliyet Karşılaştırması, *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8(1), 458-471.