

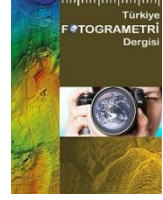
PAPER DETAILS

TITLE: IHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasin 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği

AUTHORS: Halil Ibrahim SENOL,Abdurahman Yasin YIGIT,Yunus KAYA,Ali ULVI

PAGES: 29-36

ORIGINAL PDF URL: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/1763208>



İHA ve yersel fotogrametrik veri füzyonu ile kültürel mirasın 3 boyutlu (3B) modelleme uygulaması: Kanlıdivane Örneği

Halil İbrahim Şenol¹ , Abdurrahman Yasin Yiğit^{*2} , Yunus Kaya¹ , Ali Ulvi³

¹Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye

²Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye

³Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Anabilim Dalı, Mersin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Veri Füzyonu
İHA
İHA fotogrametri
Yakın resim fotogrametri
Kültürel miras
3B model

ÖZ

Kültürel mirasa konu olan eserlerin belgelenmesinde uzun zamandır farklı yöntemler kullanılmaktadır. Sayısallaşmanın hızlı gelişimi ile ön plana çıkan yöntemlerden birisi de fotogrametri yöntemidir. Özellikle yakın resim fotogrametrisi kültürel mirasın belgelenmesinde farklı disiplinlerce etkin bir şekilde kullanılmaktadır. İnsansız hava araçları (İHA) kültürel mirasın belgelenmesinde yakın resim fotogrametrisiyle birlikte kullanılmaya başlanmıştır. İHA'ların bu alana entegre edilmesindeki en büyük etken yer merkezli çekilen fotoğraflarda üst cephelerin tam anlamıyla belgelenememesidir. Bu sorun İHA'lar ile büyük ölçüde ortadan kalkmıştır. Bu çalışmada da yakın resim fotogrametri ile İHA fotogrametrisi teknikleri kullanılarak veri füzyonu oluşturulmuş ve Kanlıdivane bazilikasının sayısal platformda fotogerçekçi doku kaplanarak 3B belgelenmesi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular karşılaştırılmıştır. Çalışmada ayrıca elde edilen modellerin karesel ortalama hataları yersel fotogrametri, İHA fotogrametrisi ve veri füzyonu için hesaplanmış ve sırasıyla 1.306, 1.330, 1.373 cm bulunmuştur.

3D modeling application of cultural heritage with UAV and terrestrial photogrammetric data fusion: The Case of Kanlıdivane

Keywords

Data fusion
UAV
UAV photogrammetry
Close-range
photogrammetry
Cultural Heritage
3D model

ABSTRACT

Different methods have been used for a long time to document the works that are the subject of cultural heritage. One of the methods that stand out with the rapid development of digitalization is the photogrammetry method. In particular, close-range photogrammetry is used effectively by different disciplines in documenting cultural heritage. Unmanned aerial vehicles (UAVs) have begun to be used together with close-range photogrammetry in documenting cultural heritage. The biggest factor in the integration of UAVs in this area is that the upper facades cannot be fully documented in ground-based photographs. This problem has largely been eliminated with UAVs. In this study, data fusion was created using close-range photogrammetry and UAV photogrammetry techniques, and 3D documentation of the basilica of Kanlıdivane was performed on a digital platform by texture photorealistic tissue. Findings obtained at the end of the study were compared. The results obtained at the end of the study were compared. The root-mean-square errors of the models obtained in the study were found to be 1,306, 1,330, and 1,373 cm for terrestrial photogrammetry, UAV photogrammetry, and fused data, respectively.

1. Giriş

Arkeolojik alanların, tarihi eserlerin, kazıntıların ve yapıların 3B sanal modelleri; derinlemesine analizler yapmak, farklı hipotezleri test etmek, veri tabanları ve arşivler oluşturmak için güçlü bir araç sunmasından dolayı gün geçtikçe daha gerekli ve yaygın hale gelmiştir (Freely, 2011; Fonstad vd., 2013; Polat vd., 2020). Dahası sayısal modeller, kültürel mirasın küresel bir izleyici kitlesi için kolay ve düşük maliyetle erişilebilir olmasını sağlamaktadır.

Kültürel miraslar, insanların tarih boyunca biriktirdikleri deneyimlerin ve geleneklerin devamlılığını sağlamasının yanında geleceğin doğru bir şekilde planlanmasına da katkı sağlamaktadır (Önal, 2015; Ulvi, 2020). Bunun yanı sıra toplumlar; kendi kültürel miraslarını, ulusal kimliklerinin tanımlayıcı öğeleri olarak görmektedirler (Şanlıoğlu vd., 2013; Kaya vd., 2021). Bu denli önemli olan tarihi eserlerin korunması, bir nevi ulusal kimliklerin korunması ile eşdeğer olarak kabul görmektedir. Hatta toplumlar bu değerleri kendi kültürel mirasları olarak sahiplenebilmek için bu öğelerin kökeni üzerine bilimsel araştırma faaliyetlerine girişmişlerdir (Alptekin vd., 2019a; 2019b; Çelik vd., 2020). Şüphesiz bu sahipleniş oldukça önemlidir çünkü bu alana yönelik çalışmaların artmasına, dolayısıyla bu değerlerden unutulmaya yüz tutanların ortaya çıkarılmasına olanak sağlamaktadır (Yakar vd., 2008; Mutlu, 2019). Bu kapsamda kültürel mirasa konu eserlerin korunması ve belgelenmesinin önemi farklı disiplinlerce araştırma konusu olmuştur.

Kültürel mirasın korunması ile gelecek nesillere bu eşsiz eserlerin aktarılmasında önemli adımlar atılabilmektedir. Bu eserlerin korunmasındaki ilk adımlardan birisi belgelemenin doğru ve hassas bir şekilde yapılmasıdır. Teknolojinin gelişmesi sayısal belgeleme tekniklerinin hızla ilerlemesine katkı sağlamıştır. Bu sayede kültürel mirasın belgelenmesinde modern belgeleme yöntemlerinin kullanılması hız kazanmıştır.

Modern ve teknolojik belgeleme yöntemleri; deformasyonların belirlenmesinde, tarihi yapıların ölçülmesi ve rölevelerinin oluşturulmasında, restorasyon projelerinin hazırlanmasında geleneksel yöntemlere göre zaman ve maliyet açısından daha çok tercih edilmektedir (Yakar vd., 2005; Turan, 2014; Korumaz vd., 2011; Yiğit vd., 2020). Teknolojinin bu alanda etkin bir şekilde kullanılması ile birlikte belgeleme yöntemlerine yeni bakış açıları kazandırılmaya başlanmıştır. Özellikle sayısal platformlarda 3 boyutlu (3B) model ile belgeleme yöntemlerinin kullanılması artmıştır (Kaya vd., 2019; Yiğit ve Ulvi, 2020). 3B model ile belgeleme çalışmalarında ise farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin içinde özellikle esere ait temassız veri toplama stratejisi ile fotogrametri yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Fotogrametri, kültürel mirasın dokümantasyonunda tarihi yapıların ve eserlerin 3B modellerinin üretimi için etkin bir şekilde kullanılmaktadır.

Ulvi ve Yiğit (2019), çalışmalarında, günümüzde kültürel miras dokümantasyonunda çok farklı teknikler kullanıldığında değinmişlerdir. Bu yöntemlerden birinin de yakın resim fotogrametrisi tekniği olduğundan bahsetmişler. Çalışma sonunda sayısal platformda tarihi çeşmenin belgelenmesini yapmışlardır. Elde edilen bu modelin daha sonra yapılabilecek restorasyon çalışmalarında altlık olarak kullanılabileceğinden bahsetmişlerdir. Ayrıca çeşmenin turizm açısından tanıtılabilmesi için sayısal verilerin turizm bilgi sistemi oluşturularak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Şenol ve Kaya (2019), yaptıkları bir belgeleme çalışmasında yakın resim fotogrametri tekniğini kullanmışlardır. Bu çalışma kapsamında yakın resim fotogrametrinin bazı eserlerde yetersiz kaldığından bahsetmişlerdir. Özellikle yer merkezli çekilen fotoğraflarda bina çatılarının eksik kaldığını ve 3B modelin tam olarak istenilen hassasiyette oluşturulamamasına değinmişlerdir. Bu eksikliğin giderilmesinde insansız hava araçlarının (İHA) kullanılmasının öneminden bahsetmişlerdir. Ayrıca yakın resim fotogrametri yöntemi ile yapılan belgeleme çalışmalarında bahsedildiği gibi bu çalışmada da aynı sorunla karşılaşmış ve çalışma kapsamında esere ait fotoğraf verileri havadan İHA yardımı ile de toplanmıştır. İHA'nın kültürel mirasların belgelenmesinde bu şekilde kullanımı gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Özellikle İHA'lar uzaktan kontrol edilerek, yapıların ulaşılamayan kısımlarının fotoğraflarının çekilmesi ve belgelenmesinde kolaylık sağlamaktadır. İHA'ların etkin bir şekilde farklı çalışmalarda kullanılması ile birlikte literatürde İHA fotogrametrisi tanımı ortaya çıkmıştır. Ulvi vd. (2020), çalışmalarında, İHA fotogrametrisi tanımını kullanmışlar ve yakın resim fotogrametri tekniği ile beraber kullanarak tarihi eserin 3B modelini üretmişlerdir. Çalışmalarından özellikle yer merkezli fotoğrafların eksikliğinden dolayı havadan çekilen fotoğraflara ihtiyaç duyulduğundan bahsetmişlerdir. Bu durumdan dolayı belgeleme çalışmasında hem İHA'dan elde edilen hem de yer merkezli sayısal el kamerası ile elde ettikleri fotoğrafları kullanmışlardır. Çalışma sonunda ürettikleri 3B model ile tarihi öneme sahip kilisenin sayısal platformda belgelenmesini sağlamışlardır.

Bu çalışma, Kanlıdivane bazilikasının hem yakın resim fotogrametri hem de İHA fotogrametrisi tekniği kullanılarak belgelenmesi çalışmasını kapsamaktadır. Çalışma içerisinde her iki yöntem için ayrı ayrı hassas yoğun nokta bulutları üretilmiş daha sonra bu nokta bulutları birleştirilerek modelleme yapılmıştır. Çalışma sonunda her iki yöntem kullanılarak üretilen nokta bulutlarına ve modele ait sayısal veriler verilmiştir. Ayrıca yöntemler arasındaki avantaj ve dezavantajlardan bahsedilerek hassasiyetleri hakkında bilgi verilmiştir.

2. MATERYAL ve YÖNTEM

Fotogrametri, fotoğraflar yardımıyla ölçme anlamına gelmektedir. Fotogrametri genel olarak, cisimler ve oluşturdıkları çevreden yayılan ışınların şekillendirdiği fotografik görüntülerin ve yaydıkları elektromanyetik enerjinin kayıt, ölçme ve yorumlama işlemleri sonucunda bu cisimler ve çevre hakkında güvenilir bilgilerin elde edildiği bir bilim dalıdır. Teknik uygulama olarak Fotogrametri; cisimlerin fotoğraflar üzerinden iki veya üç boyutlu olarak ölçülmesidir. Fotogrametri; cismin bir veya birkaç fotoğraftan yararlanılarak şeklinin, boyutlarının ve konumunun hassas bir biçimde belirlenmesi amaçlamaktadır (Külür, 2002)

Çekilen fotoğrafların konumuna göre fotogrametri temelde, yakın resim ve hava fotogrametrisi olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Ulvi, 2020). Son zamanlarda İHA platformunun bu alanda kullanılması ile birlikte İHA fotogrametrisi olarak yeni bir tanım ortaya çıkmıştır.

Yakın resim fotogrametrisi, yer merkezli olarak çekilmiş fotoğraflarla yapılan fotogrametridir. Yakın resim fotogrametri tekniği yıllardır başta arkeolojik çalışmalar ve tarihi eserlerin belgelenmesi olmak üzere farklı amaçlar doğrultusunda sıkça kullanılmaktadır. Yakın resim fotogrametri özellikle 3B belgeleme çalışmalarında sıkça kullanılmasına rağmen özellikle bazı yapıların üst cephelerinin fotoğraflarının çekilememesinden dolayı eksiklikleri bulunmaktadır. Bu eksikliğin giderilmesi konusunda İHA taşıyıcı platformlarının kullanılması önemli avantajlar sağlamaktadır. İHA'ların bu amaçla kullanılması sonucunda İHA fotogrametrisi tabiri ortaya çıkmıştır. İHA fotogrametrisi, genel olarak bir hava aracına entegre edilmiş kamera ile çekilmiş fotoğraflar kullanılarak yapılan fotogrametri sürecidir. Çalışma saha ve ofis çalışması olmak üzere 2 aşamadan gerçekleştirilmiştir. Saha çalışmasında fotoğraf verileri toplanmaktadır ve hassas ölçümler yapılmaktadır. Fotoğraflar havadan ve yerden olmak üzere iki farklı merkezden toplanmıştır. Yer merkezli fotoğraflar Şekil 1'de gösterilen fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Tablo 1'de fotoğraf makinesine ait teknik özellikler verilmiştir.

Hava fotoğrafları ise Şekil 2'de gösterilen Phantom 1 İHA taşıyıcı platforma entegre edilmiş Şekil 1'de gösterilen Canon A810 fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Tablo 2'de Phantom 1 İHA'ya ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 1. Canon A810 fotoğraf makinesi (URL 1)

Tablo 1. Canon A810 fotoğraf makinesi teknik özellikleri (URL 2)

Özellik	Değer
Etkili megapiksel	16,00
Toplam megapiksel	16.6
Sensör boyutu	1 / 2,33 "
Sensör çözünürlüğü	4608 x 2592
Maks. görüntü çözünürlüğü	4608 x 3456
Diagonal	7,70 mm
Yüzey alanı	28.5 mm ²
Piksel aralığı	1.34 µm
Piksel alanı	1.80 µm ²
Piksel yoğunluğu	56.06 MP / cm ²



Şekil 2. Phantom 1 İHA

Tablo 2. Phantom 1 İHA teknik özellikler

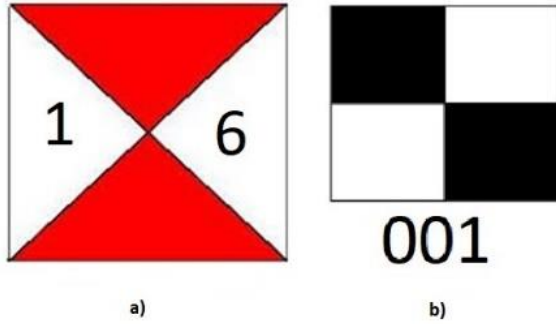
Özellik	Değer
Boyut	(17 x 17 x 8) inç
Ağırlık	2,2 kg
Uçuş Süresi	15 dakika
GPS	var
Otopilot	var
Maksimum Uçuş Hızı	10m / s
Maksimum Eğim Açısı	45 derece
Denetleyici Frekansı	2.4GHz
Batarya	2200 mAh
Pil Türü	Li-Polimer
Güç	20 W
Alçak Gerilim Alarmı	Evet
Max. Uzaklık	1000 m

İHA yardımıyla çekilen hava fotoğrafları ile yerden çekilen fotoğrafların aynı koordinat sisteminde olması için ve ayrıca tarihi eserin hassas ve ölçekli olması için arazide kontrol noktalarının ölçümü gerçekleştirilmiştir. Kontrol noktalarının ölçümü Şekil 3'te gösterilen Topcon 3007N hassas elektronik ölçme cihazı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. TOPCON 3007N Total Station

Kontrol noktalarının ölçümünde Şekil 4'te gösterilen metal ve kâğıt plakalardan yararlanılmıştır. Metal plakalar zemine tesis edilirken kâğıt plakalar yapı üzerine tesis edilmiştir.



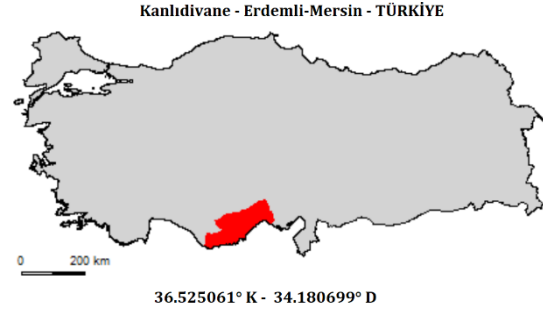
Şekil 4. a) Metal plaka b) Kâğıt hedef işareti

Çalışmanın ofis kısmında ilk olarak ölçülen kontrol noktalarının hesaplanması ve hazır hale getirilmesi için Netcad yazılımı kullanılmıştır. Fotogrametrik değerlendirme için Agisoft Photoscan yazılımı kullanılmış ayrıca yerden ve havadan çekilen fotoğraflardan üretilen verilerin birleştirilmesi için Cloud Compare yazılımı kullanılmıştır.

Çalışmada fotogrametrik blok dengelemesi için Hareket Tabanlı Yapısal Algılama (Structure from Motion/SfM) tekniği kullanılmıştır. Gienko ve Terry (2013), SfM tekniği ile oluşturulan 3B modellerin gerçek nesnelerin doğru ve güvenilir bir temsili olabileceğini ve metodolojinin verimli ve hassas ölçüm için avantajlı olduğunu göstermişlerdir. SfM tekniği kullanan yazılımlar fotoğraf ile beklenen nokta konumu arasındaki projeksiyon hatalarını en aza indirmek için Bundle Blok Dengelemesi kullanmaktadırlar. SfM tekniğini kullanan yazılımlar seyrek nokta bulutu (Sparse point cloud) oluşturmak için görüntüler arasında paylaşılan noktaların otomatik olarak konumlandırılmasına yönelik algoritmalar dayanmaktadır. Bu süreç için en yaygın olarak kullanılan algoritma, radyometrik piksel değerleri üzerinde çalışan Scale-Invariant Feature Transform (SIFT) algoritmasıdır. SfM algoritmaları kullanılarak oluşturulan seyrek nokta bulutu görecelidir ve gerçek boyutlara göre kalibre edilmelidir. Bu kalibrasyon, bilinen birkaç ground control points (GCP veya hedef işaretleri kullanılarak gerçekleştirilir. SfM'deki bir diğer adım ise dense point cloud oluşturulması işlemidir. Bu adımda kullanılan algoritma ise Dense Multi View Stereo (DMVS) algoritmasıdır. Bu aşamada birbiriyle eşlenen pikseller ve onların tahmini 3B konumları mesh model üretebilmek için nokta bulutu haline gelir. Son olarak, modele fotogerçekçi bir doku vermek için görüntüler kullanılır.

3. ÇALIŞMA ALANI

Çalışma alanı Mersin ili Erdemli ilçesinde bulunmaktadır (Şekil 5). Buradaki alan bazilika (eski çağlarda kral sarayı) olarak bilinmektedir. Şekil 6'da gösterilen alan şu anda Kanlıdivane olarak bilinmektedir. Kanlıdivane merkezinde büyük bir obruk yer almaktadır. Kayalardan oyularak yapılan basamaktan içerisine girilebilen obruğun etrafında yapılmıştır. MÖ 3. yüzyılda kurulan ve MS 4. yüzyılda adı Neapolis olarak değişen kentin Elaiussa Sebaste'nin sur dışında yer alan uzantısı olduğu tahmin edilmektedir (URL-3).



Şekil 5. Kanlıdivane konumu (coğrafi koordinatlar)



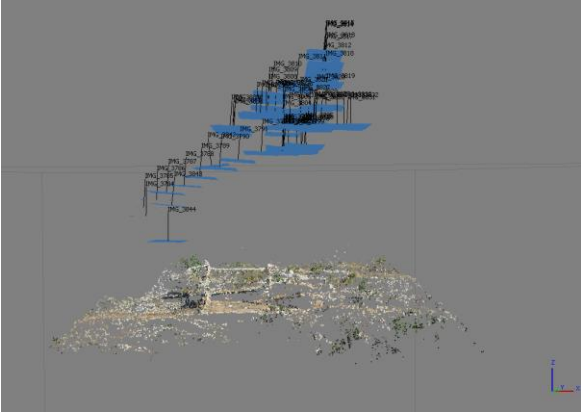
Şekil 6. Kanlıdivane

4. UYGULAMA

Uygulama kısmında ilk olarak araziden toplanan veriler bilgisayar ortamına aktarılmıştır. İlk olarak bu verilerden hassas kontrol ölçümler incelenmiş ve kullanılmak üzere hazır hale getirilmiştir. Bu işlemten sonra fotoğraf verileri incelenmiş, hatalı veya çalışma alanını içermeyen fotoğraflar temizlenerek ön hazırlıklar tamamlanmıştır.

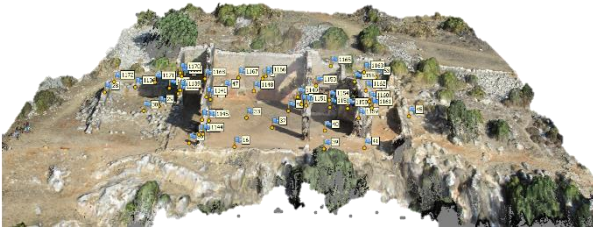
Verileri işlenmeye hazır hale getirdikten sonra ilk olarak havadan çekilen fotoğraflar kullanılarak 3B modelleme işlemine Agisoft PhotoScan yazılımında geçilmiştir.

Havadan çekilen 75 tane fotoğraftan uygun görünen 61 tane fotoğraf kullanılmıştır. Bu fotoğraflar kullanılarak ilk olarak fotogrametrik değerlendirme yazılımında yöneltme işlemi yapılmıştır (Şekil 7).



Şekil 7. Havadan çekilen fotoğrafların yönlendirilmesi

Yönelme işlemi gerçekleştirildikten sonra arazide ölçümü yapılan kontrol noktalarının işaretlenmesi işlemi yapılmıştır ayrıca denetleme noktaları da kontrol amaçlı işaretlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Kontrol noktalarının işaretlenmesi

Kontrol noktalarının işaretlenmesi ile hem 3B model ölçeklendirilmiş olup hem de daha hassas dengelenmesi yapılmış olunur. Ayrıca bu kontrol noktaları sayesinde hem havadan çekilen fotoğraflardan üretilen hem de yerden çekilen fotoğraflardan üretilen nokta bulutlarını birleştirilmesi gerçekleştirilmiştir. Kontrol noktalarının işaretlenmesinden sonra yoğun nokta bulutu üretilmiştir (Şekil 9).

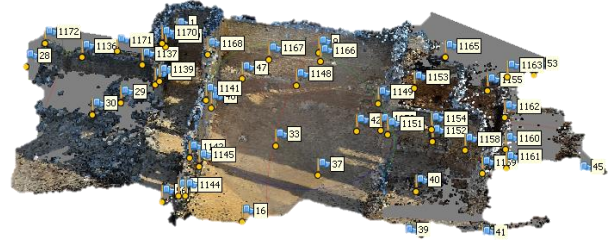


Şekil 9. Yoğun nokta bulutu

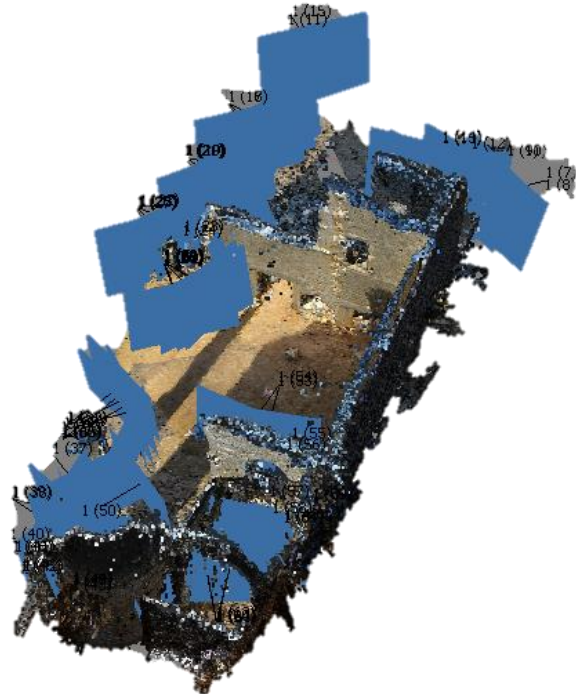
Havadan çekilen fotoğrafların işlenmesi bittikten sonra aynı işlem adımları yerden çekilen fotoğraflar için de yapılmıştır. Yer merkezli çekilen toplam 82 fotoğraftan 64 tanesi kullanılmıştır. Şekil 10'da yer merkezli fotoğraflardan üretilen yönelme işlemi ve kontrol noktalarının işaretlenmesi gösterilmektedir.

Şekil 11' de Yer merkezli fotoğraflardan üretilen yoğun nokta bulutu ve kamera konumlarını gösterilmektedir.

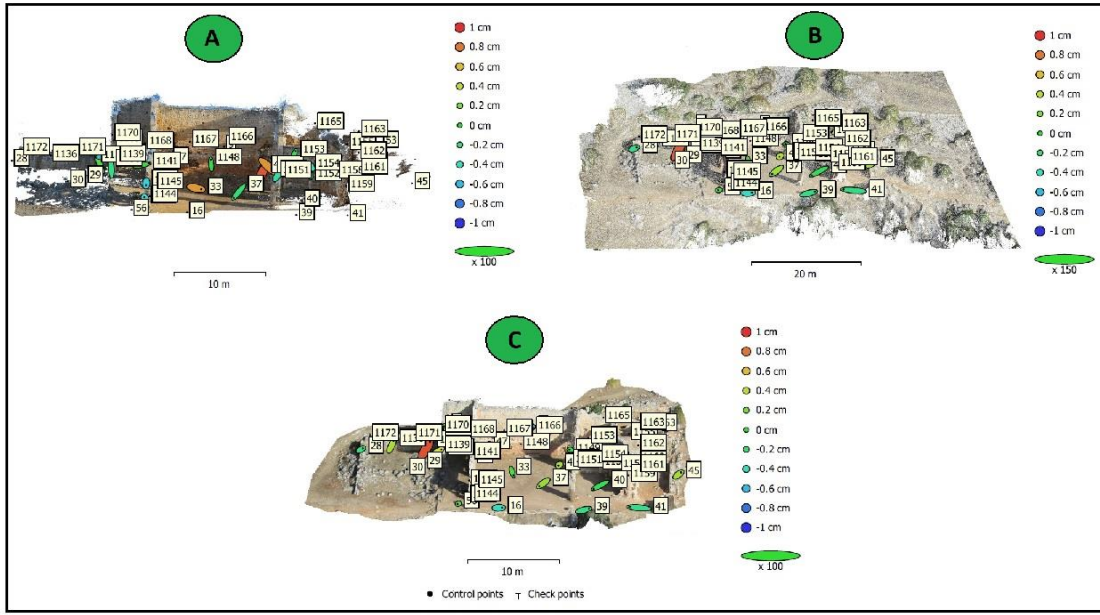
Yerden ve havadan İHA yardımı ile çekilen fotoğraflardan üretilen modellere ait karesel ortalama hataları hesaplanmıştır. Bu hesaplamalarda hem kontrol noktaları hem de denetleme noktaları kullanılmıştır. Kontrol ve denetleme noktalarının hata değerleri ve karesel ortalama hataları Şekil 12 ve Tablo 3'te verilmiştir. Hem yerden hem de havadan çekilen fotoğraflardan yoğun nokta bulutu üretildikten sonra bu iki nokta bulutu cloud compare yazılımında birleştirilmiştir (Şekil 13-14). Cloud compare yazılımında birleştirilen nokta bulutları tekrar Agisoft Photoscan yazılımına aktarılmış (Şekil 15) ve doku kaplaması ile yüzey giydirme işlemleri (Şekil 16- 17) gerçekleştirilmiştir.



Şekil 10. Yer merkezli fotoğraflardan üretilen yönelme işlemi ve kontrol noktalarının işaretlenmesi



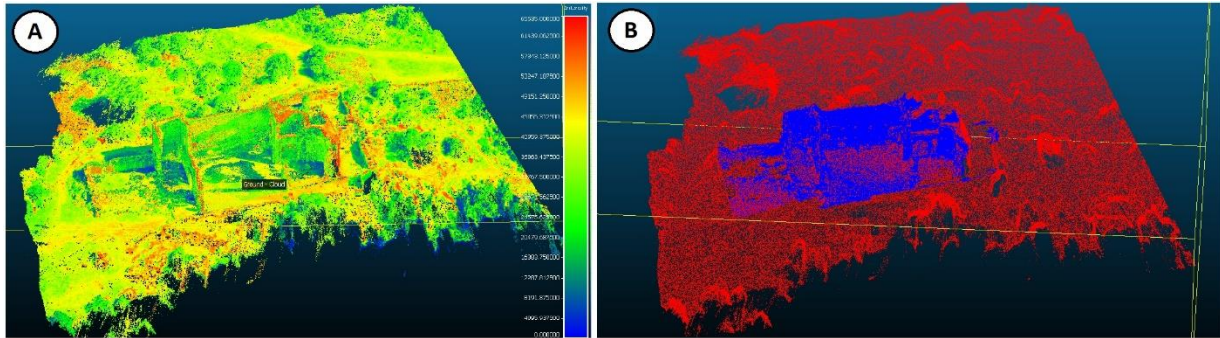
Şekil 11. Yer merkezli fotoğraflardan üretilen yoğun nokta bulutu ve kamera konumları



Şekil 12. Yer kontrol ve denetleme noktalarının konumları ve hata tahminleri. Z hatası, elips rengiyle; X ve Y hataları elips şekli ile temsil edilmektedir. (A: Yersel fotogrametri, B: İHA fotogrametrisi, C: Yersel+İHA fotogrametrisi)

Tablo 3. Kontrol ve denetleme noktalarının karesel ortalama hataları

Yöntem	Yöneltilme Durumu	Nokta Sayısı	Yer Kontrol Noktası			Nokta Sayısı	Denetleme Noktası			Toplam Hata (cm)
			Y (cm)	X (cm)	Z (cm)		Y (cm)	X (cm)	Z (cm)	
Yersel Fotogrametri	Öncesi	12	7.2586	8.1458	16.1457	8	-	-	-	1.306
	Sonrası		0.7909	0.9460	0.4322		1.9587	1.8574	2.1458	
İHA Fotogrametrisi	Öncesi	14	6.1475	5.1475	8.1458	8	-	-	-	1.330
	Sonrası		1.0598	0.7235	0.3549		1.3547	1.1457	1.8759	
Yersel + İHA Fotogrametri	Öncesi	12	6.1087	4.5789	6.5845	8	-	-	-	1.373
	Sonrası		1.0788	0.7697	0.3608		1.7458	1.0145	1.8654	



Şekil 13. Cloud compare yazılımında birleştirilmiş nokta bulutları. (A: Yoğunluk, B: Konum (Mavi: yersel fotogrametri, Kırmızı: İHA fotogrametrisi))



Şekil 14. Cloud compare yazılımında birleştirilmiş renkli (Kırmızı, Yeşil, Mavi) nokta bulutları



Şekil 15. Birleştirilmiş nokta bulutlarının Agisoft PhotoScan yazılımında görünümü



Şekil 16. Yüzey kaplanmış 3B model



Şekil 17. Yüzey kaplanmış 3B model

Tarihi esere ait yüzey kaplaması da yapıldıktan sonra sayısal platformda 3B model üretilmiştir. Bu sayede 3B model ile belgeleme çalışması tamamlanmıştır.

5. BULGULAR ve SONUÇLAR

Yerden çekilen fotoğraflar kullanılarak elde edilen 3B model de yapıya ait üst cepheler gibi yerden ulaşılamayan alanlar eksiklikler kalmıştır. Bu eksikliğin giderilmesinde bu cephelerin de görüneceği yükseklikten fotoğraflarının çekilmesi yakın resim fotogrametrisi için elzemdir. Bu noktada İHA platformları gibi taşıyıcı cihazlara takılan fotoğraf makinelerinin kullanılması gerekmektedir.

Türkiye evrensel düzeyde kültürel miras açısından çok fazla sayıda çeşitliliğe sahip bir ülkedir. Bu durum, Türkiye'ye uluslararası düzeyde bir sorumluluk yüklemektedir. Tarihi dokular zamana karşı koyamamakta ve her geçen gün biraz daha yıpranmaktadır. Bu durum bu eserlerin yok olmasına sebep olmaktadır. Yok olan eserlerin yeniden yapılması, yıpranan eserlerin onarılması ve gelecek kuşaklara aktarılması insanlığın ortak görevi olarak nitelendirilebilmektedir. Bu eserlerin korunması ve gelecek nesillere aktarılmasında belgeleme çalışmaları önem arz etmektedir.

Belgeleme çalışmalarında farklı disiplinlerce yakın resim fotogrametrisi sıkça tercih edilmektedir. Yakın resim fotogrametri yönteminde eserin bütün cephelerinin fotoğrafları tam olarak çekilememektedir. Kültürel mirasın 3B belgelenmesinde esere ait cephelerinin tamamını görecekt fotoğraflara ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacın giderilmesinde esere ait tüm cephelerinin fotoğraflanması gerekmektedir. Yerden çekilen fotoğraflarda görünmeyen cephelere ait fotoğrafların

farklı konumlarda çekilmesi gerekmektedir. Özellikle üst cephelere ait fotoğraflar havadan çekilmesi gerekmektedir. Havadan fotoğraf çekim işlemi için son zamanlarda bu amaçla kullanılan İHA taşıyıcı platformlar ile kolayca gerçekleştirilebilmektedir.

Çalışma kapsamında havadan 75, yerden 82 fotoğraf olmak üzere 157 adet fotoğraf çekilmiştir. Bu fotoğraflardan havadan çekilenler için 61, yerden çekilenler için ise 64 tanesi uygun görülmüştür. Her iki farklı konumdan çekilen fotoğraflar fotogrametrik değerlendirme yazılımında işlenmiş ve yoğun nokta bulutları elde edilmiştir. Havadan çekilen fotoğraflardan yerden çekilen fotoğraflara göre daha fazla alan kaplanmasına rağmen 843 317 adet yoğun nokta verisi üretilmiştir. Yerden çekilen fotoğraflardan ise 29 717 987 adet yoğun nokta verisi üretilmiştir. Bu farklılığın sebebi yerden çekilen fotoğrafların havadan çekilen fotoğraflara göre daha fazla bindirme oranına sahip olmasıdır.

Çalışma sonunda tarihi Kanlıdivane bazilikasının sayısal platformda 3B modeli ve belgelenmesi yapılmıştır.

ARAŞTIRMACILARIN KATKI ORANI

Yazarlar bu araştırma makalesine eşit katkı sunmuşlardır.

ÇATIŞMA BEYANI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

KAYNAKÇA

- Alptekin A, Çelik M Ö & Yakar M (2019a). Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak 3B modellenmesi. Türkiye Lidar Dergisi, 1(1), 1-4.
- Alptekin A, Çelik M Ö, Doğan Y & Yakar M (2019b). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. Mersin Photogrammetry Journal, 1(1), 12-16.
- Çelik M Ö, Alptekin A, Ünel F B, Kuşak L & Kanun E (2020). The Effect of Different Flight Heights on Generated Digital Products: Dsm And Orthophoto. Mersin Photogrammetry Journal, 2(1), 1-9.
- Fonstad M A, Dietrich J T, Courville B C, Jensen J L & Carbonneau P E (2013). Topographic structure from motion: a new development in photogrammetric measurement. Eart. Surf. Process. Landforms, 38, pp. 421-430.
- Freely J A (2011) History of Ottoman Architecture; WIT Press: Southampton, UK.
- Gienko G A & Terry J P (2013), "Three-dimensional modeling of coastal boulders using multi-view image measurements." Earth surface processes and Landforms 2013, 39, 853-864, DOI:10.1002/esp.3485
- Kaya Y, Şenol H İ, Memduhoğlu A, Akça Ş, Ulukavak M & Polat N (2019). Hacim Hesaplarında İHA Kullanımı: Osmanbey Kampüsü Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 1 (1), 07-10.

- Kaya Y, Yiğit A Y, Ulvi A & Yakar M (2021). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunda Fotogrametrik Tekniklerinin Doğruluklarının Karşılaştırmalı Analizi: Konya Yunuslar Örneği. Harita Dergisi, 165, 57-72.
- Korumaz A G, Dülgerler O N & Yakar M (2011). Kültürel Mirasın Belgelenmesinde Dijital Yaklaşımlar. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 26(3), 67-83.
- Külür S (2002). Fotogrametri Ders Notları (basılmamış), İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul.
- Mutlu S İ (2019), 2014-2018 Yılları Arasında Harran Höyük Kazısı'nda Bulunan Erken ve Orta Tunç Çağı Pişmiş Toprak Figürinleri, Harran ve Çevresi, Arkeoloji, Ed. M.Önal, S.İ.Mutlu, S.Mutlu. Şanlıurfa 2019: 361-418. ISBN 978-975-7394-55-6, ŞURKAV Yayınları, 191-210. Oxford, UK, 2015.
- Önal M (2015). Harran Örenyeri 2015 Yılı Arkeolojik Çalışmaları, Şanlıurfa Kültür Sanat ve Turizm Dergisi, sayı: 24, Ocak 2015.
- Polat N, Önal M, Ernst F, Şenol H, Memduhoglu A, Mutlu S, Mutlu S, Budan M, Turgut M & Kara H (2020). Harran Ören Yeri Arkeolojik Kazı Alanınının Çıkarılan Bazı Küçük Arkeolojik Buluntuların Fotogrametrik Olarak 3B Modellenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2 (2), 55-59. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tufod/issue/58541/835434>
- Şanlıoğlu İ, Zeybek M & Karauğuz G (2013). Photogrammetric Survey and 3D Modeling of Ivris Rock Relief in Late Hittite Er. Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 13, No 2
- Şenol H İ & Kaya Y (2019). İnternet Tabanlı Veri Kullanımıyla Yerleşim Alanlarının Modellenmesi: Çiftlikköy Kampüsü Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 1 (1), 11-16.
- Turan M H (2004). Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 19(1).
- Ulvi A (2020). Importance of Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) in the Documentation of Cultural Heritage. Turkish Journal of Engineering, 4(3) , 104-112. DOI: 10.31127/tuje.637050
- Ulvi A, Yakar M, Yiğit A Y & Kaya Y (2020). İHA Ve Yersel Fotogrametrik Teknikler Kullanarak Aksaray Kızıl Kilisenin 3B Modelinin Ve Nokta Bulutunun Elde Edilmesi. Geomatik Dergisi, 5 (1), 22-30.
- Yakar M & Yılmaz H M (2008). Kültürel Miraslardan Tarihi Horozluhan'ın Fotogrametrik Rölöve Çalışması Ve 3 Boyutlu Modellenmesi. Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi, 23(2), 25-33.
- Yakar M, Yıldız F & Yılmaz H M (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 10.
- Yiğit A & Ulvi A. (2020). İHA Fotogrametrisi Tekniği Kullanarak 3B Model Oluşturma: Yakutiye Medresesi Örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 2 (2), 46-54.
- Yiğit A Y, Orhan O & Ulvi A (2020). Investigation of The Rainwater Harvesting Potential at the Mersin University, Turkey. Mersin Photogrammetry Journal, 2(2), 64-75.
- URL-1.
<http://www.tekniksorular.com/2012/08/canon-powershot-a810-is-16-mp-dijital.html>
[Erişim tarihi: 19.04.2021]
- URL-2,
https://www.digicamdb.com/specs/canon_powershot-a810/
[Erişim tarihi: 20.04.2021]
- URL-3.
<https://tr.wikipedia.org/wiki/Kanl%C4%B1divane> [Erişim tarihi: 20.04.2021]



© Author(s) 2021. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>