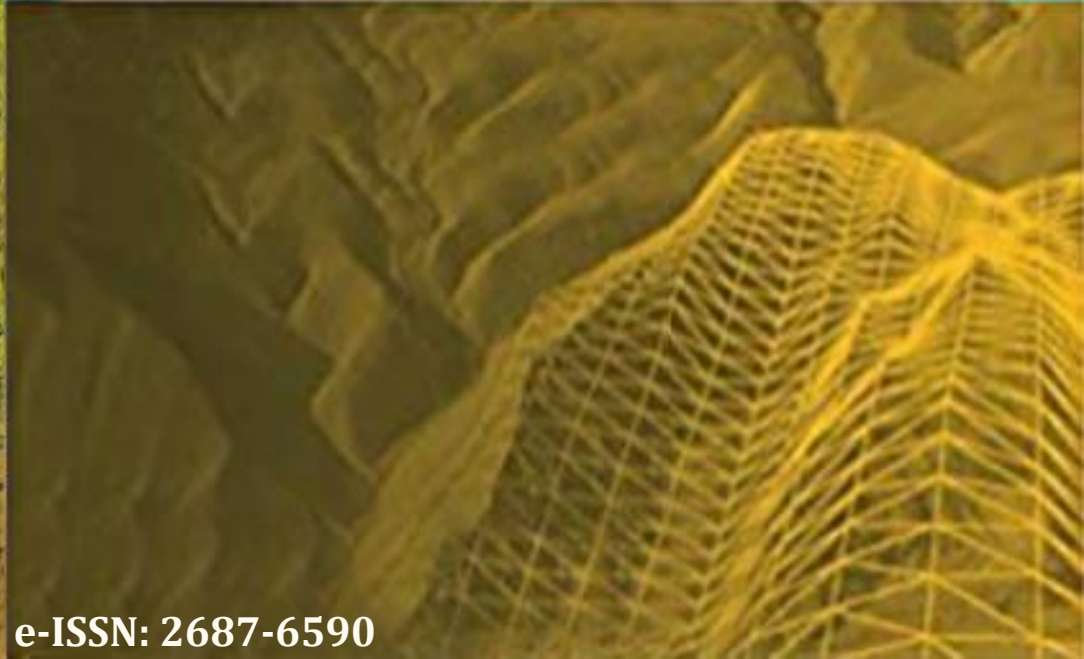


Türkiye FOTOGRAMETRİ Dergisi

Cilt/Volume: 4
Sayı/Issue:2
Aralık/December
2022



e-ISSN: 2687-6590

**Dergi Hakkında**

Türkiye Fotogrametri Dergisi bilim ve teknolojiadaki gelişmelere paralel olarak Fotogrametri alanındaki yeniliklerle ilgili yapılan çalışmaları yayınlayan bir dergidir.

Amaç & Kapsam

Türkiye Fotogrametri Dergisi 2019 yılından beri yayın hayatını sürdüren ulusal hakemli TÜRKÇE yayın yapan bir dergi olup hakem değerlendirme sistemi mevcuttur. Fotogrametri alanına ait kuramsal ve uygulamalı araştırma, tarama-inceleme, bildiri, vaka çalışması, kısa rapor ve editöre mektup niteliklerinden birine uygun eserler hakem değerlendirmesinden yayınlanabilir olduğuna dair karar verildikten sonra yayımlanır. Yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan eser, dergi editörlüğünce değerlendirme için hakemlere gönderilir. Türkiye Fotogrametri Dergisinde KÖR HAKEMLİK uygulaması mevcuttur. Yayımlanmasına, hakemlerin görüşü doğrultusunda Dergi Editör ve Yayın Kurulu karar verir. Gönderilen makaleler yayımlansın veya yayımlanmasın iade edilmez. Dergimizde yayınlanan yazıların her türlü sorumluluğu (bilimsel, mesleki, hukuki, etik v.b.) yazarlara aittir. Yayımlanan yazıların telif hakkı dergiye aittir ve referans gösterilmeden aktarılamaz. Araştırmacılar arasındaki bilimsel iletişimi oluşturmak amacıyla aşağıda nitelikleri açıklanan, başka bir yerde yayımlanmamış makaleler Türkçe olarak kabul edilmekte ancak özetinin İngilizce de basılması zorunluluğu vardır.

Türkiye Fotogrametri Dergisinin kapsamı;

- ✓ Hava Fotogrametrisi
- ✓ Yersel Fotogrametri
- ✓ İnsansız hava araçları (IHA) uygulamaları
- ✓ Mobil haritalama uygulamaları
- ✓ Fotogrametrik sensor kalibrasyonu
- ✓ 3D sensor teknolojisi
- ✓ Fotogrametrik amaçlı Görüntü işleme (Görüntü eşleme, detay çıkarma, radyometrik yöntemler, sınıflandırma)
- ✓ 3D modelleme ve yeniden oluşturma
- ✓ Nokta bulutu işleme
- ✓ Sanal Gerçeklik
- ✓ Fotogrametrik Ürün elde etmede Arazi/obje modellemesi
- ✓ Fotogrametrik Yöneltilme işlemleri
- ✓ Havai Nirengi
- ✓ 3D amaçlı veri tabanı modellemesi
- ✓ Sensörlerin geometrik modeller
- ✓ Sınıflandırma

Yayımlanma Sıklığı

Yılda 2 sayı (Haziran-Aralık)

e-ISSN

WEB

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/tufod>

İletişim

myakar@mersin.edu.tr



EDİTÖR

Dr. Öğr. Üyesi. Nizar POLAT

Harran Üniversitesi,
Şanlıurfa

EDİTÖR YARDIMCILARI

Prof. Dr. Murat YAKAR

Mersin Üniversitesi,
Mersin

EDİTÖR KURULU

- *Prof. Dr. Bülent BAYRAM, Yıldız Teknik Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Erkan BEŞDOK, Erciyes Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Gönül TOZ, İstanbul Teknik Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Sultan KOCAMAN, Hacettepe Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Cem GAZİOĞLU, İstanbul Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Fevzi KARSLI, Karadeniz Teknik Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Çiğdem GÖKSEL, İstanbul Teknik Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Semra ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi*
- *Prof. Dr. İbrahim YILMAZ, Afyon Kocatepe Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Ömer MUTLUOĞLU, Konya Teknik Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Ozan ARSLAN, Kocaeli Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Tekin SUSAM, Gaziosmanpaşa Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Zaide DURAN, İstanbul Teknik Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Bahadır ERGÜN, Gebze Teknik Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Cevdet Coşkun AYDIN, Hacettepe Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Arzu ERENER, Kocaeli Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Güler YALÇIN, Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Murat UYSAL, Afyon Kocatepe Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Eminnur Topsakal AYHAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Aycan Murat MARANGOZ, Bülent Ecevit Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Ferruh YILMAZTÜRK, Aksaray Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Tarık TÜRK, Cumhuriyet Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Ali Özgün OK, Hacettepe Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Taner ÜSTÜNTAŞ, Kocaeli Üniversitesi*
- *Doç. Dr. Cumhur ŞAHİN, Gebze Teknik Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Ahmet Emin KARKINLI, Niğde Ömer Halis Demir Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Mehmet Güven KOÇAK, İzmir Katip Çelebi Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Mahir Serhan TEMİZ, Uşak Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Lütfiye KARASAKA, Konya Teknik Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Mustafa DİHKAN, Karadeniz Teknik Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Sefa BİLGİLİOĞLU, Aksaray Üniversitesi*
- *Dr. Öğr. Üyesi, Hatice Çatal REİS, Gümüşhane Üniversitesi*

DANIŞMA KURULU

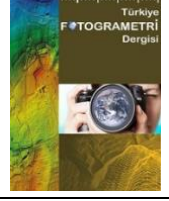
- *Prof. Dr. Dursun Zafer Şeker, İstanbul Teknik Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Hacı Murat YILMAZ, Aksaray Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Cengiz ALYILMAZ, Atatürk Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Abdurrahman Geymen, Erciyes Üniversitesi*
- *Prof. Dr. Ferruh YILDIZ, Selçuk Üniversitesi*

İÇİNDEKİLER

CİLT 4 / SAYI 1

Araştırma Makaleleri; *Research Articles*;*

Sayfa/Page No	Makale Adı ve Yazar Adı Article Name and Author Name
41-51*	<i>Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol Alanının Malzeme Sorunlarının Yersel Lazer Tarama Yönteminden Elde Edilen Ortofotolar Yardımıyla Belgelenmesi</i> <i>Documentation of Material Problems of Necropolis Area of The Ancient City Dara (Anastasiopolis) Through Photogrammetric Methods</i> Lale Karataş & Devrim Hasan Mentеше
52-57*	<i>Farklı veri kaynaklarından üretilen 3B modellerin kıyaslanması; Diyarbakır Ulu camii Musalla taşı ve Güneş saati örneği</i> <i>Comparison of 3D models produced from different data sources; Diyarbakir Great Mosque Musalla Stone and Sundial Example</i> İlyas Aslan, Enis Kalaycı & Yunus Tektaş
58-65*	<i>Tarihi minberlerin fotogrametri yöntemi ile belgelenmesi</i> <i>Documentation of historical minbars using photogrammetry method</i> Mustafa Emre Döş & Abdurahman Yasin Yiğit
66-72*	<i>İHA Fotogrametrisi Kullanarak Kadastroda Binaların Konum Doğruluğunun İncelenmesi</i> <i>Investigation of Position Accuracy of Buildings in Cadastre Using UAV Photogrammetry</i> Adem Kabadayı & Alperen Erdoğan
73-83*	<i>360 Derece Panoramik Sanal Tur Uygulaması Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi Örneği</i> <i>360 Degree Panoramic Virtual Tour Application (Campus of Mersin University Çiftlikköy Campus)</i> Serhat Ünver & Ali Ulvi



Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol Alanının Malzeme Sorunlarının Yersel Lazer Tarama Yönteminden Elde Edilen Ortofotolar Yardımıyla Belgelenmesi

Lale Karataş^{*1} , Devrim Hasan Mentеше² 

¹Mardin Artuklu Üniversitesi, Mardin Meslek yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Mardin, Türkiye

²Türk Tarih Kurumu, Mardin, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Yersel Lazer Tarama,
Kültürel Miras,
Taş Malzeme Sorunları,
Tarihi Yapılar,
Sürdürülebilirlik.

ÖZ

Taş ocağı ve nekropol alanının birlikteliğinden oluşan, benzeri örneklerine az rastlanan Dara nekropol alanı, kültürel peyzaj değerleri açısından önemli bir alandır. Kültürel katmanlığın ve gömü ritüelinin mekânsal ve işlevsel çeşitliliğinin izlendiği alanda, Büyük Galerili Mezar yapısı mekânsal özellikleri ve mitiyle diğer yapılardan farklılaşmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından “dirilişin mekânı” olarak tanımlanan yapı içinde bulunduğu bağlamın tekil mekanlarından biri olmaktadır. Ancak bu değerli yapı çeşitli etkiler sonucu zamanla malzeme bozulmalarına uğramıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı Mardin Antik Dara Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanında bulunan Büyük Galerili Mezar yapısının taş malzeme sorunlarının belgelenmesidir. Çalışmada yöntem olarak lazer tarama yöntemi kullanılmış ve ortofoto görüntüler elde edilmiştir. Yapıya dair taş malzeme sorunları saha gözlemleri sonucu elde edilmiş ve ortofotolardan elde edilen analitik çizimler üzerinde malzeme sorunlarına dair mevcut durum haritalanmıştır. Çalışmada yapıda en fazla görülen malzeme bozulmalarının, hava kirleticilerinin içinde bulunan çeşitli maddeler ve çevresel kaynaklı tuzlar sebebiyle oluştuğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç, farklı ülkelerde özellikle taş mimarinin en yoğun olduğu Mısır gibi ülkelerde tespit edilen taş yapı malzemelerinin bozulmasının temel sorunlarının hava kirleticilerinden ve çevresel etkilerden kaynaklı gelen tuzların etkimesi sonucu taş yüzeyinde ayrışmalar ve yüzey kirliliği oluşturduğu bulgusuna Türkiye bağlamında da destek vermektedir.

Documentation of Material Problems of Necropolis Area of The Ancient City Dara (Anastasiopolis) Through Photogrammetric Methods

Keywords

Terrestrial Laser Scanning,
Cultural heritage,
Stone Material Problems,
Historical Buildings,
Sustainability.

ABSTRACT

Dara's necropolis area, which is consisted of an association of the quarry and the necropolis area and which the similar examples are encountered rarely, is an important area with respect of its cultural landscape values. In the area, where the spatial and functional diversity of cultural stratal and burial ritual are observed, the structure of the Tomb with Great Gallery differentiates from the other structures with its spatial characteristics and myth. The structure, which is defined as the “place of revival” by some researchers, becomes the single space of the context, in which it is located. However, this valuable structure has been exposed to material deteriorations in time as a result of various effects. Within this context, the aim of the study is to document the stone material deteriorations of the structure of Tomb with Great Gallery, located within the Necropolis area of the Ancient City Dara (Anastasiopolis), Mardin. The methods of documenting via photographing, observational determination, and terrestrial laser methods were used in the study. In the study, it was concluded that the most frequent material deteriorations were caused by various substances and environmental-origin salines existing in the air pollutants. The finding obtained supports the finding determined in different countries, particularly those such as Egypt, where stone architecture is present most intensely, that the basic deterioration problems of stone construction materials caused are due to the decomposition on the stone surface and surface contaminations caused by the affection of the saline caused air pollutants and environmental effects, also within the context of Turkey.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

*{511812002@ogr.uludag.edu.tr} ORCID ID 0000-0001-8582-4612
{devrim-ozcan@hotmail.com} ORCID ID 0000-0001-9934-3991

Karataş, L. & Mentеше, D. H. (2022). Dara Antik Kenti (Anastasiopolis) Nekropol Alanının Malzeme Sorunlarının Fotogrametrik Yöntemlerle Belgelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(2), 41-51

1. GİRİŞ

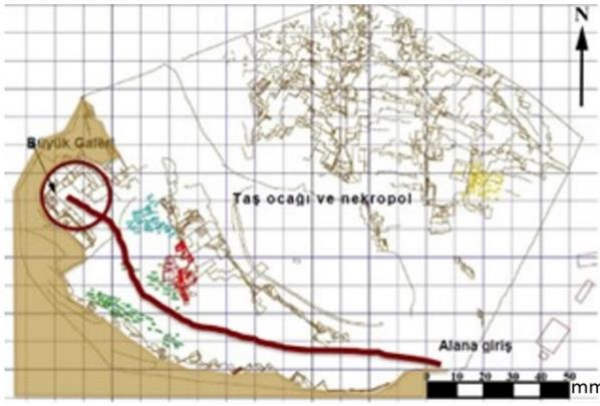
Mısır piramitleri başta olmak üzere dünyadaki devasa boyutlardaki kültürel miras yapılarının büyük bir kısmı taştan inşa edilmiştir. Ancak bu yapılar zamanla çeşitli atmosferik ve insan kaynaklı sebeplerle malzeme bozulmasına uğramaktadır [1-9]. Dünyada taş yapıların bozulma sebeplerini inceleyen çeşitli çalışmalar incelendiğinde, son yıllarda taş yapılar üzerinde görülen malzeme bozulması türlerinin artış gösterdiğini vurguladıkları görülmektedir. Taş yapıların en çok hangi kaynaklı sebeplerle bozulduğu incelendiğinde ise çalışma sonuçları, son dönemlerde artan hava kirliliği [10-14] ve çeşitli sebeplerle yapıya etkileyen tuz etkisinin [15-20] sebep olduğu malzeme bozulmalarının taş bozulmalarını arttırdığı gözlemlenmiştir.

Hava kirleticileri içerisinde; çeşitli partikül maddeler olan asit tozları (nitrat ve sülfat gibi) ve çok çeşitli tuzlardan ve endüstriyel ve araçlardan gelen is gibi çok çeşitli kirleticilerden oluşmaktadır [21,22]. Tuzların taş üzerinde pek çok olumsuz etkisi bulunmaktadır. Higroskopik tuzlar, farklı kaynaklardan gelen suyu emmeye ve binanın tüm yapısal elemanlarına su için rutubet artışına neden olarak ciddi hasara neden olma sahiptir [23]. Sodyum ve magnezyum sülfat tuzları, kireçtaşı üzerindeki çatlak oluşumundan ve yayılmasına yol açmaktadır [24-26]. Ayrıca tarihi yapıların malzeme bozulmasına sebep olan tuz etkisine maruz kalma çevresel kaynaklar incelendiğinde ise, taş miras yapılarının yakınındaki farklı su kaynaklarının (kanallar, kanalizasyon ve tarım) bozulma sebeplerinin kaynakları olduğu görülmektedir [15-20,27]. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle taş mimarının en yoğun olduğu Mısır gibi ülkelerde taş yapı malzemelerinin bozulmasının temel sorunlarının, hava kirleticilerinden ve çevresel etkilerden kaynaklı gelen tuzların etkimesi sonucu oluşan taş yüzeyinde ayrışma olarak tespit edilmiştir. Klorürler, nitratlar ve sülfatların, Mısır taş yapı malzemelerine zarar veren en yaygın tuzlar olduğu görülmektedir [16]. Önemli bir örnek [15]; çevredeki yerel ortamın Mısır taş anıtları üzerindeki etkisini araştıran çalışmada, taş duvarların orta ve üst kısımlarındaki siyah kabukların ağırlıklı olarak araçlardan gelen alçı tuzu ve isinden, taş duvarların alt kısımlarındaki beyazımsı kabukların ise daha çok sodyum klorür tuzundan oluştuğunu tespit etmiştir. İspanya'da yapılan başka bir çalışma ise [28]; İspanya'daki Lady of Succor Bazilikası'nın taş duvarlarının çevreden gelen çeşitli tuz etkimesi sonucu taş duvarlarda ayrışma, pullanma ve dökülme olduğunu tespit etmiştir. Başka bir çalışma [27]; kilise duvarlarındaki kireçtaşının tuzlanma sorununun çevredeki sülfirik asit oluşumu ile ilişkili olabileceğini ve sülfat ve nitrat oluşumu için gerekli olan potasyum ve nitrat iyonlarının toprak çözeltisinden geldiğini tespit etmişlerdir. Navarro ve diğerleri [19] ise; Granada (İspanya) şehrinde nem ve asidik atmosfer nedeniyle on altıncı yüzyıl Royal Chancery'nin ana cephesinin ana bozunma faktörünün bu faktörlerin oluşturduğu tuz oluşumu olduğunu tespit etmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar gelecek çalışmalarda diğer ülkelerde de hava kirliliği ve tuz etkisinin oluşturduğu etkilerin incelenmesini önermektedir. Bu kapsamda ülkeler

bazında malzeme bozulmalarının nedenlerinin doğru bir şekilde teşhis edilmesi, yapılara uygulanacak müdahaleler kapsamında büyük önem arz etmektedir. Bozulma süreçlerinin tam olarak anlaşılması taşın bozulma türlerinin doğru bir şekilde teşhisi ve sürdürülebilir bir koruma için bir gerekliliktir [28,30]. Bu bağlamda coğrafi etkilerinde iyi araştırılması karar verilecek bozunma türü için en doğru teşhisin verilmesini sağlayacaktır [31]. Yukarıda açıklandığı üzere taş yapıların korunması bağlamında en önemli detayın bulunduğu coğrafi bağlam içerisinde taşın nasıl bozulduğunun ve bu bozulmaya hangi tür etmenlerin sebep olduğunun ve bu bozulmaları yönetmek için hangi stratejilerin uygulanması gerektiğinin belirlenmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Bu çalışma literatürde ihtiyaç olduğu belirtilen önemli tarihi yapıların koruma sorunlarının coğrafi bazda değerlendirilmesi ihtiyacından yola çıkılmıştır. Bu bağlamda çalışmanın amacı Mardin İli'nde yüzyıllardır varlığını sürdüren ve kentin simgesi olan Mardin Antik Dara Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanında bulunan Büyük Galerili Mezar yapısının malzeme sorunlarının belirlenmesidir. Çalışmada fotoğrafla belgeleme, gözlemsel tespit ve yersel lazer tarama yöntemleri kullanılmıştır. Bu kapsamda yapı yerinde incelenerek taş malzeme sorunları gözlemsel olarak tespit edilmiş, daha sonra yapı lazer tarama yöntemiyle taranarak yapıya ait nokta bulutundan ortofotolar elde edilmiş ve ortofotolar kullanılarak yapının kat planları, kesitleri ve cephe rölöveleri elde edilmiştir. Elde edilen çizimler üzerinde malzeme bozulmaları lejantlarla ifadelendirilmiştir. Çalışma sonucunda yapıda en fazla görülen malzeme bozulmalarının hava kirleticilerinin içinde bulunan çeşitli maddeler ve çevresel kaynaklı tuzlar sebebiyle oluştuğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç, farklı ülkelerde özellikle taş mimarının en yoğun olduğu Mısır gibi ülkelerde tespit edilen taş yapı malzemelerinin bozulmasının temel sorunlarının hava kirleticilerinden ve çevresel etkilerden kaynaklı gelen tuzların etkimesi sonucu taş yüzeyinde ayrışmalar ve yüzey kirliliği oluşturduğu bulgusuna Türkiye bağlamında da destek vermektedir.

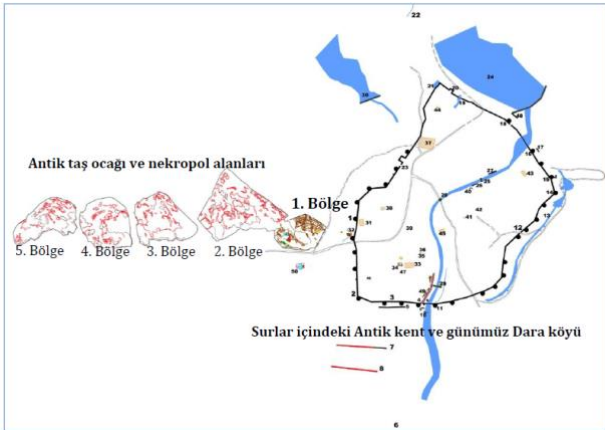
1.1. Büyük Galerili Mezar Yapısı Tarihçesi ve Önemi

Mardin'in 30 km. güneydoğusunda yer alan, günümüzdeki ismi ile Dara köyü, geç antik döneme tarihlenen önemli bir sınır şehridir. Dara Köyü, I-II ve III. Derece Arkeolojik Sit alanlarının bir arada olduğu Kültür Varlığı olarak koruma altına alınmıştır. Arkeolojik olarak; Erken Dönemler, Roma-Bizans, Pers-Sasani ve İslami dönemlerin oldukça yoğun yaşandığı alan, Güneydoğunun Efesi olarak tabir edilmektedir. Taş ocağı ve nekropol alanının birlikteliğinden oluşan, benzeri örneklerine az rastlanan Dara nekropol alanı kültürel peyzaj değerleri açısından önemli bir alandır. Kültürel katmanlığın ve gömü ritüelinin mekânsal ve işlevsel çeşitliliğinin izlendiği alanda Büyük Galerili Mezar yapısı mekânsal özellikleri ve mitiyle diğer yapıların farklılaşmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından "dirilişin mekanı" olarak tanımlanan yapı içinde bulunduğu bağlamın tekil mekanlarından biri olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Bölge taş ocağı ve nekropol alanının batısında Büyük Galerli yapılarının konumu.

Büyük galerili mezar olarak tanımlanan yapı, surlarla çevrili kentin batısında doğu-batı yönünde uzanan taş ocaklarının ilki olan 1. bölgenin içinde konumlanmış olan nekropol alanının batısında, yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Dara antik kenti; surlarla çevrili yerleşim ve içindeki arkeolojik yapı kalıntıları ile taş ocakları ve içindeki nekropol alanı.

Dara / Anastasiopolis antik kentine ait nekropol alanı içinde anakayaya oyulmuş Büyük Galerli yapıları olarak tanımlanan yapı, alandaki en özel yapılardan biridir. Son yıllarda Mardin Müzesi tarafından yoğun olarak çalışılan nekropol alanı, Dara antik kent kalıntıları ile geçmişte bütünleşirken Dara köyü ile de günümüzde bir bütün oluşturmaktadır. Bu bütünlük içinde, anakayaya oyulmuş, yapısal sorunları risk oluşturmayan Büyük Galerli Mezar yapısının bütün insanlığın ortak mirası olarak kabul edilecek evrensel değerler içermesi alanı farklılaştırmaktadır. Bu nedenle yapının kültürel ve doğal varlıkların oluşturduğu kültürel peyzaj alan bütününde bağlamı ile birlikte bir bütün olarak sunumu korunmasındaki temel ilke olarak değerlendirilmiştir. İçerdiği değerler ile bölgenin tekil örneklerinden biri olan ve bir dönemin ölüm biçiminin zaman içindeki gelişimiyle çeşitlenen Açık Hava Müzesi niteliğindeki nekropol yerleşkesi coğrafyanın her yönü ile başat unsurlarından biridir. Geçmişte yüklediği görevler, bugünkü simgesel kimliği, geleceğe dair atfedilen yeni işlevi "Açık Hava Müzesi" ile alan ve içerdiği her bir unsur geleceğin Dara'sını bugün yeniden tanımlamaktadır (Şekil 3,4).



Şekil 3. Nekropol alanının güneyindeki anakaya içindeki mezar yapıları ve Büyük Galerli yapısının alan içindeki konumu.



Şekil 4. Galerili Mezar'ın konumu: hava fotoğrafı

1.2. Mekânsal Özellikler, Malzeme ve Yapım tekniği

Yapının ana malzemesi ana kayadır. Kaya kesilerek, oyularak şekillendirilmiştir. Ancak bazı bölümlerde kapak olarak kesme taş bloklar kullanılmıştır. Sanduka mezarların kapakları, orta mekânın zemin döşemesinin dört bandında kesme taş bloklar kullanılmıştır. Bu bölümlerde taş malzeme geçmeli sistemlerle birleştirilmiştir.

Ana kayanın içinde konumlandırılmış olan "mezar kompleksi" olarak tanımlayacağımız Büyük Galerli Mezar yapısı gizlenmiş konumu ile alanın çekici öğelerinden birisini oluşturmaktadır. Yüksekçe bir ana kayanın içine oyulmuş mezar yapısı biri galerili olan üç katlı bir yapıdır. Bu üç kat mimari açıdan bütünlük gösterse de katların mekânsal özellikleri farklılaşmaktadır. Erdoğan [32], katların işlevsel olarak birbirinden ayrıldığı; alt katın toplu gömüler için, orta katın dört kenarında bulunan tonozlu mezarların çoklu gömü için, üst katın ise gömüden daha çok ritüel sahnelerin sergilendiği bir alan olarak kullanıldığı değerlendirmesini yapmaktadır. Dev kaya kütlesi içine gizlenmiş, orta ve üst galeri katında merkezi plan şemasına sahip yapının inşa tekniği karma bir sistem sunmaktadır. Yapı; alt kattan üst kata kademeli genişleyerek oyulan ana kaya ve ortada kesme taş kolon ve yığma kesme taş döşeme sistemi ile inşa edilmiştir. Yapıya güneydoğudaki bir açıklıktan girilmektedir.

1.3. Cephe Özellikleri

Yapıda ana kaya üzerinde güneydoğu ve kuzeydoğu olmak üzere iki adet cephe izlenmektedir. Bugünkü giriş aralığının olduğu güneydoğu cephe tel parmaklıklarla nekropol alanından ayrılmaktadır. Cepheye yaklaşık 4.00 mt yüksekliğinde kareye yakın bir açıklık bulunmaktadır. Yapının özgün girişi doğu cephesinde bulunmaktadır. Girişin alt bölümündeki anakaya tahrip olmuştur. Kabartmalı giriş; yarım daire kemerlidir. Açıklık; kemerli kapının üzerinde ortada yine yarım daire kemer olan dikdörtgen bir çerçeve içinde yer almaktadır. Çerçeve ve kapı kemeri arasındaki bölümde kabartmalı betimlemeler bulunmaktadır.

2. YÖNTEM

Çalışma kapsamında Mardin Antik Dara Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanında bulunan Büyük Galerili Mezar yapısının taş malzeme sorunlarını lazer tarama yönteminden elde edilen ortofoto görüntüler yardımıyla belgelenmiştir. Bulgularda elde edilen malzeme sorunları saha gözlemleri sonucu elde edilmiş ve ortofotolardan elde edilen analitik çizimler üzerinde malzeme sorunlarına dair mevcut durum haritalanmıştır. Bu kapsamda öncelikle büyük galerili mezar yapısı yerinde incelenmiş ve gözlemsel incelemeler yapılarak malzeme sorunları belirlenmiştir. Daha sonra yapı lazer tarayıcı ile taranarak yapıya dair nokta bulutu elde edilmiştir. Nokta bulutlarından ortofotoların elde edilmesi yöntemiyle yapıya dair plan ve cephe çizimlerine ulaşılmış ve yapı analitik olarak belgelenmiştir. Analitik etütleri içeren mekân nitelikleri, mimari öğeler ve malzeme sorunları rölöve çizimleri üzerinde renklerle haritalandırılmıştır. Koruma ve müdahalelere yönelik kararlar bu belgeler yardımıyla sonuç bölümünde tanımlanmıştır.

2.1. Yapının rölövelerinin elde edilmesi

Yapının plan ve kesit çizimlerini elde edebilmek için yersel lazer tarama yönteminden faydalanılmıştır (Şekil 5). Yersel lazer tarayıcı hızlı bir şekilde yoğun nokta bulutu elde etme imkânı sunduğu için son yıllarda mühendislik projelerinde sıklıkla kullanılmaktadır [33-43]. Malzeme bozulmalarının tespitinde ise bu teknolojinin büyük kolaylık sağladığı görülmektedir [44-47]. Bu kapsamda yapı yakın çevresini de içerecek şekilde toplam 509.069.701 nokta ile taranmıştır. Bu esnada 360 adet fotoğraf çekilmiştir.



Şekil 5. Lazer Tarayıcı (The Focus3D X 330)

Yapıya dair alan lazer tarayıcı ile taranarak yapıya dair üç boyutlu nokta bulutu görüntüleri elde edilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Nokta bulutundan oluşan model.

Elde edilen nokta bulutundan plan, kesit ve cephelere ait ölçekli ortofotolar elde edilmiştir. Ortofoto görüntü; eğiklik, dönüklük ve yükseklik farkından dolayı meydana gelen hataların düzeltildiği ve dik izdüşüm haline getirildiği sayısal görüntülerdir [48]. Lazer tarama verilerinden elde edilen nokta bulutları sayesinde çeşitli yazılımlarla oluşturulabilen ortofoto görüntüler mimari belgeleme için oldukça kullanışlı ürünlerdir. Çünkü elde edilen ortofoto görüntüler ölçekli olduğundan binanın birebir ölçüleri elde edilebilmektedir. Böylece ortofoto görüntüler mimari çizimlerde altlık olarak kullanılabilir. Nokta bulutundan elde edilen ortofoto görüntüler ofis ortamında planların ve kesitlerin milimetre hassasiyetinde ölçüm yapılmasına imkân verir [48] (Şekil 7). Ortofotolar üzerinden plan ve kesit ve cephe rölöve çizimlerine ulaşılmıştır.



Şekil 7. Çizimlerin üretildiği ortofoto.

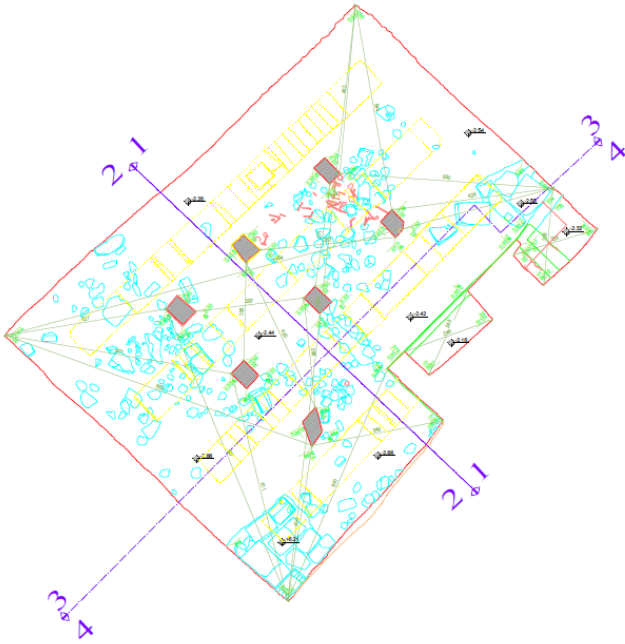
2.2. Malzeme Sorunları

Yapının malzeme sorunlarının belirlenmesi amacıyla yapı yerinde gözlemsel olarak incelenmiş ve taş malzeme bozulması türleri tespit edilmiştir. Tespit edilen bozulma türleri, ortofotolardan elde edilen çizimler üzerinde renkli lejantlarla haritalanmıştır.

3. BULGULAR

3.1. Kat planı röleöveleri

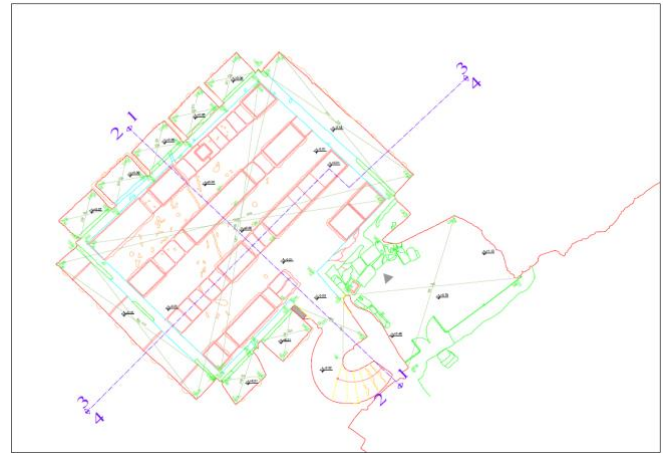
Üç katlı yapının alt katının mimarisi diğer iki kat (orta kat ve galeri katı) ile malzeme kullanımı ve tekniği açısından bir bütünlük göstermektedir. Bu bütünlüğü sağlayan tek parça, monolitik kireçtaşı kütesinin kesilerek ve oyularak şekil verilmesidir. Kuzeydoğu-güneybatı yönünde dikdörtgen formlu mekânı dörtgen formlu ayaklar dört aksa bölmektedir. Kireçtaşı yüzeyi taşıması amacı ile, alt katta birbiri ile simetrik olmayan yedi adet kolon (taşıyıcı) bulunmaktadır. Ana kayanın kesilmesiyle şekillenen ayakların üst kotunda kuzeybatı-güneydoğu yönünde pahlı basit bir başlık oyulmuştur. Bu ayaklar üzerindeki ana kaya döşeme dişli kesilerek üst kat döşemesi olan aynı zamanda kapak taşı niteliğindeki bloklar bu dişlere yerleştirilmiştir. Kuzeydoğu köşesinde ana kayaya oyulmuş merdiven bulunmaktadır. Kuzeybatıdan başlayan iki basamakla güneye "L" dönen sekiz basamaklı merdiven ile üst kata çıkılmaktadır. Katları bağlayan merdiven yuvarlak formda tamamıyla anakaya oyularak yapılmıştır. Alanın dönemsel / özgün girişinin bulunduğu yer ise galeri katının kuzey kenarının doğu köşesine yakın yerde bulunmaktadır. Bu girişin dışarıda kalan yüzeyinde Ezekiel Peygamber'in "Yeniden diriliş sahnesi" kabartma şeklinde işlenmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. -2.00 Kotu (Alt Kat) Planı

Ana kayaya oyulmuş üç katlı yapının **orta katına** bugün tahrip sonucu oluşmuş, yıkık bir açıklıktan ulaşılmaktadır. Güncel giriş, orta katın doğu kenarında bulunmaktadır. Bu giriş özgün mimariye ait bir öge değildir. Orta katta tonozlu sandukalı mezarlar, galeri katına çıkan ve alt kata inen merdivenler yer almaktadır. Mekân güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanan 8.60 x 11.17 metre boyutlarında, yüksekliği 2.70 metre olan dikdörtgen formlu, tüm öğeleri ana kayaya oyulmuş bir mekandır. Mekânın batı köşesinde yukarı doğru daralan

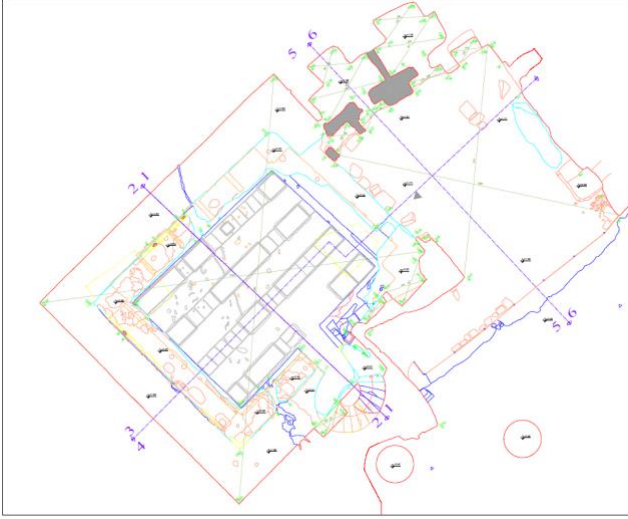
bir havalandırma bacası bulunmaktadır. Mekânın giriş cephesinde üst kota; + 3.30 metre kotundaki galeri katına çıkan ana kayaya oyma yuvarlak formlu bir merdiven; merdivenin güneybatısında iki adet mezar birimi, kuzey doğusunda ise bir bölümü yıkık bir adet mezar birimi bulunmaktadır. Mekânın güneybatı ve kuzeydoğu cephesinde izleri okunan beşer adet, cepheleri yarım daire kemerli, tonozlu sanduka mezar birimleri yer almaktadır. Bu cephelerde birimler arasındaki kaya oyma duvarlar yıkılmış, ancak duvarların izleri cephelerdeki kalıntılardan izlenebilmektedir. Mekânın kuzeybatı duvarında da sandukaları birbirinden ayıran, özgün ara bölünmeleri sağlam olan beş adet basit tonozlu sandukalı mezar birimi bulunmaktadır. Bu kottaki tüm tonozlu sanduka mezar birimlerinde sandukanın üzerini kapatan taş levhaların izleri görülmektedir. Diğer yandan bazı mezarların tabanlarında delikler gözlenmiştir. Bu deliklerin ritüel sahnelerde mi, başka bir amaç için mi kullanıldığı henüz bilinmemektedir. Mekânın zemin döşemesi kuzeydoğu-güneybatı yönünde bant halinde uzanan yedi sıra kesme taş hattan oluşmaktadır. Mekânın kuzeydoğu köşesindeki, cam kapalı bölümden kayaya oyulmuş dikdörtgen formlu taş basamaklı bir merdivenle alt kata inilmektedir. Mekânın güneydoğu cephesinin ortasındaki ana kayaya oyulmuş merdivenle de galeri katına çıkılmaktadır (Şekil 9).



Şekil 9. +1.00 Kotu (Orta Kat) Planı

Üst galeride bulunan girişten, batı tarafına doğru ilerlendikten sonra "U" formlu bir koridor bulunmaktadır. Koridor, doğu cephenin yarısında bir merdivene bağlanmaktadır. Üst ve orta galeriye giriş ve çıkışı sağlayan bu merdiven dairesel formlu, basamaklı kaya oymadır. Galeri katında bulunan kemerler "U" formunda, koridorun hemen kenarında olup üç katlı galerinin tavanı ile bir bütünlük sağlamaktadır. Orta katta bulunan tonozlu mezarların üst kısmı, kemerlerin dış tarafında bulunmaktadır. Galeri katında yükseklik yaklaşık 2.25 metredir. Galerili mezar yapısının özgün girişi olarak değerlendirilen ve galeri katına ulaşılan girişinde kabartmalar bulunmaktadır. Çeşitli dönemlerde Dara'ya gelen gezgin ve araştırmacıların da dikkatini çeken bu kabartmanın tanımları farklılık göstermektedir. Üç katlı mezar yapısının galeri tavanında bulunan yağlı, kalın is tabakası, orta galeride bulunan tonozlu mezarların üst kattan bakıldığında balkona benzer yüzeylerinde yanık ve is izlerinin bulunması,

kuzeybatı köşedeki daralardan küçülen açıklığın baca ya da üç katlı galerinin aydınlatılmasında kullanılmış bir öge olabileceğini düşündürmüştür. Erdoğan [24] bu ögeyi, alt galeride aşırı derecede yanmış insana ait kemik topluluklarının olması, açılan sondaj alanlarında yanmış kemik kırıntıları dışında küllü bir tabakanın da bulunması üç katlı galeri içinde *kremasyon* yapıldığına dair kuvvetli emareler göstermesi açısından da önemli bir unsur olarak değerlendirmektedir (Şekil 10).



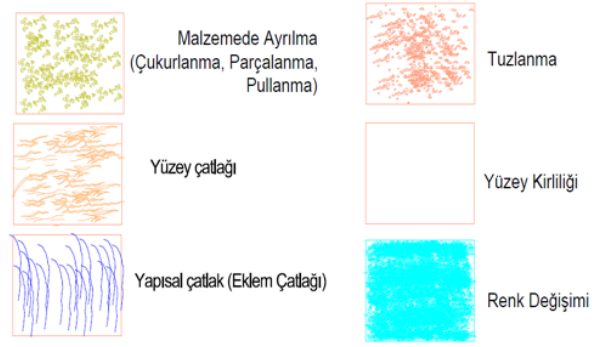
Şekil 10. + 3.30 kotu (Galeri Katı) Planı

3.2. Malzeme sorunlarının kesit ve cephe röleveleri üzerinde tanımlanması

Yapının ortasında geniş bir ayrışma izlenmektedir. Bu ayrışma anakayanın oluşumu esnasında meydana gelmiş, doğal bir oluşumdur (Jeolojik terminolojiye göre eklem çatlakları). Anakayanın bazı bölümlerinde de yüzeyde çatlaklar izlenmektedir. Yapının tümü ana kaya olduğu için taş yüzeyinde öge kaybı ve malzeme bozulmalarına yönelik sorunlar bulunmaktadır. Öge kaybı sanduka mezarlarının taş kapakları, döşemedeki taş bloklar, sandukalar arasındaki dikey duvarlar, mezar birimlerin tonozlu üst yapıları vb. ile özgün giriş kapısının dikey öğeleri, kapıdaki kabartmaların bir bölümünde izlenmektedir. Malzeme bozulması ise değişik nedenlere bağlı tüm taş yüzeyde tabakalar halinde ayrışma, toz halinde erime ve yüzeyde farklı nitelikte birikintiler bulunmaktadır. Birikintiler; çevresel kaynaklı topraktan gelen tuzlanma, dumandan kaynaklı is ve anakaya yüzeylerde renk değişimi olarak tanımlanabilir.

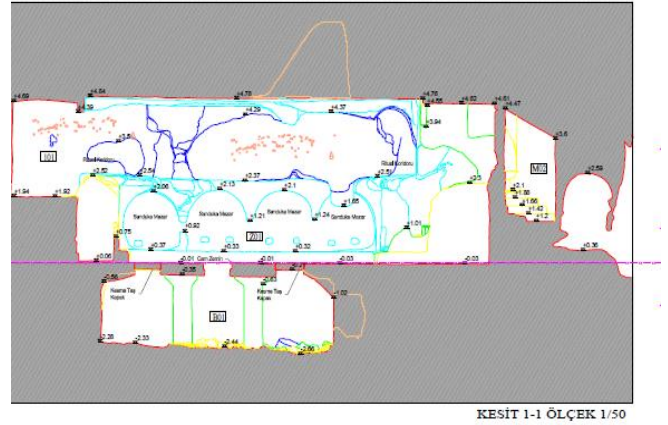
Yapının dışında çevreden kaynaklı sorunlarda yapıyı etkileyen unsurlardır. Bunlar alandaki toprak birikinti, bu birikintiden kaynaklı zeminden yükselen nem, anakayanın üstündeki toprak birikintiden kaynaklı su ve bitki örtüsü niteliği çözülmesi gerekli olan çevresel sorunlardır.

Malzeme sorunlarına ilişkin kesit ve cephelerde kullanılan haritalandırma tekniğine ait lejant aşağıda Şekil 11'de verilmektedir.



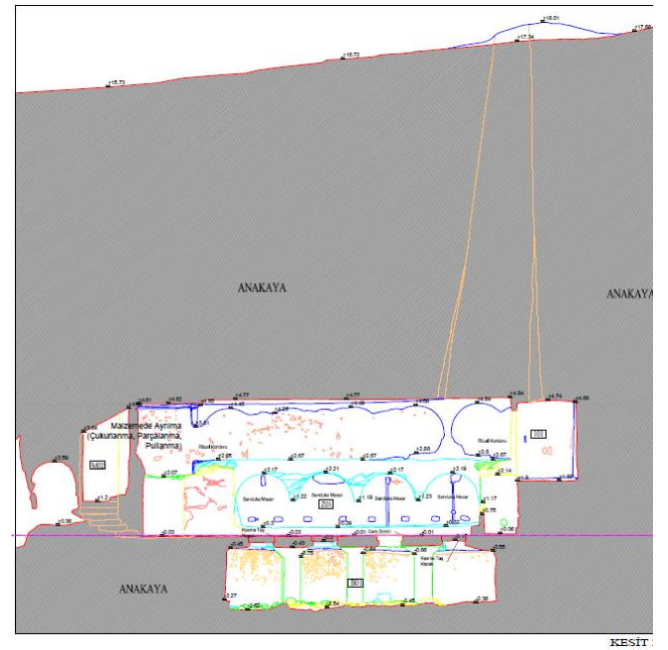
Şekil 11. Malzeme Sorunları lejantı

Yapının 1-1 olarak adlandırılan kesitinde taş yüzeyde tabakalar halinde ayrışma, tuzlanma ve yapısal çatlak sorunları görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 12. 1-1 Kesiti 'nde taş malzeme bozulmaları

Yapının 2-2 olarak adlandırılan kesitinde malzemede ayrılma, yüzey çatlakları ve yapısal çatlak sorunları görülmektedir (Şekil 13).



Şekil 13. 2-2 Kesiti' nde taş malzeme bozulmaları

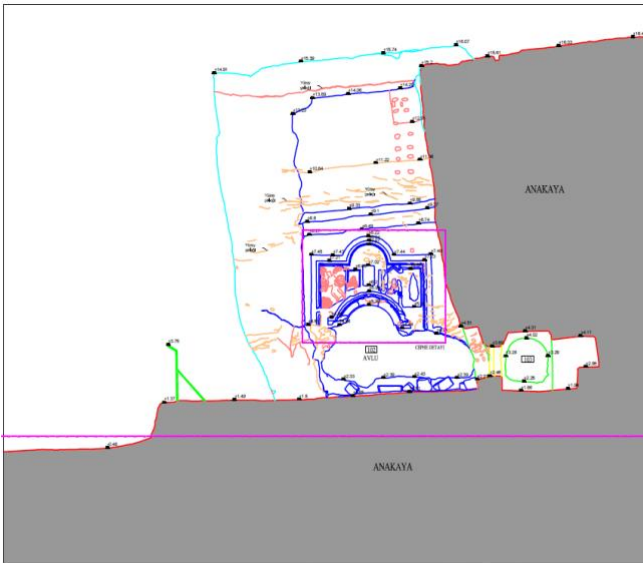
Yapının kesit 3-3, 4-4, 5-5 ve 6-6 olarak adlandırılan kesitinde taş yüzeyde tabakalar halinde ayrışma, tuzlanma, renk değişimi, yüzey çatlağı ve yapısal çatlak sorunları görülmektedir(Şekil 14,15,16,17).



Şekil 14. 3-3 Kesiti'nde taş malzeme bozulmaları



Şekil 15. 4-4 Kesiti'nde taş malzeme bozulmaları



Şekil 16. 5-5 Kesiti'nde taş malzeme bozulmaları



Şekil 17. 6-6 Kesiti'nde taş malzeme bozulmaları



Şekil 18. Cephe üzerindeki taş malzeme bozulmaları

4. TARTIŞMA

Mevcut dokümantasyon yöntemleri arasında metrik,görsel ve bilgisayar ortamında çalışmaya uygun, maliyet ve zaman açısından ise avantajlı uygun yöntemler günümüzde yoğun bir şekilde kullanılmaktadır. [50-54]. Teknolojik gelişmeye bağlı olarak klasik belgeleme yerini artık modern belgeleme tekniklerine bırakmış, bu da çağdaş belgeleme tekniklerinin hızlı bir şekilde ilerlemesini sağlamıştır. Bugünkü teknoloji ile belgeleme çalışmalarında daha hassas ve daha hızlı bir sonuç alınabilmektedir (64-66). Yersel lazer tarayıcılarda bu tekniklerden bir tanesidir. Yersel lazer tarayıcılar sadece dökümantasyonda değil önemli mühendislik ölçümlerinden görselliğe kadar birçok alanda kullanılabilir. [55-63].

Yapılan çalışmanın amacı Mardin Antik Dara Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanında bulunan Büyük Galerili Mezar yapısının taş malzeme sorunlarının yersel lazer tarama yöntemi yardımıyla belgelenmesidir. Çalışmada elde edilen bulgular; yapıda değişik nedenlere bağlı tüm taş yüzeyde tabakalar halinde oluşan ayrışma, yüzey kaybı ve yüzeyde farklı nitelikte birikintiler ve cephelerde yüzey kirliliği olduğunu göstermektedir. Bu birikintiler çevresel kaynaklı topraktan gelen tuzlanma

ve dumandan kaynaklı is şeklindedir. Anakayanın bazı bölümlerinde ise yüzeyde çatlaklar izlenmektedir.

Vurgulanması gereken başka bir bulgu; anakayanın bazı bölümlerinde de yüzeydeki çatlaklardır. Bu bulgular literatürde daha önceki çalışmalarda tespit edilen; tuzların, kireçtaşı üzerindeki çatlak oluşumuna ve yayılmasına yol açmakta olduğu bulgusunu desteklemektedir [24-26]. Ayrıca tuzlar yüzeyde birikintilere yol açarak taş malzeme yüzeyinde ayrışmalara ve dökülmelere neden olmuştur. Bu bulgu çeşitli çalışma sonuçlarında elde edilen tuzların farklı kaynaklardan gelen suyu emmeye ve binanın tüm yapısal elemanlarına su için rutubet artışına neden olarak ciddi ayrışmalara neden olduğu bulgusuna destek vermektedir [23].

Vurgulanması gereken bir diğer önemli bulgu; yapının duvar ve tavanlarında oluşan çeşitli birikintilerdir. Bu birikintiler çevresel kaynaklı topraktan gelen tuzlanma şeklindedir. Yapının dışında çevreden kaynaklı sorunlarda yapıyı etkileyen unsurlardır. Bunlar alandaki toprak birikinti, bu birikintiden kaynaklı zeminden yükselen nem, anakayanın üstündeki toprak birikintiden kaynaklı su ve bitki örtüsü niteliği çözülmesi gerekli olan çevresel sorunlardır. Bu bulgu literatürde farklı ülkelerde yapılan çalışmalarda tuzların taş yapılara etki etme sebebinin, yakınındaki farklı su kaynaklarının sebep olduğu olgusuyla örtüşmektedir [15-20].

Yapının cepheleri incelendiğinde cephelerde en fazla görülen malzeme bozulması yüzey kirliliği şeklinde olduğu görülmektedir. Bu kirliliğin hava kirleticilerinden kaynaklı olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu bulgu dünyada çeşitli ülkelerdeki devasa taş kültürel anıtlarda cephelerdeki en fazla görülen malzeme bozulmalarının hava kirleticilerinin sebep olduğu bulgusuyla benzerlik taşımaktadır [10-14]. Bu sonuç hava kirliliğinin taş yapıların cephelerinde görüntü kirliliğine sebep olduğu olgusuna Türkiye bağlamında da destek vermektedir.

Çalışma sonucunda yapıda en fazla görülen malzeme bozulmalarının hava kirleticilerinin içinde bulunan çeşitli maddeler ve çevresel kaynaklı tuzlar sebebiyle oluştuğu sonucuna varılmıştır. Elde edilen bu sonuç, farklı ülkelerde özellikle taş mimarinin en yoğun olduğu Mısır gibi [16] ülkelerde tespit edilen taş yapı malzemelerinin bozulmasının temel sorunlarının hava kirleticilerinden ve çevresel etkilerden kaynaklı gelen tuzların etkimesi sonucu taş yüzeyinde ayrışmalar ve yüzey kirliliği oluşturduğu bulgusuna Türkiye bağlamında da destek vermektedir.

5. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında Mardin Antik Dara Kenti (Anastasiopolis) Nekropol alanında bulunan Büyük Galerili Mezar yapısının taş malzeme sorunlarını lazer tarama yönteminden elde edilen ortofoto görüntüler yardımıyla belgelenmiştir. Bulgularda elde edilen malzeme sorunları saha gözlemleri sonucu elde edilmiş ve ortofotolardan elde edilen analitik çizimler üzerinde malzeme sorunlarına dair mevcut durum haritalanmıştır. ICOMOS [38]'ye göre taş korumaya yönelik yaklaşımlar sadece taşın fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunmaları üzerinde anlık koruma

uygulamaları yapmak değil aynı zamanda o yerde görülen sorunların anlaşılmasını ve sosyal bağlamında korunması bağlamında hangi müdahalelerin uygulanacağını belirlenmesini gerektirmektedir. Bu bağlamda yapılan çalışma kapsamında, içerdiği değerlerle bölgedeki önemli kentlerden biri olan Dara' da, 1. Derece Arkeolojik Sit alanı içinde bulunan kaya oyma olarak inşa edilmiş Büyük Galerili mekanı bulunduğu bağlam çerçevesinde değerlendirilmiş, malzeme sorunları belgelenmiş ve koruma önerileri sunulmuştur.

Elde edilen bulgular yapıya anlık müdahalelerin yapılmasının yapının malzeme sorunlarının önüne geçmek için yeterli olmadığını göstermektedir. Çünkü yapıda görülen en önemli malzeme sorunları yapının duvar ve tavanlarında oluşan çeşitli birikintilerdir. Bu birikintiler ise çevresel kaynaklı topraktan gelen tuzlanma şeklindedir. Yapının dışında çevreden kaynaklı sorunlarda yapıyı etkileyen unsurlardır. Bunlar alandaki toprak birikinti, bu birikintiden kaynaklı zeminden yükselen nem, anakayanın üstündeki toprak birikintiden kaynaklı su ve bitki örtüsü niteliği çözülmesi gerekli olan çevresel sorunlardır. Bu çevresel sorunlar çözülmeden yapıya uygulanacak müdahaleler sadece anı kurtaracak yapının daha sonraki bozulma süreçlerinin önüne geçmeye engel olmayacaktır.

Bilgilendirme/Teşekkür

Mardin Müze Müdürlüğü'ne veriler için teşekkür ederiz.

Yazarların Katkısı

Lale Karataş; Metodoloji, Verilerin İşlenmesi, Kontrol, Yazım.

Devrim Hasan Mentеше; Veri toplama.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Rives, V. & Talegon, J. G. (2006). *Decay and Conservation of Building Stones on Cultural Heritage Monuments. Materials Science Forum, (514-516), 1689-1694*
- [2] Karataş, L., Alptekin, A., Kanun, E. & Yakar, M. (2022). Tarihi kârgir yapılarda taş malzeme bozulmalarının İHA fotogrametrisi kullanılarak tespiti ve belgelenmesi: Mersin Kanlıdivane ören yeri vaka çalışması. *İçel Dergisi, 2(2), 41-49*
- [3] Karataş, L. (2023). Investigating the historical building materials with spectroscopic and geophysical methods: A case study of Mardin Castle. *Turkish Journal of Engineering, 7 (3), 266-278*.

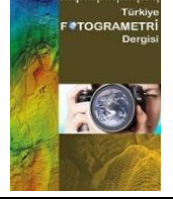
- [4] Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry structures using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Aba Mausoleum. *Advanced UAV*, 2(2), 51-64.
- [5] Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Investigation of Molla Hari (Halil) Süleyman Paşa Mosque's material deteriorations. *4th Advanced Engineering Days*, 55-57
- [6] Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Material deteriorations occurring on the facades of the Mor Sergios Bakhos Church. *4th Advanced Engineering Days*, 48-51
- [7] Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Detection of materials and material deterioration in historical buildings by spectroscopic and petrographic methods: The example of Mardin Tamir Evi. *Engineering Applications*, 1(2), 170-187.
- [8] Karatas, L. (2022). Integration of 2D mapping, photogrammetry and virtual reality in documentation of material deterioration of stone buildings: Case of Mardin Şeyh Çabuk Mosque. *Advanced Engineering Science*, 2(1), 135-146
- [9] Karataş, L., Alptekin, A., Karabacak, A. & Yakar, M. (2022). Detection and documentation of stone material deterioration in historical masonry buildings using UAV photogrammetry: A case study of Mersin Sarisih Inn. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4 (2), 53-61. DOI: 10.53093/mephoj.1198605
- [10] Corvo, F., Reyes-Trujeque, J., Valdés, C., Villaseñor, F., Cuesta, O., Aguilar, D. & Quintana, Patricia. (2010). Influence of Air Pollution and Humidity on Limestone Materials Degradation in Historical Buildings Located in Cities Under Tropical Coastal Climates. *Water Air and Soil Pollution*. 205, 359-375.
- [11] Fort, R., Alvarez de B. M. & López de Azcona, M.C. (2004). The efficiency of urban remodelling in reducing the effects of atmospheric pollution on monument. *Air Pollution and Cultural Heritage*, 225-232.
- [12] Moroni, B., Pitzurra, L. & Poli, G. (2004). Microbial growth and air pollutants in the corrosion of carbonate building stone: Results of laboratory and outdoor experimental tests. *Environmental Geology*, 46, 436-447.
- [13] Spezzano, P. (2021). *Mapping the susceptibility of UNESCO World Cultural Heritage sites in Europe to ambient (outdoor) air pollution. Science of The Total Environment*, (754)142345.
- [14] Webb, A. H., Bawden, R. J., Busby, A. K. & Hopkins, J. N. (1992). Studies on the effects of air pollution on limestone in Great Britain. *Atmospheric Environment*, 26(2), 165-181.
- [15] Aboushook, M., Park HD., Gouda M., Mazen, O. & El-Sohby, M. (2006). Determination of durability of some Egyptian monument stones using digital image analysis, *Proceedings of the 10th IAEG Congress—Engineering Geology for Tomorrow's Cities, Nottingham, UK, The Geological Society of London*, 80, 1-10.
- [16] Bradley, S.M. & Middleton AP. (1988). A study of the deterioration of Egyptian limestone sculpture. *J Am Inst Conserv*, 27(2):64-86.
- [17] Cardell, C., Delalieux, F., Roumpopoulos, K., Moropoulou, A., Auger, F. & Van Grieken, R. (2003). Salt-induced decay in calcareous stone monuments and buildings in a marine environment in SW France. *Construction and Building Materials*, 17, 165-179.
- [18] Fahmy, A., Molina-Piarnas, E. & Martínez-López, J. (2022). Salt weathering impact on Nero/Ramses II Temple at El-Ashmonein archaeological site (Hermopolis Magna), Egypt. *Herit Science*, 10, 125.
- [19] Navarro, R., Pereira, D., Fernández de Arévalo E, Sebastián-Pardo E.M. & Rodríguez-Navarro C. (2021). Weathering of serpentinite stone due to in situ generation of calcium and magnesium sulfates. *Constr Build Mater*, 280, 122402.
- [20] Rothert E, Eggers T. & Cassar J. (2007). Stone properties and weathering induced by salt crystallization of maltese globigerina limestone. In: Prikryl R, Smith B J (ed) *Building stone decay: from diagnosis to conservation. Geological society, Special publications, London*, 271, 189-198.
- [21] Corrêa, S. M. & Arbillab, G. (2006). Aromatic hydrocarbons emissions in diesel and biodiesel exhaust. *Atmospheric Environment*, 40, 6821-6826.
- [22] Tufan-çetin, Ö. & Sümül, H. (2010). Hava kirliliğinin belirlenmesinde likenlerin kullanımı. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi *Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 1 (2), 73-85.
- [23] Franzoni, E. (2014). Rising damp removal from historical masonries: a still open challenge. *Constr Build Mater.*, 54:123-36.
- [24] Ruiz-Agudo, E., Mees, F., Jacobs, P. & Rodríguez-Navarro, C. (2007). The role of saline solution properties on porous limestone salt weathering by magnesium and sodium sulfates. *Environ Geol.* 52:269-81.
- [25] Caruso, F., Maria, A., Sanchez, A., Scherer, G.W. & Flatt, R.J. (2014). Chemomechanics of salt damage in stone. *Nat Commun.*
- [26] Scrivano, S. & Gaggero, L. (2020). An experimental investigation into the salt-weathering susceptibility of building limestones. *Rock Mech Rock Eng.*, 53(12):5329-43.
- [27] Erić, S., Matović, V., Kremenović, A., Colombar, P., Batočanin, D.S. & Nešković, M. (2015). The origin of Mg sulfate and other salts formed on pure calcium carbonate substrate—Tufa stone blocks built into the Gradac Monastery. Serbia *Constr Build Mater.* 98:25-34.
- [28] Lopez-Arce, P., Doehne, E., Martin, W. & Pinchin, S. (2008). Sales de sulfato magnésico y materiales de edificios históricos: simulación experimental de laminaciones en calizas mediante ciclos de humedad relativa y cristalización de sales. *Mater Constr.*, 58, 125-42.

- [29] Charola, A. E. (2017). Stone Deterioration Characterization For Its Conservation. *Geonomos*.
- [30] Smith, B.J., Gomez-Heras, M. & McCabe, S. (2008). *Understanding the decay of stone-built cultural heritage. Progress in Physical Geography*, 32(4), 439-461.
- [31] Siegesmund, S. & Sneathlge, R. (2011). *Stone in Architecture. Characterisation of Stone Deterioration on Buildings (Chapter 6)*, 347-410.
- [32] Erdoğan, N. (2011). Dara Nekropolü Bilimsel Kazı Raporu.
- [33] Alptekin, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2019). Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak 3B modellenmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 1(1), 1-4.
- [34] Alptekin, A., Fidan, Ş., Karabacak, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2019). Üçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 1(1), 16-20.
- [35] Hamal, S. N. G., Sarı, B. & Ulvi, A. (2020). Using of hybrid data acquisition techniques for cultural heritage a case study of pompeipolis. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 55-60.
- [36] Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Yakar, İ. (2020). Yersel lazer tarama (YLT) yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonunda kullanımı: Alman Çeşmesi örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 15-22.
- [37] Sarı, B., Hamal, S. N. G. & Yakar, İ. (2020). Documentation of complex structure using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry method and Terrestrial Laser Scanner (TLS). *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(2), 48-54.
- [38] Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Mersin Akyar Falez'i'nin 3B modeli. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 5-9.
- [39] Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Kaya Bloklarının 3B Nokta Bulutunun Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Elde Edilmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- [40] Kaçarlar, Z. & Hamal, S. N. G. (2021). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 3(2), 65-70.
- [41] Oruç, M. E. & Öztürk, İ. L. (2021). Usability of Terrestrial Laser Technique in Forest Management Planning. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 3(1), 17-24.
- [42] Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G. & Fidan, Ş. (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması; Klasik Otomobiller Örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 4(1), 1-10.
- [43] Alptekin, A., Çelik, M. Ö., Doğan, Y. & Yakar, M. (2019, November). Illustrating of a Landslide Site with Photogrammetric and LIDAR Methods. *In Conference of the Arabian Journal of Geosciences*, 303-305.
- [44] Karataş, L., Alptekin, A., & Yakar, M. (2022). Creating Architectural Surveys of Traditional Buildings with the Help of Terrestrial Laser Scanning Method (TLS) and Orthophotos: Historical Diyarbakır Sur Mansion. *Advanced LiDAR*, 2(2), 54-63.
- [45] Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- [46] Karataş, L., Alptekin, A. ., & Yakar, M. . (2022). Analytical Documentation of Stone Material Deteriorations on Facades with Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Şanlıurfa Kışla Mosque. *Advanced LiDAR*, 2(2), 36-47.
- [47] Yastıklı, N. (2009). Ortofoto Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Harita Mühendisliği Bölümü Fotogrametri Anabilim Dalı, İstanbul.
- [48] Comert, R., Avdan, U., Tün, M. & Ersoy, M. M. (2012). Mimari Belgelemede Yersel Lazer Tarama Yönteminin Uygulanması (Seyitgazi Askerlik Şubesi Örneği). *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 1-18.
- [49] ICOMOS (1982). The Australia ICOMOS charter for the conservation of places of cultural significance, *The Burra charter*.
- [50] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. & Kaya, Y. (2019). The use of photogrammetric techniques in documenting cultural heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73.
- [51] Yakar, M., Kabadayı, A., Yiğit, A. Y., Çıkıkcı, K., Kaya, Y. & Catin, S. S. (2016). Emir Saltuk Kümbeti fotogrametrik röleve çalışması ve 3boyutlu modellenmesi. *Geomatik*, 1(1), 14-18.
- [52] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelemede Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- [53] Kaya, Y., Yiğit, A. Y., Ulvi, A. & Yakar, M. (2021). Arkeolojik alanların dokümantasyonunda fotogrametrik tekniklerinin doğruluklarının karşılaştırmalı analizi: Konya Yunuslar Örneği. *Harita Dergisi*, 87(165), 57-72.
- [54] Yakar, M. & Doğan, Y. (2018). Gis and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences (IJEG)*, 3(2), 50-55.
- [55] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, H. M. (2009). Hacim Hesaplamalarında Lazer Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- [56] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, O. (2014). Performance of Photogrammetric and Terrestrial Laser Scanning Methods in Volume Computing of Excavation and Filling Areas. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 39(1), 387-394.
- [57] Ulvi, A. Yakar, M., Toprak, A. S. & Mutluoğlu, O. (2014). Laser Scanning and Photogrammetric Evaluation of Uzuncaburç Monumental Entrance. *International Journal of Applied Mathematics Electronics and Computers*, 3(1), 32-36.

- [58] Korumaza, A. G., Korumaz, M., Dulgerlera, O. N., Karasaka, L., Yıldız, F. & Yakar, M. (2010). Evaluation of laser scanner performance in documentation of historical and architectural ruins, a case study in Konya. *International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 38(5), 361-366.
- [59] Yakar, M., Ulvi, A. & Toprak, A. S. (2015). The Problems and Solution Offers, Faced During The 3d Modeling Process Of Sekiliyurt Underground Shelters With Terrestrial Laser Scanning Method. *International Journal of Environment and Geoinformatics*, 2(2), 39-45.
- [60] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama Ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*.
- [61] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, O. (2009). Comparative Evaluation of Excavation Volume by Terrestrial Laser Scanner and Total Topographic Station Based Methods. *Lasers in Engineering*, 19(5), 331.
- [62] Korumaz, A. G., Dülgerler, O. N. & Yakar, M. (2011). Kültürel mirasin belgelenmesinde dijital yaklaşımlar. *Selçuk Üniversitesi Mühendislik, Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 26(3), 67-83.
- [63] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. & Kaya, Y. (2019). The use of photogrammetric techniques in documenting cultural heritage: The Example of Aksaray Selime Sultan Tomb. *Universal Journal of Engineering Science*, 7(3), 64-73.
- [64] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B3b.
- [65] Yılmaz, H. M., Yakar, M. & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.
- [66] Yılmaz, H. M. & Yakar, M. (2000). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1.



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



Farklı veri kaynaklarından üretilen 3B modellerin kıyaslanması; Diyarbakır Ulu camii Musalla taşı ve Güneş saati örneği

İlyas Aslan¹, Enis Kalaycı¹, Yunus Tektaş¹

¹Dicle Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Diyarbakır, Türkiye

Anahtar Kelimeler

Lidar,
Fotogrametri,
Iphone 13 pro,
Diyarbakır.

ÖZ

Teknolojinin gelişimi ile birlikte tarihi eserlerin aslına uygun şekilde ileriye dönük olarak kullanılması büyük önem arz eder. 3 boyutlu modelleme işlemlerinde birçok teknik kullanılmaktadır. Apple iPhone 13 Pro, verilerini iki farklı yöntemle belgeleyebilen güçlü bir el bilgisayarıdır. Bu çalışmada iki farklı yöntem kullanılmıştır. Birinci yöntemde iPhone'un yersel lazer tarama ile Lidar sensörü kullanılmış, ikinci yöntemde ise iPhone'un fotoğraf özelliği ile yersel fotogrametri kullanılmıştır. Her iki yöntem de gerçek dünyadaki nesnelere veya ortamları analiz etmek, şekiller ve renkler hakkında veri toplamak için kullanılabilir. Toplanan verilerin analizi için dijital üç boyutlu nokta bulutları oluşturulmuştur. Bu çalışmada Diyarbakır ilinin Merkez Sur ilçesine bağlı Ulucamii avlusunda bulunan tarihi güneş saati ile musalla taşının modellenmesi konu edinilmiştir. Her iki obje iPhone 13 pro lidar sensörü ile tarandıktan sonra, iPhone 13 pro kamerası ile de fotoğraf çekilmiştir. Ayrı ayrı 3 boyutlu modellemeleri oluşturulmuştur. Lidar modellemesi için Cloud compare, yersel fotogrametri modellemesi için de Agisoft yazılımı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldıktan sonra, fotogrametri ile elde edilen verilerin lidar ile orta çıkan sonuçlardan daha doğru daha güvenilir olduğu tespit edilmiştir.

Comparison of 3D models produced from different data sources; Diyarbakir Great Mosque Musalla Stone and Sundial Example

Keywords

Lidar,
Photogrammetry,
Iphone 13 pro,
Diyarbakır.

ABSTRACT

With the development of technology, it is of great importance to use historical artifacts in accordance with their originality. Many techniques are used in 3D modeling processes. The Apple iPhone 13 Pro is a powerful handheld computer that can document its data in two different ways. Two different methods were used in this study. In the first method, the Lidar sensor of the iPhone is used, and in the second method, the photo feature of the iPhone is used. Both methods can be used to analyze real-world objects or environments and collect data on shapes and colors. Digital three-dimensional point clouds were created for the analysis of the collected data. The first of our methods is terrestrial laser scanning with the iPhone 13 pro, and the second is terrestrial photogrammetry with photographs taken with the iPhone 13 pro camera. In this study, the modeling of the historical sundial and the musalla stone found in the courtyard of the Ulucamii in the Merkez Sur district of Diyarbakır province is the subject. After scanning both objects with the iPhone 13 pro lidar sensor, photos were taken with the iPhone 13 pro camera. Separate 3D models were created. Cloud compare was used for lidar modeling and Agisoft software was used for terrestrial photogrammetry modeling. After comparing the obtained results, it was determined that the data obtained with photogrammetry were more accurate and more reliable than the results obtained with lidar.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

* (ilyas.aslan@dicle.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4388-6633
(enis.kalayci@dicle.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-4852-2783
(yunus.tektas@dicle.edu.tr) ORCID ID 0000-0001-9857-0455

Aslan, İ., Kalaycı, E. & Tektaş, Y. (2022). Farklı veri kaynaklarından üretilen 3B modellerin kıyaslanması; Diyarbakır Ulu camii Musalla taşı ve Güneş saati örneği. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(2), 52-57

Geliş Tarihi/Received: 25/10/2022; Kabul Tarihi/Accepted: 30/11/2022

1. GİRİŞ

Ülkemizin sahip olduğu birçok tarihi ve kültürel eserler itibariyle bünyesinde barındırdığı kültürel zenginlik ile önemli ölçüde bir potansiyellik söz konusudur [1]. Günümüz modern binalar çeşitli olaylara dayanacak şekilde tasarlanırsa da tarihi yapılar günümüze kadar birçok doğal veya insan kaynaklı zarar görmüştür. Değerli tarihi eserlerin geçmişten günümüze aktarılmasına yönelik mimari belgeleme çalışmaları, yapının yeniden inşası ve korunması için etkili ve kullanışlı bir yöntem olduğu kanıtlanmıştır [2].

3B modelleme, verilerde mevcut olan bilgi miktarı, verilerin toplanması için geçen süre ve ulaşılabilir doğruluklar göz önüne alındığında daha kullanışlı hale gelmektedir. 3B veriler, onu toplayabilen teknoloji, yersel lazer tarama gibi teknolojiler nedeniyle pahalı bir maliyetle gelir. 3B modelleme yeteneklerinde büyümeye ve ilerlemeye devam eden teknolojilerle birlikte, cep telefonları veya tabletler gibi elde taşınan cihazlar son zamanlarda 3B modellemedeki potansiyellerini göstermektedir [3].

Fotogrametri bir mühendislik disiplindir ve bu nedenle büyük ölçüde bilgisayar bilimi ve elektronik alanındaki gelişmeleri içinde barındırır. Bilgisayarların artan kullanımı fotogrametrinin gelişmesi ve kullanılması üzerinde büyük bir etkisi olmuştur ve olmaya devam edecektir (36-38). Bu özellikle şurada belirginleşir: analogdan analitik ve dijital yöntemlere geçiş aşamasıdır. Teknolojiler arasında her zaman boşluklar olmuştur. Bir yandan yapılan araştırmalar bir taraftan da yapılan uygulamalar ve üretilen ürünler birçok kuruluşta yer almaktadır. Bu ürünler büyük ihtimalle üniversiteler, araştırma enstitüleri gibi araştırma kuruluşlarıyla ve sanayi araştırma departmanlarında gerçekleştirilmektedir [4-15].

Light Detection and Ranging (LIDAR) teknolojisinin prensibinin ortaya çıkışı, lazer öncesi zamanlara kadar uzanır.1930'lu yıllarda hava yoğunluğu ölçmek için ilk girişimler yapıldı. Atmosferde yer alan saçılma yoğunluğunu belirleyerek projektör ışınlarının yükseklik bilgisi taranarak elde edilir [27].

Günümüzde LİDAR ölçümlerinde çalışma alanının büyüklüklerine göre, hava ölçümlü LİDAR (ALS), mobil ölçümlü LiDAR (MLS), yersel ölçümlü lazer tarama (TLS) veya hareketten yapı özellikli (SfM) gibi farklı teknikler yoğun nokta bulutları içerikli haritalama için kullanılmaktadır [15-26].

Yakın zamana geldiğimizde özellikle 2020 yılında piyasaya sürülen ve Apple firmasına ait olan iPad Pro tablet, iPhone12 Pro/Max cihazları LİDAR teknolojisini tüm kullanıcılarının hizmetine sunmuştur [15]. Bu cihazlarla özellikle hem iç mekânda hem de dış mekânda kullanılabilirlik özelliği kullanıcıların işini kolaylaştırmaktadır. Yersel Lazer Tarayıcılarına bakıldığında Apple firmasının kullandığı bu sensörler ile daha düşük maliyetli nokta bulutları, 3 boyutlu modeller hızlı harita üretilmesi çalışmalarında oldukça kolaylık sağlamaktadır [28].

2. ÇALIŞMA ALANI

Diyarbakır ilinin Merkez Sur ilçesinde bulunan İslam âleminin 5. Haremi şerifi olarak kabul edilen Ulu caminin bahçesinde yer alan tarihi güneş saati ile tarihi musalla taşı modellenmiştir.

Yaklaşık 850 yıl önce El Cezeri tarafından icat edilen güneş saati 1920'li yıllara kadar Dağkapı meydanında bulunuyordu. Korunması ve hasar görmemesi için Ulu caminin avlusuna getirilmiştir. Güneş saatinin mermeri çatladığından zarar görmesini engellemek için mermer etrafına dikdörtgen demir levha monte edilmiştir. Güneş saatinin mermer taşının ortasına demir bir çubuk yerleştirilmiş ve bu çubuk etrafını çevreleyen yarım ay şeklinde 12 adet çizgi çizilmiştir. Mermer üzerinde yer alan çubuğun gölgesi, 2 çizgi arasını 30 ya da 40 dakika civarında geçmektedir [29].

İnsanlar zamanı ölçebilmek için tarih öncesinden çok çeşitli araçlar kullanmıştır. İnsanlar tarafından güneşin her gün belirli zamanlarda doğup battığı fark edilmiştir. Güneşin doğuşunun ve batışının zamanını tespit etmek için çeşitli ölçme aletleri kullanmıştır. Zamanı ölçmek için tarihte kullanılan ilk güneş saati milattan 4000 yıl önce Mısırda keşfedilmiştir. Keşfedilen bu güneş saati bir düzlem üzerine konulan dik bir cismin gölgesinin zaman içerisindeki değişiminin ölçülmesi ile zamanın ölçülmesini sağlamıştır. Keşfedilen güneş saati gündüz ve açık havalarda çalıştığından güneşin olmadığı zamanları ölçememiştir [29].



Şekil 1. Güneş saati [18]

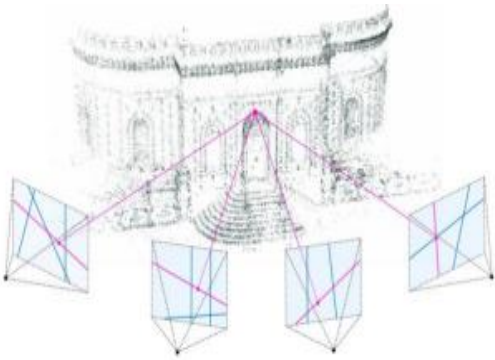
3 boyutlu modellenen diğer çalışma ise, yine aynı mevkide Ulu camii avlusunda bulunan tarihi musalla taşıdır. Yapılış tarihi kesin olarak bilinmemekle beraber, eskiden soğuk suyu muhafaza etmek için kullanıldığı halk arasında söylenmiş olup, şimdi ise kapatılıp musalla taşı olarak kullanılmaktadır.

3. YÖNTEM

Güneş saati ve musalla taşı nesnelere hem Fotogrametri hem de Lidar çalışmaları yapılmıştır.

Güneş saati için Lidar uygulaması, yaklaşık 5 dk boyunca Iphone 13 pro lazer sensör ile taranması gerçekleştirilmiştir. Musalla taşı ise toplamda 7 dk süre ile yine aynı cihaz ile 3 boyutlu modellemek üzere taranmıştır.

Her iki tarihi eser de Fotogrametri uygulaması Hareket tabanlı yapısal algılama (SfM) yöntemiyle aynı cihaz olan iPhone 13 pro kamera ile çekilmiştir. Hareket tabanlı yapısal algılama (SfM) olarak tanımlanan çoklu görüntü fotogrametrisi, fotoğraflar yardımı ile nesnelerin 2 boyutludan 3 boyutlu modele dönüştürme tekniği olarak bilinir [30-31].



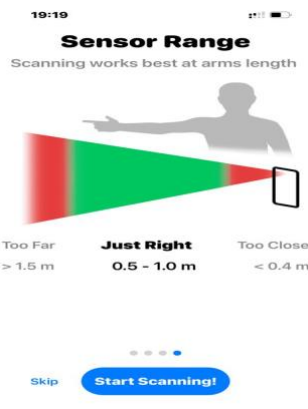
Şekil 2. SfM yöntemi [31]

Musalla taşı için toplamda 120 fotoğraf çekilmiş, güneş saati için ise 135 adet fotoğraf çekilmiştir.

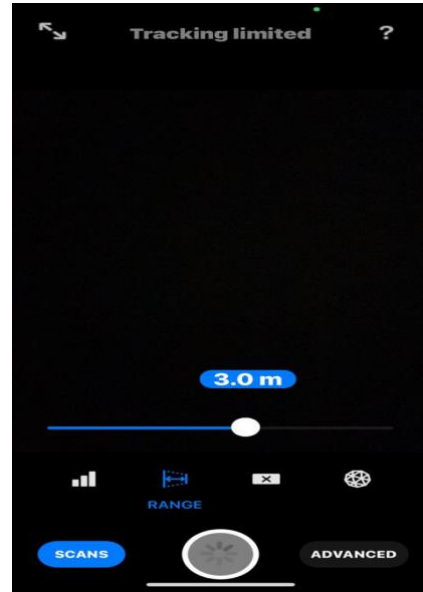
3.1. Lidar Sensör

Iphone 13 pro cihazının kendi içerisinde lazer taraması yapan programı bulunmamaktadır. O yüzden Apple store'da 3D Scanner adlı program indirildikten sonra istenildiği şekilde 3 boyutlu lazer tarama yapılabilmektedir.

Aşağıdaki şekil 3.2 ve şekil 3.3 te 3D scanner programı içerisindeki teknik özelliklere ait görüntüler mevcuttur. Şekil 3.2 de herhangi bir nesneyi taradığımız andaki en verimli tarama mesafesi aralığını göstermektedir. 0.5m-1 m aralığında en kaliteli nokta bulutu sayısı elde edilmekte ve en doğru ışın gönderme yapılabilmektedir [32].



Şekil 3. En kaliteli lidar tarama mesafesi aralığı [32]



Şekil 4. Nesne tarama mesafesi aralığı 1m-5m [33]

3.2. Kamera sensörü

iPhone 13 pro'daki kamera özellikleri aşağıda sıralanmıştır:

- 12 MP Pro kamera sistemi: Telefoto, Geniş ve Ultra Geniş kameralar
- 3x optik yakınlaştırma, 2x optik yakınlaştırma; 6x optik yakınlaştırma aralığı
- 15x'e kadar dijital yakınlaştırma
- LiDAR Tarayıcı yardımıyla Gece modunda portre çekimi
- Gelişmiş bokeh efekti ve Derinlik Kontrolü ile portre modu
- Altı efektli Portre Aydınlatması (Doğal, Stüdyo, Kontur, Sahne, Sahne Mono, High-Key Mono)
- Sensör tabanlı optik görüntü sabitleme (Geniş)
- Altı elemanlı lens (Telefoto ve Ultra Geniş); yedi elemanlı lens (Geniş)
- Yavaş Senkronizasyonlu Gerçek Tonlu Flaş Panorama (63 MP'ye kadar) [35].

4. BULGULAR

Diyarbakır Ulu cami avlusunda bulunan hem güneş saati hem de Musalla taşı nesnelere Iphone13 pro cihazı ile 3D modellenmiştir.

Fotogrametri ve Lidar ile modellenen tarihi eserler ile ilgili analizlerde Agisoft ve Cloud Compare yazılımlarından faydalanılmıştır.

4.1. Fotogrametrik analizler

Musalla taşı için çekilen fotoğraflar Agisoft programına yüklendikten sonra workflow sekmesinden sırasıyla align foto-bulid dense cloud işlemleri yapılarak 3D nokta bulutları oluşturulmuştur. Bu nokta bulutlarının sayısı 121,591 dir. Yoğun nokta bulutu(dense cloud nokta sayısı 11,334,874) işleminde sonra build mesh ile 3D model üretilmiştir. Ortaya çıkan üçgen modeldeki sayı 879,879 dur.

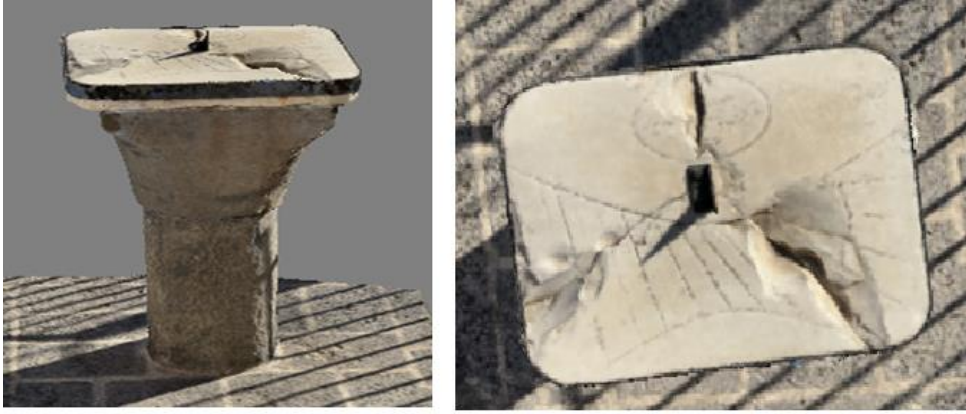


Şekil 5. Musalla taşı 3B fotogrametrik modeli

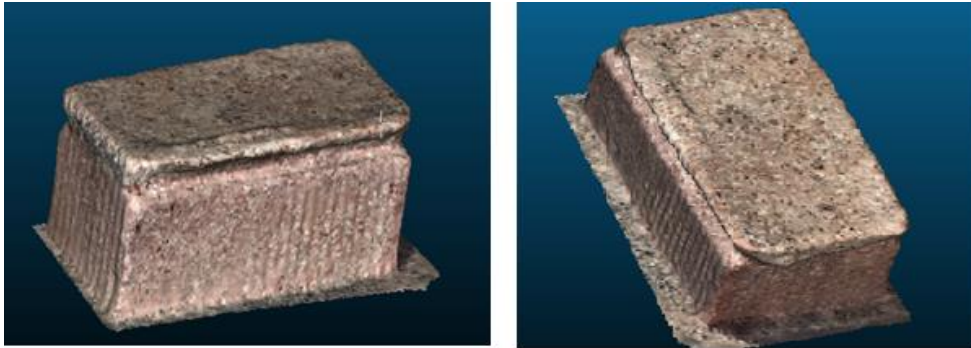
Güneş saati için oluşturulan görüntülerde aynı şekilde agisoft programına aktarılıp aynı işlemlerden geçmiştir. Burada elde edilen nokta bulutu sayısı ise 61,177 dir. Yoğun nokta bulutu elde edildikten sonra (5,029,277) oluşturulan 3 boyutlu modeldeki sonra üçgen sayısı 329,625 tir.

4.2. Lidar Tarama Analizleri

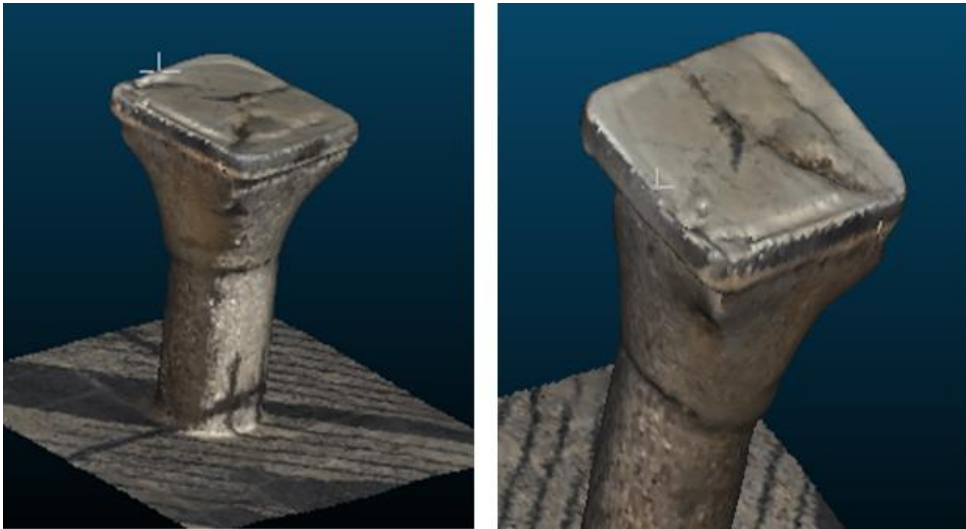
Iphone13pro cihazı ile taranan Musalla taşına ait lidar verisi .las formatında dışarı çıkarıldıktan sonra Cloud compare programına aktarılmıştır. Gereksiz oluşan nokta bulutları temizlendikten sonra elde edilen nokta bulutu sayısı 47,085 tir. Burada plugins komutundan poissonrecon ile 3 boyutlu model üretilmiştir. Oluşan üçgen sayısı ise 207,569 dur. Güneş saati lidar ile tarandıktan sonra cloud compare yazılımında Musalla taşına benzer şekilde işlemlerde geçip 3d modellenmiştir. Elde edilen nokta bulutu sayısı 34,367 dir. 3d model üretildikten sonraki üçgen sayısı 172,795 tir.



Şekil 6. Güneş saati 3B fotogrametrik modeli



Şekil 7. Musalla taşı 3B lidar modeli



Şekil 8. Güneş saati 3B lidar modeli

5. SONUÇLAR

Diyarbakır ili merkez Sur ilçesinde bulunan Ulu cami avlusundaki tarihi eserlerden olan Güneş saati ile Musalla taşı, hem fotogrametrik hem de lidar yöntemi ile 3 boyutlu modellenmiştir. Iphone 13 pro cihazı ile farklı nesnelere elde edilen üç boyutlu modelin iki farklı teknikteki neticeleri kıyaslandığında, Metrekarede nokta bulutu Lidara göre daha yoğundur. Verilerin toplanması ve işlenmesi ise daha uzun sürelidir. Cisim dışındaki alanlarda çok gereksiz nokta mevcut olmakla beraber, fotoğrafı çekilemeyen alanlarda nesne bütünlüğü bozulmaktadır. Lidarda ise nokta bulutu fotogrametriye göre daha azdır. Verilerin toplanması ve işlenmesi daha kısa sürelidir. Bununla birlikte pil sınırlaması daha fazladır. Az taranan bölgelerde de nesne bütünlüğü bozulmaktadır. Fotogrametri yönteminde çıkarılan nokta bulutu sayısının lidara göre çok daha fazla olması, 3 boyutlu model oluştuktan sonra da elde edilen üçgen sayısında her iki nesnede fotogrametri modellerinin üstünlüğü ve bunun neticesinde elde edilen görüntü netliğinde yine fotogrametrinin bariz şekilde üstün olması gösterir ki, iphone13pro kamerası ile elde edilen fotogrametrik model, yine iphone 13 pro lidar sensörü ile çıkarılan lidar modelden daha verimli ve daha yüksek kalitededir. Bununla beraber fazla hassasiyet gerektirmeyen çalışmalarda ve küçük objelerin modellenmesinde Lidarın kullanımı uygun olacaktır.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşit düzeydedir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

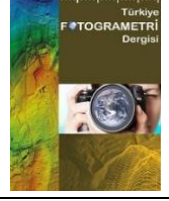
Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Kültür ve Turizm Bakanlığı Resmi Web Sitesi. (2021). <https://www.ktb.gov.tr/>: Erişim Tarihi:03.02 .2022.
- [2] Kushwaha, S. K. P., Dayal, K. R., Raghavendra, S., Pande, H., Tiwari, S., Agrawal, S. & Srivastava, S. K. (2020). 3D Digital Documentation of a Cultural Heritage Site Using Terrestrial Laser Scanner—A Case Study. *In Applications of Geomatics in Civil Engineering*, 49-58.
- [3] Chase, P., Clarke, K., Hawkes, A., Jabari, S. & Jakus, J. (2022). Apple iPhone 13 Pro Lidar Accuracy Assessment for Engineering Applications. *Transforming Construction with Reality Capture Technologies*.
- [4] Zeybek, M., Şanlıoğlu, İ. & Genç, A. (2015). Yüksek Çözünürlüklü Yersel Lazer Tarama Verilerinin Filtrelenmesi ve Filtrelemelerin Heyelan İzlemeye Etkisi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 1(1-2), 11-20.
- [5] Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (2), 50-55.
- [6] Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.
- [7] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması. *Geomatik*, 2 (1), 11- 17.
- [8] Yakar, M. & Doğan, Y. (2019). 3D Reconstruction of Residential Areas with SfM Photogrammetry. *Conference of the Arabian Journal of Geosciences, Hammamet, Tunisia*, 73-75.
- [9] 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.
- [10] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close-range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*.
- [11] Yakar, M., Uysal, M., Toprak, A. S. & Polat, N. (2013). 3D Modeling of Historical Doger Caravansaries By Digital Photogrammetry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5, W2.
- [12] Oruç, M. E. (2021). Küçük objelerin modellenmesinde videogrametri ve fotogrametri yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(2), 62-68.
- [13] Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M. & Kanun, E. (2020). SfM tekniği ile oluşturulan 3B modellerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılması: Gözne Kalesi örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.
- [14] Yakar, İ., Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Bilgi, S. (2021). Kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında farklı yazılımların karşılaştırılması: Dikilitaş (Theodosius Obeliski) Örneği. *Geomatik*, 6(3), 217-226.
- [15] Kabadayı, A. & Erdoğan, A. (2022). Application of terrestrial photogrammetry method in cultural heritage studies: A case study of Seyfeddin Karasungur. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(2), 62-67.
- [16] Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Kaya Bloklarının 3B Nokta Bulutunun Yersel Lazer Tarayıcı Kullanarak Elde Edilmesi. *Türkiye LİDAR Dergisi*, 2(1), 1-4.
- [17] Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022). Creating Architectural Surveys of Traditional Buildings with the Help of Terrestrial Laser Scanning Method (TLS) and Orthophotos: Historical Diyarbakır Sur Mansion. *Advanced LiDAR*, 2(2), 54-63.
- [18] Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022). Determination of Stone Material Deteriorations on the Facades with the Combination of Terrestrial

- Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Historical Burdur Station Premises. *Advanced Geomatics*, 2(2), 65-72.
- [19] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoglu, O. (2010). Comparative Evaluation of Excavation Volume by TLS and Total Topographic Station Based Methods. *Lasers in Engineering*, 19.
- [20] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2009). Hacim Hesaplamalarında Laser Tarama ve Yersel Fotogrametrinin Kullanılması, *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara
- [21] Oruç, M. E. & Öztürk, İ. L. (2021). Usability of Terrestrial Laser Technique in Forest Management Planning. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 3(1), 17-24.
- [22] Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G. & Fidan, Ş. (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması; Klasik Otomobiller Örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 4(1), 1-10.
- [23] Hamal, S. N. G., Sarı, B. & Ulvi, A. (2020). Using of hybrid data acquisition techniques for cultural heritage a case study of pompeipolis. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 55-60.
- [24] Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Yakar, İ. (2020). Yersel lazer tarama (YLT) yönteminin kültürel mirasın dokümantasyonunda kullanımı: Alman Çeşmesi örneği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(1), 15-22.
- [25] Sarı, B., Hamal, S. N. G. & Ulvi, A. (2020). Documentation of complex structure using Unmanned Aerial Vehicle (UAV) photogrammetry method and Terrestrial Laser Scanner (TLS). *Türkiye LiDAR Dergisi*, 2(2), 48-54.
- [26] Kaçarlar, Z. & Hamal, S. N. G. (2021). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 3(2), 65-70.
- [27] Mehendale, N. & Neoge, S. (2020). Review on Lidar Technology. Available at SSRN 3604309.
- [28] Luetzenburg, G., Kroon, A. & Bjørk, A. A. (2021). Evaluation of the Apple iPhone 12 Pro LiDAR for an Application in Geosciences. *Scientific Reports*, 11(1):22221.
- [29] URL-1 <https://www.risalehaber.com/tarihi-ulu-camideki-8-asirlik-gunes-saati-zamani-gostermeye-devam-ediyor-428311h.htm> Erişim Tarihi: 10.10.2022.
- [30] URL-2 <https://www.kulturportali.gov.tr/medya/fotograf/fotodokuman/5764/diyarbakir-ulu-cami>. Erişim tarihi: 12.10.2022.
- [31] Dellepiane, M., Dell'Unto, N., Callieri, M., Lindgren, S. & Scopigno, R. (2013). Archeological excavation monitoring using dense stereo matching techniques. *Journal of Cultural Heritage*, 14(3), 201-210.
- [32] Magnani, M., Douglass, M. & Porter, S. T. (2016). Closing the seams: resolving frequently encountered issues in photogrammetric modelling. *Antiquity*, 90(354), 1654-1669.
- [33] Geppert, M., Larsson, V., Speciale, P., Schönberger, J. L. & Pollefeys, M. (2020). Privacy preserving structure from-motion. *In European Conference on Computer Vision*, 333-350.
- [34] Aslan, İ. & Polat, N. (2022). Availability of Iphone 13 Pro Laser Data in 3D Modeling. *Advanced LiDAR*, 2(1), 10-14.
- [35] URL-3 <https://www.apple.com/tr/iphone-13-pro/specs/> Erişim tarihi: 08.10.2022.
- [36] Yılmaz, H. M., Yakar, M. & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.
- [37] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelemede Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- [38] Yılmaz, H. M. & Yakar, M. (2000). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1.





Tarihi minberlerin fotogrametri yöntemi ile belgelenmesi

Mustafa Emre Döş¹ , Abdurahman Yasin Yiğit² 

¹Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölüm, Hatay, Türkiye

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

Anahtar Kelimeler

Tarihi Eserler,
Fotogrametri,
3B Modelleme,
3B çizim,
SfM.

ÖZ

Tarihi kaynaklara ve arkeolojik çalışmalara bakıldığı zaman Anadolu birçok farklı medeniyetin kalıntılarının olduğu bir yerdir. Anadolu'da yaşamış her medeniyetin bıraktığı kültürel miras, geçmişten günümüze kendine ait kimliğini temsil eder. Günümüzde kentlerin gelişmesiyle birlikte bu kültür varlıklarının bir kısmı unutulmuş ya da doğal veya insan eliyle yok edilmektedir. Bu nedenle, bu değerli mirasın belgelendirilmesi; geleceğe yönelik koruma, muhafaza etme veya tanıtım için hayati öneme sahiptir. Bu gibi durumlarda, mühendislik ve mimari yapılarının tasarımının dijital ortama üç boyutlu (3B) olarak aktarılması gerekmektedir. Üç boyutlu modellerin elde edilmesini sağlayan akla gelen ilk teknik fotogrametri tekniğidir. Tarihi eserlerin 3B modellerle belgeleme üretiminde yüksek doğruluk, düşük maliyet ve görece daha az zaman harcanan yöntemleri bulmaya çalışmak fotogrametrinin bir çalışma alanıdır. Ancak genel olarak çalışmalar tarihi eserlerin dış mimarileriyle ilgilenmiş içyapı unsurları ihmal edilmiştir. Bu çalışmada camilerin içyapılarındaki en önemli unsurlardan olan minberlerin yakın resim fotogrametrisi yöntemiyle belgelenmeye çalışılmaktadır. Çalışma sırasında minberin yersel olarak fotoğrafları çekilmiş ve jeodezik yöntemler kullanılarak kontrol noktaları ölçülmüştür. Minberin 3B modeli çizilmiş ve 3B model ile cephelelerinden alınan ölçüm ve koordinatlar karşılaştırılarak doğruluk analizi yapılmıştır.

Documentation of historical minbars using photogrammetry method

Keywords

Historical Monuments,
Photogrammetry,
3D Modelling,
3D draw,
SfM.

ABSTRACT

When we look at historical sources and archaeological studies, Anatolia is a place where there are the remains of many different civilizations. The cultural heritage left by every civilization that lived in Anatolia represents its own identity from past to present. Today, with the development of cities, some of these cultural assets are forgotten or destroyed by natural or human hands. Therefore, the documentation of this valuable heritage; is vital for future preservation, preservation, or promotion. In such cases, it is necessary to transfer the design of engineering and architectural structures to the digital environment in three dimensions (3D). Photogrammetry is the main technology that enables 3D models to be obtained. Trying to find methods with high accuracy, low cost and relatively less time spent in the production of documentation of historical artifacts with 3D models is a field of study of photogrammetry. However, in general, the studies were concerned with the exterior architecture of historical monuments, and the interior elements were neglected. In this study, it is tried to document the pulpit, which is one of the most important elements in the interior of mosques, with the method of close-up photogrammetry. During the study, local photographs of the pulpit were taken and control points were measured using geodetic methods. The 3D model of the pulpit was drawn and the accuracy analysis was made by comparing the 3D model with the measurements and coordinates taken from its facades.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

* (abdurahmanyasinyigit@gmail.com) ORCID ID 0000-0002-9407-8022
(mustafaemre.dos@mku.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-7605-4270

Döş, M. & Yiğit, A. Y.. (2022). Tarihi minberlerin fotogrametri yöntemi ile belgelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(2), 58-65

1. GİRİŞ

Kültürel miraslar genellikle tarihsel, kültürel ve sanatsal önemi nedeniyle bir yerin ve nüfusunun zenginliğini oluşturan tarihi binalar, modern yapılar, köprüler vb. gibi anıtlarla ilgili varlıklar kümesi olarak tanımlanır [1]. Kültürel mirasın korunması ve restorasyonu, orijinal durumlarını mümkün olduğunca uzun süre korumak ve gelecek nesillere bu bilgilerin aktırılması için yeni teknolojiler kullanılarak tarihi yapıların korunmasını içerir. Genellikle geometrik araştırma, mirasın izlenmesi ve belgelenmesi ile ilişkilendirilir. Kültürel miras nesnelere korunması karmaşık ve multidisipliner bir faaliyettir. Çok sayıda kültürel miras çalışması, bir kültürel miras varlığının maruz kalabileceği risklerin izlenmesi veya zararın önlenmesi veya en aza indirilmesi konusundaki önerilerle elde edilmektedir [2].

Günümüzde tarihi miraslar doğal veya doğal olmayan birçok tehlikeyle karşı karşıya kalmakta ve tarihi yapılar zarar görmektedir [3]. Şehirlerin ve toplumların kimliklerini oluşturan bu yapılar geri döndürülemez şekilde tahrip olduklarında restorasyon işlemlerinde bir hayli zor olmaktadır. Genellikle, tarihi yapıların restorasyonu için gerekli olan orijinal mimari çizimler bulunamazlar. Bu nedenle, tarihi eserlerin belgelenmesi ve deformasyonların izlenmesi çok önemlidir [4].

Bir binanın doğrudan ölçümü maliyet ve zaman alıcı bir iştir; ayrıca, önemli büyüklükte bir yapı durumunda, özellikle daha yüksekte bulunan bazı bina parçalarına erişim zordur. Bu amaçla fotogrametrik yöntemler kullanılabilir [5]. Tarihi yapıların geometrik ve yapısal özelliklerini çok yüksek doğrulukla belgelemek için yenilikçi yaklaşımların kullanımı araştırmacıları teşvik etmektedir. Tarihi yapıların belgelenmesi konusunda birçok yöntem sunulmuş ve bunlardan biriside fotogrametrik yaklaşımlardır. Fotogrametrik araştırmalar genellikle 3B nokta bulutları ve 3B modeller elde etmeye odaklanmıştır. Ancak orto-görüntüler veya 2B çizimler gibi bazı geleneksel ürünler hala Kültürel Miras çalışması için çok yararlıdır [6].

Son zamanlarda, kültürel mirasların belgelenmesi konusunda uzmanlar fotogrametrik yeniden oluşturma uygulamalarıyla, tarihi eser kalıntılarının belgelenmesinde [7], binaların ve binaların komplekslerinin belgelenmesine [8,9], tarihsel peyzaj parçalarının belgelenmesine kadar birçok alanda çalışmışlardır [10].

Literatür taraması yapıldığı zaman kültürel mirasların belgelenmesi konusundaki çalışmalar genel olarak dış cephelerinin fotogrametrik olarak 3B veya 2B modellerinin farklı yaklaşımlarla üretilmesi olarak göze çarpmaktadır. Ancak tarihi yapıların belgelenmesi çalışmalarının tam olarak tamamlanması ve restorasyonun eksiksiz yapılması için iç mimari detaylarının da belgelenmesi gerekmektedir (49, 50). Bu noktada bir kültürel mirasın belgelenmesi için tam ve eksiksiz veriye ihtiyaç duyulmaktadır.

Kültürel miras yönetimi; veri toplama, kaydetme ve görselleştirmeden bilgi yönetimi, teknoloji alışverişi ve iletişime kadar bir dizi metodolojiyi içerir. Yakın mesafe fotogrametrisi, eksiksizlik, kesinlik, tekdüze doğruluk,

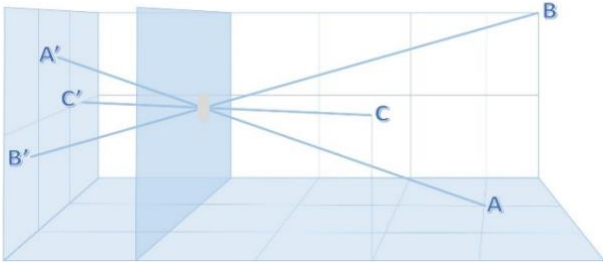
doku ve üç boyutlu veriler sağlarken, etkileşimli bir 3B sanal tur, kültürel miras anıtlarının eksiksiz bir kaplamasını sürükleyici bir "canlı" görünümde sunmak için kullanılır. Bu çalışmada da tarihi öneme sahip minber tercih edilmiştir.

Bilindiği üzere minberler İslamiyet'in ilk zamanlarından bu yana camilerde cemaate hitap yeri olarak kullanılmıştır. İlk olarak Hz. Muhammed tarafından iki basamak ve bir oturma yeri olacak şekilde yaklaşık 1m yüksekliğinde yapılmıştır. Minberin bu ilk formunun muhtemelen ön köşelerinde uçları topuzlu iki dikme bulunuyordu. Daha sonraki minberler Peygamberin makamına saygıdan ötürü basamak sayısı arttırılmıştır. Son olarak ta giriş kapısı ve kubbe eklenerek minberler günümüz formuna kavuşmuştur (URL-1). Camilerin en önemli içyapılarından olan minberler en eski ve en tarihi kültürel miras anıtlarının başlarında gelmektedir. Zengin geleneksel dekorasyonu ve muhteşem ahşap oymaları ile önemli mimari unsurların bir anıttır. Minberlerin 3B modelini oluşturmak için yakın mesafeli fotogrametrik teknikler kullanılır. Görüntü örtüşmesi, parlaklık, izdüşümü ve filtreleme ile ilgili doğruluk hususları dikkate alınır.

Bu çalışmada geçmiş kültürün önemli göstergelerinden birisi olan camilerdeki minber örneğinin yakın resim fotogrametrisi kullanılarak 3B modellenmesiyle belgelenmesi adına bir örnek sunulmuştur. Çalışma kapsamında 3B modelleme için Photomodeler Scanner programı kullanılmıştır. Doğruluk analizinde Photomodeler Scanner programındaki 3B model üzerindeki noktalar ile Minber üzerinden Total-station cihazı ile ölçülen noktalar karşılaştırılmıştır. Ayrıca farklı yüzeylerdeki model üzerinden alınan uzunluklar ile gerçek uzunluklar karşılaştırılmıştır.

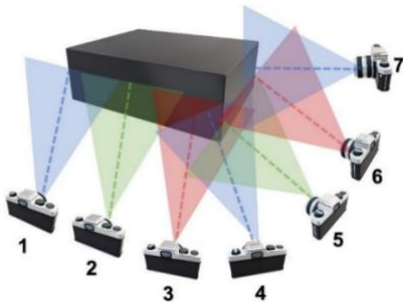
2. YÖNTEM

Çalışmada belgeleme yöntemi olarak fotogrametri yöntemi tercih edilmiştir. Fotogrametrik analiz kullanılarak yapılan ilk ölçümler 19. yüzyılın ortalarında yapılmıştır. Fotogrametri terimi, geometrik dokümantasyon için foto grafik görüntüleri kullanma fikrine sahip olan mimar Albrecht Meydenbauer tarafından tanıtıldı. O zamandan beri fotogrametri, kültürel miras belgelerinin anıtlarında eksiksizlik, kesinlik, tekdüze doğruluk, doku ve üç boyutlu veriler sağlamıştır. Dijital fotogrametri ve metrik olmayan kameraların kullanımı yaygın olarak kullanılırken, yeni fotogrametrik teknikler geliştirildi ve geliştirilmeye devam ediyor. Bir haritalama tekniği olarak fotogrametri, stereo görme prensiplerini kullanarak 2B görüntüleri 3B koordinatlara çevirmeye çalışır [11]. Bir görüntü normal bir kamera tarafından yakalandığında, o görüntüdeki bir nokta birçok ışık ışınının yakınsamasını temsil eder. Nesne uzayındaki bir noktanın, kamera izdüşümü merkezinin ve görüntü noktasının düz bir çizgide olduğu varsayılarak, 2B görüntünün 3B 'gerçek dünya' çevirisi yapmak için dönüşümler uygulanmalıdır. Bu dönüşümler eşdoğrusallık denklemleri olarak bilinir ve Şekil 1'de gösterildiği gibi ideal bir kameraya başka bir deyişle bozulmaların olmadığı ve sensörün düzlemselliğinin varsayıldığı bir kameraya dayanır.



Şekil 1. Herhangi bir nesne noktası için ana ışın ilkesi

Ancak gerçek kameralarda her zaman geometrik bozulmalar vardır, Gerçek konumdan sapmalar matematiksel olarak tanımlanmalı ve telafi edilmelidir. Günümüzde, fotogrametrik yazılım uygulamalarının çoğu Hareket tabanlı yapısal algılama ((Structure from Motion/SfM) ortak yaklaşımından yararlanmaktadır [12-13, 44]. Kameraları nesnenin etrafında hareket ettirirken yakalanan ve sahneyi farklı ancak kısmen örtüşen görüntülerden çerçeveleyen bir dizi görüntüden başlayarak, SfM fotogrametrisi, seyrek bir demet ayarlama sistemi aracılığıyla nesnenin düşük yoğunluklu nokta bulutu ile eşzamanlı ve otomatik olarak elde etmek için iç ve dış yönlendirme parametrelerini tahmin etmeyi sağlar [14] (Şekil 2).



Şekil 2. SfM tabanlı görüntü yakalama (Döş vd., 2021)

Kültürel mirasın dijitalleştirilmesi basılı (kitaplar, dergiler, gazeteler), fotoğrafları, müze nesnelerini, arşiv belgelerini, görsel-ışitsel materyalleri içerir [15, 45]. Dijitalleştirme, tarama gibi belirli bir analog veri taşıyıcısının elektronik bir kopyasını çoğaltmak için bazı yöntemlerle oluşturulduğu süreçtir. Bu nedenle kültürel mirasın geleceğe yönelik korunması ve kültürel değere erişimin sağlanması için bir araçtır. [16, 46]. Üç boyutlu dijitalleşme, kültürel mirasın belgelendirilmesi için hızla geleneksel bir yöntem haline geliyor [17]. Günümüzde, birçok bilgisayar programı, incelenen nesnenin güvenilir 3B modellerinin yapılmasına izin vermektedir. Değerlendirmenin amacına göre, analitik model az ya da çok gerçek olabilir [18]. Bu nedenle, kültürel miras bakımındaki tüm mülklerin doğru 3D kayıtlarını oluşturmak önemlidir. Herhangi bir arıza meydana gelirse, veriler yönetim ve korumaya yardımcı olmak için mevcut olacaktır [19, 47].

Fotogrametrik yöntemler sayesinde birçok alanda 3B sahne modellenmesi işlemi düşük maliyet ve zamanla gerçekleştirilmektedir [20]. Bu modeller sadece tarihi binaların belgelenmesi için değil binalar dışında kalan tarihi nesnelere içinde yapılmaktadır [21, 22, 48]. Çalışmalarda ortofotolar ve 3B nokta bulutları ayrı ayrı kullanıldığı gibi kombinasyonları da tercih edilmektedir [23-24, 43].

Bu çalışmada camilerin en önemli iç yapılarından olan minberlerin yakın resim fotogrametrisi yöntemleriyle belgelenmeye çalışılmıştır. Toplamda minberin çevresinden 41 tane görüntü ve minber üzerinden 8 tane kontrol noktası ölçülmüştür. Fotoğraflar 21 mega piksel çözünürlüğe sahip NIKON COOLPIX L6 fotoğraf makinesi ile çekilmiştir. Kontrol noktaları ise yerel bir koordinat sisteminde total-station ölçüm cihazı ile elde edilmiştir. Bu kontrol noktaları, 3B model üzerinden alınan uzunluklar ve model doğruluğunu karşılaştırılmak için kullanılmıştır. Minbere ait çizimler ve 3B model Photomodeler Scanner programında gerçekleştirilmiştir.

Minber caminin en uç noktasında olduğu için görüntü alımı, en iyi aydınlatma koşullarını sağlamak ve gölgelerden kaçınmak için sabahın erken saatlerinde yapıldı. Ancak caminin cephelerindeki yetersiz aydınlatma koşulları, günün çoğu saatinde kuvvetli gölgeler ve fotoğraf çekimi için yer olmaması, rölöveyi zahmetli ve zaman alıcı hale getirdi.

Tarihi yapının görüntüleri ve kontrol noktaları, dijital değerlendirme için PhotoModeler UAS yazılımına aktarıldı. PhotoModeler yazılımı aynı anda hem karşılıklı hem de mutlak yönlendirme yapabildiğinden iki veya daha fazla görüntüde görünen kontrol noktaları işaretlenir [25]. Kontrol noktaları işaretlendikten sonra bir fotoğraf referans olarak, diğer işaretlenen fotoğraflar ise her kontrol noktasının eşleşmesi için seçilmiştir. Daha sonra PhotoModeler yazılımında dengeleme işlemine ve 3B model üretimine geçildi. Son olarak tamamlanan 3B modele doku verileri eklenmiş ve tarihi yapının belgelenmesi tamamlanmıştır.

3. BULGULAR

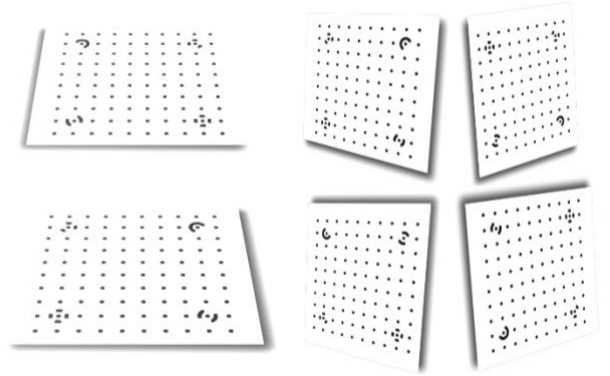
Photomodeler yazılımı yaygın olarak kullanılan fotoğraflardan 3B veriler ve görüntüler elde edilmesini sağlayan bir programdır. Elde edilen bu görüntülerden ölçümler yapılmasına olanak vermektedir. Arkeoloji, mimari, tıp, film, animasyon, inşaat gibi alanlarda oldukça kullanılan, bir programdır. Kullanılan kameraların kalibrasyon değerlerini hesaplayabilen ve resimlerin değerlendirmesini yapabilen bu programın kullanım alanı oldukça geniştir.

3.1. Kalibrasyon

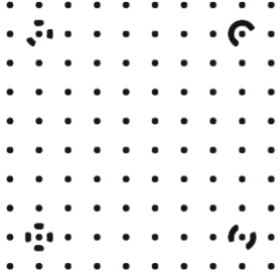
Fotogrametride kullanılan kameraların (metrik olmayan amatör) yapacağımız işe etkisinin yadsınmaz olduğunu bilerek kameraları sürekli olarak kalibrasyona tabi tutulmalı ve raporlanmalıdır. Kamera kalibrasyonunun doğruluğu, oluşturulacak modeli doğrudan etkileyeceği için en yüksek doğrulukla yapılması amaçlanmalıdır. Kalibrasyon raporunda genel olarak bulunması gereken değerler iç yöneltme elemanları (X_h, Y_h, c) ve mercekle distorsiyonunu ifade eden fonksiyonun polinom katsayıları (k_1, k_2, k_3 ve p_1, p_2) olarak bilinir. Yakın mesafeli fotogrametrik ölçüm için modern ve son kullanıcı sınıfı dijital kameraların kullanılabilir olması için metrik kalibrasyon kritik bir ön koşuldur.

Şekil 3'te verilen A4 kağıdında 4 kontrol noktası ile basılmış tek bir kalibrasyon sayfası kullanılmalı ve

bunlardan biri ana nokta (0,0,0) olarak kabul edilecektir. kağıttaki tüm noktaların Z değeri 0'dır. Ayrıca X,Y değerleri, yazılım tarafından bilinen sabit bir belirlenmiş değerlerde farklılık göstermektedir. Şekil 4'te gösterildiği üzere kalibrasyon kağıdının her iki tarafındaki kamera merceğinin oryantasyonu etrafında yuvarlanan (0,90,180) derece içinde çekilen üç resim toplamda ise çekilen 12 resim merceğın bilinmeyen distorsiyon değerlerini (k1, k2, k3 ve p1, p2 ve kamera format boyutunu belirlemek için yeterlidir. En önemli kalibrasyon sonuçlarından biri kamera format boyutudur.



Şekil 4. Kalibrasyon kağıdının örnek çekim senaryoları



Şekil 3. Photomodeler yazılımı için kalibrasyon kağıdı

Şekil 3'te gösterilen kalibrasyon kağıdı, ışıklı ortamda beyaz bir zemin üzerine yerleştirilmeli ve kalibrasyon kağıdının 4 farklı cephesinden farklı konumlardan 8-12 adet fotoğraf çekimi yapılmalıdır.

Görüntüler analiz edildikten sonra kalibrasyon sonuçları raporu ve kamera parametrelerinin değerlerini Tablo 1'de verilmiştir. PhotoModeler otomatik kalibrasyonu, Kamera format boyutunun $F_x \times F_y$ 5,31*3,98 mm² olduğunu algılamaktadır. Ayrıca raporda optik merkezinin koordinatları X_p , Y_p ve fotoğraf çekerken kaplanan alanın oranı ve K1, K2, K3, P1 ve P2 noktaların lens distorsiyonları bulunmaktadır. Söz konusu kamera kalibrasyonu EKK dengelemesi yöntemiyle yapılmaktadır. Bu dengeleme için önceden hassas olarak tasarlanmış bir kalibrasyon levhası üzerindeki kesişim noktaları Yer Kontrol Noktası (YKN) mantığıyla kullanılmaktadır. Koordinatları bilinen bu kesişim noktalarına ait elde edilen görüntü koordinatları (x , y) EKK dengelemesine ölçümler olarak, Tablo 1'de verilen iç yöneltme parametreleri ise bilinmeyen olarak sokulmaktadır.

Tablo 1. İç yöneltme parametre değerleri

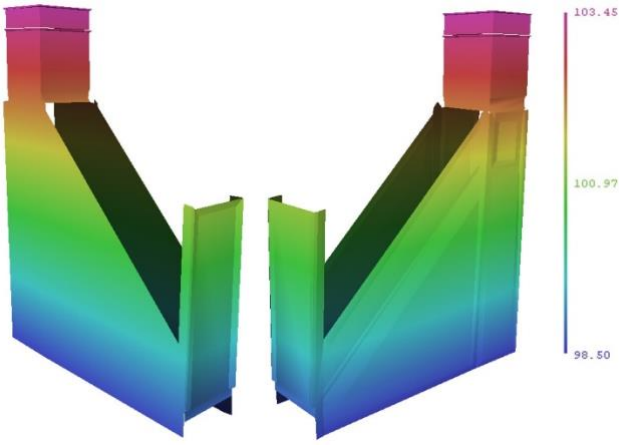
Parametre	Değer	Sapma
Fokal uzaklık f	6.308025 mm	0.007 mm
X_p - Asal nokta	2.213030 mm	0.003 mm
Y_p - Asal nokta	1.265889 mm	0.002 mm
F_x - genişlik	5.310263 mm	0.002 mm
F_y - yükseklik	3.978978 mm	0.00 mm
K1 - çapsal distorsiyon 1	6.395e-003	3.034e-005
K2 - radyal distorsiyon 2	-1.355e-004	6.958e-005
K3 - radyal distorsiyon 3	0.000e+000	0.000e+000
P1 - Teğetsel distorsiyon 1	3.034e-005	8.4e-009
P2 - Teğetsel distorsiyon 2	6.958e-005	0.000e+000

Dengeleme öncesi her kameranın fotogrametrik kalibrasyonları yapılmış ve iç yönlendirme parametreleri yüksek doğrulukla belirlenmiştir. Böylece; dengelemeye dahil edilen her bir x ve y gözlemi (görüntü koordinatı) için gerekli distorsiyon ve asal nokta düzeltmeleri baştan uygulanmış ve kalibre edilmiş odak uzaklığı göz önüne alındığında uzayın merkezi izdüşümü olması gerekene en yakın olarak ifade edilerek işlemlere başlanmıştır. Kalibrasyon işleminden sonra çekilen tüm fotoğraflar dengelenmiştir.

3.2. 3B Çizim ve Model

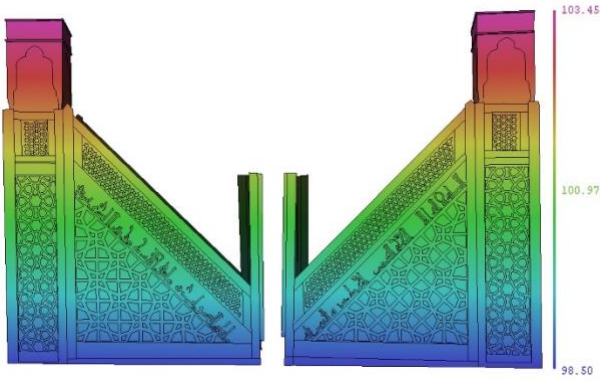
Yazılımda her bir fotoğrafın dengelenmesi aşamasında ortak noktalar işaretlenerek dengeleme işlemi yapılmaktadır. Bu noktalar her bir yüzeye ait hatların köşe noktaları olabileceği gibi karakteristik noktalar veya hedef işaretleri de olabilir. Biz çalışmada

hedef işaretlerini doğruluk analizi için kullandığımız için karakteristik noktalar veya hatların köşelerine ait belirgin keskin detayları dengeleme işleminde tercih ettik. Bu noktalar aslında yüzeylerin köşe noktalarını temsil ettiği için bunların birleşimi bir doğru/çizgi oluşturmaktadır. Ayrıca dengeleme işleminden sonra bu nokta ve hatlar iki boyutludan üç boyutlu hale gelmektedir. Sonuç olarak çizgiler, nesne noktalarını birleştirmek için kullanılabilirken aynı zamanda dengelenmesi istenen bir fotoğrafı işaretlerken aynı anda çizgiler ve işaretli noktalar oluşturabilmektedir. Dengeleme işlemi ile beraber hem model hem de noktaların birleşiminden oluşan hatlar 3B bir model oluşturmaktadır. Dengeleme işleminden sonra minbere ait tüm detaylar yüzeylerin üzerinden 3B çizim tekniği ile çizilmiştir. Bu işlem için ilk olarak yüzeylerin tanımlanması gerekmektedir. Şekil 5'te mevzi yükseklik bilgileri ile birlikte modele ait yüzeyler gösterilmiştir.



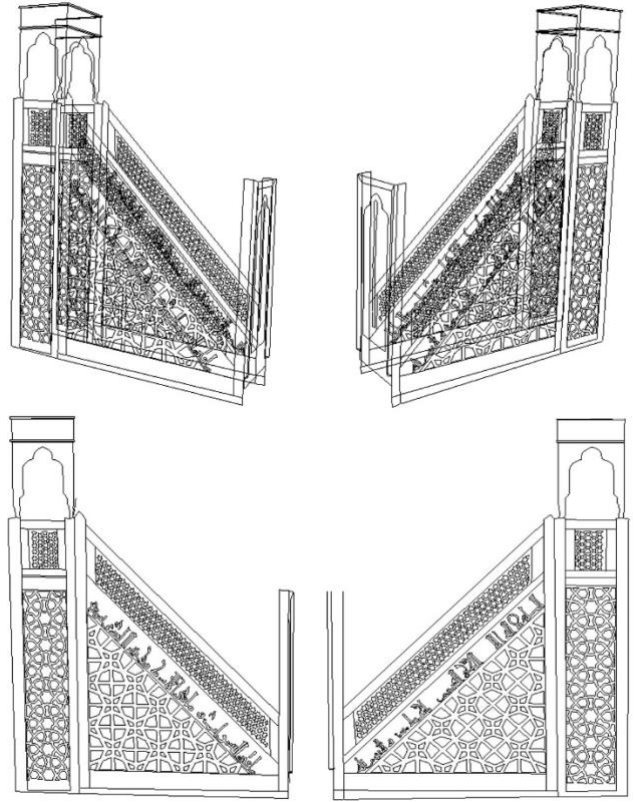
Şekil 5. Nokta ve hatlardan oluşan yüzey ve modelin yükseklik bilgisi

Yüzey üzerinden 3B çizim, yalnızca bir fotoğrafta işaretleyerek 3B veriler oluşturmanıza olanak tanır. Bu, 3B olan bir yüzeyin "üzerine" çizilerek yapılır (Şekil 6). Yüzey Çizimi, bir düzlemde yer alan ayrıntılı desenleri çizmek/modellemek için birçok çalışmada (bir binanın cephesindeki tuğla veya taş işi gibi) kullanışlıdır. Yüzey Çizimi referans gerektirmez, bu nedenle ayrıntılı desenleri ve eğrileri işaretlemek çok daha kolay olmaktadır. Yüzey Çizimi, tek bir fotoğraftan düzlemler üzerinde uzanan eğriler veya çizgiler çizmek için de oldukça yararlı olmaktadır. Yüzey çizimi yüzeyler gerektirdiğinden bu yüzeyler, dengelenmiş bir fotoğraf aracılığıyla katı bir model olarak yansıtılmalıdır.



Şekil 6. Yüzey üzerine çizilmiş detaylar

Bir yüzey çizim noktasının 3B konumu, üzerinde bulunduğu yüzeye bağlı olduğundan, bir yüzey çizim noktasının özelliğini dengeleme aşamasında kullanılamaz. Ek olarak bir yüzey çizim eğrisini veya doğrusunu silerken, bu hatları oluşturan noktalar otomatik olarak silinmektedir çünkü her bir yüzey çizimi ayrı bir segmenttir. Fakat her bir yüzeyde yapılan çizimlerin noktaları karakteristik bilgi taşımaya devam eder (Şekil 7).



Şekil 7. Minbere ait 3B çizim

Fotogrametri yöntemi ile oluşturulan modeller üzerinden 3B çizimler karakteristik bilgi taşıdıkları gibi fotogerçekçi modeller kullanıldığı için gerçek görüntü ile birlikte 3B çizimler kullanılabilir (Şekil 8). Bu model ve çizimler çeşitli analizler için büyük avantajlar sağlamaktadır.



Şekil 8. Fotogerçekçi 3B model ve 3B çizim

3.3. Doğruluk analizi

Dijital fotogrametri tekniğini kullanan yazılımlar ile sıralı çekilmiş fotoğraflardan SfM metodu kullanılarak 3B model elde edilebilmektedir. Elde edilen 3B model gerçek doku ve görüntüye sahip olmaktadır. Eğer arazide Total-Station gibi hassas ölçüm cihazları ile detaylı ölçüm yapılamamış ise elde edilen 3B model, yazılımın kendi içerisinde oluşturduğu 3B uzayda (x,y,z) lokal koordinatlarda ölçeksiz bir şekilde oluşmaktadır.

Belgeleme çalışmalarında oluşturulan 3B model ileride restorasyon çalışmalarında kullanılabilmesi için gerçek ölçülerinde ve eksiksiz olması beklenmektedir. Çalışma sonucunda oluşturulan 3B modelin ölçeklendirilebilmesi için obje üzerinde bulunan 8 farklı nokta Total-station cihazı ile ölçülmüştür. Bu noktalar hem modelin ölçeklendirilmesinde hem de model doğruluğunun analizinde kullanılmıştır. Ayrıca 3B modelin doğruluk analizi için uzunluk bazlı karşılaştırma kullanılmıştır. Karşılaştırma sonucunda 3B model doğruluğu için 8 adet noktanın her biri için (X,Y,Z) koordinatlarının karesel ortalama hataları (RMSE) tablo 2’de ve uzunluklar baz alınarak 5 hat için genel doğruluk Tablo 3’te verilmiştir. Karesel ortalama hataları için eşitlik 1,2 ve uzunluk bazlı analiz için eşitlik 3 kullanılmıştır.

$$V_{x,y,z,i} = X, Y, Z_{ts_i} - X, Y, Z_{pm_i} \quad (1)$$

$$RMSE_{x,y,z} = \sqrt{\frac{[VV]}{n-1}} \quad (2)$$

$$RMSE_l = \sqrt{\frac{|l_i|^2}{n}} \quad (3)$$

Burada;

ts: Total-station ile ölçülmüş lokal koordinatlar
 pm: dengeleme sonrasında photomodeler yazılımında oluşan 3B model üzerinden alınmış lokal koordinatlar.
 li: gerçek uzunluk ile model üzerinden alınan uzunluk farkları
 n: ölçü sayısı

Tablo 2. Doğruluk analizi

NN	VxVx (cm ²)	VyVy (cm ²)	VzVz (cm ²)
1	3.1	11.5	9.8
2	5.6	4.8	13.2
3	7.3	2.8	8.7
4	8.7	4.2	6.4
5	5.6	5.8	7.4
6	5.9	8.7	10.5
7	8	4.8	7.8
8	4.2	7.8	11.4
RMSE	2.63	2.68	3.28

Tablo 3. Uzunluklara göre doğruluk analizi

Ölçü No	Gerçek uzunluk (cm)	3B modelden alınan değer (cm)	fark (cm)
1	18.00	17.80	0.20
2	22.00	20.90	1.10
3	8.200	8.420	0.22
4	33.45	32.15	1.30
5	45.00	43.90	1.10
RMSE			0.89

4. SONUÇLAR

Kültürel mirasların gelecek nesillere aktarılabilmesi için doğal ve yapay tehlikelerden korunmaları gerekmekte ancak bu tehlikelerden tamamen kaçınılamamaktadır. Bu nedenle zarar gören yapıların tamiri ve yeniden inşası için kültürel mirasların sadece dış yapısı değil iç mekânı dâhil tüm tarihi dokusunun belgelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada camilerin ayrılmaz parçası ve başlı başına yapıları olan minberin, sayısal fotogrametri araçları kullanılarak belgelemeye çalışılmıştır. Çalışmada kalibrasyon işlemi yapılarak metrik olmayan kamera kullanılmış ve maliyet düşürülmüştür. Tablo 2 incelendiğinde en yüksek hata değeri olarak 1, 2 ve 6 noktalarının birer eksenlerinde diğerlerine göre fazla hata değeri çıktığı görülmüş ve bunun kaynağı olarak minberden alınan görüntülerden kalibrasyon sonrası distorsiyon etkisinin tam giderilememesinden kaynaklı operatör hatası olduğu düşünülmektedir. Tablo 3’te gözlemlenen hata değerlerine bakıldığında yine aynı Tablo 2’deki gibi distorsiyon etkisi düşünülmektedir. Tablo 2 ve Tablo 3’deki verilen hata değerlerine bakıldığında uygun kalibrasyon yazılımları kullanılarak metrik olmayan kameralarla da belgeleme işlemi yapılabileceği ve sürecin hızlı bir şekilde gerçekleştirilebileceği görülmektedir. Şekil 8’de verilen fotogerçekçi 3B model ile kültürel mirasların iç yapılarına dair daha detaylı bilgiler elde etmemizi sağlamakta ve bu sayede e-müze gibi sanal ortamların hızlı ve düşük maliyetle oluşturulması fikrini kolaylaştırarak desteklemektedir.

Ülkelerin ayrılmaz parçaları olan kültürel mirasların turistik açıdan ülke tanıtımında büyük etkileri vardır. Bu mirasların restorasyonunun yanında sürdürülebilirliği de önemlidir. Bu açıdan yapılan çalışma sayesinde minbere dair ve daha sonra yapılacak kültürel miras belgeleme çalışmalarına konu olan yapılar ne olursa olsun onlara dair konumsal, fiziksel ve dokusal bilgiler daha kolay depolanıp tekrar tekrar kullanılabilir olacaktır.

Yazarların Katkısı

Yazarların makaleye olan katkıları eşittir.

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

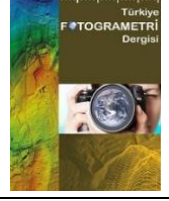
KAYNAKÇA

- [1] Reale, D., Noviello, C., Verde, S., Cascini, L., Terracciano, G. & Arena, L. (2019). A multi-disciplinary approach for the damage analysis of cultural heritage: the case study of the St. Gerlando Cathedral in Agrigento. *Remote Sensing of Environment*, 235.
- [2] Martinez-Garrido, M. I., Fort, R., Gomez-Heras, M., Valles-Iriso, J. & Varas-Muriel, M. J. (2018). A comprehensive study for moisture control in cultural heritage using non-destructive techniques. *Journal of Applied Geophysics*, 155, 36-44.
- [3] Li, X., Wu, C., Zach, C., Lazebnik, S. & Frahm, J. H. (2008). Modelling and recognition of landmark image collections using iconic scene graphs. European Conference on Computer Vision (ECCV), Berlin, 427-440.
- [4] Sužiedelytė-Visockienė, J., Bagdžiūnaitė, R., Malys, N. & Maliene, V. (2015). Close-range photogrammetry enables documentation of environment-induced deformation of architectural heritage. *Environmental Engineering and Management Journal*, 14(6), 1371-1381.
- [5] Ozimek, A., Ozimek, P., Skabek, K. & Labeledz, P. (2021). Digital Modelling and Accuracy Verification of a Complex Architectural Object Based on Photogrammetric Reconstruction. In *Buildings* 11(5).
- [6] Lo Brutto, M., Ebolese, D. & Dardanelli, G. (2018). 3D modelling of a historical building using close-range photogrammetry and remotely piloted aircraft system (RPAS). ISPRS TC II Mid-term Symposium, Riva del Garda, Italy, 599-606.
- [7] Di Angelo, L., Di Stefano, P., Guardiani, E. & Morabito, A. E. (2021). A 3D Informational Database for Automatic Archiving of Archaeological Pottery Finds. *Sensors*, 21(3), 978. <https://doi.org/10.3390/s21030978>.
- [8] Reinoso-Gordo, J. F., Gámiz-Gordo, A. & Barrero-Ortega, P. (2021). Digital Graphic Documentation and Architectural Heritage: Deformations in a 16th-Century Ceiling of the Pinelo Palace in Seville (Spain). *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(2), 85.
- [9] Donato, E. & Giuffrida, D. (2019). Combined Methodologies for the Survey and Documentation of Historical Buildings: The Castle of Scalea (CS, Italy). *Heritage*, 2(3), 2384-2397.
- [10] Brůha, L., Laštovička, J., Palatý, T., Štefanová, E. & Štych, P. (2020) Reconstruction of Lost Cultural Heritage Sites and Landscapes: Context of Ancient Objects in Time and Space. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10), 604. <https://doi.org/10.3390/ijgi9100604>
- [11] Schenk, T. (2005). Introduction to Photogrammetry; Department of Civil and Environmental Engineering and Geodetic Science, The Ohio State University: Columbus, OH, USA, pp. 79-95.
- [12] Westoby, M. J., Brasington, J., Glasser, N. F., Hambrey, M. J. & Reynolds, J. M. (2012). 'Structure from-Motion' photogrammetry: a low-cost, effective tool for a geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- [13] Aicardi, I., Chiabrando, F., Maria Lingua, A. & Noardo, F. (2018). Recent trends in cultural heritage 3D survey: The photogrammetric computer vision approach. *Journal of Cultural Heritage*, 32, 257-266. doi: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2017.11.006>
- [14] Snavely, N., Seitz, S. M. & Szeliski, R. (2008). Modeling the World from Internet Photo Collections. *Int J Comput Vis* 80, 189-210. <https://doi.org/10.1007/s11263-007-0107-3>
- [15] Borissova, V. (2018). Cultural heritage digitization and related intellectual property issues. *Journal of Cultural Heritage*, 34, 145-150.
- [16] Deanna, B. M. (2007). Digitizing for access and preservation strategies of the library of congress. First Monday. <https://doi.org/10.5210/10.5210/FM.V12I7.1924>
- [17] Dostal, C. & Yamafune, K. (2018). Photogrammetric texture mapping: a method for increasing the fidelity of 3d models of cultural heritage materials. *Journal of Archaeological Science: Report*, 18, 430-436.
- [18] Giaccone, D., Fanelli, P. & Santamaria, U. (2020). Influence of the geometric model on the structural analysis of architectural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 43, 144-152
- [19] Wilson, L., Rawlinson, A., Frost, A. & Hephher, J. (2018). 3D digital documentation for disaster management in historic buildings: applications following fire damage at the Mackintosh building, The Glasgow School of Art. *Journal of Cultural Heritage*, 31, 24-32
- [20] Herban, S., Costantino, D., Alfio, V.S. & Pepe, M. (2022). Use of low-cost spherical cameras for the digitisation of cultural heritage structures into 3d point clouds. *Journal of Imaging*. 8(1):13. <https://doi.org/10.3390/jimaging8010013>
- [21] Attarian, K. & Safar Ali Najar, B. (2022). Heritage documentation and structural analysis of historic water-supply canals. *Environmental Earth Science* 81,100. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10206-1>
- [22] Ravanelli, R., Lastilla, L. & Ferrara, S. (2022). A high-resolution photogrammetric workflow based on focus stacking for the 3d modelling of small aegean inscriptions. *Journal of Cultural Heritage*, 54, 130-145. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2022.01.009>
- [23] Maalek, R. & Maalek, S. (2022). Automatic recognition and digital documentation of cultural heritage hemispherical domes using images. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, <https://doi.org/10.1145/3528412>.
- [24] Giuliano, M. (2014). Cultural Heritage: An example of graphical documentation with automated photogrammetric systems. *ISPRS - International*

Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 251-255.

- [25] Yastıklı, N. (2014). Reverse Engineering Application of Earthly Photogrammetry. UZAL-CBS Symposium, İstanbul, Turkey.
- [26] Hamal, S. N. G. (2022). Accuracy of digital maps produced from UAV images in rural areas. *Advanced UAV*, 2(1), 29-34.
- [27] Kaçarlar, Z. & Hamal, S. N. G. (2021). Küçük Objelerin Üç Boyutlu (3B) Modellenmesinde Yersel Lazer Tarama (YLT) Tekniği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 3(2), 65-70.
- [28] Fidan, D., Oruç, M. E., Hamal, S. N. G. & Fidan, Ş. (2022). Tersine Mühendislik Uygulamalarında Yersel Lazer Tarayıcıların Kullanım Olanaklarının Araştırılması; Klasik Otomobiller Örneği. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 1-10.
- [29] Hamal, S. N. G., Sarı, B. & Ulvi, A. (2020). Using of hybrid data acquisition techniques for cultural heritage a case study of pompeipolis. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 55-60.
- [30] Uzun, S. D., Hamal, S. N. G. & Fidan, Ş. (2022). Elde Taşınabilir Lazer Tarayıcılar ile İnsan Yüzünün Modellenerek Güzellik ve Bakım Sektöründe Kullanımının Değerlendirilmesi. *Türkiye Lidar Dergisi*, 4(1), 17-20.
- [31] Şasi, A. & Yakar, M. (2018). Photogrammetric modelling of Hasbey Dar'ülhuffaz (Masjid) using an unmanned aerial vehicle. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (1), 6-11.
- [32] Yakar, M., Yılmaz, H. M. & Mutluoğlu, Ö. (2010). Close range photogrammetry and robotic total station in volume calculation.
- [33] Yılmaz, H. M., Yakar, M., Gulec, S. A. & Dulgerler, O. N. (2007). Importance of digital close-range photogrammetry in documentation of cultural heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8(4), 428-433.
- [34] Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.
- [35] Mırdan, O. & Yakar, M. (2017). Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı ile Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar. *Geomatik*, 2 (3), 118-125.
- [36] Yakar, M. & Dogan, Y. (2019). 3D Reconstruction of Residential Areas with SfM Photogrammetry. In: El-Askary, H., Lee, S., Heggy, E., Pradhan, B. (eds) *Advances in Remote Sensing and Geo Informatics Applications*. CAJG 2018. *Advances in Science, Technology & Innovation*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7_18
- [37] Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (2), 50-55.
- [38] 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.
- [39] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2011). Determination of erosion on a small fairy chimney. *Experimental Techniques*, 35(5), 76-81.
- [40] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı Ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması. *Geomatik*, 2 (1), 11-17.
- [41] Karataş, L., Alptekin, A. & Yakar, M. (2022). Analytical Documentation of Stone Material Deteriorations on Facades with Terrestrial Laser Scanning and Photogrammetric Methods: Case Study of Şanlıurfa Kışla Mosque. *Advanced LiDAR*, 2(2), 36-47.
- [42] Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (2), 50-55.
- [43] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37(3b).
- [44] Yılmaz, H. M., Yakar, M. & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.
- [45] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Uzuncaburç Antik Kentinin İHA Kullanılarak Eğik Fotogrametri Yöntemiyle Üç Boyutlu Modellenmesi. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- [46] Uysal, M., Polat, N., Toprak, A. S. & Yakar, M. (2013). 3d modeling of historical doger caravansaries by digital photogrammetry.
- [47] Oruç, M. E. (2021). Küçük objelerin modellenmesinde videogrametri ve fotogrametri yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(2), 62-68.
- [48] Oruç, M. E. (2021). The possibilities of data usage obtained from UAV. *Advanced UAV*, 1(1), 15-23.
- [49] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- [50] Yılmaz, H. M. & Yakar, M. (2000). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1.





İHA Fotogrametrisi Kullanarak Kadastroda Binaların Konum Doğruluğunun İncelenmesi

Adem Kabadayı*¹, Alperen Erdoğan¹

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Şefahtli Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Yozgat, Türkiye

Anahtar Kelimeler

İHA,
Fotogrametri,
Kadastro,
Binalar.

ÖZ

Tapu tescil sürecini hızlandırmak kadastro çalışmalarında çok önemlidir. Genellikle ölçme ve haritalama faaliyetleri için jeodezik yersel ölçümlere dayalı olan mevcut yöntemler yavaş ilerlemekte ve kadastro çalışmalarının tamamlanmasını sağlamak için daha fazla çalışmayı gerektirmektedir. Arazi kullanım hakkı ve kullanımı hakkında artan bilgi talebi, amaca uygun yaklaşımların geliştirilmesine önemini ortaya çıkarmıştır. İnsansız Hava Araçları (İHA), hızlı ve düşük maliyetli bir sistem olması sebebiyle kadastro haritaları üretimi gibi uygulamalarında kullanılabilir. İHA'lar kullanılarak elde edilen yüksek çözünürlüklü görüntüler, mülk sınırlarının tanımlanması için yeni bir yaklaşım sağlar. İHA verileri yardımıyla, kadastro sınırları ofis ortamında görsel olarak belirlenmekte ve manuel olarak sayısallaştırılmaktadır. Bu çalışmada, kadastro güncelleme çalışmaları yapılan bölgedeki binaların ana geometrik yapısının yersel jeodezik yöntem ve İHA platformları yardımıyla üretilen verilerden binaların geometrik yapısının ölçümleri yapılmıştır. Her iki yöntem ile ölçülen bina detay noktalarının konum doğrulukları incelenmiştir. Ayrıca İHA'ların kadastro haritalarının üretiminde saha çalışmalarının yerini alabilirliğini ve çalışmaları ne ölçüde desteklediği incelenmiştir. Diğer ölçüm yöntemleri ile karşılaştırıldığında, bu tür veri toplama yönteminin avantaj ve dezavantajlarına değinilmiştir.

Investigation of Position Accuracy of Buildings in Cadastre Using UAV Photogrammetry

Keywords

UAV,
Photogrammetry,
Cadastre,
Buildings.

ABSTRACT

Speeding up the land registration process is very important in cadastral works. Existing methods, which generally rely on geodetic surveys for surveying and mapping activities, are slow in progress and require further work to ensure the completion of cadastral works. The increasing demand for information on land tenure and use has highlighted the importance of developing fit-for-purpose approaches. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) can be used in applications such as cadastral map production because they are fast and low-cost systems. High-resolution imagery acquired using UAVs provides a new approach to defining property boundaries. With the help of UAV data, cadastral boundaries are visually determined in an office environment and digitized manually. In this study, measurements of the geometric structure of the buildings in the area where cadastral study updates were made were taken from the data produced by the help of the local geodesic method and drone platforms. The position accuracy of the building detail points measured by both methods has been examined. In addition, the extent to which UAVs can replace and support field studies in the production of cadastral maps was examined. The advantages and disadvantages of this type of data collection compared to other measurement methods are discussed.

* Sorumlu Yazar (*Corresponding Author)

*(adem.kabadayi@bozok.edu.tr) ORCID ID 0000-0002-4891-8131
(alperen.erdogan@bozok.edu.tr) ORCID ID 0000-0003-1240-833X

Kaynak Göster (APA) / Cite this;

Kabadayı, A. & Erdoğan, A. (2022). İHA Fotogrametrisi Kullanarak Kadastroda Binaların Konum Doğruluğunun İncelenmesi. Türkiye Fotogrametri Dergisi, 4(2), 66-72

1. GİRİŞ

Arazi kaydı, insanlar, arazi ve bunları birbirine bağlayan haklar hakkındaki bilgilerin kaydedilmesi sürecidir [1]. Etkili bir tapu kayıt sürecinde kaydedilen bilgiler bir toplulukta önemli bir rol oynar: arazi kullanımı ve mülkiyeti ile ilgili kuralları uygulamak, arazi gelişimini desteklemek, arazi anlaşmazlıklarını azaltmak, arazi piyasalarını desteklemek, adil vergilendirmeyi sağlamak için kullanılabilir yasal güvenlik ve koruma sağlayarak bir ülke içindeki ekonomik ve sosyal kalkınmayı teşvik edebilir [2].

Günümüzde, herhangi bir işin önemli unsurları, yürütme süresi ve gerekli finansal harcamalardır. Bu nedenle, bu unsurları daha da geliştirmek için daha verimli araçlar ve teknolojiler aranmaktadır. Gelişen yeni ölçüm teknolojileri, daha etkin ve hızlı çalışma olanakları sağlamaktadır. Bir ölçüm yönteminin belirlenmesi aşamasında hedeflenen amaç için uygunluğunun incelenmesi önemlidir. Burada istenilen en önemli ve gerekli kriter, beklenen ölçüm hassasiyeti, gerekli olan ölçüm doğruluk değerlerini elde etmektir [3, 4]. Bu doğruluk değerleri çeşitli yönetmelikler ile tanımlanmıştır. Bu yönetmelik gibi yasal düzenlemeler, belirli bir ölçüm yönteminin hangi amaçlarla kullanılabilirliği veya kullanılmaması gerektiğini de içermektedir. Bu nedenle ölçümlerde bu yasal düzenlemeler ölçüme başlamadan gözden geçirilmiştir.

26 Haziran 2018 tarihli resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe giren Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliği (BÖHHBÜY); Detay Ölçmeleri başlıklı 45-1/a maddesi, "Detay noktaları, elektronik takeometri, Global Navigation Satellite System (GNSS), Light Detection and Ranging (LİDAR) veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak ölçülebilir" ve Detay Ölçme Doğruluğu başlıklı 46-1 maddesi "Detay noktalarının izdüşüm koordinatları ve yükseklikleri, elektronik takeometri, GNSS, LİDAR veya diğer teknik ve yöntemler kullanılarak; yatay konum doğruluğu $(dx^2+dy^2)^{1/2} \pm 7$ cm (dâhil)'den daha iyi ve Helmert ortometrik yükseklik doğruluğu (dh) ± 7 cm (dâhil)'den daha iyi olacak şekilde ölçülecektir" hükümleri gereği yeni teknik ve yöntemlerin kullanılmasına olanak sağlamaktadır [5, 6, 18].

Kadastro uygulamalarında genellikle takimetri cihazı (totalstation) ve GNSS alıcıları kullanılmaktadır. Bu ölçüm aletleri, objelerin geometrik yapılarını (nokta, çizgi gibi) ölçmede yüksek seviyede doğruluk ve hassasiyet sağlamaktadır. Bu geleneksel ölçme yöntemlerinin aksine, fotogrametrik uygulamalar, özellikle daha geniş alanlar için haritalar veya ortofotolar oluşturmak ve güncellemek için kullanılır. Bununla birlikte, insanlı uçaklarla havadan görüntülerin, yüksek uçuş irtifası sonucunda ortaya çıkan görüntü çözünürlüğü ve yüksek masraflar nedeniyle kadastro araştırmalarında kullanımları sınırlıdır. İHA'lar jeodezik haritalarda güncellemeler için yapılan çalışmalarda üç boyutlu görünüm ve doğruluk, araziyi yorumlayabilme, zamandan tasarruf sağlayabilmektedir [7-18, 24].

Teknolojinin son yıllardaki hızlı gelişimi, insansız hava araçlarının fotogrametrik veri toplama platformu

olarak kullanılmasına olanak sağlamıştır. Bu otonom uçan İHA sistemleri genellikle kameralar, LiDAR sistemleri, konum belirleme sistemleri ve haritalama için farklı sensörlerle donatılmıştır [19, 20, 26-28, 31].

İHA'ların kadastro çalışmalarındaki kullanımlarda istenilen kriter ve gereksinimlerin karşılanmasında ilgili kurum Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Harita Daire Başkanlığı'dır. Harita işleri ile her türlü konuyu incelemek ve sonucunu bildirmek ile yükümdür [21, 27-30, 32, 33].

Nacar (2015) kadastro nun güncel tutulması ile ilgili yaptığı çalışmada, ortofoto ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla Konya, Adana ve Şanlıurfa'da üç bölge seçilmiştir. Bölgelerde Sürekli Çalışan Referans İstasyonları/Continuously Operating Reference Stations (CORS) yöntemiyle GNSS kullanılarak detay alımı yapılmıştır. Konya 1/1000 ve 1/2000 ölçeğinde, Adana 1/5000 ölçeğindeki ve Şanlıurfa'da 1/5000 ölçekli WorldView-2 yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden elde edilen ortofoto ve vektör haritalar parsellerin ve alt parsellerin alanları elde edilmiştir. Tapu alanı ile Kadastro paftasının sayısallaştırılmasıyla elde edilen alan, ortofoto alanı, vektör harita alanı ve arazi alanı karşılaştırılmıştır. Ayrıca en az ve en çok cephe kayıklıkları tüm bölgeler için hesaplanmıştır. Jeodezik ölçme, hava fotogrametrisi ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden elde edilen pafta maliyetleri hesaplanarak analiz yapılmıştır. Çalışma sonucunda, yenileme çalışmalarında, hava fotoğrafından ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin elde edilen 1/5000 ölçekli ortofoto görüntülerinin kullanılabilirliği sonucuna varılmıştır [22].

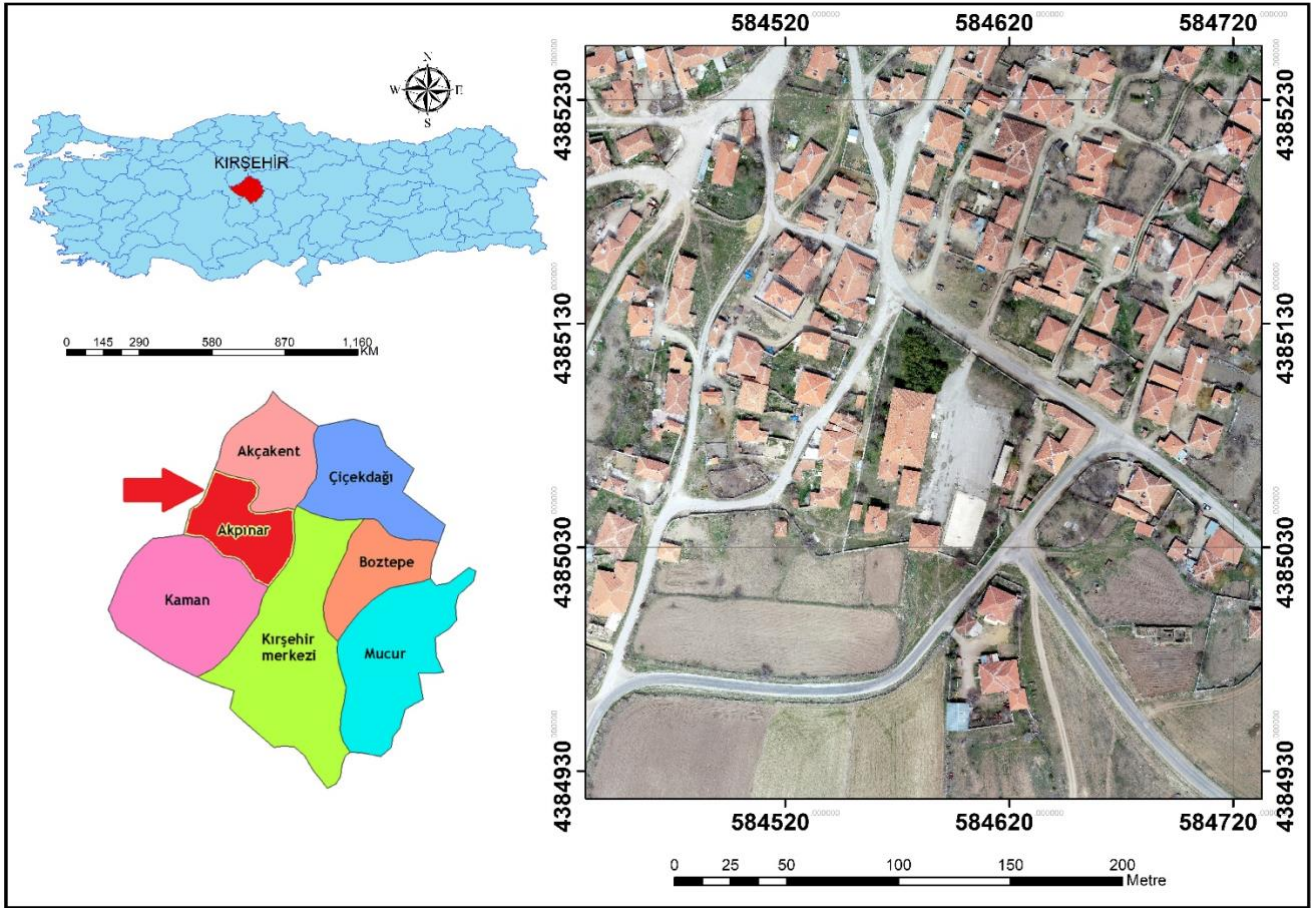
Kara Aydın (2022), ülkemiz kadastro sında yapılan güncellemelerin ve bu güncellemelerde kullanılan fotogrametrik yöntemlerin kadastro çalışmalarında kullanılmasını irdelemiştir. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü'nün 3B Şehir Modelleri Üretimi ve 3B Kadastro Altlıklarının Oluşturulması Projesi için bina detay ölçümlerinin hassas yapılması gerektiği önemi vurgulanmıştır [23]

Gelişen teknoloji ile kadastro çalışmalarında İHA'lar kullanılarak örnek bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Çalışma, İHA ile elde edilen verilerden üretilen bina verilerine ilişkin geometrik verilerin elde edilmesine ilişkin doğruluğunu araştırmayı hedeflemektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Test Alanı

Kadastro ihtiyaçları için binaların geometrik verilerini kontrol etmede İHA ile elde edilen fotoğrafların üretilen verilerin kullanılabilirliğini belirlemek ve GNSS teknolojisi ile üretilen verilere alternatif sunup sunmadığı sorusunu yanıtlamak için Kırşehir'in ilinin Akpınar ilçesinin Büyükbuduşağı köyü test alanı olarak belirlenmiştir. Köy Akpınar ilçesine yaklaşık 20km uzaklıkta yer almaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanı

2.2. Yöntem

2.2.1. İş Akışı

Çalışma alanı için iki farklı yöntem olarak iş akışının tüm bireysel adımları Takimetri/GNSS ve İHA kullanılarak tamamlandı. Bu iş akışı, veri toplama, işleme, değerlendirme (veri temizleme ile) ve harita tasarımını kapsamaktadır.

2.2.2. Veri Üretimi

Belirlenen test sahası takimetrik/GNSS yöntem ve İHA ile üretilen verilerden ölçülerek araştırılmıştır (Şekil 2 ve Şekil 3).



Şekil 2. a)GNSS alıcısı b)Takimetri cihazı (Totalstation)

Yersel jeodezik/GNSS yöntem ve İHA verilerinden üretilen ölçmeler kadastro standartlarına göre yapılmıştır. Referans noktaları GNSS alıcıları ile bina detay noktaları takimetri cihazı ile ölçülmüştür. Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından hizmet verilen,

TUSAGA-Aktif Sistemi ile ülkemiz ve KKTC genelinde yeterli sayıda GNSS uydusu görülebildiği ve iletişim imkanlarının mümkün olduğu yerlerde, herhangi bir yer ve zamanda, birkaç saniye içerisinde, santimetre doğruluğunda gerçek zamanlı coğrafi konum bilgisi elde edilebilmektedir. Bu sayede TUSAGA aktif sistemi yardımıyla GNSS uydu alıcısı ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. Çalışmada kullanılan İHA DJI Phantom 4 Pro

İHA yöntemi ile arazi verilerinin elde edilmesi için iyi bir uçuş planlaması yapılmalıdır. Pix4D capture yazılımında uçuş yapılacak alanın uçuş planlaması yapılmıştır.

Çalışma alanında daha önce kadastrosu yapılmış yerin ölçümü yapılırken, GNSS alıcısı kullanılarak Yer Kontrol Noktaları (YKN) ve Poligon noktaları tesis edilmiştir. Poligon noktalarından totalstation cihazı ile binaların ölçümü yapılmıştır. Daha sonra İHA platformundan fotoğraflar çekilerek çalışma alanının fotogrametrik olarak verileri üretilmiştir.

Döner kanatlı DJI Phantom 4 Pro yardımıyla fotoğrafları çekilmiştir. Uçuş planlaması enine %80, boyuna %60 bindirme oranları ile yer örnekleme aralığı 0,03m olacak şekilde planlanmıştır. Uçuşta 936 fotoğraf çekilmiştir. Çekilen fotoğraflar 5472x3678 piksel boyutundadır. Elde edilen fotoğraflar Pix4D yazılımında dengelenmiş 10 adet kontrol noktası ile dengelenmiştir. Ölçülen kontrol noktalarının her biri en az 5 adet fotoğrafta görüntülenmektedir. Kontrol noktaları için karelerinin ortalamasının karekökü/Root Mean Squar (RMS) X, Y, Z değerleri sırasıyla 0.018m, 0.018m, 0.013m olarak hesaplanmıştır.

İHA'lardan elde edilen verilerden; ortofoto harita, sayısal arazi modeli, eğim haritası ve 3B model gibi çeşitli fotogrametrik ürünler oluşturulmuştur. Bu ürünlerin tümü, sayısal çizimleri kolaylaştırılmak üzere üretilmiştir.

Test alanında parseller, bina köşeleri ve çevredeki bitki örtüsü takimetri/GNSS ile ölçülmüş ve İHA yardımıyla fotoğrafları çekilmiştir.

Takimetri/GNSS yöntemi için mümkün olan en yüksek doğruluk, kullanılan ölçme aletlerine bağlıdır. Test alanında yapılan çalışmamız için, Tablo 1'de özellikleri sunulan iki ölçüm cihazı, sahada veri toplama için kullanılmıştır.

Tablo 1. Ölçüm yapılan cihazların özellikleri

Ölçüm Cihazı	Doğruluk	
	Açı	Uzunluk
HI-Target HTS-420R Totalstation	0.2 mgon	2mm + 2ppm Reflektörlü
		3mm + 2ppm Reflektörsüz
HI-Target GNSS alıcısı	3B koordinat	8mm Y/ 15mm D

Fotoğraf çekimi için DJI Phantom 4 Pro cihazı kullanılmıştır. Phantom 4 Pro cihazının üzerine entegre kamera 20 MP kamera bulunmaktadır. Gimbal ile dik konumdan 90° açıya kadar değişken açılarda fotoğraf çekim imkânı sunmaktadır. Tablo 2' cihazın teknik özellikleri listelenmiştir.

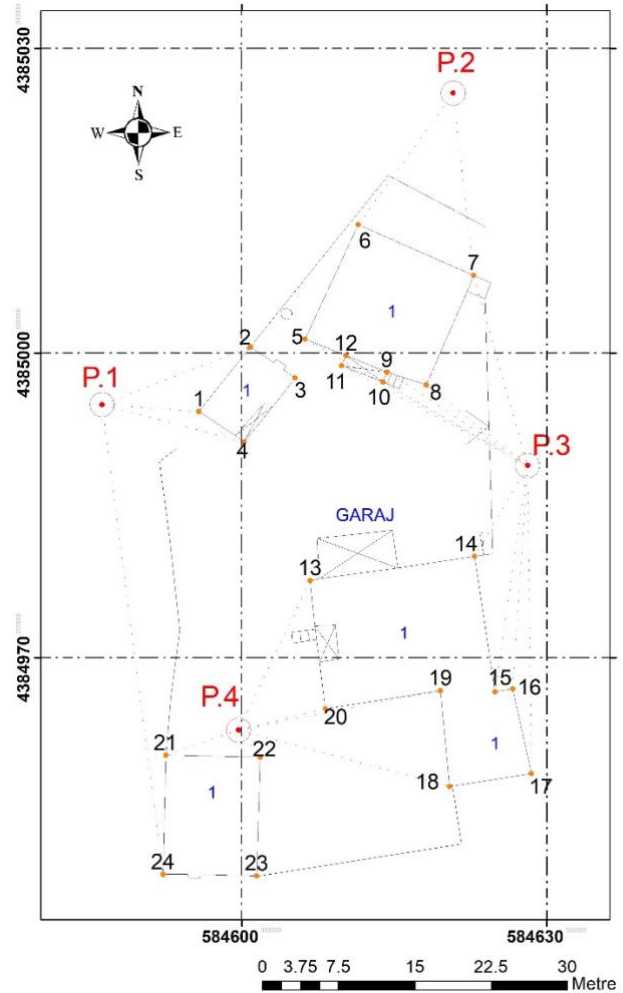
Tablo 2. DJI Phantom 4 Pro ve Kamera Teknik Özellikleri

Teknik Özellikleri	
Ağırlık	1350gr-1400gr.
Batarya	5870 mAH LiPo.
Ebat	31cm-35cm.
GPS Modu	GPS Var.
Kamera	4K.
Maksimum Hız	50kmp-70kmp.
Uçuş Mesafesi	6500m-7000m.
Uçuş Süresi	30-31 Dakika.
Diyafram Açıklığı	2.8 /f.
Görüş açısı	84 °
Etkin Piksel	20 MP

2.2.3. Takimetri/GNSS Yöntemle Üretilen Veri Değerlendirmesi

Takimetri/GNSS yönteminin veri değerlendirilmesi, İsviçre resmi kadastro ölçüm standartlarına göre gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin düzeltilmesi ve dönüştürülmesinin ardından takimetri ve GNSS verileri birleştirilerek harita üzerinde gösterilmiştir. Böyle bir harita oluşturma işlemi test alanı olan Kırşehir ili Büyükbabduşağı köyü için gerçekleştirilmiştir.

Ölçülen noktaların sınıflandırılmasından sonra, veriler kadastral haritaların oluşturulması veya güncellenmesi için kullanılabilir. Takimetri yönteminin ortaya çıkan veri setini doğrulamak için, parsel sınır çizgileri veya ana yol noktaları gibi çeşitli noktaların ölçümleri yapılmıştır. Şekil 4'te, elde edilen takimetri ve GNSS verileriyle oluşturulmuş Büyükbabduşağı test alanının bir kısmının örnek yerleşim planı gösterilmektedir.

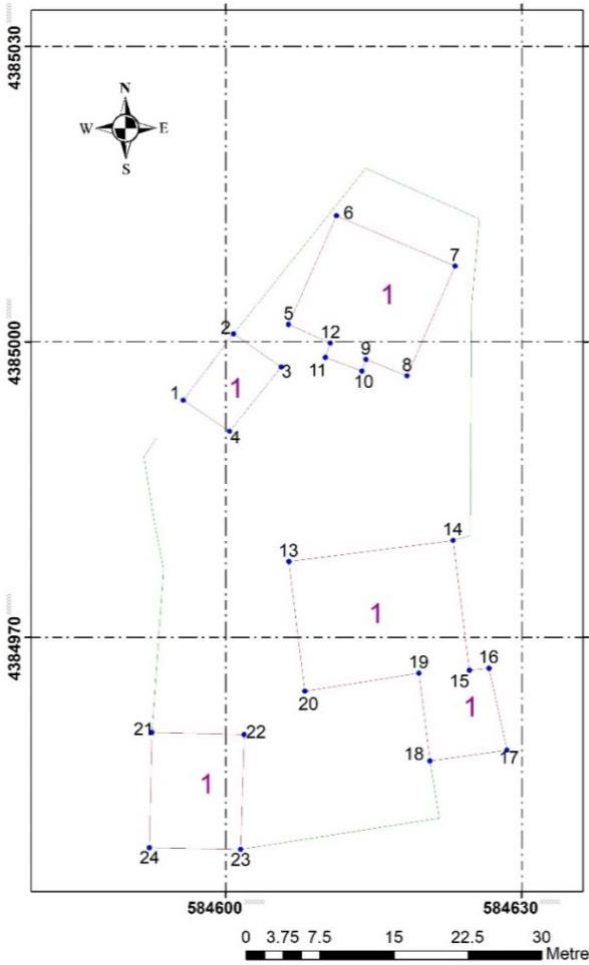


Şekil 4. Takimetri/GNSS (Büyükbabduşağı test verisi) kullanılarak elde edilen ölçümleri içeren harita

Şekil 4'te gösterilen takimetri ile ölçülen ana detay noktaları ve bina kenarlarının koordinatlarının belirlenmesi için ihtiyaç duyulan referans noktaları, GNSS alıcısı ile dört tane zeminde tesis edilmiştir. Sahada alınan veriler kroki yardımıyla Netcad yazılımında farklı katmanlarda sınıflandırılarak kaydedilmiştir.

2.2.4. İHA Veri Değerlendirmesi

İHA verilerinin değerlendirilmesi, kamera kalibrasyonunu gerektirir. Pix4D yazılımının kütüphanesinde kamera kalibrasyon bilgileri mevcut olduğu için fotoğraflar eklendikten sonra kamera kalibrasyon bilgileri otomatik olarak tanımlanmıştır. Daha sonra zeminde GNSS alıcısı yardımıyla işaretlenen YKN'ları yazılıma eklenerek ilgili fotoğraflar üzerinde yönlendirme yapılarak işaretlemeleri yapılmıştır. Yazılımda diğer işlem adımlarını yaparken belirtilen YKN'lerin koordinat sistemleri referans alınarak ortofoto, Sayısal Arazi Modeli (SAM) oluşturuldu (Şekil 5).

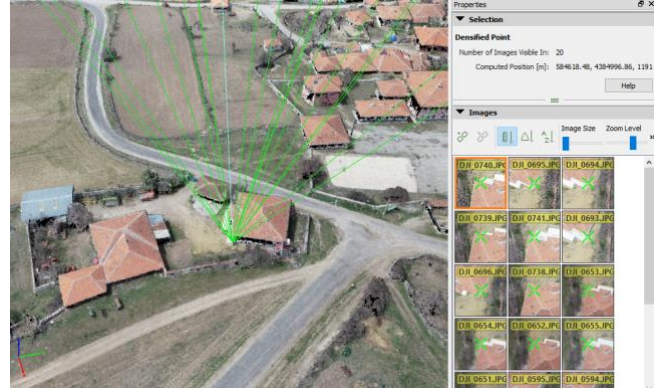


Şekil 5. İHA (Büyükabdiuşağı test verisi) kullanılarak elde edilen ölçümleri içeren harita

Tablo 3. İki Yöntemle Üretilen Bina Detay Nokta Koordinatlarının Karşılaştırılması

Takimetrik/GNSS Veri			İHA Veri			dY(m)	dX(m)	dp(m)
Nokta No	Y	X	Nokta No	Y	X			
3	584605.58	4384997.43	3	584605.59	4384997.46	-0.06	-0.03	0.07
4	584600.36	4384990.91	4	584600.34	4384990.95	0.02	-0.04	0.04
5	584606.36	4385001.76	5	584606.40	4385001.78	-0.04	-0.07	0.05
8	584618.37	4384996.53	8	584618.39	4384996.56	-0.02	-0.02	0.03
13	584606.36	4384977.68	13	584606.40	4384977.66	-0.06	0.02	0.05
14	584623.03	4384979.82	14	584622.97	4384979.84	0.06	-0.02	0.06
20	584607.97	4384964.50	20	584607.96	4384964.53	0.01	-0.04	0.04
22	584601.83	4384960.10	22	584601.88	4384960.08	-0.05	0.02	0.05

Test alanı olarak seçilen kısımda bina köşeleri ve parsel ve diğer ana detayların çizimi Pix4D yazılımı üzerinde yapılmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Pix4D yazılımında bina ve diğer detayların çizimi

3. BULGULAR

3.1. Ölçüm Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Takimetri/GNSS ve İHA ölçme yöntemleri, veri toplama, işleme, değerlendirme ve zaman harcama açısından kıyaslanabilir. Takimetri yöntemi ile sadece sahada ölçülen noktaların haritası çıkartılabilirken, İHA yöntemi ile fotoğrafları çekilip sanal ortamda modeli ve ortofotosu üretilen tüm detayların koordinat bilgisi elde edilebilmekte ve haritası üretilebilmektedir. Bununla birlikte, arazi kullanımı veya bitki örtüsü gibi alanla ilgili daha fazla bilginin haritada belgelenmesi gerekiyorsa, İHA yöntemi, çalışması yapılan alan ile ilgili herhangi bir yeni ölçüm olmadan çok hızlı bir şekilde ölçülebilen ek noktalar nedeniyle daha verimlidir. İki yöntemle haritası üretilen 24 adet detayın hata değerleri Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen ± 7 cm olarak belirlenen toleransın içerisinde kaldığı görülmüştür. Hata değeri 3 cm den yüksek olan detay noktalarının koordinat bilgisinin karşılaştırılması tablo 3'te verilmiştir. İki yöntemle üretilen verilerin karşılaştırılması sonucu 3 nolu noktanın nokta konum doğruluğu düşük olduğu görülmüştür.

4. SONUÇLAR

Çalışmada, İHA'ların yüksek çözünürlüklü ve oldukça doğru ortofoto ve fotogrametrik ölçümler oluşturmak için büyük bir öneme sahip olduğunu gösterilmiştir. İHA platformlarından elde edilen verilerin, geleneksel saha ölçümlerinin yanı sıra GNSS uyduları yöntemleri kullanılarak yapılan ölçümlere uygun bir alternatif olabileceğini doğrulamıştır. İHA'lar, fotogrametrik yöntemle yüksek doğruluk sağlayarak geniş alanlarda hızlı bir ölçüm olanağı sunar. Ayrıca, özellikle binalar için saha detaylarını güncellemek üzere kadastral verilerinin ölçülmesinde istenilen haritaların üretilmesi talebi karşılar.

İHA ölçümlerinden elde edilen bu verilerle, emlak sektörü ve sigorta şirketleri gibi kadastral veri kullanıcılarına katkı sağlayabilir. Erişimin zor olabileceği alanlarda, örneğin doğal afetlerden sonra yapılacak haritalarda İHA'lar, takimetri/GNSS'ye göre alternatif olabilir. İHA yazılım ve donanım teknolojisinin daha da geliştirilmesi ile kadastral ölçümlerinde kullanılabilirliği artacaktır.

Gelecekte, yüksek doğruluk ihtiyacının gerekli olduğu ve hızlı veri ölçmenin talep edildiği yerlerde İHA'lar kullanılacaktır. Bu nedenle, İHA'ların kullanımı kadastral çalışmaları için bir fırsattır.

Yazarların Katkısı

Adem Kabadayı: Literatür taraması, makalenin yazımı.

Alperen Erdoğan: Arazi çalışmasının yapılması, Fotogrametrik verinin dengelenmesi

Çıkar Çatışması Beyanı

Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

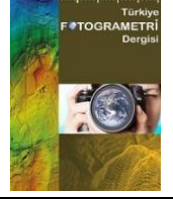
KAYNAKÇA

- [1] Williamson, I, Enemark, S, Wallace, J. & Rajabifard, A. (2010). Land administration for sustainable development. *ESRI Press Academic, Redlands*, 487.
- [2] Henssen, J. (2010). Land registration and cadastre systems: principles and related issues. *Technische Universität München*.
- [3] Ulvi, A. & Yakar, M. (2014). Yersel Lazer Tarama Tekniği Kullanarak Kızkalesi'nin Nokta Bulutunun Elde Edilmesi ve Lazer Tarama Noktalarının Hassasiyet Araştırması. *Harita Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 25-36.
- [4] 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.
- [5] TKGM. (2019). İnsansız Hava Araçları (İHA) ile Kadastral Detay Ölçmeleri, Üretimi ve Kontrol Esasları, *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü*.
- [6] TKGM. (2019). Kadastro Çalışmalarında Kullanmak Amacıyla Fotogrametrik Yöntem ile Sayısal Vektör Harita ve Veri Üretim Rehberi, *Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü*
- [7] Ünel, F. B., Kuşak, L., Çelik, M., Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Kıyı çizgisinin belirlenerek mülkiyet durumunun incelenmesi. *Türkiye Arazi Yönetimi Dergisi*, 2(1), 33-40.
- [8] Ulvi, A., Yakar, M., Yiğit, A. Y. & Kaya, Y. (2020). İHA ve yersel fotogrametrik teknikler kullanarak Aksaray Kızıl Kilise'nin 3 Boyutlu nokta bulutu ve modelinin üretilmesi. *Geomatik Dergisi*, 5(1), 22-30.
- [9] Kabadayı, A. & Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 8-14.
- [10] Alptekin, A. & Yakar, M. (2020). Heyelan bölgesinin İHA kullanarak modellenmesi. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 17-21.
- [11] Alptekin, A., Çelik, M. Ö., Doğan, Y. & Yakar, M. (2019). Mapping of a rockfall site with an unmanned aerial vehicle. *Mersin Photogrammetry Journal*, 1(1), 12-16.
- [12] Kanun, E., Alptekin, A., Karataş, L. & Yakar, M. (2022). The use of UAV photogrammetry in modeling ancient structures: A case study of "Kanytellis". *Advanced UAV*, 2(2), 41-50.
- [13] Karataş, L., Alptekin, A., Kanun, E. & Yakar, M. (2022). Tarihi kârgir yapılarda taş malzeme bozulmalarının İHA fotogrametrisi kullanarak tespiti ve belgelenmesi: Mersin Kanlıdivane ören yeri vaka çalışması. *İçel Dergisi*, 2(2), 41-49.
- [14] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması. *Geomatik*, 2 (1), 11- 17.
- [15] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Uzuncaburç Antik Kentinin İHA Kullanılarak Eğik Fotogrametri Yöntemiyle Üç Boyutlu Modellenmesi. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara.
- [16] Oruç, M. E. (2021). The possibilities of data usage obtained from UAV. *Advanced UAV*, 1(1), 15-23.
- [17] Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M. & Kanun, E. (2020). SfM tekniği ile oluşturulan 3B modellerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılması: Gözne Kalesi örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.
- [18] Yakar, İ., Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Bilgi, S. (2021). Kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında farklı yazılımların karşılaştırılması: Dikilitaş (Theodosius Obeliski) Örneği. *Geomatik*, 6(3), 217-226.
- [19] Beloev, I. H. (2016). A review on current and emerging application possibilities for unmanned aerial vehicles. *Acta technologica agriculturae*, 19(3), 70-76.

- [20] Alptekin, A., Çelik, M. Ö. & Yakar, M. (2019). Anıtmezarın yersel lazer tarayıcı kullanarak 3B modellenmesi. *Türkiye LiDAR Dergisi*, 1(1), 1-4.
- [21] Ayyıldız, E. (2020). İnsansız Hava Araçlarının Kadaströ Çalışmalarında Kullanımı. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 2 (1), 29-32 .
- [22] Nacar, F. (2015). Türkiye'deki Kadaströ Yenileme Çalışmalarında Ortofoto ve Yüksek Çözünürlüklü Uydu Görüntülerinin Kullanılabilirliğinin Araştırılması, *Doktora Tezi*, Selçuk Üniversitesi., Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- [23] Kara Aydınli, S. (2022). Fotogrametrik Yöntemlerin Kadastral Çalışmalarda Kullanımı ve 3 Boyutlu Kadaströ. *Yüksek lisans tezi*, Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- [24] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi ve Kültürel Mirasların Belgelemede Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. TMMOB Harita ve Kadaströ Mühendisleri Odası, 10.
- [25] Yakar, M. (2011). Using close range photogrammetry to measure the position of inaccessible geological features. *Experimental Techniques*, 35(1), 54-59.
- [26] Mırdan, O. & Yakar, M. (2017). Tarihi Eserlerin İnsansız Hava Aracı ile Modellenmesinde Karşılaşılan Sorunlar. *Geomatik*, 2 (3), 118-125.
- [27] Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (2), 50-55.
- [28] Oruç, M. E. (2021). Küçük objelerin modellenmesinde videogrametri ve fotogrametri yöntemlerinin karşılaştırılması üzerine bir çalışma. *Türkiye Fotogrametri Dergisi*, 3(2), 62-68.
- [29] Oruç, M. E. (2021). The possibilities of data usage obtained from UAV. *Advanced UAV*, 1(1), 15-23.
- [30] Yakar, M. & Doğan, Y. (2019). 3D Reconstruction of Residential Areas with SfM Photogrammetry. *Conference of the Arabian Journal of Geosciences*, Hammamet, Tunisia, 73-75.
- [31] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 37, B3b.
- [32] Yılmaz, H. M., Yakar, M. & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.
- [33] Yılmaz, H. M. & Yakar, M. (2000). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1.



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



360 Derece Panoramik Sanal Tur Uygulaması Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesi Örneği

Serhat Ünver*¹, Ali Ulvi²

¹Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri, Mersin, Türkiye

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

Anahtar Kelimeler

Sanal Tur,
Panoramik Görüntü,
Sanal Gerçeklik,
Kullanılabilirlik.

ÖZ

Günümüzde sayısal fotoğrafçılığın ulaştığı son noktalardan birisi de sanal gerçekliktir. Fotoğrafta sanal gerçeklik; konuyu sonsuz bir görüş açısıyla interaktif (etkileşimli) olarak potansiyel kullanıcıya sunulmasıdır. Bu gerekçeler ışığında, 360 derece panoramik sanal tur uygulama örneğinin Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesinde oluşturulması düşünülmüştür. Yürütülen çalışmada, genel tarama modellerinden literatür incelemeleri, nitel ve 360 derece panoramik fotoğraf çekimlerinin sayısal ortamda işlenmesi vb. işlemlerin gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Bu çalışma ile öğrenci ve velilerin yerleşkeyi sanal tur ile gezebilmesi, yeni gelen öğrencilerin yeni yaşam dönemine kolay uyum sağlayabilmelerine olanak sunan bir uygulamanın geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

360 Degree Panoramic Virtual Tour Application (Campus of Mersin University Çiftlikköy Campus)

Keywords

Virtual Tour,
Panoramic View,
Virtual Reality,
Usability.

ABSTRACT

One of the last points reached by digital photography today is virtual reality. Virtual reality in photography; is to present the subject to the potential user interactively with an endless perspective. In the light of these reasons, it is thought that a 360-degree panoramic virtual tour application example will be created in Mersin University Çiftlikköy Campus. In the study to be carried out, literature reviews from general scanning models, digital processing of qualitative and 360-degree panoramic photo shoots, etc. will be carried out. transactions are targeted. With this study, it is aimed to develop an application that allows students and parents to visit the campus with a virtual tour, and that allows new students to easily adapt to the new life period.

1. GİRİŞ

Tarih boyunca insanlar anıları kalıcı hale getirmek ve gözleriyle gördüklerini bir yüzey üzerinde gözle gördükleri şekilde görmek ve saklamak için hayal kurmuşlardır. Bu amacın ana makinesi olan fotoğraf makineleri de zamanla küçülüp biçim olarak değişirken donanım olarak da ışık, pozlama, film sarma gibi birçok sistemin daha kolay olduğu bir hal almıştır. Günümüzde ise teknolojinin gelişmesiyle beraber fotoğraf teknolojisi de değişmiş, fotoğraf anlayışı ise dijital (sayısal) fotoğrafçılıkla beraber sadece kâğıt üzerinde kalmayıp sanal ortamı da içerisine almıştır. Fotoğrafta sanal gerçeklik ise dijital fotoğrafçılığın geldiği son noktalardan biridir. Belirlenen bir konunun 360×360 görüş açısıyla etkileşimli (interaktif) olarak kullanıcıya sunulması fotoğrafta sanal gerçekliğin bir parçasıdır. Fotoğrafta sanal gerçeklik birçok yenilik getirmiş olsa da bunlardan en önemlisi kullanıcıya etkileşimli olarak sansuz bir görüş açısı sağlayan ve bütün nesnelerin bilgisayar ortamında yüksek çözünürlükte sunan panoramik sanal tur teknolojisidir [1].

360 derece sanal turlar, panoramik sanal tur teknolojisi göz önüne alındığında en çok tercih edilen sanal tur uygulamasıdır. Bu uygulamalar kullanıcıların gerçeklik hissiyatını üst düzey yaşaması için yatay ve düşey ekseninde tam bir gezinme imkânı sunmaktadır. Bununla beraber hareketli görsel ve nesnelere görsel zenginliği artırırken, kullanıcıyı yönlendirerek rehber görevi gören yazı ve medya uygulamaları da kullanıcıya gezdiği mekân hakkında bilgi vererek fikir yürütmesine yardımcı olmaktadır [2]. 360 panoramik turlar ile ilgili literatür incelendiğinde bu konuda çok sayıda çalışma olduğu sonucuna varılmış ancak bunların büyük birçoğunun konuyla ilgili bilgilerin derlendiği çalışmalar olduğu, uygulamalı çalışmaların ise az bir kısmı kapsadığı görülmüştür [2, 3, 4]. Bu nedenle, Mersin Üniversitesi Çiftlikköy yerleşkesi üzerinde 360 derecelik panoramik sanal tur uygulaması oluşturularak literatürde eksikliği olan uygulamalı çalışmalara katkı sağlamak amaçlanmıştır. Bu panoramik sanal tur sayesinde öğrenci ve velilerin Mersin Üniversitesi Çiftlikköy yerleşkesini rahatça gezebilmeleri ve yeni gelen öğrencilerin de kolay uyum sağlamaları amaçlanmaktadır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMALARI

2.1. Sanal Gerçeklik

2.1.1. Sanal Gerçekliğin Tanımı

Birbirine zıt olan sanal kavramı ve gerçeklik kavramı birleştirilerek sanal gerçeklik kavramı üretilmiştir. Latince virtualis kelimesinden köken alan sanal sözcüğü Türk Dil Kurumu'na göre farazi, gerçekte var olmayıp zihinde tasarlanan, mevhum, tahminî gibi anlamlar taşımaktadır. Gerçeklik kelimesi ise Türk Dil Kurumu'na göre hakikat, şeniyet, var olan, gerçek olanların tamamı olarak tanımlanmaktadır [5].

Birbirine zıt bu iki terimin birleştiği sanal gerçeklik ise kullanıcılara bilgisayar ortamında tasarlanmış ancak

gerçeğe oldukça benzeyen bir sanal dünya sunmayı amaçlayan bir simülasyondur [6]. 3 boyutlu videoların kullanılarak gerçeğe yakın görsel bir deneyim oluşturan sanal gerçeklik kullanıcıya gerçek dünyada olduğunu düşündüren bir teknoloji ürünüdür [7].

Bilgisayar ve tabletler sanal gerçekliğin temelinde yatsa da bu amaçla kullanılan sanal gerçeklik gözlükleri de bulunmaktadır. Sanal gerçeklik gözlükleri telefon ekranındaki görüntüyü sağ ve sol olmak üzere ikiye bölerek yansıtır. Görüntünün tek ekran olarak kullanıcıya yansımaları ve sanal gerçekliğin oluşması ise gözlüğün içerisindeki mercekler sayesinde olmaktadır [8].

2.1.2. Sanal Gerçekliğin Kullanıldığı Alanlar

Sanal gerçeklik teknolojisi her ne kadar yüksek fiyatlı bir teknoloji olsa da pek çok alanda kullanılması mümkün bir teknolojidir. Bu teknolojinin kullanımı ile ilgili ilk aklı gelen alanlardan biri eğlence ve oyun sektörüdür. Ancak bununla beraber eğitim-öğretim, rehabilitasyon, turizm, sağlık, askeriye, mimari sektöründe de sanal gerçeklik teknolojisinin izlerini görmek mümkündür [9].

Eğitim sektörü düşünüldüğünde sanal gerçeklik teknolojisinin tıp, askeri, havacılık, matematik ve fen bilimleri eğitimlerinde kullanılması eğitim kalitesinin artırılması açısından son derece önem taşımaktadır. Bunlara örnek olarak laboratuvarlarda ortamların kolaylaştırılarak yüksek maliyetli ve dış ortama tehlikeli sonuçlar doğurabilecek deneylerin güvenli şekilde ve sorunsuzca yapılması verilebilir [10]. İlerleyen zamanlarda ise kullanıcıların reyonları sanal bir şekilde gezildiği sanal market uygulamalarının da artması beklenmektedir. Sağlık sektöründe ise yıldızı parlayan sanal gerçeklik teknolojisinin birçok faydası bulunmaktadır. Günlük hayatta iletişim ve fiziksel aktivite konusunda sorun yaşayan çocukların eğitilmesinde sanal gerçeklik teknolojileri kullanılarak günlük hayata daha hazır hale getirilmeleri amaçlanmaktadır [11].

Tıp eğitiminde ayrıca cerrahi uygulamalarda da sanal gerçeklik kullanılarak tıp eğitiminin kalitesinin artırılması amaçlanmaktadır [12]. Tecrübesiz hekimlerin sanal gerçeklik ortamında becerilerini deneyerek hatalarını bu sanal ortamda yapmaları hem hastalar hem de hekimler açısından oldukça olumlu olmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojileri cerrahi alanda teleoperasyon denilen ve cerrahın minimal cerrahi işlemleri uzaktan robotlar aracılığıyla yapmasını sağlayan bir teknoloji olarak da kullanılmaktadır [13]. Ayrıca günümüzde sanal kadavra denilen bir uygulamadan da bahsedilmektedir. Bu uygulama sayesinde öğrencilerin internet ortamında sanal kadvraları parçalayıp öğrenmesi sağlanmaktadır [14].

Bu teknolojilerin sağlık alanında diğer bir kullanım alanı ise hastaların yaşadığı endişenin azaltılması yönündedir. Sunulan bu teknolojiler hekimler, hemşireler ve diğer sağlık çalışanlarına kolaylık sağlarken verilen hizmetin kalitesini ve verimini de arttırmaktadır. Bu teknolojilerin klinik olarak kullanımı tüm dünyada onaylanmış ve giderek de

yaygınlaşmaktadır [15]. Örnein çocuklarda ağrı ve anksiyeteye neden olan aşı uygulamaları için uygulama sırasında sanal gerçeklik kullanılarak çocukların dikkatini acıdan başka bir yere dağıtmak mümkün olabilir [16].

Sanal gerçekliğin yoğun olarak kullanıldığı alanlardan biri ise mimarlık alanıdır. Sanal gerçeklik ile yapılmış olan çizimlerin henüz tasarım aşamasında sanal benzerleri yaratılarak sanal turlar yapmak mümkün olmaktadır. Sanal gerçeklik uygulamalarının CAD yazılımlarından öne geçmesinin sebeplerinden biri mekân içerisinde gezme olanağı sağlamasıdır. Bu da hem müşteri hem de tasarımcı için gerçeklik hissini son noktaya taşıyarak tasarımların daha iyi yapılmasını sağlamaktadır. Bu uygulamalar ile yapılacak olan mimari tasarımın yalnızca estetik görünümüne bakılmakla kalmaz aynı zamanda güvenlik testleri de sanal ortamda yapılabilir. Yalnızca bir bina ya da bir tasarım için geçerli olan tüm bu teknolojiler koca şehirler için de kullanılmaktadır. Şehir tasarımcıları da sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak şehir içerisinde gezebilir, şehri inceleyebilir ve sınırları belirleyebilir. Bunlar gibi sanal tur uygulamaları günümüzde müzeler için de kullanılmaktadır. İnternet ortamında hazırlanan sanal müze turları ile müze eserleri, müze ortamı, mekân ve özellikleri uzaktaki kullanıcılar için gezilebilir hale gelmektedir. Tasarımlar üç boyutlu yazılımlar ile modellendikten sonra real time render motoru yazılımları ile sanal turlar için hazır hale gelmektedir [2].

Son zamanlarda sanal gerçeklik turizm alanında da fazlasıyla karşımıza çıkmaktadır [17]. Potansiyel müşterilere kapsamlı algısal bilgiler sağlayan sanal gerçeklik turizmin pazarlama potansiyelini de arttırmaktadır. Sanal gerçekliğin sağladığı bu imkanlar turizm için oldukça yararlıdır çünkü müşterilerin test edemediği ve üzerinde kararsız kaldığı turizm ürünleri için önceden test imkânı sağlayarak turizm ürünlerine olan güveni arttırmaktadır. İnternet pazarlamacılığını turizm sektörü için önemi de bu açıdan ortaya çıkmaktadır ve sanal gerçeklik turizm ürünleri için karar vermeye çalışan potansiyel turistlere zengin veri akışı sağlamaktadır. Örneğin, bir ada tatili yapmak isteyen ancak kararsız kalan potansiyel müşteriler sanal gerçeklik teknolojisi ile Hawaii, Virgin Adaları, Seyşeller, Maldivler, Jamaika gibi adalarda sanal turlar yaparak tatil beklentilerini de daha gerçekçi şekilde hazırlamaktadır. Birçok otel sanal gerçekliğin bu avantajını bildiği için müşterilerine internet ortamında otellerini ve otel çevrelerini gezmeleri için fırsat sunmaktadır. Wikitude World Browser, Yelp Monocle, Tagwhat, Crumbs gibi uygulamalar turizm destinasyon pazarlaması için en çok kullanılan uygulamalar arasındadır. Bu uygulamalar ile potansiyel müşteriler oteli ve çevresini sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak gezebilmektedir. Bu nedenle sanal gerçeklik yani VR teknolojisi turizm sektöründe güçlü bir pazarlama aracı olarak kabul edilmektedir [18]. Kullanılan sanal gerçeklik teknolojisinin gerçeğe yakınlığı ile turizm sektöründe başarısı doğru orantılı olarak seyretmektedir [19]. Taşınması ve sunulması zor olan turizm ürünleri sanal gerçeklik ile üç boyutlu ve gerçeğe yakın hale getirilerek müşterilere sunulmaktadır [20]. Sanal gerçeklik turizm destinasyonlarını gezmenin

yanında tarihi olayların sunumu konusunda da avantaj sağlamaktadır. Tüketicilerin sanal gerçeklik ile tatil planları hakkında tüm bilgilere erişmesi mümkün olmaktadır. Örneğin hedef varış yerleri, oteller ve restoranların ön izlemeleri, turistik tesisler hakkında genel bilgiler sanal gerçeklik ile kullanıcılar tarafından ulaşılabilir hale gelmektedir. Turizmde sanal gerçeklik uygulamaları ile kullanıcı deneyimleri büyük oranda iyileştirilebilmektedir ve otel müşterilerine uzaktan oteli ve odalarını gezdirebilmektedir [21]. Rezervasyon uygulamalarının internet üzerinden yapılması sanal ortamın giderek yaygınlaştığı günümüz dünyasında oldukça önemli bir avantajdır [22]. Sanal gerçeklik teknolojileri misafirlerine odalarını 360 derece gezme imkânı sunarak tatil deneyimini iyileştirmek amacıyla oteller ve yan endüstrileri tarafından sıklıkla kullanılmaktadır [23].

2.2. Panoramik Fotoğraf

2.2.1. Panoramik Fotoğrafın Tanımı

Yunanca bütün anlamına gelen “pan” ve görüş anlamına gelen “horoma” sözcükleri birleştirilerek panorama sözcüğü oluşturulmuştur [24]. Tek açıdan geniş görüntülerin elde edilmesiyle ortaya çıkan geniş açılı fotoğraflar panoramik fotoğraf olarak tanımlanmaktadır. Teknolojik gelişmelerin de fotoğraflarda geniş açı elde edebilmek için aynalar ve merceklerle sunduğu modern yöntemler vardır. Panoramik görüntü sistemlerinin avantajları tek bir görüntü ile bize geniş ölçüde bilgi vermesi, bu bilginin izlenebilirliğinin olması, üretimi kolaylaştırması, sürecini hızlandırması, gerçeklik algısını arttırması ve görüntü keskinliği sağlaması olarak sıralanmaktadır [25, 26].

Objelerin sunduğu görüntü açıklığına bağlı olarak da panoramik fotoğraf ile 5 ile 280 derece arasında görüntü sunmak mümkündür. İnsan gözünün algılama derecesi ise yatay düzlemde 180 dereceye kadarken dikey düzlemde 135 dereceye kadardır. Geniş açılı ekipmanlar ve yazılımlarla görüntülerde daha geniş alanlar sunan geniş açılı fotoğraflar olarak da adlandırılan görüntüler panoramik görüntülerdir. Temel yöntem fotoğraf makinelerinin algılayamayacağı genişlikte fotoğraflar elde etmek için birçok fotoğrafı birleştirmektir. Bu sistem geçmiş yıllarda tek tek manuel olarak yapılırsa da günümüzde gelişen teknolojinin de yardımıyla panoramik fotoğraf makineleri, akıllı telefonlar gibi ekipmanlar ve photoshop gibi yazılımlarla bunu yapmak mümkün olmaktadır [24].

2.2.2. Panoramik Fotoğraf Çekim Tekniği

Panoramik fotoğraf çekiminin en önemli Panoramik fotoğraf çekiminin en önemli aşamalarından biri olan ilk aşaması kadrajın belirlendiği aşamadır. 180 derece ve daha fazla açığı içerisine alan panoramik fotoğraflarda kadrajda bulunan potansiyel ilgi merkezi olabilecek öğelerin fazla olması fotoğrafçının temiz bir görünüm oluşturmasını zorlaştırır. 360 derece olan tam dögünlü panoramalar olarak bilinen fotoğraflarda ise temel sorun

fotoğrafçının nesnelerin fotoğraf içerisindeki konumunun ayarlayamamasından kaynaklanmaktadır. Bu sorun döngüsüz panoramalarda kullanılan bakaç adı verilen bir mercekle ortadan kaldırılabilir. Kısa döngülü panoramalarda ise bu aparat kullanılarak kompozisyonun temel sınırları çizilebilir. Bu makinelerle ve fotoğrafçının tecrübelerine dayanan ön görüşleri ile etkili bir kompozisyon oluşturulabilir [2].

Panoramik fotoğrafın diğer unsurları olan mesafe, odak uzaklığı, panorama açısı ve görüntü oranı gibi unsurlar fotoğraf içerisindeki mekân ya da nesne vurgularında etkin rol üstlenmektedirler. Mekân vurgusunu güçlendirmek için uzaklığın artması ve panorama açısının genişlemesi sağlanarak dikkatin ufuk çizgisi üzerinde yoğunlaşması sağlanabilir. Bunun tam tersi yapıldığında ise oran farkı azaltılacak ve kompozisyon içerisindeki düşey çizgilerin dolayısıyla nesneye olan vurgunun arttığı gözlemlenecektir [27, 52-57].

Kullanılan objektifin yapısına da bağlı olarak panoramik fotoğrafların oluşması için belirli sayıda fotoğrafın art arda çekilmesi gerekir. Bu görüntüler üst üste binme yüzdeleri %30 ile %50 arasında olacak şekilde birleştirme yazılımları tarafından birleştirilir ve panoramik fotoğraf oluşturulur. Şekil 2.1'de panoramik fotoğrafların çekildiği alan gösterilmiştir.



Şekil 1. %40 oranında üst üste bindirilen ardışık çekimler.

360 derecelik tam dönen bir panoramik fotoğrafı oluşturmak için ise görüntülerin belirli sayılarda ve belirli objektif açısıyla çekilmesi ve uygun üst üste bindirme oranı kullanılması gereklidir. Çok fazla sayıda fotoğraf karesi çekmek 360 derece panoramik fotoğraflar için oldukça önemlidir. Kullanılan objektifin odak uzunluğu fotoğrafların üst üste binme oranı ve çekilecek fotoğraf sayısını belirleyen temel unsurlardan bir tanesidir [28].

2.2.3. Panoramik Fotoğrafın Uygulama Alanları

Fotoğraf tarihi içerisinde 175 yıllık bir süreci kapsayan panoramik fotoğraf, bu süreçte kendine özgü özellikleri ile sanatsal anlamda kendini kanıtlamıştır. Farklılık peşinde koşan birçok fotoğrafçı sıra dışı teknolojisi ve formatıyla öne çıkan panoramik fotoğraf sanatının peşine düşmüştür [26, 54-58]. Panoramik

fotoğraf birçok farklı çeşit ile karşımıza çıkmaktadır. Bunlar anı panoramaları, manzara panoramaları, belgesel panoramaları, endüstriyel ve mimari panoramalar olarak sıralanmaktadır.

2.2.4. Sanal Gerçeklik Bakımından Panoramik Görüntüler

Oluşturulmak istenen uygulama amacına göre sanal gerçeklik bakımından panoramik görüntüleri sınıflandırmak mümkündür. Günümüzde yazılımlar kullanılarak panoramik görüntülerin türlerini değiştirmeyi sağlayan ek yazılımlar bulunmaktadır. Panoramik görüntü türleri aşağıda sıralandığı üzere 4 (dört) ana başlığa ayrılmıştır.

- Düz Panorama
- Silindirik Panorama
- Kübik Panorama
- Küresel Panorama

2.2.5. Yazılımlar

Görüntülerin geniş bir açı sağlamak amacıyla çeşitli ekipmanların yanında yazılımlar da kullanılarak üretilen geniş açılı görüntüler panoramik görüntü olarak adlandırılmaktadır. Makinelerin göremeyeceği genişlikte alan sıra sıra fotoğraflar birleştirilerek panoramik görüntü olarak sunulabilir. Dikkat edilmesi gereken asıl nokta ise düzgün bir görüntü oluşturmak için fotoğrafları belirli bir oran ile birleştirilmesidir. Bu şekilde 360 derecelik bir alan tek bir fotoğraf üzerinde gösterilmiş olur. Görüntülerin 360 derece döndürülebilir hale getirilmesi ise çeşitli yazılımlar yardımı ile olmaktadır. 360 derecelik görüntüler yazılımlar ile küreye giydirilip sunulduğunda kürenin merkezindeki kullanıcıya sanki oradaymışçasına bir görüş açısı sunmakta ve kişinin etrafına bakarak ortamı keşfedebilmesini sağlamaktadır [29, 59-60].

2.2.6. İnsansız Hava Araçları

Kamera, sensör ve iletişim ekipmanlarını uzaktan kontrol sistemi ile bir insanın sürüşüne gerek duymadan kullanılan yarı otomatik ya da tam otomatik araçlar insansız hava aracı yani İHA olarak adlandırılmaktadır. İnsan ile kullanılan klasik hava araçlarına göre oldukça küçük bir yapıya sahip olan insansız hava araçları bu yönleri ile daha ekonomik ve daha pratik olmaktadır. Savaş güçleri düşünüldüğünde İHA'ların askeri anlamda da birçok faydaları bulunmaktadır [30].

İlk olarak Birinci Dünya Savaşı sırasında insansız hava araçları kullanılmıştır. Haritalandırma, izleme, keşif gibi askeri hareketler için İHA'lar oldukça yararlıdır. İlk olarak 1979 yılında Przybilla ve Wester-Ebbinghaus tarafından geomatik uygulamalar için sivil çalışmalar geliştirilmiştir. Yalnızca askeri alanlarda değil yol, tren yolu, otoban ve modern haritalılık gibi birçok disiplin içerisinde de İHA'lar kullanılmaktadır. İnsan kullanımına gerek kalmadan kullanıldıkları için insan yaşamı için risk taşıyan afet bölgelerinde de İHA'lardan yararlanmak mümkündür [31].

Haberleşme, otomatik yönlendirme gibi uygulamalarda sanal gerçeklik kullanımı 3 boyutlu modelleme gerekliliğini de beraberinde getirmektedir. Örnek olarak endüstri kalite değerlendirme işlemlerini, afet öncesi ve sonrası değerlendirmelerini, turizm ve mimarlık alanlarında binaların 3B modellemelerinin oluşturulmasını örnek vermek mümkündür. İHA'ların bu tür çalışmalar için de etkin kullanımı görülmektedir [32].

Günümüzde özellikle de fotogrametri haritacılık alanında insansız hava araçlarının önemli bir yeri bulunmaktadır. Farklı programların da yardımıyla fotogrametrik harita üretimi sağlanabilmektedir. İnsansız hava araçları da bu sektörde görüntü almak için kullanılan bir platform olarak karşımıza çıkmaktadır [33-48].

İHA'lar içerisine yerleştirilen kullanım amaçlarına göre değişen farklı algılayıcı sistemler uzaktan algılama ve fotogrametri alanlarında kullanılmaktadır. Genel olarak termal ve kızıl ötesi kameralar, LİDAR sistemler, dijital ve video kameralar tek tek ya da birleştirilerek kullanılarak bu algılayıcı sistemlerin temelini oluşturmaktadır [49].

GPS alıcısı, kamera gibi sistemlerle donatılmış olan insansız hava araçları ile gelişmiş üst düzey haritalar elde etmek mümkündür. Boyutu küçük olan İHA'lar hızlı hareket etmelerinin yanında hafif ağırlıktaki kaliteli görüntü çekebilecek kameraları da taşıyabilirler. Bu kameralar yüksek görüntü kaliteli fotoğrafları seri şekilde çekmek üzere ayarlanabilmelerinin yanında ucuz ve hafif hafıza donanımlarıyla ekonomik de bir yarar sağlarlar. İHA'ların mekânsal olarak doğruya yakın sonuçlar elde etmesini sağlayan ekipmanlar GPS ekipmanlarıdır. İHA'ların gerçek zamanlı bilgiye ulaşmasının büyük bir önemi olmadığı için bu bilgiyi sağlayacak olan karmaşık ve ağır veri linklerini yanlarında taşıması gerekli değildir. İnsansız hava araçları uçuşunu ve çekimlerini tamamladığında iniş gerçekleştirilir ve elde edilen görüntüler belirli yazılımlar aracılığıyla geometrik düzeltmeler ve coğrafi koordinat uygunlukları ayarlanarak birleştirilir ve harita elde edilir [31].

2.3. Sanal Tur

Sanal gerçeklik teknolojisinin hareketli tasarımlar, yazı ve görüntülerle desteklenip kullanıcılara sanal ortamda bilgi, tanıtım ve hizmet sunmayı amaçlayan turlar düzenlenmesi sanal tur olarak adlandırılır. Sanal ortamların tanımlamalarında gerçek fiziki mekân ile sanal mekânın farklarından, oluşum biçimlerinin farklılığından ve sanal ortamın kendine özgü farklı bir algısı olduğundan bahsedilmektedir. Bu anlamı ile sanal mekânların gerçek mekân baz alınarak sanal ortamda gerçekliğin bir benzerini oluşturma amacıyla ortaya çıktığını söylemek mümkündür. Görsel modelleme dili ve simülasyon teknikleriyle oluşturulan sanal ortamların mümkün olduğu kadarıyla gerçek mekân algısına yakın bir algı yaratmaya çalıştığı söylenebilir [50].

Sanal müzecilik uygulamaları sanal tur ifadesinin ve benzeri uygulamaların temeli olarak görülebilir. Günümüz modern müzeciliğin bağlamını en iyi yansıtan müzecilik türü sanal müzecilik olarak karşımıza

çıkılmaktadır. Dünyanın önde gelen müzelerinden "Londra British Museum" ve "New York Metropolitan Museum" gibi müzeler uzaktan müzeyi gezmek isteyen kullanıcılar için sanal tur uygulamalarını ve günümüz teknolojileri kullanarak dünyanın her yerinden ziyaretçiye müzelerini gezmeye imkân sağlamaktadır. Bu da müzelerin koleksiyonlarını ve sergilerini hızla dünyanın her yerinden insana sanal tur ile ulaştırmasına imkân sunmaktadır [2].

Sanal turlar 2 boyutlu, 3 boyutlu ve 360 derece panoramik sanal turlara olarak üç farklı çeşitle karşımıza çıkmaktadır. Eğitimsel broşür içerikleri genel olarak iki boyutlu turlarla sunulmaktadır. Bu turlar gerçeklikten ziyade içeriği kişilere ulaştırmayı amaçlayan turlardır. Gerçeğin birebir yansıtılmasını amaçlayan turlar ise üç boyutlu sanal turlardır. Bu turlar kullanıcıya interaktif bir ortam sunarak gerçeğe yakın bir deneyimi kullanıcılara oyun ve eğlence amacıyla yüksek seyir zevkiyle sunmaktadır [51]. 360 derece panoramik sanal turlar ise en çok tercih edilen sanal turlar arasındadır. 360 derece panoramik sanal turların maliyeti diğer turlara göre düşüktür, yapım süresi daha kısadır ve internet ortamında yayınlanması oldukça kolaydır bu da bu turların her geçen gün daha popüler hale gelmesini sağlamaktadır [52].

2.4. Sanal Turla İlgili Araştırmalar

Pantano ve Servidio 2009 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında sanal gerçeklik kullanımının turistlerin destinasyon seçimini nasıl etkileyeceği üzerinde çalışmışlardır. Çalışma sonucunda, Sanal gerçeklik kullanılarak oluşturulmuş ortamların turistlere sürükleyici ve interaktif bir sanal deneyim sunduğu ve turistlerin destinasyon seçimi üzerinde etkili olduğu sonuçlarına ulaşmışlardır. Ayrıca, sanal gerçeklik uygulamalarının potansiyel turistlere bir yeri önce sanal ortamda ziyaret etmelerini sağlamak suretiyle, onların turistik destinasyonları fiziki olarak da ziyaret etmeye teşvik ettiğini tespit etmişlerdir [53].

Osman, Wahap ve İsmail 2009 yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, turistik yerler için kullanılmak üzere bir sanal tur prototipi geliştirilmeyi amaçlamışlardır. Çalışma sonucunda, geliştirilen sanal tur uygulamasına turistlerin olumlu yaklaştığı ve araştırmaya katılan tüm turistlerin sanal tur uygulamasıyla tanıtılan destinasyonu ziyaret etme niyetinde olduğu saptanmıştır. Ayrıca, web sitelerinde ve broşürlerde yer alan hareketsiz görüntülerde kıyaslandığında sanal turun turizmi teşvik etmek için daha kullanışlı olduğu sonucuna varılmıştır [54].

Derman 2012 yılında gerçekleştirdiği çalışmada, sanal gerçeklik, panoramik görüntü ve sanal tur uygulamasına ilişkin literatür bilgisine yer vermiş ve bir sanal tur uygulamasının nasıl gerçekleştirileceğini ayrıntılarıyla anlatmıştır. Buna ek olarak, çalışma kapsamında Dumlupınar Üniversitesine yönelik bir sanal tur uygulaması da oluşturularak sanal tur uygulamalarının pratik hayatta karşılığının olduğunu ortaya koymuştur [2].

Kaleci, Tepe ve Tüzün 2017 yılında gerçekleştirdikleri çalışmalarında giyilebilir sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak sanal gerçeklik ortamında tarihi yerlerin deneyimlenmesi sırasında karşılaşılabilecek sorunların belirlenmesi ve bu sorunlara çözümler bulmayı amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda, sanal tur uygulaması sırasında karşılaşılabilecek muhtemel problemlerin giderilmesi için görüntü kalitesinin iyileştirilme yapılması, hareketsiz olan nesnelere hareket özelliği kazandırılması gibi çeşitli tavsiyelerde bulunmuşlardır [55].

Taşkıran ve Kızılırmak tarafından 2019 yılında gerçekleştirilen çalışmada müze için oluşturulan sanal tur uygulamasının çalışmaya katılanlarda müzeyi fiziki olarak ziyaret etme arzusu uyandırıp uyandırmadığı araştırılmıştır. Ayrıca, katılımcılara sanal tur uygulaması ve müzeyi fiziki olarak ziyareti karşılaştırmaları istenmiştir. Çalışma sonucunda, sanal tur uygulamasının katılımcıları müzeyi fiziki olarak ziyaret etme konusunda yeterince isteklendirmedeği tespit edilmiştir. Ayrıca, müzeyi fiziki ziyaret sırasında hissedilen atmosferin sanal tur uygulamasında yeterince hissedilmediği ve bu yüzden sanal tur uygulamasının geliştirilmesi gerektiği sonucuna ulaşılmıştır [56].

Polat ve Tamsü-Polat 2020 yılında gerçekleştirmiş oldukları çalışmalarında koordinatlı hava fotoğraflarını kullanarak Eskişehir İlinin, Han İlçesinin kuzeybatısında Yazılıkaya Köyü sınırları içerisinde yer alan Yazılıkaya/Midas Kale'nin ve tüm vadinin üç boyutlu görüntülerini elde etmişlerdir. Bununla birlikte, Yazılıkaya Vadisi'nin panoramik görüntüsü oluşturarak vadinin içinde bulunan kalelerle birlikte incelenmesini ve bu sayede topoğrafyanın bütüncül bir şekilde anlaşılmasını sağlamışlardır. Elde ettikleri görüntülerin üzerine arkeolojik verileri de ekleyerek, alanda yaptıkları tüm çalışmaları web ortamında açık erişime açmışlardır. Ayrıca, çalışma kapsamında vadi genelinde uyguladıkları tüm aşamalarda izledikleri yöntemleri açıklamış, arkeolojik kazılarda 360 derece panoramik görüntüler ve 3B modeller üretilmesi için gerekli olan tüm işlemleri anlatmışlardır [3].

3. KÜRESEL PANORAMA ÜRETİMİ

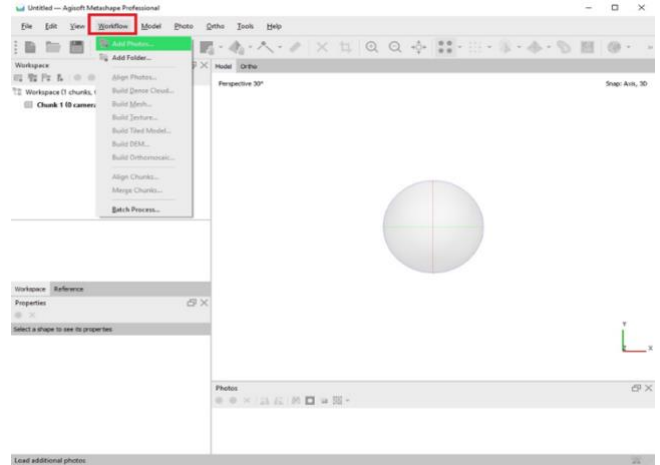
Bu bölümde Agisoft Metashape programını kullanarak elimizdeki .jpeg uzantılı coğrafi koordinatlı resim verilerini koordinatlarına göre birleştirerek panoramik görüntülerin oluşturulması anlatılmıştır.

Çalışmada DJI Phantom 4 insansız hava aracı kullanılmıştır. Bu cihazda sabit kamera sistemi bulunmaktadır. Bu kamera Şekil 2'de gösterilmiştir.

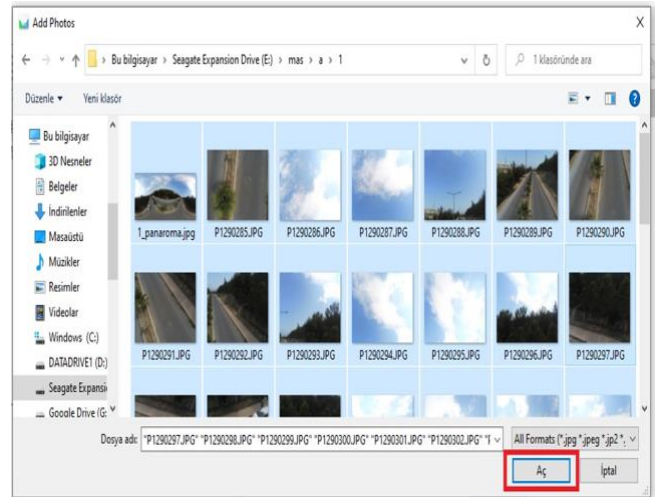


Şekil 2. DJI Phantom 4 kamera

Şekil 3'te gösterildiği gibi Workflow (İş Akışı), Add Photos (Fotoğraf Ekle) ile projeye giriş seviyesinde bir İHA olan DJI Anafi Parrot ile coğrafi koordinatlı olarak çekilmiş .jpeg uzantılı düz fotoğrafları ekleyin. Ardından açılan sayfada fotoğrafları seçin ve Open (aç) butonuna tıklayın (Şekil 3).

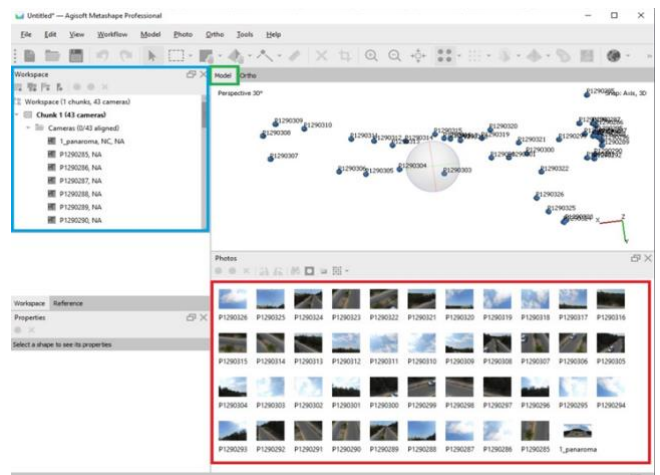


Şekil 3. Proje görüntü ekleme butonu.



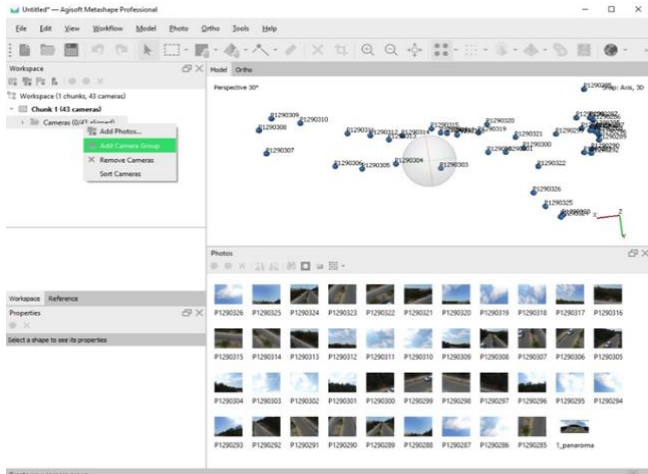
Şekil 4. Projeye görüntü ekleme.

Kamera İstasyonunu Ayarlamak için: Çalışma Alanı bölmesinde tüm kameraları seçin (Şekil 4).

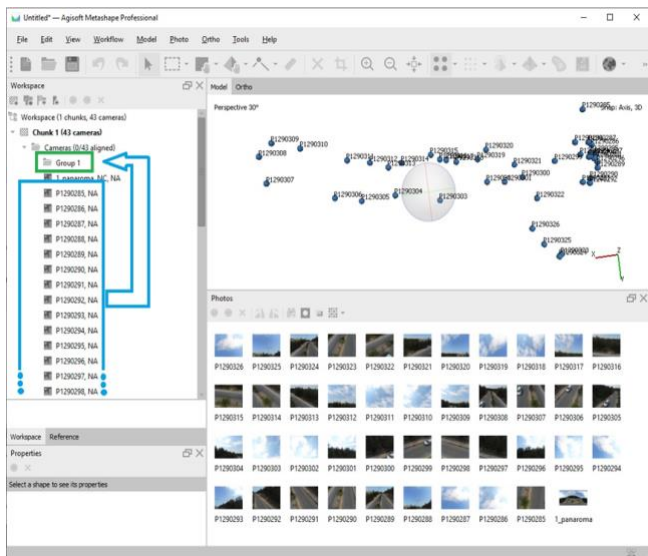


Şekil 5. Projeye eklenmiş İHA görüntüleri.

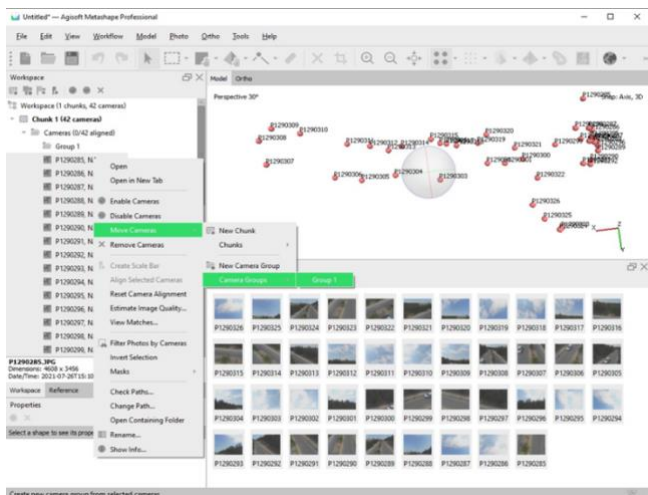
Şekil 5'te seçilmiş görüntülere sağ tıklayın ve açılan menüden Add Camera group diyerek yeni bir kamera grubu ekleyiniz (Şekil 6). Daha sonra Move Cameras (Kameraları Taşı) > New Camera Group (Yeni Kamera Grubu'nu) seçerek (Şekil 7, 8) mevcut kameraları yeni kamera grubuna taşıyınız.



Şekil 6. Projeye yeni kamera grubu ekleme.

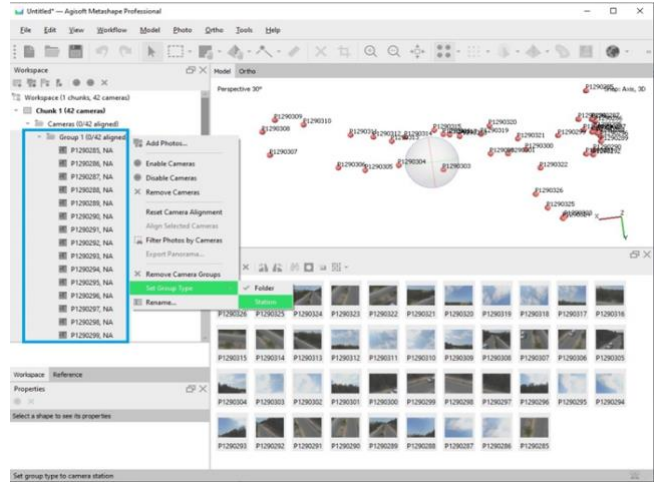


Şekil 7. Projedeki görüntülerin yeni kamera grubu için seçilmesi.



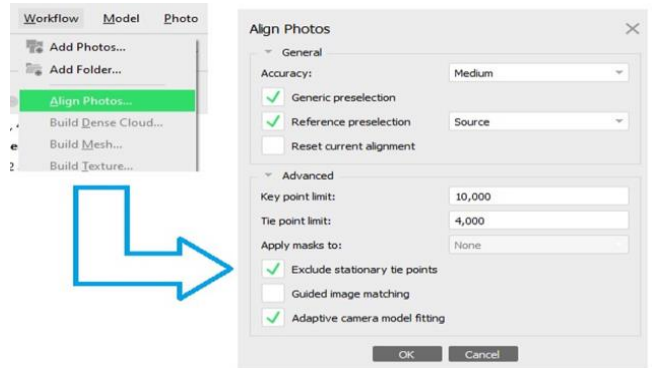
Şekil 8. Projedeki görüntüleri yeni kamera grubuna taşıma.

Ardından Çalışma Alanı bölmesinde kamera grubu etiketine sağ tıklayın ve set the group type (grup türünü) Klasör'den İstasyon'a ayarlayın (Şekil 9).

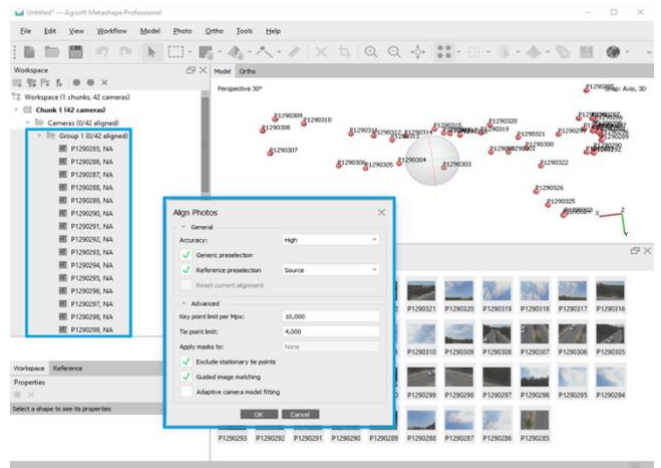


Şekil 9. Projedeki görüntülerin grup türünü İstasyona dönüştürme.

Şekil 9'da gösterildiği üzere istasyon türüne dönüştürülen kamera grubunu hizalama işlemi yapılmalıdır. Bunun için Şekil 10'da gösterildiği üzere Workflow (iş akışı) > Align photos (fotoğrafları Hizalama) işlem adımlarını izleyiniz (Şekil 3.10).

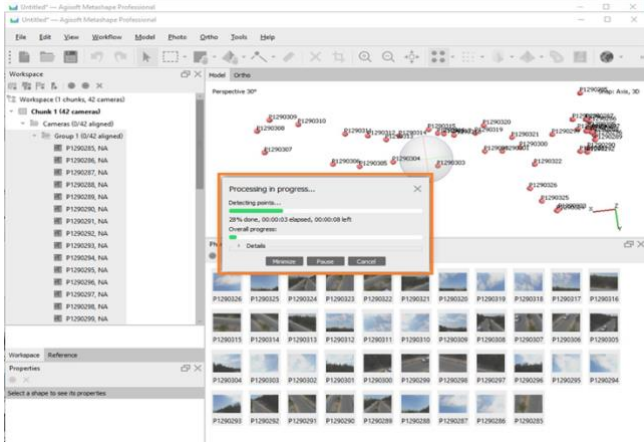


Şekil 10. Projedeki görüntülerin hizalanması için gerekli ayarlar.



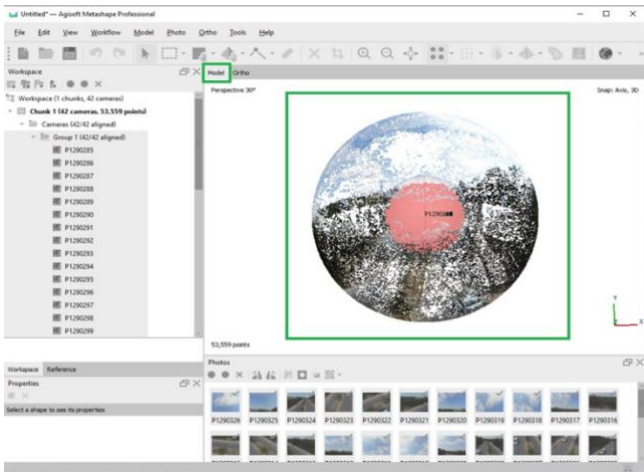
Şekil 11. Projedeki görüntülerin hizalanması.

Hızalanma süreci 12'deki gibi olmalıdır.



Şekil 12. Projedeki görüntülerin hizalan süreç akışı.

Fotoğrafları hizaladıktan sonra bulut yönünü kontrol edin. Seyrek buluta yakınlaştırın ve Nesneyi Döndür aracını kullanarak Model görünümünde görüntülenen koordinat sistemi eksenine göre uzayda doğru model yönlendirmesini uygulayın (Model view using Rotate Object tool) (Şekil 13 ve Şekil 14). Yönlendirmeyi ayarladıktan sonra, Araç Çubuğundaki Dönüşümü Güncelle düğmesini tıklayın.

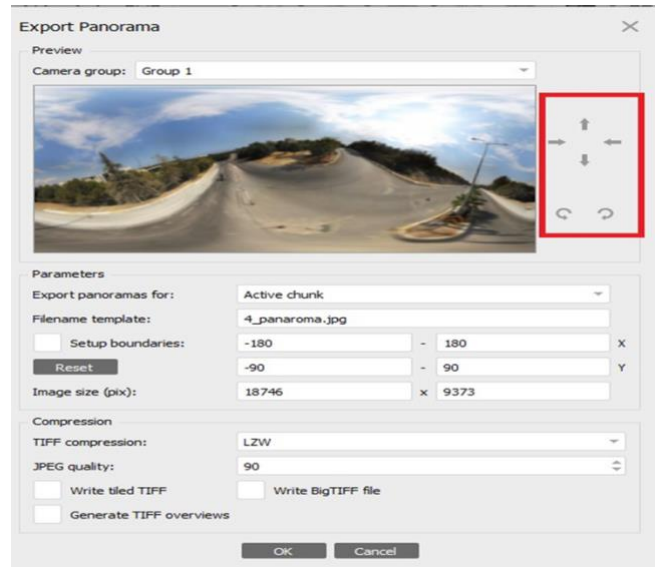


Şekil 13. Hizalanmış görüntüler.



Şekil 14. Hizalanmış görüntülerin bulut yönünün düzeltilmiş hali.

Şekil 15'teki kırmızı çerçeve içindeki ön izlemeye göre çıkış görüntüsünün istenilen yön ve dönüşünü yapabilirsiniz.



Şekil 15. Panorama görüntülerin istenilen yön ve dönüşünü yapabilirsiniz.

Şekil 16'da Panorama görüntülerinden birinin ön izlenmesi verilmiştir.



Şekil 16. Panorama görüntüsünün istenilen yön ve dönüşünü yapabilirsiniz.

Bu çalışma ile öğrenci ve velilerin yerleşkeyi sanal tur ile gezilmesi, yeni gelen öğrencilerin yeni yaşam dönemine kolay uyum sağlayabilmelerine olanak sunan bir uygulamanın geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Bir önceki bölümde panoramik olmayan elde ettiğimiz panoramik fotoğrafları 3D Vista programını kullanarak Mersin Üniversitesi Çiftlikköy Yerleşkesinin 360 derece panoramik sanal tur uygulama örneğini gerçekleştirilmiştir.

4. SONUÇLAR

Gelişen teknolojiye paralel olarak ilerleyen fotoğraf Gelişen teknolojiye paralel olarak ilerleyen fotoğraf teknolojisinin dijital (sayısal) fotoğrafçılıkta ve sanal ortamda kullanılmaya başlanması birçok yeniliği ortaya çıkarmıştır. Gelişen teknoloji ve insanların zengin hayal gücünün birleşmesi sayesinde yeni buluşlar ve uygulamalar günlük hayatın bir parçası olarak hayatımıza girmeyi başarmıştır. Bu noktada dijital (sayısal) fotoğrafçılık kendisini interaktif hale getirmeyi hedefliyor; Sonsuz görüş açısına sahip sanal gerçeklik konsepti ile potansiyel kullanıcılara kendini sunuyor.

Sayısal fotoğrafçılık göstermiş olduğu gelişim bu alanda üretilen yazılımlarında çoğalmasını ve daha yetenekli olmasını sağlamıştır. Bu alandaki yazılımlar elde edilen panoramik görüntülerin kalitesini artırmak ve geçmişte yaşanan birleştirme, renklendirme gibi sorunları çözmek için tasarlanmıştır. Yazılım teknolojisi, sanal gerçeklikle elde edilen sanal tur uygulamalarına yönelik büyüme ve artan talepten yararlanarak yenilik bulmayı da hedefliyor. Yazılım teknolojisi, tanıtım videoları, bilgilendirme metinleri ve hareketli nesnelere gibi çeşitli etkileşimli eklentileri sanal tur uygulamalarına entegre etme imkânı sunar; Sanal tur uygulamalarının kullanım alanlarını genişletmiş ve son kullanıcıya görsel ve işitsel rehberlik sağlamayı amaçlamaktadır.

Bu sayede dijital teknoloji dünyasında Sanal Tur uygulamaları artık basit bir reklam aracı değil, kapsamlı ve açıklayıcı yönleri olan yeni bir reklam mecrasıdır. Özellikle kapsamlı bir sanal tur uygulamasında, yaptığımız uygulama örneğinde de görüleceği üzere: Kullanıcı, daha önce hiç görmediği bir üniversitenin kampüsü, fakülteleri, amfileri ve laboratuvarları hakkında görsel ve işitsel bilgilere ulaşabilir. Daha önce görülen üniversite hakkında fikir sahibi olabilir. Bu sayede kullanıcı üniversiteye gitmek istediğinde istediği yere kolayca gidebilme bilgisine sahip olur. Dolayısıyla böyle bir uygulama başka üniversiteler veya kurumlar tarafından da yapılabilir.

Bilgilendirme/Teşekkür

Bu çalışma, Mersin Üniversitesi tarafından Bilimsel Araştırma Projesi (BAP) kapsamında desteklenmiştir. Proje no: 2022-1-TP2-4642.

Yazarların Katkısı

Serhat Ünver: Analiz, Veri toplama ve işleme

Ali Ulvi: Yazım, Değerlendirme, Denetleme

Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Yapılan çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

KAYNAKÇA

- [1] Bingöl, H. O. (2008). Fotoğrafta Sanal Gerçeklik ve Müzeler Yolu İle Sanat Eğitimine Katkıları. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi, Ankara*.
- [2] Derman, E. (2012). *360 Derece Panoramik Sanal Tur Uygulaması (Dumlupınar Üniversitesi Örneği)*. Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya*.
- [3] Polat, Y. & Tamsü-Polat, R. (2020). Arkeolojik Alanların 3B Modelleme ve 360 Derece

- Panoramik Görüntü ile Anlatımı: Yazılıkaya/Midas Vadisi ve Midas Kale Örneği. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 19(3), 647-663.
- [4] Wu, X. & Lai, I. K. W. (2022). The Use of 360-Degree Virtual Tours To Promote Mountain Walking Tourism: Stimulus-Organism-Response Model. *Information Technology and Tourism*, 24, 85-107.
- [5] TDK (Türk Dil Kurumu) (2022). *Genel Açıklamalı Sözlük*. Ankara: TDK Yayınları.
- [6] Mandal, S. (2013). Brief Introduction of Virtual Reality & its Challenges. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(4), 304-309.
- [7] Kundakalesi, M., Swathi, T., Ashapriya, B. & Sruthi, R. (2017). A Study of Virtual Reality. *International Journal of Trend in Research and Development*, 4(3), 374-377.
- [8] Siriborvornratanakul, T. (2016). *A Study of Virtual Reality Headsets and Physiological Extension Possibilities*. *Lecture Notes in Computer Science*, 497-508.
- [9] Albahbah, M. Kıvrak, S. & Arslan, G. (2021). Application Areas of Augmented Reality and Virtual Reality in Construction Project Management: A Scoping Review. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 4(3), 151-172.
- [10] Lamb, R. L., Lin, J. & Firestone, J. B. (2020). Virtual Reality Laboratories: A Way Forward for Schools?. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(6), 1-13.
- [11] Bayraktar, E. & Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları. *Akademik Bilişim, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya*.
- [12] Javaid, M. & Haleem, A. (2020). Virtual Reality Applications Toward Medical Field. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 8(2), 600-605.
- [13] McCloy, R. & Stone, R. (2001). Science, Medicine, and The Future: Virtual Reality in Surgery. *BMJ*, 323(7318), 912-915.
- [14] Darras, K., Spouge, R., Hatala, R. & Nicolaou, S. (2019). Integrated Virtual and Cadaveric Dissection Laboratories Enhance First Year Medical Students' Anatomy Experience: A Pilot Study. *BMC Medical Education*, 19(1), 1-6.
- [15] Demirci, Ş. (2018). Sağlık Hizmetlerinde Sanal Gerçeklik Teknolojileri. *İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 6(1), 35-46.
- [16] Arane, K., Behboudi, A. & Goldman, R. D. (2017). Virtual Reality for Pain and Anxiety Management in Children. *Can Fam Physician*, 63(12), 932-934.
- [17] Bilici, F. (2015). Pazarlamada Artırılmış Gerçeklik ve Karekod Teknolojileri: Tüketicilerin Artırılmış Gerçeklik Teknoloji Algılamaları Üzerine Bir Alan Araştırması. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi, Bursa*.
- [18] Tussyadiah, L. P., Wang, D., Jung, T. H. & Tom Dieck, M. C. (2018). Virtual Reality, Presence, and Attitude Change: Empirical Evidence from Tourism. *Tourism Management*, 66, 140-154.
- [19] Martins, J., Gonçalves, R., Branco, F., Barbosa, R.,

- Melo, M. & Bessa, M. (2017). A Multisensory Virtual Experience Model for Thematic Tourism: A Port Wine Tourism Application Proposal. *Journal of Destination Marketing & Management*, 1-7.
- [20] Finkelstein N., Perkins, K. & Adams W. (2005). Can Computer Simulations Replace Real Equipment in Undergraduate Laboratories?, *Department of Physics University of Colorado*, Boulder.
- [21] İlhan, İ. & Çeltek, E. (2016). Mobile Marketing: Usage of Augmented Reality in Tourism. *Gaziantep University Journal of Social Sciences*, 15(2), 581-599.
- [22] Arat, T. & Baltacıoğlu, S. (2016). Sanal Gerçeklik ve Turizm. *Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 19(1), 103-118.
- [23] Akram, W. & Kumar, R. (2017). A Study on Role and Applications of Augmented Reality in Tourism: Its Challenges and Future Prospects. *International Journal of Advanced Research in Computer Science*, 8(8), 168-172.
- [24] Uzun, M. & Özcan, S. (2015). Coğrafya Çalışmalarında Panoramik Fotoğraf Kullanımı. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(38), 534-549.
- [25] Şahin, C. & Ergün, B. (2012). Panoramik Görüntü ve Kullanım Alanları. *IV. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu*, Bildiri Özetleri, 39-40.
- [26] Özdal, I. (2008). Panoramik Fotoğrafın Kökenleri ve Türkiye Örnekleri. *Gazi Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi*, 1, 104-116.
- [27] Ergand, Ç. (2006). Panoramik Fotoğrafın Anlatım Dili. *Yayımlanmış Sanatta Yeterlik Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, İstanbul*.
- [28] Jokela, T., Ojala, J. & Väänänen, K. (2019). How People Use 360-Degree Cameras. *Proceedings of the 18th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*.
- [29] Sarı, F., Erdi, A. & Kırtıloğlu, O. S. (2011). Kampüs Bilgi Sistemi Oluşturma Çalışmaları ve Panoramik Görüntüler. *13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 18-22 Nisan 2011, Ankara*.
- [30] Lucintel (2011). *Growth Opportunity in Global UAV Market*. Erişim Adresi: <https://www.lucintel.com/LucintelBrief/UAVMarketOpportunity.pdf>. Erişim Tarihi: 04.07.2022
- [31] Mahmud, A. A. (2017). İnsansız Hava Aracı Verilerinden Üç Boyutlu Model Oluşturma: Aksaray Üniversitesi Kampüs Camii. *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Aksaray*.
- [32] Bryson M. & Sukkarieh S. (2006). Vehicle Model-Aided Inertial Navigation for a UAV Using Low-Cost Sensors", in *Proc. Australasian Conf. on Robotics and Automation, Canberra, Australia*.
- [33] Esposito, S., Fallavollita, P., Wahbeh, W., Nardinocchic, C. & Balsia, M. (2014). Performance evaluation of UAV photogrammetric 3D reconstruction. *2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*.
- [34] Doğan, Y. & Yakar, M. (2018). GIS and three-dimensional modeling for cultural heritages. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 3 (2), 50-55.
- [35] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Mersin Silifke Mezgit Kale Anıt Mezarı Fotogrametrik Rölöve Alımı ve Üç Boyutlu Modelleme Çalışması. *Geomatik*, 2 (1), 11- 17.
- [36] 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.
- [37] Yakar, M. & Doğan, Y. (2017). Uzuncaburç Antik Kentinin İHA Kullanılarak Eğik Fotogrametri Yöntemiyle Üç Boyutlu Modeldenmesi. *16. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, Ankara*.
- [38] Yakar, M., Uysal, M., Toprak, A. S. & Polat, N. (2013). 3D Modeling of Historical Döğer Caravansaries by Digital Photogrammetry. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 5, 2.
- [39] Oruç, M. E. (2021). The possibilities of data usage obtained from UAV. *Advanced UAV*, 1(1), 15-23.
- [40] Çelik, M. Ö., Yakar, İ., Hamal, S., Oğuz, G. M. & Kanun, E. (2020). SfM tekniği ile oluşturulan 3B modellerin kültürel mirasın belgelenmesi çalışmalarında kullanılması: Gözne Kalesi örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(1), 22-27.
- [41] Yakar, İ., Çelik, M. Ö., Hamal, S. N. G. & Bilgi, S. (2021). Kültürel mirasın dokümantasyonu çalışmalarında farklı yazılımların karşılaştırılması: Dikilitaş (Theodosius Obeliski) Örneği. *Geomatik*, 6(3), 217-226.
- [42] Kabadayı, A. & Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Aracı ile Elde Edilen Verilerden Binaların Tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 1(1), 8-14.
- [43] Erdoğan, A., Kabadayı, A. & Akin, E. S. (2021). Kültürel mirasın fotogrametrik yöntemle 3B modellenmesi: Karabyık Köprüsü Örneği. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 3(1), 23-27.
- [44] Kabadayı, A. (2022). Maden Sahasının İnsansız Hava Aracı Yardımıyla Fotogrametrik Yöntemle Haritalanması. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 4(1), 19-23.
- [45] Kabadayı, A. & Uysal, M. (2020). Çok yüksek çözünürlüklü İHA verilerinden bina tespiti. *Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi*, 2(2), 43-48.
- [46] Kabadayı, A. (2021). Unmanned aerial vehicle usage in rough areas and photogrammetric data generation. *Advanced UAV*, 1(1), 8-14.
- [47] Erdoğan, A., Görken, M. & Kabadayı, A. (2022). Study on the use of unmanned aerial vehicles in open mine sites: A case study of Ordu Province Mine Site. *Advanced UAV*, 2(2), 35-40.
- [48] Kabadayı, A. & Erdoğan, A. (2022). Application of terrestrial photogrammetry method in cultural

- heritage studies: A case study of Seyfeddin Karasungur. *Mersin Photogrammetry Journal*, 4(2), 62-67.
- [49] Ekmen, M. İ. & Aydoğdu, Ö. (2020). İnsansız Hava Araçları İçin Görüntü İşleme Tabanlı Otonom İniş. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (Özel Sayı)*, 297-303.
- [50] Wikipedia (2022). File: Flat Allendeplein Groningen panorama.JPG. Erişim Adresi: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Flat_Allendeplein_Groningen_panorama.JPG. Erişim Tarihi: 04.07.2022.
- [51] Özen, A. (2006). Mimari Sanal Gerçeklik Ortamlarında Algı Psikolojisi. *Akademik Bilişim*, 3-4.
- [52] Yakar, M. & Yılmaz, A. (2005). Fotogrametride Görselleştirme Ürünleri ve Teknikleri. *10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 28 Mart - 1 Nisan 2005, Ankara.
- [53] Öngider, M. U. & Yazıcı, S. (2020). 360° Sanal Gerçeklik Videolarının Turistlerin Seyahat Motivasyonuna Etkisi Üzerine Deneysel Bir Araştırma. *Türk Turizm Araştırmaları Dergisi*, 4(1), 121-136.
- [54] Pantano, E. & Servidio, R. (2011). An Exploratory Study of the Role of Pervasive Environments for Promotion of Tourism Destinations. *Journal of Hospitality and Tourism Technology*, 2(1), 50-65.
- [55] Osman, A., Wahap, N. A. & İsmail, M. H. (2009). Development and Evaluation of an Interactive 360 Virtual Tour for Tourist Destinations. *Journal of Information Technology Impact*, 9(3), 173- 182.
- [56] Kaleci, D., Tepe, T. & Tüzün, H. (2017). Üç Boyutlu Sanal Gerçeklik Ortamlarındaki Deneyimlere İlişkin Kullanıcı Görüşleri. *Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 21(3), 669-689.
- [57] Yakar, M. & Yılmaz, H. M. (2008). Using in volume computing of digital close range photogrammetry. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. 37, B3b.
- [58] Yılmaz, H. M., Yakar, M. & Yıldız, F. (2008). Digital photogrammetry in obtaining of 3D model data of irregular small objects. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 37, 125-130.
- [59] Yakar, M., Yıldız, F. & Yılmaz, H. M. (2005). Tarihi Ve Kültürel Mirasların Belgelenmesinde Jeodezi Fotogrametri Mühendislerinin Rolü. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 10.
- [60] Yılmaz, H. M. & Yakar, M. (2000). Yersel fotogrametrinin kullanım alanları. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1.



© Author(s) 2022. This work is distributed under <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>