

## SOMUT KOLLEKTİF HAFIZANIN KAYIT ALTINA ALINMASINDA ÇAĞDAŞ TEKNOLOJİLERİN KULLANIMI: LAZER TARAYICILAR

### USE OF CONTEMPORARY TECHNOLOGIES IN RECORDING CONCRETE COLLECTIVE MEMORY: LASERSCANNER

Ömer UZUNEL

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi  
Merkezi Araştırma ve Uygulama Laboratuvarı  
ouzunel@ahievran.edu.tr  
ORCID no:0000-0001-8159-8902

Bilsen Ş. ÖZDEMİR

Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi  
Fen-Edebiyat Fakültesi Arkeoloji Bölümü  
bilsenozdemir@nevsehir.edu.tr  
ORCID no:0000-0002-5639-2088

#### ÖZ

Bu çalışmanın çıkış noktasını kültürel mirasın belgelenmesinde lazer tarama uygulamalarının önemi ve gerekliliği oluşturmaktadır. İlk kez 90'lı yıllar ile birlikte kullanılmaya başlanan lazer tarayıcılar bugün çeşitli alanlarda en güvenilir izlem ve kayıt teknolojileri olarak tercih edilmektedir. Bu bağlamda kültürel mirasın belgelenmesi için de bugün en çok ihtiyaç duyulan uygulamaların başında lazer tarama teknolojisi temelli çalışmalar gelmektedir. Özellikle üç boyutlu lazer tarama teknolojisinin yaygın kullanımı, her şeyden önce kültür mirasının eksiksiz belgelenmesini sağlamış olup, mirasın mevcut korunmuşluk durumu ile koruma politikalarına dair veri üretiminin, çok daha doğru biçimlerde yapılmasının önünü açmıştır. Diğer yandan ise bu teknolojinin dijital arşivleme, sanal restorasyon yahut sanal gösterim uygulamaları gibi pek çok yenilikçi çalışmayı yürütmek için önemli bir altlık oluşturduğu da anlaşılmıştır. Değişen dünya koşullarının çeşitli sebeplerle insanlığın ortak mirası üzerinde oluşturduğu tehditler düşünüldüğünde, kültürel mirasımızın hızlı ve doğru bir biçimde kaydının tutulması ivedi bir önem taşımaktadır. Bu kapsamda kültürel mirasın en az veri kaybıyla belgelenmesi için, lazer tarama teknolojilerinin çok daha etkin bir biçimde kullanılması gerekmektedir.

#### ABSTRACT

The starting point of this study is the importance and necessity of laser scanning applications in the documentation of cultural heritage. Laser scanners, first used in the 1990s, are now preferred as the most reliable monitoring and recording technologies in various fields. In this context, studies based on laser scanning technology are now one of the most needed applications for cultural heritage documentation. In particular, the widespread use of three-dimensional laser scanning technology has ensured the complete documentation of cultural heritage and paved the way for more accurate data collection on the current conservation status of heritage and conservation policies. On the other hand, it has been recognised that this technology is an important basis for carrying out many innovative works such as digital archiving, virtual restoration or virtual exhibition applications. Considering the threats that the changing world conditions pose to the common heritage of humanity for various reasons, there is an urgent need to quickly and accurately map our cultural heritage. In this context, it is clear that more effective use of laser scanning technologies to document cultural heritage with minimal data loss will be of great benefit.

#### Geliş Tarihi:

02.06.2022

#### Kabul Tarihi:

26.08.2022

#### Yayın Tarihi:

27.10.2022

#### Anahtar Kelimeler:

Kültürel Miras,  
Koruma, Lazer  
Tarayıcı, Uzaktan  
Algılama

#### Keywords:

Cultural Heritage,  
Protection, Laser  
Scanner,  
Remote Sensing

DOI: <https://doi.org/10.30783/newsosbilen.1125202>.

**Atıf/Cite as:** Uzunel, Ö. & Özdemir, B.S. (2022). Somut Kollektif Hafızanın Kayıt Altına Alınmasında Çağdaş Teknolojilerin Kullanımı: Lazer Tarayıcılar. *Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi SBE Dergisi, Dijitalleşme Özel Sayısı*. 270-286.

## Giriş

90'lı yıllar ile beraber öncelikle kamu kurumlarında ve askeri yapılarda sonrasında ise internet kafeler ve evlerde kullanımı yoğunlaşan bilgisayarlar 20 – 30 yıl gibi kısa bir süre içerisinde hayatımızın ayrılmaz parçaları haline geldiler. Dijitalleşmenin en büyük adımı olan bu gelişimin akabinde ise akıllı telefonlar hayatımıza girmiş ve böylelikle insanoğlunun geri dönülemez dijital yolculuğu daha da hız kazanmıştır. Sürekli bir gelişim ve değişimin içerisinde olan bu dünya ile hiç şüphesiz çok yakın bir gelecekte bugün hayalini bile kurmakta zorlandığımız birçok şey kuantum bilgisayarlar ile günlük hayatımızın bir parçası haline gelecektir.

Her ne kadar teknoloji kullanımı çok geniş kitlelerce kabul görüp deneyimleniyor olsa da eğitim, sağlık, sosyal yaşam gibi bazı konularda dijitalleşme henüz istenilen ölçülerde olmayıp, hala geleneksel yöntemlerin tercih edildiği de görülmektedir. Ancak 2020 yılı ile birlikte tüm dünyayı etkisi altına alan Covid 19 pandemisi, dijitalleşme bağlamında hemen her alanda zorunlu bir değişime gidilmesini gerekli kılmıştır. Bu kapsamda sosyal ve kamusal hayatın her alanı (eğitim, sağlık, eğlence, güvenlik vb.) çok kısa bir süre içerisinde istekler yahut zorunluluklar sebebiyle dijital ortama hızla nasıl geçilip, adapte olunabileceğinin ilk testini vermiştir.

Gelişen ve değişen bu yeni dünya içerisinde insanlık, sınırlarını teknolojinin çizdiği sanal küresel ortamda tek bir toplum olma yolunda hızla ilerlemektedir. Dijitalleşen dünya sınırları kaldırmakta ve dünyanın değişik noktalarındaki insanlar birbirleri ile farklı biçimlerde bir etkileşim ağı içerisine girmektedirler. Sosyal hayatın her alanını etkileyen bu durum ile birlikte popüler kültürün parçası olan pek çok şey de tek tip olma yolunda hareket etmektedir. Ne var ki, dijitalleşmenin bu hızlı dönüşüm gücü, insanoğlunun binlerce yıllık yaşam birikimleri neticesinde şekillenen ve bu çalışmanın çıkış noktasını oluşturan kültürel miras özelinde de büyük değişimleri beraberinde getirmiştir.

1990'lı yılların başında dünyanın ilk 3D ticari lazer tarayıcısı ABD'de piyasaya sürülmüştür. Geçen kısa zaman içerisinde lazer tarama teknolojisi ivme kazanarak ilerlemiş, bugün birçok farklı alanda güvenilir bir ölçüm ve izleme aracı olarak tercih edilmektedir. Bu alanlardan biri de kültürel mirasın korunmasıdır. 90'lı yıllardan itibaren bu konuda yayınlanmış yirmi yedi binden fazla makaleyi görmek için Google Akademik'e yalnızca "*Laser scanner and heritage*" ifadesinin yazılması yeterlidir. Söz konusu arama "*Lazer Tarama ve Kültürel Miras*" şeklinde yapıldığında yaklaşık olarak altı yüz sonuç karşımıza çıkmaktadır. Bu tür bir sorgunun basitliği nedeniyle, bu referanslardan bazılarının ana konuyla alakasız olabileceğini de belirtmek gerekir. Bununla birlikte ortaya çıkan sayı azımsanmayacak bir ölçüdedir (.

Bu çalışma kapsamında öncelikle kültürel mirasın tanımı, nasıl korunup gelecek nesillere aktarılacağı noktasında teknolojinin rolü incelenecektir. İkinci bölümde ise özellikle son on yıl içerisinde hızla gelişen ve kullanımı yaygınlaşan lazer tarayıcıların bu konudaki önemine dikkat çekilecektir.

## Kültürel Miras Nedir?

Kültürel miras kavramı ilk olarak 1972 yılında Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Örgütü (UNESCO) tarafından Dünya Kültürel ve Doğal Mirasının Korunması Sözleşmesi'nde tanımlanmıştır.

Kültürel Miras kavramının çerçevesi genişlemekte ve gelişmektedir. En yalın ifadesi ile kültürel mirası, insanlığın belleğini meydana getiren soyut ve somut değerlerin bütünü olarak ifade etmek mümkündür. Kültürel mirası oluşturan anıtlar gibi somut olan değerlerle birlikte buralarda icra edilen ayinler, özel geleneksel üretimler gibi mekanın ruhunu ifade eden soyut değerler, hayatımıza derinlik ve anlam katmakta dolayısıyla da geleceğin şekillenmesinde toplumların ortak hareket noktalarını meydana getirmektedirler (Ünal, 2014: 8).

Dünya kültür mirasını iki ana başlık altında toplamak mümkündür. Buna göre bu iki başlık; 'Somut Kültürel Miras' ve 'Somut Olmayan Kültürel Miras' olarak tanımlanmaktadır. Somut Kültürel Miras da kendi içerisinde, 'Taşınmaz Kültür Varlıkları' ve 'Taşınabilir Kültür Varlıkları' olarak iki alt kategoride incelenmektedir. Söz konusu bu iki alt kategoriden Somut Kültürel Miras diğer kültürel miras başlıklarında olduğu gibi tarih, sanat ve şüphesiz bilim açısından son derece önem taşıyan evrensel değerlere sahiptir. Bu kapsamda antik kültürlerle ait mezarlar, mimari yapılar, mağaralar, taş oyma eserler gibi varlıklar taşınmaz kültür varlıkları kategorisine

girerken!; tarihi ya da tarih öncesi dönemlere ait döneminin sosyal ve kültürel hayatından izler yansıtan her türlü obje, eser, belge ve farklı dönemlere ait el yazmaları da taşınabilir kültür varlıklarının kapsamını oluşturmaktadır. Diğer yandan somut olmayan kültürel miras ise, sözlü gelenekler, gösteri sanatları, sosyal uygulamalar, ritüeller, bayram etkinlikleri gibi insanların yaşamıyla yakından ilgili olan ve nesilden nesile aktarılabilen çeşitli geleneksel kültürel ifadeler ve yönlerle temsil edilmektedir (Zhou vd., 2012: 2)<sup>2</sup>.

Kültürel miras, değerli ve yenilenemez bir kaynaktır. Ekonomik küreselleşme eğilimi ve modernleşmenin hızlanması, dünyanın doğal ekolojisine ek olarak kültürel ekolojisinde de büyük değişiklikleri beraberinde getirmiş ve bu durum kültürel mirası ciddi şekilde tehdit eden bir unsur haline almıştır. Bu bağlamda her geçen gün birçok kültür ve tabiat alanının farklı sebepler dolayısıyla tahribata uğradığı ve neticesinde ise yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kaldığı da görülmektedir. Diğer yandan bir başka sebep-sonuç ilişkisinde, etnik azınlıkların görece zengin bir kültürel miras içinde yaşadıkları bölgelerde, insanların yaşam ortamı ve koşullarındaki değişiklikler nedeniyle ulusal veya bölgesel kültürel özelliklerin kaybolma süreçlerinin hızlandığı da anlaşılmaktadır (Zhong vd., 2021: 535) Dolayısıyla gerek modern dünyanın karşı konulmaz etkileşimi, gerekse çeşitli şekillerde gerçekleşen tahribatlar nedeniyle kültürel mirasın korunarak gelecek nesillere aktarılması ivedi bir öneme sahiptir ve tıpkı diğer küresel problemlerde olduğu gibi bu kapsamda da acil eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir.

Kültürel mirasın korunması, dünyadaki kültürel çoğulculuğun ve yaratıcılığın sürdürülmesinin ve kültürel bağların korunarak, birlikte kalkınma sağlanmasının temel unsurlarından birini oluşturmaktadır. Geleneksel yöntemler, söz konusu mirasın eksiksiz, gerçeğe uygun ve orijinal görünümünü yeniden üretmede zorluklar göstermektedir. Yapay zeka, sanal gerçeklik, multimedya, geniş bant ağ ve veri tabanları gibi bilgi teknolojilerinin gelişimi, kültürel mirasın korunması için etkili araçlar olarak günümüz dünyasında kullanımları hızla yaygınlaşmaktadır (Zhou vd., 2012: 1).

### **Kültürel Mirasın Sayısallaştırılması**

Kültürel mirasa yönelik yapılan dijitalleştirme çalışmalarının arka planında söz konusu malzemenin sayısallaştırılarak bilgisayar ortamında sürdürülebilir belgelemenin yapılması amacı yatmaktadır (Cirulis vd., 2015: 200). Bu sayede çok çeşitli kazanımlar sağlanmaktadır. Kültürel mirası sayısallaştırmanın faydalarını birkaç başlık altında derlemek mümkündür.

- a. Kültür varlığını/varlıklarını detaylı bir şekilde belgeleyerek, bu belgelerin hassasiyeti ve teknik özellikleri sayesinde kayıpsız bir şekilde gelecek nesillere aktarılmasını sağlamak,
- b. Kültürel varlık/varlıklar yavaş ya da hızlı gelişen risklerin tehdidi altında bulunmaktadır. Varlığın/varlıkların sayısallaştırılarak belgelenmesi, tehditlerin yönetimi için gerekli olan risk analizi ve haritalandırılmasında ana veri olarak kullanmak,
- c. Kültürel varlık/varlıklar için hazırlanacak olan restitüsyon çalışmaları ve restorasyon projeleri için gerekli hassas verileri elde etmek,
- d. Kültürel varlık/varlıklar için uygulanacak olan artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik gibi platformların altyapı verilerini oluşturmak,

---

<sup>1</sup> 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 6. Maddesine göre Korunması gerekli taşınmaz kültür varlıkları: Yazılı, resimli ve kabartmalı kayalar, kaya mezarlıkları, resimli mağaralar, tümülüsler, höyükler, ören yerleri, nekropoller ve akropoller; sur, kale, burç, hisar, tarihi kışla, tabya ve istihkamlar ile bunlarda bulunan sabit silahlar; kervansaraylar, harabeler, han, hamam ve medreseler; kümbet, türbe ve kitabeler, su yolları, su kemerleri, köprüler, sarnıç ve kuyular; eski sınırları belirten delikli taşlar, mesafe taşları, tarihi yol kalıntıları, dikili taşlar; tersaneler, rıhtımlar sunaklar;; köşkler, tarihi saraylar, evler, yalılar ve konaklar; mescitler, camiler, namazgahlar, musallalar; çeşme ve sebiller; imarethane, darphane, muvakkithane, şifahane, tekke ve zaviyeler; arastalar, hazireler, mezarlıklar, bedestenler, kapalı çarşılar, steller, sandukalar, bazilikalar, sinagoglar, kiliseler, manastırlar; külliyeler, eski anıt ve duvar kalıntıları; kabartmalar, freskler, mozaikler, peri bacaları ve benzeri taşınmazlar; taşınmaz kültür varlığı örneklerindedir.

<sup>2</sup> Somut olmayan kültürel miras sözleşmesi için bkz.: <https://teftis.ktb.gov.tr/TR-264414/somut-olmayan-kulturel-mirasin-korunmasi-sozlesmesi.html>

- e. Kültürel mirasa erişim her insanın doğal hakkıdır. Kültürel varlık/varlıklardan uzakta yaşayan insanların, çoğu zaman söz konusu kültürel miras alanını/varlığını ziyaret etmeye ekonomik güçleri yetmemektedir. Ulaşılabilirliği mümkün kılmak,
- f. Arkeolojik kazılarda veya inşaat mühendisliği projeleri sırasında ortaya çıkarıldığında olduğu gibi kültür varlığı orijinal konumunda yalnızca kısa bir süre için görünmektedir. Bir kültür varlığının mevcut buluntu durumu (insitu) eserin anlaşılması noktasında oldukça önemlidir. Bu tip veri kaybının hızlı oluşacağı çalışmalarda veri kaybını azaltmak,
- g. Kültür varlığının büyük veya karmaşık olduğu durumlarda araştırmasının yürütülmesi uzun zaman alabilmektedir. Bu tip çalışmalarda araştırmacıya kolaylık sağlamak (Boehler, 1999).

Yukarıda sıralanan nedenler kültürel miras alanlarında 3D veri tabanı oluşturmanın önemini ortaya çıkarmaktadır. Kültürel miras için 3D veri tabanının doğru yapılması anıtlar hakkındaki bilgilerin ve ICOMOS'un<sup>3</sup> tavsiye ettiği konservasyon programının ana noktalarından birini oluşturmaktadır (Balzani vd., 2004, 174).

### **Kültürel Mirasın Sayısallaştırılmasında Kullanılan Yöntemler**

Kültürel mirasın sayısallaştırılması; koruma, onarım, restorasyon ve arkeolojik araştırmalarda 2D veya 3D dijital arşivleme elde etmek için taşınabilir veya taşınmaz kültürel varlıkların uzaktan algılama ve sanal teknolojiler kullanılarak dijitalleştirilmesi sürecidir (Zhou, 2012: 2). Söz konusu süreç veri toplama, yorumlama ve üretim aşamalarını içeren karmaşık bir çalışma sürecini içermektedir. Kültürel Miras'a dair yapılacak her türlü çalışma öncesi ilk ve en önemli adımdır. Kısaca üzerinde çalışma yapılacak konunun mevcut durumu ve varsa doğal ortamının rapor, çizim ve fotoğraflarla kayıt altına alınmasıdır. Belgeleme ve kayıt sırasında eski fotoğraf, harita ve çizimler, sivil ve kişisel arşivler, resimler ve gravürler, arkeolojik veriler ve gezi notları kullanılarak eser hakkındaki bilgilerden yararlanılabilir (Yılmaz vd., 2007: 429; Pavlidis vd., 2007: 93 vd.; Korumaz vd., 2011: 67 vdd.).

Bilgi teknolojisi, yalnızca büyük veri hacimleri, yüksek hızlı hesaplama, multimedya sunumu ve çevrimiçi erişim gibi faydalar sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kültürel mirasın korunması için gerekli ve etkili bir yaklaşım sunar. Bu yok edilen kalıntıları bilgisayar grafikleri, görüntü işleme, sanal gerçeklik ve diğer yeni teknolojileri geleneksel koruma ve görüntüleme yöntemleriyle birleştirerek restore etmek, bilgisayar bilimcilerine emanet edilen zorunlu tarihi bir misyondur. Kültürel mirasın korunması alanında dijital tekniklerin kullanılmasıyla teknik bir devrim yaşanmaktadır. Bu, kültürel mirasın korunmasına ilişkin geleneksel teknikleri ve ölçümleri değiştirecek ve hatta arkeologların düşünme ve çalışma biçimini yeniden şekillendirecektir (Zhou, 2012: 4).

Mevcut koruma yöntemleri ile elde edilemeyen sonuçlar için teknolojik yaklaşımlar ile daha iyi bir yöntem sağlamaktadır. Günümüz dünyasında buna en güzel örneklerden biri sanal gerçeklik teknolojisidir (Lv, 2019; Donghui vd., 2017). Yavaş yavaş yok olan kültürler arasında, bazı kültürler sanal gerçeklik teknolojisi sayesinde yaşamaya devam edebilmektedir. Yine kullanılan farklı sanal gerçeklik uygulamaları sayesinde, alanları ziyaret eden turist sayısı büyük ölçüde azaltılmakta ve böylelikle duvar resimleri, heykeller ya da benzeri eserlere verilebilecek olan tahribatın önüne geçilebilmektedir (Zhou, 2012: 8).

Kültürel Mirasın sayısallaştırılmasında farklı tekniklerin kullanılması mümkündür. Söz konusu teknikler eserin nicelik ve niteliğine göre farklı şekilde sınıflandırılabilir. Burada temel olarak sayısallaştırmanın amacına göre bir sınıflandırma yapmak doğru bir tercih olacaktır. Bu tür bir sınıflandırmada eserin hacmi, karmaşıklığı, kullanılacak olan yöntemin çalışma alanı ile olan uyumluluğu, harcanacak olan zaman gibi parametreler öne çıkmaktadır (Patias, 2006; Pavlidis vd., 2007: 94; Korumaz vd., 2011: 69).

### **Geleneksel Yöntem**

Birçok kültürel miras uzmanı, özellikle arkeologlar ve mimarlar, araştırmalarını yalnızca metre ve çekülün kullanıldığı yerel bir koordinat sistemine göre doğrudan ölçümlerle yürütmektedir. Bu sistemde noktalar, en yakın diziye doğrudan mesafe ölçümü ile bulunur ve anında eşlenir. Bu yöntem birçok araştırmacı tarafından

<sup>3</sup> ICOMOS: International Council on Monuments and Sites (Uluslararası Anıtlar ve Sitler Konseyi).

memnuniyetle karşılanmaktadır, ancak yerleşimin erişilebilir olması, çok büyük yapıda olmaması, arazinin uygun eğime sahip olması vb. durumlarda geleneksel yöntem pratik nedenlerden dolayı tercih edilebilmektedir (Boehler, 1999). Söz konusu yöntemin iş sağlığı ve güvenliği açısından da oldukça önemli sakıncaları bulunmaktadır. Yüksek alanlarda yapılacak ölçüm çalışmaları ölümle sonuçlanabilecek riskleri beraberinde getirmektedir (Yakar vd., 2009: 205, fig. 4).

Teknolojinin son yıllardaki hızlı evrimi ile birlikte belgeleme çalışmaları da payına düşen değişimi almaktadır. Geleneksel yöntemler yerini modern tekniklere bırakmaktadır. Yeni yöntemler sayesinde Kültürel Miras'taki deformasyon analizi, rölöve restorasyon projesi gibi çalışmalar geleneksel yöntemlere göre zaman ve maliyet açısından avantajlar sağlamaktadır (Ulvi vd., 2019: 66; Kaya vd., 2021: 58).

### ***Teknolojik Yöntemler***

Yeni sensörlerin sürekli gelişimi, veri yakalama metodolojileri, çok çözünürlüklü 3D temsiller ve mevcut olanların iyileştirilmesi, miras bilgilerinin belgelenmesine, korunmasına, sunumuna ve kültürel miras alanındaki araştırmaların büyümesine önemli ölçüde katkıda bulunuyor. Bu aynı zamanda arkeolojik alanların farklı ölçeklerde ve çözünürlüklerde dijital belgelenmesine yönelik artan talep ve ihtiyaçlardan da kaynaklanmaktadır (Remondino vd., 2010: 86 vd.).

Miras alanlarının ve nesnelerin gerçekliğe dayalı 3B modellerinin üretilmesi günümüzde pasif sensörler ve görüntü verileri, aktif sensörler ve menzil verileri, klasik ölçme, 2D haritalar veya yukarıda bahsedilen tekniklerin entegrasyonuna dayalı metodolojiler kullanılarak gerçekleştirilmektedir. (El-Hakim vd., 2004: 23 vd.). Söz konusu tekniklerin seçim veya entegrasyon, gerekli doğruluk, nesne boyutları, konum kısıtlamaları, sistemin taşınabilirliği ve kullanılabilirliği, yüzey özellikleri, çalışma ekibi deneyimi, projenin bütçesi, nihai hedefi vb. durumlara bağlıdır.

Belgeleme ve koruma amaçlı büyük miras alanlarının dijital 3D modellerinin üretilmesi, aşağıdaki özelliklere sahip bir teknik gerektirir:

- Doğruluk: Basit ve hızlı görselleştirme için çalışma yapılmadığı sürece, kesinlik ve güvenilirlik ölçme çalışmasının iki önemli faktörüdür.
- Taşınabilirlik: Birçok sitenin erişilebilirlik sorunu, elektriğin olmaması, konum kısıtlamaları vb. nedeniyle karasal veri toplama tekniği taşınabilir olmalıdır.
- Düşük maliyet: Çoğu arkeolojik ve belgeleme görevinin sınırlı bütçeleri vardır ve pahalı ölçme araçlarını tercih etmezler.
- Hızlı alım: Çoğu site veya kazı alanı, işleri veya ziyaretçileri rahatsız etmemek için dokümantasyon için sınırlı zamana sahiptir.
- Esneklik: Alanların ve nesnelerin büyük çeşitliliği ve boyutları nedeniyle, teknik farklı ölçeklere izin vermeli ve olası her koşulda uygulanabilir olmalıdır.

Teknolojik gelişmeler Kültürel Mirasın korunması ve temsilinde uzmanları yeni yöntem arayışına itmekte ve bu konuda çalışma yapmaya zorlamaktadır. Teknolojinin sunduğu imkânlar doğrultusunda yapılan bilgisayar destekli belgeleme, esere ait tüm bilginin yeterli ölçüde sadeleştirilmiş bir modelinin üretilmesine izin vermektedir. Geleneksel yöntemin uygulandığı örneklerde konu edinilen eserin geometrisini tanımlayan yatay ve düşeyde bölümlere ayırılmış çizimler kullanılmaktadır. Söz konusu çalışmalarda incelenen eser sadeleştirilmekte ve önemli noktalara odaklanılmaktadır. Bu durum bir taraftan eserin anlaşılmasını kolaylaştırırken diğer taraftan veri kaybına neden olmaktadır. Fotogrametri ya da lazer tarama gibi yöntemler söz konusu veri kaybının azami ölçüde önüne geçerek Kültürel Mirasın korunmasında önemli avantajlar sağlamaktadır (Almagro, 2007; Korumaz vd., 2011:70).

### ***Fotogrametrik Yöntem***

Fotogrametri, fotoğraflar aracılığı ile bir objeye ait görsel verileri, objenin düzlemsel ve uzaysal konumunu, doku bilgilerini, objenin geometrik tanımlamasını ve benzeri bilgileri içermektedir. Mimari rölöve çalışmaları, koruma imar planlarının yapım ve uygulanması, şekil ve yapı araştırmaları, deformasyon analizi, kültür varlıklarının bakım

onarım ve koruma amacıyla yapılan belgeleme çalışmaları, tarihi ve arkeolojik sit alanlarının belirlenmesi ve tespiti gibi (Turan, 2004: 44; Yılmaz vd., 2007: 429; Korumaz vd., 2011: 71 vd.; Yakar vd., 2016: 88) farklı alanlarda kullanılmaktadır.

Büyük boyutlu siteler için AgiSoft Photoscan, AutoDesk 123D, Pix4D, Arc3D Web servisi, Photomodeler vb. programlar tercih edilmektedir. Bu yöntemin en önemli avantajı, akıllı telefonlar veya tablet kameralar gibi ortalama tüketicilerin ulaşabildiği cihazlar tarafından çekilen görüntüleri kullanabildikleri için uygun maliyetli olmalarıdır. Ancak, elde etme ve modelleme adımları arasındaki ayırım nedeniyle zaman verimliliği ve anlık geri bildirim eksikliği gibi dezavantajlara sahiptirler. Kullanıcı anlık bir geri bildirim alamaz. Bu nedenle, modellemenin başarısız olması durumunda, kullanıcının ek çekimler yapması ve tüm modelleme sürecinin tekrarlanması gerekir (Belhi vd., 2017: 244).

Fotogrametri yöntemi kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılmasında oldukça önemli avantajlara sahiptir. Yöntem, konu olan esere dair verilerin toplanmasında ve ölçüm süresinin kısaltılması açısından öne çıkmaktadır. Elde edilen veriler arşivlenerek istenildiği anda ölçüm yapılabilmektedir (Yakar vd., 2016: 88). Fotogrametrik çalışmanın diğer önemli bir avantajı da tehlikeli ve erişilmesi zor alanlarda yapılacak çalışmalarda kolaylık sağlamasıdır. Söz konusu avantajlar fotogrametriyi sıklıkla tercih edilen bir yöntem yapmaktadır (Desmond vd., 2003; Arias vd., 2005: 1756).

Fotogrametrik yöntemin kullanım alanları ile ilgili olarak bir sınıflandırma yapmak gerekirse aşağıdaki temel başlıklar öne çıkmaktadır.

- Tarihi ve arkeolojik sit alanları ile ilgili olarak yapılan tespit çalışmalarında,
- Kültür varlıkları üzerinde gerçekleştirilen bakım, onarım ve korumaya yönelik belgelemede,
- Şekil ve yapı bilgisine dair incelemelerde,
- Rölöve projelerinde,
- Koruma imar planlarının hazırlanmasında,
- Deformasyon analizinde,
- Bakım, onarım, inşa gibi çalışmalar sonrası kontrol testlerinde,
- Şehir ve bölge planlamalarında,

3D yazıcılarda ya da sanal ortamda kullanılmak üzere model yapımında (M. Pieraccini vd., 2001: 64; Yılmaz, 2007: 429; Korumaz vd., 2011: 72).

### ***Lazer Tarama Yöntemi***

Son 10-15 yılda özellikle mimari ve arkeolojik alanda 3D lazer tarama teknolojisine dayanan araştırmalar çok popüler olmuştur. 3D lazer tarama biçimsel araştırmalar alanındaki teknolojik ilerlemenin en son adımını temsil ederek, bu alanda yeni ve önemli olanaklar, fırsatlar sunmaktadır (Balzani vd., 2004: 169; Korumaz vd., 2011: 73; Kaya vd., 2021: 61).

Yapılan çalışmalarda temel amaç görselleştirme için foto-gerçekçi görüntüler oluşturmak ise tamamen görüntü tabanlı işleme teknikleri genel bir çözüm sunmaktadır. Ancak amaç, kültürel varlıkları analiz etmek, geometri ve görünümünün bir kaydını korumak ve paylaşmak ise o zaman açık şekil bilgisi edinilmelidir (Beraldin 2005). 3D lazer tarama, yüzeyle fiziksel herhangi bir bağlantı olmaksızın 3D verileri elde etmektedir. Geleneksel araştırma metodları vasıtasıyla da yapılması mümkün olan renksel, stratigrafik, yapısal, morfolojik ve ölçümsel verileri birleştirerek 3D verinin elde edilmesini sağlamaktadır (Balzani vd. 2004: 171). Bu birleştirilmiş metodolojinin amacı, kültür mirasının tahribatını belgelemek, koruma müdahaleleri ve benzeri durumlara karşı sürdürülebilir bir şekilde yönetimi için veri tabanları olarak kullanılacak gelişmiş dijital modeller yaratmaktır (Remondino vd., 2010: 87 vd.; Korumaz vd., 2011: 73)

Üç boyutlu lazer tarama teknolojisinin ortaya çıkması, üç boyutlu verileri daha doğru, hızlı ve kullanışlı hale getirir. Bununla beraber her ne kadar lazer tarayıcılar diğer farklı yöntemlere göre daha doğru ve kesin sonuçların elde edilmesi hususunda avantajlar sunuyor olsa da uygun noktaların ölçülememesi gibi durumlarda yüksek hataların çıkmasına neden olmaktadır (Almagro, 2007).

Lazer tarama sistemlerinin tasarımları, temaslı ve temassız dahil olmak üzere uygulama alanı için farklı temellere sahiptir. Üç boyutlu tarama sistemi prensibine göre üç tipe ayrılır; faz kaydırmalı tarama, radyal tarama ve üçgen yöntemi taraması. Tarama sistemlerinin farklı prensipleri nedeniyle, burada tarama aralığında büyük bir farklılık bulunmaktadır. Söz konusu üç tür tarama sisteminde, kısa mesafelerde (genellikle 50m'den az) üçgen tarama ve faz kaydırmalı tarama yöntemi uygulanır, ancak daha uzak mesafelerde görece olarak radyal tarama sistemi iyi bir seçimdir (Zhou, 2012: 72; Yılmaz vd., 2006: 44).

Daha kısa mesafeli taramalarda farklı tarama cihazları tercih edilmektedir. Söz konusu cihazlar büyük alanların üç boyutlu verisinin toplanmasında ya da uzun mesafeli tarama için yeterli değildir. Bununla birlikte ortaya çıkarılan küçük kalıntılar için uzun menzilli tarama sistemleri kalite sorunları ve hatalar nedeniyle kullanılmamaktadır. Elde taşınan ya da üçayak (tripod) ve benzeri platformlar üzerine yerleştirilen tarama sistemleri bu sorunu çözmeyi amaçlamaktadır. Tarama sistemi, yalnızca nesnenin gerçek zamanlı 3D ağ modelini vermekle kalmaz, aynı zamanda erişim dokusu verilerini, gerçek zamanlı oluşturmayı ve çeşitli veri formatlarında çıktıyı da sunmaktadır. Bu tip tarayıcıların en önemli özelliği 0,2 ile 0,3 mm'ye ulaşan yüksek hassasiyetleridir (Zhou, 2012: 73).

Lazer tarama çalışmalarında verinin elde edilmesi çalışmanın oldukça önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Alan çalışmalarında konu edinilen objenin büyüklüğü, geometrisi, ulaşılabilirliği, konumu gibi özellikler verinin toplanmasını etkileyen önemli faktörlerdir. Bu sayılan özelliklerde karşılaşılabilecek olan problemler gecikmelere neden olabilmektedir. Bu gibi durumlarda esas öne çıkan sorun ise elde edilen verilerin eksik ya da hatalı olması ve buna bağlı olarak zayıf geometrik modellerin ortaya çıkmasıdır. Lazer tarama çalışmalarında veri elde edilmesinde bir diğer önemli konu objenin yüzey dokusu, yansıtıcılığı, yoğunluğu, geçirgenliği gibi özellikleridir. Bu parametreler ölçüm süresini, noktaların gerçek yüzey ile ilişkisini ve ölçüm sonrası bilgisayar ortamında yapılan çalışmaları etkilemektedir (Remondino vd., 2010: 93; Korumaz vd., 2011: 74).

Üç boyutlu bir lazer tarama sistemi, donanım ve yazılım sistemlerinden oluşmaktadır. Donanım, sistemin en önemli parçasıyken, yazılım da oldukça önemlidir. Taranan verileri daha gerçekçi hale getirmek için doku verilerine erişim özellikle önemlidir. Bu, dijital kameraların yardımı olmadan yapılamamaktadır (Zhou, 2012: 74).

Elde edilen verilerle oluşturulacak olan kültürel mirasa dair eserin 3D modeli belli başlı özellikleri içermelidir:

- Yüksek çözünürlükle elde edilen 3D verisinin işlenebilir ve kayıt edilebilir olması,
- İleride yapılacak uygulamalar için elde edilen 3D verinin yönetiminin doğru planlanıp korunmasının sağlanabilmesi,
- Çalışmalar sonucunda ortaya çıkan verilerin internet üzerinden erişilebilir ve paylaşılabilir olması,
- Araştırma, eğitim, turizm, koruma, eğlence amaçlı paylaşılabilir olması (Patias, 2007: 225; Remondino vd., 2010: 86).

### ***Kullanılacak Yöntemin Seçimi***

Kültürel mirasın sayısallaştırılmasında geleneksel yöntemlere göre fotogrametri ya da lazer tarama gibi teknolojinin ön planda olduğu yöntemlerin tercih edilmesi farklı uygulamalara kapı aralamaktadır. Sanal ortamda koruma ve restorasyon bu konuda ilk akla gelen konuların başında gelmektedir. Söz konusu çalışmalarda uygun metodun seçimi, donanım ve yazılımın doğru kullanılması, iş akışlarının elde edilecek sonuç ürününe göre planlanması oldukça önemlidir (Remondino vd., 2010: 85 vd.).

Yapılan çalışmalar incelendiğinde genel olarak lazer tarama ya da fotogrametrik yöntemden birinin tercih edildiği görülmektedir. Bu durum proje bazında değerlendirildiğinde handikapları beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla tek bir yöntemin uygulanışı yetersiz kalmaktadır. Örneğin lazer tarayıcılar ile karmaşık yapılar çok detaylı bir şekilde modellenirken fotogrametrik yöntem bu konuda sınırlı kalmaktadır. Ancak yapının çatısının da modelleneceği bir örnekte insansız hava araçlarından elde edilen veriler kullanılarak gerçekleştirilen fotogrametrik yöntem büyük avantajlar sağlamaktadır. Böyle bir çalışmada lazer tarama verisi elde edilebilmesi cihazın çatıdan daha yüksek bir alana taşınmasını gerektirmektedir. Bu durum her zaman mümkün olmamakla beraber iş güvenliği açısından da büyük riskle taşınmaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için her iki yöntemin birlikte kullanılması gerekmektedir (Korumaz vd., 2011: 74).

Kültürel mirasın korunmasında teknolojik yöntemlerin başarısı ortadadır. Bu konu üzerinde çalışma yürüten uluslararası sivil toplum kuruluşları da söz konusu yöntemlerin kullanılmasını yaptığı basılı yayınlarda

vurgulamaktadır. Tüm bunlara rağmen söz konusu yöntemlerin kullanımı henüz istenen seviyede bulunmamaktadır. Bu durumun temel sebebini çeşitli başlıklar altında toplamak mümkündür.

- Söz konusu yöntemlerin pahalı oluşu,
- 3D modelleme çalışmasındaki zorluklar,
- Söz konusu yöntemlerin getirdiği avantajlar anlaşılmayıp sadece 2D çizim için tercih edilmesi,
- 2D ve 3D verilerin birleştirilmesindeki zorluklar (Remondini, 2010: 85 vd.; Korumaz vd., 2011: 74),
- Söz konusu çalışmaları yapacak uzman eksikliği,
- Son kullanıcılar için tasarlanmış bilgisayarların yetersizliği

### ***Dünyada ve Türkiye’de Yapılan Önemli Çalışmalar***

Kültürel Mirasın korunması alanındaki en etkili çalışma, 1990 yılında Stanford Üniversitesi tarafından yürütülen “Dijital Michelangelo Projesi”dir. Söz konusu proje, 2 milyar nokta içeren 7,5 metre yüksekliğindeki David heykeli de dahil olmak üzere Michelangelo’nun eserlerini 3D lazer tarayıcı kullanarak 50 mikrometre hassasiyetle sayısallaştırmıştır (Levoy vd., 2000).

Yine Stanford Üniversitesi’nde ‘Forma Urbis Roma Projesi’ oldukça önemli bir çalışmadır. Forma Urbis Roma Projesi, antik Roma’nın arazi haritasını yeniden yapılandırmaya odaklanmıştır. Parçaların şekilleri ve kalınlıkları rastgele olduğu için bu işin manuel operasyonla yapılması imkansız olduğundan, geleneksel yöntemlerin zorluklarını azaltmak için dijital çözümler kullanılmıştır (Abouaf 1999).

Princeton Üniversitesi ve Akrotiri Kazı Kurumu, Akrotiri kalıntılarındaki kırık duvar resimlerinin sayısallaştırılması ve onarımı için çalışmalar yapmıştır. Bir dizi duvarda kırılma sistemi ve ekleme yöntemi tasarlanmış ve uygulamış, sonunda kırıkların sanal ekleme ve onarımını gerçekleştirilmiştir (Benedict 2008).

Avrupa Birliği tarafından finanse edilen “MURALE<sup>4</sup> Projeksiyonu”, antik alanların korunması ve yeniden inşası için bir dizi yöntem önermiştir ve şu anda Türkiye’deki Sagalassos antik kentinde uygulanmaktadır. Bu projeksiyon, kültürel mirasın elde edilmesi ve kaydedilmesi, multimedya veri tabanının oluşturulması, sanal yeniden inşa, görselleştirme, veri tabanı ve kazılara göre antik alanların yeniden inşası, kayıt, sınıflandırma, koruma ve yapıların kurtarılması konusunda birçok yeni medya teknolojisinin sağlanmasını içermektedir (Zhou vd., 2012: 6).

Kanada Ulusal Araştırma Merkezi, kütüphanelerin ve kültürel miras alanlarının sayısallaştırılmasını başlatmak için bir tür yüksek hassasiyetli 3D tarama sistemi geliştirmiştir. Meryem Ana ve İsa Çocuğu’nun 3 boyutlu sayısallaştırma projesinde Padova Üniversitesi ile iş birliği yapmışlardır. Ayrıca, İsrail’de Ceaser Dönemine ait antik binalar ve kalıntıların sayısallaştırılmasına yönelik çalışmada İsrail ile beraber hareket etmektedirler (Zhou vd., 2012: 7).

Çin, birçok alanda olduğu gibi kültürel mirasın sanal ortama aktararak korunması ve gelecek nesillere aktarımında son yıllarda önemli çalışmalara imza atmaktadır<sup>5</sup>. Bu çalışmalara en güzel örneklerden biri Magoa Mağaraları’nda yapılan çalışmalardır. Bu alandaki yoğun turizm hareketliliği ve doğal faktörlerden dolayı mağaralarda büyük tahribat meydana gelmiştir. Mağaraların zaman içinde daha fazla tahribata uğramasını engellemek amacıyla 3d modelleme ile dijital arşiv oluşturma çalışmaları yapılmıştır. Söz konusu veriler web ortamında ziyarete açılarak hizmete girmiştir (Li vd., 2010).

Afrika her ne kadar birçok alanda zamanın maalesef gerisinde kalan yitik topraklar olsa da belgeleme konusunda oldukça önemli bir projeye imza atılmıştır. “Zamani Project<sup>6</sup>” adı verilen proje kapsamında Afrika’nın birçok noktasındaki kültürel miras kalıntıları 3D olarak kayıt altına alınmış ve internet ortamında erişime açılmıştır. Söz konusu çalışma ülkemizde yapılacak olası bir çalışma için en uygun örneği oluşturmaktadır.

Dünyanın farklı yerlerinde gerçekleştirilen bu çalışmaların ardından yönümüzü Türkiye’ye çevirdiğimizde, ülkemizde de kültürel miras değerlerine son yıllarda giderek artan ilgiyle sayısallaştırma çalışmalarının hız

<sup>4</sup> Proje hakkında bilgi için bkz.: <https://cordis.europa.eu/project/id/IST-1999-20273>

<sup>5</sup> Çin’in bu alandaki girişimini son yıllarda yayınlanan hem kitap hem de makale anlamında yayınlarda görmek mümkündür. Özellikle bu alandaki başvuru kitapları Çin’li bilim adamları tarafından yayınlanmaktadır.

<sup>6</sup> <https://zamaniproject.org/>



kazandığı görülmektedir. Bu kapsamda Türkiye’de kültürel miras değerlerinin sayısallaştırılmasına ve sanal ortama aktarılmasına yönelik farklı projeler yürütülmektedir.

Her ne kadar gerçek manada bir sayısallaştırma çalışması olmasa da Kültürel Mirasın sanal ortama aktarılması noktasında Türkiye’de en dikkat çeken girişiminin sanal/dijital müze ziyareti gibi web tabanlı çalışmalar olduğunu söylemek mümkündür. Bu bağlamda son yıllarda ülkemizde özellikle birçok müze ve kültürel miras alanının web üzerinden ziyarete açılması sağlanmış olmakla birlikte, temelde bu uygulamalar belgeleme ve koruma için henüz istenilen düzeyde değildir. Zira söz konusu çalışmalar her ne kadar Kültürel Mirasın korunması ve ulaşılabilirliği noktasında avantajlar sağlıyor olsa da bunun yanı sıra bazı önemli problemlere de sahiptir. Web üzerinden müzelerin ziyarete açılmasını hedefleyen bu uygulamalar temel olarak 360° derece fotoğraf çalışmalarından ibarettir. Söz konusu örneklerde 360° fotoğraf çekim imkanı veren özel bir tripod aracılığı ile fotoğraflar çekilmekte ve daha sonra fotoğraflar bir program aracılığıyla birleştirilip düzenlenerek 360° sanal turlar oluşturulmaktadır. Dolayısıyla bu tip çalışmaların yukarıda dünyanın farklı yerlerinden örneklenen belgeleme ve koruma odaklı projelerle doğrudan bir benzerlik ilişkisi bulunmamaktadır. Sanal müze uygulamalarında objenin iki boyutlu bir belgelemesi yapılmakta, dolayısıyla yukarıda değinmiş olduğumuz risklere karşı eserler tehdit altında bulunmaktadır.

Türkiye’de, sanal müze uygulamalarının yanı sıra özellikle son 10 yılda ulaşılabilirliği ve kültürel miras çalışmalarına olan yararı gereği konumuzun ana başlığını oluşturan lazer tarayıcılar ile gerçekleştirilen belgeleme çalışmaları da son derece önem kazanmıştır. Bugün pek çok kültürel miras değerine sahip yapı, kalıntı ve benzeri örneklerin belgeleme çalışmaları lazer tarama cihazları aracılığıyla yapılmakta ve bu çalışmaların sonuçları bilim dünyası ile paylaşılmaktadır (Ulvi vd. 2014; Uzar vd. 2016; Alptekin vd., 2019; Uzun vd. 2019). Esasında bu çalışmalar sonucunda yüzlerce kültürel miras alanının belgelenmesi yapılmış olup ve ortaya muazzam bir veri arşivi de çıkmıştır. Bununla birlikte yapılan çalışmaların genel amacına bakıldığında daha önce konvansiyonel yöntemlerle yapılan iki boyutlu belgeleme çalışmalarının daha ziyade teknolojik cihazlarla yapıldığı görülmektedir. Teknoloji sayesinde, eskiden uzun zaman alan röleve çalışmaları bu yeni yöntem sayesinde daha hızlı ve hassas bir şekilde elde edilmektedir<sup>7</sup>. Bu kapsamda taramalardan elde edilen veriler işlendikten sonra ortofotolar üretilerek fotoğraflar üzerinden CAD programlarında iki boyutlu çizim çalışmaları yapılmaktadır. Alan çalışmalarına hız kazandırması ve daha hassas ölçüm noktasında lazer tarayıcıların faydası inkâr edilemez bir gerçektir. Bununla birlikte gözden kaçırılmaması gereken nokta söz konusu ortofotolar lazer tarayıcıların yan ürünleridir. Lazer tarayıcıların asıl amacı, herhangi bir objeye dair renk, doku, şekil, vb. bilgileri üç boyutlu olarak belgeleyerek kayıt altına almaktır. Tam bu noktada çok büyük bir fırsat yeterli donanım ve nitelikli insan gücü eksikliğinden dolayı kaçırılmaktadır. Ülkemizde sürdürülen çalışmaların genel yapısı lazer tarayıcılarının asıl fonksiyonun tam olarak anlaşılmadığını ortaya koymaktadır. Bunun mutlak sonucu olarak da lazer tarayıcılardan yeterli fayda sağlanamamaktadır.

### ***Dijital Arşivleme***

3D tarama teknolojisi ile çoklu çözünürlüklü 3D veriler oluşturulabilmekte, bu sayede Kültürel Mirasa ait veriler kalıcı olarak korunabilmektedir. Eserle ait geometri ve doku bilgisi yüksek hassasiyetle elde edilip saklanabilmektedir (Li vd., 2010: 384).

### ***Sanal Restorasyon***

Dünyanın dört bir tarafında bulunan birçok kültürel varlık kırılma, çalınma ve benzeri doğa ya da insan kaynaklı zararlarla her an için karşı karşıya kalmaktadır. Bu şekilde oluşabilecek zararlara karşı restorasyon kültürel varlıkların korunması ve araştırılmasının çok önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Gerçek objeler üzerinde yapılan restorasyonlarda son yıllarda oldukça tartışma konusu olmuş örnekler mevcuttur. Bazı durumlarda yanlış anlaşılmalardan kaynaklı haber akışları olsa da İspanya’nın Borja kentindeki bir kilise içerisinde yer alan İsa resminin restorasyonu bu konuya güzel bir örnektir (**Resim 1**). Doğrudan kültürel varlık üzerinde yapılan restorasyona kıyasla sanal restorasyon ile kültürel kalıntılara herhangi bir zarar verilmeden ve makul bir onarım sonucu elde etmek için farklı restorasyon stratejileri geliştirilebilmektedir. Sanal restorasyon, orijinal eser için

<sup>7</sup> Her iki yöntem arasındaki farklar için bkz.: Pehlivan vd. 2022)

travmatik sonuçlar doğurabilen müdahalelere gerek kalmadan bir eserin daha iyi anlaşılmasını sağlamak için kullanılabilir. (Beraldin, 2005)(Resim 2).



Resim 1:



Resim 2:

Farklı eksik parça türleri için sanal restorasyon aşağıdaki şekillerde uygulanabilir:

- Esere ait eksik parçalar bulunabilir ve tamamlanabilir. Bu tip bir çalışmada eserin ana gövdesi ve eksik parçalar sırasıyla taranabilir ve sanal olarak birleştirilebilir. Çin’de Longmen ve Xiangtangshan mağaralarında bu tür projeler gerçekleştirilmiştir. Xiangtangshan mağara projesinde, Chicago Üniversitesi’nden arkeologlar Çin dışında yirmiden fazla kafa, el veya diğer parçaları tarayarak, eksik nesnelere ve gövdeler sanal olarak birleştirilmiştir (Li vd., 2010: 386).
- Esere ait eksik parçaların bulunmadığı durumlarda mevcut parçalardan eser tamamlanabilmektedir. Bu tip bir çalışmada eserin genel yapısı içerisinde eksik olan kısım diğer lokal bölgeden örneklenerek tamamlanmaktadır (Li vd., 2010: 386).
- Esere ait az verinin olduğu ya da hiç verinin olmadığı durumlarda eski fotoğraflar ve/veya herhangi bir tarihi kayıt üzerinden restorasyon yapılabilmesi mümkündür (Li vd., 2010: 386). Bu tip bir çalışmada 3D modeller manuel olarak oluşturulmaktadır. Restorasyon için destekleyici herhangi bir malzeme yoksa restorasyon aynı döneme ait eserlere göre yapılabilir, ancak restorasyonun sonuçları tartışmalı olacaktır.

### **Arkeolojik Alanlar**

Başta ülkemizde olmak üzere dünyanın birçok noktasında arkeolojik kazı çalışmaları yürütülmektedir. Söz konusu çalışmalar her ne kadar teknolojik ilerlemelerle doğru orantılı olarak yapılıyor olsa da, kazı çalışmaları noktasında teknoloji kullanımı ve belgeleme yöntemleri arkeolojinin ilk ortaya çıktığı XIX. yüzyıldan çok farklı değildir. XIX. yy. ile günümüz arasındaki değişim daha çok belgeleme noktasında karşımıza çıkmaktadır. Arkeolojik bir kazı çalışması her ne kadar bilimsel etik ve kaygılar ile yapılıyor olsa da, bir daha eski dokusuna dönmesi mümkün olmadığından geri dönüşü olmayan bir tahribat anlamına da gelmektedir. Bugün hızla ilerleyen teknolojik gelişmelerin ilerleyen yıllarda bizlere neler getireceğini bugünden kestirmek mümkün görünmemektedir. Öyle ki günümüzde son teknolojilerle yapılan kazı çalışmaları dahi, bundan 20 – 30 yıl gibi kısa bir süre sonrasında çok basit yahut sıradan kalma potansiyeline sahiptir. Dolayısıyla bu noktadan baktığımızda mevcut durumda yapılan kazı çalışmalarının en az veri kaybı ile gelecek nesillere aktarılması bilimsel bir sorumluluk ve zorunluluk olmalıdır.

Bu bağlamda konumuzun ana odağını oluşturan lazer tarayıcıların bir zaman makinesi gibi işlev görme potansiyeline sahip cihazlar olduğu da açıktır. Kazı yürütücüleri tarafından belirlenecek zaman dilimlerinde, belli aralıklarla gerçekleştirilecek lazer tarama çalışmaları, kazısı yapılmış mevcut alanlardaki veri kaybını azami miktarlara indireceğinden şüphe yoktur (Beraldin 2005).

Arkeolojik alanda yapılacak bir çalışmanın çeşitli faydaları olacaktır.

- Kazıya ait çok geniş bir veri tabanı oluşmuş olacaktır. Verilerin 3D elde edilmesi sayesinde 2D çizimde yakalanamayacak ayrıntılar bu sayede gözden kaçırılmayacaktır.
- Kazının stratigrafisi 3D olarak takip edilebilecektir.

- c. Mevcut durumda, günümüz bilimsel anlayışı çerçevesinde yapılacak olan ancak geleceğin bilimsel dünyasında farklı değerlendirilebilecek olgular belgelenecek sonraki bilim adamlarına farklı bakış açıları sunarak, hataları tespit etme, çözüm bulma vb. durumlarda referans olacaktır.
- d. Kazıdan çıkacak olan eserler eş zamanlı taranarak herhangi bir riske karşı koruma altına alınmış olacaktır.
- e. 2D yapılacak olan çizimler için altlık oluşturularak daha hassas çizim çalışmaları gerçekleştirilebilecektir.
- f. Günümüz dünyasında ekonomik nedenlerle şu an için zor görünse de, yakın bir gelecekte son kullanıcının rahatlıkla ulaşabileceği başta gelişmiş 3D projeksiyon sistemleri olmak üzere hologram benzeri teknolojiler ile kazı deneyimi istenildiği yerde deneyimlenebilecektir. Örneğin kazı alanından yüzlerce kilometre ötede bir üniversitede çalışan araştırmacı kazı alanına gitme gereği duymadan çalıştığı laboratuvarında kazıyı tekrar inceleyebilecektir.

### ***Sanal Gösterim***

Kültürel mirasın korunması ve sergilenmesi arasında hassas bir denge vardır ve her iki eylem lehine de bu dengeyi korumak gerekmektedir. Sergileme alanlarında izleyici eserden birkaç metre uzakta dokunarak ya da benzeri şekilde zarar veremeyecek mesafede durmaktadır. Bu durumda eser ve izleyici arasındaki etkileşim yetersiz kalmakta ve eseri anlamak adına temelde bir sorun teşkil etmektedir. Dolayısıyla izleyicinin eserden elde edebileceği bilgiler de kişinin ilgisi ile sınırlı kalmaktadır (Li vd., 2010: 387). Ancak mevcut sergileme biçimleri için kaçınılmaz olan bu durumu sanal gerçeklik uygulamaları ile etkili bir şekilde aşmak mümkündür. Sanal gerçeklik farklı tarihi form ve dokulardan oluşan her türlü yapı yahut objeyi izleyicisi için -kültürel kalıtlara herhangi bir zarar verme kaygısı yaşamadan- çok daha iyi deneyimleme şansı sunmaktadır. Her ne kadar bugün yalnızca görme duyumuzla sınırlı olsa da özellikle yakın bir gelecekte kullanıma girecek olan eldiven gibi giyilebilir aparatlar sayesinde dokunma yahut benzeri hisler ile izleyici eseri kendi niteliği çerçevesinde her açıdan deneyimleme fırsatına da sahip olacaktır.

### ***Lazer Tarama Çalışmalarında Genel Sorunlar***

Lazer taramanın pek çok faydalı yanına rağmen kullanım amacıyla ilgili genel bir yaklaşım sorunu olduğu da dikkat çekmektedir. Yapılan değerlendirmelerde konvansiyonel yöntemler, fotogrametri, lazer tarama gibi metotlar karşılaştırılmakta ve bunlar hız, hassasiyet, fiyat (Boehler vd. 2004; Blake 2010; Yakar vd., 2009: 206; Kaya vd., 2021: 66 vd.; Pehlivan vd., 2022), büyüklük, karmaşıklık (Boehler vd., 1999) gibi farklı parametreler altında değerlendirilmektedir. Her ne kadar yapılacak çalışmalarda tüm bu değerlendirmeler önemli ise de lazer tarama çalışmasının en önemli amacı göz ardı edilmektedir. Lazer tarama basitçe ele alabileceğimiz bir belgeleme yöntemi değildir. Burada en önemli kazanım objenin 3D bilgisinin kayıt altına alınmasıdır. Bir 3D model analiz edilebilecek ve geliştirilebilecek çok sayıda bilgi içermektedir (Godin vd., 2002: 25). Konvansiyonel yöntemlerle bu mümkün değildir. Fotogrametrik<sup>8</sup> yöntemlerde ise her ne kadar 3D veri kaydı oluşturulabiliyor olsa da hassasiyet ve veri elde etme noktasında lazer tarama ile aynı performansı sergilemesi zordur (Boehler vd., 2004; Almagro 2007). Savaş, deprem, yangın gibi doğa, insan kaynaklı tahribat, hırsızlık ve benzeri doğal olmayan durumlara karşı kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarılması noktasında lazer tarama yöntemi diğer yöntemlere göre dezavantajlı durumları olsa da<sup>9</sup> daha ön plana çıkmaktadır. Dolayısıyla lazer tarama mümkün olan her alanda kullanılması gerekli bir yöntemdir.

Lazer tarama ile ilgili olarak ülkemizde de son yıllarda oldukça yoğun bir çalışma yapıldığı görülmektedir. Yapılan restorasyon çalışmalarının birçoğunda rölöve çalışmaları lazer tarama cihazları ile yürütülmektedir. Bununla beraber çok büyük bir tarihi fırsat ıskalanmış ve ıskalanmaya devam etmektedir. Bu sorunları başlıklar halinde verecek olursak;

---

<sup>8</sup> Fotogrametrik bir yöntem olarak RTI temel olarak yapılandırılmış ışık taramasına benzer bir teknik kullandığından oldukça hassas çalışmalar yapılabilir. Ancak söz konusu çalışmalar küçük obje bazında olup bir mimari eser söz konusu olduğunda bu teknik ile çalışılması mümkün değildir. Aynı durum yapılandırılmış ışık tarama cihazları içinde geçerlidir. Bu yöntemin en önemli dezavantajı ise gündüz saatleri gibi yoğun ışık olan ortamlarda çalışılmıyor oluşudur. Akçay 2016.

<sup>9</sup> Lazer tarama çalışmaları bazı dezavantaj yaratan nedenlerden dolayı tercih edilmeyebilmektedir. Bunlar arasında en başta gelenleri zaman açısından vakit alması ve pahalı çalışmalar olmasıdır.

- a. Yapılan çalışmalar 2 boyutlu rölöve çizimlerine altlık amaçlı yapıldığından elde edilen 3D veri ortofotolar halinde düzenlenip çalışılmaktadır. Rölöve için altlık oluşturulduktan sonra 3D lazer tarama verileri kişi, şirket ya da kurumların insiyatifine bırakılmaktadır.
- b. Lazer tarama verileri oldukça büyük veri setlerinden oluşmaktadır. Dolayısıyla saklama, depolama problemleri bulunmaktadır. Bu durumda birçok veri geri dönülemez şekilde silinmektedir.
- c. Bu konuda eğitim almış yetişmiş nitelikli insan sayısı oldukça azdır. Dolayısıyla bu çalışmalara nasıl yaklaşılacağı konusunda bilgi eksikliği bulunmaktadır.
- d. Donanım olarak oldukça pahalı olan lazer tarama cihazlarını elde etme imkanı sınırlıdır.

### **Öneriler**

Çalışma kapsamında, kültürel mirasın tahribatı ve korunması zorunluluğunu ele alırken dile getirilen tüm sorunlar -her ne kadar bugün geçmişe nazaran büyük yeniliklerle ele alınsa da- önümüzdeki süreçte büyüyerek karşımıza çıkmaya devam edecektir. Küresel iklim krizi, insan hareketlilikleri, bölgesel çatışmalar gibi sorunlar kültürel miras üzerinde geri dönülemez sonuçlar doğuracaktır. Tüm bu sorunların çözülmesi noktasında risk yönetiminin yapıp bunların değerlendirilmesi, belirlenmesi ve eylem planlarının hazırlanması gerekmektedir. Bu konularda kültür varlıklarının belgelenmesi ile ilgili olarak başlıca yapılması gerekenleri şu şekilde sıralamak mümkündür;

- a. Merkezi yönetimin desteğini alarak Kültür ve Turizm Bakanlığı önderliğinde odağı kültürel miras olan kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun oluşturulması sağlanmalıdır.
- b. Kültür ve Turizm Bakanlığı önderliğinde büyük bir veri bankası inşa edilerek konu kapsamında yapılan ve yapılacak olan tüm çalışmaların ortak bir havuzda toplanması sağlanmalıdır.
- c. Avrupa ülkelerinde olduğu gibi, (örneğin İtalya’da CNR örneğinde) başta üniversiteler ile kamu ve özel kuruluşlardaki laboratuvarların tek bir çatı altında birleştirilmesi teşvik edilmelidir.
- d. Koruma kurulları başta olmak üzere tüm kurum ve kuruluşların kültürel miras ile ilgili yapacağı kazı, onarım, tadilat ve benzeri çalışmalarda lazer tarama zorunluluğu getirilmelidir.
- e. Müzeler kültürel mirasın oldukça önemli bir ayağını meydana getirdiğinden ve çeşitli doğal sebepler ile risk taşıdıklarından belirlenecek olan öncelik sırasına göre bu müzelerde yer alan eserler lazer tarayıcılar ile sayısallaştırılmalıdır.
- f. Yetişmiş kalifiye insan ihtiyacı karşılamak üzere üniversiteler bünyesinde dijital belgeleme odaklı lisans düzeyinde dersler verilmeli, lisansüstü alanda “Dijital Arkeoloji, Dijital Kültürel Miras” gibi bilim dalları açılmalıdır. Ayrıca açılacak olan bilim dallarını cazip hale getirmek amacıyla öncelikli istihdam programlarına alınarak mezunlara iş garantisi tanınmalıdır.

### **Planlama**

Kültürel Mirasın belgelenmesi korumanın ilk ve en önemli adımı olarak tanımlanmaktadır. Gelişmiş ülkelerde bile bu görevler için fonlar çok sınırlı iken, birçoğu zengin bir kültürel mirasa sahip olan gelişmekte olan ülkeler gerekli prosedürleri karşılamada zorlanmaktadır (Boehler vd., 1999; Korumaz vd., 2011: 70). Dolayısıyla söz konusu çalışmaların devlet desteği olmadan yapıyor olsa dahi sürdürülebilirliği mümkün değildir.

Uzman personel eksikliği, donanımsal yetersizlikler gibi sorunlar nedeniyle bu konuda yapılacak çalışmalarda önceliklere karar verilmelidir. Öncelik sıralaması yapılmalı ve risk altındaki nesnelere yüksek öncelik ve yoğunlukla belgelenmeli, diğerleri ise beklemeli veya şu anda sadece pratik yöntemlerle kaydedilmelidir (Boehler vd., 1999). Yapılacak olan çalışmaların omurgasını organizasyonun kendisi oluşturmaktadır. Dolayısıyla merkezi bir kurum tarafından tüm çalışmalar koordine edilip denetlenmelidir.

### **Kazanımlar**

Çalışmada sıralanmış olan öneriler günümüzdeki teknik olanaklar da dikkate alındığında kısa bir süre içerisinde kolaylıkla hayata geçirilebilecek konulardır. Burada önemli olan konunun stratejik seviyede ele alınarak gerçekleştirilebilmesi için iradenin ortaya konulmasıdır. Tüm bu ve getirilecek diğer öneriler uygulandığında şu an için yüksek risk taşıyan durum yarının dünyasında fırsata çevrilmiş önemli kaynaklar olacaktır. Özellikle yakın

bir zamanda hayatımıza girecek olan Web 3.0, metaverse, 5g gibi teknolojiler ile sanal ortama aktarılmış olan veriler paha biçilemez değere sahiptir.

### Sonuç

Hızla gelişen ve bu haliyle de karşı koyamadığımız bir teknoloji çağında yaşıyoruz. Bugün insanlık tarihinin gelişimi düşünüldüğünde çok kısa bir zaman dilimi diyebileceğimiz bir tarihte (1990'lar ve sonrası) hayatımıza yaygın bir biçimde girmeye başlayan internet ve dijitalleşen günlük yaşam eşyaları artık olmazsa olmaz diyebileceğimiz yaşam pratiklerimiz arasında ilk sırada geliyor. Ve bu hızla ilerleyen çağ karşı konulmaz bir biçimde farklı etmenlerle bir olup, insanoğlunun binlerce yıllık hafızasını ve evrensel değerlerini tehdit ediyor. Bu noktada ister somut olsun ister soyut, kültürel mirasımıza ait pek çok değer, yaşamak yahut yaşatmaktan ziyade hatırlanmasının dahi zor olduğu bir zamana doğru hızla ilerliyor. Bireyin ve toplumun parçası olan pek çok şey hafızasını yitiriyor. Bununla birlikte kaçınılmaz olarak bugün modern insan Almanca'da "zeitgeist" ifadesi ile "zamanın ruhu" nu yaşıyor. Dolayısıyla artık hepimiz geçmişe özlem ile zamanın ruhu arasında sıkışan bir modern toplumun parçalarıyız. Ve tam da bu sebeple sıkıştığımız yerde bir köprü kurmak misyonu taşımamızdır. Hızla gelişen bu teknoloji dünyası içerisinde kurmakla mesul olduğumuz bu köprü aracılığıyla dijitalleşme/teknoloji ile simbiyotik<sup>10</sup> bir yaşam şekli kurmalı ve aktarıcı olmalıyız. Ki bu noktada bu simbiyotik yaşam biçimi için "kültürel mirasın korunması ve gelecek nesillere aktarımı" muazzam bir çalışma alanını oluşturmaktadır. Modern dünyanın geldiği noktada maddi ve manevi değerlerin en az kayıpla belgelenecek koruma altına alınması birincil öncelik olmalı, inşa edilmekte olan yeni dünya bu değerler göz ardı edilmeden oluşturulmalıdır.

Kültürel mirasın belgelenmesi üzerine yapılan pek çok farklı uygulama temelde söz konusu mirasın geleceğe aktarımının en önemli adımlarından birini oluşturmaktadır. Bu noktada çalışmamızın ana başlığını oluşturan lazer tarayıcılar yardımıyla yapılan uygulamalarda son derece önemlidir. Zira nihayetinde 3D modellemelere ulaşılan bu teknikte pek çok yenilikçi yaklaşım ve olasılığın kapısı da aralamaktadır. Bu uygulamaların amacı, eserleri analiz etmek, geometri ve görünümünün bir kaydını korumak ve paylaşmaktır, lazer tarayıcılar bu konunun en önemli ayağını oluşturmaktadır. Bu nedenle en azından bugün kültürel mirasın en az kayıpla korunması ve aktarımında olmazsa olmaz bir çözüm olarak lazer tarayıcıların durduğunu söylemek mümkündür.

### Kaynakça

- Abouaf, J., (1999). The Florentine Piet`a: Can Visualization Solve the 450-Year-Old Mystery. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(1): 6-10
- Akçay, A. (2016). Epigrafi Araştırmalarında Yeni Bir Belgeleme ve Analiz Metodu Olarak RTI. *Akdeniz İnsani Bilimler Dergisi*, 6 (2): 1-16.
- Almagro A., Vidal, A., (2007). Traditional Drawings versus New Representation Techniques. *XXI International CIPA Symposium*, Athens 01-06 October 2007.
- Alptekin A., Fidan Ş., Karabacak A., Çelik M. Ö., Yakar M. (2019). Üçayak Örenyeri'nin yersel lazer tarayıcı kullanılarak modellenmesi. *Türkiye LİDAR Dergisi*, 1(1): 16-20.
- Arias P., Herraes J., Lorenzo H., Ordonez C., (2005). Control of structural problems in cultural heritage monuments using close-range photogrammetry and computer methods. *Computers and Structures*, 83: 1754-1766.
- Balzani, M., N. Santouoli, A. Grieco, N. Zaltron, (2005). Laser Scanner 3D Survey in Archaeological Field: the Forum of Pompeii. *Paper presented at the International Conference on Remote Sensing Archaeology Beijing*, October 18–21. 169–175.
- Belhi, A. Foufou, S., Bouras, A., ve Sadka, A. H., (2017). Digitization and Preservation of Cultural Heritage Products. 14th IFIP International Conference on Product Lifecycle Management (PLM 2017), Jul 2017, Seville, Spain. 241-253.

<sup>10</sup> İki canlılık tek bir organizma gibi birbirleriyle yardımlaşarak bir arada yaşamalarıdır.

- Benedict, J., Corey, T., Diego, N., Burns, M., Dobkin, D., Vlachopoulos, A., Doulas, C., Rusinkiewicz, S., Weyrich, T., (2008). A System for High-volume Acquisition and Matching of Fresco Fragments: Reassembling Theran WallPaintings. *ACM Transactions on Graphics*, 27(3): 1-9.
- Beraldin, J.-A., Picard, M., El-Hakim, S., Godin, G., Borgeat, L., Blais, F., Paquet, E., Rioux, M., Valzano, V., and Bandiera, A., (2005). Virtual Reconstruction of Heritage Sites: Opportunities and Challenges Created by 3D Technologies. *International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage* içinde.
- Boehler, W., Heinz, G., (1999). Documentation, Surveying, Photogrammetry. *CIPA Working Group XVII CIPA Symposium Brazil*.
- Boehler, W., Marbs, A., (2004). 3d Scanning and Photogrammetry for Heritage Recording: a comparison. *Proc. 12th Int. Conf. on Geoinformatics – Geospatial Information Research: Bridging the Pacific and Atlantic University of Gävle*, Sweden, 7-9 June 2004. 291-298.
- Boehler, W., (2005). Comparison of 3D scanning and other 3D measurement techniques. *Proc. International Workshop on Recording, Modeling and Visualization of Cultural Heritage*, Switzerland, 22-27 May 2005.
- Cirulis, A., De Paolis, L. T., Tutberidze, M., (2015). Virtualization of digitalized cultural heritage and use case scenario modeling for sustainability promotion of national identity. *Procedia Computer Science*, 77, 199-206.
- Desmond L.G., Collins P., Negron T.G., Callaghan J., (2003). Gateway into the past: Photogrammetric documentation of the Arch, Labna, Yucatan, Mexico 1997. L.P. Barba (Ed.), *Antropologia y Técnica IIA*, 7, 55-66.
- Donghui, C., Guanfa, L., Wensheng, Z., Qiyuan, L., Shuping, B., ve Xiaokang, L.,(2017). Virtual reality technology applied in digitalization of cultural heritage. *Cluster Computing* 22(4):1-12.
- El-Hakim S, Beraldin J, Picard M, Godin G., (2004). Detailed 3d reconstruction of large-scale heritage sites with integrated techniques. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 24(3): 21–29
- Godin, G., Beraldin, J.-A, Taylor, J., Cournoyer, L., Rioux, M., El-Hakim, S.F., Baribeau, R., Blais, F., Boulanger, P., Picard, M., Domey J., (2002). Active Optical 3D Imaging for Heritage Applications. *IEEE Computer Graphics and Applications* 22(5): 24-36.
- Koramaz, A. G., Dülgerler, O., N., Yakar, M., (2011). Kültürel Mirasın Belgenmesinde Dijital Yaklaşımlar. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 26 (3): 67-83.
- Levoy M, Pulli K, Curless B, Rusinkiewicz, S., Koller, D., Pereira, L., Ginzton, M., Anderson, S., Davis, J., Ginsberg, J., Shade, J., Fulk, D., (2000). The Digital Michelangelo Project: 3D Scanning of Large Statues. *Proceedings of the 27th Annual Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*, New Orleans, USA, 23 – 28 July 2000.
- Li, R., Luo T., Zha H., (2010). 3D Digitization and Its Applications in Cultural Heritage. Marinos İoannides vd. (Ed.), *Euro-Mediterranean Conference: Digital Heritage* içinde (ss. 381-388).
- Lu, D., Pan, Y., (2010). Digital preservation for heritages technologies and Applications. Berlin.
- Lv, Z., (2020). Virtual reality in the context of Internet of Things. *Neural Computing and Applications* 32: 9593–9602.
- Patias P., (2006). Cultural Heritage Documentation. *International Summer School, “Digital Recording and 3D Modeling”*, Aghios Nikolaos, Crete, Greece, 24-29 April 2006.
- Pehlivan, G. F., Baldıran, A., Pehlivan, E. (2022). Kültürel mirasın belgenmesinde farklı tekniklerin karşılaştırılması: İasos Bouleuterionu örneği. *GRID* 5(1): 53-71.
- Remondino, F., Rizzi, A., (2010) Reality-Based 3D Documentation of World Heritage Sites:Methodologies, Problems and Examples. *Appl Geomat* 2: 85–100.
- Turan M. H., (2004). Mimari Fotogrametri Alanındaki Çağdaş Gelişimlerin Değerlendirilmesi. *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, 19(1): 43-50.
- Türkbay, Ö., Ç., (2021). Kültürel Mirasın Korunmasının İnsan Hakları Hukuku ile İlişkisi ve Kültürel Miras Hakkı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi* 23/2: 1443 – 1481.

- 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.
- Ulvia A., Yakar M., Yiđit A.Y., Kaya Y., (2019). Arkeolojik Alanların Dokümantasyonunun Yersel Lazer Tarama ve İHA Teknikleri ile Elde Edilmesi: Konya Yunuslar Örneği. *TUFUAB X. Teknik Sempozyumu*, Aksaray.
- Uzar, M., Öđütçü H., (2016). Yersel lazer tarayıcı kullanılarak tavra deresi Kilisesi'nin ölçümü ve ortofoto üretimi. *6. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, 5-7 Ekim 2016, Adana: 1019-1027.
- Uzun, T. İ., Spor, Y. (2019). Yersel Lazer (Nokta Bulut) Tarama Yöntemi ile Rölöve – Restitüsyon – Restorasyon Projesi Hazırlama Süreci ve Bir Örnek: Elazığ Harput Kale Hamamı. *Tasarım Kuram*, 15(28): 1-26.
- Ünal, Z. G., (2014). Akademik Deđerlendirme”, Kültürel Mirasın Korunması, Beyaz Gemi Sosyal Proje Ajansı, İstanbul.
- Yakar M., Yılmaz H. M., Güleç S. A., Korumaz M., (2009). Advantage of Close Range Photogrammetry in Drawing of Muqarnas in Architecture. *Information Technology Journal*, 8(2): 202-207.
- Yakar M., Mohammed O., (2016). Yersel Fotogrametrik Yöntem ile İbadethanelerin Modellenmesi. *Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Teknik-Online Dergi*, 15 (2): 85-95.
- Yılmaz H. M., Yakar M., (2006). Yersel Lazer Tarama Teknolojisi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2: 43 - 48
- Yılmaz, H.M., Yakar, M., Güleç, S.A., Dülgerler, O.N., (2007). Importance of Digital Close-Range Photogrammetry in Documentation of Cultural Heritage. *Journal of Cultural Heritage*, 8: 428-433.
- Zhong, H., Wang, L., ve Zhang, H., (2021). The Application of Virtual Reality Technology in the Digital Preservation of Cultural Heritage. *Computer Science and Information Systems* 18(2): 535–551.
- Zhou, M., Geng, G., ve Wu Z. (2012). Digital preservation technology for cultural heritage. Berlin.

## EXTENDED SUMMARY

In the evolving and changing world, humanity is rapidly becoming a single society in a virtual global environment whose boundaries are drawn by technology. The digitised world is erasing the boundaries, and people in different parts of the world are interacting with each other in different ways. With this situation affecting all areas of social life, many things that are part of popular culture are becoming increasingly unified. However, this rapid transformative power of digitization is also bringing about major changes in the cultural heritage shaped by millennia of human accumulation, which is the starting point of this study.

In the early 1990s, the world's first commercial 3D laser scanner was launched in the USA. Laser scanning technology has gained momentum in the short time that has passed since then and is now preferred as a reliable measurement and monitoring tool in many different fields. One of these areas is the protection of cultural heritage. To see the more than twenty-seven thousand articles that have been published on this topic since the 1990s, it is enough to type the term "laser scanners and cultural heritage" in Google Scholar. If one performs the above search as "laser scanning and cultural heritage", about six hundred results will appear. It should be noted that due to the simplicity of this type of query, some of these references may be irrelevant to the main topic. Nevertheless, the number of results is substantial. Regardless of how simple the scan is, it seems to clearly document the relationship between cultural heritage and laser scanners. In the last 10-15 years, research based on 3D laser scanning technology has become very popular, especially in the field of cultural heritage. This research currently represents the final step of technological progress in this field and has opened the door to new development opportunities in this area.

3D laser scanning is a technique that combines color, stratigraphy, structural, morphological, and measurement data - which can also be acquired using conventional research methods - without any physical connection to the surface, resulting in the acquisition of 3D data. The main purpose of this unified methodology is to create advanced digital models that can be used as databases for documentation of cultural property destruction, sustainable management in the case of conservation measures, and the like. In addition to documentation, the application has the potential to be a regular basis for digital archiving and any virtual work (virtual exhibition, virtual restoration, etc.). With the advent of three-dimensional laser scanning technology, the data obtained is becoming more accurate, faster and more useful.

Laser scanning system designs vary depending on the application, including contact and non-contact. Three-dimensional scanning systems are divided into three types according to the principle: Phase shift scan, radial scan and triangular scan. Due to the different principles of the various scanning systems, there is a wide variation in the scanning range here. Among these three types of scanning systems, triangular scanning and phase shift scanning are used for short distances (usually less than 50 m), while a relatively radial scanning system is a good choice for longer distances (Zhou, 2012: 72). When scanning over shorter distances, various scanning devices are preferred. However, these devices are not sufficient to capture three-dimensional data from large areas or to scan a long distance. On the other hand, long range scanning systems are not used for small residuals due to quality issues and errors. Handheld scanning systems on tripods and similar platforms are used to try to solve this problem. This type of scanner not only provides a real-time 3D mesh model of the object, but also provides real-time rendering of access texture data and output in various data formats. The most important feature of this type of scanner is its high sensitivity, which reaches 0.2 to 0.3 mm (Zhou, 2012: 73). Therefore, it can be said that the margin of error in the current system is minimal.

In three-dimensional laser scanning systems, although the hardware is the most important part of the system, the software is also very important. Access to texture data is especially important to make the scanned data more realistic. This is not possible without the help of digital cameras (Zhou, 2012: 74). The 3D model of cultural heritage to be created with the acquired data should have features that allow it to be captured, edited, accessed, and shared. When these result-oriented applications are realized, the three-dimensional laser scanning process will have achieved its true purpose.

The most influential work in the field of heritage preservation is Stanford University's 1990 "Digital Michelangelo Project," which digitised Michelangelo's works, including the 7.5-metre-high statue of David, at 2 billion points using a 3D laser scanner with an accuracy of 50 microns (Levoy 2000). The "Forma Urbis Roma Project" at Stanford University is another important study in this field, focusing on the reconstruction of the



terrain map of ancient Rome (Abouaf 1999). On the other hand, Princeton University and the Akrotiri Excavation Institution have worked on the digitization and repair of the destroyed wall paintings in the ruins of Akrotiri. He designed and implemented a series of wall fracture systems and fixing methods, and eventually achieved virtual fixing and repair of fractures (Benedict 2008). The European Union-funded "MURALE Projection" has proposed a number of methods for the preservation and reconstruction of ancient sites and is currently being implemented at the ancient city of Sagalassos in Turkey. This project involves the provision of numerous new media technologies for the acquisition and recording of cultural heritage, the creation of a multimedia database, virtual reconstruction, visualisation, database, and the reconstruction of ancient sites through excavation, recording, classification, preservation, and restoration of structures (Zhou et al. , 2012: 6). In another project, the National Research Center of Canada has developed a type of high-precision 3D scanning system to initiate the digitization of libraries and cultural heritage sites. In collaboration with the College of Padua, a project has been undertaken to 3D digitize the Virgin Mary and Child Jesus. As in many other areas, China has conducted important studies in recent years to protect cultural heritage by transferring it to the virtual environment and passing it on to future generations. One of the best examples of these studies is the research conducted in the Magoa Caves. Due to the intense tourist activities and natural factors in the area, the caves have been severely destroyed. In order to prevent further destruction of the caves over time, studies were conducted to create a digital archive with 3D modeling. The aforementioned data have been made available on the Internet (Li et al., 2010). Perhaps the most impressive example from the world was Africa, which was behind the times in many aspects. Under the "Zamani Project," the remains of cultural heritage in many parts of Africa were captured in 3D and made available on the Internet.

In our country, digitization studies have gained momentum in recent years with the increasing interest in cultural heritage values. In this context, various projects are being carried out in Turkey to digitize cultural heritage and transfer it to the virtual environment. Although not a digitization study in the strict sense, it can be said that the most notable initiative in Turkey in terms of transferring cultural heritage to the virtual environment is web-based studies such as virtual/digital museum visits. In this context, many museums and cultural heritage sites in our country have been opened to visitors via the Internet in recent years. However, these applications were essentially created using methods that document the object only in two dimensions and are far from the advantages of laser scanning. In Turkey, besides virtual museum applications, documentation studies with laser scanners, which are the main subject of our topic, have gained great importance especially in the last 10 years due to their accessibility and benefits for cultural heritage research. Today, documentation studies of buildings, ruins, and similar examples with many cultural heritage values are conducted with laser scanners and the results of these studies are shared with the scientific world (Ulvi et al. 2014; Uzar et al. 2016; Uzun et al. 2019). Looking at the general purpose of the studies, we find that the two-dimensional documentation studies, which were previously conducted using conventional methods, were created using technological devices. Therefore, the general structure of the studies conducted in our country shows that the main function of laser scanners is not fully understood. As a result, it is not possible to get sufficient benefit from laser scanners.

The many different applications for documenting cultural heritage basically represent one of the most important steps in transferring said heritage into the future. In this context, applications carried out with the help of laser scanners, which is the main subject of our work, are particularly important. After all, this technology is used to create 3D models, which also open the door to many innovative approaches and possibilities. If the purpose of these applications is to analyze artifacts, to obtain and share a record of their geometry and appearance, laser scanners are the mainstay of this topic. For this reason, at least today, it can be said that laser scanners are an indispensable solution for the protection and transmission of cultural heritage with minimal losses.