



Teos Üzerinden Dijital Mirasta Sanal Gerçeklik Uygulamalarını Anlamak

Understanding Virtual Reality Applications in Digital Heritage Through Teos

Güzden VARİNLİOĞLU

ÖZ

Makalenin ana tartışma noktası olan TeosVR ile, mimari mirasta sanal gerçeklik uygulamalarına temel oluşturacak bir sistem ortaya konmuştur. Disiplinlerarası bir araştırma grubu, antik Teos kentinin mimari mirasının üç boyutlu bir arşivini oluşturmuştur. Sınırlı miktarda restitüsyon bilgisi bulunan bir alanda, yoruma dayalı yeniden canlandırmalarla var olan durumun birlikte bulunduğu bir üç boyutlu modelleme sistemi kurulmuştur. Dijital miras projesi olarak, bilginin toplanması, arşivlenmesi ve çözümlenmesi aşamalarının sonrasında, gör-selleştirme ve deneyimleme aşamalarında, sayısal araçlardan yararlanılması amaçlanmıştır. Böylece uygulamayla disiplinlerarası etkileşimi artırmak üzere bir platform oluşturulmuştur.

Anahtar sözcükler: Deneyim tasarımı; kültürel miras; mimari miras; sanal gerçeklik; Teos.

ABSTRACT

This paper aims at proposing a model for virtual reality design studies by presenting the case of TeosVR, in which our interdisciplinary research group created a three-dimensional repository of the architectural heritage of the ancient city of Teos. It offers a three-dimensional modeling system with the capability of incorporating in situ data of archaeological remains and interpretative reconstructions for an excavation site with limited restitution data. Furthermore, the tools of the project go beyond traditional practices including data gathering, documenting, indexing, and analysis, and are also employed in generating virtual experience. Thus, the application created a platform to enhance interactions among experts of various disciplines.

Keywords: Experience design; cultural heritage; architectural heritage; virtual reality; Teos.

İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü, İzmir

Başvuru tarihi: 16 Şubat 2018 - Kabul tarihi: 01 Aralık 2019

İletişim: Güzden VARİNLİOĞLU. **e-posta:** guzdenv@gmail.com

© 2020 Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi - © 2020 Yıldız Technical University, Faculty of Architecture

Giriş

Dijital İnsani Bilimler (*digital humanities*) olarak anılan araştırma alanı, dijital araçların ve bilişim teknolojilerinin insani bilimler alanında uygulandığı ve yorumlandığı bir disiplin olarak akademik dünyada yerini almıştır. Başlangıçta insani bilimlerde yapılan çalışmaları destekleyici bir araç olarak görülen bu alan, zaman içerisinde bu yapısından sıyrılarak kendine özgü standartları ve teorik açıklamaları içeren bir disipline dönüşmüştür.¹ Bu disiplinin manifestolarını yazıya döken Presner'e göre 1990'ların sonunda başlayan birinci akım, dijital ortama aktarma ve teknolojik altyapı ile ilgilenirken; ikinci dalga "dijital olarak doğmuş" bilgi ile etkileşime geçme, üretme ve küratörlüğünü yapma ile ilgilenmektedir.² İkinci dalgada bu bilim dalının paradigması ve öbür disiplinlerle yakınsaması üzerine literatür oluşturulmuştur. Bu dönemde yeni ve birleşik yöntemliimler kullanılarak yapılan çalışmalar göze çarpmaktadır.³

Tasarım ve mimarlık gibi alanlarda artık sıklıkla kullanılan bilişim teknolojileri dijital miras (*digital heritage/ new heritage*) alt dalında kendine yer edinerek disiplinlerarası çalışmalara mimarlık alanında da yer açmıştır.⁴ Üç boyutlu modelleme (*3D modeling*) olanakları ise mimari tasarım ve yapı bilgisi araştırma alanlarının parçasıdır. Sayısal deneyim ya da sanal gerçeklik (*Virtual Reality-VR*) de bilgisayar mühendisliği bölümü disiplini içinde bir alt alan olarak yer almaktadır. Bu üç disiplinin ortak yöntemi olarak makalenin konusu olan sanal gerçeklik uygulaması mimari miras araştırmalarında sayısal olanakların kullanımını tanımlamakta, uygulamakta ve yorumlamaktadır.

Makaleye konu olan Dijital Teos⁵ projesinin sanal gerçeklik uygulaması (*TeosVR*), arkeolojik yeniden canlandırma çalışmalarına temel oluşturan çok katmanlı bir görsel sistem ortaya koymaktadır. Amaç, henüz araştırması sürmekte olan ve sınırlı sayıda restitüsyon verisi elde edilebilmiş bir alanın üç boyutlu modellemesi yapılarak, arkeoloğun restitüsyon hipotezlerinin dijital araçlarla denenmesidir. Arkeologlar tarafından toplanan, arşivlenen ve çözümlenen veriden oluşan modeller yardımıyla görselleşen veriler, hazırlanan sanal gerçeklik sistemi ile deneyimlenebilen bir sanal ortama dönüşmüştür. Böylece, arkeolojide yalnız-

ca bilgi toplama aşamasında kalan sayısal araçların, verilerin incelenmesinde ve görselleştirilmesinde, kullanımını sağlamada, disiplinlerarası bir yöntemle nasıl çalışılabileceği araştırılmıştır.

Konu

Sanal gerçeklik, üç boyutlu olarak oluşturulmuş, kullanıcıların içinde hareket edebildiği ve farklı açılardan bakıp biçimlendirebileceği bir deneyim olarak tanımlanmaktadır.⁶ İki boyutlu 360 derece fotoğraf ve gerçekleştirme (*render*) ya da kullanıcının kendini tamamen içinde (*immersive*) hissettiği üç boyutlu simülasyon da sanal gerçeklik olarak kabul edilebilir. Bir gerçeklik duyumsaması yaratan sanal gerçekliğin amacı, bilgisayar benzetimli nesnelere ve varlıklarla etkileşim içine girebilmeyi sağlamaktır. Gelişen teknolojiyle birlikte, arkeolojik çevrelerde, konu ile ilgili tartışmalarda dikkate değer bir artış gözlemlenmektedir.⁷ Sanal gerçeklik aygıtlarına kolay ulaşım yoluyla kullanıcı herhangi bir ortamda, sanal arkeolojik ortamda var olma duygusuna kapılabilmektedir.⁸

Son yıllarda verinin sayısal ortamda üç boyutlu modellenmesi, temsil amaçlı görselleştirilmesi ve sayısal ortamda deneyimlenmesine yönelik projeler yaygınlaşmaktadır. Batı Anadolu'da bulunan Bergama antik kentinde yürütülen "iVisit Anatolia: Tarih 3 Boyutlu Canlanıyor" projesi ile yapıların antik dönemdeki hallerini gösteren sanal gerçeklik simülasyonu hazırlanmıştır.⁹ Seçilen mimari yapıların üç boyutlu modelleri ve gerçeklemeleri sonucunda 360 derece bakış açısı sağlayan görüntüler elde edilmiştir. Bu çevreyici gerçeklemeler, akıllı telefonlar ve sanal gerçeklik kılıfları ile deneyimlenebilmektedir. Bu çalışmada etkileşim önceden belirlenmiş noktalardan ve yeniden canlandırma görselleri üzerinden hazırlandığı için kullanıcıya kısıtlı bir çevreyici etki sunmaktadır. Anadolu'dan dijital araçların kullanımıyla ilgili başka bir önemli çalışma ise Çatalhöyük Araştırma Projesi'dir. Bu uzun soluklu arkeolojik araştırma örneğinde verinin toplanmasından analizine ve görselleştirilmesine kadar üç boyutlu arkeoloji yapılmaktadır.¹⁰ Yapılan kazıların kayıtlarının ve çıktılarının dijitalleştirilmesiyle başlayan süreçte, kazı alanının simülasyon aracıyla deneyimlenmesi ve Second Life gibi sanal gerçeklik ortamlarında alanın canlandırılması ve böylece daha geniş bir ziyaretçi profiline hitap etmesi sağlanmıştır. "Bir Kazı Hikayesi: Çatalhöyük" sergisi kapsamında sanal ortamda canlandırılan yapılar sanal gerçeklik cihazıyla deneyimlenebilmektedir.¹¹ Bergama örneğinden farklı olarak kullanıcı, çevreyici sanal gerçeklik aygıtı ile yeniden canlandırılan mekanlarda dolaşarak istediği açılardan mekanları deneyimleyebilmektedir. Ancak, her iki örnekte de kullanılan sanal mekan yalnızca canlandırma-

¹ Hayles, 2012, s. 23.

² Presner, 2010, s. 6.

³ Berry, 2011, s. 3.

⁴ Kalay v.d., 2008.

⁵ Bu çalışma İzmir Ekonomi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen BAP_2016_01 no.lu Sayısal Beşeri Bilimler Laboratuvarı: Teos Antik Şehrinin Yeniden Canlandırılması adlı proje kapsamında Dr. Güzden Varinlioğlu yürütücülüğünde ve Prof. Dr. Musa Kadioğlu arkeolojik danışmanlığında desteklenmiştir. Projenin yeniden canlandırma ça-

lışmaları (Varinlioğlu, 2018) ve Teos antik kentindeki sergileme ürünleri (Varinlioğlu, Kadioğlu ve Küreli, 2018), sanal gerçeklik uygulaması (Varinlioğlu ve Kasalı, 2018), mobil platform oyunu (Varinlioğlu v.d. 2017; Varinlioğlu v.d. 2018) konferans ve dergilerde yayınlanmıştır. İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mimarlık Anabilim Dalı'nda Işlay Üçok'ca "Arkeolojik Alanların Korunmasında Dijital Sunum: Teos Çalışması" isimli yüksek lisans çalışması üretilmiştir. Projenin görsel ürünlerine <http://digitalteos.ieu.edu.tr> sayfasından ulaşılabilir.

⁶ Rheingold, 1991, s. 15.

⁷ Barcelo, 2007, s. 437.

⁸ Bruno vd., 2010, s. 42.

⁹ Karabağ, 2017, s. 60.

¹⁰ Forte vd., 2012, s. 351.

¹¹ Lercari, 2017, s. 11.



Şekil 1. Teos antik kenti uydu görüntüsü (kuzeyden güneye kazı alanı girişinden başlayarak sırasıyla antik tiyatro, Dionysos Tapınağı, sarnıç ve güney liman.

dan oluşmaktadır. Arkeolojik alanın mevcut durumu, rölöve verisi kullanıcıya aktarılamamakta, dolayısıyla yalnızca yeniden canlandırılan mekanın deneyimlenmesi önerilmektedir. Bu tür canlandırmalar, restitüsyon verisinin yeterli olduğu arkeolojik alanlarda yeterli olurken, Teos antik kenti gibi henüz araştırması süren alanlarda uygun değildir.

Kapsam

Teos, günümüzde İzmir ili Seferihisar ilçesi Sığacık köyünde bulunan antik bir İon kentidir. Kuzeyden güneye doğru akropol, akropol tapınağı ve sunağı, antik tiyatro, Dionysos Tapınağı, Helenistik dönem kent suru, agora, agora tapınağı, meclis yapısı, sarnıç ve güney liman kentteki önemli mimari kalıntılardır. Coğrafi ve kültürel özellikleriyle tarih boyunca özellikle Batılıların ilgisini çeken Batı Anadolu kıyısında bulunan antik kent, birçok yazıt ve mimari kalıntısıyla 18. yüzyıldan beri birçok araştırmacı ve arkeoloğun ilgi odağı olmuştur. 1980–1992 yıllarında Dr. Duran Mustafa Uz, hem Dionysos Tapınağı'nda hem de Arkaik Tapınak'ta yapıların rölövelerini çıkarmak amacıyla belgeleme çalışmaları yaparak, bu alanın korunması ve yeniden ayağa kaldırılmasında birçok akademik çalışmaya önyak olmuştur.¹² 2010 yılından beri Teos antik kentinde kazı çalışmaları

larını sürdüren Prof. Kadioğlu¹³ ve ekibi, MÖ 10. yüzyıldan başlayıp MS 12. yüzyıla kadar gelişim gösteren kentin mimari yapılarını araştırmaktadır (Şekil 1).

Yöntem

Dijital Teos, pedagojik amaçlarla sanal ortamda tasarlanmış bir mimari miras canlandırma projesidir. Prof. Kadioğlu ve ekibince sürdürülen kazı çalışmaları çerçevesinde elde edilen rölöve verilerine dayanarak Dijital Teos proje ekibince dört mimari yapıya restitüsyon önerileri getirilmiştir. Bu öneriler sayısal ortamda modellenerek malzeme, renk ve ışık ayarları yapılarak üç boyutlu görselleştirmeler hazırlanmıştır. Mimari kalıntıların mevcut durumları fotoğraf temelli modelleme yardımıyla dijital ortama aktararak yeniden canlandırmalarla örtüştürülmüştür. Böylece var olan arkeolojik veri ile restitüsyon önerileri üçüncü boyutta karşılaştırılmıştır. Kullanıcı yorumlarına dayanarak son modellerle bir sanal gerçeklik uygulaması (TeosVR) hazırlanmıştır.

a. Rölöve ve Restitüsyon Çalışmaları

Rölöve sözlük anlamı olarak yapı ve yapı kümelerinin var olan durumunun, restitüsyon ise yapıldığı dönemdeki durumunun rapor ve ölçekli çizimlerle anlatımıdır.¹⁴ Mimari mirasın dokümantasyonu ve korunma durumunun temsilinde sayısal rölöve yöntemleri yaygınlaşmıştır.¹⁵ Geleneksel plankesit düzlemindeki gösterimler rölövedeki yerini korurken, görselleştirme ve sunum aracı olan üç boyutlu modeller sanal gerçeklik araçları ile artık denenebilir etkileşimler haline almıştır.¹⁶ Geliştirilen algoritmalarla birlikte artık gerçeğe daha yakın temsiller olanaklı duruma gelmiştir.

Teos antik kentinde yapılan araştırmalar Helenistik Dönem'in bilinen ünlü mimarı Hermogenes'in eseri olan Dionysos Tapınağı'nı,¹⁷ meclis yapısını (*bouleuterion*),¹⁸ Helenistik döneme ilişkin seyircilerin oturduğu kısım (*cavea*) ve Roma dönemine ilişkin sahne yapısını içeren tiyatro yapısını,¹⁹ ticaret amaçlı kullanılan güney limanı ve sarnıcı kapsamaktadır. Kazı ve yüzey araştırma raporları, lisansüstü tezler ve gezgin arkeologların yazdığı kitaplar temel olarak beş mimari yapıya odaklanmaktadır. Kısıtlı restitüsyon bilgisi olan bu kent hakkında önemli bir kaynak Aydın İli, Sultanhisar İlçesi'nde yer alan Nysa antik kentindeki tiyatro sahne yapısının cephesi (*scaenae frons*)²⁰ ile yaşlılar meclisi (*gerontikon*)²¹ yapısına ilişkin yayınlardır (Şekil 2).

İlk aşamada bilgisayar ortamında hazırlanan arazi planı ile yapıların rölöve çizimleri altlık olarak kullanılmıştır. Çi-

¹² Uz, 2013.

¹³ Ankara Üniversitesi, Dil ve Tarih-

Coğrafya Fakültesi, Klâsik Arkeoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Prof. Dr. Musa Kadioğlu, T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü izni ile Temmuz 2010 tarihinden beri alanda araştırmalarına devam etmektedir.

¹⁴ Uluengin, 2016.

¹⁵ Richards, 1998, s. 339.

¹⁶ Reilly, 1990, s. 133.

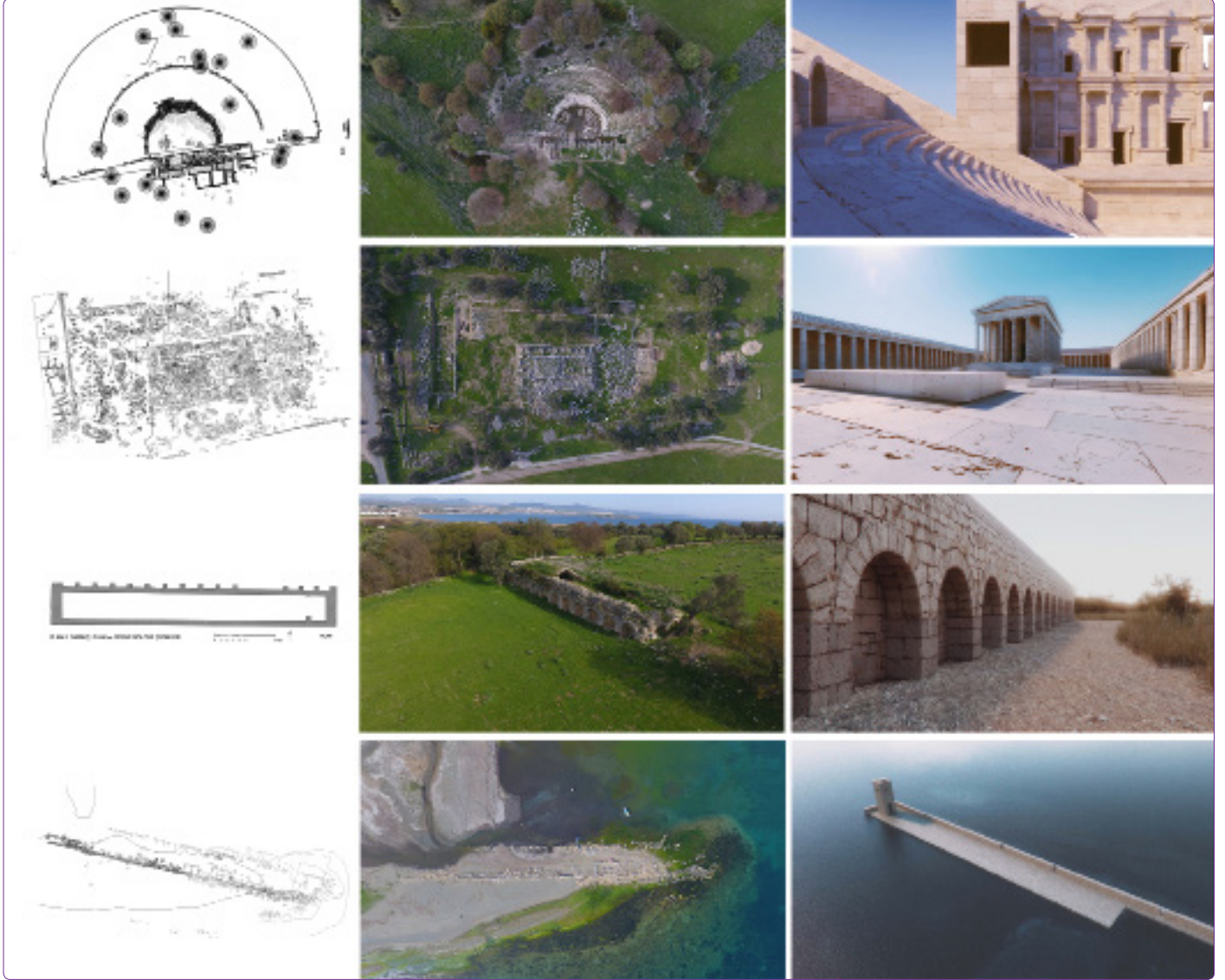
¹⁷ Uz, 2013.

¹⁸ Çalışkan, 2015.

¹⁹ Kadioğlu, 2012.

²⁰ Kadioğlu, 2006.

²¹ Kadioğlu, 2014.



Şekil 2. Antik yapılarının röleve çizimleri, var olan durumu gösteren uydu görüntüleri ve önerilen restitüsyon modelleri.

zimlerdeki, dağınık mimari parçaların, ana çizgileriyle geometrik biçimleri ve ölçülerine karar verilmiştir. Sonrasında gezginlerin ve araştırmacıların yapmış olduğu çizimler, restitüsyon önerisi olan illüstrasyonlarla ve hava fotoğraflarıyla örtüştürülerek ölçülandırılmıştır. Dört antik mimari yapının dokümantasyon çalışmalarından yola çıkarak yapılan araştırmalar aşağıdaki gibidir.

Tiyatro: Antik kentin kuzeyinde yer alan tiyatro doğal bir yamaca yaslanmaktadır. Güneydoğuya doğru yönelmiş olan oturma bölümleri (*cavea*), Yunan tiyatro yapı geleneğine uygun inşa edilmesine karşın, yapılan araştırmalarda Roma dönemi öncesine ilişkin arkeolojik buluntuya rastlanmamıştır.²² İki bölümden oluşan *cavea*'da yalnızca alt *cavea*'nın oturma basamakları ve seyircilerin *cavea*'ya geçişlerini sağlayan basamakların (*klimakes*) bir kısmı in situ,

özel aralıklı koltuklar (*prohedria*) ise ex situ olarak korunmuştur. *Cavea* ile sahne yapısının (*skene*) arasında olduğu düşünülen yüksekçe sahne platformu (*pulpitum*) bütünlüğünü korumamıştır; yine de restitüsyon çalışmalarında yarı çapının yaklaşık 11.3 metre olduğu kabul edilmiştir. Beş mekanlı skene duvarları yaklaşık bir metre yüksekliğe kadar ayakta kalmıştır. Doğu-batı yönünde 42 metre ve kuzey-güney yönünde 11 metre uzunluğunda olan sahne yapısının yükseklik bilgisi *cavea* yüksekliğinden alınarak 16 metre kabul edilmiştir. *Skene* binasının ön duvarı önünde yükselen çok katlı sütun cephesi (*scaenae frons*) ile *pulpitum* cephesine ilişkin birçok bezemeli mimari blok kazılarda ortaya çıkarılmış, ancak restitüsyon modeli için Nysa antik kentinde bulunan Tiyatro binasının restitüsyon çizimlerinden de yararlanılmıştır.²³

²² Kadioğlu v.d., 2016 s. 16.

²³ Kadioğlu, 2006.

Dionysos Tapınağı: Anadolu'daki en büyük Dionysos Tapınağı olan yapı, Helenistik dönemde inşa edilen kent surlarının batı sınırında bulunmaktadır. Tapınağı trapez biçimli temenos duvarı çevrelemektedir.²⁴ İki uzun kenarı yaklaşık 120 metre uzunluğunda olan bu alanın, 70 metre olan uzun duvarının karşısında giriş kapısı (*propylon*) bulunmaktadır. Tapınağın kuzey ve güneyini Dor, doğu ve batısını İon düzeni ile üstü kapalı sütun dizisi (*stoa*) çevrelemektedir. Kısa kenarında 6, uzun kenarında 11 tek sıra İon düzeninde sütun bulunan (*peripteral*) bir tapınaktır. Doğu-batı yönünde 40 metre, kuzey-güney yönünde 21.8 metre genişliğindeki tapınağın sütun yüksekliği 7,5 metre olup çatı yüksekliği 15 metre kabul edilmiştir. İon düzeninde üç bölümlü olarak (*pronaos, naos ve opisthodomos*) inşa edilmiş olan tapınak, iki sütunlu derin pronaos'u ve iki sütunlu dar opisthodomos'u ile Pytheos'un Priene'deki Athena Tapınağı'yla çok benzerlik göstermektedir.²⁵ Tapınağın ön cephesinde bulunan merdivenlerle 3 metrelik bir kot farkı bulunmaktadır.

Sarnıç: Dionysos Tapınağı'nın güneydoğusunda yer alan su sarnıcı, harçlı moloz taşlarla inşa edilmiştir. Dikdörtgen planlı olan yapının kuzey ön cephesinde 16, batı cephesinde ise iki kör kemer bulunmaktadır. İyi korunmuş yapının üzeri beşik tonozludur. Doğu-batı yönünde 45 metre uzunluğunda ve güney-kuzey yönünde 6,8 genişliğinde olan yapının yüksekliği 5,4 metre olarak kabul edilmiştir. Arazinin kot yükseklikleri incelendiğinde kuzey cephesinin 3,5 metre alçakta olduğu, güney cephesinin araziye gömüldüğü anlaşılmaktadır.

Güney Liman: Antik kentin güneyinde yer alan güney limanının ticari amaçlarla kullanıldığı tahmin edilmektedir. Çift sıra atkılı duvar tekniğiyle düzgün bir iççilik uygulanarak inşa edilmiş dalgakıranın kuzeyine bitişik iskele platformu bulunmaktadır. Doğu-batı yönünde 167,5 metre uzunluğunda, güney-kuzey yönünde 10,5 metre genişliğinde kabul edilen güney iskelesi kısmen iyi durumdadır. Platformun kıyıya bakan kısmında 3,5 metre aralıklarla yerleştirilmiş, tekne bağlama için kullanılmış halkaların birçoğu günümüze ulaşmıştır.

b. Dijital Model Ortamlarında Canlandırma

Tasarı gerektiren mimarlık gibi meslek dallarında mekânları oluşturmak için bilgisayar teknolojileri sıklıkla kullanılmaktadır. Modelleme, geçmişte var olmuş ya da yalnızca tasarıda olan mekânları gerçeğine yakın olarak canlandırabilmektedir. Erken zamanlarında güçlü teknolojik altyapı gerektiren bu canlandırmalar, bilgisayar donanımlarının gelişmesi ve ucuzlamasıyla daha geniş kullanıcı kitlesine ulaşmıştır. Kullanımı kolaylaştırarak arkeolojik kazılarda da sıklıkla kullanılmaya başlamıştır.²⁶ Arkeolojik alanların modellenmesinde öncelikle hangi tarihsel döneme göre canlandırmaların yapılacağına karar verilmelidir. İÖ

10. yüzyıldan başlayıp İS 12. yüzyıla değin bir gelişim gösteren Teos kentinin, antik Yunan, Roma ve Bizans dönemlerinden önemli mimari yapıları vardır. Proje kapsamında, üç boyutlu canlandırma için tarihsel ve arkeolojik verinin en çok olduğu İS 2. yüzyıldaki görünümün canlandırmasına karar verilmiştir.

i. Üç Boyutlu Modelleme

Bilgisayar destekli tasarım (Computer Aided Design-CAD) dünyasında model sözcüğü, tasarlanmış üç boyutlu nesneyi belirtmektedir. CAD yazılımları özelliklerine göre farklılık gösterse de modelleme mantıkları benzerdir. Yazılımlar kullandığı algoritmalara göre, yüzey modelleme, katı modelleme ve tel örgü-kafes modelleme olarak sınıflandırılabilir. Yüzey modelleme (*surface modeling*), nesnenin yüzey özellikleriyle ilgilenmektedir. Bir yüzey ya da üç boyutlu eğrilerin uzamasından ortaya nesne modeli çıkmaktadır. Daha çok serbest biçimlerin modellenmesi için kullanılan yöntemdir. İtip çıkarma (*extrude*), çatı omurga oluşturma (*loft*), döndürme (*revolve*), süpürme (*sweep*) gibi bilgisayar komutlarıyla yüzey modelleme yapılabilmektedir. Katı modelleme (*solid*) ise yüzeyler yerine temel geometrik cisimleri (küp, silindir, koni, küre, vb.) kullanılmaktadır. Geometrik cisimlerden parça birleştirme, çıkarma ve kesişim operasyonları (*boolean operations*) ile heykeltıraş gibi biçim verebilmektedir.²⁷ Bu modelleme çeşitlerinde, tek bir yazılım içerisinde çalışıldığında, nesne matematiksel hesaplamalar sonucu vektörel olarak parametrelerle temsil edildiği için, değişikliklere açıktır ve dosya boyutu küçüktür. Yazılımlar arası dosya aktarımında ve fotoğraf temelli modellemenin son ürünü olarak tel örgü modellemesi kullanılmaktadır. Tel örgü modellemede (*wireframe*) cisimi oluşturan yüzeylerin yalnızca kenar çizgileri ve bunların kesişim noktaları tanımlanmaktadır. Geometrilerinin kilit noktalarını (*control points*) çekiştirerek, silerek ya da yenilerini ekleyerek üç boyutlu form elde edilebilmektedir. Tel örgü modelleme ve poligon modelleme benzerlik göstermektedir. Poligondan farklı olarak, meshler üçgenlerden oluşur. Poligon modelleme, özellikle geometrik olarak tanımlanması zor organik formlarda kullanılmaktadır.

Mimari yapıların modelleme yöntemlerinde verilen karar, formun karmaşıklığına ve canlandırma önerilerine göre farklılık göstermiştir. Yaşanan deprem ve benzeri doğa olayları, yapıldığı dönemdeki iççilik hataları ya da tasarımının bir parçası olarak temel geometrilerden uzaklaşmış olabilir. Bu aşamada, tek bir kaynak temel geometri belirlenmiş ve modeller bu geometriden türetilmiştir. Modelleme stratejisi olarak sütunlar, heykeller, çatı detayları gibi yinelenen modüller bir blok durumuna getirilmiş ve yinelenerek kullanılmıştır. Bu kaygılar göz önünde tutularak, tiyatro, Dionysos Tapınağı, sarnıç ve güney liman modelleri hazırlanmıştır.

²⁴ Uz, 1986, s. 42-53.

Koenigs, 2015.

²⁵ Hoepfner, 1990, Rumscheid, 2000, ²⁶ Lock, 2003, s. 152.

²⁷ Yardımcı, 2015.

Tiyatro: Teos tiyatrosunun kazı ve belgeleme çalışmaları henüz erken aşamadır. Bu nedenle, *cavea*'nın ve *skene*'nin plan geometrisi ve kesit eğimleri rölöve çizimlerinden, çok katlı sütun cephesi Nysa tiyatrosunun çizimlerinden alınmıştır.²⁸ Modelleme süresince birçok üç boyutlu modelleme yazılımı kullanılmıştır. Temel geometride olan nesnelere katı modelleme, süslemeler gibi daha organik geometriler ise yüzey modelleme ile üçüncü boyutta canlandırılmıştır. Arkeolog yorumları modellemenin denetimli bir biçimde gerçekleşmesini sağlamıştır. Antik bir eseri ya da mimari parçayı modellemek, geometrik bir nesneyi modellemekten daha çok ayrıntılı çizim gerektirmektedir. Bu parçaların modellemeleri daha çok kesit çizimleri üstünden ilerlemiştir. Böylece farklı profillerdeki mimari yapıların detayları gösterilmiştir.

Dionysos Tapınağı: Antik kentteki arkeolojik yapılar arasında rölöve çalışmaları ve restitüsyon önerileri bakımından en iyi durumdaki yapı, Dionysos Tapınağı'dır. Ölçümler ve çizimlerden yararlanılarak, ızgara düzenindeki tam geometrik bir plan üzerinden üç boyutlu yapı modellenmiştir. Böylece, tapınak ve *stoa*'nın yükseklikleri, çatı detayı kararları verilmiştir. Modelleme yazılımında hareket kolaylığı sağlamak için üç farklı düzende olan sütun başlıkları sonradan eklenmiştir. Özellikle İon düzeninde sütun başlıkları, geometrik karmaşıklıkları nedeniyle dosya boyutunu çok arttırarak, modelleme sürecini yavaşlatmaktadır.

Sarnıç: Antik kentteki mimari buluntular arasında üçüncü boyutu üzerine en çok veri içeren yapı sarnıçtır. Geometrik yalınlığı nedeniyle modellemesi kolay ve dijital dosya boyutu küçüktür. Görselleştirme aşamasında taş dokusunun eklenmesiyle gerçeğe yakın bir temsil elde edilebilmiştir.

Güney Liman: Teos'ta bulunan mimari kalıntılar arasında en az verinin bulunduğu güney limanının, doktora çalışması kapsamında araştırılması sürdürülmektedir.²⁹ İskelede bulunan ve Bizans dönemine ilişkin kilise yapısı üzerine yüksek lisans çalışması kapsamında araştırma yapılmıştır.³⁰ Ancak bu çalışmada incelenen yapı, tarihsel dönemi nedeniyle modelleme çalışmalarının dışında bırakılmıştır. Limanın dalgakıranında üç sıra taş dizinin ve iskeledeki tekne bağlama yerlerinin korunmuş olması dolayısıyla üçüncü boyut kolaylıkla canlandırılabilmiştir. Deniz feneri konusunda bilgiye ulaşılamaması nedeniyle İskenderiye Feneri restitüsyon önerilerinden yararlanılmıştır.³¹

ii. Fotoğraf Temelli Modelleme

İki boyutlu ölçüm ve belgeleme yöntemleri, arkeolojik çalışmalarda benimsenmiş geleneksel yöntem olarak kabul edilmiştir. Arkeolojik belgelemede en büyük yüzde alfanümerik veriye (kazı günlükleri, kayıtlar, fotoğraflar, arkeolo-

jik çizimler, video kayıtları) ilişkindir; ardından iki boyutlu haritalar ve yüzeyler gelmektedir; en küçük yüzde ise üç boyutlu verilere ilişkindir.³² Veriyi üç boyutlu model olarak görselleştirme, teknolojinin yaygınlaşmasıyla arkeolojik araştırmalarda kullanılmaya başlanmıştır. Üç boyutlu arkeolojide ise, arkeolojik veriyi elde etmek için dijital kamera, elektronik *total station*, üç boyutlu lazer tarayıcı ve uzaktan algılama gibi bilgisayar donanımı ve uygulama yazılımı, verinin ilk toplandığı aşamadan başlayarak üç boyutludur. Günümüzde fotogrametri ve lazer tarama ile nesnelere üç boyutlu modelleri elde edilebilmektedir. Fotogrametrik yöntemde, nesnenin farklı açılardan çekilmiş ve hesaplanmış bir bindirme oranı olan fotoğrafları kullanılarak, dijital modeller oluşturulmaktadır. Lazer tarama yönteminde veriler nokta bulutu olarak elde edilmektedir. Bu teknolojiler, nesnenin fotoğraf gerçekliğinde görüntüsüyle birlikte veri topladığından, görüntünün gerçek doku olarak modellere geçirilmesini sağlamaktadır. Ancak, lazer tarama gibi mesafe ölçme temelli sistemler, ayrıntı ve duyarlılık avantajının yanında, uzun ve yorucu işlem süresiyle fotogrametriye göre dezavantajlıdır. Maliyet düşüklüğü, ekipmanların kolay elde edilebilmesi, kolay kullanımı ve ayrıntıların yeterli doğrulukta olması nedeniyle, fotogrametri, öbür sayısal olanaklar arasında öne çıkmaktadır.³³ Günümüzde, fotoğraf temelli modelleme yöntemlerinden en yaygın kullanılan Hareket-tabanlı-yapısal-algılama (Structure from Motion-SfM) yöntemidir. SfM algoritmaları sistematik dizi olarak çekilmiş iki boyutlu fotoğraflardan üç boyutlu dijital model oluşturmaktadır.

Projede yapılan modelleme çalışmalarını özetlemek gerekirse, dört antik yapının İnsansız Hava Aracı (İHA) ile fotoğrafları çekilerek işlenmiş ve dijital modelleri elde edilmiştir. Üç boyutlu modelleme tekniğinden farklı olarak, bu yöntem, geometrik olmayan arkeolojik kalıntıları canlandırma konusunda başarılı bir sistemdir. Yapılar dışında, mimari ve arkeolojik parçaların da dijital modelleri oluşturulmuştur. Parçaların çevresini tüm açılardan kapsayacak görüntüler alınmıştır; daha yalın söze dökmek gerekirse, fotoğraf çekimi yoluyla üç boyutlu tarama yapılmıştır. Bu model, nesnenin dokusu ya da malzemesi üzerine ipucu sağlamaktadır. Bu modeller, ağ yapısıyla (*mesh*) ve doku (*texture*) verisiyle birlikte gelmektedir.

c. Görselleştirme Çalışmaları

Geometrik çözümlerinin sonucunda elde edilen modeller, yüzey ve malzeme bilgisinin eklenmesi için görselleştirme aşamasına sokulmaktadır. Gerçeklemek, sunmak ya da derlemek anlamına gelen *render* sözcüğünden türetilerek kullanılan gerçekleme, bir tür göz yanılması yaratmaktır. Işık-gölge, doku, yansıma- kırılma, alan derinliği, şeffaflık-opaklık, şişlik ve çukur harita eşleştirmeleri gibi özellikler, modeller üzerinde ayarlanarak, iki ya da üç bo-

²⁸ Kadioğlu v.d., 2016, s. 55-56.

devam etmektedir.

²⁹ F. Emrah Köşgeroğlu'nca hazırlanan doktora tezi kapsamında çalışmalar

³⁰ Yenice, 2015.

³¹ UCLA, 2009.

³² Forte, 2008, s. 21.

³³ Kersten ve Lindstaedt, 2012, s. 1.

Tablo 1. Modelleme yöntemleri karşılaştırması anket sonuçları (Üçok 2017, s. 74)

Değerlendirme soruları	Yeniden canlandırma		Fotoğraf temelli modelleme		Örtüştürülmüş model	
	Mimari ölçek	Nesne ölçeği	Mimari ölçek	Nesne ölçeği	Mimari ölçek	Nesne ölçeği
1 Gerçek verilere erişim sağlayarak kazı çalışmalarının ilerlemesini gösterir.	65%	66.7%	72.5%	70%	91.7%	87.5%
2 Fiziksel bağlamın arkeolojik kalıntıların deformasyonunu gösterir.	51.7%	51.7%	70%	71.7%	80%	77.5%
3 Hangi tarihsel döneme ait olduğunu gösteren gösterir	55%	55%	66.7%	70%	79.2%	79.2%
4 Kalıntıların dokusu, belleğe ve deneyime bağlı olarak bir tarih algısı yaratır.	55%	54.2%	72.5%	72.5%	79.2%	80.8%
5 Kazı çalışmalarından elde edilen verilerin arşivlenmesinde kullanılan sürdürülebilir bir yöntemdir.	56.7%	59.2%	72.5%	73.3%	77.5%	80%
6 Kazı çalışmalarındaki var olan ilerlemeyi gösterir.	44.2%	45%	68.3%	70%	78.3%	78.3%
7 Tarihi dönemde arkeolojik kalıntıların nasıl görüldüğüne ilişkin kesin bir algı verir.	64.2%	65%	56.7%	58.3%	85.8%	85.8%
8 Kazı çalışmalarını destekler.	57.5%	59.2%	74.2%	75%	81.7%	81.7%
9 Dikkat çeker.	66.7%	65%	74.2%	77.5%	90.8%	90.8%
10 Toplumsal bilinç oluşturmada kullanılabilir.	68.3%	69.2%	76.7%	75.8%	90%	90%

yutlu görüntü elde edilmektedir. Çalışmanın her aşamasında uzman arkeologlarca denetlenen geometrik modeller, renk ve doku detayları için artık tasarımcıya bırakılmaktadır. Çevresel eklentiler, dönemine ve yöresine ilişkin ağaçlar, akarsu, göl, deniz gibi öğelerin yanında atmosferik etkiler de modellere aktarılmaktadır. Görselleştirme amaçlı kullanılan birçok yazılım ve bu yazılımları destekleyen eklentiler (*plugin*) bulunmaktadır. Gerçekleme motorunda, çıplak bir geometriye renk ve dokunun kaplama olarak atanması ile gözün nesneyi üç boyutlu anlaması sağlanmaktadır. Örneğin, bir taş duvarın her parçası modellenmeden sadece düz geometrik bir duvar modellenip, aynı malzeme dokusuyla kaplanmaktadır. Kaplamalarda renk ve gölge çeşitliliğini artırarak çoklu doku eklentisi (*multi-texture plugin*) kullanılarak, daha gerçekçi görselleştirmeler yapılmıştır.

Öncelikle farklı yazılımlarda modellenmiş dosyalar CAD programına aktarılmıştır. İon ve Dor düzeninde olan sütunlar, karmaşık geometrisini anlatan poligon sayısının çokluğu nedeniyle yüksek dosya boyutundadır. Sütunların yalın geometriye indirgenip yeniden modellenerek, süsleme detayları üç boyutlu eşleştirme yardımıyla (*3D mapping*) bir göz yanılsaması olarak verilmiştir. Bu poligon optimizasyonunun ardından oluşan problemler çözülmüş ve kaplama malzemesinin doku yönlendirme ayarları (*UVW map settings*) yapılmıştır. Farklı yazılımda üretilmiş ve sonradan içe aktarılan modellerin yüzey organizasyonunda oluşan kaplama problemleri, yönlendirme ayarlar komutu (*unwrap UVW modifier*) ile çözülmeye çalışılmış-

tır. Ancak problemleri çözülemeyen su kemerleri gibi kimi yapısal öğeler yeniden modellenmiştir. Var olan gerçekleştirme malzeme kartelindeki dokuların yetmediği durumlarda fotoğraf düzenleme yazılımında eski görünümlü alternatif dokular elde edilmiştir. Çoklu doku eklentisi (*multi-texture plugin*) ile hazırlanan kaplama malzemeleri gelişigüzel çeşitlilik sağlanarak model yüzeylerine aktarılmıştır. Çevresel aydınlatma ve arka plan görseli (*HDRI map*) kullanılmıştır. Gerçekleme işlemlerinden sonra fotoğraf düzenleme programında renk ve karşıtlık ayarlarıyla oynanarak son gerçeklemeler geliştirilmiştir.

Modellerin Test Edilmesi ve Anket Bulguları

Projede seçilen yapı ve nesne ölçeğindeki mimari miras, üç boyutlu modelleme ve fotoğraf temelli modelleme ile yeniden canlandırılmıştır. Bu iki modelleme yöntemi, tarihi ve kültürel bilginin aktarımı ve bağlam ile ilişkilerinin doğruluğunu oluşturmak açısından karşılaştırılmıştır. Modeller bağlam, sürdürülebilirlik, bilgiye ulaşım ve yorumlama gibi alt başlıklar çerçevesinde değerlendirilmiştir.³⁴ Anket Teos arkeolojik alanının dijital temelli modelleme yöntemi kullanılarak sunulması amacıyla 24 lisans öğrencisi ve akademisyene uygulanmıştır.

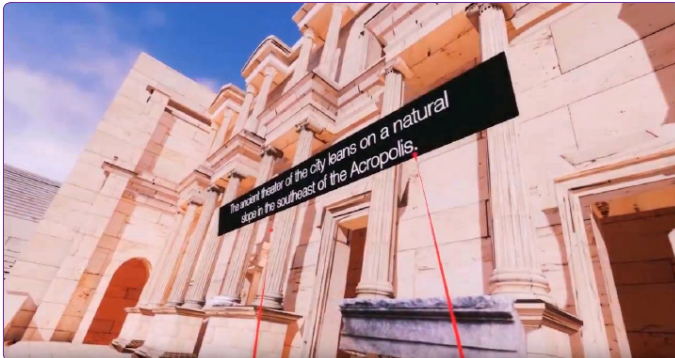
Anket koruma, sunum ve bağlam olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. İlk bölüm olan koruma kısmında arkeolojik alanların korunmasının gerekliliği ve bu konuda

³⁴ Üçok, 2017, s. 67-74.

toplumsal farkındalığın ne derece etkisi olduğunu ortaya koymayı amaçlayan sorular bulunmaktadır. İkinci bölüm sunum bölümüdür. Bu bölümde bu alanların analog ve dijital sunum teknikleri ile sunulmasının yeterliliği ve bu sunum tekniklerinin “koruma” kavramına etkisini ölçen sorular yer almaktadır. Bağlam bölümünde ise dijital sunum yöntemlerinin Teos özelinde değerlendirilmesine ilişkin sorular bulunmaktadır.

Araştırma bulgularının değerlendirilmesi aşamasında öncelikle ankete katılan katılımcıların arkeolojik alanlarla ilgili genel yaklaşımı ortaya konulmuştur. Daha sonra sırasıyla arkeolojik alanların korunması, korumada kültürel farkındalığın etkisi, bu alanların sunulmasının yeterliliği, sunum yöntemleri, katılımcıların Teos’la ilgili genel yaklaşımları, üç boyutlu modelleme ve fotoğraf temelli modelleme yöntemleri ve önerilen örtüştürülmüş modelin uygunluğuyla ilgili bulgular değerlendirilmiştir. Araştırma kapsamında yapılan anket çalışmasının sonucunda elde edilen veriler istatistiki yöntemler kullanılarak karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir (Tablo 1).

Anketten çıkan sonuçlara göre katılımcıların büyük kısmının düzenli olarak arkeolojik alanları ziyaret etmelerine karşın, Teos arkeolojik alanına egemen olmadıkları gözlemlenmiştir. Arkeolojik alanların üç boyutlu modelleme, fotoğraf temelli modelleme ve örtüştürülmüş model yöntemi ile sunumu bu farkındalığı arttırmada etkili bir yöntem olarak görülmüştür. Bu kapsamda, bu üç modelleme yöntemi fiziksel, zaman ve bağlam aktarımı başlıklarında karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda üç boyutlu modelleme yönteminin bağlam taşımada etkili olmasına karşın, fiziksel ve zaman bağlamı aktarımında yeterli olmadığı, fotoğraf temelli modellerin ise bağlama katkı sağlamadan fiziksel ve zaman bağlamı üzerine bilgi aktardığı ortaya konulmuştur. Bu iki modelleme yönteminin bir araya getirilmesiyle oluşturulan örtüştürülmüş modelin ise bağlamla ilgili daha güvenilir bilgi aktardığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu kapsamda üç boyutlu modeller yoruma dayalı olmaları nedeniyle sürdürülebilir bir yöntem olarak görülmemiştir. Ancak, fotoğraf temelli modeller var olan verinin model-



Şekil 3. Örtüştürülmüş model görselleri.

lenmesi ile oluştuğu için, sürdürülebilir olarak değerlendirilmiştir. Her yeni kuşağın doğru bilgiye ve yorumlamaya eş zamanlı ulaşması için örtüştürülmüş model yöntemi ile arkeolojik alan sunumunun daha öğretici ve kültürel farkındalığı ilgilie arttıracığı katılımcılar tarafından da doğrulanmıştır (Şekil 3).

TeosVR

Projede geliştirilen sanal gerçeklik uygulaması, arkeoloji, mimarlık tarihi, restorasyon, kültür mirası koruma eğitiminde kullanılmak üzere tasarlanmış ve uygulanmış bir yazılım ürünüdür. Uygulamada kullanılan Teos antik kentindeki mimari yapılar, canlandırılmış restitüsyon önerilerinin yanı sıra, var olan durumu gösteren fotoğraf temelli modelleri de içermektedir. Kullanıcı, antik mimariyi deneyimlerken gördüğü fotomodellere yaklaşarak bu mimari parçalar hakkında bilgi alabilmektedir. Bu farklılaşma ile,



Şekil 4. Sanal gerçeklik çıktıları.

bir antik kentin kalıntılarından bütünü oluşturulması ile ilgili bir deneyim yaratmaktadır. Anket çalışmasında değinilen örtüştürülen modeller ile hem restitüsyon önerileri hem de mevcut durumun farkları test edilebilmektedir. Bu çalışmada üretilen sanal gerçeklik uygulaması, Teos antik kenti örneği üzerinden mimari/arkeolojik bilginin aktarılması için yapılan bir yazılımdır. Kullanıcının mekânda yalın motor hareketleriyle dolaşmasını sağlayan ve bilgi ekranları ile öğretici bilgiyi sunan bu sistem, üç boyutlu bir canlandırmadır.

Mimarlık tarihi konusunda uzman arkeologların bilimsel onayı ile restitüsyon önerileri modellenmiştir. Sonrasında ışık, sahne ve malzeme ayarları yapılmak üzere Oyun Motoru'na aktarılmıştır. Sanal gerçeklik uygulaması, metin düzenleyicide kod yazımı yerine, tasarımcılara kolaylık sağlayan görsel kodlama (*Visual Scripting Environment - VSE*) ortamında yapılmıştır. Oyun motorunda bulunan tasarım dökümü (*blueprint*) olarak adlandırılan bu özellik bir görsel programlama aracıdır. Model yazılıma aktarıldıktan sonra, ölçek ayarlanmış ve sahnenin sınırları belirlenmiş (*navigation boundary box*), mekânlar katılaştırılarak çakışmalar (*collision*) engellenmiştir. Bu aşamalar için yeni bir kod yazımına gerek olmadan menülerden yararlanılmıştır. Ardından, modellerin malzeme ve renk ayarları, yani görselleştirmeleri yapılmıştır. İki boyutlu gerçeklemede kullanılan malzemenin yazılım içerisinde yeniden yaratılması gerekmiştir. Görüntü kalitesi ayarlanmış bu modellerle etkileşim (*interaction*) için, el denetimi (*motion controller*), gezme (*locomotion pawn*) ve kamera (*motion controller pawn*) düzenlemeleri yapılmıştır. Böylece kullanıcı, mekânlar arasında ve mekânın içinde hareket edebilme ve etkileşebilme özelliklerini kazanmıştır. Sahnedeki objelerin görünüm ayarları (*set visibility*) değiştirilerek seviye atlama (*open level*) gibi özellikler eklenmiş; merak edilen objelerin keşfedilmesi ve bu objeler hakkında bilgi elde edilmesi sağlanmıştır. Bu aşamada sahnelerin içerisine önemli kalıntıların var olan durumlarını gösteren fotogrametrik modelleme ürünleri eklenmiştir. Böylece doku, geometri ve renk ayarları farklı olan bu modellerden bilgi ekranlarına ulaşılabilir. Sanal gerçeklik uygulaması yalnızca tiyatro ve tapınak binalarında yapıldığı için, her iki mekân arası değişim (*level control*) sınır belirleme ve tetikleyici (*trigger box*) uygulanmasıyla olanaklı olmuştur. Şimdilik iki mekânda sınırlı kalınan bu uygulama, farklı yapı modellerinin sisteme eklenmesi ve benzer ayar aşamalarından geçtikten sonra, daha geniş bir dijital kütüphaneye çevrilebilmektedir. Bu haliyle özel masaüstü bilgisayarda HTC Vive sanal gerçeklik aygıtında çalışmaktadır (Şekil 4).

Sonuç ve Öneriler

Mimari tasarım, mimarlık tarihi, arkeoloji ve etkileşim tasarım gibi farklı araştırma alanlarının kesişiminde olan TeosVR uygulaması ile mimari miras dijital ortamda ye-

niden canlandırılmıştır. Böylece arkeologlarca kullanılan geleneksel plan-kesit düzlemindeki gösterimlerden yararlanılarak sanal gerçeklik araçları ile denenebilir etkileşimler tasarlanmıştır. Bu etkileşimlerde kullanılan gösterimler, yalnızca yeniden canlandırma üç boyutlu modelleri içermez. Fotoğraf temeli modelleme ile elde edilen mevcut durum da canlandırmalarla örtüştürülerek, kullanıcının farklı gerçeklik katmanlarında mekanı deneyimlemesi sağlanmıştır.

Bu geliştirilen sistemin katkısı yalnız Teos antik kentle sınırlı kalmayarak, öbür arkeolojik alanlara da uygulanması planlanmaktadır. Genellikle kişilerin zihninde canlandırma zorluk yaşadığı arkeolojik alanların, modellenerek sanal gerçeklik ortamlarında sunulması sayesinde, kullanıcılar için bu ortamda var olma deneyimi yaratılarak, genç ve yetişkin kullanıcıların konuya olan ilgisi artacaktır. Özellikle eğitim çağında sunulan tarih ve arkeoloji derslerine uygun interaktif bir ortamın entegrasyonu, arkeolojiye olan merakı artırarak, ileride yeni kuşak eğitim materyallerinin oluşumunda öncülük edecektir.

Teşekkürler

Bu çalışma İzmir Ekonomi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonunca kabul edilen BAP_2016_01 no.lu Sayısal Beşeri Bilimler Laboratuvarı: Teos Antik Şehrinin Yeniden Canlandırılması adlı proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Barcelo, J. A. (2007) "Automatic Archaeology: Bridging the Gap between Virtual Reality, Artificial Intelligence, and Archaeology", Ed.: F. Cameron - S. Kenderdine (editörler) *Theorizing Digital Cultural Heritage: a Critical Discourse*, Cambridge, MA, MIT Press, s. 437-455.
- Berry, D. M. (2011) "The Computational Turn: Thinking about the Digital Humanities", *Culture Machine*, Sayı 12, s. 1-22.
- Bruno, F., Bruno, S., De Sensi, G., Luchi, M. L., Mancuso, S., Muzzupappa, M. (2010) "From 3D Reconstruction to Virtual Reality: A Complete Methodology for Digital Archaeological Exhibition", *Journal of Cultural Heritage*, Sayı 11:1, s. 42-49.
- Çalışkan, M. (2015) A Study on Reusing Bouleuterion of Teos, *Basılmamış Yüksek Lisans Tezi*, ODTÜ, Mimarlık Fakültesi.
- Forte, M. (2008) "Virtual Archaeology: Communication in 3D and Ecological Thinking", Ed.: B. Frischer - A. Dakouri-Hild (editörler), *Beyond Illustration: 2D and 3D Digital Technologies as Tools for Discovery in Archaeology*, Oxford: Archaeopress, s. 21-34.
- Forte, M., Dell'Unto, N., Issavi, J., Onsurez, L., Lercari, N. (2012) "3D Archaeology at Çatalhöyük", *International Journal of Heritage in the Digital Era*, Sayı 1:3, s. 351-378.
- Hayles, N. K. (2012) "The Digital Humanities: Engaging the Issues", *How We Think Digital Media and Contemporary Technogenesis*, Chicago and London, The University of Chicago Press, s. 23-54.
- Hoepfner, W. (1990) "Bauten und Bedeutung des Hermogenes", Ed.: W. Hoepfner - E.-L. Schwandner (editörler), *Hermogenes*

- und die hochhellenistische Architektur. Internationales Kolloquium in Berlin vom, Philipp von Zabern Verlag.
- Kadioğlu, M. (2006) Die Scaenae frons des Theaters von Nysa am Mäander. Forschungen in Nysa am Mäander I. Doktora Tezi, Freiburg Albert-Ludwigs Üniversitesi, Klasik Arkeoloji Bölümü.
- Kadioğlu, M. (2012) "Teos (1962-1966, 2010-)", Ed.: O. Bingöl – A. Öztan – H. Taşkiran (editörler), DTCF Arkeoloji Bölümü Tarihçesi ve Kazıları (1936-2011), 2. Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi 75. Yıl Armağanı, Anadolu/Anatolia Ek Dizi III, s. 505-522.
- Kadioğlu, M. (2014) Das Gerontikon von Nysa am Mäander, Forschungen in Nysa am Mäander Band 3, Darmstadt, Verlag Philipp von Zabern.
- Kadioğlu, M., Özbil, C., Adak, M., Güray, Ç., G., Polat, Y., Ergin, H., Polat, R., T., Yenice, G., Pala, C. (2016) "2015 Yılı Teos Kazı Çalışmaları (6. Sezon)", 38. Kazı Sonuçları Toplantısı, Sayı 2, s. 485-505.
- Kalay, Y. E., Kvan, T., Affleck, J. (2008) New Heritage: New Media and Cultural Heritage, London, Routledge.
- Karabağ, N.E. (2017). "Dijital Teknolojilere Adapte Olan Bir Antik Kent: Bergama", Mimarlık, Sayı 398, s. 60-66.
- Kersten, T. P., Lindstaedt, M. (2012) "Image-based Low-cost Systems for Automatic 3D Recording and Modelling of Archaeological Finds and Objects", Progress in Cultural Heritage Preservation, Springer, Berlin Heidelberg, s. 1-10.
- Koenigs, W. (2015), Der Athena Tempel. Priene 3, Reichert Verlag.
- Köşgeroğlu, E., Bitmemiş Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Arkeoloji Anabilim Dalı.
- Lercari, N. (2017) "3D Visualization and Reflexive Archaeology: A virtual Reconstruction of Çatalhöyük History Houses", Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage, Sayı 6, s. 10-17.
- Lock, G. R. (2009) Using Computers in Archaeology: Towards Virtual Pasts, London, Routledge.
- Reilly, P. (1990) "Towards a Virtual Archaeology", Computer Applications in Archaeology, Oxford, British Archaeological Reports, s. 133-139.
- Rheingold, H. (1991) Virtual Reality: Exploring the Brave New Technologies, New York, Simon & Schuster Adult Publishing Group.
- Richards, J. D. (1998) "Recent Trends in Computer Applications in Archaeology", Journal of Archaeological Research, Sayı 6:4, s. 331-382.
- Rumscheid, F. (2000) Küçük Asya'nın Pompei'si, Ege Yayınları.
- Uluengin, M. B. (2016) Rölöve, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları.
- Uz, M. D. (2013) Teos'taki Dionysos Tapınağı, Ankara, ODTÜ Mimarlık Fakültesi Yayınları.
- Uz, M. D. (1986) "Teos Dionysos Tapınağı Temenos Alanı", 3. Araştırma Sonuçları Toplantısı, 1985, s. 227-242.
- Üçok, I. (2017) "Arkeolojik Alanların Korunmasında Dijital Sunum: Teos Çalışması", Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, İzmir Ekonomi Üniversitesi, Mimarlık Bölümü.
- Varinlioğlu, G. (2018) "Teos Antik Kentinin Sayısal Ortamda Üçüncü Boyutta Yeniden Canlandırılması" Ege Mimarlık, Sayı 101, s. 22-25.
- Varinlioğlu, G., Aslankan, A., Alankuş, G., Mura, G. (2018) "Oyun Tabanlı Öğrenme ile Dijital Mirasın Yaygınlaşması", METU Journal of the Faculty of Architecture, Sayı online.
- Varinlioğlu, G., Kadioğlu, M., Küreli, E. (2018) "Arkeolojide Dijital Olanaklarla Sergi Tasarımı". Arkeoloji ve Sanat, Sayı 157-158, s. 301-312.
- Varinlioğlu, G., Kasalı, A. (2018). "Virtual Reality for a Better Past", ECAADE 2018: Computing for a Better Tomorrow Konferans Bildiri Kitabı, Sayı 2, s. 243-250.
- Varinlioğlu, G., Aslankan, A., Alankuş, G., Mura, G. (2017) "Raising Awareness for Digital Heritage through Serious Game", ECAADE 2017: Sharing of Computable Knowledge! (Shock!) Konferans Bildiri Kitabı, Sayı 2, s. 31-38.
- Yardımcı, İ. (2015) "Bilgisayar Destekli Tasarım Programlarında Boolean Operasyonu ile bir Heykel Uygulaması", Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi, Yıl: 3, Sayı 16, s. 450-463.
- Yenice, G. (2016), "Teos Liman Kilisesi", Basılmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Klasik Arkeoloji Anabilim Dalı.

İnternet Kaynakları

- Presner, T. (2010) "Digital Humanities 2.0: A Report on Knowledge", <http://cnx.org/content/m34246/1.6/?format=pdf>
- UCLA (2009) <http://etc.ucla.edu/projects/lighthouse-of-alexandria/>