

SARAN MİMARİ YAZILIM VE TEKNOLOJİLERİNİN KÜLTÜREL MİRASI KORUMA ÇALIŞMALARINDA KULLANIMI

Handan AŞ
Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Enformatik Bölümü
e-posta: handanas93@gmail.com

ÖZET

Bu makalede, tarihi çevrelerin Sanal Gerçeklik (VR) ve Arttırılmış Gerçeklik (AR) yöntemiyle görselleştirilmesi çerçevesi içerisinde, interaktif mimari görselleştirme yazılımlarının ve tekniklerinin arkeoloji alanı çalışmalarında kullanımı incelenecektir. Sanal Gerçeklik teknolojisinin kullanımının sistem özelliklerine değinilecek ve milattan sonra 1-2. Yüzyıl tarihine kadar uzanan ve 2005 yılından bu yana kazı çalışmaları sürdürülen Parion/Biga, Türkiye'deki Parion Tiyatrosu'nun kültürel mirasında doğru yeniden yapılanma ve mimari temsili üzerinden görselleştirilme sürecine odaklanılacaktır. Son olarak Sanal Gerçeklik (VR) uygulamalarının içerik ve amaçları göz önünde bulundurularak sınıflandırılan tarihi mekanlarda kullanımı açısından ele alınmış örnek çalışmalar üzerinden değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Sanal Gerçeklik (VR); Arttırılmış Gerçeklik (AR); Kültürel miras; Koruma; Mimari Temsil; Dijital kültürel miras; Parion;

ABSTRACT

In this article, the use of interactive architectural visualization software and techniques in archaeological field studies will be examined in the framework of visualization of historical environments with Virtual Reality (VR) and Augmented Reality (AR) method. The use of Virtual Reality technology, system properties will be addressed. Then, the paper will focus on the reconstruction of the cultural heritage of Parion Theater, Biga, Turkey, and visualization through architectural representation which dates back the 1st- 2nd century A.D. and has been excavated since 2005. Finally, the paper will focus on the historical sites classified by

considering the content and purposes of VR applications will be assessed on the basis of case studies that are used in terms of their use.

Keywords: Virtual Reality (VR); Augmented Reality (AR); Cultural heritage; Conservation; Architectural representation; Digital cultural heritage; Parion;

1.GİRİŞ

Diğer tarihi eserlerle kıyaslandığında, mimari mirası sunmak en zor olanıdır. Bir tarihi yapı parçası bir sergi salonuna sığmayacak kadar büyüktür. Mimari sunum sergi salonuna taşınsa bile, bağlam ve çevresiyle olan güçlü bağlarından kopuk olduğu için, önemli verileri ve doğal görünümünü kaybeder. Tarihi bir mekanda, genellikle sadece kalıntılara bakarak bölgenin inşa edildiği tarihteki durumu, kültürü, yaşam koşulları hakkında fikir sahibi olmak neredeyse imkansızdır. Alternatif olarak, mimari sunum üzerine çalışanlar asıl durumunu yararlı ifadelerle (representation) çevirmenin bir yolu olarak fotoğraflar, videolar, ölçeklendirilmiş çizimler ve fiziksel modeller kullanırlar. Ancak yine de bu gösterimler yalnızca binaların parçalarıdır ve mimari dil kullanılarak plan/kesit gibi çizimlerle ifade edilir. Örneğin, planları veya kesitleri gibi ölçekli çizimleriyle 3D mimari bir parçayı ilişkilendirmek, bu alanda uzman olmayan insanlar için oldukça zor ve karmaşıktır. Bu çalışmada gerçek mimari ile çeşitli sunumlar arasındaki mekânsal ilişki sorunu üzerinde durulmuştur.

Kültürel mirasın korunması, gelecek nesillere aktarılması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması, korumayı gerçekleştirecek temel aktör olan bireyin farkındalığı, bilinçlenmesi ve bu konudaki eğitime bağlıdır. Farklı disiplinlerin yanı sıra kültürel miras alanında da sanal gerçeklik teknolojileri kullanılan araçlardandır. Mimari temsil (representation), mimaride diğer alanlara benzer biçimde, sıklıkla sayısal miras olarak ifade edilen kültürel mirasın korunması durumunda olduğu gibi dijital yöntemleri ve dijital verilerin benimsenmesini içerir. Bu sayısal teknolojiler arasında, Sanal Gerçeklik (VR) teknikleri, tasarım sürecini kolaylaştırdığından dolayı kullanımı

yaygındır. Çeşitli sektörel kullanımlara ek olarak, VR araçlarının ve yöntemlerinin tarihi temsil entegrasyonunda (integration in historical representation) kullanımı sağlamak incelemek ve araştırmak açısından önemlidir. “Arttırılmış Gerçeklik (AR) ve Sanal Gerçeklik (VR), temsil açısından yaygın olarak kullanılan iki kavramdır. Genellikle aynı kategoride olmakla birlikte, arttırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik iki farklı kavramdır. (Bound ve diğ., 1999).” Arttırılmış gerçeklik (AR), gerçek nesnelere sanal nesnelere eklenmiş bir ortamdır, Sanal Gerçeklikte ise (VR) çevre ve nesnelere gerçek bir nesne mevcut olmaksızın sanaldır.

“Gelişen teknolojiyle birlikte bilgiyi aktarmada kullanılan medya ve iletişim araçlarının ve tüketmek üzere programlanmış toplumun gelmiş olduğu durum, gerçeklik üzerine sorgulamaları beraberinde getirmiştir (Güzel, 2015; Sargın, 2002).” Birçok disiplinde olduğu gibi mimarlık ve arkeolojide de görselleştirme ve sunumun önemi artmış, kullanılan teknikler ve ortamlar gelişen teknolojiyle sürekli değişmektedir. Kültürel miras alanlarında yapılan görselleştirme çalışmalarıyla birlikte, uzmanlara ve seyirci kitleye kültürel mirasın temsili ile ilgili yeni mimari koruma olguları gelişmektedir. “Herbert Zettl Sight, Sound and Motion: Applied Media Aesthetics adlı çalışmasında doğanın anlam kaygısı taşımayan görüntülerden oluştuğunu, bu görüntülerden bir anlatı çıkarılması ve temsil edilmesi için temizleme, pekiştirme ve yorumlama işlemlerinden geçmesi gerektiğini söyler (Aydın, E.D., 2012).” Temizleme, pekiştirme ve yorumlama işlemlerinde işaret edilen, anlatıya hizmet eden görüngülerin öne çıkarılması, hizmet etmeyen görüngülerin ise yok edilmesi ya da silikleştirilmesidir. Tanımlanan bu süreçlerin işleyişinde amaç, insan algısının anlatıya hizmet edecek şekilde yönlendirilmesi ve dönüştürülmesidir. İnsan algısının anlatıya hizmet edecek biçimde yönlendirilmesi için, temsil ortamındaki görüntülerin temel anlamları ile birlikte anlatıyı aktaracak yan anlamlarının da oluşturulması gerekmektedir.

Arkeolojik ve tarihi yerleşimlerdeki çalışmalarda ilerleyen teknolojiyle, mimarların rolü de değişmektedir. Mimarlar da diğer disiplinlerle beraber iş birliği halinde çalışarak kazının her aşamasına yön verebilmektedirler. Teknolojinin sunmuş olduğu olanaklarla, farklı disiplinlerin iş birliği sonucu ortaya çıkan çalışmalar sayesinde bu yapıların korunması, belgelenmesi ve restore edilmesi daha kolay ve daha hızlı bir süreç haline gelmiştir. Arkeologlar ve araştırmalardan elde edilen bilgileri, sayısal ortamda gerçekçi simülasyonlara dönüştürerek, fiziksel ortamlarda arkeologlara ve ziyaretçilere sunulmakta, arkeolojik

bulguların daha iyi analiz edilmesi ve yorumlanması için arkeologların, tarihçilerin, restoratörlerin vb. akademik çalışmalarına katkıda bulunulması amaçlanmaktadır. Böylece hem arkeologlar uygulama öncesi kazı deneyimi yaşayarak, yorumlama kabiliyetlerini arttırabilmekte, hem de ziyaretçilere, bölgenin inşa edildiği tarihteki durumu, kültürü, yaşam koşulları hakkında gerçekçi temsilleri, interaktif ve saran çevreler aracılığıyla deneyimleme imkanı sunulmaktadır.

Kültürel mirası korumada, eser veya alanlara ait belgeleme çalışmalarının yapılmasını gerektirmektedir. Arkeolojik bir alanın sayısal ortamda görselleştirilmesi için, ilk olarak alanda yapılmış tespit ve ölçümlerin sayısal ortama aktarılmalıdır. Bu verileri elde edebilmek için lazerli ölçüm cihazları, 3D tarayıcılar, fotogrametrik modelleme teknikleri, resim bazı modelleme yazılımları kullanılmaktadır. Bu teknikler haricinde modelleme yazılımları ile yüzey örme teknikleri de kullanılabilir. Uygulanan her teknik sonucunda oluşan modelin poligon sayısı, noktaların ve poligonların hatasız birleşebilirliği, yüzey ve malzeme parametreleri görselleştirilen modelin gerçeğine olan benzerliğini etkiler. Farklı ölçeklerde tasarlanan ve düzeltilmiş görünüm, etkileşimli teknikler ile bir araya getirilerek birleşik görselleştirmeler elde edilir. Günümüzde arkeolojide kullanılan çağdaş teknikler, mevcut duruma ait plan, kesit, görünüş gibi ölçekli çizimler elde etmeye olanak sağladığı gibi, mimari koruma alanında da dökümantasyon, veri süreci modelleme ve sunum süreçlerinde 3D ayrıntılı görselleri de sayısal ortamda çeşitli yöntemlerle oluşturabilir.

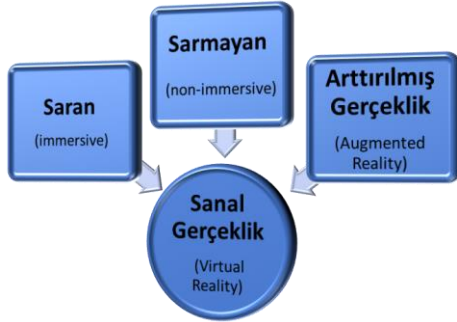
Bu makalede, tarihi çevrelerin Sanal Gerçeklik (VR) ve Arttırılmış Gerçeklik (AR) yöntemiyle görselleştirilmesi çerçevesi içerisinde, interaktif mimari görselleştirme yazılımlarının ve tekniklerinin arkeoloji alanı çalışmalarında kullanılabilirliği incelenecektir. Sanal gerçekliğin kültürel miras alanlarına sağladığı katkının tanımlanabilmesi amaçlanarak, çeşitli tekniklerde kullanımları, koruma kavramı ve mimari koruma yöntemleri üzerinde durulacaktır. Arkeolojik bir alanın görselleştirilmesi süreci ise; Anadolu'nun antik mirasının en önemli tarihi tiyatrolarından biri olan Parion Tiyatrosu'nun mimari kültürel mirasını belgelemek, hesaplamak ve sunmak için geliştirilen MULTIRAMA (Ozer, D.G., ITU AZ, 2016) adı verilen Arttırılmış Gerçeklik (AR) arayüzünden faydalanarak, kültürel miras temsili; Dökümantasyon (fotogrametrik yöntemlerin kullanımı); veri süreci ve modelleme (AR ile 3D fotogrametrik görüntülerin düzeltilmesi); ve sunum (bir AR uygulaması aracılığıyla kültürel mirasın 3D rekonstrüksiyonu) aşamalarıyla irdelenecektir. Bu bütüncül ve düşük maliyetli yaklaşım, Parion'un

kültürel mirasında doğru yeniden yapılanma ve temsil sorununa odaklanmaktadır. Son olarak da çeşitli alanlardaki kültürel mirası koruma uygulamalarında sanal gerçeklik kullanımına yer veren örnek çalışmalar üzerinden içerik ve amaçları göz önünde bulundurularak sınıflandırılarak değerlendirilecektir.

2. SİSTEM OLARAK SANAL GERÇEKLIK (VR)

Sanal gerçeklik ortamı, sayısal ortamda yaratılan 3D simülasyon içerisinde gerçek dünyaya ilişkin bir durumun ve kullanıcının da aygıtlar yardımıyla ortamı duysal olarak algılayıp deneyimleyebildiği ortamlardır. Sanal gerçeklik ortamları mekânın içinde bulunma ve mekânda yaptığı eylemlerin duysal geri dönüşlerini almasına izin vermesiyle, diğer temsil tekniklerinden ayrılmakta ve tasarımcıya, tasarım sürecinde yeni potansiyeller sunmaktadır. Sanal gerçeklik ortamı farklı yazılımların, donanımların ve tekniklerin yani bileşenlerin bir arada kullanılması ile oluşturulan bir ortamdır. Bu nedenden ötürü, sanal gerçeklik ortamında gerçek ortamdaki gibi tek bir mekânsal algıdan bahsedilemez.

2.1 Sanal Gerçeklik (VR) Çeşitleri



Şekil 1. Sanal Gerçeklik (Virtual Reality) çeşitleri (Whyte, 2002).

2.1.1 Saran Gerçeklik Sistem (Immersive System)

Kullanıcıyı sararak içinde hissettiren bu sistemler aracısız bir deneyim yaratmaktadır. Saran Gerçeklikte kullanıcı, “cybergear” denilen monitörlü kask, data eldivenleri, kulaklık ve data giysilerini giyerek, CAVE, HDM ya da duvara yansıtılan projeksiyonel sistemlerden destek alarak oluşturulan bu deneyimde, kullanıcı dış dünyadan koparak, sanal gerçeklik ile sarmalanıp, üç boyutlu manzarayı görüp, sesleri duyabilmekte ve objelerle etkileşim kurabilmektedir. Temsili mekânı oluşturmak için yüksek işlemci gücüne ihtiyaç duyulur. Daha sonra Sanal Gerçeklikte Erişim

başlığı altında detaylı değinilen, uzaktan (ex situ) deneyimleme imkanı sunar.

2.1.2 Sarmayan Gerçeklik Sistem (Non-Immersive System)

Saran Gerçeklik Sistemler ile aynı yazılım teknikleri kullanılarak sunulan sanal ortam, kullanıcı tamamen sarmayan özelliğiyle Saran Gerçeklik Sistemi'nden ayrılır. Saran sistemlerin sarmal özelliğinin aksine, kullanıcı sadece ekran aracılığı ve Sanal Gerçeklik (VR) donanımlarının desteği ile etkileşim sağlayabilir. Kullanıcının kendisi değil de bilgisayarın ürettiği görüntüsü, sanal gerçekliğin dünyasına girmektedir. Kullanıcı büyük bir projeksiyon perdesini önünde durmakta ve bilgisayar kullanıcının izlediği hareketlerini takip etmektedir.

2.1.3 Arttırılmış Gerçeklik Sistemi (Augmented Reality/AR)

“Sanal gerçeklik, bilgisayar grafikleriyle üç boyutlu olarak oluşturulmuş, insanların içinde gezebildiği, farklı açılardan bakıp şekillendirebildiği bir deneyim olarak tanımlanır (Rheingold, 1991).” (19) “Sanal Gerçeklik, enformasyonun uzaysal mekana dönüşümüdür. Gerçek ortamdan tamamen bağımsız, sentetik bir ortam sunmaktadır. Buna karşılık Arttırılmış Gerçeklik dijital olarak bilgisayar tabanlı üretilmiş verinin imaj, ses, video ya da diğer algılarla algılayabileceğimiz verileri gerçek zamanlı ortam (real-time environments) üzerine çakıştırılmasıyla oluşturulur. Teknik olarak Arttırılmış Gerçeklik beş duyumuzu da etkileyecek şekilde kullanılabilir, ama günümüz kullanımı daha çok görsel algımız üzerine yoğunlaşmaktadır (Kipper ve Rampolla, 2012).”

Arttırılmış Gerçeklik (AR), Sanal Gerçekliğin bir varyasyonudur. Bilişim teknolojilerinde sanallık ve gerçeklik arasındaki bağ Arttırılmış Gerçeklik (Augmented Reality) adıyla sunulmaktadır. Arttırılmış Gerçeklik teknolojisiyle donanım ve yazılım alanlarında çalışmalar yapılmaktadır. Gerçek ve sanal dünyaya ait görüntü katmanlarını birleştiren Arttırılmış Gerçeklik (AR), kullanıcının her ikisi ile de etkileşime geçmesine olanak tanır. İnsan ve makine etkileşimini arttırmak için geliştirilen bir arayüzdür de denebilir. Taşınabilir ve giyilebilir cihazlarla bilimsel analizlerde de kullanılabilen bu sistemler genellikle yerinde deneyimleme (in situ) çalışmalarında kullanılmaktadır.

Arttırılmış Gerçeklikte (AR) gerçek ortam, sanal ortama göre daha baskındır. Arttırılmış Gerçekliğin (AR), Sanal Gerçeklikten (VR) farkı; kullanıcının sanal objelerle birleştirilmiş gerçek dünyayı algılamasına izin vermesidir. Daha basit bir deyişle, Arttırılmış Gerçeklik (AR) bilgisayar üretimi içeriğin yaşadığımız dünyaya bir katman olarak eklenmesidir. “Arttırılmış Gerçekliğin gerçek

ortama sadece sanal objeler eklemek için değil objeleri kaldırmak için de kullanılabilme potansiyeli vardır (Kipper ve Rampolla, 2012).”

Kullanım imkanına birçok alanda sahip olunan bu teknolojinin, günlük hayata büyük oranda entegre edildiğinin farkına varılmasa da Artırılmış Gerçeklik (AR) adıyla bilinmemekte fakat bir süredir mobil uygulamalar aracılığıyla insanlar tarafından kullanılmaktadır. Gelişmelerinin sürekliliği açısından kullanılan teknolojinin ne olduğunun kullanıcı tarafından kavranması ve benimsenmesi de oldukça önemlidir.



Şekil 2. Sırasıyla Saran Gerçeklik, Sarmayan Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik Sistemleri Örnekleri (www.slideshare.net) (URL-1)

2.2 Sanal Gerçeklik (VR) Kriterleri

Sherman ve Craig'in (2003) belirlediği VR kriterleri sanal dünya, sarma, duysal geri bildirim ve etkileşimdir. Sanal Gerçeklik sistemleri beş duyuya da hitap edecek şekilde tasarlanmaktadır. VR uygulamalarında etkileşim (interaction) ve duysal geribildirim (sensory feedback) sağlandığında, daha gerçekçi bir deneyim elde edilebilecektir. Kasklar, Data Gloves olarak adlandırılan özel eldivenler, dokunma sistemleri, üç boyutlu ses sağlayan sistemler, joystick, fare, üç boyutlu gözlükler, güç topları, vücudun bazı noktalarına takılan kablo ve aletler gibi araçlarla, Dome (kubbe tipi) ekran, VR Simulator ve VR Küreleri gibi donanımlar bize etkileşim için gerekli desteği vermenin yanı sıra gerçekçilik hissi de

maksimum düzeyde verilmeye çalışılmaktadır. Bu sayede çoklu ortamda maksimum etkileşim sağlanmaya çalışılmaktadır. VR kriterleri etkileşim (interaction) ve duysal geri bildirim (sensory feedback) başlıklarıyla ele alınacak olursa;

2.2.1 Etkileşim (Interaction)

Yaratılan etkileşimli üç boyutlu sanal çevrenin sunumunda kullanılan araçlar, donanımlar ve sanal gerçeklik sistemleri hazırlanan çalışmaların verimini artırmak bakımından göz ardı edilmeden değerlendirilmelidir. Çeşitli eldivenler, hareket algılayıcılar, hareketi yansıtan kabinler ve araçlar, çeşitli bilgilerin girişini sağlayabilen araçlar bu arabirimler arasındadır. Bu arabirimler sayesinde izlemenin yanında değiştirme, kullanma ve yönetme faktörleri devreye girer. Bunlar sanal gerçekliği gerçeğe yaklaştıran faktörlerdir (Ergun, 2004). Hemen hemen sanal gerçeklik uygulamalarının hepsinde etkileşim için kullanıcıların sanal çevre ile iletişime girebildiği arayüzler, menülerden bahsedilebilir. Kullanıcıların sanal çevreye dilediğince yön veremeyip, içerisinde özgürce gezinim yapamadığı, iletişim kuramadığı, sadece izleyici olduğu durumlarda etkileşim söz konusu olmamaktadır.

2.2.2 Duysal Geribildirim (Sensory Feedback)

Kullanıcı etkileşimini sağlayan araçlar sayesinde deneyimleyen kişi, nesnelere ile iletişime girerek üç boyutlu sanal çevrenin bir parçası haline gelebilir. Böylece soru sorabilir, duysal geri bildirimlerle sorularına cevap alabilir. Tanımlanmış birtakım etkileşim özelliklerini kullanabilir. Yapay zeka sayesinde üç boyutlu sanal çevre içerisinde, beş duydandan gelen tetikleyicilere uygun tepki veren karakter ve nesnelere yaratılabilmektedir. Yapay zeka ile önceden tanımlanmış birtakım kurgular yapılabileceği gibi geliştirilen algoritmalar sayesinde, üç boyutlu sanal çevredeki karakter veya nesnelere değişen durumlara uygun tepkiler vermesi sağlanabilmektedir. Kullanıcı hareketleri analiz edilebilmekte, yeni nesnelere oluşturmaya yönelik algoritmalar çalıştırılmaktadır.



Şekil 3. Sanal Gerçeklik (VR) etkileşim (interaction) ve duysal geribildirim (sensory feedback) donanımları (<http://www.vrotto.com>) (URL-2)

İnsan çevreden gelen etkileri algılayarak; duyu organları aracılığıyla edindiği verileri zihninde yorumlar, bir yargıya varır ve tepki verir. Sanal gerçeklik, duyularımız için gerçeğine yakın koşulları sağlayarak; bilgisayar yardımıyla gerçekte olmayan fakat gerçeğine çok benzeyen ortamlar temsilini amaçlar. Dijital ortamda birden çok duyu ile algılanabilen bir atmosfer yaratılır. Çoklu duyum ile algılanabilen ve görselleştirme araç olmaktan çıkan sanal ortam, içinde hareket edilmesiyle ilişkili, etkileşimli gerçek mekan ve zaman deneyimleniminin yapılabildiği bir ortam haline gelmiştir. “Sanal gerçeklik, kullanıcının, görsel, duygusal, dokunmayla, koku ve tatla algılanan hissel seçeneklerle etkileşimde bulunarak, gerçek zaman simülasyonlarıyla ilişkilendirilmesidir (Kayabaşı, 2005).” Sanal gerçeklik (VR), sanal bir dünyada gerçek zamanlı olarak kullanıcının bir ya da birden çok duyusuna hitap ederek, kullanıcı hareketleriyle dinamik bir ortamla etkileşim olanağı tanınmaktadır.

Sanal ortam üretim yöntemleri ile yaratılan metinsel, işitsel, görsel, her formattaki bilginin saklanması ve yayımlanmasını sağlamaktadırlar. Sanal çevre, var olan fiziksel bir yeri ifade edebilmesiyle beraber hiç var olmamış bir çevreyi de tasvir edebilmektedir. Sanat eseri böylece sanal ortam verileri sayesinde katılımcının görsel belleğinde canlanmasının yanısıra dokunsal belleğinde de yer edinmektedir.

2.3 Sanal Gerçeklikte Erişim

Sanal ortamlarda kullanıcılar sadece izleyici veya dinleyici değil, aynı zamanda gerçekçi sahnelerin içinde gezebilen, mekanlar arasında kapıları açıp kapayarak geçiş yapabilen, farklı bakış açılarıyla mekanları dolaşabilen, aktif katılımcıdırlar. Özellikle sanal çevrelerde etrafı sahneyle kaplı mekanlarda deneyimlenen, aktif katılım yapılabilen sanal uçuşlar ve yürümler, ses ve görüntü etkileriyle desteklenerek, etkileşimli, hissel araçlar yardımıyla sarmalanma duygusu artırılmış gerçeklik sunmaktadır.

VR kullanımları içerik ve kapsam farklılıkları gösterir iken teknik farklılıklar da içermektedir. Sadece kişisel bilgisayarlara gereksinim duyan uygulamaların yanısıra çok daha karmaşık sistemlere gerek duyan uygulamalar da vardır. Ayrıca yerinde deneyimleme olanağı sağlayan çalışmalara karşılık uzaktan erişime açık çalışmalar da vardır.

“Üç boyutlu görsel modeller ile oluşturulan sanal ortamlar, tasarımda sanal gerçeklik simülasyonlarının kullanılması ile, içerisinde hareket edilebilen, görsel, işitsel ve mekan içerisinde hareket edilmesine bağlı, gerçek mekan-zaman etkileşimli, mekansal deneyimin yaşandığı ortamlar halini almışlardır. Böylelikle sanal ortam

görsel bir eleman olmaktan çıkıp, çoklu duyum ile algılanabilen ortam halini alabilmiştir (Özen, 2006).”

2.3.1 Yerinde Erişim (in situ)

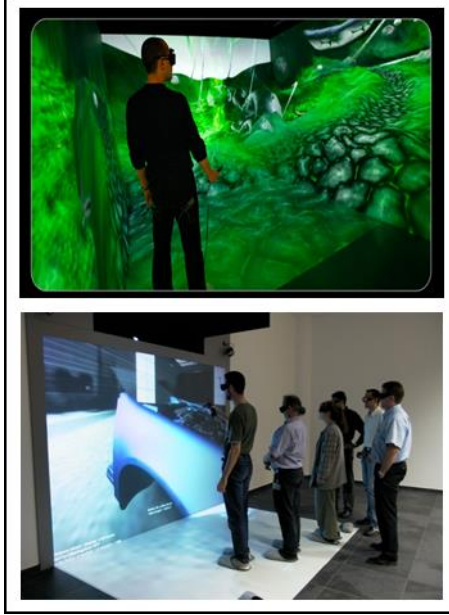
Arttırılmış gerçeklik uygulamaları çoğunlukla yerinde erişim (in situ) desteği vermektedir. Gerçek zamanlı simülasyonlar diğer modelleme tekniklerine göre daha yeni fakat her alanda kendini hızlı bir şekilde göstermeye başlayan daha etkili bir modelleme tekniğidir. Çünkü kullanıcılar bu teknikle hazırlanan modellerde diğer modellerden farklı olarak, deneyimlerini kendi tercihleri ve yönlendirmeleri doğrultusunda edinmektedirler. Kişinin sanal ortamda istediği yöne kendi yönlendirmesi ve tercihi ile gitmesi, modele etkileşimli olarak gerçek zamanlı müdahale edebilmesi bu modellerin önemini arttırmaktadır.



Şekil 4. ArcheoGuide Application ile Marseille Tarihi Müzesi ve Hera Tapınağı (<http://www.d3dweb.com>) (URL-3)

2.3.2 Uzaktan Erişim (ex situ)

Uzaktan erişim, saran ve sarmayan sistemler ile bir ekran aracılığıyla etkileşim sağlanan projeksiyonel sistemlerdir. Sanal Gerçeklik (VR) çeşitlerinde de bahsettiğimiz saran ve sarmayan gerçeklik sistemleri uzaktan erişim (ex situ) deneyimi sunar. Burada gerçek mekanların 3D modellerinden ve de ortamın gerçek zamanlı etkileşimli ilişkisinden bahsedilmektedir. Bu ilişkiler ortamdaki hareket olgusuyla sağlanmaktadır. VRML ile kullanıcının ekrandaki görüntüye yaklaşım, uzaklaşması, dönmesi, eğilmesi, hareket etmesi ve görüntü içinde yürütmesi sağlanmaktadır. “Oluşturulan üç boyutlu modeller içerisinde ziyaretçi mekanını hem görsel hem de hareket üzerinden algılayabilmektedir. (Özen, 2006).” Ortam etkileşimi sayesinde kullanıcıya sanal olarak bilgisayarda yaratılan sanal ortamda yaşıyor hissi verilebilmektedir. Şimdilerde artırılmış gerçeklik uygulamaları ile de sanal ortamda tamamen sarmalanarak maksimum gerçeklik hissiyle mekan içinde dolaşmak ve ortamla etkileşimde bulunmak mümkün olabilmektedir.

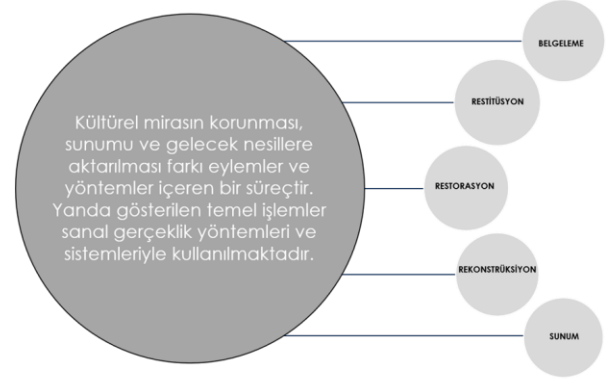


Şekil 5. Bir ekran ya da projeksiyonel sistem aracılığı ve Sanal Gerçeklik (VR) donanımlarının desteği ile etkileşim sağlanan uzaktan erişim (ex situ) örnekleri (Sürücü, Selçuk Üni. Açık erişim, 2017)

3.KÜLTÜREL MİRASIN KORUNMA-SI, EYLEMLER VE YÖNTEMLER

Sahip olduğumuz bütün tarihi ve kültürel değerler atalarımızın bu süreçte edindikleri deneyimler olup, onlardan bizlere kalan tarihi ve kültürel mirasımızı oluşturmaktadırlar. Anadolu toprakları tarih öncesi çağlardan günümüze birçok uygarlığa ev sahipliği yapmış olduğundan coğrafyası üzerinde her yerde bu uygarlıkların yaşam izlerine rastlamak mümkündür. Ülkemiz bu uygarlıkların kültürel çeşitlilik ve farklılıklarından dolayı oldukça zengin, tarihi, kültürel, mimari ve arkeolojik eserlere sahiptir. Gelişmiş uygarlıklardan kalan kalıntılar ve yerleşimler ülkemizin tarihi çevresini oluşturmaktadır. Tarihi çevrede yer alan çeşitli üsluplardaki mimari öğeler, zengin üsluplar, özenli işçilikler toplumların zenginliğinin göstergesidir. “Geçmiş uygarlıkların sosyal ve ekonomik yapısı, yaşam felsefesi, estetik anlayışı ile ilgili birçok ayrıntı bu tarihi çevrelerde saklıdır (Ahunbay, 2014).” Bu nedenle geçmişten miras kalan değerleri en iyi şekilde korumak ve bunları sonraki nesillere zarar görmeden bırakmak toplum açısından önemli bir olgudur.

Antik kentlerin etkileşimli 3D simülasyonlarının sanal ortamdaki sunumları, kişileri geçmişe doğru uzun bir yolculuğa götürerek, onlara yaşamadıkları bir çağa gidip, geçmişi yaşama ve bugünle mukayese etme imkanı sunmaktadır.



Şekil 6. Kültürel mirasın korunması, eylemler ve yöntemler; Belgeleme, restitüsyon, restorasyon, rekonstrüksiyon, sunum.

Günümüzde bilgisayar teknolojilerindeki gelişim, sanal ortamda kültürel mirasın tespiti ve belgelenmesinin yanı sıra sanal koruma, sanal restitüsyon, sanal rekonstrüksiyon gibi imkanlar da sağlamaktadır. Bu sayede tarihi yapıları, özgün kullanım dönemlerindeki gibi ait oldukları çevreyle birlikte orijinal halleriyle sanal ortamlarda canlandırmak da mümkün olabilmektedir. Son yıllarda tarihi ve arkeolojik mimari yapıların, yaşamların bilgisayar ortamında hazırlanan benzetimleri sayesinde hem koruma be belgeleme çalışmaları farklı bir boyut kazanmıştır hem de yapılan çalışmalar sayesinde herkesin ilgisi bu yöne çekilerek tarih bilincinin geliştirilmesi sağlanmıştır.

“Sanal Gerçekliğin gelişmesini mümkün kılan teknolojiler aynı zamanda Coğrafi Bilgi Sistemleri (Geographical Information Systems, GIS) ve Bilgisayar Destekli Tasarım (Computer Aided Design, CAD) uygulamalarının da gelişmesini sağlamıştır. 1990’lar boyunca müdahaleleri kolaylaştıran ve bilgileri analiz eden mekansal konuma dayalı GIS uygulamaları geliştirilmiş ve olgunlaştırılmıştır. Erken bilgisayar destekli tasarım uygulamaları 2D çalışmaları desteklemekteyken, Bilgisayar Destekli Tasarım (CAD) 1990’larla birlikte 3D uygulamaları destekler hale gelmiş, obje yönelimli çalışmalarda gerçek dünya davranışlarının elde edilmesini sağlamıştır. Böylece bir duvar hareket ettirildiğinde pencere de bununla birlikte hareket eder hale gelmiştir. Parametrik modelleme ise bir diğer yaklaşım olarak matematiksel değişken ve parametrelerle tasarımı değiştirme, kontrol etme ve etkileme olanağı sağlamıştır (Whyte, 2002).”

Tarihi yapıların korunması ve dokümantasyonu, günümüzde insanlığın ortak sorunu olarak kabul edilmekte ve çok hassas bir şekilde üzerinde durulmaya başlanan bir olgu haline gelmektedir. Arkeologların ve mimarların tarihi eserlerle çalışırken gereksinim duydukları 3D modeller, artık kesin gösterim ve görselleştirmeyi

sağlayabilmektedir. Günümüzde arkeolojik eserlere ve mimari alanlara ait çeşitli yöntemlerle hazırlanan 3D modeller sayesinde geçmişe ait ne varsa belgelenmekten de öte, kendi dönemlerinde ve çevrelerinde, herhangi bir masaüstü bilgisayarında ya da özel ortamlarda deneyimlenebilmektedir.

Tarihi eser, yapı veya alanları koruma, bu eser veya alanlara ait belgeleme çalışmalarının yapılmasını gerektirmektedir. Bunun için tarihi ve arkeolojik çevrede korunmaya değer ne varsa tespit edilip, bunlarla ilgili tarihsel araştırma ve ölçüm çalışmaları yapılarak, gerekiyorsa restitüsyon ve restorasyon çalışmaları yapılmalıdır.

Arkeologlar için, araştırmalar sırasında zamanın, mekânın, konumun ve çevre verilerinin değerlendirilmesi, tanımlanması ve ilişkilendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Arkeolojik bir çalışmada; çalışılan alanın öznel kazı teknikleri ile kazılması, araştırılması, haritalandırılması, fotoğraflanması, profil çizimleri, arkeolojik prospeksiyon tekniklerinin kullanılması, çıkan malzemelerin değişik tekniklerle yaşlarının belirlenmesi gibi birçok sonuç, alanın yorumlanması ve yerleşimin geçmişteki biçimine en yakın kurgulanabilmesi için önemlidir.

Gelişen teknolojiyle birlikte, özellikle son yıllarda koruma çalışmalarında kullanılan yöntem ve tekniklerde paralel olarak gelişme göstermiştir;

- GIS (Coğrafi Bilgi Sistemleri)
- GPS (Global Konum Belirleme Sistemleri)
- Fotogrametri
- Total Station
- Lazer Tarama
- 3B Modelleme, Görselleştirme ve Sunum

“Teknik ve yöntemleri sayesinde, tarihi çevrenin belgeleme ve tespit işlemleri kolaylıkla, eskisine göre çok daha kısa sürede yapılabilmektedir. Ayrıca hava fotoğraflarından ve uydu görüntülerinden de tarihi kentlerin yerlerinin ve konumlarının belirlenmesinde yararlanılmakta, Jeoinformasyon olarak mekansal ve öznitelik verileri CBS ortamında saklanmaktadır (Demirkesen v.d, 2005).” Restorasyon projesi, anıta ya da tarihi bir esere ait cephe ve kesit ölçüleri gibi ayrıntılı mimarlık ölçümlerine, başka bir deyişle rölöveye dayanılarak hazırlanır. “Rölöve bir binanın mevcut durumunun ölçekli çizimlerle (plan, kesit ve görünüşler) anlatımıdır. Rölöve bir proje değildir. Projeye atlık veridir. Rölöve bir yapının, kent dokusunun veya arkeolojik kalıntının yakından incelenmesi, belgelenmesi, mimarlık tarihi açısından değerlendirilmesi ve restorasyon projesinin hazırlanabilmesi için bir araçtır (Erdoğan, 2005).” Veriler, ileri sunum teknikleriyle görselleştirilerek mimari nesnenin mevcudiyetini, geçmişe ya da geleceğe yönelik varsayımsal durumları betimlemek için kullanılabilir. Mimari koruma alanı için yapılan restitüsyon ve restorasyon

aşamalarının da betimlenmesi açısından bu çok zamanlı aktarımlar önemlidir. Hazırlanan simülasyonlardaki serbest dolaşım özgürlüğü, sanal ortamlarda gezerken ekrana gelen yazılı ve sesli bilgiler, görüntüler, etkileşimli haritalarla mekân ölçeğine inebilen ayrıntılı bilgiler, mekân algısını artırıcı aletler sayesinde her geçen gün ortam etkileşimi maksimum düzeyde sağlanmaya çalışılarak, anlaşılabilirlik ve ulaşılabilirlik artırılmaya çalışılmaktadır.

Artık arkeologlar daha kazıya başlamadan önce, kazı alanında yapılan ölçüm ve tespitlerden elde edilen verilerle hazırlanan 3B modellerle geçmişe daha iyi algılayarak yorum yapabilmekte, hatta gelişmiş teknolojilerle kazıya sanal olarak müdahale edebilmektedirler. Böylelikle kazı sırasında oluşabilecek tahribatlar da en aza indirilebilmektedir.

4. ARKEOLOJİK BİR ALANIN GÖRSELLEŞTİRİLME SÜRECİ

Arkeolojik ve tarihi yerleşimlerin görselleştirilmesi ve sunulmasıyla ilgili projeler çok fazla sayıda disiplinin birlikte çalışmasını gerektirdiğinden planlama aşaması daha da önem kazanmaktadır. Çünkü bu projelerde arkeoloji, mimarlık, tarih, antropoloji, harita, fotogrametri, şehir planlama, jeodezi ve daha birçok disiplinin koordine bir şekilde birbirleriyle iletişim halinde çalışmaları gerekmektedir.

Bu çalışma, üç aşamada incelenmiştir:

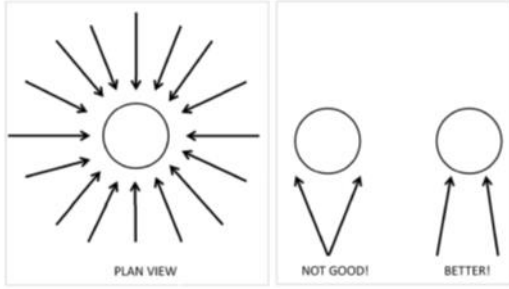
- Verilerin toplanması/Dökümantasyon,
- Verilerin sayısal ortama aktarılması/Veri süreci ve modelleme,
- Sanal Gerçeklik ortamının oluşturulması /Sunum.

4.1 Verilerin Toplanması / Dökümantasyon

Dökümantasyon aşamasında, VR ile fotogrametrik, ölçüm ve gerçeklik yakalama yöntemlerinin kullanımını sağlamak için kesit, plan, farklı zamanlarda çekilmiş fotoğraflar, yüzey fotoğrafları, 3D lazer tarama verileri, rölöveler, arkeolog ve tarihçilerin hazırlanmış olduğu raporlar ve arşiv belgeleri gibi erişilebilen tüm veriler toplanır. “Belirli bir amaçla, bir araya getirilmiş çok sayıda kayıt, bir veri dosyası oluşturmaktadır. Verileri depolayıp gruplandırarak, eş zamanlı, birden çok kullanıcıya yanıt verebilmesi amacıyla, dosyalar ve tablolar şeklinde düzenlenmiş bilgiye veritabanı (database) adı verilmektedir. Veri tabanı sistemiyle, gerektiğinde hemen erişilebilen, düzenli bir veri bankası kurulmakta ve veri tekrarları önlenmiş olmaktadır (Gönenç, 2004).”

Kameraların yanı sıra Drone kullanarak, fotogrametri ile tüm alanı yakalamak ve bir veri seti oluşturmak mümkündür. Mantığı, her resmin bitişik

olduğuyla örtüşen önemli bir parçaya sahip olmasıdır. Bu aşamanın zorluğu kameranın sabit konumu göz önüne alındığında Drone'un hassasiyetiyle ilgilidir. Fotoğraf çekmek için profesyonel bir fotoğraf makinesine gerek yoktur; normal bir dijital fotoğraf makinesi veya hatta akıllı bir telefon ile çalışabilmektedir, fakat fotoğraflar en az 3-4 MP çözünürlükte olmalıdır. Nesneyi fotoğraflarken her yanından çekilmelidir. Örneğin, tek bir sütun için en az 20 fotoğraf gerekmektedir. Yakalama yaparken, eğer aynı noktada durup farklı açılardan çekim yapılırsa, işe yaramaz sonuçlar elde edilir. Kamerayı hafifçe hareket ettirmek gerekmektedir.



Şekil.7 Sol: Bir sütun nasıl yakalanır, Sağ: Farklı açılardan daha iyi sonuç elde edilir (Özer vd., 2016).

Ayrıca, uygun mevsim seçimi gibi iklimsel özellikler yanında, güneş yüksekliği ve cisim üzerinde gölge varsa, kalıntıların yüksekliği, görüntünün alındığı enlem, görüş açısı, yüzeyin üzerindeki açık ve koyu renkli kısımlar gibi etkenlerle yapılan pozlamalar dolayısıyla farklı olacaktır. Bunlar süreç içerisinde dikkat edilmesi gerekenlerdendir. Fotoğrafların birbirleriyle üst üste gelmesi önemlidir. Örtüşme bir sonraki fotoğrafın üçte biri olmalıdır. Durulan konumdan fotoğraf çekmekle ilgili sorunlar yaşandığında, havadan çekimler de yapılabilmektedir. Böyle durumlarda zeplin ve Drone kullanılabilir. Fakat sonuçlar elverişsiz olabilir. Sonuç elde edilememesinin başlıca sebepleri de kötü hava şartları, zeplinin sabit olmayan hareketi ve güneşin pozisyonudur.

4.2 Verilerin Sayısal Ortama Aktarılması / Veri Süreci ve Modelleme

Dijital ortama aktarım, işleme ve modelleme aşamasında, 3D fotogrametrik görüntüleri düzeltmenin yanı sıra, elde edilen 2D çizimleri BIM tabanlı üç boyutlu modelleme yazılımları ile yapının 3D modeli oluşturulur. Rekonstrüksiyon çalışmalarında aslına uygun üretim gerektiğinden bütün objeler rölöve çizimleri ve fotoğraflar esas alınarak ve tekil olarak modellenir. Modelleme yazılımları ile yüzey örme teknikleri de kullanılabilir. Oluşan modelin poligon sayısı, noktaların ve poligonların hatasız birleşebilirliği,

yüzey ve malzeme parametreleri görselleştirilen modelin gerçeğine olan benzerliğini etkiler.

Arkeolojik ve tarihi alanda gelişmiş aletlerle yapılan ölçümlerden elde edilen veriler uygun yazılımlara aktarılarak, işlenebilir ve üç boyutlu model elde edilebilir. Modelleme tekniklerinde genel mantık aynıdır, fakat yazılım paketleri içindeki adları ya da değiştiricilerin aldıkları adlar değişebilir. En çok kullanılan modelleme teknikleri; Nurbs (eğrilerle), poligonlarla (çokgenlerle) ve yüzeylerle yapılanlardır. Model hazırlanırken bu teknikler birlikte de kullanılabilir. Ayrıca, Detay Düzeyli Modelleme (level of detail, Lod) gibi tekniklerle model kontrol altında tutulabilir.

Modelleme hangi amaçla yapılacak olursa olsun uygun çözünürlük için en iyi hale getirmek önemlidir. Modellerdeki gereksiz ayrıntılar, uzun ekran güncellemeleri, yavaş hesaplama zamanları iş akışını aksatır. Modellerde gerekli ayrıntı düzeyi kontrol altında tutulmalıdır. Bu projeler mümkün olduğu kadar az poligonla modellenmeli ve ayrıntılar doku kaplama yöntemi ile verilmektedir.

4.3 Sanal Gerçeklik Ortamının Oluşturulması / Sonuçlar

Son aşamada, kültürel miras alanının 3D rekonstrüksiyonunu, VR / AR uygulaması kullanarak 360 derecelik videolar ile sunup düzenleme olanağı ile bütüncül ve düşük maliyetli yaklaşım, kültür mirasında doğru yeniden yapılanma ve temsil sorununa odaklanacaktır. Bu çalışmaların amacı, orijinal güvenli koşulları sağlamak, tarihsel yapıların 3D modelleme, interaktif görselleştirme ve Artırılmış Gerçeklik (AR) teknikleri ile belgelendirme ve ziyaretçilere bir algı ve deneyim kazandırmaktır.

AR modeli, kesitler ve planlar gibi gerekli tüm görsel öğeler hazırlanır ve gerekli veriler Android uygulamaları kullanarak arayüze işlenir. Sunumu izlerken, akıllı cihazınızı fiziksel nesneye doğru tutarak bakılmaktadır. Uygulama, işaretleyiciyi okuyup algılayarak, istenen biçimi gösterecektir. Sonucunda; tüm görsel veriler seçenekler halinde uygulamanın içerisinde yer alacaktır. Cihazı, fiziksel nesnenin etrafında hareket ettirildiğinde oluşturulan AR da buna göre dönecektir.

5. KÜLTÜREL MİRAS ALANINDA VR UYGULAMALARININ İÇERİK VE AMAÇLARINA GÖRE SINIFLANDIRILMA

Kültürel mirası korumak, sunmak ve gelecek nesillere aktarmak için çeşitli yöntemler ve eylemler içeren karışık ve uzun bir süreçten geçilir. Bu süreçte belgeleme, restorasyon, rekonstrüksiyon, restitüsyon ve sunum gibi temel

işlemlerle Sanal Gerçeklik (VR) yöntemlerinden ve sistemlerinden faydalanılmaktadır. Kültürel miras alanında yapılan Sanal Gerçeklik (VR) uygulamalarını amaç ve içeriklerine göre sınıflandıracak olunursa;

- Rehberlik ve Yerinde Deneyim Sağlayan Uygulamalar,
- Bilimsel Analiz Uygulamaları,
- Sanal Rekonstrüksiyon Uygulamaları,
- Sanal Restorasyon Uygulamaları,
- Sanal Ortam Müzeleri,
- Eğitim Oyunu Uygulamaları

5.1 Rehberlik ve Yerinde Deneyim Sağlayan Uygulamalar

Kültürel miras alanlarını buldukları yerde incelemek isteyen kullanıcıların rehber desteğine ihtiyaç duymadan, miras öğelerini yapıli çevresi içerisinde (in situ) yapıldıkları ilk haliyle görmelerini sağlamak amacıyla yapılan Sanal Gerçeklik (VR) uygulamalarıdır. Bu uygulamalar genel olarak taşınabilir ve giyilebilir cihazlar ile desteklenmekte olup ve Arttırılmış Gerçeklik (AR) yazılımları içermektedir. Kullanıcılar sanal ve gerçek dünyaya ait görüntü katmanlarını üst üste bindirilmiş halini görmektedir.

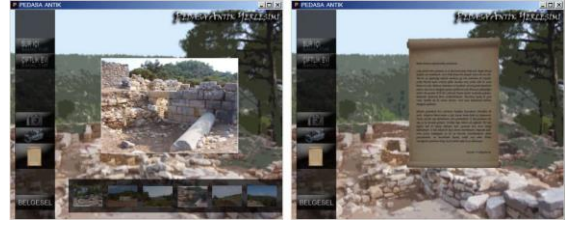
Yazılımların yapısına genel olarak bakıldığında; 3D modelleme ve görselleştirme yazılımlarından veri aktarımı, gerçek zamanlı görselleştirme, çoklu kullanıcı desteği, yapay zeka, çarpışma kontrolü ile arayüzler oluşturularak kullanıcı ile bilgi alışverişine izin verilmesi ve genelde eğitimsel kullanım için özel lisans sağlanması gibi özelliklerin ortak olduğu görülmektedir.

Gerçek zamanlı gezinim ile 3D sanal çevrede doğrudan, fiziksel gerçekliğe uygun ve sezgisel bir kontrol ile deneyimleme gerçekleşir. Özellikle birinci kişi gözünden deneyimlemede kullanıcının hareketleri doğrudan yönlendiricidir. Bu da mekan ve zaman ilişkisi açısından gezintinin gerçekliğini pekiştirmektedir.

Arttırılmış Gerçeklik sistemiyle, ziyaretçiler çoklu duyum sayesinde kurgulanan mekanı daha iyi algılayabilmektedir. Kullanılan mobil sistemle bilgilendirme ve canlandırmalar ziyaretçinin deneyimlemesi sırasında gerçekleşmektedir. Ziyaretçiler, gezinti sırasında kullandıkları kulaklık ve gözlük aracılığıyla eski yaşantılara ait ses ve konuşmaları duyabilirken, fiziki mekanın içerisinde canlandırmaları gerçek zamanlı olarak izleyebilmektedir.

Çoklu kullanıcı desteği ile eş zamanlı olarak birden çok kullanıcının aynı 3D sanal çevre içerisinde birbirlerini ve çevreyi etkileyerek bulunması sağlanabilir. Çok kullanıcıli çalışmalar, ağ desteği ile birbirine bağlı bilgisayarlar ve internet üzerinden VRML, X3D gibi programlama dilleri kullanılarak yayımlanabilmektedir. Görece gelişmiş uygulamalar

için etkileşimli 3D sanal çevre oluşturan yazılımların internet görüntüleyici eklentileri kullanılmaktadır.



Şekil 8. Çalışma alanıyla ilgili verilere gezintiyi sağlayan dosyadan ulaşılabilmektedir. (Pedasa Antik Yerleşimi Etkileşimi)

Özellikle arkeolojik kazılarda, kazıyla birlikte yürütülen etkileşimli 3D sanal çevre oluşturma çalışmaları, buluntuların derlenip ilgili açıklamanın buluntulara iliştilmesiyle birlikte, arkeologlara kazıyla eş zamanlı olarak tasnif ve düzenlemede kolaylık getirebilir. Bir tarihi bölgenin ya da yapının sadece mekansal anlamda gezilmesi değil, tarihsel anlamda da gezilmesi olanaklı hale gelmektedir. Kentin bir bölümünde yapılan tarihsel analizlerin sayısallaştırılması ve bu analizlerin fotogerçekçi olarak üretilmesi sonucunda kullanıcı arayüzleri yardımıyla, bölgede gezinti yapılırken, o bölgenin geçmiş dönemlerine dönülebilir veya ilerisiyle ilgili bazı öngörülerin aktarılmasıyla, gelecek dönemleri betimlenebilir.

Rölöve, restorasyon ve arkeolojik çalışmalardan elden edilen ve gelen veriler, oluşturulan etkileşimli 3D sanal çevrede kullanıcıya ulaştırılarak gezinti sırasında bilgilendirme de gerçekleşmektedir. Buna örnek olarak; tarihi bir yerleşimdeki kale ile ilgili bilgilendirme butonuna basıldığında kaleyle ilgili bir belgesel gezinim sırasında ekranda açılan pencerede izlenebilir. Ya da antik dönemden kalma bir yapının sütunlarına atanmış bilgilendirme tuşu ile sütunun özellikleriyle ilgili bilgi penceresine ulaşılabilir. Bunların yanında, geçmiş yaşantılara ilişkin canlandırmalar deneyimleme sürecinde izlenerek dönemin özellikleri daha detaylı algılanabilir. Analitik rölövelere uygun olarak oluşturulan örneklerde kullanıcılar yerleşimde gezinim yaparken, ölçüm arayüzleri yardımıyla tarihi yapılar ile ilgili gerekli ölçülere ulaşılabilir. Böylece 2D rölöve çizimleri üzerinde yapılabilen ölçü alma işlemi etkileşimli 3D sanal çevrede de gerçekleştirilmektedir.

5.2 Bilimsel Analiz Uygulamaları

Sanal Gerçeklik (VR), kültürel miras alanındaki farklı bilimsel savları doğrulamak ve analiz yapmak amacıyla, uzmanlara uygun koşullarda çalışma ortamı sunmaktadır. VR sayesinde zarar görmüş veya yıkılmış kültür varlıklarını, yapıldıkları ilk haliyle ele alıp çıkarımlar yapmayı mümkün kılmaktadır. Sanal Gerçeklik (VR) ortamı, tarihi

yapılarda görsel ve işitsel analizlerinin yanısıra, farklı araştırmalarda da imkan sunmaktadır.



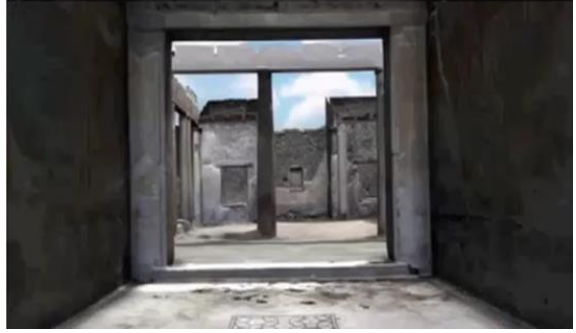
Şekil 9. Bir Kazı Hikâyesi: Çatalhöyük (ANAMED)

Koç Üniversitesi Anadolu Medeniyetleri Araştırma Merkezi (ANAMED), son sergisi “Bir Kazı Hikâyesi: Çatalhöyük” kazı çalışmaları ve bilimsel katkısı bulunan araştırmaları, güncel ve interaktif sergi teknikleri ile katılımcılara aktarıldı. Katılımcılar, arkeologların verileri elde etme yöntemleri ve laboratuvarlarda yapılan bilimsel analizleri etkileşimli deneyimleyebildiler. Sergi bulguların 3D baskılarını, kazı alanlarının lazer ile taranmış genel görüntülerini sürükleyici bir Sanal Gerçeklik (VR) sunumuyla da katılımcılara etkileşimli bir deneyim fırsatı verdi. Bunlarla birlikte oluşturulan çalışmanın bir parçası olarak, gezinim ile eş zamanlı olmadan, kazı alanı ile ilgili eskiz, sayısal çizimler, fotoğraf ve videolar, yer ile ilgili tarihsel bilgiler de kullanıcılara arayüzler aracılığıyla aktarılabilir. Bununla, oluşan çalışma dosyasının bir bütün halinde, çalışmayla ilgili genel bir veri bankası haline alacağı düşünülebilir.

5.3 Sanal Rekonstrüksiyon Uygulamaları

Sanal rekonstrüksiyon uygulamaları, zaman içerisinde zarar görmüş veya yıkılmış kültür varlıklarını, Sanal Gerçeklik (VR) ortamda yeniden inşa edilip kullanıcıların deneyimlemeleri amaçlanmaktadır. Saran ve sarmayan sistemlerde yapılmış örnekleri bulunmakla beraber, genellikle uzaktan (ex situ) deneyimleme imkanı sunmaktadır. Bu ve benzeri uygulamaların hepsinde etkileşim için kullanıcıların sanal çevre ile iletişime girebildiği arayüzler, menülerden bahsedilebilir. Kullanıcıların sanal çevreye dilediğince yön veremeyip, içerisinde özgürce gezinim yapamadığı, iletişim kuramadığı, sadece izleyici olduğu durumlarda etkileşim söz konusu olmamaktadır. Gerçek zamanlı gezinim ile 3D sanal çevrede doğrudan, fiziksel gerçekliğe uygun ve sezgisel bir kontrol ile deneyimleme gerçekleşir. Özellikle

birinci kişi gözünden deneyimlemede kullanıcının hareketleri doğrudan yönlendiricidir. Bu da mekan ve zaman ilişkisi açısından gezintinin gerçekliğini pekiştirmektedir. Gelişmiş render motoru ile gezinim sırasında ve eş zamanlı olarak ışık, gölge değerleri ve yansımalar hızlı bir biçimde hesaplanabilir. Mimari modelleme ve görselleştirme yazılımlarından eş zamanlı rendera yönelik veri aktarımı gelişmiştir.



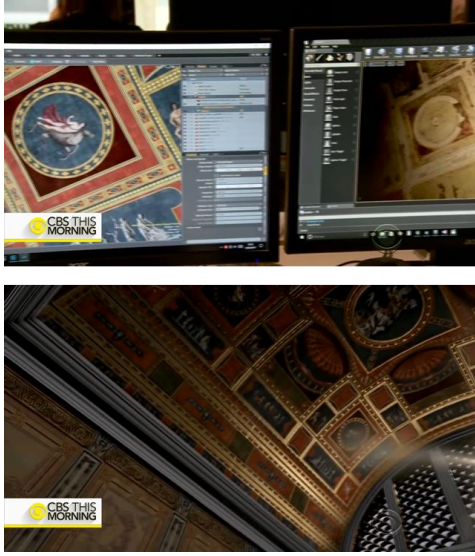
Şekil 10. AR kullanılarak temsili sunulan, Pompeii’li Banker Lucius Caecilius Lucundus’un evi (<http://arkeofili.com>). (URL-6)

Milattan sonra birinci yüzyılda Vezüv Yanardağı’nın patlaması sonuç lavlar altında kalarak yok olan Pompeii, sosyo-kültürel yapısıyla Roma İmparatorluğu’nun önemli kentlerinden birisi olarak kabul edilmektedir. Antik Kent için 1700’lerin ortalarında başlayan kazı çalışmaları günümüze kadar devam etmiştir.

Çalışma sonucunda oluşan model M.S. 79 yılındaki Vezüv Yanardağı patlamasından önce Pompeii’nin yaşamını göstermektedir. Bankerin evinde oluşturulan model ise benzer çalışmaların yürütüldüğü kazılardan öğrenilen sosyokültürel donelerden alınan bilgiler ve Antik Roma arkeolojisinden faydalanılarak ortaya konulan veriler üzerinden oluşturulmuştur. Arkeolojik çalışma alanında bulunan mekanın rekonstrüksiyonu sanal ortamda üç boyutlu yaratılarak, ziyaretçilere arttırılmış gerçeklik uygulamaları ile, döneminde bulunduğu yerde deneyimlendirilmektedir. Arttırılmış Gerçeklik ile aktarılan tüm bilgiler çok daha güçlü bir sunumla kullanıcılara deneyimleme imkanı vermektedir.

5.4 Sanal Restorasyon Uygulamaları

Sanal Gerçekliğin (VR) koruma alanındaki bir diğer kullanım biçimiye restorasyonda sunum arabirimi olarak kullanımıdır. Heykel, fresk, mozaik, kabartma, tablo ve boyama gibi yıpranması kolay kültürel mirasların korunması ve restorasyon çalışmaları uzmanlık ve titizlik gerektiren unsurlardır. Sanal Gerçeklik (VR) ortamında yapılan restore çalışmaları, orijinal eseri olduğu gibi koruyarak, tamamında ya da zarar gören kısmında uygulanmaktadır. Fiziki restorasyona nazaran maliyeti düşük ve eserin zarar görme tehlikesi bakımından daha güvenli bir yöntemdir.



Şekil 11. Domus Aurea'nın artırılmış gerçeklikle yapılmış, sanal restorasyon örneğidir (www.cbsnews.com). (URL-7)

İmparator Vespasianus, Nero'nun Domus Aurea'sını temellerine kadar yıktırmış, kalanların da üzerini kapattırmıştı. Burada yer alan yapay gölü doldurup üzerine Colosseum'u inşa ettirmişti. Bu, Roma halkına verilen, akıllıca düşünülmüş bir hediyeydi. Amacı onların desteğini kazanmaktı; bunda da başarılı oldu. Domus Aurea, "altın ev" anlamına gelir. Modern teknoloji, turistlerin geçmişe bakmasına izin vermektedir. Yapılan bu çalışmada sanal gerçeklik (VR) aracılığıyla projeksiyon yardımıyla duvarlara artırılmış gerçeklik katmanı ekleniyor ve binaya giydirme teknolojisi uygulandığı görülmektedir.

5.5 Sanal Ortam Müzeleri

Bilişim çağının sunduğu imkanlar dolayısıyla müzeler de sanal ortamda yerini almaya başlamıştır. Çoğunlukla Web'te sunulmasıyla beraber artık müze bünyelerinde de ziyaretçilere interaktif sunum desteği sağlayan uygulamalar mevcuttur. Sanal müzeler Web desteği ile bilinmeyen kültürleri

tanıtmak için yüksek potansiyele sahiptirler. Dünya'dan herhangi bir yerden kullanıcı kolaylıkla sergilenen esere erişebilir ve inceleyebilme olanağına sahip olur. Sanal gezinti deneyimi sunan, sanal modellerin gerçek zamanlı görselleştirmelerinde kullanılan etkili yazılım uygulamaları bilgisayar ortamında hazırlanan yüklü, karmaşık 3B modeli yürüme esnasında render etmektedir. Yürüme uygulamaları mimari proje sunumlarında, sanal müzelerde, mimaride, eğitimde, gerçek zamanlı sanal ilk yardım, güvenlik ve bakım çalışmalarında, çoklu kullanıcıların katılım yapabildiği ortamlar sunmaktadır.



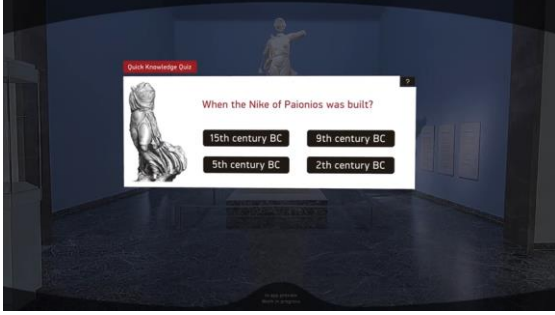
Şekil 12. Domus Aurea'nın artırılmış gerçeklikle yapılmış, sanal restorasyon örneğidir (www.cbsnews.com). (URL-8)

Ziyaretçilerin merak ettikleri yerlerle ilgili bilgileri arkeolojik alanı gezerken, sanal ortam araçları kullanarak kendi tercihleri doğrultusunda edinmeleri sağlanmıştır. Çoklu kullanıcı desteği ile eş zamanlı olarak birden çok kullanıcının aynı 3D sanal çevre içerisinde birbirlerini ve çevreyi etkileyerek bulunması sağlanabilir. Çok kullanıcı çalışmaları, ağ desteği ile birbirine bağlı bilgisayarlar ve internet üzerinden VRML, X3D gibi programlama dilleri kullanılarak yayınlanabilmektedir. Görece gelişmiş uygulamalar için etkileşimli 3D sanal çevre oluşturan yazılımların internet görüntüleyici eklentileri kullanılmaktadır.

5.6 Eğitim Oyunu Uygulamaları

Kültürel mirasın korunması, toplumun her kesimi tarafından koruma olgusunun benimsenmesiyle bağlantılıdır. Bu bilinçlenme ve benimseme okul öncesi dönemde başlayarak ve sürekli bir eğitim ile mümkün kılınmaktadır. Eğitim amaçlı oluşturulan video oyunları, kültürel içeriği eğlence ile destekleyip sunarak, genç kesim için ilgi çekici ve

faydalı bir alternatif oluşturarak eğitime destek sağlamaktadır. Kültürel farkındalık sağlayan uygulamalar, kültürel mirasta farkındalık sağlayan uygulamalar ve tarihi rekonstrüksiyon uygulamaları olarak sınıflandırılırlar. Kullanıcıyı ortamın içinde hissettiren (immersive) ve hareket algılama sensörlerine sahip bir sistem deneyimi sunmaktadır. VR ile hazırlanmış oyunlarının dinamik yapıları ve farklı amaçlar için sürekli bir eyleme yönelik işleyişleri güçlü etkilerindedir. Birçok noktada kontrolün ve gücün oyuncuda olduğu oyun, oyuncunun hareketini oyun boyunca birtakım amaçlar göstererek yönlendirir. Keşfetmek, inşa etmek, rol oynama ve farklı maceraların içine girmek oyun deneyiminin odak noktasıdır. Karmaşık ve esnek bir olgu olan oyunda, hikâyeler ve kurgulanmış dünyalar bulunabilir ve oyun ancak oynandığında gerçeğe dönüşür.



Şekil 13. KOTINOS VR, orijinal Olimpiyat Oyunları. (URL-9)

KOTINOS VR, orijinal Olimpiyat Oyunlarının (M.Ö. 776) doğum yeri olan Eski Olimpiyat Oyununun hikayesini anlatıyor. Uygulama yeni nesil için heyecan verici bir deneyim sunan eğitici oyunlar, interaktif sınavlar ve eğlenceli etkinliklerle zenginleştirilmiştir.

Bilgisayar oyunlarında bulunan birinci kişi gözünden ve üçüncü kişi gözünden oyun oynama kavramı mekan algısını geliştirmektedir. Kullanıcının bakış açısıyla mekan algısı doğrudan bağlantılıdır. Bakış açısı, mekana ilişkin kullanıcının gerçek zamanlı olarak gerçekleştirdiği deneyimlerin doğru olarak analiz edilmesinde önem taşımaktadır. Kullanıcının hareketleri doğrudan yönlendirdiği oyunlar, birinci kişi gözünden oynanan oyunlardır. Kullanıcının karakterini de diğer nesnelere gibi dışarıdan gördüğü ve görüntüyle beraber karakteri de kontrol ettiği oyunlar ise üçüncü kişi gözünden oynanan oyunlardır. Bu ve diğer tüm özellikleri ile birlikte oyun motorları, etkileşimli 3B sanal çevre oluşturmada kullanılabilirlerdir.

6. Parion Tiyatrosu Üzerinden Süreci Değerlendirme

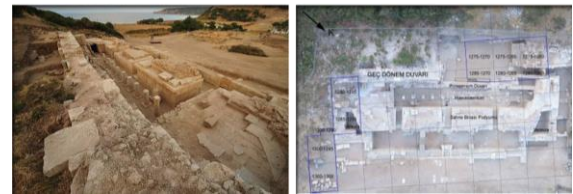
Milattan sonra 1-2. yüzyıl tarihine kadar uzanan Parion/Biga, Türkiye'deki çok değerli arkeolojik alanlar arasında yer almaktadır. Parion Tiyatrosu kent merkezinde, bir yamacın avantajıyla, Side Tiyatrosu'nun aksine, Anadolu'daki diğer tiyatrolar gibi eğimli bir zemine dayanarak inşa edilmiştir. Topografik özelliklerini düşündüğümüzde, şehrin en uygun kesiminde yer almaktadır.

Şehrin kazılarının 10 yılı aşkın bir süredir sürdürülmesine rağmen mimari kısa bir süre önce ortaya çıkmış ve mimari dökümantasyon çalışmalarına ancak başlanmıştır. Mimari temsilleriyle birlikte mimari koruma ve yeniden yapılandırma çalışmalarına başlayabilmek için dökümantasyon ve modelleme çalışmaları gerekmektedir.



Şekil 14. Parion hava görüntüsü (Parion Arşiv)

Dökümantasyon aşamasında fotogrametrik yöntemler kullanılmıştır. Çalışmayı (Özer vd., 2016) geliştirmişlerdir ve veri süreci ve modelleme aşamasında, UNITY yazılımı ile AR uygulamasıyla 3D fotogrametrik görüntüleri düzeltmek için araçlar kullanmışlardır. Son aşamada ise kültürel miras alanının doğru 3D rekonstrüksiyonu, izleyiciye görüntüleyici artırılmış gerçeklik uygulamasıyla sunulmuştur. Geliştirilen Multirama yazılımında, fiziksel mimari modellerine bakmak için tabletler aracılığıyla modeller artırılmış gerçeklik arayüzündeki diğer çizimler veya 3D modellerle birleştirilmiştir.



Şekil 15. Parion Antik Kenti Kazı Çalışmaları; Parion Tiyatrosu fotoğrafları (Parion Arşiv)

Bu yapılmış olan çalışmanın önemi, Parion Tiyatrosunun kültürel mirasına ilişkin doğru yeniden yapılanma ve temsil sorununa odaklanan bütüncül ve düşük maliyetli bir yaklaşımı tanıtmaktır. MULTIRAMA yöntemi, fotogrametrik sayısal modeli ve katı modelleme geometrisini ya basitçe dijital modellemektedir ya da dijital ve üç boyutlu modellerin bir arada bulunduğu bir biçime

dönüştürmektedir. “Bu yöntemde, fotogrametri modelinin sonucu 3D basılmış ve Arttırılmış Gerçeklik (AR) aracılığıyla, alanın daha geniş bağlamı (fotogrametri) ve alanın eski durumunun spekülatif tasarımı (katı modelleme geometrisi) ile birleştirilmektedir. Bir izleyici, bir tablet bilgisayar kamerasıyla ölçekli bir modele bakar ve modelin canlı video yayını akışı üzerine yerleştirilen çeşitli temsilleri etkileşimli olarak açıp kapatabilir (Nagakura, Sung, 2014; Nagakura ve diğerleri, 2015).”

İlk aşamada, 123d Catch yazılımını kullanarak fotoğraflardan 3D bir model oluşturmak amaçlanmıştır. 123d Catch yazılımı ücretsizdir, ancak bir seferde en fazla 70 fotoğraf yüklemenize izin vermektedir. Daha sonra vinç kullanımıyla çekim yapılmıştır ve başarılı sonuçlara ulaşılmıştır. Çekimler arasında en iyi 70 resim 123d Catch'e yüklendikten sonra, elde edilebilecek en iyi eşleşme sağlanmıştır.

Bu çalışmada fotoğraflar çekildikten sonra, fotogrametrik 3D modelini oluşturmak için .3dp formatında 123d Catch yazılımına yüklenmiştir. Yeterli sonuçlar elde edildikten sonra dosya, Rhinoceros yazılımı kullanılarak açılabilir hale getirilmiştir. Fakat dosya, çok yoğun ve çalışması zor yedi poligon ağdan oluşmaktadır. Poligon sayısı, 3ds Max kullanılarak azaltılmıştır.

Dosya STL formatı için hazır olduktan sonra, dosya boyutunu azaltmak için modelde delikler açılmıştır. Bu süreçlerin sonucunda elde edilen modelde, son adım olan Arttırılmış Gerçekliği (AR) yapabilmek için sahne hedefinde bir işaretleyici gerekmektedir. Arttırılmış Gerçeklik (AR) yazılımı, görselleştirmek için işaretleyiciyi okuyacak ve istenilen görüntüyü gösterecektir. Daha sonra .apk dosyası, ekip tarafından oluşturulan UNITY yazılımı kullanılarak, bir Android cihazda yeniden düzenlenmiştir. Son olarak, AR modeli, kesitler ve planlar gibi gerekli tüm görsel öğeler Rhino'da hazırlanmış ve UNITY'de işlenmiştir. Gerekli veriler, Android uygulamaları kullanarak MULTIRAMA arayüzünde uygulanmıştır. Cihaz, fiziksel nesnenin (tiyatronun bir parçası) etrafında hareket ettirildiğinde oluşturulan AR da buna göre dönmektedir.



Şekil 16. Sunum Formatı ve AR (Özer vd., 2016)

Bu son aşamada, kültürel miras alanının 3D rekonstrüksiyonunu, VR/AR uygulaması kullanarak 360 derecelik videolar ile sunup düzenleme olanağı ile bütüncül ve düşük maliyetli bir yaklaşım olan, kültür mirasında doğru yeniden yapılanma ve temsil sorununa odaklanılmıştır. Bu çalışmanın amacı, orijinal güvenli koşulları sağlamak, tarihsel yapıların 3D modelleme, interaktif görselleştirme ve Arttırılmış Gerçeklik (AR) teknikleri ile belgelendirme ve ziyaretçilere algı deneyimi kazandırmaktır.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Günümüzde bilgisayar ve sanal gerçeklik teknolojileri artık her alanda kendini etkin bir şekilde göstermekte ve bu teknolojiler her geçen gün büyük bir hızla yenilenip, gelişmektedir. Bu gelişmeler beraberinde görsel iletişimin kullanımını arttırmakla birlikte, mimarlık ve arkeoloji de birçok disiplin gibi bunlardan etkilenmektedir. Sanal gerçeklik ortamı farklı yazılımların, donanımların ve tekniklerin yani bileşenlerin bir arada kullanılması ile oluşturulan bir ortamdır. Sherman ve Ark.'nın (2009) ifade ettiği gibi tasarlanan bir ortamdır. Bu sanal temsil ortamları farklı disiplinlerdeki diğer uzman veya toplulukların katkılarını almak için de kullanılabilir. Ayrıca Sanal Gerçekliğin koruma sürecinde aktif rol oynaması, korumanın daha etkin ve sürekli hale gelmesine yardımcı olacaktır.

Kültürel mirasın korunması ve bu yönde karar üretilmesi için öncelikle tarihi çevrenin belgelenmesinin daha sonra bu doğrultuda analizler yapılması gerektiği vurgulanmıştır. Tarihi çevre belgeleme amaçlı oluşturulan çalışmalar,

katılımcıların kültürel eserleri kendi istekleri doğrultusunda deneyimlerken görsel, işitsel, metinsel olarak bilgi edinebilecekleri, tarihi yerleşimdeki dönemsel farkları görebilecekleri etkileşimli bir gezinti imkanı vermektedir. Böylece bir tarihi çevrenin, sadece mekansal anlamda gezilmesi değil, tarihsel anlamda da gezilmesi mümkün olabilmektedir. Gezinim ile eş zamanlı olarak, o bölgenin yüz yıl öncesine dönülebilir ya da gelecekle ilgili bazı öngörülerin oluşturulması ile, yüz yıl sonrası canlandırılabilir. Bu çalışmalar kültürel miras ve koruma bilincinin en öğretici şekilde gelecek nesillere aktarılmasını sağlamaktadır. Ortamın bu potansiyellerinin sadece mekansal fikri değerlendirmede değil, tasarım aşamasında da kullanılması; tasarımcılara yeni ufuklar açacaktır. Bazı bilimler bu ortamları tasarım ortamı olarak kullanmaktadır. Gelecek çalışmalar kapsamında, tasarımcıların bu ortamlarda tasarım yapmasını olanak sağlayan donanımlar, yazılım ve teknikler geliştirilebilir.

Türkiye’de yeri, adı, sayısı bilinmeyen yüzlerce antik yerleşim ve arkeolojik eser vardır. Bunların bir an önce tespit edilip, belgelenmesi ve korunması gerekmektedir. Bunun için iyi bir tarih bilincinin oluşturulması ve organize bir şekilde çalışmaların yapılması gerekmektedir.

8. KAYNAKLAR

Aydın, E.,D., (2012), “Üç Boyutlu Gerçeklik Ortamında Mimari Mekan Temsilinin Geliştirilmesi: Temel Anlam ve Yan Anlam Yaratma” YTÜ, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, Doktora Tezi Çalışması.

Bayram, T., "Pompeii’li Bankerin Evi Dijital Ortamda Tekrar Canlandırıldı", Arkeofili, 2016, <http://arkeofili.com/pompeii-li-bankerin-evi-dijital-ortamda-tekrar-canlandirildi/>, erişim: 10.12.2017

Bound A.C., Haniff D.J., Baber C., Steiner S.J. (1999). Virtual Reality and Augmented Reality as a Training Tool for Assembly Tasks, Information Visualization, IEEE, 32-36.

Demirkesen, A.C., Özlüdemir, M.T., Demir, H.M. (2005). Kapadokya Örneğinde Tarihi ve Kültürel Mirasın Korunması ve Bu İşlemlerde Harita Mühendislerinin Yetki ve Sorumlulukları.

Efe, P., (2007), Arkeolojik Yerleşimlerinin Sayısal Olarak Modellenmesi ve Etkileşimli Sanal Çevrede Görselleştirme Yöntemleri: “Bodrum Pedasa

Örneği”, YTÜ, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tez Çalışması.

Ertürer, E., Ozer, D.G., “Parion Tiyatro Mimarisi”, 2. Bölüm, Parion Tiyatrosu: 2009-2015 Yılı Çalışmaları Mimarisi ve Buluntuları, ed. Cevat Başaran, Ertuğ Ertürer, İÇTAŞ AŞ Yayınları, ISBN: 978-605-83764-3-4, sf. 33-64, 2016.

Göçmen, P.Ö. Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları ile Yeni Medya Reklam Tasarımı. Sanat ve Tasarım Dergisi, (22), 175-191.

Kayabaşı, Y. (2005). Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması. TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology, 4(3).

Kayapa, N., (2010), “Gerçek ve Sanal Gerçeklik Ortamları Arasındaki Algısal Farklılıklarda Görselleştirmeye İlişkin Özelliklerin Araştırılması”, YTÜ, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, Doktora Tezi Çalışması.

Kayın, E., (2004). “Kentsel Mekândaki Koruma Eylemine İlişkin Güncel Sorunlar”

Koç Üniversitesi Anadolu Medeniyetleri Araştırma Merkezi (Koç University's Research Center for Anatolian Civilizations- ANAMED) (2017) Bir Kazı Hikâyesi: Çatalhöyük | The Curious Case of Çatalhöyük

Köymen, E., (2014), “Mimari Ön Tasarım Sürecinde Eskizleri Gerçek Zamanlı 3B Modelleyen, Artırılmış Gerçeklik Destekli Bir Yazılım Denemesi: Sketchar”

Kipper, G., Rampolla, J. (2012). Augmented Reality: “An Emerging Technologies Guide to AR”, Syngress, Waltham.

Nagakura, T. and Sung, W. 2014 'Ramalytique: Augmented Reality in Architectural Exhibitions', Conference on Cultural Heritage and New Technologies 19th Proceedings, Vienna.

Nagakura, T., Tsai, D. and Choi, J. 2015 'Capturing History Bit by Bit', eCAADe 33th Proceedings, Vienna.

Ozer, D.G., “İnteraktif Görselleştirme Tekniklerinin Tarihi Çevrelerde Kullanımı: Parion Tarihi Kenti Uygulaması”, Parion 10. Yıl Armağanı, ed. Cevat Başaran, Vedat Keleş, Bilgin Kültür Sanat Yayınları, Ankara, p. 141-162, 2015.

Ozer, D.G., Nagakura, T., Vlavianos, N., “Augmented Reality of the Historic Environments: Parion Theater”, ITU AZ, 13(2): 185-193, 2016.

Özen, Y.M.A., Mimari Sanal Gerçeklik Ortamlarında Algı Psikolojisi.

Satay, D., (2010), “Etkileşimli Üç Boyutlu Sanal Çevrenin Oluşturulması ve Mimarlıkta Kullanımı”, YTÜ, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı, Yüksek Lisans Tez Çalışması.

Sürücü, O., (2017), “Sanal Gerçekliğin Kültürel Mirası Korumada Kullanımı Salih Bozok Villası Örneği”, Yüksek Lisans Tez Çalışması.

Sürücü, O., BAŞAR, M.E. (2016). Kültürel Mirası Korumada Bir Farkındalık Aracı Olarak Sanal Gerçeklik. Artium, 4(1).

Toprak S., Söğüt B., Koç A.C., Özer E., Dizdar A., Dilsiz C., (2010). Arkeoloji ve İnşaat Mühendisliği Ortak Çalışmaları, Rehber Kitap, Efil Yayınevi, Pamukkale Üniversitesi

Töre, T., (2010), “Sanal Gerçeklik ve Mimari Koruma (Anlatım ve Sunum Bağlamında Bir Değerlendirme)”, MSGSÜ, Koruma ve Yenileme Programı, Yüksek Lisans Tez Çalışması.

Us, F., (2008), “Mimari Mekanın Aktarımında Algılayıcı Hareketinin Önemi”, Sanatta Yeterlik Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Ünal, F.C., (2013), “Arttırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımıyla Mimarlık Rehberi; Eindhoven Kenti Üzerinden Değerlendirilmesi”, İTÜ, Mimari Tasarımda Bilişim, Yüksek Lisans Tezi Çalışması.

Yetiş, R., Turcan, Y. Kültürel Miras ve Mimari (Safranbolu Örneği).

Yüzseven, Z., (2010), “Tarihi Çevre Korumasına Yönelik Bir Karar Destek Sistemi Önerisi”, MSGSÜ, Bilgisayar Ortamında Sanat ve Tasarım Programı, Yüksek Lisans Tez Çalışması.

Whyte, J. (2002). Virtual Reality and the Built Environment. Architectural, Oxford.

İnternet Kaynakları

URL-1

www.slideshare.net

URL-2

<http://www.vrotto.com>

URL-3

<http://www.d3dweb.com>

URL-4

http://yildirimmedya.com.tr/duyurular_59,0,6-arttirilmis-gerceklikle-antik-harabeleri.html

URL-5

<http://www.dead-mens-eyes.org/arkit-and-archaeology-hougoumont-farm-waterloo/>

URL-6

<http://arkeofili.com>

URL-7

www.cbsnews.com

URL-8

<https://www.cbsnews.com/news/virtual-reality-recreates-roman-ancient-sites-domus-aurea-emperor-nero-palace/>

URL-9

<https://www.indiegogo.com/projects/kotinos-experience-ancient-olympia-vr-education#/>