

**T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**TARİHİ ALANLARDA GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLIK KULLANIMIYLA
MEKAN SENTEZLEME: EFES ANTİK KENTİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT GÜRSU

0905010039

Anabilim Dalı: İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı

Programı: İç Mimarlık

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Handan Güzelci

HAZİRAN 2021

T.C.
İSTANBUL KÜLTÜR ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARİHİ ALANLARDA GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK KULLANIMIYLA
MEKAN SENTEZLEME: EFES ANTİK KENTİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MURAT GÜRSU

0905010039

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 15. 06. 2021

Tezin Savunulduğu Tarih: 30. 06. 2021

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Handan Güzelci

Jüri Üyeleri:

Dr. Öğr. Üyesi Faruk Can Ünal

Dr. Öğr. Üyesi Vehbi Tosun

HAZİRAN 2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

İÇİNDEKİLER.....	i
KISALTMALAR.....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
ÖZET.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1.GİRİŞ.....	1
1.1 Amaç ve Önem.....	4
1.2 Kapsam.....	5
1.3 Yöntem.....	6
2.SANAL GERÇEKLİK (VR) / ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) / GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK (XR) TEKNOLOJİLERİ.....	8
2.1 Sanal Gerçeklik Teknolojileri.....	8
2.1.1 Sanal Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi.....	8
2.1.2 Sanal Gerçeklik Teknolojilerinin Özellikleri.....	14
2.1.3 Sanal Gerçeklik Uygulama Alanları.....	17
2.2 Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri.....	21
2.2.1 Artırılmış Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi.....	21
2.2.2 Artırılmış Gerçeklik Teknolojilerinin Özellikleri.....	30
2.2.3 Artırılmış Gerçeklik Uygulama Alanları.....	33
2.3 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri.....	40
2.3.1 Genişletilmiş Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi.....	40
2.3.2 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojilerinin Özellikleri.....	43
2.3.3 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojilerinin Uygulama alanları.....	51
3.VR, AR VE XR UYGULAMALARI VE TARİHİ ALANLARA YANSIMALARI.....	56
3.1 Tasarım alanında VR, AR ve XR uygulamaları.....	56
3.2 Tarihi Alanlarda VR, AR ve XR Uygulamaları.....	64
3.2.1 Yazı ve Sembollerle Bilgilendirici.....	64
3.2.2 Yerinde Görsel Deneyim Veren Örnekler.....	67

4.EFES ANTİK KENTİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA ÖNERİSİ.....	78
4.1 Efes Antik Kenti.....	78
4.2. Yamaç Ev 2.....	82
4.2.1.Yamaç Ev 2'nin 6 No'lu Konut Birimi	88
4.3 Mermer Salon Üzerine Bir Uygulama Önerisi.....	92
5.SONUÇ.....	100
KAYNAKÇA.....	103



KISALTMALAR

AI: Artificial İntelligence (Yapay Zekâ)

AR: Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)

CAVE: Cave Automatic Virtual Environment (Bir Mağara Otomatik Sanal Ortam)

GPS: Global Positioning System (Coğrafi Konum ve Saat Bilgisi Sağlayan Küresel Uydu Navigasyon)

HCI: Human Computer İnteraction (İnsan Bilgisayar Etkileşimi)

HMD: Head Mounted Display (Başa Takılan Ekran)

IMU: İnertial Measurement Unit (Atalet Ölçü Birimi)

LCD: Liquid Crystal Display (Sıvı Kristal Ekran)

MÖ: Milattan Önce

MR: Mixed Reality (Karma Gerçeklik)

MS: Milattan Sonra

NASA: National Aeronautics and Space Administration (A.B.D. Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi)

QR: QuickResponse (Karekod)

VR: Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

XR: Extended Reality (Genişletilmiş Gerçeklik)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1: “Telesphere Mask” görüntüsü ve çizimi (Url 1)	11
Şekil 2: Sayre Glove eldiveni (Url 2)	11
Şekil 3: Aspen Film Haritası (Gutierrez, Vexo ve Thalmann, 2008).....	11
Şekil 4: a) CAVE uygulaması grafik anlatım b) CAVE uygulaması yerinde deneyim (Url 3).....	12
Şekil 5: VR teknolojisi ile oyun deneyimi (Url 4)	18
Şekil 6: “SnowWorld” uygulaması kullanımı (Url 5)	18
Şekil 7: Eğitim alanında kullanımı (Url 6)	19
Şekil 8: VR teknolojisinin tıp eğitiminde kullanımı (Url 7)	19
Şekil 9: VR teknolojilerin askeri eğitiminde kullanımı (Ziha ve Skala, 2010).....	20
Şekil 10: VR teknolojilerin mühendislik alanda kullanımı (Url 8).....	20
Şekil 11: VR teknolojilerin turizm alanında kullanımı (Url 9)	21
Şekil 12: Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımına bir örnek (Url 10)	22
Şekil 13: Sensorama (Url 11)	24
Şekil 14: TheSword of Damocles - (Domaclesin Kılıcı) – ilk giyilebilir AGörneği (Arabacıoğlu, 2019)	24
Şekil 15: Caudell ve Mizell tarafından geliştirilen AR sistemi (Ballı, 2021).....	25
Şekil 16: Sanallığın devamlılığı (Milgram ve Kishino, 1994).....	26
Şekil 17: Wikitude Drive (Url 12)	28
Şekil 18: Google Glass görünümü (Url 13)	28
Şekil 19: QR kodu okuması (Url 14)	31
Şekil 20: PokemonGo oyunu (Url 15)	32
Şekil 21: “HeadsUpDisplay” (Url 16)	32
Şekil 22: “TheEye of Judgment (Yargının Gözü)” oyunu (Pilet, 2008).....	33
Şekil 23: a) Artırılmış gerçeklik teknolojisinin mobil kullanımı b) Uygulamanın sanal görünümü (Url 17)	36
Şekil 24: Doktorların hastalara özgü anatomiyi görebilmesinin sağlanması (Url 18).....	36
Şekil 25: Turizmde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılması (Url 19)	38
Şekil 26: a) AR teknolojisi ile rekonstrüksiyon b) Dijital görünümü (Huang, Liu ve Wang, 2009).....	38

Şekil 27: Magic Mirror uygulamasından bir görüntü (Url 20)	39
Şekil 28: Ev eşyalarının ev ortamında üç boyutlu olarak görülebilmesini sağlayan bir artırılmış gerçeklik uygulaması (Url 21)	40
Şekil 29: MacEachren'in görselleştirme ve iletişimle ilgili temel boyutları temsil eden küp diyagramı.....	41
Şekil 30: HTC ViveFocus 3 (Url 22)	45
Şekil 31: OculusQuest 2 ve kumandalar (Url 23)	46
Şekil 32: VIVE Pro Eye Overview (Url 24)	46
Şekil 33: DAQRI şirketinin üretmiş olduğu akıllı kask (Url 25)	47
Şekil34: Microsoft Hololens (Url 26)	48
Şekil 35: Hololens 2 kullanım örnekleri (Url 27)	48
Şekil 36: a) Google Daydream b) Samsung Gear VR c) Google Cardboard (Url 28)	50
Şekil 37: Rolling (yalpalama), pitching (eğilme) and yawing (sapma) (sapma) (Lavalle, 2017).....	51
Şekil 38: a) Genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin kişisel alanda kullanım örnekleri b) Yansıyan görüntünün boyutlarının değiştirilmesi (Url 29)	51
Şekil 39: a) Motosiklet tasarımında kullanımı b) Tasarım, renk değişimleri, boyut farklılıklarının fiziksel yapı üzerinde değiştirebilmesi (Url 30)	51
Şekil 40: Oyun alanında kullanımı (Url 31)	53
Şekil 41: Yapılması gereken işlem ile ilgili uzaktan bilgi verilmesi (Url 32)	53
Şekil 42: Uzay bilimi alanında kullanılması (Url 33)	54
Şekil 43: Çocukların yaratıcılığının geliştirilmesinde kullanılması (Url 34)	54
Şekil 44: Tıp eğitiminde kullanımı (Url 35)	55
Şekil 45: Sahne-dekor tasarımında kullanımı (Url 36)	55
Şekil 46: “Walkingthroughtime” (Çöltekin, 2020).....	57
Şekil 47: RapidAnalytics Interactive Scenario Explorer (RAISE) (Url 37)	58
Şekil 48: HoloCity (Url 38)	59
Şekil 49:Revizto'nun (Velichkovsky, 1997, s.509-516) çalışmasının gösterimi.....	61
Şekil 50: Attensi tarafından yapılan bir oyun, bir gemide çalışan kişilerin eğitimi için yapılmıştır (Napier, 1980).....	62
Şekil51:Dimension yazılımının mimarlık alanındaki kullanımı (Url 39)	62
Şekil 52: UNITY programı ile iç mekâna bakış (Url 40).....	63
Şekil 53: UNITY programı ile iç mekâna bakış (Url 41).....	63
Şekil 54: a) TrimbleSiteVision'ın GNSS ile bir mobil cihazda gösterimi b) işçi güvenliği için sabit bir şapka ile entegre edilerek kullanımı (Url 42).....	64
Şekil 55: “A Giftto Athena” Şekil eşleştirme (Url 43)	67
Şekil 56: Nesne bulma uygulaması (Url 44)	67

Şekil 57: Cleveland Sanat Müzesi'ndeki bir ziyaretçi, ArtLens Uygulaması kullanarak bilgi edinmesi (Url 45)	65
Şekil 58: a) Lumin uygulaması X-R örneği b) Lumin renklendirme uygulaması c) Lumin yönlendirme (Url 46)	66
Şekil 59: a) Hera Tapınağı orijinal hali b) ArcheoGuide uygulaması ile görünüşü (Vlahakis ve ark., 2004).....	68
Şekil 60: Erato Projesi'nde seçilen 3 tiyatro (Rindel, 2011).....	69
Şekil 61: Sanal gözlük kullanımı ile Osman Hamdi Bey Dünyasına Yolculuk sanal gerçeklik projesi (Url 47)	70
Şekil 62: Osman Hamdi Bey'in odasının sanal gözlük ile görüntüsü (Url 48)	70
Şekil 63: a) VR gözlükler ile görülebilen sanal karakter. b) Ar teknolojisi ile bitki simülasyonu (Thalman ve Papagiannakis, 2006).....	71
Şekil 64: Jejuview, VR bileşeni (Jung, 2020).....	73
Şekil 65: VR gözlük ile görüntülenmiş mimarı yapı (Bozaniş, Houstis, 2005)...	75
Şekil 66: Olimpik Çömlek Bulmacası (Gaitatzes, Christopoulos ve Papaioannou, 2004).....	74
Şekil 67: Olimpia (Sherman ve Craig, 2003)	73
Şekil 68: a) Caddenin gölgeli görünümü. b) Caddenin üç boyutlu rekonstrüksiyonundan bir görünüm (Gutierrez ve ark.,2006).	76
Şekil 69: 3D rekonstrüksiyonlar ile sanal gerçeklik sunumu örneğı (Rieche ve Schneidereds. 2002).....	77
Şekil 70: Hadrianus kapısı (Url 49)	78
Şekil 71: a) 6 no'lu konut biriminin apsisli salonu (Ladstatter, 2013, s.85). b) 1 no'lu konut birimindeki yıkanma odası (Ladstatter, 2013, s.90).....	79
Şekil 72: a) Kazıların başlangıcında Yamaç Ev 2 (Ladstatter, 2013, s.53). b) 2000 yılında inşa edilen koruyucu çatı (Ladstatter, 2013, s.60).	80
Şekil 73: 2 no'lu konut mekanının peristilli avlusu (Ladstatter, 2013, s.114).....	81
Şekil 74: I. Yapı evresi planı (Ladstatter, 2013, s.78).....	84
Şekil 75: II. Yapı evresi planı, 4 ve 6 no'lu konut birimleri (Ladstatter, 2013, s.81).....	85
Şekil 76: III. Yapı evresi planı, 4 ve 6 no'lu konut birimleri (Ladstatter, 2013, s.84).....	86
Şekil 77: IV. Yapı evresi planı (Ladstatter, 2013, s.88).....	87
Şekil 78: Mermer salonun rekonstrüksiyonu (Ladstatter, 2013 s.255).....	88
Şekil 79: Mermer salonun içerisindeki fiskiyeli havuz (Ladstatter, 2013 s.144)..	89

Şekil 80: Opus sectile panosu (Ladstatter, 2013 s.256).....	89
Şekil 81: Mermer salonun duvarları ve tavanın rekonstrüksiyonu (Ladstatter, 2013 s.256).....	89
Şekil 82: a) Yamaç Ev 2'nin üzerine çelik konstrüksiyonla inşa edilmiş koruma çatısı- 6 no'lu birime bakış b) Ziyaretçilerin etkileşime girdiği ortam (Ladstatter, 2013 s.69 ve 252).....	90
Şekil 83: a) Mermer salon restorasyon projesi b) Mermer levhaların yerleştirilmesi c) 31 no'lu mermer salon (Ladstatter, 2013 s.69- 70).....	91
Şekil 84: a) Duvar kaplamasına ait opus sectile parçaları b) Figürlü porfidoverde ve porfidorosso'dan oluşan opus sectile alanı c) Pavonazetto levhalarında birleştirme (Ladstatter, 2013 s.73,52 ve 71).....	91
Şekil 85: Holografik tasarım kullanıcı ara yüzü.....	94
Şekil 86: Holografik tasarım etkileşim modeli.....	95
Şekil 87: a) Mermer Salon b) Hologramların fiziksel yüzeyler üzerine yerleştirilmesi örneği (Şekil:44) c) Holografik tasarım kullanıcı ara yüzü.....	97
Şekil 88: Genişletilmiş gerçeklik teknolojisi ile mermer salon üzerine bir uygulama.....	98
Şekil 89: Duvar kaplamasına ait opus sectile parçalarının dijital ortamda birleştirilmesi.....	99

ÖZET

Günümüzde sanal ortamların içerisinde bulunan gerçeklik ve sanallık yerini, genişletilmiş gerçeklik (XR) olarak tanımlanan ortamlara bırakmaktadır. Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri özelinde farklı yazılımlar ve donanımların geliştirildiği görülmektedir. Gerçek ve yapay bilginin fiziki dünya ile bağdaştırıldığı bu ortamların, eğitici kazanımlar sağlamada da yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin sunduğu olanaklar sayesinde, mekanlar arasında akışkanlık gerçekleşebilmektedir. Mekanlar arasında akışkanlık kullanılarak, gerçek ve sanallığın birbirlerine geçtiği bu ortamların gelecek çalışmalarda da önem kazanabileceği düşünülmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisindeki gelişmeler diğer alanlarda olduğu gibi tasarım, mimarlık, iç mimarlık, gösterim teknikleri alanlarında da birden fazla uygulamanın ortaya çıkmasına olanak sağlamaktadır. Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin potansiyel olanakları kullanılarak, tarihi alanlara yönelik uygulamaların artması gerektiği düşünülmektedir. Bu düşünce özelinde, genişletilmiş gerçeklik alanında son gelişmeler incelenerek, tarihi alanlara yönelik gösterim tekniği oluşturmada ki kullanım olanakları araştırılmıştır.

Bu araştırmaların sonucunda Efes Antik Kenti Yamaç Evler 2'nin 6 no'lu konut biriminde bulunan Mermer Salon üzerine bir uygulama önerisi oluşturulmuştur. Uygulama içerisinde mekân sentezlemeye yönelik iç mekân öğelerini ekleyip çıkarma, mekânda kullanılan malzemeler hakkında bilgi edinilmesi, su öğelerinin akustik simülasyonu, iç mekânın 3 boyutlu görseli ve mozaik panoların dijital olarak sergilenmesine yönelik holografik ara yüz tasarlanmış, dijital ortamda hazırlanarak sunulmuştur.

Çalışma kapsamında sunulan uygulama önerisi ile holografik ara yüz tasarımının gerçekleştirilmesine yönelik bir ön hazırlık oluşturulmasına çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Genişletilmiş Gerçeklik, Mekân Sentezleme, Yamaç Evler*

ABSTRACT

The reality and virtuality in virtual media are replaced by the media defined as Extended Reality (XR) in our present day. It is seen that different software and hardware have been developed especially for Extended Reality (XR) technologies. It is also seen that these media, where real and artificial data are associated with the physical world, have a high potential in terms of providing educational acquisitions. With the opportunities brought about the Extended Reality (XR) technology, fluidity among spaces can be realized. It is considered that these media, in which reality and virtuality are intertwined, can gain importance in future studies by using the fluidity among spaces.

Advances in Extended Reality (XR) technology allow the emergence of more than one application in design, architecture, interior architecture, and display techniques fields, as it is the case in other fields as well. It is considered that applications for historical areas must be increased by using the potential opportunities brought about by Extended Reality (XR) technology. Based on this idea, the opportunities of its use in creating a display technique for historical areas were investigated in the study by examining the latest developments in the field of Extended Reality.

As a result of these studies, an application proposal was made on the Marble Hall (*Mermer Salon*) located in the residential area with the number 6 of the Ancient City of Ephesus Hillside Houses (*Yamaç Evler*) 2. A holographic interface was designed within the application, which was prepared and presented in digital medium for adding and removing interior elements for synthesizing space, obtaining data on the materials used in this space, acoustic simulation of water elements, 3D visualization of the interior, and digital display of mosaic panels.

The purpose of the application proposal presented in the scope of the present study was to create a preliminary draft for the realization of the holographic interface design.

Keywords: *Extended Reality, Space Synthesis, Hillside Houses*

1.GİRİŞ

Antik kentlerin kalıcı olarak korunması günümüzde, önemli ölçüde kazı sorumlularının görevindedir. Kazı çalışmalarında bozulmuş bir kalıntının kimyasal uygulamalarla daha da bozulmasını önlemek amacıyla yapılan konservasyon ve restorasyon programları birbirlerinden ayrı düşünülmemektedir. Bu bağlamda arkeolojik girişimlerin sorumluluk alanları ve algıları, koruma durumu olanaklı olduğu durumlarda yapıların, genellikle kısmen anastilosis ve mimari örneklerinin oluşturulmasına yönelik olmuştur. Anastilosis arkeolojik bir terimdir. Yunanca inşa etmek anlamına gelen “stella” ve “ana” tekrar sözcüklerinin birleşiminden oluşmaktadır (Uçar ve Örmecioğlu, 2018). Arkeolojik eserlerin zaman içerisinde yıkılarak dağılmış olan eserlerinin, yapılan kazı çalışmaları sonucunda ortaya çıkarılan parçalarının birleştirilerek, yapı donanımları, stünların ve diğer parçalarının aslına uygun olarak tekrar ayağa kaldırılmasıdır (Ahunbay ve Soygür, 2011). Arkeolojik kazılar sonucunda ortaya çıkartılan yapı parçalarının, tekrar yapım sürecidir. Anastilosis çalışmasında yapının orijinal parçaları üzerine, herhangi bir yeni öge eklenmeksizin yapının, yeniden ayağa kaldırılma sürecidir. Süreç içerisinde yapıyı ayağa kaldıracak bazı parçaların eksik olması durumu söz konusu olsa dahi, yerine yeni parçalar eklenmez; bulunan var olan parçalara göre yalnızca günümüz yapım teknikleri kullanılarak, yapı öğelerinin sağlaştırılarak inşası gerçekleştirilmektedir. Anastilosis işlemi zamana yayılan bir süreçtir (Uçar ve Örmecioğlu, 2018). Kazı sonucunda çavreye dağılmış olan parçaların belirlenmesi, kategorik olarak ayrılması ve rölöve çizimlerinin çıkarılması aşamalarını içeren bir süreçtir. Bir puzzle bulmacanın parçalarını birleştirmeye benzeyen bu süreçte; yapının parçalarının kaldırılma işlemiyle bir araya gelebilecek parçalarının bulunması, restütisyon çizimleri ve sonrasında inşaa işlemi ile tamamlanır. Türkiye’de Efes, Bergama, Side, Afrodisiyas, gibi antik sit alanlarında anastilosis uygulamaları görülmektedir (Uçar ve Örmecioğlu, 2018). Tüm bunlarla birlikte, basit taş ve tuğla duvarların konsolidasyonu ve sit alanların bakımının ise ihmal edildiği görülmektedir (Ladstätter, 2016). Bu alanlar özelinde uzun yıllar devam eden çalışma şekilleri sonucunda bugün, ilk bakışta görsel etkisi çok güçlü olan turist yollarının dışında, çok büyük eksiklikleri olan sit alanlarının oluşmasına neden olduğu görülebilmektedir.

Efes Antik Kenti bu anlamda, son 150 yılı kapsayan çalışmalarda sadece kentin şehir merkezinin büyük bir bölümünün ve çevresindeki anıtların kazılmasının haricinde, çok sayıda yapının ayağa kaldırılması nedeniyle çok eğitici bir örnek oluşturmaktadır. Bütün konservasyon projeleri modern anıt koruma prensipleri kapsamında gerçekleştirilmektedir. Bu prensipler kapsamında bir anıtın tarihsel süreçteki bütün dönemlerini yani yapının yapılışından, son müdahaleye kadar ki bütün süreçleri incelenmektedir. Efes Antik Kenti Anıtlarının bu prensiple korunması kapsamında, rekonstrüksiyon tekniği bilinçli olarak uygulanmamaktadır. Konservasyon süreçleri ise görünür ve anlaşılır şekilde yapılmaktadır. Efes Antik Kentinde yapılan araştırmalar sonucunda kentin kazıları 20. yüzyıl arkeolojisinin anastilosis politikasına dair bilgi verici ve öğretici bir örnek olduğu düşünülmektedir.

Antik kentin uzun bir yerleşim tarihi bulunmaktadır. Kent 19. Yüzyılın sonuna kadar yoğun taş yağmalarını yaşamıştır. Birçok yapı parçalarının kilometrelerce uzaklığa yayıldığı görülmektedir. Mimari öğelerin uzun geçmişi ve çoğu kez dağılmış olmalarına rağmen antik kentte bulunan birçok yapının parçaları, korunarak günümüze ulaşmıştır. Bu öğelerle ilgili yapılan kazı çalışmaları sonucunda, 20. yüzyılın başlarında ortaya çıkartıldıktan hemen sonra dikilerek, küçük mimari denemeler yapılmıştır. Efes'te geçmiş dönemlerde gerçekleştirilen anastilosislerden kazanılan tecrübeler sonucunda, günümüzde güncel proje uygulamalarında son derece dikkatli davranılması gerektiği düşünülmektedir.

Anıt koruma kapsamında önemli bir zorluk ise, antik yapıların modern kullanım için uygun hale getirilmesindeki konservasyon projeleridir. Turistlerin ilgisini çeken ve yoğun olarak ziyaret edilen bu tür sit alanlarında, modern kullanıma yönelik (örn: Aspendos Antik Tiyatrosu'nda günümüz sanatçılarının performanslarını sergilemesi) faydalanma istekleriyle sıklıkla karşılaşıldığı görülmektedir. Günümüzde Efes Antik Kenti'nde Bouleuterion, Büyük Tiyatro, kütüphane alanı, Atrium Thermanum ve Arkadiane Caddesi modern olarak kullanıma yönelik, etkinlik amaçlı kullanılmaktadır.

Teknolojinin gelişimi hayatın her alanını etkilemektedir. Gün geçtikçe teknoloji alanındaki gelişmeler, insanların hayatlarına yeni kavramlar eklediği görülmektedir.

Yakın bir zamana kadar gerçek ve sanal kavramları arasında net bir ayrım söz konusu olmaktayken, günümüzdeki teknolojik gelişmeler sonucunda; gerçek çevre ile sanal çevreyi birleştirebilme özelliğine sahip teknolojilerin olduğu görülmektedir. Günümüzde ise sanallığın sınırları genişleyerek yerini sanallık ve gerçekliğin birlikte kurgulandığı, karma gerçek ortamlara bıraktığı görülmektedir.

Tarihi alanları ziyaret eden kişiler çoğunlukla tarihi kalıntılar, plakalar ile karşı karşıya kalmaktadır. Ancak genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojilerinin kullanım olanakları ile anastilosis uygulama prensiplerini de kapsayan, yapının orijinal parçaları üzerine, herhangi bir yeni öge eklenmeksizin yapının yeniden ayağa kaldırılma sürecinde (Uçar ve Örmecioğlu, 2018) kullanımları da mümkün olabileceği düşünülmektedir. Bu teknolojilerin kullanımları sonucunda, tarihi alanların gösterimlerinde var olan durumlarına zarar verilmemekle birlikte, ziyaretçinin yapının orijinal halini görebilmesine olanak sağlanabilmektedir. Bu bağlamda kültürel mirasın korunup nesilden nesillere aktarılabilmesi noktasında, genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojilerinin kullanım avantajları düşünülmelidir.

Araştırmacılar, arkeologlar, disiplinlerarası çalışmaya yönelim gösteren tasarımcılar, mimarlar, iç mimarlar kültürel mirasın aktarımını sağlayabilmek ve geçmiş ile günümüz arasında tarihsel bir köprü kurabilmek amacıyla çalışmaktadır. Tez kapsamında, teknolojinin gelişimiyle hayatımıza dahil olan genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojilerinin, tarihi alanlar özelinde kullanımına yönelik bir çalışma yapılmıştır. Ayrıca genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin sağladığı mekanlar arası akışkanlık özelliği sayesinde eğitim ortamlarında, öğrenme süreçlerinde duyuları harekete geçirmede, öğrenme isteğini artırmada, sanat tarihinde, iç mekân tasarımı tarihinde ve daha pek çok disiplininin eğitim-öğretim ortamlarında da kullanılacağı düşünülmektedir.

Bu noktada da genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin sunduğu mekanlar arası akışkanlık özelliği kullanılarak, Efes Antik Kenti içerisinde yer alan Yamaç Ev 2'de bulunan 6 no'lu evin, 184 m² büyüklüğüne sahip mermer salonunun, sanal ve gerçek ortamlarda üst üste bindirilmesiyle oluşturulan; dijital anastilosis uygulama modeli önerisi sunulacaktır.

1.1 Amaç ve Önem

Arkeolojide “puzzle restorasyonu” olarak bilinen ve Türkiye`nin en büyük arkeoloji projesinin yürütüldüğü Efes Antik Kenti`nde, 6 no`lu konut birimindeki 31 no`lu oda olarak isimlendirilen mermer salonun görkemli duvar kaplamaları korunarak ve aynı zamanda özgün durumlarına yakın görünümlerinin sunulmasına çalışılmaktadır. (Ladstatter, 2013).

Günümüzde restorasyon projesi devam etmekte olup, en üstteki süs kuşağının artık tüm duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle, uzmanlar tarafından korunarak gelmiş panoların mermer salonda sergilenmesi düşünülmektedir (Ladstatter, 2013).

Yukarıda anlatılan restorasyon projesi kapsamında, artık duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmadığı belirtilen süs kuşağının ve 12 panonun mermer salonda sergilenmesinin düşüncesi özelinde; duvarda olduğu bilinen en üst bölümdeki süs kuşağının, duvar kaplamalarında bulunan opus sectile parçalarının, genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ile bu bölümlerde dijital olarak sergilenmesi amaçlanmıştır. Ziyaretçilerin bu kültürel mirası orijinal halleri ile deneyimleyip gözlemleyebilmeleri ve mekânı geçmiş görünümüyle sentezleyebilmeleri sağlanmaya çalışılacaktır.

Aşağıdaki amaçlar doğrultusunda genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi kullanılarak, Efes Antik Kenti içerisinde bulunan Yamaç Ev 2 mermer salon üzerine bir çalışma yapılması amaçlanmıştır.

Yukarıda belirtilen açıklamalar ile çalışmanın amacı;

- Ziyaretçilere dijital ortamda sergi deneyimi yaşatabilmek,
- Restorasyonu mümkün olmayan eserlerin ziyaretçilere genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ile gösterimini sağlamak,
- Ziyaretçilerin Yamaç Ev 2`deki mermer salonda bulunan eserler hakkında genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisini kullanarak; iç mekân öğelerini ekleyip çıkarma, mekânda kullanılan malzemeler hakkında bilgi edinilmesi, akustik simülasyon, 6 no`lu konut biriminin 3 boyutlu görseli, tüm duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmayan en üstteki süs kuşağının ve 12

panonun dijital olarak sergilenmesine yönelik, kullanıcının kişisel tercihlerine odaklı sunumlar oluşturularak ekstra bilgi katmanı sağlayabilmek,

- Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin tarihi alanlar özelinde kullanılabilmesinin ve kültürel mirasın devamlılığının aktarımını sağlayabilmektir.

1.2 Kapsam

Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik teknolojileri ve bir takım diğer teknolojiler günümüzde, tasarım ve tarihi alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında, geliştirilen giyilebilir donanımlar ile birlikte kullanılan, bilgisayar teknolojisi tarafından oluşturulmuş tüm sanal ve gerçek birleşik ortamlarda, insan-bilgisayar etkileşimleri (HCI) kullanılarak; mekanlar arasında akışkanlığı sağlaması özelliği ile genişletilmiş gerçeklik teknolojisi (XR) kullanılmıştır.

Uygulamanın geliştirileceği ortam olarak Efes Antik Kent Yamaç Ev 2 içerisinde bulunan, 6 no'lu konut birimi içerisinde yer alan, 31 no'lu mermer salon seçilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen Efes Antik Kent Yamaç Ev 2 yapısının seçilme nedeni ise antik yapı üzerinde bulunan ve mevcut antik yapılara noktasal olarak müdahale edecek şekilde tasarlanmış, yüksek nitelikli bir çelik konstrüksiyon çatıya sahip olmasıdır. Antik yapıların bir koruma çatısı ile örtülmüş olması, genişletilmiş gerçeklik teknolojisi (XR) ile oluşturulacak hologramların görünümünün gerçekliğini artıracakı düşünülmüştür. Ayrıca günümüzde genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ile oluşturulmuş hologramların, açık havada ve gün ışığının yoğun olduğu ortamlarda görünürlüklerinin azaldığı da bilinmektedir. Koruma çatısıyla örtülü 6 no'lu konut biriminin 950 m² büyüklüğüne ulaşan kent evinin içerisinde yer alan, 178 m² büyüklüğe sahip 31 no'lu mermer salon seçilerek; iç mekân sentezlemeye yönelik çalışmanın kapsamının daraltılması hedeflenmiştir.

Pandemi nedeni ile yapının internet üzerinden fotoğraflarına, planlarına ve mermer buluntularına ait görsellerine ulaşılmıştır. Yapının devam eden restorasyondaki son durumu ise makaleler, internet kaynakları üzerinden incelenmiş ve araştırmalar yapılmıştır. Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik teknolojileri ile ilgili literatür çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda kullanılan teknolojilerin tarihi alanlarda ki kullanımlarına yönelik uygulamalar incelenmiştir.

1.3 Yöntem

- Yapılan literatür çalışmasının ardından araştırma konusunun ayrıntıları oluşturulmuştur. Literatür çalışması sonrasında sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin kavramları, tarihçesi, teknolojilerinin özellikleri ve uygulama alanları kapsamında dünya çapındaki örnekleri incelenmiş ve görsellerle desteklenmiştir.

Araştırmanın ana konusu olan genişletilmiş gerçeklik teknolojisinde kullanılan donanımların özellikleri derinlemesine incelenerek; uygulama modeli önerisinde kullanılacak teknolojilerin özelliklerinin belirlenmesi açısından, gelişimleri ortaya konmuştur.

- Dünyada örnekleri olan ve uygulanan sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin uygulamaları ve tarihi alanlara yansımaları bölümünde; tasarım alanında günümüzde kullanılan uygulamalar ve belirli müzelerde bulunan yakın tarihli sanal gerçeklik uygulamalar incelenmiştir.

Tasarım alanında günümüzde kullanılan uygulamalar bölümünde, sunulacak olan uygulama modeli önerisinde kullanılmak üzere; seçilecek genişletilmiş gerçeklik donanımları ve yazılımlarının günümüzde ki kullanım alanları incelenmiştir. İnceleme sonucunda tasarlanacak uygulamanın sistem prototip kurgusunda kullanılmak üzere, kullanıcıların donanımı taktıklarında, gerçek ortamın üzerine bindirilmiş hologramları görebilmesini sağlayan, baş hareketlerinde altı derecelik özgürlük hareketi sağlayan Microsoft Hololens kullanılması düşünülmüştür. Ayrıca bu bölümde sunulacak prototipin yazılımında kullanılması düşünülen, bir hologram tasarlama programı olan Unity yazılımının, fiziksel ortamlar üzerine sanal ortamlar oluşturmada ki kullanım alanları incelenmiştir.

Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin uygulamaları ve tarihi alanlara yansımaları bölümünde ise belirli müzelerde bulunan yakın tarihli sanal gerçeklik uygulamalar incelenerek, sonrasında bulunan örnekler **bilgi verici** ve **deneyim-sentez** odaklı olmak üzere iki başlık altında sınıflandırılmıştır. Ayrıca incelenen teknolojilerin tarihi alanlarda kullanımları sınıflandırılmış ve günümüzdeki yararları üzerinde durulmuştur.

Bu bölüm araştırması sonucunda, tarihi alanlarda genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin kullanımına yönelik uygulama örneklerinin olmadığı bulgusuna varılmıştır.

- Tez literatür çalışması ile elde edilen veriler üzerine; Efes Antik Kenti dahilinde Yamaç Ev 2'nin, 6 no'lu konut biriminde bulunan, 31 no'lu oda olarak isimlendirilen mermer salonu özelinde; genişletilmiş gerçeklik (XR) kullanımı ile mekân sentezlemeyi amaçlayan ziyaretçi odaklı bir simülasyon geliştirilmesine karar verilmiştir.



2. SANAL GERÇEKLİK (VR) / ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK (AR) / GENİŞLETİLMİŞ GERÇEKLİK (XR) TEKNOLOJİLERİ

Teknolojinin gelişmesi ve sunulan yeni imkanlar ile birlikte insanlar gerçek, sanal, simülasyon tanımlarıyla çok sık karşılaşmaya başlamıştır. Türk Dil Kurumu'nun sözlük anlamında gerçek kelimesi; “*yalan olmayan, doğru olan şey, hakikat*” olarak tanımlanmaktadır. Gerçeğin sabit bir yapısı vardır ve sadece görülebilen, duyulan, kokusunu alabildiğimiz, dokunabildiğimiz, tadabildiğimiz yani duyu organlarımız sayesinde algılayabildiğimiz şeyleri gerçek olarak kabul ederiz.

Sanal kavramı ise sanılan, öyle olduğu düşünülen, gerçekte yeri olmayan ve zihinde tasarlanan anlamına gelir. Gerçeğin iyi bir şekilde tasarlanmış taklidi olarak da açıklanabilecek olan bu kavram, daha soyut bir anlayış içerisindedir. Televizyon, sinema gibi alanlarda sanallık kavramıyla sıklıkla karşılaşabiliriz. Bir kitap yazarının eserinde tanımladığı mekanlar, kurgu ya da film senaryolarında fiziksel olarak var olmayan mekanların kullanılması, sanal dünyanın varlığına işaret edebilir. Simülasyonla oluşturulmuş mekanlarda ise gerçekten ayırt edilmesi mümkün olmayan mekanlar yaratılabilmektedir.

2.1 Sanal Gerçeklik Teknolojileri

2.1.1 Sanal Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi

Sanal gerçekliğin net olarak bir tanımı bulunmamakla birlikte yabancı kaynaklarda (Virtual Reality/VR) olarak geçmektedir. Kelimelerin tanımları ise; gerçek/fiziki dünyada var olan nesnelere ya da sayısal veriler kullanılarak tasarlanan üç boyutlu ortamlar veya bu ortamları oluşturacak teknolojiler olarak tanımlanmaktadır. Sanal gerçekliliğin literatürde açıklayıcı bir tanımı olmaması nedeniyle bu kavram üzerinde çalışan araştırmacıların, sanal gerçeklik kavramını açıklamada; etkileşim yöntemleri, kullanılan teknolojileri ve sanal sistemlere uygunluğu üzerinden tanımlamaya çalıştıkları görülmektedir (Çevik, 2019).

Sanal gerçeklik, yaşadığımız fiziki dünyada yer alan bir nesnenin dijital ortamda sayısal veriler yardımıyla oluşturulmuş üç boyutlu modellenmesi içinde, kullanıcıların çeşitli teknolojik cihazları kullanarak; gözlükler, eldivenler, giyilebilir teknolojiler ile soyut olarak algıladıkları ve üzerinde bazı değişiklikler yapma olanağına sahip oldukları sistemlerdir. Sanal gerçekliğin tanımlamasını özetlemek gerekirse gerçeğin,

sanal ortamda yeniden kurgulanması ve yaratılması olarak tanımlanabilir. Bu tanımlamanın sonucunda ise gerçekte fiziki çevremizde somut olarak algıladığımız nesnelerin, sanal ortamda da oluşturulabileceği düşüncesi yatmaktadır. Aynı tanımlamaya paralel olarak sanal gerçeklik, kullanıcıya gerçeklik duygusu veren, dijital ortamda oluşturulmuş, teknolojik araç ve gereçler kullanılarak yaratılan üç boyutlu sanal bir dünyadır. Sanal gerçeklik teknolojileri yapay dünyanın deneyimlenmesinin yanı sıra iletişim, yönlendirme gibi özelliklere sunan ve günümüzde en gelişmiş teknolojiler olarak yerini almaktadır. Sanal gerçeklik teknolojilerin kullanıcı deneyimindeki bir diğer boyutu ise psikolojik bakış açısının, kullanıcıların zihninde gerçek dünya ile benzeşen bir farkındalığın oluştuğu bir yapı oluşturmasıdır (Çevik, 2019).

Sanal gerçeklik, dijital ortamda oluşturulmuş yapay bir ortamdır. Duyguların etkilendiği bu ortamda yapay imgeler bulunmakta olup, bu yapay imgeler işitsel ya da görsel olarak bulunabilirler. Sanal gerçeklik teknolojisinin oluşturduğu imgeleri belirli bir bakış açısına uygun olarak yaratmak için, belirli bir konum ve hareketi takip etmektedir. Ancak bu sistemler her zaman belirli bir konuma bağlı kalmamaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisinin kullanımına yönelik birçok uygulama bulunmaktadır. Bu uygulamaların verdikleri his, içeriye tutulma, yapay dünyaya dalma olarak deneyimlenen varlık hissidir. Bundan dolayı sanal gerçeklik teknolojilerin yaratmak istediği duygu, kullanıcıların deneyimlediği yapay dünyadaki nesne ve objelerin gerçek olduğuna dair inandırmaya yönlendirmektedir (Karatay, 2015).

Teknolojinin kullanım işlevlerinden birisi de gerçekliği zenginleştirmede kullanılmasıdır. Sanal gerçeklik teknolojisinde ise gerçek dünyanın yerini alan, artırılmış gerçeklikten oluşan sanal bir dünya bulunmaktadır. Bu teknolojilerin gerçeği zenginleştirmedeki işlevi gerçek zamanlı olarak gerçekleşmekte olup, aynı zamanda da çevredeki öğelerle etkileşime girerek girebilmektedir. Kullanıcılar gerçeği zenginleştirmede sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak, çevresindeki bilgilerle etkileşime girerek, çevresinde ki yapay öğelerle ve gerçek dünyadaki bilgilerle bir bağ kurabilir (Akçaova, 2016).

Sanal gerçekliğin oluşturduğu yapay çevre ortamı, hedeflenen deneyime uygun olarak oluşturulur. Bu ortamlarda etkileşim kullanıcı ve oluşturulmuş sanal dünya arasında oluşturulmaktadır.

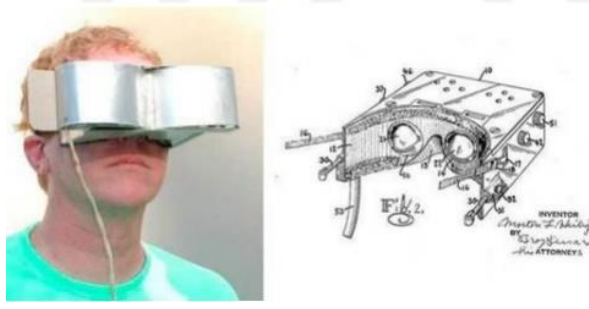
Bu ortamlarda kullanıcılar kendi zihinlerdeki yarattıkları dünyasını kurgulayabilir ve istedikleri bir karakterin özelliklerini alabilirler. Bu gibi sanal ortamlarda bu kurguları oluşturmak için belirli yazılımlar ve donanımlar kullanılmaktadır. Sanal gerçeklik ortamlarında gerçek dünya ile benzeşen, taklit eden ortamlar oluşturulduğu gibi gerçek dışı olan dünyadaki ortamlarla benzeşmeyen ortamlarda tasarlanabilmektedir. Sanal gerçeklik ortamında kullanıcıların yaşadığı deneyim, gerçek dünyadakine benzer bir şekilde kural ve yasalardan oluşarak, yaşadıkları fiziksel yaşamlarına benzer bir şekilde tepkilerine karşılık alabilmektedir. Bu durum sonucu da kullanıcılar, belirli deneyimleri gerçek dünyadakine benzer şekilde tecrübe edebilmektedir (Çevik, 2019).

Sanal gerçeklik kavramının tarihçesine baktığımızda 1960'lı yıllarda bilim şirketleri tarafından, üniversite ile bağlantılı olarak araştırma ve geliştirme çalışmaları olarak başladığını görebiliriz (Çevik, 2019).

VR teknolojileri temelleri çok eski dönemlere dayanan bir teknolojidir. 1960'lı yıllar içerisinde VR denemeleri yapılmıştır. 1990'lı yıllarda her ne kadar VR sistemlerinin kullanımını görebilsek de bu sistemler, topluma ulaşabilecek kadar gelişmemiştir ve pahalı sistemlerdir. O dönemdeki sistemleri NASA ve DARPA gibi önemli kuruluşlar eğitim amaçlı kullanmışlardır.

2010'lu yıllarda ise VR sistemleri yeniden gündeme gelerek bugün, var olan seviyesine kadar ulaşarak, birçok kişinin kullanımına açık hale gelmiştir.

Bilim kurgu filmleri ve deneysel ürünler sanal gerçekliğin ilk örnekleri olarak kabul edilebilir. Kaynağını bilim kurgudan alıp üretilen deneysel ürünler, günümüz teknolojisindeki gelişmeyi desteklemiştir (Brockwell, 2016). Araştırmanın artırılmış gerçeklik kavramının tarihçesi bölümünde de değinildiği gibi sanal gerçekliğin babası olarak kabul edilen sinemacı ve filozof Morton Heiling, yaşadığı dönem içerisinde ileri görüşlü birisi olarak kabul edilmiştir. Morton Heiling, çeşitli denemeler sonucunda 1960'lı yıllarda "Telesphere Mask" adındaki ilk sanal gözlüğü geliştirerek patentini almıştır. Bu ürün VR teknolojisinin günümüz teknolojisine ulaşabilmesi açısından önem taşımaktadır (Şekil:1).



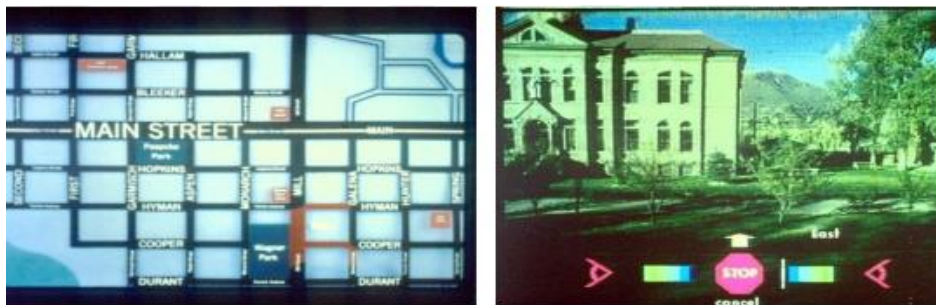
Şekil 1: “Telesphere Mask” görüntüsü ve çizimi (Url 1).

1977 yılında Chicago İllinois Üniversitesi tarafından, tarihte ilk olarak kabul edilen sanal gerçeklik eldiveni üretilmiştir. Richard Sayre tarafından geliştirilen, ışık iletebilen tüpleri sayesinde, parmaklarda gerçekleşen fiziksel hareketlerin bilgisayara aktarımını sağlayan bu eldivene “SayreGlove” adı verilmiştir (Sherman ve Craig, 2003).



Şekil 2: Sayre Glove eldiveni (Url 2).

Günümüzde kullandığımız Google Streetview uygulamasının öncüsü olan Andy Lippmann tarafından geliştirilen “Aspen Film Haritası” adı verilen sanal gerçeklik uygulaması 1978 yılında geliştirilmiştir (Şekil:2). Geliştirilen bu teknoloji Aspen adlı kasabaya dört adet kamera yerleştirilerek, sokakların görüntüleri elde edilmiştir. Teknolojiyi kullanan kişiler ekranlarda istedikleri yere gidebilmişlerdir (Gutierrez, Vexo ve Thalmann, 2008).



Şekil 3: Aspen Film Haritası (Gutierrez, Vexo ve Thalmann, 2008).

1985 ve 1989 yıllarında Jaron Lanier'in kurduğu VPL şirketi, kullanıcının elinin duruş şeklini algılayabilen ve bilgisayara aktarabilen DataGlove cihazını ve optik lens aracılığıyla LCD (Liquid Crystal Display) ekran kullanabilen, bir EyePhone isimli sanal gerçeklik cihazını geliştirmiştir (Lanier ve diğ., 1989).

İlerleyen yıllarda da VR teknolojisi için gelişmeler devam etmiştir. 90'lı yılların başında birçok farklı sektör VR teknolojilerini benimseyerek, gelişimine katkı sağlamıştır. Gelişmeler ile birlikte gözlüklerin daha sadeleştiği ve küçüldüğü, gerçeklik kavramının daha çok yansıtıldığı görülür. Buna örnek olarak sabit bir sistem olan "CAVE" sunulabilir. "Computer Assisted Virtual Environment" açıklamasının Türkçe karşılığı olan "CAVE" sisteminde, deneyimin artması için kullanıcı sanal gerçeklik gözlüklerini takarak bir odanın içerisine alınarak, serbest bir şekilde hareket edebileceği bir ortam sağlanır. Hareketler üç boyutlu gözlük içerisine dahil edilen sensörler aracılığıyla iletilir (Boston, 2007).



Şekil 4: a) CAVE uygulaması grafik anlatım b) CAVE uygulaması yerinde deneyim
(Url 3).

1995 yılında eş zamanlı olarak render alma işlemini gerçekleştirebilen 3Dfx Voodoo, grafik kartı üretilmiştir. VR teknolojileri gelişiminde ilk bilgisayar eklenebilen grafik kartı olması nedeni ile önemi büyüktür. Aynı yıl ilk stereoskopik video oyun gözlüğü olan Nintendo Virtual Boy, geliştirilmiştir (Johnston, 1997).

2000'li yıllardan itibaren teknolojinin hızla ilerlemesi ile birlikte sanal gerçeklik teknolojisine ilgi artmıştır. Böylece mobil teknoloji şirketleri, VR teknolojisini destekleyen uygulamalar geliştirmeye başlamıştır (Kaleci, Tüzün ve Tepe, 2016). Giderek daha düşük maliyetli, daha esnek olabilen donanımlar üretilmiştir (Whyte, 2002).

2006 yılında üretilen “Nintendo Wii” sanal ortamda harekete duyarlı sensörler içeren ve konum izleyebilmek amacıyla, bir kızılötesi kamerası bulunan VR teknolojisi ürünüdür. Kullanıcılar tarafından tercih edilerek popüler olmuştur (Sherman ve Craig, 2018).

2011 yılında PalmerLuckey tarafından evinin garajında geliştirilen, modern anlamda ilk VR gözlüğü sayılabilen ve “OculusRift” isminin verildiği sistem, günümüzdeki tüm VR ekipmanlarını sağlamaktadır (lensler, izleme sensörleri vs.). Bu girişim VR gözlükleri için önemli kabul edilir. 2013 ve 2014 yıllarında OculusRift VR gözlükleri için belirli düzeltmeler ve gelişimler sağlanmıştır. Facebook şirketi VR teknolojisinin geleceğini ön görerek, OculusDK- 2'nin haklarını satın almıştır. 2 yıl sonrasında ise OculusRift CV-1'i kullanıcıya sunulmuştur. Bu sistemde gözlük, kamera donanımı bulunmaktadır. HTC firması da aynı yıl içerisinde HTC Vive teknolojisini sunmuştur. Yine aynı yıl içerisinde Sony PlayStation 4 ile birlikte çalışabilen “PlayStation VR” teknolojisini geliştirmiştir.

İlerleyen yıllar içerisinde birçok firma VR teknolojisini gelişmesini sağlayan donanımlar elde etmiştir. Günümüzde Oculus Rift, HTC Vive, Samsung VR gözlükleri yaygın olarak kullanılmaktadır. VR teknolojisi gelişime ve yeniliğe açık bir teknoloji olması nedeniyle, yeni sistemler üzerine eklenebileceği öngörülmektedir. Yaşadığımız dönemde gelişen bilgisayar donanımları sayesinde firmalar, VR gözlükleri benimsemiştir. Bu teknolojilerin gelişimi oyun, sanat, mimari, eğitim gibi farklı alanları da etkileyebilmektedir. Kullanıcıdan alınabilecek geri bildirimler, ihtiyacın fazlaşması, kablosuz kullanım sağlanabilmesi, boyutlarının küçültülebilmesi gibi durumlarla birlikte, sistemlerin çeşitlenmesi beklenmektedir.

Sanal gerçeklik ortamları için hazırlanan yazılımların özellikleri, kullanıcının sanal dünya ile gerçeklik arasında en uygun etkileşimli ortamı sağlamaktır. Sanal gerçeklik ortamları, kullanıcıların birden fazla duyularına aynı zaman diliminde hitap edebilmektedir. Sanal gerçeklik ortamlarında kullanıcıların gerçeğe yakın deneyimler yaşayabilmesini sağlamak için giyilebilir teknolojiler, özel tasarlanmış kıyafetler, dokunabilir yüzeyler, sanal ortamda oluşturulmuş sesler ve özel olarak tasarlanmış kabinler kullanılmaktadır (Çevik, 2019).

Sanal gerçeklik teknolojileri günümüz teknoloji gelişimine paralel olarak sürekli değişim ve gelişim göstermektedir. Sanal gerçeklik ortamların oluşturulmasında kullanılan donanım ve yazılımlar, kullanıcıların ihtiyaçlarına yönelik sistemlerin tasarlanmasında, uygulama geliştiricilerin sistemleri test ederek kullanıcı deneyiminin artırılmasında ve ihtiyaca yönelik uygulamaların tasarlanmasında etkin bir rol oynamaktadır. Sanal gerçeklik ortamları bir yanılsama olup, bu ortamlardaki inandırıcılığın artırılmasını sağlamak için kullanıcının, ortamla olan etkileşimli deneyimini arttırabilmek önemlidir. Bu etkileşimli sanal gerçeklik deneyimini arttırabilmek için farklı donanımlar kullanılmaktadır. Bu donanımlar başa takılan sistemler, masaüstü alanları, yapay gerçekliğe uygun tasarlanmış oda veya kabin, dokunsal teknolojiler, donanımla bütünleşmiş kumandalar, kuvveti algılayan toplar, duyarlar, izleyiciler ve sentezleyiciler gibi donanımlarla desteklenmektedir (Çevik, 2019).

2.1.2 Sanal Gerçeklik Teknolojilerinin Özellikleri

Sanal gerçeklik teknolojisi kullanıcının, sanal ortamda var olma ve gerçeğin içerisine dahil olma hissini etkilemektedir. Bu bağlamda sanal gerçeklik türleri sürükleyicilik seviyesi esas alınarak tamamen sürükleyici sistemler (Fully-ImmersiveSystems), yarı sürükleyici sistemler (Semi-ImmersiveSystems) ve sürükleyici olmayan sistemler (Non-ImmersiveSystems) olarak ayrılır (Daghestani, 2013; Guttentag, 2010). Tamamen Sürükleyici sistemlerde kullanıcılara sanal ortam, üç boyutlu şekilde sunulur. Kullanıcının sanal ortamın bir parçası olması sağlanır ve sonrasında katılımcı olabilmesi desteklenir (Mazuryk ve Gervautz, 1996). Kasklar veya başa takılan ekranlar, tamamen sürükleyici sistemlere örnektir (Melzer ve Moffitt, 1997). CAVE olarak bilinen bu ortamlarda kullanıcının görüş alanı çevrelemeye, birden çok duyu organını harekete geçirerek, tam olarak etkileşimli bir alan yaratılmak istenir (Yengin ve Bayrak, 2017). Belirtilen alanın yaratılabilmesi adına 3D modellemeler, duvar projeksiyonları, stereofonik hoparlörler, görüntüleyici başlıkları (HMD), hareket algılayıcıları gibi birçok sistem gerekir (Fernandes vd., 2003). Yarı sürükleyici sistemlere göre daha maliyetlidir fakat kullanıcının sanal ortamı içselleştirilmesi ise en iyi bu sistemler kullanılarak yapılabilmektedir.

Yarı sürükleyici sistemler, sürükleyici olmayan ve tamamen sürükleyici olan sistemlerin harmanlanmasıdır. Yarı sürükleyici sistemlerde fiziksel ve sanal ortamları bir arada görürüz. Kullanıcının gerçekle olan bağlantısı tam olarak bitirilmez (Alqahtani vd., 2017). Bilgisayar ortamları, 3 boyutlu alanlar, bu sistemlere örnek olabilir. Kullanıcı tamamen sanallığın içerisinde yer almaz, bir kısmında yer alır. Havacılık, pilot eğitimleri, uçuş simülatörleri gibi durumlarda kullanıldığı görülebilir (Topuz ve Özdener, 2018). Uçuş simülatörü üzerinden açıklamak istersek, kullanıcı kabinin içerisinde yer alır ve gerçek dünya ile bağı koparmaz. Uçuş sırasında karşılaşılabileceği problemlerin deneyimlenmesi söz konusudur (Kurbanoglu, 1996).

Sürükleyici olmayan sistemler ise sürükleyici unsur kullanılmaz. Görüntü çözünürlüğü yüksek bir ekran sayesinde sağlanabilir (Mandal, 2013). Kullanıcı bilgisayarın bir donanımı ile etkileşime girer ya da sistem kişinin vücuduna bağlı olabilir. Yarı ve tam sürükleyici sistemlere göre maliyeti daha düşüktür (Topuz ve Özdener, 2018). Eğitim ve oyun alanlarında kullanıldığını sıklıkla görebiliriz ve kullanıcı açısından ergonomik olabilmektedir.

Bir insan beyninin, sanallığı gerçek olarak benimseyebilmesi için öncelikle onu algılayabilmesi gerekmektedir. Araştırmanın devamında sanal teknolojilerin temel bileşenleri anlatılacaktır. Sanal teknolojilerin temel bileşenlerini gerçek zamanlı 3 boyutlu bilgisayar grafikleri/ yazılımlar, geniş açılı stereoskopik görüntü ekranı ile stereofonik ses sistemi, görüntüleyici, dokunsal geri bildirim cihazları olmak üzere dört başlık altında inceleyebiliriz.

İlk başlık olan gerçek zamanlı 3 boyutlu bilgisayar grafikleri ve yazılımlar ile gerçeğe çok yakın olan sanal tecrübelerin oluşturulabilmesi için üretilmiştir. Bu yazılımların içeriği farklılaşabilir. Kurgusal ile birlikte kullanıcıya sunma, gerçek bir durumun direkt olarak kullanıcıya sunulması ya da gerçek bir olayın kamera vb. gibi cihazlar aracılığıyla kaydedilerek, modellenmesi yapılarak kullanıcıya sunulması şeklinde gerçekleşebilmektedir (Ferhat, 2016). Geniş açılı stereoskopik 3 boyutlu görüntü ekranı, stereofonik ses sistemi, sanal gerçeklik donanımlarında stereoskopik görüntü, 3 boyutlu görüntü ekranları kullanımı ile sağlanmaktadır. Stereofonik ses sistemi de 360 derecelik ses sistemleri aracılığıyla aynı şekilde elde edilerek oluşmaktadır. VR teknolojilerinde önemli olan bir nokta kullanıcının gerçekliği net bir şekilde algılaması olduğu için sanal görsellerin çözünürlüğü, oldukça önemlidir (Ferhat, 2016).

Görüntüleyicilere geliştirilen sanal gerçeklik görüntülerinin gerçekçi bir şekilde sunulabilmesi için telefon, tablet gibi birçok teknolojik araçta ihtiyaç duyulur. Araştırmalarda görüntüleyici kask, başlık gibi birçok farklı ad ile karşımıza çıkan görüntüleyiciler ile kullanıcının algısında, gerçeklik üretebilmektedir. Kullanıcı teknolojiyi kullanırken hareket ettiğinde, başını çevirdiğinde, çevresindeki var olan nesnelerin takibini görüntüleyiciler yapmaktadır (Gigante, 1993). Dokunsal geri bildirim cihazlarında ise cihazlar, VR teknolojisini kullanan kişinin sanal ortamda katılımcı olmasını amaçlar. Böylece giyilebilir teknoloji donanımları ile birlikte kullanıcının kendisini, sanal ortamın içerisindeymiş gibi hissetmesi sağlanır. Algı sensörleri ile birey sanal ortamda üretilen nesnelere gerçekte etrafındaymış gibi hisseder. Bu algı kullanıcının duyu organlarına etki edilebilmesi ile doğru orantılıdır. Duyu organlarına etki düzeyi fazla ise kullanıcının, çevresini algılaması da o kadar artar (Erbaş ve Demirel, 2014).

Dokunma hissiyatını sağlayan araçlar eşit etki sağlayamamaktadır. Bu doğrultuda dokunsal geri bildirim (hapticfeedback) ve güç geri bildirim (forcefeedback) olmak üzere 2'ye ayrılırlar (Gigante, 1993). Dokunsal geri bildirim cihazların kullanıcı dokunduğu nesnenin dokusunu, şekil ve boyutunu, düzeyini tam olarak hissedebilir. Güç geri bildirim cihazları ile sadece sanal ortamda var olan bir titreşimi, etkileşimi kullanıcıya hissettirebilir (Kulakoğlu Dilek, 2020).

Sanal gerçeklik sistemleri başa giyilen VR sistemler (HDM) ve sabit VR sistemler olarak ayrılmaktadır. Başa giyilen sistemler kullanıcının başına taktığı bir gözlüğü veya başlığı içermektedir. HMD sensörlerinden bilgi alınarak üç boyutlu görüntü üretilir ve sonrasında görüntü HMD ekranına yansıtılmaktadır (Çavaş vd., 2004). Sistemin başlığında konum izleyebilme sensörleri yer alır. Böylece kullanıcı başını hareket ettirdiğinde bilgi, sensörlere yansır. Bu bilginin sağlanabilmesi için sanal ortamda kullanıcıyı izleyen istasyonlar bulunur. Bu istasyonlar oldukça hızlıdır. Kullanıcı aniden hareket etse bile görüntüyü takip eder ve sanallıktan uzaklaşmaz. HMD sistemleri kişiyi bulunduğu gerçek ortamdan tamamen soyutlar. Sanal ortamda bulunma hissi kullanıcıyı tamamen sarar (Çoruh, 2011).

Sabit VR sistemleri ise VR teknolojisi için gerekli malzemeler oda içerisinde, sabit bir alanda bulunur. Katılımcı sanal deneyimi yaşamak istediğinde bu alana dahil olarak VR teknolojiyi deneyimler.

Bu tür sistemlerde bilgi akışı genellikle geniş ekranlarda yansıtılır. En uygun örneği araştırmanın VR teknolojisi tarihçesi kısmında değinilen ve günümüzde çok fazla gelişmiş olan "CAVE" uygulamasıdır. Bu sistem projeksiyon yansıtma ve düz monitörler ile birlikte kullanır. Bu uygulama ağırlıklı olarak eğitim ve teknik alanlarda kullanılır. Kullanıcı deneyimindeki gerçekliği arttırabilmek için kullanılacak en iyi yöntem, sürükleyici monitörlerdir (Hashimoto ve diğ., 2017).

Başta giyilen ve sabit VR sistemlerinin açıklamalarından anlaşıldığı üzere bu teknoloji sabit bir alanda da olsa, kullanıcının giyebildiği kask ya da başlık sistemiyle de olsa, asıl amacı kullanıcıya sanallık içerisinde alternatif bir gerçeklik üretmektir. Bu noktada kullanıcının deneyimlediği gerçeklik hissi önemlidir.

2.1.3 Sanal Gerçeklik Uygulama Alanları

Sanal gerçeklik teknolojisi üretildiği zamanlarda özellikle uzay araştırmaları, eğlence, oyun, bilime dayalı veri araştırma alanlarında kullanılmaktaydı (Fisher ve diğ., 1987). İlk çalışmaların birçoğu askeri ve bilimsel çalışmaları hedeflemekteydi.

Günümüz teknolojisinde ise VR uygulamaları sağlık, eğitim, mühendislik, tasarım, mimarlık, sanat, inşaat, otomotiv, bankacılık ve eğlence gibi farklı birçok alanı etkisi altına aldığı görülebilir (Boyles, 2017). Sanal gerçeklik teknolojilerinin eğlence alanında kullanımı oldukça yaygındır. Eğlence alanında da en çok oyunlarda kullanıldığı görürüz. Kullanıcı oyunlarda bu teknolojiyi tercih eder çünkü kendisini tamamen oyunun içerisinde gibi hisseder (Komşul, 2012). Oyun alanındaki ilk VR araştırmaları "Atari Research" olarak bilinmektedir ve büyük ölçüde sanal oyunlardaki gerçeklik temsili üzerinde durulmuştur (Rheingold, 1992). Eğitim ve gerçek yaşamı deneyimlemeyi sağlayan sanal oyunlar olduğu gibi yalnızca oyun ve eğlence amacıyla olan sanal oyunlarda bulunmaktadır. Ayrıca klavye ve fare gibi aygıtlarla oynanan oyunlar yerine, artık gerçek zamanlı ve algılayıcıları olan oyunlar tercih edilmektedir (Chen ve diğ., 2015).



Şekil 5: VR teknolojisi ile oyun deneyimi (Url 4).

Sağlık alanı VR teknolojisinden yararlanan önemli alanlar arasındadır. Tıp öğrencilerini eğitebilmek, hastalıkların teşhis ve tedavisini katkı sağlama, ameliyat simülasyonları ve belirli daha birçok noktada bu teknolojiye yararlanılmaktadır. VR teknolojileri kullanılarak yapılan fiziksel tedaviler yaygınlaşmaktadır. Başka bir kaynakta ise psikiyatri ve anksiyete bozukluğunun tedavisinde kullandığından bahsedilmiştir.

“SnowWorld” isimli bir VR oyununda (Şekil:6) VR tedavi yöntemi ile savaşta yanık yaralanmaları meydana gelen askerlerin, ağrılarını azaltmak için ağrı kesici ilaçlar dahilinde hastanın dikkatini dağıtabilmek amacıyla kullanılmıştır (Choo ve diğ., 2014).



Şekil 6: “SnowWorld” uygulaması kullanımı. (Url 5).

VR teknolojisinin gelişmesi ile birlikte öncelikli olarak ABD, Japonya gibi ülkelerde teknoloji eğitim süreçlerine dahil edildiği görülmektedir. Çocukların motor ve bilişsel gelişimlerini, hayal güçlerini destekleyebilmek adına birçok uygulama geliştirilmiştir. Sanal gerçeklik teknolojilerinde etkileşimli bir süreç söz konusudur ve bu durum sadece çocuklar için değil, eğitimciler için de yararlıdır.

Geleneksel eğitim modelinin, sanal eğitim modellerinin gelmesi ile değişime uğradığı ve belki de bu değişimin eğitim açısından bir devrim olarak kabul edilebilir (Karasar, 1999).



Şekil 7: Eğitim alanında kullanımı (Url 6).

VR teknolojisinin eğitime entegrasyonu (Şekil:7) eğitimcilerin ve öğrencilerin eğitime erişebilme potansiyellerini arttırmıştır (Barilli ve diğ., 2012). Örneğin farklı bir gezegenin tanıtılması, mağazaların iç kısımlarını incelenmesi, geçmişte kalmış yapıları incelenmesi gibi olanaklar sağlayabilmektedir (Piovesan ve diğ., 2012).

2012’de yapılan araştırmaya göre yaparak öğrenme ve öğretimde aktif rol alma durumunda, daha iyi öğrenme gerçekleştiği görülmüştür (Şekil:8).



Şekil 8: VR teknolojisinin tıp eğitiminde kullanımı (Url 7).

Gerçek bir uçağı deneyimlemek, askeri eğitimler zaman zaman pahalı ve tehlikeli olabilmektedir. VR teknolojilerinin askeri alanda kullanılması hem masrafları azaltmakta hem de tehlike içermeyen bir ortamda pilot yetiştirebilmeye olanak sağlamaktadır. Silah kullanımı eğitimleri (Şekil:9), tankların sürüşü gibi durumlarda da sanal gerçeklik teknolojilerinden faydalanılmaktadır (Krueger, 1990). Bu durum ölüm ve yaralanma riskini azaltabilmektedir.



Şekil 9: VR teknolojilerin askeri eğitiminde kullanımı (Ziha ve Skala, 2010).

Mühendislik alanında kullanımına değindiğimizde ise sanal montaj, sanal protarif oluşturma gibi araştırmalarla karşılaşırız. Bir ürünün imalat aşamasına ulaşılmadan önce potansiyel problemlerin çözümü, VR teknolojisi ile gerçekleşmektedir (Mujber ve diğ., 2004). Montaj aşaması bir ürünün maliyetinin çok büyük bir bölümünü kapsadığından dolayı bu teknoloji, bu alan için önemlidir.

Bunun yanında kapsamlı mühendislik ürün üretimlerinde (Şekil:10), 3 boyutlu model veri tabanları kullanılır. Bu sebeple erken tasarım bölümlerinde, simülasyonlarda ve personel eğitimlerinde kullanılabilir (Ziha ve Skala, 2010).



Şekil 10: VR teknolojilerin mühendislik alanda kullanımı (Url 8).

Bir şehri gezmek veya tanımak istediğimizde o şehri dolaşırken, kitapçıklardan yararlanırız. Sanal gerçeklik teknolojileri ise turizm konusunda (Şekil:11) bu durumun daha da ilerisidir. Kişinin ziyaret edemediği yerleri, VR teknolojisi sayesinde görmesi mümkün olabilir (Zarzuela ve diğ., 2013). İnsanların evlerinden çıkmadan ziyaret etmek istedikleri mekanları seçmesi ya da otel rezervasyonlarında sunulan odayı 3 boyutlu bir şekilde tercih etmesi, VR teknolojisi ile mümkün olmaktadır.

Marriot Otelleri ve Samsung iş birliği içerisinde gerçekleştirdiği “Vroom Service” projesinde müşterilere VR teknolojiler eşliğinde Çin, Ruanda ve Şili gezdirilmektedir.



Şekil 11: VR teknolojilerin turizm alanında kullanımı (Url 9).

2.2 Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri

2.2.1 Artırılmış Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi

Artırılmış gerçeklik gerçek dünya ile sanal gerçekliğin bir arada kullanılarak, gerçek dünyaya yeni görüntülerin yansıtılması olarak tanımlanır. Sanal ortamda oluşan ses ve görüntüler telefon, tabletlere yüklenen aplikasyonların kameraları eşliğinde görüntülenebilmektedir (Coşkun, 2017). Özellikle son yıllarda telefon, tabletlere entegre edilebilen artırılmış gerçeklik uygulamaları birçok alanda kullanılmaktadır.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinde kullanıcı, gerçek dünyadan kopmadan sanal nesnelere etkileşim sağlar ve bu etkileşim eş zamanlı gerçekleştirilir. Artırılmış gerçeklik teknolojinin gelişmesi ile birlikte gerçek dünyanın yeni donanımlarla zenginleştirilmesidir. Bu teknoloji bireylere farklı ve yeni birçok deneyim sunar. Kişinin dokunabildiği, algılayabildiği gerçekliğe, sanal teknolojinin eklenmesidir (Gülel, 2018). Kişiyi fiziksel bir ortamda sanal objelerle gerçek izlenimi verilir ve bu deneyim eş zamanlı yaşatılır.

Ortamdaki eş zamanlı görüntü üzerine farklı objeler yerleştirilir. Böylece ortam üzerinde yeni görüntü oluşturulur. Bu yeni görüntü aynı zamanda grafiklerle, yazılım ve seslerle desteklenir. (Aslan, 2017). Ronald T. Azuma artırılmış gerçekliğin belirli teknolojiler ile sınırlanmaması için araştırmalarında 3 sisteminden bahsetmiştir. 1997 yılında Ronald T. Azuma'ya göre artırılmış gerçeklik;

*sanal dünya ile gerçek dünyanın birleştirilmesini sağlar.

*gerçek dünya ile eş zamanlıdır.

*3. boyutta kayıtlıdır.

Bunun yanında artırılmış gerçeklik ile ilgili birçok önemli araştırması olan Azuma; artırılmış gerçekliğin insanlarda koku, duyma gibi birçok duyuyla etkileşim halinde olduğunu belirtir (Azuma, 1997).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi günden güne gelişmekte olan bir alandır. Hayatımızın büyük bir parçası olan telefon, tablet gibi aygıtlarda artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanılabilir hale gelmesi, bu sistemi daha yaygın hale getirmiştir.

Mathew (2014)'a göre artırılmış gerçeklik günlük yaşantılar içerisinde daha anlamlı içerikler oluşmasını ve gerçek dünyanın dijital boyutta zenginleşmesine olanak sağlayan, en yeni teknolojiler arasındadır.

Milgram ve Kishino'nun (1994) tanımına göre ise dijital ortamda üretilen ürünlerin kullanıldığı bir eş zamanlı gerçeklik ortamıdır. Sood (2012) göre bu teknoloji gerçek donanımın yapamadığı birçok şeyi yapabilir. Herhangi bir nesneye ekran üzerinde sahip olunabilir ve bu nesneye kuvvet uygulandığında nesnenin değişimi gözlemlenebilir. Gerçek donanım üzerinde bu işlemler yapılamaz. Gerçek donanım genellikle bozulmadan eski halini çevrilememektedir. Çeşitli ortamlarda kullanılan artırılmış gerçeklik teknolojisi tıp, mimari, eğlence gibi birçok alanda yeni gelişmeler üretmiştir. Mimarların tamamlanmamış yapıların tamamlanmış hallerini görebilmesine olanak sağlayan (Şekil 12), doktorların hastalardaki tıbbi verilere erişebilmesi gibi uygulamalar, artırılmış gerçeklik uygulamaları arasındadır (Billinghurst vd., 2015).



Şekil 12: Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımına bir örnek (Url 10).

Bimber ve Raskar artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik arasındaki farklar üzerinde durmuştur. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri karıştırılabilmektedir; fakat artırılmış gerçeklik daha farklı bir teknolojidir. Sood'a göre sanal gerçeklik artırılmış gerçeklik teknolojisinin öncüsü olarak kabul edilir. İki teknolojiye bakıldığında ortak yönleri olarak aynı bazı parçalara sahip olduğu söylenebilir. Her iki teknolojiye de sanal nesnelere etkileşim söz konusudur fakat sanal gerçeklikte kamera yaygın olarak kullanılmaktadır. Gösterilen ürünler önceden kaydedilmiş ürünlerdir. Sanal gerçeklik teknolojisinde kullanıcı gerçek dünyadan kopar ve yapay dünyaya dâhil edilir. Artırılmış gerçeklikte gerçek çevre, sanal nesnelere ile desteklenir ve kullanıcı gerçek dünyadan kopmaz.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin tarihsel süreci incelendiğinde, yeni bir teknoloji ürünü gibi görünür fakat 1950'li yıllarda ortaya çıkmış bir teknolojidir. Artırılmış gerçeklik teknolojisine dair ilk fikirler L. Frank Baum'un 1901 yılında yayınlanmış olan "Ana Anahtar (The Master Key)" adlı eserinde görülebilmektedir. Romanda karakter işleyicisi olarak adlandırdığı bir gözlükten bahsetmektedir. Bu gözlük gerçek dünyada sanal verileri aktaracaktır. Böylece kişilerin karakterine dair analizler oluşturulacaktır. Kitapta değinilen bu gözlük artırılmış gerçekliğe dair ilk fikir olarak kabul edilmektedir (Altınpulluk, Kesim, 2015).

Sinemanın kişilerin üzerinde etkili olduğu 1957-1962 yılları arasında Morton Heilig bu alanda çok önemli olan ve ona "Sanal Gerçekliğin Babası" ünvanını getirmiş olan ve sinemanın geleceği olarak tanınan Sensorama adlı sinematografiyi üretmiştir. 1957 yılında icat edilen Sensorama stereo ses, vücut eğme fonksiyonları ile aynı zamanda kokuları takip edebilmenizi sağlayan 3 boyutlu geniş açılı bir görüntüde kullanılarak izleyicileri sahnenin içerisine dâhil etmeye yaratan ve film esnasında kokuların izini sürebildiğiniz, iki adet yan yana 35mm'lik kameraya sahip olan bir simülatördür (Şekil:13).



Şekil 13: Sensorama (Url 11).

Başa takılan ilk AG uygulaması 1968 yılında Sutherland ve ekibi tarafından üretilmiştir ve “TheSword of Damocles” adını vermişlerdir (Şekil:14). Ayrık HMD (Head Mounted Display) ismi ile günümüze kadar uzanan sistemin ilk örneğidir (Köymen, 2014). Cihazın ağırlığı fazla olduğu için tavandan sarkıtılmış şekilde gösterilmiştir. Sutherland AG’nin geleceğini öngörmüş ve bir bilgisayar tarafından görüntülenebilen objelerin dünyamızda ki var olan sıradan kuralları uygulaması için bir gerekçe olmadığını, bugünün görsel kullanıcıları ile birlikte maddenin içinde görülebileceğini vurgulamıştır (Sutherland, 1965).



Şekil 14: TheSword of Damocles - (Domaclesin Kılıcı) – ilk giyilebilir AG örneği (Arabacıoğlu, 2019).

Etkileşimli sanatın öncülerinden olan Myron Krueger, 1975 yılında “Videoplace” adında; kullanıcının sanal objelerle etkileşim içerisinde olabildiği bir artırılmış gerçeklik sistemi oluşturmuştur (Kipper ve Rampolla, 2012). Videoplace, video kameralar, projektörler, kullanıcıların ekrandaki görselleri gibi bileşenlerden oluşur. Kullanıcıların giymesi gereken bir gözlük ya da eldiven ihtiyacı bulunmadan kullanıcının hareketlerine cevap veren, bir yapay gerçeklik oluşturulmuştur (Rampollaand Kipper, 2012). Sonrasında 1980’li yıllarda Toronto Üniversitesi’nde Steve Mann tarafından giyebilir teknoloji ürünleri üretilmeye başlanmıştır (Sırakaya, 2015).

İlk artırılmış gerçeklik örneklerinde görüldüğü üzere aygıtlar çoğunlukla büyük, bir insan tarafından taşınması oldukça zor ve bir bilgisayara bağlı olarak kullanılabilirdi. Günümüzde ise oldukça küçük boyutlara ulaşmış ve halen gelişmekte olan artırılmış teknolojiler görebilmekteyiz.

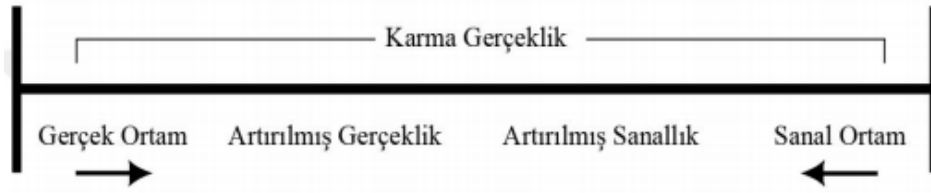
1990 yılında Boeing Bilgisayar Servisi Araştırmalarından (Computer Services Research) bilim insanı Tom Caudell, artırılmış gerçeklik terimini ortaya attığı düşünülmektedir. Caudell ve Mizell Boeng firması için başa takılabilen dijital bir cihaz ortaya çıkarmıştır (Şekil:15). Bu dijital sayesinde çalışanlar uçağın elektrik sistemi hakkında daha fazla bilgi edinebilmişlerdir. Bu kullanım şekli ile artırılmış gerçeklik uygulamasının, eğitim amaçlı kullanılmasına bir örnek olabilir.



Şekil 15: Caudell ve Mizell tarafından geliştirilen AG sistemi (Ballı, 2021).

Paul Milgram ve Fumio Kishino tarafından 1994 yılında yazılmış olan “A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays” isimli makalede gerçeklik – sanallık sürekliliği tüm dünyada kabul görmüş ve günümüze kadar gelip geçerliliğini sürdürebilmektedir. Bu tanımda gerçeklik ve sanallık arasındaki fark ortaya koyulmuştur. Bu tanıma göre artırılmış gerçeklik, karma gerçekliğin bir alanıdır.

Sanal ortamlar ve artırılmış sanallık çevreyi sanal bir ortamla değiştirmektedir. Şekil 16’da ki görselde karma alan, gerçek alan ve sanal alan arasındaki ilişki görülmektedir (Milgram ve Kishino, 1994)



Şekil 16: Sanallığın devamlılığı (Milgram ve Kishino, 1994).

Ronald Azuma, AG'nin tanımının en geniş şekilde yapıldığı ilk incelemesini 1997 yılında sunmuştur. Bu incelemede Azuma'ya göre AG sanal ve gerçek çevrenin, eş zamanlı olarak 3 boyutlu ve etkileşimli olarak bir arada kaydedilmesi olarak tanımlamaktadır. Ayrıca Azuma artırılmış gerçeklik teknolojisinin üretim, tıp, havacılık, askeri, eğlence gibi farklı alanlarda kullanımından da söz etmiştir.

Bazı kaynaklara göre ise artırılmış gerçeklik kavramı daha eskilere dayanmaktadır. 2. Dünya Savaşında İngilizler tarafından Mark VIII Airborne Interception Radar geliştirilmiştir ve bu radar sayesinde çevredeki uçakların, düşman uçağı olup olmadığı anlaşılabilir.

1994 yılında Julia Martin tarafından üretilen ilk artırılmış gerçeklik AG tiyatro projeksiyonu 'Dancing in Cyberspace' olarak adlandırılmıştır. Uygulama, dansçılar ile gerçek zamanlı olarak aynı fiziksel alana yansıtılmıştır.

1997 yılında üniversite hakkında bilgi vermeyi amaçlayan ve kampüsü gezmeyi sağlayan bir mobil artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulamada üniversite çevresi hakkında bilgileri sunmak için başı takip eden, başa takılı, ekran kalemi, dokunmatik alana sahip donanımlar kullanılmıştır.

1999 yılında Hirokazu Kato tarafından gerçek ve sanal görüntüleri birbirlerine dahil edebilen ARToolKit adında bir artırılmış gerçeklik sistemi geliştirilmiştir (Yılmaz ve Göktaş, 2018). Bu uygulama ile artırılmış gerçeklik kullanıcıların kişisel bilgisayarları ile görüntülenebilmektedir. Günümüzde kullanılan birçok flash tabanlı uygulama ARToolKit kullanılarak yapılmaktadır.

ARToolKit uygulaması için bilgisayar izleme kitaplığı geliştiren Kato, bunun için gerçekte var olan kamera konumu ve yönünü kare kod uygulamasından yardım alarak geliştirmiş ve gerçek zamanlı uygulamayı içeren video izleme tekniğini kullanmıştır. Bu uygulama sayesinde kişi sabit bir görüş açısından kurtulmuştur.

İlk açık hava/dış mekân AG oyunu olan ARQuake Amerikalı Teknoloji ve Matematik profesörü Bruce Thomas tarafından 2000 yılında üretilmiştir. Bu mobil oyunun tanıtımı Uluslararası Giyilebilir Bilgisayarlar Sempozyumunda yapılmıştır (Thomas ve diğerleri, 2000). Oyunda başa takılabilen bir ekran kullanılmıştır ve bu sayede kişi dış dünyada özgürce hareket edebilecek şekilde oyununu oynayabilmektedir.

2000'li yıllarda yaşanan teknolojik gelişmeler artırılmış gerçeklik teknolojisinin gelişmesinde ve kullanımında büyük katkı sağlamıştır. Kablosuz ağların gelişim göstermesi, telefonlarda GPS, kamera var olması sayesinde günümüzde artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanımı artmış ve yaşamımızı kolaylaştırmıştır (Alem, 2011).

2002 yılında Dahne ve Karigiannis tarihi mekanları ziyaret etmeyi severlere daha fazla bilgi sunabilmek ve arkeolojik alanlarda kişiye özgü rehberlik sunabilme amacıyla Archeoguide isimli, bir sistem geliştirmişlerdir. Bu sistemin ilk örnekleri için Yunanistan'da bulunan Olimpiya Antik Kenti uygun görülmüştür. Bunun nedenleri olarak var olan kalıntıların harabe şeklinde olması, sık ziyaret edilen alanlar arasında yer alması ve olimpiyat oyunlarının doğum yeri olarak kabul edilmesi gösterilebilir. Mobil bir açık alan artırılmış gerçeklik sistemi olan Archeoguide adlı sistemde, tarihi yerleşim mekanlarındaki yerleri yeniden inşa etmek, dış mekân izleme, 3 boyutlu görselleştirme teknikleri ve artırılmış gerçeklik teknikleri kullanıldığı görülmüştür. Bu sistemin kullanılması halinde, tarihi yapıların yeniden inşa edilmiş haliyle ziyaretçilere gösterilir. Bu işlem sanal rekonstrüksiyon ile yapılır. Böylece tarihi alanların müdahale edilmeden sergilenmesi sağlanır. Kullanıcılar sanal ve gerçek dünyadaki görüntüleri bir arada görebilmeyi deneyimlerler, aynı zamanda sistem işitsel öğelerle desteklenir. Kullanıcıya göre coğrafi konumlandırma sistemi (Global Positioning System) ilk kez bu uygulamada kullanılmıştır. Sistemin AG rekonstrüksiyonları, sesli anlatımları ve navigasyon sistemi bulunmaktadır. Bu sayede kullanıcılar hiçbir rehbera gerek duymadan antik kenti gezebilir. Bu özellikleri sayesinde kullanıcıların ilgisini çekmiştir fakat artırılmış gerçeklik gözlüğünün dolaşılırken takılması durumu, bazı kullanıcılar tarafından eleştirilmiştir.

Bunun dışında sistem hava koşullarına elverişli olmaması, kameranın açık havaya uygun olmaması durumu, çok ağır olması, ticari kullanım açısından bakıldığında da pahalı olması gibi birçok sıkıntı ile karşı karşıya kalmıştır.

2010 yılında ise Wikitude Drive adlı ilk AG tabanlı navigasyon sistemi yayınlandı (Şekil: 17). Bu sistemde yolculuk esnasındaki konumunuza eş zamanlı olarak, gerçek bir dünya görüntüsü ile video yayını sağlanmaktadır. Böylece sürücü ayrı bir teknolojik aygıta gerek duymadan yoluna devam edebilmektedir.



Şekil 17: Wikitude Drive (Url 12).

Artırılmış gerçeklik konusunda teknolojik bir devrim olarak kabul edilen “Google Glass” ürünü, Google tarafından 2013 yılında sunulmuştur (Şekil:18). Bu ürün günümüzdeki giyilebilir teknolojilere örnektir. Kulaklık bağlantısı ve dokunmatik yüzeyi olan bir gözlük şeklindedir. Kullanıldığında gözlük takıyormuş hissi uyandırır. Sesli komut ile yönetilebilir ve kablosuz internet bağlantısı özelliğine sahip olması özelliği ile video görüşmeleri ve internet aramalarına izin vermektedir.



Şekil 18: Google Glass görünümü (Url 13).

Google Glass teknolojisi, fotoğraf çözünürlüğü 5 megapiksel olmakla birlikte, 720p çözünürlükte video çekebilen bir kameraya sahiptir. Sağ gözünün üst kısmında yer alan video çıkış sistemi yer almaktadır. Sesli komutlar vererek çalışabilen teknolojinin kullanımını oldukça kolaydır. Kablosuz internet bağlantısına sahip olduğundan internette arama yapma, sesli arama gibi birçok aktiviteyi gerçekleştirebilir. Cihazda kullanıcının yönlendirmesi ile çalışabilen bir mikrofon ve touchpad bulunmaktadır.

Ses uygulamaları mikrofon ile diğer yönlendirmeler ise touchpade ile yapılır. Fotoğraf çekmek için de göz kırpma hareketi kullanabilmektedir fakat istemsiz göz kırpma hareketleri gibi durumlarda, fotoğraf çekimi gerçekleşebileceği için bu özelliğin kullanımı tavsiye edilmemektedir (Öztürk, 2014).

Google Glass teknolojisinin eğitim amaçlı kullanıldığını gösteren örneklerde mevcuttur. Andrew VandenHeuwell adlı bir öğretmenin Cenevre’de gittiği Avrupa Nükleer Araştırmalar Merkezi’nde (CERN) gezi esnasında, Google Glass gözlüğü kullanarak Amerika’da bulunan öğrencilerine, Google Hangout bağlantısı ile tüm geziyi kendi gözünden canlı olarak anlatarak gösterebilmiş olması, bu desteğin güzel örneklerinden birisi olarak gösterilebilir (Google Glass Used, 2013).

Volkswagen ve MetaioGmbH firması 2013 yılında gerçek ve sanal parçaları 3 boyutlu olarak gösterebilen, aracın iç kısımlarını görüntüleyebilen MARTA (Mobile Augmented Reality Technical Assistance) adındaki teknolojiyi geliştirdi. Teknolojide belirli parçaların nasıl onarılabileceğine dair adım adım bilgiler yer almaktadır.

Bu durum Volkswagen çalışanlarının iş faaliyetlerini zaman ve maliyet bakımında verimli şekilde desteklemiştir. MARTA teknolojisi, o dönem içerisinde Volkswagen XL1 modelinde uygulanmıştır (Volkswagenag, 2013).

2015 yılında ise artırılmış gerçeklik teknolojisi kapsamında yenilikçi ürünler geliştirilmeye devam edilmiştir. Artırılmış gerçekliği ileri taşıyabilecek bir çalışma olan ve Microsoft tarafından üretilen ilk holografik bilgisayar olabilme özelliğine sahip HoloLens geliştirilmiştir. Bu kapsamlı uygulama sesli komut ile Windows 10 sistemi üzerinde çalışabilen bir gözlük sunmaktadır (Gümüş, 2015).

2016 yılında HoloLens, NASA’nın Florida’da yer alan Kennedy Uzay Merkezi’ndeki “Hedef: Mars” adlı sergisinde, holografik olarak tasarlanan bir artırılmış gerçeklik platformu olarak sunulmuştur. Ayrıca aynı yıl Microsoft, yeni nesil karma gerçeklik deneyimini kullanıcıya sunan HoloLens 2’yi duyurmuştur. HoloLens 2 yeni donanımlarıyla, farklı çalışma alanlarıyla (sağlık sektörü gibi) daha fazla katkı sağlayabilmektedir.

2018 yılında Google tarafından Arcore adlı, AG deneyimleri oluşturulabilen bir platform oluşturulmuştur.

Arcore teknolojisinin; sanal dünya ve gerçek dünyanın birleştirilmesini sağlayan çevreyi algılayabilme, ışık tahmini ve hareket algılama olarak 3 önemli özelliği bulunmaktadır. Markaların AG uygulamalarının akıllı telefonlarda kullanabilmesi sağlamaktadır. En önemli özelliklerinden biri İOS cihazlarını da destekleyebilmesi ve Android, İOS olmak üzere her iki platformda da kullanıcıların, geliştiricilere ulaşabilmesini sağlayabilmektedir (DZone, 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojileri, telefon ve tabletler aracılığı ile insanların hayatlarında var olmaktadır (Emspak, 2018). Teknolojinin gelişmesi, zamanı daha verimli kullanabilmeye olanak sağlamaktadır. Yeni yazılımların üretilmesi ve yeniliklerin artmasıyla birlikte AG uygulamaları, hedef kitleye ulaşabilme konusunda etkili bir araç olarak kullanılacağı ön görülmektedir.

2.2.2 Artırılmış Gerçeklik Teknolojilerinin Özellikleri

Artırılmış gerçeklik sistemleri teknolojinin gelişmesi ile birlikte, karmaşık teknolojilerle etkileşim halinde olmuştur. Sadece kamera, mobil, internet teknolojileri değil başka birçok teknolojilerle iç içedir. R. Azuma, Y. Bailot, S. Julier ve diğerlerinin 2001 yılındaki açıklamalarına göre ise bir artırılmış gerçeklik teknolojisinin ortaya çıkabilmesi için görüntüleme, takip, düzenleyebilme sistemleri, çalışma sistemleri gereksinim vardır.

Takip tabanlı gerçeklik sistemlerinde, artırılmış gerçeklik ortamı oluşturulmasında gerçek dünya üzerine, zengin içerikli multimedya görüntüleri eklenecek olan nesne ya da cisim seçilir. Seçilen cismin yön ve konum bilgisinin edinilmesi aşaması ise takip sistemi aşamasıdır. Bu sistemin kusursuz işleyebilmesi için görüntüleme sistemlerinin, doğru çalışması gerekir (Ercan, 2010). Konum bilgisi detayları da oldukça önemlidir. Maksimum hatanın 1- 2 mm olması gerekir. Takip sisteminin işleyebilmesi için diğer önemli bir nokta ise zengin multimedya görüntüsünün, yansıma süresinin az olması gerekmektedir (R. Azumavediğ. 2001).

Takip sistemleri sensör tabanlı, görüntü tabanlı ve hibrit takip sistemi olmak üzere 3 grupta incelenir: Sensör tabanlı sistemler kendi içerisinde optik, manyetik, durağan, akustik olmak üzere dörde; görüntü tabanlı sistemler işaretçi ve işaretçi olmayan olmak üzere ikiye ayrılır. Hibrit sistemler ise sensör ve görüntü tabanlarının bir arada kullanılmasıyla oluşan sistemler olarak bilinmektedir (Ullah, 2013).

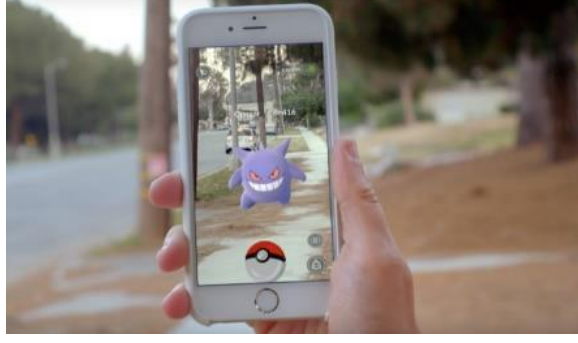
İşaretçi tabanlı takip sistemleri (marker-based tracking), görüntüyü tanıma görevi üstlenir. Donanımlar sayesinde sanal ortamda ortaya çıkan bilgiler ile gerçek ortamdaki var olan cisimlerin doğru bir şekilde çakışabilmesini sağlar. İşaretli olan konum, kameralar vasıtasıyla tespit edilir. Okuyucu konumu algılayabilir ve sonucun ortaya çıkabilmesi için de 2 boyutlu bir görseli odaklanma merkez ya da QR kodu kullanır (Aksu, 2019). Çünkü QR kodları zıtlık yaratabilerek kolayca algılanabilen bir sistemdir ve okunması kolaydır. Nesnelere birbirinden ayırıştırabilmek için kamera sistemleri kullanılır. Maliyeti diğer artırılmış gerçeklik takip sistemlerine göre daha düşük olduğu için tercih edilebilmektedir. Bu sistemlerde bilinmesi gereken önemli bir nokta, sistemin başarıyla tamamlanabilmesi için çakıştırılacak nesnenin boyutu, rengi ve şekli önemlidir.

Nesnenin kare olması beklenmese de en az dört köşeye sahip olması yön ve konum verilerinin eksiksiz bir şekilde aktarılması için önem taşır. Siyah ve beyaz renkli cisimlerde (Şekil:19) aktarım daha kolay olurken, renklerdeki yansıma payı sonucun doğruluğunu etkileyebilmektedir (Owen, Xiao, Middlin, 2002).



Şekil 19: QR kodu okuması (Url 14).

İşaretçi kullanılmayan sistemlerde bir işaretçi yoktur ve konum verisi sağlanmak için GPS, pusula vb. kullanılır. Görsel verilerin konumu için gerçek dünyada belirli bir nokta tercih edilmiştir. Artırılmış gerçeklik cihazı ile bu belirlenen konumun görüntülenmesi sağlanır. “PokemonGo” oyunu, bu sistemlere örnek olabilir. Bu oyundaki oyuncular, gerçek hayattaki çeşitli noktalarda konumlandırılmış olan oyun karakterlerini, mobil cihazlar aracılığıyla bulabilirler (Şekil: 20). Bu sistemler işaretleme tabanlı sistemlere göre daha karmaşık olabilir. Daha büyük bir veri hesaplayabilme olanağı istediği için mobil uygulamalarda kullanımı kolay değildir.



Şekil 20: PokemonGo oyunu (Url 15).

Projeksiyon tabanlı sistemlerdeki uygulamalar; dijital bir platformda var olan içeriklerin, belirli nesnelere üzerine yansıtılması yöntemiyle oluşmaktadır. Mobil cihazlarda kullanımı daha fazladır. Bu sebeple uygulamayı kullanan kişiler için kullanım kolaylığı sağlamaktadır (Kaleci, Demirel, Akkuş, 2016).

Projeksiyonlu tabanlı sistemler sayesinde, geleneksel cihazların yaşadığı bazı teknolojik problemler çözümlenebilmektedir. Tanıma tabanlı takip sistemlere baktığımızda ise sistemin gerçek dünyada var olan nesnelere algılayarak, onlara odaklandığı ve o nesnelere hakkında bilgi edinebilmesini sağladığını görürüz. Bilgiler edinildikten sonra işaretçi tanımlanır ve ortaya 2 ya da 3 boyutlu cisimler çıkar (Kaleci, Demirel, Akkuş, 2016). Ana hat tabanlı AG sistemlerinde amaç; kullanıcının bilgiye ulaşamadığı kısımlar hakkında ana hatlarıyla, kullanıcıya bilgi sunabilmektir. Bu uygulamaya örnek olarak aşağıda yer alan görseldeki “HeadsUpDisplay” sistemleri gösterilebilir (Şekil 21). “HeadsUpDisplay” içerisinde geniş kamera sistemlerini barındırır. Bu kamera sistemleri sayesinde sürücü olumsuz hava koşullarında, sistem üzerinden ışıklar ve çevreleyen levhalar hakkında bilgi edinir (Bunsuz, 2019).



Şekil 21: “HeadsUpDisplay” (Url 16).

Artırılmış gerçeklik sistemleri arasında en sık kullanılan sistemler, konum tabanlı sistemlerdir. Bu sistemlerin tabletlerde ve akıllı telefonlarda kullanılabilmesi önemlidir. İçerisinde bulunan farklı sistemlerin desteğiyle çalışmaktadır. En yaygın şekilde yol haritalamalarında, çevredeki mekanları bulma gibi durumlarda kullanılır. Çoklu ortam tabanlı tam konumlandırılmış artırılmış gerçeklik sistemleri ise müzelerde, askeri ve tıp alanlarında yoğunlukla kullanılır. Üç boyutlu nesne işaretçinin üzerine tam olarak konumlandırılmalıdır ve çoklu ortam nesnelere ile genişletilip desteklenmelidir (Kaleci, Demirel, Akkuş, 2016).

2.2.3 Artırılmış Gerçeklik Uygulama Alanları

Teknolojinin gelişmesi ve akıllı cihazların yaygınlaşması ile artırılmış gerçeklik teknolojisinin farklı kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Bu alanlar eğitim, oyun, eğlence, sağlık, reklam, pazarlama, kültür ve sanat alanları olarak sayılabilir. Çalışmanın bu bölümünde artırılmış gerçeklik teknolojisinin uygulama alanlarından bahsedilmiştir.

İnsanların dikkatini çekebilecek uygulama ve görseller oyun/ eğlence alanlarında da artmıştır. Oyun alanında günümüzde daha çok tabletler, bilgisayarlar kullanılmaktadır. Bu sektördeki firmalar daimî olarak teknolojik gelişmeleri takip ederler ve bu gerçek ile sanal birleştirme noktasında, grafiklerin gerçeğe yakın olarak şekilde gerçeklik hissi uyandırması, oyunun kaliteli olması bakımından önemlidir.

Araştırmanın artırılmış gerçeklik tarihçesi kısmında da bahsedildiği üzere ilk mobil AG oyunu, "ARQuake" oyunudur (Thomas vd., 2000; Piekarski& Thomas, 2002).

2007 yılında Sony tarafından Playstation3 için geliştirilmiş olan şekil 22’de gösterilen, “The Eye of Judgment (Yargının Gözü)” oyunu bulunmaktadır (Şekil 22).



Şekil 22: “The Eye of Judgment (Yargının Gözü)” oyunu (Pilet, 2008).

Bu verilen oyun örneklerinin yanı sıra League of Legends oyunu da tüm dünya tarafından sevilen ve oynanan oyunlar arasındadır. Oyun yapımcıları League of Legends oyununun Türkiye’de de çok sevilip oynandığını fark ederek, oyunu daha gerçekçi hale getirebilmek adına oyuna Türk kültürüne uygun deyimler ve atasözleri eklemiştir. Bu durumda kişi gerçekliği daha fazla yaşayabilmektedir ve gerçek dünya ile sanal dünya arasında bağ kurabilmektedir (Bunsuz, 2019).

AG teknolojilerinin sosyal medya platformlarında kullanımı da söz konusudur. Snapchat, Instagram gibi sosyal medya platformları da AG kullanımları ile dikkat çekebilmektedir. Videolara artırılmış gerçeklik nesnelere eklenebilmekle birlikte kamera yönü değişse bile bu nesnelere boyutları değişebilmektedir.

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin son yıllarda ki gösterdiği gelişim sonucunda, eğitim alanında da örneklerinin görülmesini sağlamıştır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi eğitim alanına yakın bir geçmişte dahil olmaya başlamıştır (Fleck ve diğerleri, 2014). Deneyimleyerek öğrenme, aktif bir öğrenme temeli olduğu için bir olguyu deneyimleyerek öğrenen öğrencilerde, öğrenmenin daha kalıcı olduğu bilinmektedir. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında yer alan sesler, animasyonlar, ara yüzler, dikkat çekici donanımlar gibi etkenler, öğrencinin öğrenme sürecine katkı sağlayabilmektedir (Bunsuz, 2019). Artırılmış gerçeklik teknolojisinin öğrenciyi merkezde tutabilme, farklı öğrenme ortamları yaşamasını sağlama ve öğrenmeyi destekleme gibi avantajlara sahip olması özellikleri ile eğitim alanında yerini almaktadır (Singhal, Bagga, Goyal ve Saxena, 2012).

AG teknolojisinin eğitimde kullanılmasının diğer avantajları şu şekilde sıralanabilir:

- Dikkat çekici bir teknoloji olması sebebiyle, küçük yaş grubunda öğrenme süreçlerini desteklemek amacıyla kullanılabilir (Delello, 2014; Tomi ve Rambli, 2013).
- Öğrencilerin anlamasını kolaylaştırabilir ve böylelikle eğitimde belli hedeflere ulaşılabilir (Cai ve diğerleri, 2014; Delello, 2014; Shelton ve Stevens, 2004).
- Öğrencinin derse aktif olarak katılımını destekler ve öğrenci öğretmen arasında bir iş birliği oluşturabilir (Fleck ve diğerleri, 2014; Medicherla, Chang ve Morreale, 2010).

- Küçük yaş gruplarında somut öğrenme döneminde yer alan öğrenciler için soyut kavramların artırılmış gerçeklik teknolojisi ile gösterilmesi, öğrencinin soyut kavramı daha iyi algılayabilmesini destekler (Abdüsselam, 2014; Taşkiran ve diğerleri, 2015).
- Artırılmış gerçeklik teknolojisi öğrencilerin motivasyonlarını, düşünme becerilerini olumlu yönde etkilemektedir (Erbaş, 2016).

Somyürek (2014) tarafından yapılan çalışmada, artırılmış gerçeklik teknolojisinin eğitim amacıyla kullanıldığı alanlar aşağıdaki maddelerde sıralanmıştır;

- Matematik, geometri ve coğrafya derslerindeki kavramların görselleştirilmesini sağlama,
- Sağlık eğitiminde belirli becerileri kazandırabilme,
- Uçak bakım işlerinde ve lazer/ yazıcı donanımlarında kullanabilme,
- Deneylerin gerçekleştirilmesinde ve fizik, kimya gibi derslerde üç boyutlu kullanabilme,
- Öğretmenlere sınıf içerisinde yönetim konusunda deneyim kazandırabilme,
- Mühendislik eğitiminde araçlar hakkında bilgi edinebilme gibi birçok alanda kullanıldığı görülmektedir.

Yüksek öğrenimde de artırılmış gerçeklik uygulama örnekleri görülmektedir. Mühendislik, tıp, mimari gibi birçok alanda artırılmış gerçeklik teknolojisine rastlanmaktadır. Artırılmış gerçeklik teknolojisi örneği olabilecek olan fizik dersi içeriğinde manyetik alanlarla ilgili bir “MagAR” isimli yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım sonucunda AG yazılımların öğrenci başarısını olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir (Abdüsselam & Karal, 2012) (Şekil 23).



Şekil 23: a) Artırılmış gerçeklik teknolojisinin mobil kullanımı b) Uygulamanın sanal görünümü (Url 17).

Sağlık alanındaki artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanımını artmış olmakta ve bu uygulamalar ile zamandan, maliyetten tasarruf sağlanabilmektedir. Bu alandaki AG uygulamaları çoğu zaman hayati değer taşıyabilmektedir. Konu bir kişinin can sağlığı olduğunda, diğer alanlara göre bu alanda AG teknolojisinin kullanılması daha zorunlu olabilir. Tıp eğitimi noktasında AG teknolojisi, doktorlar ve tıp öğrencilerine kolaylık sağlayabilmektedir (Küçük, 2015).

Tıp alanında AG teknolojisinin örnekleri arasında kalp atışı, nabız, ateş ölçer uygulamaları, kemik tümörü cerrahisinde kullanılan ve kalp ameliyatlarında anatomik bilgi sağlayan AG teknolojisi uygulamaları ile karşılaşabiliriz (Jeon, Hwangbo ve Hong, 2016).

AG uygulamaları, karmaşık ameliyatlarda doktorların kan, damar gibi bölümleri rahatlıkla görebilmesi için kullanılabilir. Hastaların bilgilerine daha kolay ulaşabilmek ve teşhis koyabilmek için tercih edilir. Araştırmalara baktığımızda bu noktada “Google Glass” teknolojisi ile bir ameliyat gerçekleştiğini görürüz.



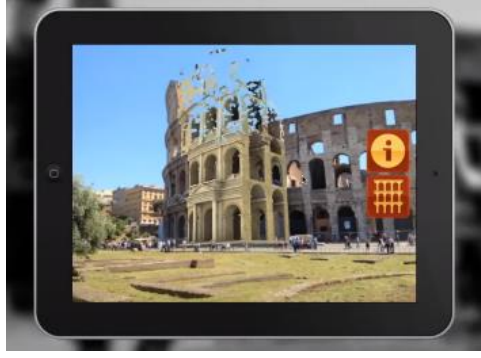
Şekil 24: Doktorların hastalara özgü anatomiye görebilmesinin sağlanması (Url 18).

Günümüzde teknolojinin gelişmesi ile sağlık sektöründe AG uygulamaları ile ilgilenen şirketler artmaktadır. AccuVein, Microsoft HoloAnatomy, Aira, Arnotomy gibi şirketler, bu teknolojinin tıp alanında kullanılmasına imkân sağlayan şirketler arasında sayılmaktadır.

AG teknolojisi ile engelli kişiler için üretilmiş uygulamalarda bulunmaktadır. Engelli kişiler için üretilmiş “Oxsight” uygulamasının amacı, görme engelli kişiler ya da kısmen görebilen kişilerin yaşam standartlarını arttırmak, daha kolay yaşam sürebilmelerini sağlayabilmektir. Gözün bozukluk durumuna göre renk ayarlanabilmekte, hatta kişi çevresindeki mimikleri ayırt edebilmektedir. Oxford Üniversitesi tarafından üretilen bu gözlüğün yapım aşamasında, birçok görme engelli birey ile çalışılmış ve olumlu geri bildirimler alınmıştır (Atasoy, 2018).

Sağlık alanında kullanılan artırılmış gerçeklik teknolojisinin faydalarını sıralamak istediğimizde; hastalara hızlı bir şekilde müdahale edilebilmesi, sağlık personelleri eğitimlerinde kullanılması, herkes tarafından rahatlıkla kullanılabilir olması, komplike ameliyatlarda kolaylık sağlaması olarak sıralama yapabiliriz.

Turizm sektöründe artırılmış gerçeklik uygulamalarını incelediğimizde ise teknolojinin bu alanda sıklıkla kullanıldığını görürüz. Artırılmış gerçeklik uygulamalarında GPS sisteminin taşınabilir cihazlarda da var olması sebebiyle, özellikle turistler bu uygulamadan yararlanabilmektedir. Seyahat edilen yerlerdeki bulunan otellerin, restoranların, müze ve sergilerin, kafelerin konumlarını bulabilmek, otellerin kalitesini anlayabilmek, yorumlarına ulaşabilmek, gezilecek yerin haritasını bulabilmek gibi birçok eylem için artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanılmaktadır. Restoranların AG destekli uygulamalarının bulunması dahilinde, menülerde yer alan ürünlere kadar ulaşılabilir. Eş zamanlı bilgiye sahip olunabilme durumu, turistler için önemli bir kolaylık sağlamaktadır (Özgüneş, Bozok, 2017).



Şekil 25: Turizmde artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanılması (Url 19).

Ziyaretçi deneyimini arttırabilmek hedefiyle de turizmde, artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanılmaktadır (Fritz, Susperregui ve Linaza, 2005) (Şekil 25). Günümüzde pek çok müzede, sergide, hayvanat bahçesinde, doğal alanlarda AG teknolojisi kullanılmaktadır. Ziyaretçilerin sadece arkeolojik alanlar hakkında bilgi sahibi olmak yerine aynı zamanda antik kentteki günlük hayatın işleyişine dair bilgi aktarımı sağlayabilmek amacıyla Antik Pompeii projesi oluşturulmuştur. Antik kentteki yaşamın sanal görüntüleri, ziyaretçinin antik kent yaşamını daha iyi anlayabilmesi ve algılayıp yorumlayabilmesi için önem taşımaktadır (Papagiannakis ve diğerleri, 2005).

Güney Kore'nin Seul şehrinde bulunan Deoksugung Sarayı'nda kullanılan AG teknolojisi uygulamaları ziyaretçilerin dikkatini çekmektedir (Chung, Han ve Joun, 2015). Çin'de bulunan bir yıkım sonucunda yok olan Yuanmingyuan İmparatorluk Bahçesi, AG uygulamaları ile ziyaretçilere sunulmuştur. Tarihi bahçenin eski halinin dijital rekonstrüksiyonu tasarlanmıştır (Huang, Liu ve Wang, 2009) (Şekil:26).



Şekil 26: a) AG teknolojisi ile rekonstrüksüyon b) Dijital görünümü (Huang, Liu ve Wang, 2009).

Bu alanda başka bir örnek ise March uygulamasıdır. Bu uygulama tarih öncesi dönemlerde yer alan duvar yazılarının, yapıldığı dönemdeki görüntüsünün oluşturulabilmesine olanak sağlamaktadır. Bu bilgilere ulaşabilmek için cep telefonu kamerasının duvar yazısının olduğu resme doğru tutulması yeterli olabilmektedir (Choudary, Charvillat, Grigoras ve Gurdjos, 2009).

AG teknolojisinin gelişmesi, reklam alanında kullanılan geleneksel reklam yöntemlerinin terk edilip yerine, modern reklam yöntemlerinin tercih edilmesine zemin hazırlamıştır. Günümüzde kişilerin farklı ürünleri artırılmış gerçeklik tanıtımı sonrasında, etkileşimli uygulamalar aracılığıyla aldığı görülmüştür. 2011 yılında “Magic Mirror- Sihirli Ayna” isimli bir artırılmış gerçeklik uygulaması geliştirilmiştir (Şekil:27). Bu uygulamada, kişiler herhangi bir ayakkabıyı satın almadan deneyip sihirli aynadan görebilme fırsatı bulabilmektedir. Kişiler hem mağazaya girmek zorunda kalmadan ayakkabıyı deneyebilecekler, hem de istediklerinde renk, numara değişimi yapabileceklerdir (Carmigniani vd., 2011).



Şekil 27: MagicMirror uygulamasından bir görüntü (Url 20).

Akıllı telefon ve mobil cihazların sıklıkla kullanılması nedeniyle, bu cihazların AG teknolojisi ile uyumlu hale getirilmesi sonucunda, reklamcılık sektörü için de ayrı bir önem kazanmıştır. Akıllı cihazlar aracılığıyla kişiler mekân fark etmeksizin, istedikleri zaman reklam sektörüyle iç içe olabilmektedir. AG teknolojisi ile modern ve geleneksel reklam yöntemlerinin birleştirilmesi ile farklı afişler hazırlanabilmektedir.

2014 yılında mobilya ve ev eşyaları firması İKEA, ilk kez ev eşyalarının ev ortamında üç boyutlu olarak görülebilmesini sağlayan bir artırılmış gerçeklik uygulaması sunmuştur (Şekil:28). Böylece ziyaretçiler beğendikleri ev eşyalarını, AG teknolojisi ile deneyimlemişlerdir.

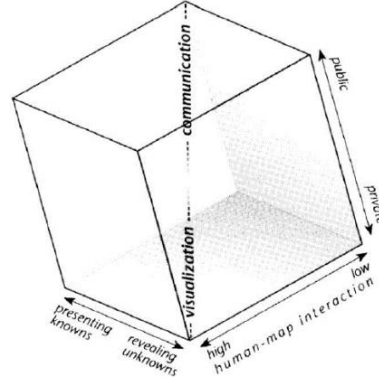


Şekil 28: Ev eşyalarının ev ortamında üç boyutlu olarak görülebilmelerini sağlayan bir artırılmış gerçeklik uygulaması (Url 21).

2.3 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojileri

2.3.1 Genişletilmiş Gerçeklik Kavramı ve Tarihçesi

Genişletilmiş gerçeklik (XR) kavramı, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AG) ve karma gerçeklik (MR) kavramlarını kapsayan bir üst terim olarak düşünülebilir. Genel olarak bu kavramlar birbirlerinin içerisine geçebilmektedir. XR, AG ve VR bir spektrumu ifade ettiğinden, bu terimlerin aralarındaki kesin sınırları belirlemek çok mümkün olamamaktadır. Bu kavramların birbirleri içerisinde geçirgenlik göstermeleri sonucunda bu terimlerin, birbirlerinden ayırt edilmesinin çok kolay olmadığı düşünülmektedir. VR teknolojilerini ayırt etme çabaları genel olarak donanımlar (ekran özellikleri vb.) ve yazılımlar (görselleştirme, video, vb) üzerinden gerçekleştirilmeye çalışılmaktadır. Bu terimleri açıklama noktasında bazı bilim insanları, bazı kriterler altında kategorize ederek tanımlamalarda bulunmuşlardır. Pennsylvania Eyalet Üniversitesi'nde insan merkezli coğrafi, bilimsel, bilgi ve istatistik görselleştirme alanlarında, multidisiplinler arası çalışmaları bulunan Coğrafya Prof. ve Direktörü Alan MacEachren (MacEachren, 1999), GIScience konferansında; Burdea'nın VR üçgeni (Burdea, 2003) önerisine dayanarak bu kavramları dört farklı kategori altında temsil eden bir küp diyagramı önerisinde bulunmuştur. Bu dört kavram: İmmersion, interactivity, informationintensity ve intelligence of object olarak sunulmuştur.



Şekil 29: MacEachren'in görselleştirme ve iletişimle ilgili temel boyutları temsil eden küp diyagramı. Kaynak: The Guilford Press, New York, NY'nin izniyle (MacEachren, 2004).

Slocum ve arkadaşlarının 2008'de yaptığı tanımlamada ise “gerçek veya hayali bir 3D bilgisayarlı tabanlı simülasyonda, gezinebilecekleri ve etkileşimde bulunabilecekleri bir ortam” olabilme olması durumunun; VR özellikleri taşıyabileceğini savunmuşlardır (Slocum, 2008).

Genişletilmiş gerçeklik (XR) spektrumunun yanı sıra, genişletilmiş gerçeklik tanımlamasında daldırma ve var olma kavramlarının önemli olduğu düşünülmektedir. Daldırma, farklı anlamlar ifade etmek için kullanılmaktadır ve semantik olarak açıklığa kavuşturulması gereken önemli bir terimdir. Daldırma kelimesinin kökeni, suyun içine bütün vücuduyla ve hızlı girmek anlamından gelmektedir (TDK, 2021). Bir diğer anlamı ise; soyut olan bir yere yani nesnesiz olan bir yerin içine girmek anlamına gelmektedir. Sanal gerçeklikte ise dalma kelimesi, bir metafor olarak insanın tüm duyuları aracılığı ile bir bütün olarak; bir deneyimi algılaması ile ilişkilendirebileceği düşünülmektedir. Bir bilgisayar ekranının canlı ve görsel olarak bir yanılsama yaratma yeteneğinin kanıtlanması ile (Slatter ve Wilbur, 1997) gelişen genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi nihayetinde, sadece görme duyusuna hitap etmenin ötesine geçerek; insanın tüm duyularını kullanarak tam bir deneyim yaratılmasını gerçekleştirebilmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ile daldırmada, insanın fiziksel ve psikolojik alanlarına etki etmesi ile tamamen zihinsel bir varoluş durumu yaratabileceği düşünülmektedir (Sherman ve Craig, 2018). Psikolojik daldırmanın başarılı olabilmesi için bir uyarı ile çok derinden meşgul olma durumu yani hikâye okumak, film izlemek duygusu vb. yaratılabilmesi gerekmektedir.

Sanal ortamda fiziksel daldırmayı sağlayabilmek içinse; uygulamaların gerçekte var olmayan analitik kodlarının içinde hareket edilmesiyle açıklanabilmektedir (Lee, 2019). Genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerin stereoskopik ekranlar (izleyicinin sağ ve sol gözünde iki farklı görüntü göstererek hareketli bir görüntüde derinlik yanılması üreten) kullanılmaktadır ve bu ekranlar sayesinde kullanıcıya, çevresi ile ilgili görsel canlandırıcılar sunmaktadır (Slater, 1997, Lee, 2019). Teknolojik araçları kullanarak var olma duygusu elde edilebilmesi, mekânsal bilimler için de pek çok ilginç etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir. Örneğin, farklı ve hayali bir yerde olma hissi yaratılarak (Sherman, 2018) uzayda yolculuk simülasyonun yapılabilmesi, Mars'ta yürüyüşe çıkılabilmesi, farklı coğrafyaların keşfedilebilmesi, antik şehirlerin ziyaret edilebilmesinin gerçekleşeceği düşünülmektedir (Lönnqvist, 2009).

Bu teknolojilerin üretilmesinin hızlanması ve kolay ulaşılabilir olma özelliği kazanması ile VR ayna ekran sistemlerinin uzun süredir üzerinde çalışılmakta olduğu jeo-uzamsal kavramları özelinde, genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojilerinin gelişimi ile dijital dünyanın daha fazla hayal edilebilir hale gelebileceği ve diğer bilim alanlarını da etkileyebileceği düşünülmektedir (Goodchild, 2012).

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi, -sanal ve artırılmış gerçeklikler- günümüzde insan bilgisayar etkileşiminde (HCI), sosyal bilimler, fen bilimleri ve psikolojik deneylerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Veri toplama ve analizinde genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin sağladığı olanaklar, HMD'lerde bulunan yerleşik işlevlerle (örneğin el, bakış izleme) deneysel bir ortama taşınabilirliği ve tekrarlanabilirlik özelliği sunmaktadır. Bu özelliğin sunulması ile genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin kavramsallaştırılabileceğini göstermektedir. Günümüzde genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi -sanal, artırılmış ve karma gerçeklik- giderek daha fazla üzerinde durulan bir alan haline gelmiştir. İnsan-bilgisayar etkileşimi (HCI), bilgisayar teknolojisinin tasarımına ve özellikle insanlar (kullanıcılar) ile bilgisayar arasındaki etkileşime odaklanan multidisipliner bir çalışma alanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Günümüzde insanların kullandığı akıllı telefonlardaki yazılımsal ve uzamsal bilgi işlemlerinin (Pangilinan, 2018, Çöltekin, 2007) gelişmesi sonucunda ortamları gerçek zamanlı olarak, 3 boyutlu ve yüksek doğrulukta deneyimleyeme olanağı sağlayabilmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri ise sadece 3B sanal ortamlar oluşturmanın ötesinde, fotogerçekçi görseller, sunumlar ve sürükleyici arayüzler kullanarak, mekân duygumuzu dönüştüren etkileşimli ve güçlü deneyimlerde oluşturulabilmektedir. İnsanların yaşam deneyimlerinde anlaması zorlayıcı bilgileri, deneyimleri, iyi tasarlanmış bir genişletilmiş gerçeklik (XR) ortamında; gerçek dünya ile karşılaştırabilir veya özdeş bir yer duygusunu yaşayarak deneyimlerini, genişletebilmeleri sağlanmaktadır.

Bu teknolojilerin kullanımı ile insanın mekânsal düşünme ve öğrenmenin yanı sıra, günlük yaşamını etkileyecek deneyimler yaşaması da mümkün olabilecektir. Kullanıcı gerçek dünyasında ki bilgileri kartografik genelleme yaparak, kişiselleştirilmiş karma görsel alan içerisinde bulunan belirli nesnelere veya alan içerisinde bulunan herhangi bir bölümü vurgulayabilecek, işaretleyebilecek ve alanı kişiselleştirebilecektir.

2.3.2 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojilerinin zellikleri

Genişletilmiş gerçeklik (XR) ara yüzlerinde cihazların konumu ve yönü kritik derecede önemlidir. Kullanıcıların kafasının, ellerinin, gözlerinin, vücudunun konumu, yönü, duruşu ve ekran hareketi ile sağlanan bu tür bir konuma bağlı izleme; sanal (veya dijital olarak geliştirilmiş) dünya ile kullanıcının hareketlerinin eş zamanlı olarak gerçekleşmesini sağlamaktadır. İzleme iyi çalıştığında, ekran kullanıcının bakış açısına uyumlu hale gelebilmektedir. Bu durum kullanıcı üzerindeki deneyimi daha inandırıcı hale getirebilmektedir. Bu eşleşmelerde aksaklık yaşanması durumunda ise işlevsel olmayan izleme deneyiminin oluşmasına ve daldırma hissinin etkisinin azalmasına neden olmaktadır.

MR sistemlerin çalışabilmesinde konumsal izleme doğruluğunun, VR sistemlerden daha fazla önem taşıdığı bilinmektedir. MR'da kullanıcıların uzamsal kayıt verilerinin kritik önem taşımasıyla birlikte VR'da ise bu durum, MR kadar kritik değildir. Çünkü VR sistemlerinde nesnelere birebir olarak görülebilmektedir. Bu nedenle VR sistemlerde MR sistemlere göre izleme daha kolay bir Şekilde gerçekleşir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerde ise sanal ve gerçek dünya etkileşiminde göz ile izleme ve el takibi özelliklerini kapsayan iki önemli durum ortaya çıkmaktadır. Gz takibinin algılanması ile yalnızca etkileşim oluşması sağlanabilmektedir (ltekin ve ark. 2016).

İnsanların doğal evrimsel sürecinde bir şeylere ulaşmanın ve dokunmanın ne kadar önemli olduğu bilinmektedir (Naiper, 1993). Genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerinde insanların ellerini ve parmaklarını kullanabilmesi ile sezgisel etkileşim gerçekleşebilir ve bu durum karma gerçeklik (MR) sistemlerine, daha önce etkisi görülmemiş bir şekilde katkı sunmaktadır. Bu cihazlar sağladığı bu etki günümüzde uzay araçlarında, insansız hava araçları gibi birçok hareketli platformun, hareketinin stabilize edilmesinde kullanılmaktadır. Bir diğer önemli konu ise 2016 yılından itibaren günümüze kadar genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerin yapay zekâ (AI) ile birlikte kullanıldığı çalışmalardır. Cummings ve Bailenson'a göre genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerin içerisine entegre edilmiş yapay zekâ kullanılarak insanlarda, makine-yapay zekâ ile birlikte derin öğrenmenin sağlanabileceği mümkün görülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerine hareket algılayıcı sistemler (jiroskoplar) eklenerek, kullanıcının kafa yönünü izlenmesi sağlanmaktadır. Görüş alanının içerişi, bu entegre edilen sisteme göre düzenlenmektedir (Zhou, 2008).

Atalet ölçü birimi (IMU) izleme sistemlerinin en önemli ölçü birimidir. IMU'lar (İnertial Measurement Unit) ivme ölçmede kullanılır. İvme ölçme ise hızın yön ve zaman bakımından değişimi olarak tanımlanır. IMU'lar temelinde, ivme ölçer ve jireskop olmak üzere 2 ayrı sensör içermektedir. Türkçe karşılığına dönü ölçer denilmektedir. Jireskop ve ivmeölçer tek başlarına kullanıldıklarında güvenli ve stabil veriler sağlayamazlar. Bu sebeple iki farklı sensör kullanılır ve bu sensörlerden gelen bilgileri referans alarak birleştiren IMU'lar hız, pozisyon gibi bilgileri tek bir bilgiye dönüştürür. Bu durum sonucunda sistem sanal içeriği korurken, kameranın hedeften uzaklaşmasına izin verir.

3B kullanıcı ara yüzleri için K-kontrol cihazları 2B'den 3B kullanıcı arayüzüne geçildiğinde, tüm 'dünya' bir arayüz haline gelebileceği düşünülmektedir (Bowman vd., 2004). VR'da kullanıcı etkileşimi bazı özellikli cihazlar kullanılarak kontrol edilebilmektedir. Örneğin bir 3 boyutlu farenin klasik anlamda masaüstü VR uygulamaları için yeterli olabileceği düşünülebilir ancak elde taşınan ve dijital izleme sağlayan kumandaların kullanılması durumunda ise kullanıcıların, ayakta durabilmesine ve kısıtlı bir alan içerisinde hareket edebilmesine olanak sağlayabilmektedir.

Fareler ve kumandalar haricinde kullanılan, izleme sağlayan denetleyiciler ise gelişmiş denetleyiciler olma özelliklerini taşımaktadır. HTC'yi destekleyen VIVE ve Oculus Touch izleme sağlayan denetleyicilere örnek olarak gösterilebilmektedir.



Şekil 30: HTC Vive Focus 3 (Url 22).

Şekil 30’da görüldüğü üzere sanal gerçeklik donanımına sahip olan “HTC Vive Focus 3”, HTC ve video oyun geliştiricisi olan Valve firması ile ortak bir proje kapsamında geliştirilmiştir. 4896 x 2448 çözünürlüklü bir ekrana sahip olmakla birlikte, saniyede 90 hız yenileme özelliği ile kullanıcıya 120 derecelik görüş alanı sağlayabilmektedir. HTC Vive teknolojisinin başa takılabilme özelliği vardır ve kullanıcıların zaman ilerledikçe başa takılan cihazlarda yaşadıkları olumsuz etkileri engelleyebilmek amacıyla ürün, hafifletilmiştir. Bu sistem, çalışma konusunda etkili ve güçlü bir bilgisayar sistemine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca cihazın içerisine yerleştirilmiş bir jireskop, ivme ölçer ve lazer konum sistemlerini içeren çok fazla sensör bulunmaktadır. HTC Vive, bu sayılan özellikleri ile ses ve görüntü eşliğinde kullanıcıya sanal daldırma deneyimi yaşatmasının yanında, Valve tarafından geliştirilmiş olan iki denetleyici cihaz ile birlikte kullanımına olanak sağlamaktadır. Genellikle 1,5 ile 4,5 metrekare arası oda ölçeğinde bu cihazların içerisindeki kızılötesi lazer ışığını kullanan sensörler sayesinde, kullanıcıya bir aktivite ortamı yaratılmaktadır. Denetleyici cihazlar, başa takılan sistem ile belirli mesafeler arasında bir ağ oluşturur. Kullanıcının konumu milimetrenin altında bir hassasiyetle, cihazdaki sensörlerin birbirleriyle entegre çalışması ile tespit edilmektedir.



Şekil 31: OculusQuest 2 ve kumandalar (Url 23).

Oculus firması, 2012 yılında Kickstarter isimli teknolojik olarak yeniliklere dayalı içerik üretici platformu ile iş birliği yaparak artırılmış gerçeklik gözlüğünü piyasaya sunmuştur. Oculus firması ürettiği başlık prototipleri ile ortalama bir kullanıcının sahip olabileceği VR deneyimini yaşatabilmeyi hedeflemekteydi. Bu ilk üretilen prototiplerin VR deneyimini sağlama konusunda bazı eksikleri olduğu tespit edilmişti. Bunun üzerine 2016 yılında Oculus firması tarafından bu prototiplerin, güncellenmeleri sağlanmış ve eksiklikleri azaltılmaya çalışılmıştır. Bunun sonucunda bir diğer sürümü OculusQuest, kullanıcıya sunularak piyasaya sürülmüştür (Şekil:31). Bu güncellenmiş ürünün özellikleri; HTC Vive teknolojisi ile ekran çözünürlüğü, yenileyebilme hızı vb. konularda benzerlik göstermektedir (Lokka, 2019). OculusRift Firması'nın daha sonra ki süreçte HTC Vive tarafından üretilmiş olan, oda ölçeğinde kullanılabilme özelliğine sahip kontrol cihazına benzer bir el kumandası sistemi olan OculusTouch'u, piyasaya sürdüğü görülmektedir. HTC'nin piyasaya sunduğu "lighthouses" (Şekil:32) ve Oculus Rift şirketinin "Oculus Touch" isimli kitin, kullanıcılara üst düzey bir VR deneyimi sağladığı düşünülmektedir.



Şekil 32: VIVE Pro Eye Overview (Url 24).

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisindeki gelişmeler mükemmel etkileşime ve daldırmaya olanak sağlamaktadır. Yukarıdaki bölümde bahsedilen fiziksel denetleyicilerin yerine (şekil:31,32) yapay zekâ kullanılarak, genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerde bir denetleyici olmadan kontrol edebilme olanağı (rn: el izleme, hareket tanıma veya bakış izleme) sağlanmaktadır (şekil:33).



şekil 33: DAQRI şirketinin üretmiş olduğu akıllı kask (Url 25).

DAQRI şirketi, endüstriyel karma gerçeklik alanında bir çözüm geliştiricisi olarak bilinmektedir (şekil:33). Gözlüğün donanımı; giyilebilir akıllı gözlük ve yüksek bilgi işlem gücüne sahip USB 3.0 girişi bulunan, bluetooth bağlantı özelliği olan iki kitten oluşmaktadır (Fuhrmann, 2015).

DAQRI şirketi bir endüstriyel koruyucu ekipman olan kaska, karma gerçeklik teknolojisini ekleyerek ürettiği ürünler sonucunda tanılrlığının sağlandığı bilinmektedir (şekil:33). Karma gerçeklik sisteminde yer alan kameralar sayesinde cihazı kullanan kişinin kamerası, bir başka bilgisayarı kullanan kişinin kendi görüş açısında görüntü almasının sağlayabilmektedir. Yani iki farklı kişinin aynı bakış açısından grşebilmesine olanak tanımaktadır.

Microsoft HoloLens, bir karma gerçeklik cihazı olmakla birlikte yapısal mühendislik ve mimarlık alanında günümüzdeki en geniş özelliklere sahip cihaz olarak kabul edilmektedir (şekil 34). Sistemsel zellikler olarak, ışığı holografik (lazer ışımlarına dayanılarak gerçekleştirilen üç boyutlu görüntü işlemine olarak tanımlanır: uzayda bir cismin varlığına ait bilgileri ses veya ışık dalgaları halinde ulaştırmasını sağlar) lenslerle yansıtan, 16:9 formatında iki HD (yüksek çözünürlük) ışık motoru kullanarak, 2,3 milyon ışık noktasına ait toplam çözünürlüğü verebilmektedir.

Sistemin içerisinde konumlandırılmış bir şekilde yer alan ve 3B içerikler üretmeyi amaçlayan yüksek çözünürlüğe sahip bu ışık motoru, sistemin geri kalan donanımları ile birlikte sorunsuz çalışabilmektedir. Çevreyi haritalandırmada kullanıcının konum bilgilerini kullanarak, hareket ve hareketsizlik durumuna göre ortam ölçeğini düzenler. Aynı zamanda alan derinliğini kullanarak, gerçek ve sanal dünya arasında kullanıcının etkileşim sağlayabileceği bir ortam oluşturabilmektedir. Bu özellikleri ile birlikte sistem içerisine dahil edilmiş dört mikrofon, bakış takip sistemi ve hareket algılama sistemi bulunur.



Şekil 34: Microsoft Hololens (Url 26).

2019 yılının şubat ayında, Microsoft şirketi tarafından “Hololens 2” karma cihazı piyasaya çıkarılmıştır (Şekil 35). Teknik olarak ve ekrandaki piksel yoğunluğu bakımından “Hololens” ile aynı özelliklere sahiptir fakat firma tarafından verilen bilgilere göre cihaza yönelik kamera açısının daha geniş görüş olanağı sunduğu belirtilmiştir. Hololens’in kullanıcı kitlesi olarak tüm kullanıcıların hedef alındığı düşünülmektedir ancak Hololens 2’nin hedef kitlesinde ise, daha çok işletme ve endüstriler olduğu gözlenmektedir.



Şekil 35: Hololens 2 kullanım örnekleri (Url 27).

Görsel gerçekçilikte (XR) ayrıntı düzeyi, grafik işleme, dijital tasarım ve kullanıcı ile etkileşim imkânı sağlayabilecek sanal görselleştirmenin; izleyicide bırakacağı deneyimi oluşturacak görüntülerdeki gerçekçilik ve soyutlama arasındaki tansiyonun, nasıl olması gerektiğinin tartışılan önemli konulardan birisi olduğu bilinmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) ortamlarında kullanılan gözlüklerin ekranlarının yüksek düzeyde, fotoğraf gerçekliğinde görsel içerikler sunabilmesi gerekmektedir (Kietzmann ve ark., 2020). Bir genişletilmiş gerçeklik (XR) ekranın 'sınırsız' alan içerisinde dijital görseller sunabilmesi için standart ekranlardan önemli ölçüde daha fazla piksel oluşturması gerekmektedir. Bu gereksinimleri karşılamada kullanılan bilgisayarların gigabayt (GPU), işlemci (CPU) ve grafik kartı (GPU) donanımlarının özelliklerinin önemli olduğunu bilinmektedir. Bu nedenlerle, sanal gerçeklik sistemlerinde karmaşık ayrıntı ve gerçekçilik düzeyine inebilecek bilgisayar sistemlerine ihtiyaç vardır (Çöltekin, 2011).

Ekranların donanımsal grafik işleme birimi sistemi realistik ve sorunsuz genişletilmiş gerçeklik (XR) uygulamaları oluşturmada, kritik bir önem taşımaktadır. Düşük veri işlem hızı özelliği olan verimsiz bir işleme gücüne sahip sistemlerde, gecikmelerden dolayı gerçeklik yanılması sürdürmede zorluklar oluşturabilmektedir. Yarı sürükleyici cihazlarda genellikle stereoskopik ekranlar kullanılmaktadır. Tamamen sürükleyici sanal bir dünyanın (Halik, 2018) oluşturulduğu ekranların özelliklerinde ise kullanıcıyı etkisi altına alması ve çevresindeki tüm görüş alanını kapsamaması beklenmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerinde kullanılan şeffaf ekranlar, kullanıcının gerçek dünyayı her zaman görebileceği anlamına gelmektedir (Medeiros ve diğ. 2016) (Rolland, Holloway, 1995).

Mobil VR teknolojisi ise sofistike gözlük donanımların aksine, Samsung Gear VR, Google Daydream ve Google Cardboard gibi ürünler, özel sanal gerçeklik cihazları değildir (Şekil 36). Bu ürünler, bir akıllı telefonun ekranını kullanarak, optik merceklerin yarattığı bir sanal gerçeklik ortamı sağlayabilirler. Plastik veya karton malzemeler kullanılarak üretilen bu ürünler, akıllı telefonların başa takılmasını sağlamaktadırlar. Mobil VR' lar kendi aralarında genellikle ürün kalitesi, akıllı telefonunun ölçüleri ile başlıkların ölçüleri arasındaki uyumluluk, ergonomik kullanım gibi özelliklerine göre değişmektedir.

Sunulan bu tür VR çözümler, sadece bir akıllı telefon ile düşük fiyatlı olarak kullanıcılara, çok fazla VR deneyimi yaşatabilme olanağını sağlayabilmektedirler. Ancak bu ürünlerin dezavantajları ise başlıkların ürün kalitesinin düşük olmasının yanı sıra denetleyicilerin (denetleyici girişi destekleniyorsa) düşük kalitede görüntü ve hareket izlemesi durumudur.



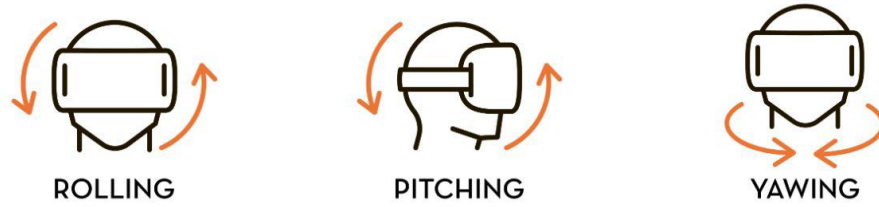
Şekil 36: a) Google Daydream b) Samsung Gear VR c) Google Cardboard (Url 28).

HTC Vive, OculusRift ve Microsoft Hololens'ler gibi ürünlerin özellikleri daha önce belirtildiği gibi gelişmiş izleme donanımına sahipken; mobil VR başlıklar ise telefonun yerleşik sensörlerini ve jireskoplarını kullanmaktadırlar. Bir diğer dezavantajı ise ekran yenileme hızı potansiyellerinin düşük olmasıdır. Mobil telefonlarda kullanılan ekranlar statik olma özelliğine sahip değildir. Ekranlardaki görüntüyü sağlayan pikseller, akıllı telefonun işlemcisinden gelen en son içeriği görüntülemek üzere güncellenmektedir.

Bu güncellemeler rastlantısal olarak gerçekleşmemektedir. Panel üzerinde dijital görüntünün oluşmasında pikseller içeriklerini “yenileme hızı” olarak tanımlanan, düzenli aralıklarla gelen bilgiyi güncelleyerek görüntünün oluşmasını sağlamaktadırlar. Yenileme hızı ise akıllı telefon ekranında görüntünün oluşmasını sağlayan piksellerin, işlemciden gelen bilgiyi ne kadar hızlı güncelleyebildiğini ölçmede kullanılan bir tanımlamadır. Başka bir anlatımla ekrandaki oluşan görüntünün nasıl bir sıklıkta ve hızda yenileneceğinin bilgisi yenileme hızı sayesinde belli olmaktadır. Bu yenileme hızı, Hertz (Hz) cinsinden ölçülebilmektedir ve ekranda oluşan görüntünün kaç saniyede yenilendiğini saymaya yarayabilmektedir. Örneğin, 90 Hz kare hızına sahip bir ekran saniyede 90 kez yenilenmektedir. Ekran üzerinde görüntünün oluşmasını sağlayan piksellerin daha hızlı güncelleme sürelerine sahip olması, daha düşük görüntüleme gecikmesi sağlayabilmektedir.

Örneğin, 60 Hz kare hızına sahip bir ekranın tamamen yenilenmesi 16,6 ms zamanda gerçekleşirken, 90 Hz ekran için bu zaman 11,1 ms ve 120 Hz ekranda yenilenme hızı daha düşük olarak 8,3 ms olarak ölçülmektedir. Yenileme hızı, ekran gecikmelerine neden olan tek faktör değildir fakat görüntüleme akışkanlığında en önemli unsurlardan birisi olduğu kabul görmektedir. Artırılmış gerçeklik deneyiminin sorunsuz olarak sağlanabilmesi için, 90Hz'lik bir kare hızı önerilmektedir (Zhou, 2008).

Tasarım ve özellikle inşaat sektörü alanında, bölgede hareket etmek önemli bir avantaj sağlayabilmektedir. Mobil VR teknolojilerinin sağladığı sanal gerçeklik çözümleri ise dolaşım için bir kontrol deneyimi sağlayamamaktadır. Mobil VR teknolojisi yalnızca üç farklı kontrol (dönme, eğim ve rotadan çıkma) deneyimi özelliğini sağlayabilmektedir (Lavalle, 2017). Bu anlamda genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin (XR) sunduğu olanakların gerisindedirler.



Şekil 37: Rolling (yalpalama), pitching (eğilme) and yawing (sapma) (Lavalle, 2017).

2.3.3 Genişletilmiş Gerçeklik Teknolojilerinin Uygulama alanları

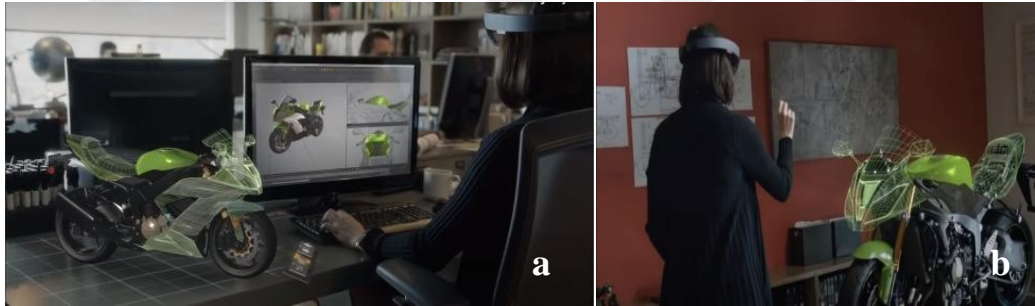
Dijital dünya ile gerçek dünyanın harmanlanarak kullanıcıya sunulması ile birlikte genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi gelişmektedir ve farklı alanlarda kullanıcının hayatına dahil olabilmektedir.

Şekil 38'de görüldüğü gibi kullanıcı sofistike gözlüğü kullanmaya başladığında herhangi bir odadayken el hareketiyle karşısında dijital bir görüntü sağlayabilir, ekranı büyütülebilir ya da küçültebilir, hava durumunu dijital olarak karşısında görerek bilgi edinebilir. Ayrıca kendi sosyal medya hesaplarına giriş sağlayabilir. Holografik video ile kullanıcı iş hayatına da teknolojiyi dahil edebilir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) gözlükleri ile toplantılar, görüşmeler aynı ortamdaymış hissi verilerek gerçekleştirilebilir.



Şekil 38: a) Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin kişisel alanda kullanım örnekleri b) Yansıyan görüntünün boyutlarının değiştirilmesi (Url 29).

Holografik teknoloji alanında kullanımına baktığımızda endüstriyel araç tasarımlarda genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisinin kullanımını görebiliriz. Bilgisayar ortamında geliştirilen araç görselleri üzerinde, gözlük sayesinde kullanıcının yanındaymış gibi değişiklik yapılabilir. Araçların tasarımı, renk değişimleri, boyut farklılıkları anlık olarak düzenlenebilir. Şekil 39'da kullanıcının bir motosiklet tasarımı üzerinden yaptığı değişiklikleri görebiliriz.



Şekil 39: a) Motosiklet tasarımında kullanımı b) Tasarım, renk değişimleri, boyut farklılıklarının fiziksel yapı üzerinde değiştirilebilmesi (Url 30).

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri oyun ve eğlence alanında da kullanılabilir. Kullanıcı sanki oyunun içerisindeymiş hissiyatı ile oyuna dahil olabilir, el işaretleriyle oyuna müdahale edebilir. Oyun karakterleri hareket sağlayabilir ve bu anlatılan durumlar oyunu daha sürükleyici hale getirebilir. 3D'nin gücü ile oyun dünyası bir üst seviyeye taşınabilir. Şekil 40'ta kullanıcının sofistike gözlükleri, oyun alanında kullanımını görürüz.



Şekil 40: Oyun alanında kullanımı (Url 31).

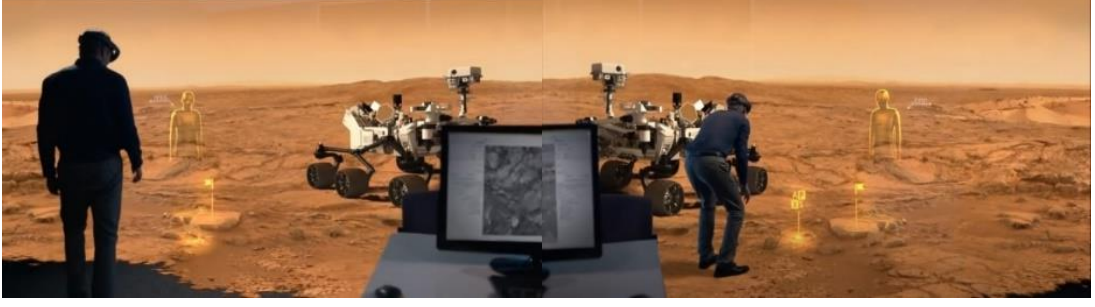
Islak hacim alanında kullanımına baktığımızda ise kullanıcının bilgi sahibi olmadığı bir konuda, gözlük ile alanda bilgi sahibi olan kişiye bağlanabilir. Kişi onarılması gereken bölümü gözlük sayesinde görebilir, yapılması gereken işlemi uzaktan müdahale ederek kullanıcıya yaptırabilir. Bu durum iş birliği yapmanın yeni yolları arasında düşünülebilir. Şekil 41’de bir tamir işleminin uzaktan müdahale edilerek çözümlenebildiğini görürüz.



Şekil 41: Yapılması gereken işlem ile ilgili uzaktan bilgi verilmesi (Url 32).

Başka gezegenlerin topografyaları hakkında bu teknoloji ile bilgi edinilebilir, hava olayları ve iklim değişiklikleri hakkında veriler sağlanabilir. Bir oluşumun daha önce hiç görülmemiş yerleri keşfedilebilir. Araştırmacılar için genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojilerinin bu alanda kullanımı ile veri analizi ve araştırmaların kapsamını genişletme konusunda olanak sağlayabilir.

Daha önce görülmeyen yerleri yakından görebilme, inceleyebilme şansına sahip olunabilir. İnsanlığın gelecekteki farklı gezegenlerdeki yaşam arayışları üzerine simülasyonlu deneyim yaşanabilmesi sağlanabilir. Şekil 42’te farklı bir gezegenin incelenmesi örneğini görebiliriz.



Şekil 42: Uzay bilimi alanında kullanılması (Url 33).

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri eğitim alanında da kullanılabilir. Çocukların yaratıcılığını geliştirebilmek, hayal ettiği şeyleri yaratabilmek, görsellerle desteklemek eğitim için önemli unsurlar arasındadır. Şekil 43'te görüldüğü üzere çocuk çizdiği herhangi bir resmi bu teknoloji ile 3boyutlu bir şekilde görebilir, her açısından ürettiği objeyi inceleyebilir, rengi üzerinde değişiklik yapabilir. Bu durumun, eğitim dahilinde kullanılarak öğrenmeyi destekleyebileceği düşünülmektedir.



Şekil 43: Çocukların yaratıcılığının geliştirilmesinde kullanımı (Url 34).

Sağlık alanında kullanımı incelendiğinde ise bilgisayar kaynaklı görsel, işitme ve dokunma duyusuna bağlı veriler birleştirilerek cerrahi operasyonlarda, tıp eğitimlerinde, doktorların vaka değerlendirmelerinde bu teknolojiyen yararlanılabilir.

Operasyon esnasında sofistike gözlükler dahilinde tıbbi verilere 3D bir şekilde ulaşılabilir, zorlu operasyonlarda yeni bir iç görü düzeyi sunabilir. Şekil 44'te cerrahi operasyon sırasında doktorların genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisini kullandığı görülmektedir.



Şekil 44: Tıp eğitiminde kullanımı (Url 35).

İnsanlık tarihi kadar eski olan tiyatro sahnesinin genişletilmiş gerçeklik ile yeniden yorumlanarak dekore edilmesi genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojileri ile mümkün olabilmektedir. Şekil 45’te görüldüğü üzere tiyatro sahnesi yeniden düzenlenebilir. Mevsimlere müdahale edilebilir, aydınlatma düzenlenebilir. İzleyici fiziksel dünya ile sanal dünyanın birleştirilmesi ile birlikte kendisini tiyatro oyununun içerisinde hissedebilir, etkileyici atmosfere dahil olabilir.



Şekil 45: Sahne-dekor tasarımında kullanımı (Url 36).

3. VR, AR, XR UYGULAMALARI VE TARİHİ ALANLARA YANSIMALARI

3.1 Tasarım alanında VR, AR ve XR uygulamaları

Mimarlık ve iç mimarlık alanında belirli mekanlar, mekânın donatılması ve mobilyalar ile ilgili öğeler VR sistemiyle gerçek zamanlı olarak deneyimlenebilir. Böylece ürünler sadece iki boyutlu olarak değil, direkt olarak mekânın içerisinde etkileşimli olarak gösterilebilir. Etkileşimli, aktif eğitim oluşturabilme ve sunabilme konusunda 3B görselleştirme teknolojilerinin içerikleri, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik (AR) mobil uygulamalarında düşük maliyetli seçenekler olarak değerlendirilebilir. (Sannikov, 2015) ve (Pallud, 2017).

2018 yılında Racz ve Gergo'nun yaptığı bir VR çalışmasında, gerçeğe dayalı bir tasarım programı geliştirilmiştir. Müşterilerin isteklerine göre bir bina alanı, yapısı ve büyüklüğü daha gerçekçi bir şekilde hissedilmektedir. Yani inşa edilmek istenilen görsellerin, sanal temsilleri deneyimlenmektedir. Evlerden dekoratif sistemlere kadar birçok eşya, sanal teknolojide üretilebilir ve üzerinde değişiklik yapılabilir (LaValle, 2017). Yapıların iç düzenlemesi ve tasarımsal süreci sanal ortamda gerçekleştirilebilmektedir. Buna örnek olarak Kaleja ve Kozlovska'nın 2017 yılında geliştirdiği; kullanıcının mobilyada ki malzeme dokusuna kadar müdahale edebildiği, tasarlama adımlarının içerisinde bulunduğu VR teknolojisi örnek olarak gösterilebilir.

Artırılmış gerçeklik teknolojileri, yapı projelerinin görselleştirilmesine de katkı sağlayabilmektedir. Bilgisayarlı 3D görüntüleri ile yapı, gerçek yaşamda görüntülenmeden önce üst üste bindirilebilir, kişi iç duvarları ve nesnelere AR teknolojisi ile görebilir (Jaimini ve Dhaniwala, 2016). Brezilya'nın Vitoria şehrinde Inglobe Technology isimli mimarlık şirketi tarafından 2010 yılında üretilen projede, üretiminden önce kişilerin yapıyı görebilmelerine olanak sağlayan, sanal ile gerçek görüntüyü birleştiren bir AR uygulaması bulunmaktadır. Bu teknolojide binanın inşa edileceği yere işaretçiler yerleştirilmiştir ve kameralardan görüntüler elde edilmiştir.

Son yıllarda bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) alanı kapsamında birçok teknolojik gelişmeler yaşanmıştır. Meydana gelen teknolojik gelişmeler birçok alanı etkisi altına alarak farklı gelişimlere olanak sağlamıştır. Günümüzde farklı gelişimlere olanak sağlayan teknolojilerinden birisi olan genişletilmiş gerçeklik (XR) kullanımı ile karma, artırılmış ve sanal gerçeklik teknolojilerinin etkileşim olanaklarını arttırmıştır.

Bu teknolojilerin kullanım kolaylığı ve bilgiyi işleyebilme gibi avantajları söz konusudur. Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişimlerin günümüze etkileri ve değişimleri oldukça fazladır.

Tasarım, şehircilik, mimarlık, iç mimarlık, ürün deneyimi ve kültürel miras gibi alanlarda teknolojik bir süreçten geçmektedir. Kullanılan teknolojiler sürekli gelişim göstererek akıllı saat ekranlarından, akıllı telefon tabanlı bir AR uygulamasına, büyük dokunmatik ekranlardan, holografik ekranlara ve kafaya takılabilen sürükleyici VR başlığına kadar sunduğu karma gerçeklik çözümleri ile kullanıcı deneyimini geliştirmektedir. Ancak görsel çıktının, kullanıcı deneyimi özelinde hala iyileştirilmesi gereken birçok noktası bulunmaktadır. Bu bağlamda farklı alanlarda da örneğin kültürel mirasın sunulması özelinde de kullanılan görseller, son teknolojide kullanılan ara yüzlerle geliştirilmelidir (De Carolis, 2018).

Müzeler, kullandıkları etkileşimli sistemler ile kültürel varlıklarını eğitici ve eğlendirici olarak kullanıcıya etkili bir şekilde sunabilmektedir (Barbieri, 2017). AR, VR gibi bu yeni teknolojilerin, çevre ve kullanıcı arasındaki kurduğu etkileşim de gerçek ve sanal dünyalar arasındaki karışım şu şekilde tanımlanabilir: "X-Reality" veya "XR" (Mann, 2018).



Şekil 46: “Walkingthrough time” (Çöltekin, 2020).

Şekil 46’da “WalkingThrough Time” zamanın içinde yürümek isimli, yerinde kullanım durumları için önerilen genişletilmiş gerçeklik (XR) tasarım uygulama örneği bulunmaktadır. Bir kullanıcı uygulama ile yürüdüğünde, eski ile yeni fotoğrafları üst üste bindirilerek, orijinali hakkında bilgi verecek şekilde bir tasarımı ön görmektedir. Uygulamada fotogrametri kullanarak gerçek dünya özelliklerini izler, yorumlar ve kullanıcıya bugün ile yüzyıl arasında bir seçim yapma şansı sunmaktadır.

Bu tip genişletilmiş gerçeklik (XR) uygulaması tasarımında, bölgeyi mekânsal olarak kaydetmek için, ayrıntılı sokak düzeyinde doğru verilere sahip bir 3B şehir modeli ile orijinal konumunda ki geçmiş verileri sisteme yüklemek gerekmektedir. Bu sanal süreç deneyiminde, tarihi bir sokağın eski fotoğrafları kullanarak, dokularıyla birlikte yeniden yaratılmaktadır. Uygulamanın gerçekçi ve doğru çalışabilmesi için doğru coğrafi konumun belirlenmesi, tarihsel görüntülerin tam olarak gerçek bina ve yollara yansıtılması gerekmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi şehir planlamasında da kullanılmaktadır. Ancak şehir planlaması disiplini, geleneksel olarak yeni teknolojiye yer verirken kullanıcıların, düşük düzeyde benimseme deneyimi yaşadıkları gözlenmektedir (Russo, 2019). Elektronik tablo yazılımları ve coğrafi bilgi sistemleri yüksek düzeyde alım gücüne sahiptir ancak daha sofistike planlama altyapısını içeren sistemler olduğu gözlenmektedir. Bu planlamada kullanılan destek sistemlerinin kullanım zorlukları ve sistemsel eksikler nedeniyle tercih edilmede de güçlü bir talep kitlesine ulaşamadığı görülmektedir (Russo, 2018). Bunların sonucunda, şehir planlamasını desteklemek için tasarlanan genişletilmiş gerçeklik (XR) platformları (ör: Alpha World of Active Worlds, CyberTown, Second Life ve Terf) ve yardımcı teknolojilerin, sınırlı ilgi gördüğü bilinmektedir. Bu destek sistemlerinin daha sonra şehir planlama disiplini içerisinde başka alanlarda (eğitim vb.) kullanıldıkları görülmektedir (Afrooz, 2019). Gelecekte ki şehirleri VR kullanarak hayal etmek mümkün olabilecektir. 3D sanal küre platformları; Google Earth, NASA Worldview ve Worldwind, Cesium gibi artan sayıda dijital planlama uygulamasını desteklemektedir. Örneğin, bu uygulamalardan biri olan ve şekil 47’de görünen “Rapid Analytics Interactive Scenario Explorer” (RAISE) araç seti, şehir planlamacıların etkisini daha iyi anlamak için yeni metro altyapısını 3D olarak görüntülemeye izin vermektedir.



Şekil 47: RapidAnalytics Interactive Scenario Explorer (RAISE) (Url 37).

AR kullanarak geleceğin şehirlerini hayal etmek için genişletilmiş gerçeklik (XR) platformlarında kullanılan işitsel donanımların hızlı gelişimlerinin getirdiği, geniş bir veri dizisi ve arayüz kullanımı olanağı sağlayabileceği ön görülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik (XR) platformunda kullanılmak üzere, uygulamalı araç ve hizmetlerin geliştirilmesi sonucunda ortaya çıkan ürünler, planlama ve mimarlık mesleklerini de etkilemiştir. Bu ürünler arasında şekil 48’de görünen HoloCity (Lock, 2019) bulunmaktadır.



Şekil 48: HoloCity (Url 38).

Avustralya’nın Sidney kentinde gönüllü bir coğrafi konum biçimlendirme platformu OpenStreetMap (OSM) aracılığıyla oluşturulmuş, bir uygulama platformu bulunmaktadır. Sanal bir model üzerine yerleştirilmiş olan bu uygulama da MapBox’ın küresel konum verilerini kullanarak, bilgi (VGI) ve AR yazılımını bir araya getirmektedir. Açık kaynaklı bir araç seti olan MaxBox AR isimli platform, etkileşimli şehir manzaraları oluşturabilmektedir. Kullanıcılar bu uygulamayı kullanarak, kenti dijital ortamda kuş bakışı düzeyde gözlemleyebildiği gibi kendilerini sanal model içerisinde göz hizası bir konuma yerleştirebilmektedir. Açık veri hareketinin sistem içinde yükselişi ile platform daha erişebilir hale gelerek, birçok şehrin dijital varlıkları gösterilebilmektedir. Örneğin Helsinki’nin 3 boyutlu 18.000’den fazla bağımsız binaya erişiminin sağlanması, araştırmacılar ve geliştiriciler için genişletilmiş gerçeklik (XR) ortamlarında şehir ürünleri oluşturmak için fırsatlar sunmaktadır. Belirli bir şehrin tasarımı ve planlaması bağlamında, etkili sistemlerin nasıl yaratılacağı ile ilgili geliştirme ve test etme olanağı tanıyan genişletilmiş gerçeklik (XR) sistemlerinin kullanımının bu anlamda, benimsenmesinin önemli olduğu düşünülmektedir.

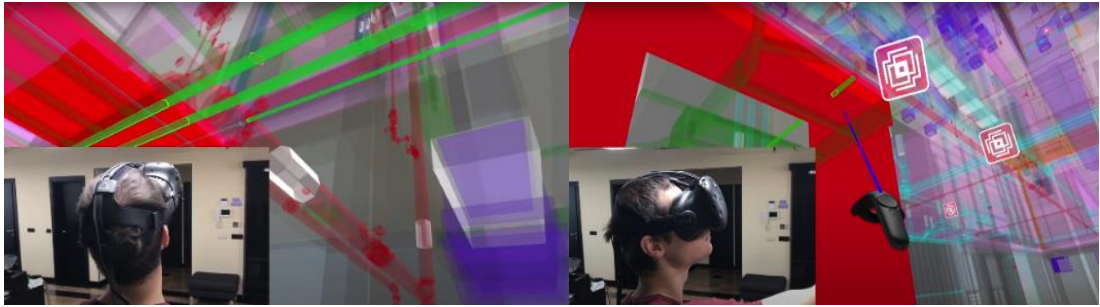
Bu platformlar araştırmacılara, insan merkezli tasarım uygulamalarını sanal ortamda deneyebilme ve test etmelerini (Afrooz, 2019) sağlamaları açısından da yardımcı olabilmektedir. Bu platformlarda genişletilmiş gerçeklik (XR) verileri yeni ve ilginç şekillerde görselleştirme olanağı sunarken, bu bağlamda önemli bir zorluk ise; bu platformların uygulamalı kullanımına ilişkin yeni ve anlamlı bilgiler üretmedeki içeriklerinin hızlı yenilenmesindeki zorluklar olarak düşünölmektedir. Bu tür yerinde görselleştirmeler, gerçek zamanlı algılama imkânı veren simölasyonlu genişletilmiş gerçeklik (XR) platformların kullanımı ile veri toplama, görselleştirme, sorgulama ve sonuçları test etme deneyimi sağlayabilecektir. Ayrıca gelecekte saha alanı ile tasarım arasındaki boşluğu kapatmaya yardımcı olabileceği düşünölmektedir. Çok boyutlu genişletilmiş gerçeklik (XR) uzayında kullanıcı, verilerle etkileşim kurma ve deneyimleme fırsatını sağlayarak; karma gerçeklik ortamlarda hacimsel, topolojik 3B analizleri ve simölasyonları sorunsuz bir şekilde gerçekleştirebilme olanağına sahip olabileceği düşünölmektedir.

Genişletilmiş gerçeklik (XR) kavramı bir şemsiye terim olarak değerlendirilmektedir. Bu terimin altında bulunan en yaygın teknolojiler ise artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik olarak sınıflandırılmaktadır. Bu terimlerin kolayca tanımlanabilir sınırlara sahip olmadığı, bunun yerine bu kavramların birbirleri içerisine geçtiği görölmektedir. Bir teknoloji sanal dünyaya daldırma derecesine bağlı olarak, bu terimlerden birinin altında kategorize edilebilir. Ancak bir teknoloji sadece sanal dünyaya daldırma ile sınırlı kalmayarak ses, haptikleri (dokunma duygusu) ve diğer duyu uyarımlarını da etkileyebilmelidir. Anlama düzeyi olarak sürökleyci ortamların bilgiyi, monitör ve kâğıt tabanlı ortamlarla karşılaştırılmasına göre; daha kapsamlı bir şekilde ilettiği görölmektedir.

VR teknolojisinde kullanılan donanımlar mobil VR cihazlar haricinde, oyun sektörü için orijinal olarak geliştirildiği bilinmektedir. VR teknolojilerin oyun donanımı pazarında kullanılmaları, diğer alanlara göre daha yüksek olduğu varsayılmaktadır. Ekonomi biliminde iyi bilinen bir ilke “ölçek ekonomileridir.” Bir ürün daha fazla sayıda üretildikçe, ürünün bir kaleminin maliyeti düşeceği bilinmektedir (Lonergan, 2014). Bu prensip ile VR donanımlarının neden en çok oyun sektörüne yönelik geliştirildiğini açıklamaktadır.

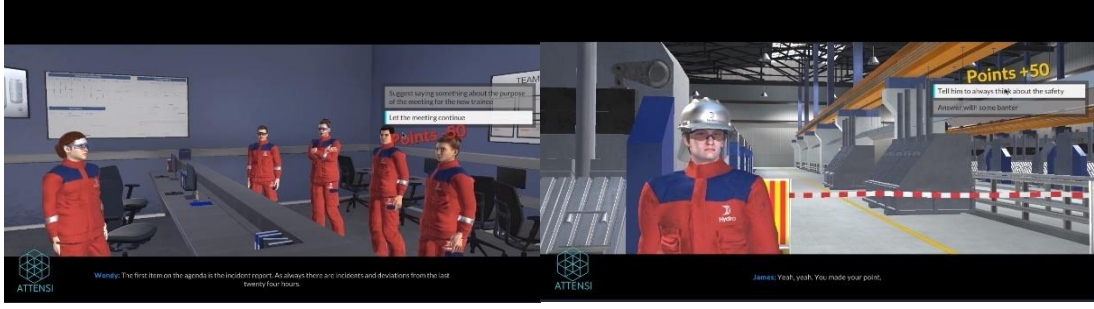
Bu teknolojilerin farklı sektörlerde kullanıldığı belirtmekle birlikte; bu bölüm kapsamında kullanılan donanımlar mühendislik, mimarlık ve iş uygulamaları kapsamında da incelenerek, genişletilmiş gerçekliğin (XR) inşaat sektöründeki kullanımına ve donanımlarına bakılacaktır. İnşaat sektöründe kullanımına yönelik en çok gelecek teknolojisine yatırım yapan ve piyasada bilinirliği popüler olduğu düşünülen bu teknolojilerin, tasarımları ile ilgili teknik özellikleri ve kullanılabilirlik düzeyleri incelenecektir.

Revizto; mimarlık, mühendislik ve inşaat alanında kullanılan bir yazılımdır (Şekil 49). VR kullanım alanında Trimble Sketchup, Autodesk Revit ve Autodesk gibi yazılımlarla oluşturulan CAD modeller içerisinde; Oculus ve HTC Vive (England, 2011) ile erişilebilen ve gezilebilen sanal ortamlar yaratılmasında kullanılmaktadır. Genel olarak Revizto programı, bir bilgisayar modelinin sanal dünyaya geçişine odaklanan bir yazılımdır. Tasarım alanında 2 boyutlu tasarım alanı ile 3 boyutlu tasarım alanına geçişlerde, algılama problemlerini artırılmış gerçeklik deneyimiyle çözmeye odaklanmaktadır. Revizto yazılımı kullanıcılara tasarım sürecinde dikkat ve takip edilmesi gereken durumları, program dahilinde yapılması gerekenleri, öncelikleri ve son tarihler ile ilgili bilgileri sunabilmektedir (Bektaş, 2019).



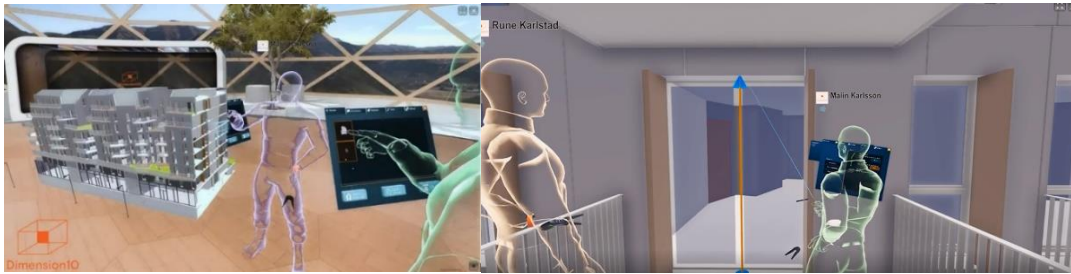
Şekil 49: Revizto'nun (Velichkovsky, 1997) çalışmasının gösterimi.

Attensi, oyun tabanlı öğrenme için etkileşimli çözümler sunabilen bir yazılım firmasıdır (Şekil 50). Geleneksel okumaya yönelik öğrenme ve öğretme yöntemlerini, etkileşimli öğrenme ile oyunlaştırılmış bir simülasyon oluşturarak daha eğlenceli olarak sunabilmektedir. Programda kullanıcılar puanlar ve ödüller alabilmektedir. Kullanıcıları oyun oynayarak öğrenmeye motive etme yönteminin, video ya da okuyarak öğrenme yöntemine kıyasla, daha etkili bir yöntem olduğu yapılan araştırmaların sonucunda görülebilmektedir (Bates, 2007).



Şekil 50: Attensi tarafından yapılan bir oyun, bir gemide çalışan kişilerin eğitimi için yapılmıştır (Napier, 1980).

Dimension 10 yazılımı, kolay kullanım özellikleri ile Revizto ile karşılaştırılabilir. Autodesk ve Solidworks gibi bina bilgi modellemesinde kullanılan, en yaygın tasarım geliştirme ortamlarını destekleyebilmektedir. Uygulamanın sunduğu özellikler ise tek bir sanal alanda birden fazla katılımcının, Şekil 51’de gösterildiği gibi gerçek boyutlarda, VR sanal ortamın içerisinde olmasını sağlayabilmektedir. Dimension 10’un diğer kullanım özellikleri ise planlama toplantıları ve saha planı toplantılarını sanal ortamda gerçekleştirmesidir. Yazılımın sağladığı bir diğer özellik ise kullanıcıya, yapı ile ilgili tüm katmanları gösterebilmektedir. Yapının bilgisayar ortamında bulunan 3 boyutlu modelinde bulunan özellikleri, kullanıcının tercihlerine göre VR ortamında açıp, kapatmasını sağlayabilmektedir. Yazılımın dezavantajı olarak ise mimarlık, mühendislik ve yapı profesyonellerinin kullanımına uygun bir şekilde tasarlandığından dolayı, sanal ortamda gerçeğe yakın grafikler sağlayamamasıdır. Yazılımın bu özelliği ile tasarım geliştirme yerine, işlevselliğe odaklandığı düşünülebilir.



Şekil 51: Dimension yazılımının mimarlık alanında kullanımı. (Url 39).

Unity yazılımı, Unity Technologies tarafından geliştirilmiş çapraz platformlu oyun motoru olma özelliği taşımaktadır. Yazılım bilgisayarlar, oyun konsolları, mobil cihazlar, video oyunları ve simülasyonlar geliştirme gibi uygulamalarda kullanılabilir.

Unity platformu, yukarıda ki bölümlerde incelenen yazılımlardan farklı olarak, “kullanıma hazır” sunulan bir ürün özelliği taşımamaktadır. Uygulamanın geliştirme aracı özelliğine sahip olması nedeniyle kullanıcılar, diledikleri tasarımları gerçekleştirebilme olanağına sahiptirler. Unity oyun motorunun kullanım alanları sadece video oyun sektöründe sınırlı kalmamaktadır. Mühendislik, film sektörü, otomotiv, mimarlık, inşaat gibi çeşitli endüstriler tarafından da kullanılabilir. Unity’nin başlangıçta oyun motoru özelliği ile tasarlanmış olmasının, sanal gerçeklik ortamına getirdiği düşünülen avantajı ise çoğu gerçek yaşam benzeri simülasyonların geliştirilmesine imkân sağlamasıdır. Sanal ortamlara içerik üretici kullanıcılar özelinde Unity yazılımı ile Dimension 10 karşılaştırıldığında, Dimension 10 hazır olarak yükle ve çalıştır özelliğine sahipken; Unity ise ihtiyacınız olan tasarımı geliştirmek için daha fazla özgürlük ve daha yüksek kalitede görsel çıktı alabilmeyi sağlayabilmektedir. Unity geçtiğimiz yıllarda Autodesk Revit programı ile ortak çalışma kararı alması sonucunda kullanıcıların, Unity platformunun içerisine Revit modellerini “rvt” dosyasında ki (Çöltekin, 2014) bileşenleri, özelliklerini kaybetmeden içe aktarabilmelerini ve VR modeline dönüştürebilmelerine olanak sağlayabilecektir. Şekil 52 ve 53’te Unity programının iç mekân içerisinde kullanımı görülmektedir.



Şekil 52: UNITY programı ile iç mekâna bakış (Url 40).



Şekil 53: UNITY programı ile iç mekâna bakış (Url 41).

Trimble Site Vision programında (Şekil 54), yukarıda listelenen diğer yazılımlardan farklı olarak bilgi, tamamen gerçeğin üstüne eklenir. Kullanıcıların artırılmış gerçeklik deneyimini, sürükleyici VR deneyimine çevirebilme özelliğine sahiptir. Trimble donanımı GNSS (Global NavigationSateliteSystem) kullanımına dayanır. Bu teknolojinin çalışabilmesi için kullanıcının kesin konumuna ihtiyaç duyulmaktadır. Donanım kullanıcıların kendi akıllı telefonlarında ve tabletleri ile bağlantılı olarak kullanılabilir (Çöltekin, 2011). Uygulamanın kullanım alanı olarak, kentsel planlamada yeraltı hizmetleri sistemleri, peyzaj görselleştirilmesi, yapının yerinde görselleştirilmesi veya mevcut yapı üzerindeki çalışmayı gösterebilme özelliği sağlayabilmektedir.



Şekil 54: a) TrimbleSiteVision'in GNSS ile bir mobil cihazda gösterimi b) işçi güvenliği için sabit bir şapka ile entegre edilerek kullanımı (Url 42).

Şubat 2019 yılında Microsoft HoloLens 2 ile Trimble 10 şirketlerini birlikte kullanılması üzerine geliştirilen ortak çalışma sonucunda bu alanda, en son uzamsal bilgi ile oluşturulan ilk cihaz olma özelliği taşımaktadır. Bu birleşik donanım ve yazılım sayesinde; işçi güvenliği için sabit bir şapka ile entegre edilerek kullanıma olanak veren sertifikalı bir sanal gerçeklik çözümü sunmaktadır.

3.2 Tarihi Alanlarda VR, AR ve XR Uygulamaları

3.2.1 Yazı ve Sembollerle Bilgilendirici

Britanya Müzesi ile GAMAR'ın ortak tasarladığı ödüllü artırılmış gerçeklik uygulaması olan "A Giftto Athena" isimli uygulaması, oyunlaştırma ve eğlendirerek eğitime açısından önemli örneklerden birisidir. Uygulamanın konsepti şekil 55 ve 56'da görüldüğü üzere; uygulamayı kullanan ziyaretçilerin Athena'ya doğum günü armağanını vermek üzere arayışa girdiği, bir hikayeleştirme özelliği sunmaktadır.



Şekil 55: “A Gift to Athena” şekil eşleştirme (Url 43).



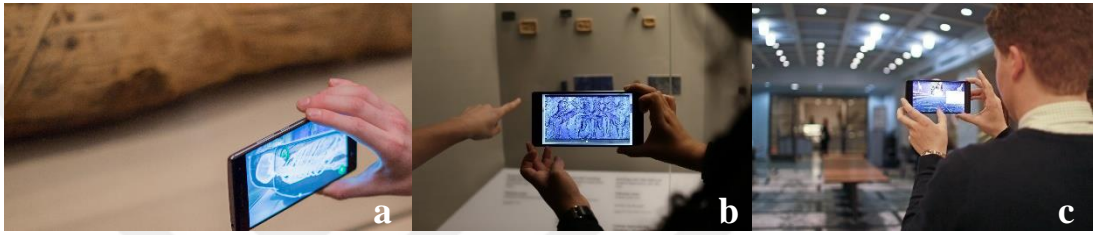
Şekil 56: Nesne bulma uygulaması (Url 44).

Bir diğer müze çalışması kapsamında Cleveland Müzesi, Swagelok firmasının sponsorluğunda, Local Projects ile ortak çalışması sonucunda indirilebilir bir uygulama olan “Artlens 2.0” isimli çalışmayı ziyaretçilere sunmuştur. Uygulama BYOD (Bring Your Own Device) olarak yani ziyaretçiler kendi cihazlarına (akıllı telefon, tabletler vb.) ücretsiz olarak indirerek kullanabilmektedirler. Şekil 57’de görüldüğü gibi ziyaretçiler kendi cihazlarına indirdiği uygulamayı kullanarak; kişisel cihazlarını müzede bulunan eserlere doğrultarak ek bilgi alabilir ve müze içi dolaşımlarına kolaylaştırmaya yönelik katkı sağlayabilmektedir.



Şekil 57: Cleveland Sanat Müzesi'ndeki bir ziyaretçinin ArtLens Uygulaması kullanarak bilgi edinmesi (Url 45).

Detroit Sanat Enstitüsü 2017 yılında “Lumin” isimli, bir mobil artırılmış gerçeklik rehberi geliştirmek üzere Google Tango ve Guidigo ile ortak çalışarak; farklı yedi nesne ile çalışabilen x-ray, nesnenin eksik parçalarını tamamlayabilen, renklendirebilen, nesne avı gibi eğlendirici ve oyunlaştırma gibi özelliği bulunan uygulamayı geliştirmiştir. Ayrıca uygulamayı kullanan ziyaretçilerin, bina içerisinde yön bulmalarını kolaylaştırmak için gerçek görüntüler üzerine yerleştirilmiş yönlendirme işaretleri kullanarak, deneyimlerine katkı sağlamıştır (Şekil 58) (Detroit Sanat Enstitüsü, [13.10.2019]).



Şekil 58: a) Lumin uygulaması X-R örneği b) Lumin renklendirme uygulaması
c) Lumin yönlendirme (Url 46).

İngiltere Birleşik Krallığı’ndan 30 müzenin katılımıyla, BBC R&D ve Nexus Stüdyoları ile birlikte “Civilizations” isimli uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamanın önemi, en güncel mobil artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanıcı deneyimine sağladığı katkıdır.

“Civilizations” projesi, BBC’nin ortak olduğu ilk artırılmış gerçeklik projesidir. Uygulamanın yaşattığı dijital deneyimde ise müzenin koleksiyonunda bulunan nesnelere ile ziyaretçilerin etkileşime girebilmelerini sağlamasıdır. “Civilizations” isimli mobil gerçeklik uygulaması sayesinde ziyaretçiler, koleksiyonda bulunan nesnelere dijital olarak yaklaşabilmekte, nesnelere 3 boyutlu dijital modellerine daha yakından görebilmektedir. Uygulama da ayrıca seçilen koleksiyonlar hakkında ek bilgiler işitsel ve görsel olarak verilmekte olup kapalı olan lahitlerin içerisini x-ray teknolojisini kullanarak gösterebilmekte, tarihi metinlerin günümüz dillerine tercümesini okuyabilme ve bazı nesnelere ise dijital olarak restore edebilme olanakları sunmaktadır. Bu uygulamanın bir diğer özelliği ise koleksiyonda seçilen eserlerin, daha önce dünya üzerinde nereye ait olduğu ile ilgili ilişkiyi göstermesidir. (NexusStudios, [13.10.2019]).

Artırılmış gerçeklik teknolojisinin son on yılda büyük bir gelişim göstererek donanım, lokasyon gösterme, şekil tanıma gibi teknolojiler ile birlikte gelişimine devam ettiği görülmektedir. Artırılmış gerçeklik teknolojisinin kullanımına yönelik ilk uygulamalar Amerika Birleşik Devletler, İngiltere, Kanada ve Avrupa'daki müzeler için geliştirilmiş ve müze ziyaretçi deneyimlerine sunulmuştur. Müze sergileme yöntemlerindeki bu değişim sadece teknoloji özelinde kalmakla birlikte; teknolojiyi kullanan toplumun değişimi, kullandığı mobil cihazların değişimi ile de beraber ilerlemektedir. Bu bağlamda müzeler, sabit artırılmış gerçeklik teknolojisi ile beraber hatta daha çok mobil artırılmış gerçeklik uygulamalarını tercih ettikleri gözlenmiştir.

3.2.2 Yerinde Görsel Deneyim Veren Örnekler

ArcheoGuide, kültürel miras hakkında bilgi edinebilmek ve özellikle bu mirası herhangi bir rehber, anlatıcı olmadan yerinde deneyimleyebilmek amacıyla geliştirilmiş olan VR uygulamasıdır. Bu uygulama taşınabilir (mobil cihazlar vb.), giyilebilir (gözlük vb.) cihazlar ile ziyaretçinin yapıyı bir çevre içerisindeki harap olmuş kısımlarını, yeniden yapılandırılması amacıyla soyut kültürel unsurlar dahil edilerek daha canlı ve gerçekçi görebilmesini sağlar (Azuma, 1997).

ArcheoGuide artırılmış gerçeklik tabanlı bir uygulama olması nedeniyle, bu teknolojide ki önemli projeler arasındadır. 2002 yılında Vlahakis ve arkadaşları tarafından geliştirilmiş olan uygulama, arkeolojik alanlarda kullanabilmek için tasarlanmıştır. İlk prototip için Olimpiyat oyunlarının doğduğu, birçok kalıntı bulunduğu, Yunanistan'da yer alan Olimpia Antik Kenti tercih edilmiştir. Olimpia Antik Kenti içerisinde Hera, Zeus Tapınakları, Philippeion ve Stadyum seçilmiştir. ArcheoGuide uygulamasında kullanıcı doğal çevre ile sürekli bir görsel temas içerisinde. Bu görsel temas esnasında özel bir AR arayüzü kullanılır. Oluşturulan sistemin ana deposunda görsel, işitsel, metinsel bilgiler yer alır. Anıtın gerçek bir temsili görülür ve eş zamanlı olarak kullanıcıya eserler hakkında sesli bilgi verilir. Sistemin üç ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlar görüntü, video izleyici ve denetçidir. Denetçi, konum yönlendirme görevini gerçekleştirir. Video izleyici ise imge ve video görüntüleri arasındaki dengeyi sağlar. Görüntü ise bilgilerin kullanıcıya aktarıldığı bileşendir. Uygulamada gerçek ve sanal dünya görüntüleri bir arada sunulur. Hera Tapınağı üzerinden ilerlenmesi durumunda tapınağı çıplak gözle gören bir kullanıcı, var olan yapıyı ve doğal çevreyi görür.

ArcheoGuide uygulamasını kullanan kişi ise var olan yapıya ek olarak tapınağın rekonstrüksiyonunu seyredebilir (Vlahakis ve ark., 2004).



Şekil 59: a) Hera Tapınağı orijinal hali b) ArcheoGuide uygulaması ile görünüşü (Vlahakis ve ark., 2004).

Şekil 59'da yer alan görsellere baktığımızda kullanıcı şekil 59'un [a] resminde doğal çevreyi görebilir. Şekil 59'nin [b] görselinde ise ArcheoGuide uygulaması ile kültürel mirasın yeniden yapılandırılmış ara yüzleri ile görselini, işitsel olarak desteklenmiş halini, kentin önemini, geçmiş ihtişamını ve döneminde ki yaşamına dair izlerini görebilir. Stadyumda, antik olimpiyatın yeniden inşa edilebilmesi adına döneme ait sanal atletlerin birbirleriyle yarıştıkları simülasyon şeklinde izlenir. Modelleme ve canlandırmanın yüksek gerçeklikte olduğu bu animasyonlar da cirit atma, zırh yarışı gibi gerçek senaryolar gösterilir (Vlahakis ve ark., 2004).

Cahrısma ve Erato Projeleri, sanal gerçeklik araştırmacıları ve uzmanlar için uygun çalışma alanı olabilmektedir. Bu teknoloji kültürel mirası içeren bazı farklı tezleri doğrulayıp, tekrardan analiz edebilme olanağı sağlamaktadır. Harap olmuş mirası ilk haliyle inceleyip, yeni analizler getirebilmek mümkündür. Araştırmanın bu kısmında açıklanan Cahrısma ve Erato projeleri, bilimsel analiz amaçlı projelere örnek olarak kabul edilebilir.

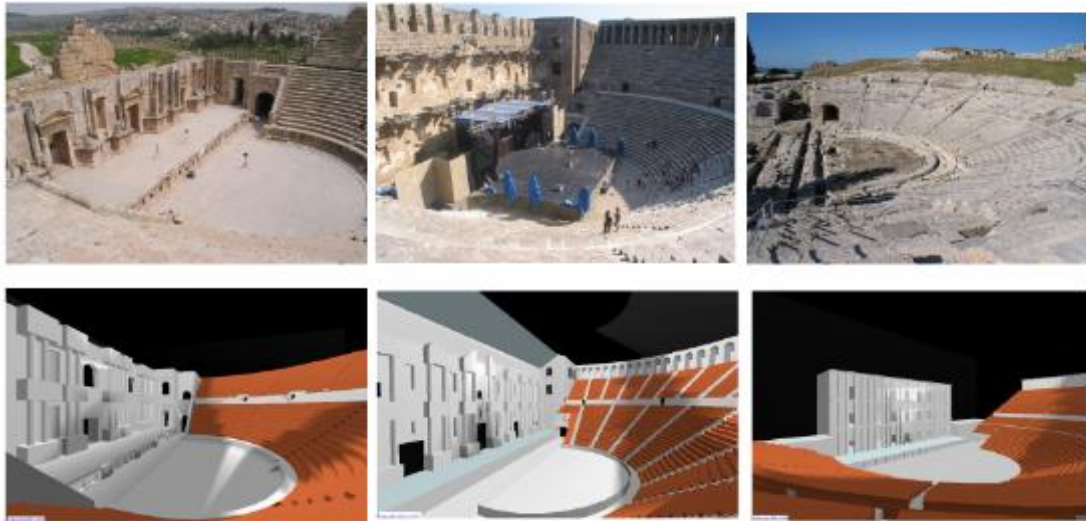
Cahrısma Projesi (Conservation of the Acoustical Heritage by the Revival and Identification of Sinan's Mosque's Acoustics) akustik mimariyi tanımlayabilme, canlandırılmasını sağlama ve korunmasını amacıyla tasarlanmıştır. Avrupa Birliği tarafından desteklenen ve 2000 yılında başlatılan bu proje ile hibrit mimarinin gelişimini sağlamak, sanal koruma, restorasyon ve farklılıklarının ortaya çıkarılabilmesi konuları esas alınmıştır.

Cahrisma projesi, araştırmanın AR teknolojileri sınıflandırılması bölümünde açıklanan işaretsiz AR izleme sistemi ile yönetildiği görülmektedir.

Sanal karakter simülasyonları (yüz, kıyafetler vb.) işaretsiz izleme sistemi ile yönetilse de bazı kısımlarda aydınlatma desteği sağlanmıştır (Ergen, 2020). Kültürel mirası koruma adı altında yapılan AR çalışmaları arasında önemli bir proje olan Cahrisma Projesi'nin sonuçları incelendiğinde; farklı mekanların akustik etkilerinin belirlenmesi, mimari ve simülasyon alanındaki yenilikler, sanal koruma ve restorasyon vb. maddeler karşımıza çıkmaktadır (Karabiber, 2000).

2003 yılında yürürlüğe giren Erato Projesini incelediğimizde ise yine Cahrisma Projesinde olduğu gibi kültürel mirasın bulunduğu ortamlarda sanal karakterlerin simülasyonunu görürüz. Projede amaç geçmişte ki kültürel mirasın mimari birikimlerini ortaya çıkarmak, edinilen tecrübelerden yararlanabilmek ve kültürel mimarın sürekliliğini sağlayarak gelecek nesillere bu bilgileri aktarabilmektir (Sürücü, Başar, 2016). Bu aktarımın sağlanabilmesi AR teknolojisi ile yapılmıştır.

Avrupa Birliği tarafından desteklenen Erato projesi (şekil 60), Akdeniz Bölgesi'nde yer alan Odeonların rekonstrüksiyonlarını, akustik özelliğini, mimarisinin incelenip canlandırılmasını ve Roma, Yunan antik tiyatrolarını kapsamaktadır. Sanallıkta görsel restitüsyonun yapılabilmesi, kültürel mirasın tekrardan canlanabilmesi, belirli önemli yapıların akustik özelliklerinin karşılaştırılması bu projelerin önemli hedefleri arasındadır. Proje kapsamında ayrıca antik döneme özgü yapay seyirciler ve sanatçılar bulunmaktadır (Yüksel ve ark., 2005).



Şekil 60: Erato Projesi'nde seçilen 3 tiyatro (Rindel, 2011).

Osman Hamdi Bey'in önemli tablosu 'Kaplumbağa Terbiyecisi' 15 yılı aşkın, Pera Müzesi'nin koleksiyonunda yer almaktadır. Kuruçeşme'de yer alan çalışma odasının 1906 yılındaki mevcut hali ve "Kaplumbağa Terbiyecisi" tablosu, sanal gerçeklik teknoloji ile kullanıcıya deneyimleme imkânı sunmaktadır. Oda içerisinde Osman Hamdi Bey'in çeşitli fotoğrafları, kendisine ait özel eşyalar, kitapları, piyanosu ve notları bulunmaktadır. VR teknolojisinin ile kullanıcı tüm bu detayları, ayrıntıları ile inceleyebilmekte olup, sanki odada daha önce bulunmuş hissiyatı yaşayabilmektedir. Bunun yanında ayrıca tablonun dijital ortamda, içerisine girebilme imkânı sunulmaktadır. Böylece kullanıcı tabloyu yakından inceleyerek, onunla bağ kurabilmektedir (Tanrıku, 2021). Bu değerli sanal gerçeklik projesi, ziyaretçilerin ilgisini çekmektedir (Şekil 61).



Şekil 61: Sanal gözlük kullanımı ile Osman Hamdi Bey Dünyasına Yolculuk sanal gerçeklik projesi (Url 47).

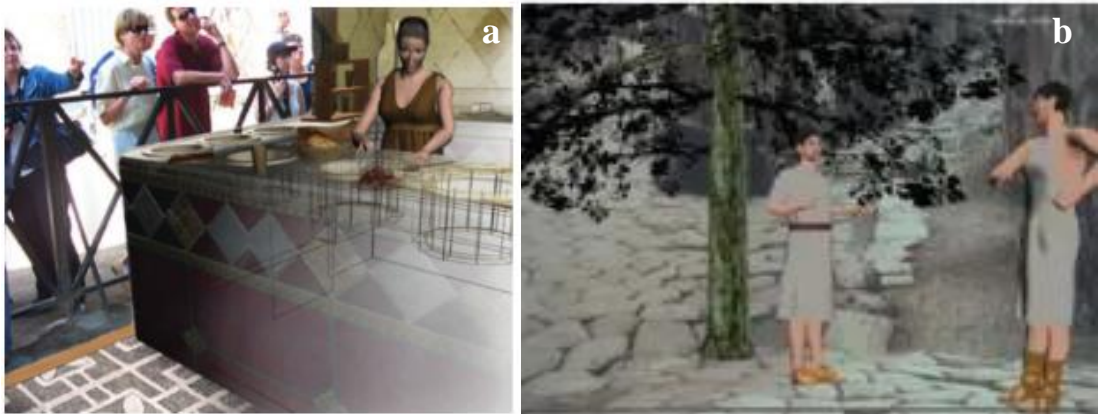
Sanal gözlüğü takan ziyaretçiler kendilerini, Osman Hamdi Bey'in dünyasında bulmaktadır. Gözlük ile odanın içerisinde hareket edebilmekte, tablolara, kitaplara, resim malzemelerine dokunabilmekte ve görselleri eliyle hareket ettirebilmektedir (Şekil 62).



Şekil 62: Osman Hamdi Bey'in odasının sanal gözlük ile görüntüsü. (Url 48).

Osman Hamdi Bey'in Kurbağa Terbiyecisi eserinde sanal gerçeklik teknolojisi kullanılması, sanatsal deneyimin daha bireysel hale gelmesi ve bu eser ile etkileşim kurulmasını sağlamıştır. Kurbağa Terbiyecisi eserinde de olduğu gibi VR teknolojisi ile eserler sanal gerçeklik deneyimine dönüşerek sanat ile iş birliği içerisine girer. Böylece ziyaretçi pasif konumundan çıkarak eser ile etkileşim içerisine girer. Eseri deneyimler ve içerisine dahil olur. Bununla birlikte Türkiye'de, 3 boyutlu animasyonlar ve sanal gerçeklik teknolojisinin dahil olduğu sergiler artmaktadır. Buna benzer girişimler, etkileşimli müzeciliği destekleyen adımlar olabilmektedir (Bostancı, 2019).

Artırılmış gerçeklik teknolojisine ve sanal rekonstrüksiyona dayanan bir diğer önemli çalışma ise Papagiannakis tarafından, Antik Pompeii kentinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma antik fresk resimlerinin yenilikçi 3D rekonstrüksiyonunun olması, sanal karakterlerin doğa (flora ve fauna) ile birlikte gerçek zamanlı yeniden canlandırılmasıyla oluşturulmuştur. Ziyaretçiler bu çalışmaya VR gözlükleri ile dahil olurlar. VR gözlüğü takan kişi Pompeii kentinde ki yeme – içme ortamlarını gözlemler, o döneme ait freskleri inceleyebilir. Döneme ait boyamaların rekonstrüksiyonunu da VR teknolojisi ile deneyimleyen ziyaretçi aynı zamanda, döneme ait kıyafetler içerisinde bir kadını görebilmektedir. Bu çalışmada simülasyonlar işaretli AR takip sistemi ile yönetilir ve sanal karakterler gülümseme gibi statik ifadelerle sahiptir. Karakterlerdeki yüz ifadeleri 3 boyutlu modelleme ile yapılır. Pompeii projesi, tam olarak artırılmış gerçeklik ortamı kullanılarak oluşturulmuş bir sanal animasyondur (Şekil 63). Bu çalışma ile birlikte dönemde var olan AR teknolojisinin sınırları zorlanmıştır (Papagiannakis, 2005).



Şekil 63: a) VR gözlükler ile görülebilen sanal karakter b) Ar teknolojisi ile bitki simülasyonu (Thalman ve Papagiannakis, 2006).

Ziyaretçilerin yüksek derecede gerçekçi tecrübeler yaşayabilecekleri alanlarda, hikâye anlatma ve kurgusal tasarı süreçleri keşfedilmek istenmiştir. Kullanıcının dikkatini çekebilecek bir dizi ilgi çekici desen oluşturarak, estetik ambiyanslar ve duygusal unsurların yanı sıra gerçek zamanlı yaşam güçlendirmeleri ile heyecan veren bir deneyim ortamı yaratılmıştır. Fresk resimleri 3 boyutlu animasyonlar ile canlandırılarak, gerçek dünya üzerine simule edilmiştir. Frenk resim ve boyamalarının rekonstrüksiyonlarında ki kesitler, Vezüv Yanardağı patlamasından önceki yaşama ait kesitlerdir. Bu kesitlerin ziyaretçiye ulaştırması ile kültürel mirasın tanıtılması özelinde farkındalık oluşturmuştur. Bu farkındalıkla sanal olarak bir kültürel mirasın incelenmesi, ziyaretçinin bu deneyimi hissetmesini sağlamaktadır.

Jeju Adası, Kore'nin en çok ziyaret edilen mekanları arasındadır. Ziyaretçilerin bilgi edinebilecekleri, tarihi deneyimleyebilecekleri kültürel miras alanlarındandır. Jeju Adası'nın sanal gerçeklik ile buluşması projesinde, VR/ AR modelleri ile görselleştirme teknolojisi kullanılmakta olup, adada ki bir dizi kültürel miras alanı ziyaretçilere tanıtılır (Saorin, 2017).

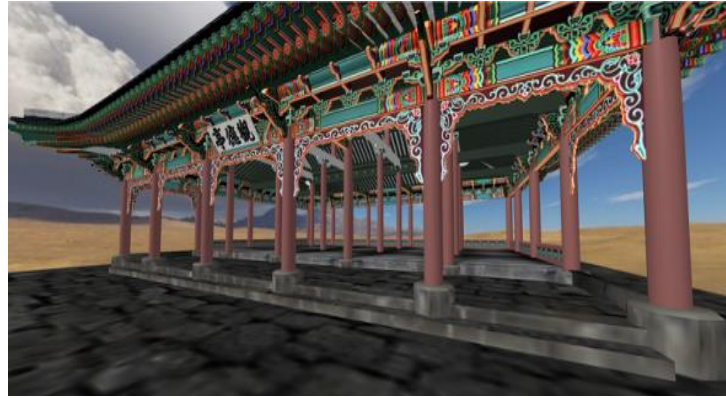
Çoğu ziyaretçi adayı gezerken kısa süreli ziyaretlerin ötesine geçememektedir. Bu nedenle uzak bölgelerden gelen turistlerin Jeju'nun kültürel değerlerini deneyimlemesi ve keyif almaları ihtiyaçları düşünülmüştür. Böylece "Jejuview" uygulaması ile ziyaretçiler sadece bir mobil cihaz ya da sanal bir gözlük kullanarak kendilerini sanal bir deneyimin içerisinde bulabilirler ve bu deneyimlerinde onlara eşlik eden farklı sanal avatarlar bulmaktadırlar. Çalışma VR/ AR tabanlı bir projedir ve Jeju Adası'nda yer alan eserlerin tanıtılması için multimodel yaklaşım sağlayabilmektedir (Jung, 2020).

Jejuview, JavaScript programlama dili kullanılarak geliştirilmiştir. VR/ AR deneyimlerini tasarlayabilmek için web tabanlı teknolojinin kullanılması gerekmektedir. Genel olarak şekil 64'te görüldüğü üzere Jejuview'un amacı, ziyaretçilere VR/ AR uygulaması tasarlamaktır. Jeju Adası miras noktaları ayrıntılı şekilde araştırılarak ziyaretçilerin miras alanları hakkında bilgi alması, uygulamanın metin, resimler ve sesler ile desteklenmesi ve karma gerçeklik ile miras alanlarının deneyimlenmesi hedeflenmiştir. Bu hedeflerin üzerine Jejuview projesinin iki ana bileşeni bulunmaktadır. Bunlar sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik bileşenleridir.



Şekil 64: Jejuview, VR bileşeni (Jung, 2020).

Sanal gerçeklik bileşeninde ki genel ara yüz tasarımında, dört ana miras noktası seçilerek, haritada yerleri küçük görseller ile belirlenmiştir. Seçilen miras alanları ile ilgili bilgiler sistemin kenarında gösterilmektedir. Bu bilgilerin sesli halini dinlemek isteyen kullanıcılar, ses simgelerini kullanarak sanal asistanından seçebilmektedirler. Yakınlaştırma simgesine tıkladıklarında ise o mekân hakkında daha ayrıntılı bilgi verilmektedir. Engelli bireylerin kullanımını desteklemek için ses ve dudak okuma komutu da eklenmiştir. Tapınağın (Şekil 65) 3 boyutlu görüntüsünü ziyaretçi daha ayrıntılı inceleyebilmek amacıyla çok açıdan görüntüleyebilir, etkileşimli haritayı yakınlştırıp uzaklaştıırabilir. Ziyaretçiler eserin içine bakmak istediklerinde gerçek VR deneyimi başlamaktadır. Jejuview ile yeni bir sahne oluşturabilir ve kulaklık desteği ile de sanal ortamla tam etkileşim sağlayabilir (Jung, 2020).



Şekil 65: VR gözlük ile görüntülenmiş mimarı yapı (Bozaniş, Houstis, 2005).

Ara yüzün sağ üst kısmında bulunan QR kodunun bağlantısı, doğrudan akıllı cihazlara okutulur. Tam ekran düğmesi ile de AR sahnesi tam ekranda deneyimlenebilir. Seçilen miras alanları konum işaretleyicisi bulunduğu noktalarda aktif hale gelir.

Miras alanında konumlanmış düğmeye dokunulduğunda ise düğme mekânın aktivasyon ve simülasyonunu gösterir. Örneğin; Dol Hareubang mirasını anlatan düğmeye dokunulduğunda “Jeju Adası’nda bulunan taş heykeller” gibi belirleyici içerikler sunulur. Seslendirmenin doğallaştırılması için İOS, Windows gibi sistemler kullanılmıştır (Jung, 2020).

Başka bir kaynakta ise Jung ve arkadaşlarının 2015 yılında Jeju Adası’ndaki bir tema park alanında, ziyaretçilere anket uyguladığı belirtilmektedir. Bu anket sonucunda artırılmış gerçeklik uygulamalarının sistem kalitesi, yenilikçi ve kişisel olması nedeniyle ziyaretçilerin memnuniyetini artırdığı görülmüştür (Jung vd., 2015).

Kültürel mirasın korunabilmesi ve farklı kesimler tarafından benimsenebilmesinde, eğitici video oyunları da rol oynamaktadır. Bu oyunlar kültürel mirasın içeriğini, oyunlaştırılmış şekilde sunmaktadır. Eğlenceli ve ilgi çekici olması genç bireylerin eğitiminde faydalı olabilmekle birlikte, eğitici video oyunlarının VR teknolojisi ile buluşması sonucunda, genç bireyler üzerinde ki ilgi çekiciliğini artırabilmektedir. Antik Olimpia Oyunu, VR teknolojisinin oyun sektörü ile buluşmasına bir örnektir. Aynı zamanda bu oyunda Zeus ve Hera Tapınakları gibi önemli mimarilerin rekonstrüksiyonları bulunmaktadır (Bozanis, Houstis, 2005).



Şekil 66: Olimpik Çömlek Bulmacası (Gaitatzes, Christopoulos ve Papaioannou, 2004).

Tarihi açıdan önemli olan Olimpik Çömlek Bulmacası sergisin de kullanıcıların, birçok antik vazoyu yeniden bir araya getirmesi ile gerçekleşmektedir (Şekil:66). Sistemde parçaların doğru pozisyonlarını getirebilen bir kod bulunur. Yapboz tamamlandığında ise vazodaki tablo, tekrardan ortaya çıkmaktadır. Vazoların geçişleri, ayrıntılarının yerinde ve doğru gösterilmesi için gerekli teknik malzemeler kullanılmaktadır.

Bu anlatılan VR sergisi ziyaretçilerin ilgisini çekmekte ve onlara etkileşim fırsatı sunmaktadır. Bu çalışma projeksiyon sunum sistemleri için uygun bir örnektir.

Olimpia uygulamasının bir başka arayüz tasarımında ise Atina'da koşu, uzun atlama, cirit gibi spor türlerini de içinde barındıran yaz olimpiyatları, etkileşimli bir şekilde sergilenmiştir (Şekil 67). Kullanıcının hareketini algılayan sensörlerin (motiontracking) varlığı ile ziyaretçi olimpik sporlara interaktif olarak katılabilmekte, antik çağda sporcular ile etkileşim kurabilmekte ve böylece kendisini oyunun içerisinde hissedebilmektedir (Sherman ve Craig, 2003). Çalışmada ziyaretçi Hera ve Zeus tapınaklarını, tapınaklarda yer alan heykelleri gezebilmektedir.



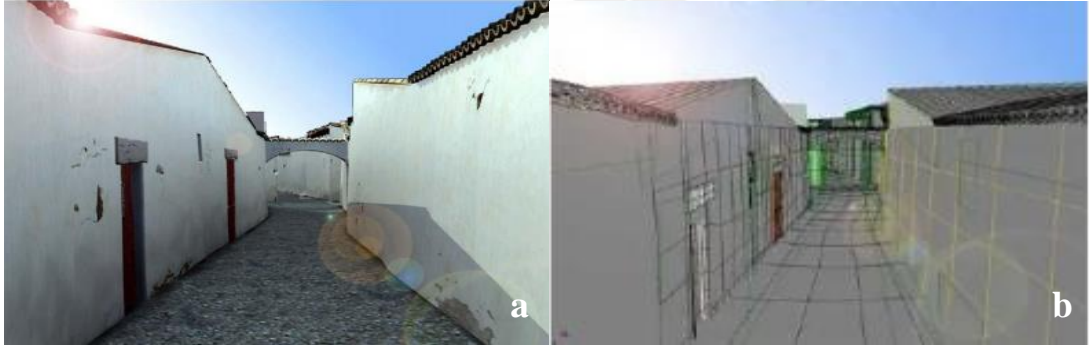
Şekil 67: Olimpia (Sherman ve Craig, 2003).

Ziyaretçiler çevresinde ki tarihi yapıları merak ederek, yapıları ziyaret edebilir. Ciritleri alıp, onları stadyumun diğer bir ucuna fırlatabilirler.

Bir diğer uygulama ise “Feidias Workshop” etkileşimli bir sanal deneyim olarak kabul edilebilir. Zeus’un 15 metre boyundaki fil dişi heykelinin yer aldığı bu bölümde ziyaretçiler, 2 katlı yapıda Zeus heykelinin bitmemiş bir versiyonu ile karşılaşmaktadır. Bunun yanında malzemeleri, kalıpları, iskeleleri de bulunmaktadır. VR desteği ile ziyaretçi bir asistan görevi görmekte ve bitmemiş kısımları tamamlamaya çalışmaktadır. Heykele gerekli malzemeleri uygulayabilmek için sanal araçlar aracılığıyla etkileşim kurulmakta ve bu teknikte daha iyi görüntü alınabilmesi için derin ipuçları, ışık gösterimleri, navigasyon gibi uygulamalardan destek alınmaktadır. Sistemde CAVE benzeri bir ortam kullanılmıştır (Gaitatzes, 2004). Bu VR tekniği kullanımı, aktif bir öğrenme çalışması olarak nitelendirilebilmektedir.

Ziyaretçiler dönemin yaşam şeklini ve çalışma koşullarını deneyimleyerek, yaparak öğrenmektedirler ve karakterlerin animasyon şeklinde ki gösterimi ile dönemimin özelliklerini daha kolay algılayabilmektedirler.

Sanal rekonstrüksiyon uygulamalarının bir diğer örneği ise Gutierrez ve arkadaşlarının (2004) İspanya'nın Zaragoza kentinde, şehrin yer altı otoparkını inşa etmek için kazıldığında; beklenmedik bir şekilde bulunan tarihi alan özelinde ki Sinhaya Çalışması'dır (Şekil 68). Bu çalışma da tarihi bir dokunun, bilimsel çalışmalarla birlikte yeniden canlandırabileceğini göstermektedir. Kazıda kurtarılan tüm bilgilerin halka gösterilmesi ve halkın bilinçlendirilmesi için çalışmalar başlatılmıştır. 3D dijital rekonstrüksiyon ile sokaklar, evler modellenmiş ve aynı zamanda aydınlatma algoritmaları kullanılarak, gerçekçi bir görünüm kazandırılmıştır. Görüntü ve animasyonlar CAVE benzeri sistemler ile geliştirilerek, çalışma için de elde edilen fotoğraflar daha sonrasında, yüzeylere doku vermek için kullanılmıştır. Donanımlar tamamlandığında arkeologlardan oluşan bir grup ile yeniden yapılandırma çalışması başlamıştır (Gutierrez ve ark., 2006).



Şekil 68: a) Caddenin gölgeli görünümü. b) Caddenin üç boyutlu rekonstrüksiyonundan bir görünüm (Gutierrez ve ark., 2006).

Dokuma ve gölgeleme birbirine benzer şekilde yapılmıştır ve ziyaretçilerin sokakta yürüme duygusunu geliştirebilmek adına animasyonlar kullanılmıştır. Ana animasyonların üzerine rüzgârda sallanan çiçekler, çeşmeden akan su gibi canlı sahneler ekleyebilmek adına, ikincil animasyonlar eklenmiştir ve doğal ışığın günün farklı saatlerini gösterebilmesi için uç bilgisayar sistemi kullanılmıştır. Tarihsel dijital üretim hikayesi kurgusunda, kullanıcı beş dakikadan az bir süre boyunca, sabahın ilk ışıklarıyla birlikte farklı dükkanlara ve sonra tekrardan günün geri kalanını geçirdiği evine götürmektedir.

Çalışma sonucunda yeniden inşa edilmesi imkânsız olan tarihi konutların, dokuların sanal ortamda inşa edilmesi imkanını sunmuştur. Bu durum ziyaretçilerin o döneme ait yaşamı deneyimlemesini ve analiz etmesini sağlamıştır. Arkeolog ve tarihçilerden oluşturulan çalışma ortamı ile Sinhaya Projesi adı altında, Zaragoza kentinin kültürel mirasının korunmasına büyük katkı sağlanmıştır (Gutierrez ve ark., 2006).

Troya'da arkeolojiye dair çok fazla bilgi bulunmaktadır. Bu bilgilere erişimi kolaylaştırabilmek ve mirasın korunabilmesi için Troia VR projesi, arkeolojide sanal gerçeklik örneği olarak gösterilebilir (Şekil 69). Projeye kapsamında Truva çevresinde belirlenen 3 farklı nokta da gerçek zamanlı turlar dahil edilmiştir. Oluşturulan VR görüntüleri, uydu görüntüleri ve dijitalleşmiş haritalar aracılığıyla üretilmiş olan manzara resimlerine dayanmaktadır. Sistem içeriğinde coğrafi bilgi sistemi ve bir veritabanı kullanıcı ara yüzü bilgi sistemi bulunmaktadır ayrıca 3D rekonstrüksiyonlar görünümü farklı bir sistemde depolanmaktadır. Coğrafi bilgi sistemi ve veri tabanı birbirine bağlı olmakla birlikte; standart bir yazılım kullanılarak basit bir uygulama üretilebilmektedir.



Şekil 69: 3D rekonstrüksiyonlar ile sanal gerçeklik sunumu örneği (Rieche ve Schneidereds, 2002).

Troia VR Projesi, VR teknolojisinin arkeolojide içerik oluşturma ve teknoloji kullanma boyutunun; en iyi nasıl kullanılabileceğine dair tartışılan bir süreçte üretilmiştir. Proje özelinde, Truva için arkeolojik bilgi sistemi tasarlanmıştır. Bu bilgi tasarım sisteminin ayrıca bir özelliği ise birçok müzede, sunum sistemi özelinde kullanılmak üzere geliştirilmesi olmasıdır (Rieche ve Schneidereds, 2002).

4. EFES ANTİK KENTİ ÜZERİNE BİR UYGULAMA ÖNERİSİ

4.1 Efes Antik Kenti

Efes Antik Kenti günümüzde İzmir'in Selçuk ilçesinde bulunmaktadır. Kaistros Nehri'nin (Küçük Menderes Nehri) denize dökülen kısmının yanında yer alan Efes Antik Kenti, M.Ö 6000 yıllarından beri varlığını sürdürmektedir (İlgün, 2008). Bazı araştırmalarca Efes isminin Apasas'tan geldiği bilinmektedir ve Apasas ana tanrıça anlamına gelmektedir (Peçen, 2018). Antik mirasın tanınmış önemli kentlerinden olan Efes, Hristiyanlık döneminde dini yönden merkezi olarak kabul edilmiştir. Bunun yanında ticaret yollarına yakınlığı ve döneminde sürekli hareketliliğin söz konusu olması nedeni ile önemli bir kent olarak bilinmektedir (Sina, 1994). Ayrıca bölgenin uygun coğrafi özellikleri insanların yaşamlarını kolaylaştırarak kültürel gelişimi de desteklemiştir (Kayan, 2005). Kent tarih sürecinde farklı medeniyetler tarafından yerleşim yeri olarak kullanılmıştır. Bu sebeple kültürel çeşitliliğinin fazla olduğu düşünülmektedir. Tarihi süreçte Efes Kenti Asya'nın en büyük ticaret merkezi olarak bilinmektedir. Bunun yanında Kral Yolu'nun da başlangıç noktası olarak kabul edilir.

Efes kentinin değişim yaşaması ile surlara uyumlu olarak inşa edilmiş olan kapıları bulunmaktadır. Bu kapılardan en önemlisi Magnesia Kapısı'dır. MÖ 3. yüzyılda inşa edilmiş olan Magnesia Kapısı, 1969 yılında yapılan kazı çalışmalarında bulunmuş ve Artemision törenlerinde de kullanılmakta olduğu tespit edilmiştir (Erdemgil, 1998). Diğer kapıların özellikleri ise kentin surlarını birbirilerine bağlayabilmesi ve dış cephelerinin dışa doğru kıvrımlı kesimlerde, Nemea Aslanı postu ve Herakles kabartmaları mevcut olan Herakles kapısı ile üç tane girişi olan Hadrianus Kapısı'dır (Şekil 70).



Şekil 70: Hadrianus kapısı (Url: 49).

Diana Tapınağı olarak da bilinen, tamamen mermerden inşa edilen, dünyanın yedi harikasından biri olarak kabul edilen Artemis Tapınağı, Efes Antik Kenti'nde yer almaktadır. Genç Antik Dönem sürecinde Ephesos'ta çok sayıda klişe ve şapel inşa edilmiştir. Artemis Tapınağı'nın Efes Antik Kenti'nde yer alması bu kenti önemli kılan özelliklerdendir.

1995 yılında Efes'te yapılan çalışmalar sonucunda bölgenin tarihinin Neolitik Çağ'a kadar dayandığı görülmektedir. Efes'te bulunan en eski yapılar, toprak kaplar, oraklar, taş baltalar vb. Efes Müzesi'nde sergilenmektedir (Erdemgil, 2011). Efes Kentinde yapılan tarih öncesi çalışmalar sonucunda Hititlere ait yerleşim merkezleri de bulunmuştur. Günümüzde kadar gelebilen bu yapıların temelleri, M.Ö 300 yıllarında atılmıştır. Yapılan kazılarda Efes kenti içerisinde beş farklı yapı evresi görülmüştür (Horejs, 2008). Kentin üçüncü ve dördüncü yapı evrelerine ait bölümlerinde ise en eski mimari yapıları olarak sayılabilecek kerpiç duvarlar, çok mekânlı konut kompleksleri vb. gibi örnekler bulunmuştur (Koder ve Ladstatter, 2010) (Şekil 71).

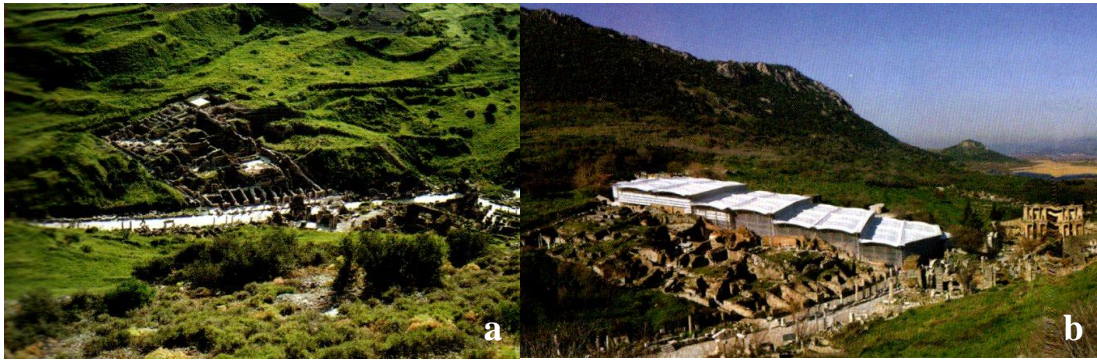


Şekil 71: a) 6 no'lu konut biriminin apsisli salonu (Ladstatter, 2013).

b) 1 no'lu konut birimindeki yıkanma odası (Ladstatter, 2013).

Efes Antik Kenti'nde yapılan kazılar sonucunda bulunan yamaç evlerin, en erken olarak MS 1. yüzyılda yapıldığı düşünülmektedir. Antik kentin tam merkezinde yer alan bu yapılar ilk olarak 1960 yılında, Avusturya Arkeoloji Enstitüsü eşliğinde kazılmıştır. Yapılar MS 7. yüzyıla kadar değişikliğe uğradığı ve belli dönemlerde onarımlarının yapıldığı tespit edilmiştir. Yamaç evlerin döneminde yapılan onarım ve donanım değişikliklerinde, fresklerinde tiyatro oyunlarına ve sanata dair işlemler görüldüğü için bu evlerin sahiplerinin sanata ilgi duyduğu anlaşılmaktadır (Efes Mz. Müd. Arkeologları, 1995).

Kazılarda ortaya çıkarılan iki evden biri olan Yamaç Ev 1'in, kapladığı toplam alan 3000 m² dir. Yamaç Ev 1 üç teras üzerine inşa edilmiş ve üzerinde altı oturma birimi bulunan yapı bloklarında oluşmaktadır. Evlerdeki oturma planları, Helenistik mimariye uygun şekilde yapılmıştır. Bazılarının içerisinde küçük hamamlar bulunmakta olup kentin en merkezi yerinde bulunmaktadır. Yapılar çok fazla değişime uğradığı için prestilli ev tipine, sadece kendin güneydoğu kısmında rastlanmaktadır (Elinç, vd. 2013, 99-110). Kazı çalışmaları sonucunda yapılan araştırmalara göre, daha fazla harap olan; Yamaç Ev 1 olarak isimlendirilen parselin içinde bulunan yapı bloklarıdır (Wiplinger ve Wlach, 1996).



Şekil 72: a) Kazıların başlangıcında Yamaç Ev 2 (Ladstatter, 2013). b) 2000 yılında inşa edilen koruyucu çatı (Ladstatter, 2013).

Günümüze kadar korunarak gelebilmiş olan bu yapıların, kendine özgün mimarisi bulunmaktadır. Efes Antik Kenti'nde yapılan kazılar birinci ve ikinci adada ki evlerde devam etmiştir (Şekil 72 [a]). Yapılan kazılar sonrasında Yamaç Evler 2'nin restorasyonuna ağırlık verilmiştir. Restorasyon çalışmaları içerisinde yer alan çatı projesi, ayrıca önemli sayılabilmektedir. Restorasyon yapılan iki ev özelinde ki projenin sonrasında Yamaç Ev 2'nin üzerine, dönemin antik ruhuna dayanan bir çatı örülmüştür (Şekil 72 [b]). İnşa edilen koruyucu çatı sonrasında Yamaç Ev 2'de bulunan mozaik ve fresklerin, onarımı üzerinde çalışılmıştır. Duvarlarında mozaik ve resimlerin bulunduğu Yamaç Evler 2'de, dönemin varlıklı kişilerinin yaşadığı düşünülmektedir. Yapılarda çok katlı ve sıra sütunlarla çevrili olan mekanlar bulunmaktadır. Bu mekanların merkezleri avlu ile karakterize edilmiştir. Yapılarda su ihtiyacının kuyularla sağlanmış olduğu tespit edilmiş olup, odalarda zengin döşemeler ve işlemler mevcuttur. O dönemden günümüze ulaşamamış olan üst odaların ikinci katının, şölen amacıyla kullanıldığı düşünülmektedir (Ladstatter, 2013).

Yamaç Ev 2 yapı bloğunun içerisinde yapılan kazı çalışmaları sonucunda; mermer, bronz, fildişi gibi malzemelerden üretilmiş heykeller, süs eşyaları ve mutfak eşyaları gibi buluntular ortaya çıkartılmıştır. Antik buluntular, Efes arkeolojisi için çok değerlidir. Efes'teki varıl kişilerin, Kuretler Caddesi güneyinde yer alan; dükkanların arka bölümünde bulunan, görkemli yamaç evlerde oturduğu zaman içerisinde anlaşmıştır. Yamaç Evler' de yapılan kazılar sonucunda ve ulaşılan bilgiler sonucunda evlerin, deprem ve yangın gibi doğal afetler yaşamaları ile oturulamaz duruma geldiği düşünülmektedir. Yaşanan depremler sonrasında birçok yapı döneminde onarılmaya çalışılmış fakat bazı bölümlerde ki onarımların, özenli yapılmadığı da ayrıca tespit edilmiştir. Bazı onarımlar sonrasında antik roma evlerinin ortalarında bulunan havuzlar, ikiye bölünmüş ve duvarların önüne çeşmeler yapılmıştır. Bu bölünme sonucunda antik mimarlıkta sütunlu koridorlar ile çevrelenmiş; dikdörtgen biçimli üstü açık bir avlu olan peristilin, daralmasına neden olmuştur. Evler içerisindeki mozaikler incelendiğinde ise dönemin en ihtişamlı ve varıl dönemi olduğu fark edilmektedir.

Özellikle Yamaç Ev 2 döneminin onarım durumundan çok etkilenmiştir. Orta teras bölünerek, iki tane oturma birimi yapılmış ve oturma birimlerini küçülmesine neden olacak kent sarayı inşa edilmiştir. Yamaç evlerde bulunan yapı blokları kendi içlerinde farklılık göstermektedir. Bu yapı gruplarının bazıları müstakil evler şekilde, bazıları bahçeli, bazıları çoklu bloklar halinde, bazıları da mahalle içerisinde bulunmaktadır. Yamaç evler prestili ev tiplerinin en güzel örnekleri arasında sayılabilir (Şekil:73).



Şekil 73: 2 no'lu konut mekanının peristilli avlusu (Ladstatter, 2013).

Prestilli ev tipinde planlama yapılırken temel olarak prestil, evin merkezinde bulunmakla birlikte; büyüklüğü 25-50 metre aralığında olabilmektedir. Çoğunlukla çift katlı kapılardan girilen odaların girişlerinde, zıvana delikleri ve aşınma izleri görülebilir. Evler, iki ve üç katlı olmak üzere bölünmüşlerdir. Üst katlara ziyafet, davet, yatak ve çocuk odası gibi bölümler olarak kullanılırken, alt katlar ise daha çok günlük kullanıma yönelik oluşturulmuştur. Yapılar içerisinde merkezi ısıtma sistemi bulunmaktadır. Bu merkezi sistem ayrıca hamam olarak kullanılabilir. Evlerin önündeki çeşmelerden, sıcak ve soğuk su beraber akmaktadır. Su kanallarının arızalanması gibi durumların önüne geçebilmek için evlere, sarnıç ya da kuyular yapılmıştır. Yamaç evler de ayrıca Roma dönemine ait bilgiler, özellikler içeren; siyah, beyaz, renkli ve konulu mozaikler ağırlıklı olarak kullanılmaktadır. Bu mozaiklerin döneminde tamir edilmek amacıyla sık sık değişime uğramışlardır. Yapılarda her döneme ait mozaikler yan yana görülebilmektedir (Tabanlı, 2007).

4.2 Yamaç Ev 2

Koruyucu çatı ile kaplı teraslar halindeki alanda bulunan Yamaç Ev 2'nin büyüklüğü ise 4000 m² dir. Üst teraslarda oturma birimlerine sahip olan bu yapının, en alt terasında ise atölyeler bulunur. Evler fresk, mozaikler ve mermer kaplamalar konusunda çok zengindir. Evler, Roma döneminin zengin sınıflarının yaşam kültürünü yansıtabilmekteydi. Yamaç Ev 2, Yunan peristil ev kültürüne uygun olarak, ikişer daire ve üç terasa bölünmüş alanda yer almaktadır. Birbirine bitişik daireler, odaların merkezinde bulunan iç avlunun etrafında yer almaktaydı; bu mekanlar ayrıca ışık kaynağını da avludan almaktaydı. Daireler ve parseller o dönemde ki kullanıcının isteğine göre düzenlendiği düşünülmektedir. Zemin katların törensel nitelikli bezemesinin kalitesi, uyumluluğu, sanat ve kültür tarihi açısından da önemli bir yere sahiptir. Yamaç Ev'in iç mekân dekorlarında karşımıza çıkan, çeşitli mitolojik yaşam sahneleri, dönemin popüler romanlarının resimleri vb. devrin yüksek sanat anlayışını ve zevklerini bize yansıtmaktadır (Scherrer, 2000; akt. Kaynakçı Elinç, 2007). Günümüzde Yamaç Ev 2'nin inşası, donanımı, kullanımı ve yıkımına kadar olan yapı evreleri ayırt edilebilmektedir.

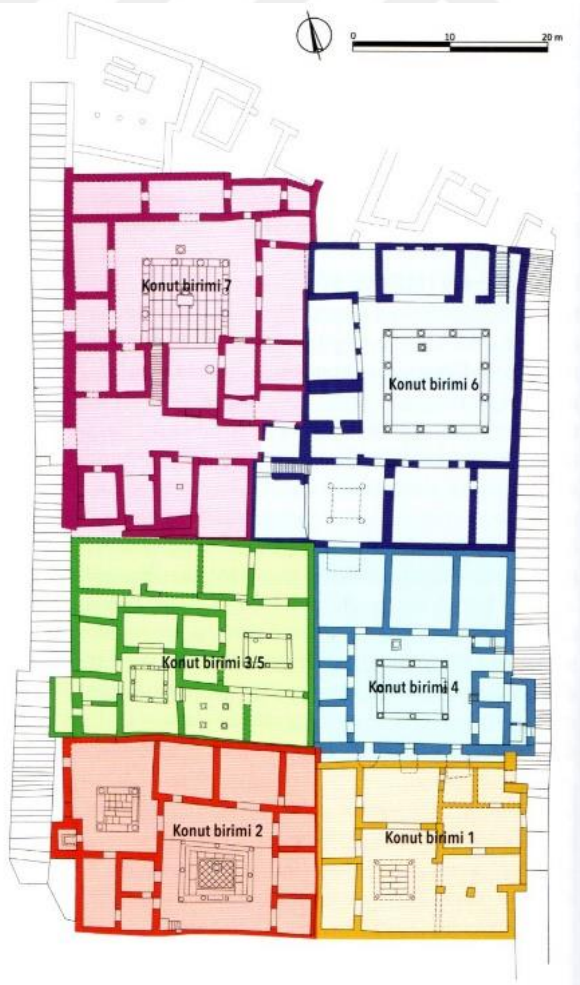
- I. Yapı Evresi (MS 25-50)
- II. Yapı Evresi (MS 120)
- III. Yapı Evresi (MS 230)
- IV. Yapı Evresi (MS 260)
- Yıkım (MS 270/280)
- Geç Antik Dönemden Orta Çağa Kadar Yamaç Ev 2

Yapı evresi, bir yapının inşa edilmesi ya da bu yapıda ki dönemsel değişiklikleri kapsayan evrelerin vurgulandığı bir süreci ifade etmektedir. Yapının donanımsal özellikleri bu yapı evresini takip edebilir, nedensel açıdan yapının bu süreçle ilgili bağlantısı olabilir ya da bu donanımlar süreç içerisinde daha sonra ki bir zamanda eklenmiş olabilir (Ladstatter, 2013). Yapı ve donanımların eklentileri ile ilgili süreçler, noktasal olaylarla ilişkilendirilirken; kullanım evresi ise uzun süren bir süreci tarif etmektedir. Yapının bir bölümünün kullanım evresinin sonlanması ise donanımsal bir değişiklik evresi veya yıkımla gerçekleşmektedir. Bu yönüyle başka bir evresi, bölümü, tarafından devam edebileceği gibi yapının kendisinden tamamen vazgeçilmesiyle de son bulabilir.

Yamaç Ev 2 bölümü MS 1. yüzyıl başlarına tarihlenen inşasından itibaren, MS 270/280 yıllarında yaşanan büyük depremde terk edilene kadar 250 yıl süresince kullanılmıştır. Yaşam alanı olarak kullanılan bu uzun dönemin, arkeolojik bulgular özelinde tarihi açıdan belirli bir iz bıraktığı görülmektedir. Bu izler genellikle bu evre içerisinde, yapısal küçük değişikliklerde ve onarımlarda gözlenebilmektedir. Ancak bu tür uzun kullanımlarla değişen yaşam şekilleri, gerçekleşen büyük yıkımlar, evlerin kullanımlarının tamamen değişmesine ve yeni donanımsal özelliklere dönüşmesine neden olduğu gözlemlenmektedir (Ladstatter, 2013). Genellikle bu değişimler içinde bulunan dönemin, yeni beğenilerine uymak için gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak yapıların mozaik tabanlarında işlevsellik ve dayanıklılık ön planda tutulurken, duvar resimleri ise genel olarak döneminin değişen beğenilerine göre şekillendiği görülmektedir.

Son kullanım evresinde sismik yıkım yaşamış Yamaç Ev 2 de kullanıcıların o döneme ait yaşadıkları dünyaları, yapıların mimarisini ve değişen donanımları günümüzde, araştırmacıların ve gözlemcilerin gözleri önünde yeniden canlanmaktadır (Ladstatter, 2013). Aşağıdaki bölümlerde Yamaç Ev 2'nin yapı evresi incelenecektir.

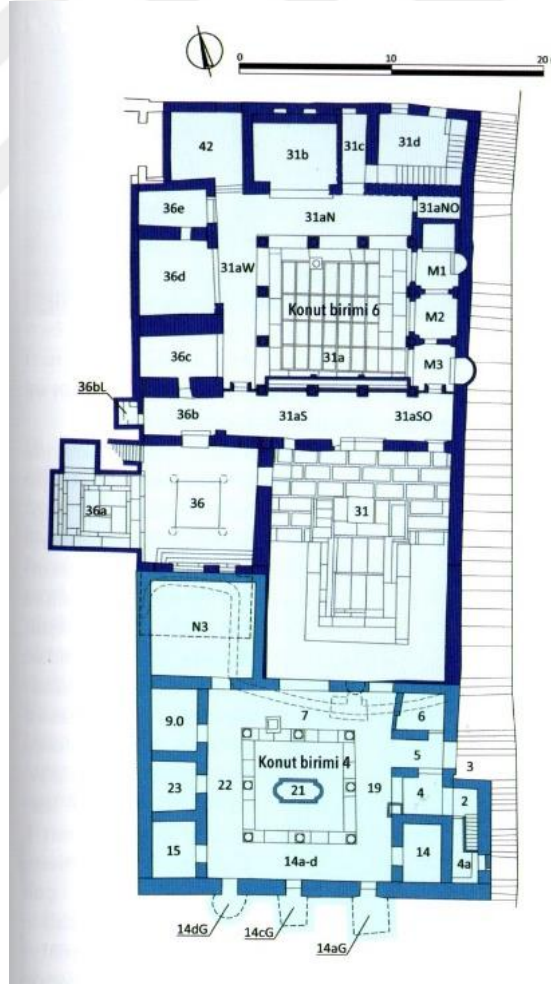
Birinci Yapı evresi (MS 25-50) (Şekil:74), 6 peristili kendi içinde kapalı evden oluşan konut kompleksinin inşa süreci, Tiberius-Claudius zamanına (MS 25-50) tarihlendirilmektedir (Ladstatter, 2013). Helenistik dönem mimarisinde kullanılan daha eski teras duvarlarının üzerine yapılmıştır. Birinci yapı evresinden günümüze kalan çok az sayıda duvar resimleri bulunmaktadır. Kuruluş döneminden kalan ve günümüze ulaşan çok sayıda mozaik taban bulunmuştur. 1. No'lu konut biriminin büyük mekânında ki siyah-beyaz dekora sahip alan örnek olarak verilmektedir. Bu mekân daha sonrasında kullanım işlevi değiştirerek, tiyatro odası denilen mekâna dönüşmüştür. Bu durumda bu tabanlar 250 yıl boyunca kullanılmaya devam etmiştir. Evler MS 1. yüzyıl sürecinde bölgesel, bireysel, tadilat ve bakımlar geçirerek bazı donanımların da değiştiği görülmektedir. 2 No'lu konut birimi özelindeki evde çok fazla değişiklik gözlenemediği görülmektedir. Ancak diğer birimlerde fazla bir değişim görülmektedir. Yamaç Ev 2, MS 3. yüzyılda yıkıldığı döneme kadar bu planı koruyabilmiştir (Ladstatter, 2013).



Şekil 74: I. Yapı evresi planı (Ladstatter, 2013).

İkinci yapı evresi (MS 120) (Şekil:75), planı özelinde belirleyici mimari özelliklerdeki değişimler, Geç Traianus-Hadrianus Döneminde (MS 110-130) döneminde görülmektedir. 6 no'lu olarak isimlendirilen konut biriminin güney cephe duvarının kaydırılmasıyla, mermer salon oluşturulmuştur. Bu tez kapsamının konusunu oluşturan mermer salonun gösteriş odaklı bu mekânın, tamamen mermer duvar kaplama bezemesiyle kendisini ön plana çıkartarak; son derece dikkat çeken ve yepyeni bir bölüm olarak görülmektedir. Mermer salon levhalarının arka yüzeyindeki metinler sayesinde, duvarın ne zaman kaplandığı ile ilgili bilgiler yer almaktadır (Ladstatter, 2013).

Bu bölümden itibaren yapı evrelerinin değişimi özelinde mermer salon incelenerek; diğer yapısal, donanımsal ve yaşama dair değişen özellikler hakkında genel bilgi verilecektir.



Şekil 75: İkinci yapı evresi planı, 4 ve 6 no'lu konut birimleri (Ladstatter, 2013).

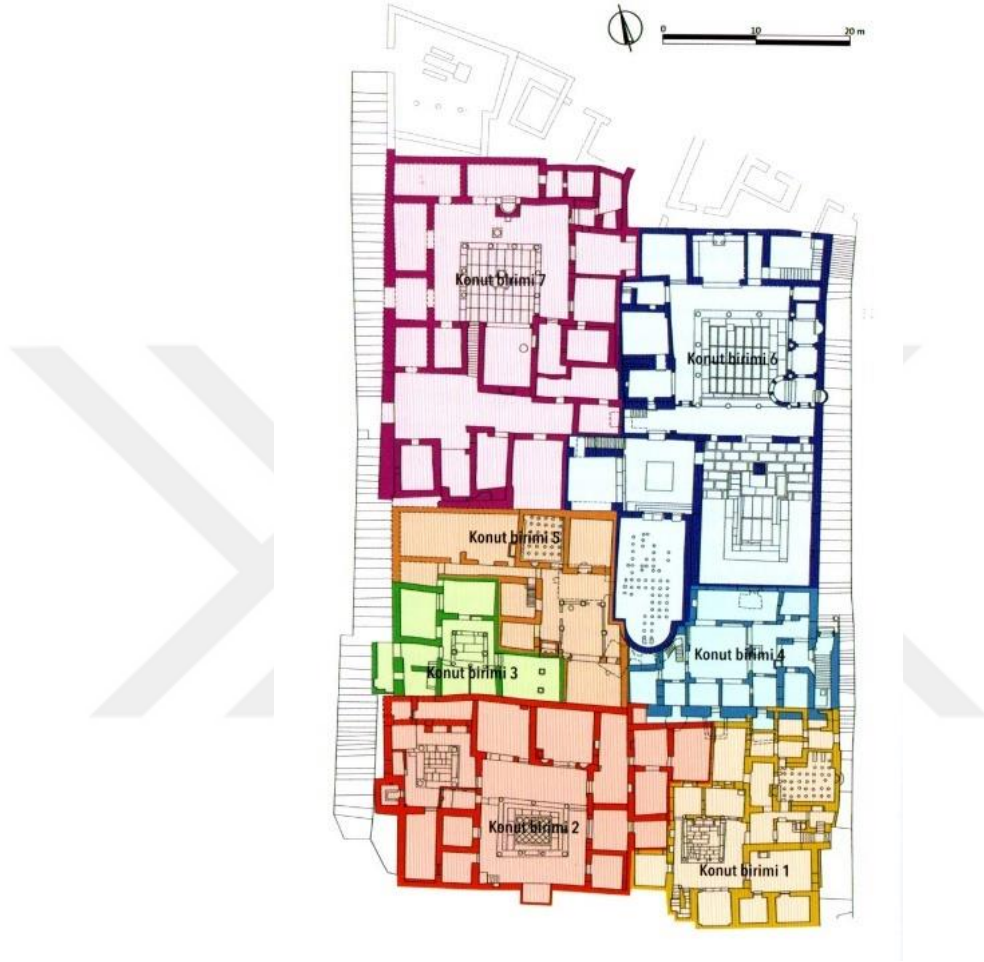
Üçüncü yapı evresi (MS 150) (Şekil:76), MS 2. yüzyılın ortalarına tarihlenen 6 no'lu konut biriminin, bazilika olarak isimlendirilen büyük apsisli mekânın ve küçük yan mekanların eklenmesi ile bir kez daha büyüdüğü gözlenmektedir (Ladstatter, 2013).



Şekil 76: Üçüncü yapı evresi planı, 4 ve 6 no'lu konut birimleri (Ladstatter, 2013).

Dördüncü yapı evresi (MS 230-260) (Şekil:77), Geç Severeuslar Dönemine (MS 220/230) dönemine tarihlenen bu evrede, yapının son büyük inşaatını kapsayan donanım evresi olma özelliği taşımaktadır. Bu evrede, konut birimlerinin özellikleri birbirleri içerisinde kıyaslanabilmektedir. Bu evre MS 260'lar da yapının şiddetli bir depremle yıkılmasından önce ki son olarak kanıtlanmış yapı evresi olarak görülmektedir (Ladstatter, 2013). Bu yapıların mimari özelliklerinde, iç dekorasyonunda, geniş çaplı değişikliklere zorlayan durum ise büyük yıkımlar sonucunda gerçekleştiği görülmektedir. Bu değişikliklerin en belirgin olarak görüldüğü, 6 no'lu konut birimi içerisinde yer alan 31 no'lu mermer salon, bu anlamda en belirgin bir şekilde ön plana çıkmaktadır (Ladstatter, 2013).

Büyük depremle yıkım öncesinde bu mekânın mermer duvar kaplamalarının, yenilenme aşamasında olduğu bilinmektedir. Ayrıca arkeolojik bulguların tespitinde bu büyük yıkım sırasında ustalarının çalışmakta olduğu tespit edilmiştir (Ladstatter, 2013).



Şekil 77: IV. Yapı evresi planı (Ladstatter, 2013).

Yıkım (MS 270/280) evresi olarak belirlenen, MS 3. yüzyılın üçüncü çeyreğinde yaşanan büyük deprem odaklı yıkım ve sonrasında çıkan yangın, Yamaç Ev 2’de büyük tahribat yaratmıştır. Bu yaşanan durum mimari yapıya çok büyük zararlar vermiş ve bazı konut alanlarının tamamen terk edilmesine neden olmuştur (Ladstatter, 2013).

Geç Antik Dönemden, Orta Çağa kadar olan evrede ise Ephesos’un kent merkezinde yer alan, evlerden oluşan blokların olduğu ve etrafı sokaklarla çevrili olan bu parselin, tahribattan sonra yaşanabilir bir yer olmaktan tamamen uzaklaştığı bilinmektedir.

Bu büyük yıkım sürecinden sonra bazı yenileme çalışmalarının yapıldığı görülmekte olup, yapıların kısmen kullanımına 14. yüzyıla kadar devam edilmiştir (Ladstatter, 2013).

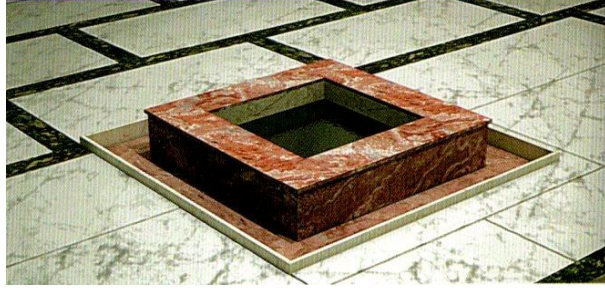
4.2.1 Yamaç Ev 2'nin 6 No'lu Konut Birimi

Yamaç Ev 2'nin 6 no'lu konut birimi, kuzey teras üzerinde ki parselin kuzeydoğu bölümünde bulunmaktadır. Bu birim MS 2. yüzyılda ilk haliyle 620 m² hacme sahip iken güneye doğru genişlemiştir. Bu genişleme sonucunda mermer salon ile “bazilika” şeklinde tanımlanan, büyük apsisli salonun eklenmesiyle de büyük bir değişiklik geçirmiştir (Ladstatter, 2013). Bu değişim sonucunda 178 m² büyüklüğü ile döneminde çok gösterişli olan ve mermer salon olarak isimlendirilen bu mekân, MS 120 yıllarında Erken Hadrianus döneminde ise görkemli halini almıştır. Mekân MS 3. yüzyılın üçüncü çeyreğinde ki yaşanan sismik yıkıma kadar neredeyse hiç değiştirilmeden kullanıldığı bilinmektedir. Mermer salon davetlerin ve ziyafetlerin verilmesinde kullanılmaktaydı. İç mekânına dokuz geniş klinenin yerleştirilmesine imkân veriyordu. Klinelerin mekân içine yerleştirilmesinde, tabanda bulunan siyah beyaz mozaik şeritlerden referasn alınmaktaydı (Ladstatter, 2013). Mekânın iç donanımsal öğeleri ise Şekil 78'te görülen taban ve duvarları, dönemine göre son derece pahalı mermer kaplamalardan oluşturmaktaydı.



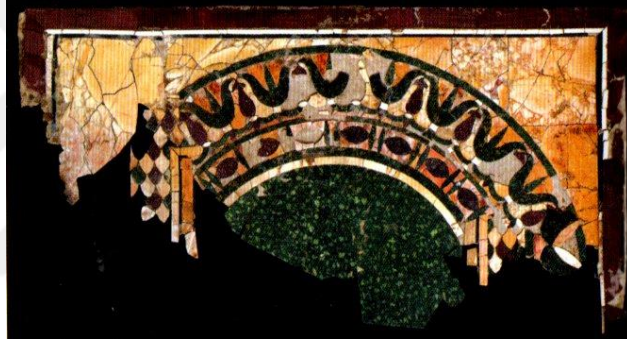
Şekil 78: Mermer salonun rekonstrüksiyonu (Ladstatter, 2013).

Mekânın giriş aksında yer alan zemine yerleştirilmiş fiskiyeli havuz (Şekil:79) ve güney duvarı bölümü içine yerleştirilmiş bir dekor çeşmesi bulunmaktaydı (Ladstatter, 2013).



Şekil 79: Mermer salonun içerisindeki fiskiyeli havuz (Ladstatter, 2013).

Bu öğeler mekânda dinginlik hissini yaşatmakla birlikte, tasarım anlamında ise zarif bir ortam olmasını sağlıyordu. Mermer salonun tavanı, oyma tahtanın içine yerleştirilmiş altın kaplamalı bir konstrüksiyon ile örtülmekteydi. Duvarlar kısmen renkli mermer kaplamalarla ve opus sectile alanlarıyla (Şekil:80) kaplanarak, üç kuşak olarak bölümlenmiştir (Şekil:81).

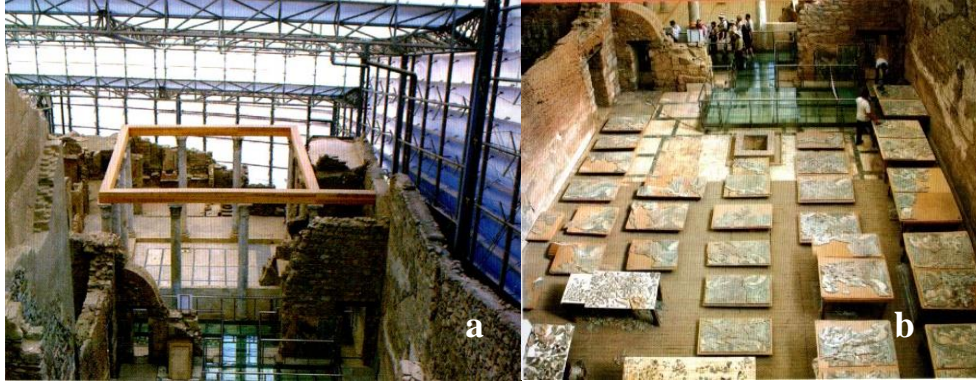


Şekil 80: Opus sectile panosu (Ladstatter, 2013).

Mekânın içerisinde bulunan bezeme ağırlıklı dekorların yanı sıra figürlü resim motiflerinin bazıları da korunarak günümüze ulaşmıştır.



Şekil 81: Mermer salonun duvarları ve tavanın rekonstrüksiyonu (Ladstatter, 2013).

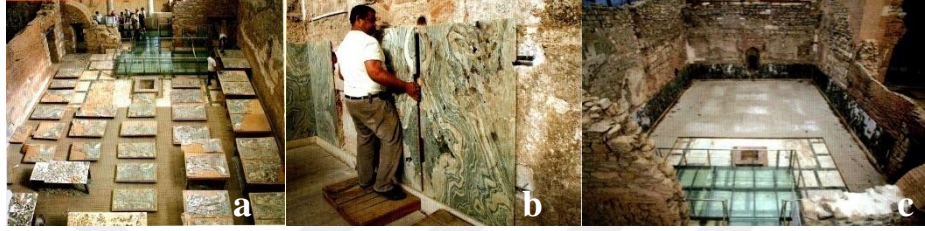


Şekil 82: a) Yamaç Ev 2'nin üzerine çelik konstrüksiyonla inşa edilmiş koruma çatısı- 6 no'lu birime bakış b) Ziyaretçilerin etkileşime girdiği ortam (Ladstatter, 2013).

Günümüzde Şekil 82'de görüldüğü gibi Yamaç Ev 2'nin üzerinde, çelik konstrüksiyonla inşa edilmiş koruma çatısı bulunmaktadır. Ziyaretçilere iyi düşünülmüş bir gezi sirkülasyonu planı içerisinde, bilimsel araştırmaların temeline dayanan kalıntıların sunumları gerçekleştirilmektedir. Koruma çatısı sayesinde uzun dönemli bir restorasyon planında uygulamaya konulması mümkün olmuştur. Ayrıca bu uygulama sayesinde restoratörler ile ziyaretçilerin etkileşime girebileceği bir ortam oluşturulmuştur. Konuyla ilgilenenlerin restorasyon çalışma süreci hakkında bilgi sahibi olabilmelerine de imkân vermektedir (Ladstatter, 2013) (Şekil 82 [b]). Bu oluşturulan ortam sayesinde konuya uzak olan kişilerin algısında oluşmuş; çalışmaların gereğinden fazla uzun sürdüğü izlenimini ve restorasyon çalışmalarının yavaş ilerlediği düşüncesini değiştirmede ayrıca onarım ve koruma çalışmaları ile ilgili belirli bir anlayışın da geliştirilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

2007 yılından günümüze yürütülen çalışmalarda, 6 no'lu konut biriminde bulunan mermer salonun (31 no'lu mekân) rekonstrüksiyonu ve montajı devam etmektedir. Mermer salonun mermer levhaları MS 270/280 yıllarında yaşanan deprem sonucunda duvarlardan dökülmüş, moloz içerisinde kalan mekânın tabanına yayılmış olarak arkeologlar tarafından bulunmuştur. Bulunan mermer levhalarla ilgili ilk çalışmada 120.000 kırık parça tespit edilmiştir.

Bu parçaların 10.000'i en altta bulunan cippollinoverde kuşağına (Şekil 83 [a, b]), 70.000'i ortadaki kısma ait pavonazetto ana kuşağına (Şekil 84 [c]) ve 40.000 parçanın ise en üstteki opus sectile kuşağına (Şekil 84 [a, b]) ait olduğu düşünülmektedir. Temizlenmiş mermer parçalar biçim, renk ve desenlerine göre kategorilere ayrılmıştır. Daha sonrasında yapıştırılan en alt kuşaktaki mermer levhalar duvara yerleştirilmiştir (Ladstatter, 2013) (Şekil 83 [b]).



Şekil 83: a) Mermer salon restorasyon projesi b) Mermer levhaların yerleştirilmesi
c) 31 no'lu mermer salon (Ladstatter, 2013).

2013 yılında tam olarak bitirilmemiş olsa da ana ve üst kuşaktaki çalışmalar, 14 pavonazetto levhası bir araya getirilerek kısmen yapıştırılmıştır. Deprem sonrası çok küçük parçalarda kırılmış opus sectile alanlarının rekonstrüksiyonun ise özellikle zor olduğu belirtilmiştir. Mermer salonun 2012 yılına kadar ki olan rekonstrüksiyon çalışmasının içinde bulunduğu aşamada, en az 12 panonun bulunduğu düşünülmektedir (Şekil 84 [a, b]).



Şekil 84: a) Duvar kaplamasına ait opus sectile parçaları b) Figürlü porfidoverde ve porfidorosso'dan oluşan opus sectile alanı c) Pavonazetto levhalarında birleştirme
(Ladstatter, 2013).

Günümüzde restorasyon projesi devam etmekte olup, en üstteki süs kuşağının artık tüm duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmadığı belirtilmiştir. Bu nedenle uzmanlar tarafından korunarak gelmiş panoların, mermer salonda sergilenmesi düşünülmektedir (Ladstatter, 2013) (Şekil 80b).

Arkeolojide “puzzle restorasyonu” olarak bilinen ve Türkiye`nin en büyük arkeoloji projesinin yürütüldüğü Efes Antik Kenti`nde, 6 no`lu konut biriminde ki 31 no`lu oda olarak isimlendirilen mermer salonun görkemli duvar kaplamaları, korunarak ve aynı zamanda özgün durumlarına yakın görünümlerinin sunulması sağlanacaktır (Ladstatter, 2013).

Yukarıda anlatılan koruma projesi kapsamında artık duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmadığı belirtilen süs kuşağının ve 12 panonun mermer salonda sergilenmesi düşüncesi özelinde; duvarda olduğu bilinen en üst bölümdeki süs kuşağına ait opus sectile parçalarının, genişletilmiş gerçeklik teknolojisi ile bu bölümlerde dijital olarak sergilenmesi yönelik ve aynı zamanda ziyaretçi deneyimine katkı sağlaması özelinde, bir uygulama önerisinde bulunulacaktır.

4.3 Mermer Salon Üzerine Bir Uygulama Önerisi

Sistemin amacında 6 no`lu konut birimindeki mermer salonun (31 no`lu mekân) genişletilmiş gerçeklik teknolojisi ile oluşturulan hologramların fiziksel kalıntılar üzerine yerleştirilmesi sağlanmaktadır. İnsan, bilgisayar ve çevre etkileşimli bir bağlantı kurarak; fiziksel ve dijital dünyaların bir karışımı ile mekân sentezleme gerçekleşmektedir. Genişletilmiş gerçeklik gözlüğünü takan kullanıcı, sanal ortamda el veya parmak hareketlerini kullanabilecektir. Mekânı sentezlemeye yönelik sistem ara yüz içerisine eklenmiş butonları görebilecek ve aktif hale getirebilecektir.

Ziyartçinin mekânı algılaması, seçimler ile yeniden şekillendirme gibi etkileşim sağlayabilmesi ve arkeolojik alana dair bilgiyi bu etkileşim ile oluşturabilmesi için mekân sentezleme de sırasıyla yapılan işlemler;

Görmeye yönelik:

- Restorasyon süreçleri hakkında bilgi verilmesi,
- Çatıların 15 ila 20 derecelik eğim verilmesinin nedenlerini; yağmur sularının avlulara akmasının nasıl sağlandığını, çatıların diğer kısımlarında biriken

suların dikey yağmur boruları kullanılarak yamaç Ev 2'nin altında bulunan kanallar üzerinden merdivenli sokaklara nasıl verildiğinin simülasyonu,

- Mermer salonun duvar kaplamaları hakkında bilgi edinilmesi,
- Mermer salonu döneminde ki görünümünü 3 boyutlu olarak; gerçek dünyada ki kalıntılarının üzerine bindirilmiş hologramları ile görülebilmesi,

Dokunmaya yönelik:

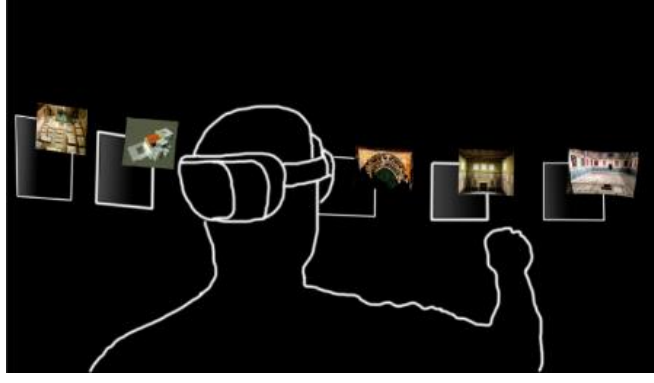
- 6 no'lu konut biriminin dijital modelinin görülmesi; parmak hareketleri ile büyültüp küçültebilmesi,
- Dijital Opus Sectile parçalarını sanal ortamda birleştirebileceği bir bulmaca oyunu,

İşitmeye yönelik:

- Taban ve mermer kaplamalarla süslü olan donanımlarını; mekânın ekseninde yer alan şadırvanın ve güney duvarın içerisine oturtulmuş temiz su veren süs çeşmesinin görünümü,
- Mekânda kullanılan malzemelerin akustik olarak nasıl bir etki yarattığının görsel ve işitsel simülasyonu, gibi işlemler yapılabilmektedir.

Puzzle gibi oyunlaştırmalar ile de ziyaretçinin olaya dahil olmasını kolaylaştırmaktadır. Böylelikle ziyaretçi farklı duyarlar ile mekânı deneyimleyebilmektedir.

Tasarlanacak uygulamanın sistem prototip kurgusunda donanım olarak bir karma gerçeklik özelliği sunan, kullanıcıların donanımı taktıklarında fiziksel ortamı görebilmesini sağlayan, baş hareketlerinde altı derecelik özgürlük hareketi sağlayan Microsoft HoloLens kullanılacaktır. Prototipin yazılımında ise; bir tasarım geliştirici aracı olan hologram tasarlama programı Unity, kullanılarak geliştirilecektir. Bu programın özelliği, çoğu gerçek yaşam benzeri simülasyonların oluşturulmasına imkân sağlamasıdır.



Şekil 85: Holografik tasarım kullanıcı ara yüzü.

Sistemin tasarım bileşenleri ise (Şekil 85) aşağıdaki başlıklar altında geliştirilecektir:

Holografik çerçeve:

Kullanıcılar gözlükleri taktıklarında, tasarlanan içeriğin gerçek dünyada Mermer Salon'un kalıntılarının üzerine bindirildiğini anlayabilmelidirler.

Koordinat sistemleri:

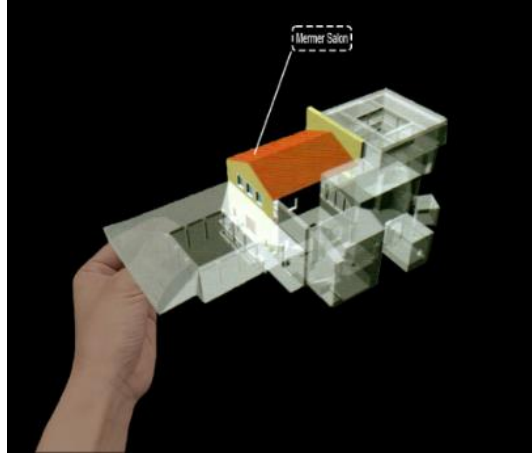
Hologramlar fiziksel kalıntıların üzerine yerleştirilecektir.

Uzamsal eşleşme:

Nesneler kullanıcıların dünyasına tutturulacaktır ve gerçek dünyanın fiziksel yüzeylerinden yararlanılacaktır.

Kullanıcı konforu:

Doğal Dünya'nın içinde oluşturulacak sürükleyici ortamda, tasarımı kullanacak ve tarihi kalıntılara zarar vermeyecek şekilde güvenlik ve konfor sağlanacaktır.



Şekil 86: Holografik tasarım etkileşim modeli.

Etkileşim modeli:

Kullanıcılar el, göz ve ses girişi yoluyla içgüdüsel etkileşimler sağlamaları sağlanacaktır (Şekil:86).

Eller ve hareket kontrolleri:

Kullanıcıların ellerini kullanarak yakın mesafeden veya üst bölümlerde bulunan süs kuşakları ve tavan gibi yapısal öğelerle etkileşimde bulunabileceklerdir.

Ses girişi:

Çevredeki hologramları ve ortamları kontrol etmek için sürükleyiciliği sağlamada sesli komutlar kullanılacaktır. Mermer Salon'un akustiği ve mekânda bulunan fiskiyeli havuz ve dekor çeşmesinin sanal sesleri dijital olarak oluşturulmaya çalışılacaktır.

Göz takibi:

Kullanıcıların neye baktığı ile ilgili bilgiler toplanarak; holografik bir deneyime yeni bir bağlam ve insan anlayışı düzeyi eklenecektir.

Yaygın denetimler ve davranışlar:

Sık kullanılan uzamsal etkileşimler ile ilgili veriler toplanacaktır.

Renk, ışık ve malzemeler:

Karma gerçeklik için renk, aydınlatma ve malzemeler için, Mermer Salonun rekonstrüksiyon çizimlerinden yararlanılacaktır.

Nesne ölçeği:

Kullanıcıların mekân içinde nesnelerin nerede olduğunu, ne kadar büyük olduklarını ve hangi malzemeden yapıldıklarını anlayabilmeleri için çok sayıda gerçek malzemeden ipuçları birleştirilecektir. (Şekil:89)

Tipografi:

Kullanıcıların ihtiyaç duydukları önemli bilgileri vermek için üç boyutlu alanda net ve okunabilir metinler kullanılacaktır. Antik inşaat işçiliği konusunda bilgiler, levhaların arka yüzeyinde keşfedilen yazıtlar, mermer dekorasyonunun tam olarak zamansal sınıflandırılması ayrıca Roma imparatorluk Dönemi mermer ticareti, mermer salondaki inşaat çalışmaları hakkında bilgiler verilecektir.

- **Basit Uygulama 1**

Kullanıcı Mermer Salonun güney cephesinde bulunan giriş kapısına geldiğinde, genişletilmiş gerçeklik gözlüğünü takarak sanal ortamda el veya parmak hareketleri ile kullanabileceği; holografik tasarım kullanıcı ara yüz içerisine eklenmiş mekânı sentezleyebileceği sanal beş farklı butonu görebilecek ve aktif hale getirebilecektir (Şekil 87 [c]). Sanal butonların ara yüzlerine görsel imajlar eklenecektir. Mermer salon'un (Şekil 87 [a]) görselinin eklendiği butonun aktif edilmesi durumunda; restorasyon süreçleri hakkında bilgi verilmesi sağlanacaktır.

6'no'lu konut biriminin çatılarının görünümünün eklendiği sanal butonun aktif edilmesi durumunda ise yapının dijital modelinin görünümünün yanı sıra çatıların 15 ila 20 derecelik eğim verilmesi sonucunda, yağmur sularının avlulara akmasının nasıl sağlandığı ayrıca çatıların diğer kısımlarında biriken suların dikey yağmur boruları kullanılarak yamaç Ev 2'nin altında bulunan kanallar üzerinden merdivenli sokaklara nasıl verildiğinin simülasyonu gösterilecektir.

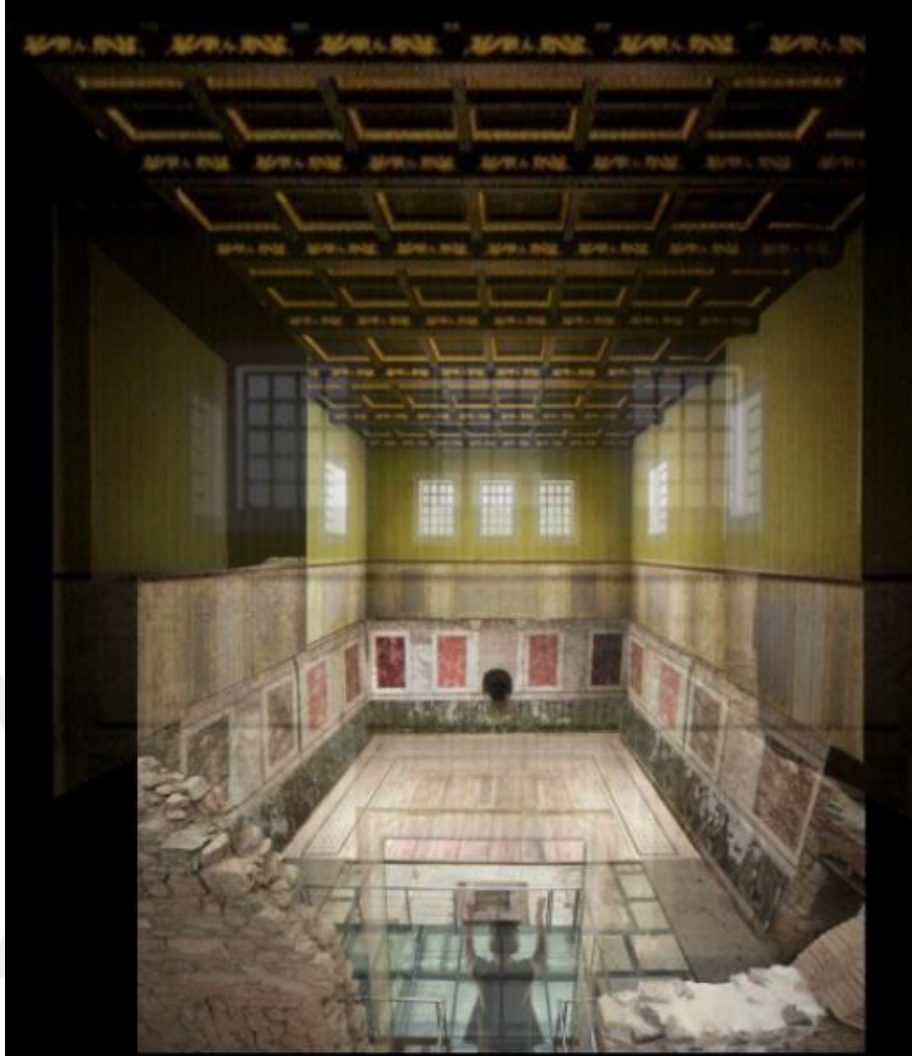
Bir diğer sanal buton ise Opus sectile panosunun görseliyle ara yüze eklenmiştir. Bu buton aktif hale getirildiğinde mermer salonun görkemli duvar kaplamaları hakkında bilgi edinilmesi sağlanacak aynı zamanda kullanıcı dijital puzzle parçalarını sanal ortamda birleştirebileceği bir bulmaca oyunun içersine dahil olabilecektir.

Mermer salonun rekonstrüksiyon görselinin olduğu sanal buton aktif edildiğinde ise döneminde bir lüks ortamı olarak kullanılan salonun; taban ve mermer kaplamalarla süslü olan donanımları, mekânın ekseninde yer alan şadırvan ve güney duvarın içerisine oturtulmuş temiz su veren süs çeşmesinin mekânda akustik olarak nasıl bir etki yarattığının görsel ve işitsel simülasyonu oluşturulacaktır.

Mekânı sentezlemeye yönelik mermer salonun duvarlarının ve tavanın rekonstrüksiyonu içeren görselinin olduğu (Şekil 83'ün c'sinde görüldüğü gibi, en sağdan ikinci) bir diğer sanal buton aktif hale getirdiğinde ise hologramların fiziksel yüzeylere yerleştirilmesi örneğinde olduğu gibi (Şekil 87 [b]) mermer salonu 3 boyutlu olarak, gerçek dünyada ki kalıntılarının üzerine bindirilmiş hologramları ile görülebilmesi sağlanacaktır (Şekil 88).



Şekil 87: a) Mermer Salon b) Hologramların fiziksel yüzeyler üzerine yerleştirilmesi örneği (Şekil:45) c) Holografik tasarım kullanıcı ara yüzü.

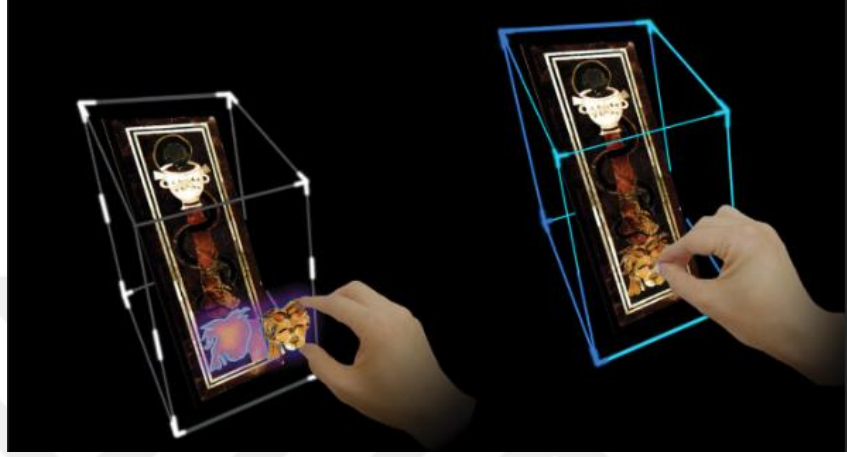


Şekil 88: Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi ile mermer salon üzerine bir uygulama.

- **Basit Uygulama 2**

Bir diğer uygulamada ise kullanıcı, holografik tasarım kullanıcı ara yüzünde ki Opus Sectile görseli ile belirtilmiş sanal butona basarak, en üstteki süs kuşağının artık tüm duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmadığı belirtilen ve uzmanlar tarafından korunarak gelmiş Opus Sectile alanlarının; mermer salonda fiziksel olarak sergilenmesi düşünülmekte olan panolarını, sanal ortamda duvar yüzeyine yerleştirebileceklerdir.

Ayrıca arkeolojide “puzzle restorasyonu” olarak bilinen ve Türkiye’nin en büyük arkeoloji projesinin yürütüldüğü Efes Antik Kenti’nde, 6 no’lu konut birimindeki 31 no’lu oda olarak isimlendirilen mermer salonun, görkemli duvar kaplamalarının dijital puzzle parçalarını sanal ortamda birleştirebileceklerdir (Şekil 89).



Şekil 89: Duvar kaplamasına ait opus sectile parçalarının dijital ortamda birleştirilmesi.

5. SONUÇ

Günümüzde sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik teknolojileri vardır ve farklı disiplinlerde oyun, reklamcılık, eğitim, uzay araştırmaları, tıp, mimari, tasarım ve gösterim teknikleri amaçlarla kullanılmaktadır. Bu çalışma kapsamında bu teknolojilerin kullanım amaçları incelenerek, iç mekân özelinde bir çalışma yapılmıştır. Bu tez konusunun literatür araştırmasında ise farklı disiplinlerde yapılmış birçok çalışma incelenmiştir. İç mimarlık düzeyinde yapılan çalışmaların ise kısıtlı olduğu bulgusuna varılmıştır. Çalışmanın konusu olan genişletilmiş gerçeklik literatürünün kısıtlı olması ve anlatımın ise çoğunlukla donanımlar üzerinden açıklanmaya çalışıldığı bulgusuna ulaşılmıştır. Genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin tarihsel gelişiminin sunulmasının, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisinin açıklanmasıyla mümkün olabileceği sonucuna varılmıştır. Birbirleri içerisine geçmiş bu kavramların literatür incelemesi bu anlamda kapsamı geniş tutulmuş ve ikinci bölümde incelenmiştir. Bölümün konusu olan sanal, artırılmış ve genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin kavramı, tarihçesi, kullanılan teknolojilerin özellikleri ve uygulama alanları incelenerek görsellerle anlatılmaya çalışılmıştır. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik konusunda yapılmış araştırmaları incelediğimizde bugün, konuyla ilgili derinlikli yapılmış literatür çalışmaları görülmektedir. Ancak ülkemizde ve dünyada genişletilmiş gerçeklik teknolojisiyle ilgili yapılmış bilimsel çalışmaların ve literatürünün kapsamının ise sınırlı olduğu düşünülmektedir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin gelişiminin henüz çok kısa geçmişe sahip olması da bu anlamda, ilgili disiplinde ki çalışmaların ve literatürünün zenginliğin yeteri kadar kapsamlı olamamasına neden olduğuda düşünülmektedir. Disiplinlerarası yapılan bu tez çalışmasının bu bağlamda, yukarıda açıklanmaya çalışılan nedenler ile birlikte; literatüre katkısının olacağına ve gelecekte genişletilmiş gerçeklik konusunda yapılacak araştırmalara bir örnek oluşturacağı düşünülmektedir.

Üçüncü bölümde ise sanal, artırılmış ve genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının tasarım ve tarihi alanlarda kullanımına yönelik uygulamaları literatür kapsamında incelenmiştir. Tasarım alanında kullanılan teknolojiler ise yazılım odaklı incelenerek, örneklerle açıklanmaya çalışılmıştır. Tasarım alanında yapılan literatür araştırmasında özellikle genişletilmiş gerçeklik teknolojisinde kullanılan donanım ve yazılımlarının birbirleri ile entegrasyonları incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda, uygulama önersinde sunulacak teknoloji tercihinin ve sınırlarının belirlenmesi sağlamıştır.

Araştırmanın devamında ise uygulama önersinde bulunulacak tarihi alan düşünülerek; bu alanlarda gerçekleştirilen sanal, artırılmış ve genişletilmiş gerçeklik uygulamalarının literatürleri kapsamlı incelenmiştir. Tarihi alanlarda kullanılan bu teknolojiler ise yazı ve sembollerle bilgilendirici ve yerinde görsel deneyim veren örneklerle sınıflandırılmaya çalışılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda ise teknolojilerin tarihi alanlarda ki kullanım hedeflerinin eğitici, öğretici, eğlendirici, yönlendirici, gösterim teknikleri gibi konular olduğu bulgusuna varılmıştır. Ayrıca tarihi alanlarda kullanılan teknolojilerin sanal ve artırılmış gerçeklik uygulamalarıyla sınırlı kaldığı sonucuna varılmıştır.

Tüm bu literatürden elde edilen bulgular sonucunda, tarihi alanlara yönelik genişletilmiş gerçeklik teknolojisi kullanılarak oluşturulmuş bir uygulamaya rastlanılmamıştır. Bu amaçla genişletilmiş gerçeklik teknolojisi kullanılarak bir uygulama önerisi getirilmesi düşünülmüştür. Bu uygulama önerisinin, iç mekân tasarım tarihini farklı yöntemlerle deneyimleyerek öğrenilmesine, öğretilmesine ve müze gösterim teknikleri üzerine yeni bir yaklaşım oluşturulmasına yönelik bir örnek oluşturacağı öngörülmektedir. Sunulan uygulama kapsamında ziyaretçilerin fiziksel ortam üzerine bindirilmiş dijital ortamlarda sergi deneyimi yaşabilmelerinin sağlanmasının mümkün olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca iç mimarlık disiplininin öğretileri kullanılarak, iç mimar olmayan her türlü ziyaretçi profiline mekân okuma yeteneği kazandırılabilmesi düşünülebilir. Tarihi alanların korunması ve sergilenmesi uygulamalarında ise tartışmalı bir konu olan anstilosiz çalışmalarına dahil edilerek; yerinde fiziksel olarak gösterimi mümkün olmayan eserlerin, genişletilmiş gerçeklik teknolojisi kullanılarak dijital olarak sergilenmesi sağlanabilir. Genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin tarihi alanlar özelinde kullanımının sağlayabileceği faydaya yönelik bir diğer konu ise kültürel mirasın devamlılığının aktarımına katkısı olabileceği düşünülmektedir.

Bu düşünce özelinde, uygulamanın geliştirileceği ortam olarak Efes Antik Kent Yamaç Ev 2 içerisinde bulunan, 6 no'lu konut birimi içerisinde yer alan, 31 no'lu mermer salon seçilmiştir. Çalışma alanı olarak belirlenen Efes Antik Kent Yamaç Ev 2 yapısının seçilme nedeni ise antik yapıların bir koruma çatısı ile örtülmüş olmasıdır. Günümüzde genişletilmiş gerçeklik teknolojisi ile oluşturulmuş hologramların, açık havada ve gün ışığının yoğun olduğu ortamlarda görünürlüklerinin azaldığı sonucu literatür çalışmasından elde edilmiştir.

Gelecekte genişletilmiş gerçeklik teknolojisinin özellikleri ve kullanım alanlarının genişleyeceği öngörülmektedir. Bu teknoloji ile oluşturulan holografik ortamların kullanım alanlarının genişlemesi, içeriği detaylı olarak inceleme ve etkileşimli ortamlar yaratılmasına katkı sağlayabileceği bilinmektedir.

Tez içeriğinde sunulan uygulama önerisinde, Yamaç Ev 2'deki Mermer Salon'da bulunan eserler hakkında genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi kullanarak;

- İç mekân öğelerini ekleyip çıkarma,
- Mekânda kullanılan malzemeler hakkında bilgi edinilmesi,
- Akustik simülasyon,
- 6 no'lu konut biriminin 3 boyutlu görseli,
- Tüm duvar yüzeyine yerleştirilmesinin mümkün olmayan en üstteki süs kuşağının eklenmesi,
- 12 panonun dijital olarak sergilenmesi,
- Kullanıcının kişisel tercihlerine odaklı sunumlar oluşturularak ekstra bilgi katmanının sağlanabilmesi,
- Kültürel mirasın devamlılığının aktarımının sağlanabilmesi,
- Ziyaretçilere dijital ortamda sergi deneyiminin yaşatılabilmesi,
- Restorasyonu mümkün olmayan eserlerin gösteriminin sağlanabilmesi,
- Mekân sentezleme ile ilgili bilginin sağlanabilmesi, amaçlanmıştır.

Tez çalışması kapsamında sunulan uygulama modeli önerisi, yukarıda da açıklandığı gibi Yamaç Evler özelindedir ancak yapısal öğeleri belirli oranda korunmuş tüm antik kentlerde uygulanabilecek şekilde kurgulanmıştır. Efes antik kentinin tarihi önemi, içerisinde bulunan yapıların özel önemleri, kalıntıların korunmuşluk düzeyleri ve mekân tasarımı tarihini ilgilendiren bilimsel verilerinin olması nedeniyle tercih edilmiştir.

Sonuç olarak, genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin algısal odağı harekete geçirmede normal sabit bir görsele göre; algı düzeyine daha fazla uyaran göndererek harekete geçirmede etkin bir yöntem olarak kullanılacağı düşünülmektedir. Yakın gelecekte yaşamın birçok alanında yer alacağı, öğrenme süreçlerinde duyuları harekete geçirerek kısaltacağı ve öğrenme isteğini artırarak; sanat tarihinde, iç mekân tasarımı tarihinde, iç mimarlık eğitim disiplininde ve daha pek çok konuda etkili bir yöntem olarak kullanılacağı öngörülmektedir.

KAYNAKÇA

Abdüsselam, M. S., ve Karal, H., 2012, Fizik Öğretiminde Artırılmış Gerçeklik Ortamlarının Öğrenci Akademik Başarısı Üzerine Etkisi: 11. Sınıf Manyetizma Konusu Örneği. Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi, 1(4), s.170–181.

Afrooz, A.; Ding, L.; Pettit, C. An, 2019, Immersive 3D Virtual Environment to Support Collaborative Learning and Teaching. *In Proceedings of the International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management*, s.267–282.

Ahunbay, Z. ve Soygür Ü. 2011, Tarihi Eserlerin Bakımı, Onarımı ve Restorasyonu: Seçme Terimler, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Yayını, İstanbul.

Akçaoava, A., 2016, Çağdaş Müzecilik Anlayışında Sergileme Teknikleri, Yüksek Lisans Tezi, Konya, T.C. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Ana Bilim Dalı.

Alem, L., Tony, W., 2011, Recent trends of mobile collaborative augmented reality systems. New York: Springer.

Alqahtani, A. S., 2017. Environments and System Types of Virtual Reality Technology

Altınpulluk, H. ve Kesim, M. (2015). Geçmişten Günümüze Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarında Gerçekleşen Paradigma Değişimleri., Eskişehir, Anadolu Üniversitesi, Akademik Bilişim.

Anderson, E., vd., 2010, Developing Serious Games for Cultural Heritage: A Applications, 8(6), 77–89.

Arıcı, A. 2019. *Yeni Medya Çağında Reklam İletişimi: Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Reklama Yönelik Tutumlar ve Satın Alma Niyeti Üzerindeki Etkisini Ölçmeye Yönelik Bir Çalışma*, Doktora Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Halkla İlişkiler ve Reklamcılık Anabilim Dalı.

Arınç, M., 2020, Efes Müzesi'nde Bulunan Hellenistik ve Roma İmparatorluk Dönemi Mezar Stelleri, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Arkeoloji Anabilim Dalı.

Aslan, R., 2017. Uluslararası rekabette yeni imkânlar: Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve hologram. *Ayrıntı Dergisi*, 5(49), s. 21-26.

Atasoy, S. N., 2018, Afiş Tasarımlarında Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları, Yayımlanmamış Sanatta Yeterlik Tezi, Ankara, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Grafik Anasanat Dalı.

- Aytekin, H.,2016, *Müzelerde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Sakıp SabancıMüzesi Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı, Turizm İşletmeciliği Programı.
- Azuma, R. T., 1997, A Survey of Augmented Reality. *Presence*, 6(4), s. 355-385.
- Bainbridge, W. S., 2007, The Scientific Research Potential of Virtual Worlds. *Science*, 317.
- Bainbridge, W.S.,2007, The Scientific Research Potential Of Virtual Worlds. *Science*, s.472–476.
- Ballı, Ö. (2021). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ve Dijitalleşen Sanat Bağlamındaki Uygulama Örnekleri Üzerine (Augmented Reality and On Art Examples in the Context of Digital Art). *The Journal of Academic Social Science*, 9(112), 174–193.
- Barbieri, L., Bruno F., Muzzupappa M., 2017, Virtual Museum System Evaluation Through User Studies *Journal Of Cultural Heritage* 26, s.101-108.
- Barcelo, Forte ve Sanders, 2000, Virtual Reality in Archaeology.
- Barrili, E., C., V., C.; Ebecken, N., F., F.; Cunha, G., G.; 2012, The technology of virtual reality resource formation in public health in the distance: an application for the learning of anthropometric procedures. In: Scielo.
- Bates, R.; Donegan, M.; Istance, H.O.; Hansen, J.P.; Rähä, K.-J.,2007, Introducing Cogan: Communication By Gaze Interaction. *Univers. Access Inf. Soc.* s.159–166.
- Batty, M.,1997, Virtual Geography. *Futures*, 29, s.337–352.
- Bektaş, K.; Çöltekin, A.; Krüger, J.; Duchowski, A.T.; Fabrikant, S.I., GeoGCD: Improved visual search viagaze-contingent display. In *Proceedings of the 11th ACM Symposium on Eye Tracking Research & Applications—ETRA'19*, Denver, CO, USA, 25–28 June 2019; pp. 1–10. England, D. Whole body interaction: An introduction. In *Whole Body Interaction*; England, s.1-5.
- Beyer-Berjot L, Berdah S, A. Hashimoto D, Darzi A, Aggarwal R. A., 2017, Virtual Reality Training Curriculum for Laparoscopic Colorectal Surgery. *Journal of Surgical Education*; 73(6): 932-941.
- Bilir, S., 2013. *Mekân Tasarımında Kavram Geliştirme Sürecine Analitik Bir Yaklaşım*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Enstitüsü.
- Billingham, M., Clarkand A., Lee G., 2015, A Survey of Augmented Reality", *Foundations and Trends in Human–Computer Interaction*, Vol. 8: No. 2-3, s. 73-272.

Bowman, D., Kruij, E., Laviola, J.J.,2004, 3D User Interfaces: Theory and Practice; Addison-Wesley.

Boyle, K., 2017, City GPS: Virtual and Augmented Reality.

Brockwell, P. J. Davis, R. A, 2002, Introduction to Time Series and Forecasting, 2 Edition, New York: Springer.

Bunsuz, G., 2019, *Müzelerde Sergileme ve Sunuma Yönelik Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması*, Yüksek Lisans, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı.

Burdea, G.; Coiet, P.,2003, Virtual Reality Technology, *Teleoperators Virtual Environ.* 12, s.663–664.

Bye, K.; Hosfelt, D.; Chase, S.; Miesnieks, M.; Beck, T.,2019, The Ethical And Privacy Implications Of Mixed Reality. *In Proceedings Of The Acm Siggraph Panels*, s.1–2.

C. Carbonell, Carrera, and J. L. Saorin, 2017, Geospatial Google Street View With Virtual Reality: A Motivational Approach For Spatial Training Education, *ISPRS International Journal of Geo Information*, 6(9).

Carmigniani, 2011, *Augmented Reality Technologies, Systems and Applications*.

Castells, M., 1997, *An Introduction To The Information Age. City*, 2, s.6–16.

Chen, C. H., Wang, K. C., and Lin, Y. H., 2015. The Comparison Of Solitary And Collaborative Modes Of Game- Based learning On Students Science Learning And Motivation. *Educational Technology & Society*, 18(2), 237–248.

Cheng, K.-H., Tsai, C.-C., 2012, A Ordances Of Augmented Reality in Science Learning: *Suggestions For Future Research. J. Sci. Educ. Technol.* s.449–462.

Choo ve diğ., 2014, Impacts of increasing volume of digital forensic data: A survey and future research challenges.

Choudary, V., Charvillat, R., Grigoras, P., Gurdjos, 2009, MARCH: Mobile Augmented Reality For Cultural Heritage, *In Proceedings Of The 17th ACM International Conference on Multimedia*, vol. 3, ACM, New York, 2009, s. 1023–1024.

Chung, N., Han, H., &Joun, Y., 2015, Tourists Intention to Visit a Destination: The Role of Augmented Reality (AR) Application for a Heritage Site, *Computers in Human Behavior*, 50, s. 588-599.

Coşkun, C., 2020, *Sanat Müzelerinde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları; Hacettepe Sanat Müzesi İçin Bir Öneri*, Sanatta Yeterlilik Tezi, Ankara, Hacettepe Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Grafik Anasanat Dalı.

Cultraro, M., Gabellone F., Scardozzi G., 2009, *The Virtual Musealization Of Archaeological Sites: Between Documentation And Communication*.

Çavaş, B., Kışla, T., Twining, P., 2004. Eğitimde Bilgi ve İletişim Teknolojilerinin Kullanımına Yönelik Bir Araştırma: Akademik Bilişim 04, Trabzon.

Çevik, F., 2019, Üç Boyutlu Tasarım ve Sanal Gerçeklik Kullanımı (Göbeklitepe Çalışması), Sanatta Yeterlilik Tezi, İstanbul, İstanbul Arel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Grafik Tasarımı Anabilim Dalı, Grafik Tasarımı Programı.

Çoruh, L., 2011, Sanat Tarihi Dersinde Bir Öğrenme Modeli Olarak Sanal Gerçeklik Uygulamasının Etkinliğinin Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ankara, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Çöltekin, A., Hempel, J., Brychtova, A., Giannopoulos, I., Stellmach, S., Dachselt, R., 2016, Gaze and feet as additional input modalities for interaction with geospatial interfaces. *In Proceedings of the ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, s.113–120.

Çöltekin, A., 2019, “What is spatial computing?” 3D User Interfaces, Human Factors and Augmented- and Mixed Reality As Maps. *In Proceedings Of The User Experience Design For Mobile Cartography: Setting The Agenda, International Cartographic Association Joint Commission Workshop*.

Çöltekin, A.; Demsar, U.; Brychtova, A.; Vandrol, J., 2014, Eye-hand coordination during visual search on geographic displays. *In Proceedings of the 2nd International Workshop on Eye Tracking for Spatial Research, GIScience 2014*, s.23.

Çöltekin, A.; Lochhead, I.; Madden, M.; Christophe, S.; Devaux, A.; Pettit, C.; Lock, O.; Shukla, S.; Herman, L.; Stachoň, Z.; Kubíček, P.; Snopková, D.; Bernardes, S.; Hedley, N. *Extended Reality in Spatial Sciences: A Review of Research Challenges and Future Directions. ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2020**, *9*, 439.

Çöltekin, A.; Reichenbacher, T., 2011, High Quality Geographic Services And Band with Limitations. *Future Internet*, s.379–396.

D. Kaleci, T. Demirel, İ. Akkuş, 2016. “Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı” *Acedemia*, s.145-154.

Daghestani, L., 2013 *The Design, Implementation and Evaluation of a Desktop VR for Teaching Numeracy Concepts via Virtual Manipulatives*, Doktora Tezi, University of Huddersfield, West Yorkshire, England.

Delello, J. A., 2014, Insights From Pre-Service Teachers Using Science-Based Augmented Reality. *Journal Of Computers in Education*, 1(4), s.295–311.

Demirezen, B., 2019, Artırılmış Gerçeklik ve Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Turizm Sektöründe Kullanılabilirliği Üzerine Bir Literatür Taraması, *Uluslararası Global Turizm Araştırmaları Dergisi*, S.1-26

Demšar, U.; Çöltekin, A.,2017, Quantifying Gaze And Mouse Interactions On Spatial Visual Interfaces With A New Movement Analytics Methodology.

Devaux, A.; Hoarau, C.; Brédif, M.; Christophe, S.,2018, 3D Urban Geovisualization: *In Situ Augmented And Mixed Reality Experiments. In Proceedings of the ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences, Delft, Volume IV-4*, s.41–48.

Dilek, Kulakoğlu N., 2020, *Turizm Sektöründe Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kullanımına ve Etkisine Yönelik Keşifsel Bir Araştırma*, Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Turizm İşletmeciliği Anabilim Dalı.

Elinç Kaynakçı Z., Kaya L., Elinç H., 2013, Efes Antik Kenti Yamaç Ev-1'in Peristil Bahçesi Restitüsyonu ile Antik Dönem Bahçe Mimarisinin İncelenmesi, *Uluslararası Sosyal ve Ekonomik Bilimler Dergisi*, s. 99-110.

ElSayed, N.A.M.; Thomas, B.H.; Smith, R.T.; Marriott, K.; Piantadosi, J.,2015, Using Augmented Reality To Supportsituated Analytics, *In Proceedings Of The Virtual Real*,

Erbaş, Ç., Demirer, V., 2014. Eğitimde Artırılmış Gerçeklik Uygulamaları: Google Glass Örneği. *Journal of Instructional Technologies & Teacher Education*, 3 (2), 8-16.

Ercan, M.,2010, *A 3D Topological Tracking System for Augmented Reality*, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü.

Ferhat, 2016, Dijital Dünyanın Gerçekliği, Gerçek Dünyanın Sanallığı Bir Dijital Medya Ürünü Olarak Sanal Gerçeklik, *Dijital Medya Sayısı*, Cilt 01 Sayı 02.

Fisher ve diğ., 1987, Virtual Environmentdis Play System, *Proceedings of the 1986 Workshop on Interactive 3D Graphics*, s.77.

Fleck, S., & Simon, G., 2013, An Augmented Reality Environment For Astronomy Learning İn Elementary Grades: An ExploratoryStudy, s.25.

Fleck, S., Simon, G., and Bastien, J., 2014, Aible, Inquiry-Based Augmented Reality Environment for Teaching Astronomical Phenomena. *Media, Art, Social Science, Humanitiesand Design*, s. 65–66.

Fritz, F., Susperregui, A. ve Linaza M. T., 2005, Enhancing Cultural Tourism Experiences With Augmented Reality Technologies, The 6th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and CulturalHeritage, s.1-6.

Fuhrmann, S., Holzbach, M.E.,2015, Black, R. Developing Interactive Geospatial Holograms For Spatialdecision, *Making.Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* s. 27–33.

Gaitatzes ve diğ., 2004, Hellenic Cultural Heritage Through Immersive Virtual Archaeology, Conference: Proceedings of the 16th International Conference on Virtual Systemsand Multimedia.

Gelernter, D.,1992, Mirror Worlds: OrtheDay Software Putsthe Universe in a Shoebox: How It Will Happenand What It Will Mean; Oxford University.

Gigante, M.A., 1993, Virtual Reality: Enabling Technologies, Virtual RealitySystems, AcademicPress, London.

Goodchild, M.F., Guo, H., Annoni, A., Bian, L., De Bie, K., Campbell, F., Craglia, M., Ehlers, M., Van Genderen, J., Jackson, D.,2012, *Next-generation digital earth. Proc. Natl. Acad. Sci.* s. 11088–11094.

Goodchild, M.F., Li, 2012, Assuring The Quality Of Volunteered Geographic Information. *SpatialStatistics*, s.110-120.

Gutierrez, D., Seron, F. J., Magallon, J. A., Sobreviela, E. J., &Latorre, P., 2004, *Gottingen, Geoinfo Conference.*

Gutierrez, M., Vexo, F., andThalman, D. 2008, *Steppinginto virtualreality, Switzerland: Springer.*

Gülbahar, K.,2019, *Mimarlık Eğitiminde Artırılmış Gerçeklik Tabanlı Mobil Uygulama Önerisi: StudioARTTool Box*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı.

Gülel, Z., 2018, İç Mimarlık Tasarım Stüdyosu Eğitimi Sürecinde Arttırılmış Gerçeklik Teknolojilerinin Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Halik, L.,2018, Challenges İn Converting The Polish Topographic Database Of Built-UpAreasİnto 3D Virtual Reality Geovisualization. *Cartogr. J.*, s.391–399.

Holloway, R.,1993, Lastra, A Virtual environments: A survey of thetechnology. In Proceedings of the Eurographics, s.1–57.

Horejsi B., 2008, Erster Grabungsbericht zu den Kampagnen Çukuriçi Höyük Ephesos, Jahresheft des Österreichischen Archäologischen Institutes in Wien, 77, s.91.

Huang, Y., Liu, Y. ve Wang, Y., 2009, AR-View: "An Augmented Reality Device For Digital Reconstruction of Yuangmingyuan" IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality-Arts, Media and Humanities, s. 3-7.

Immersive Environment. Journal of Cultural Heritage, 5(1), s.63-74.

In STEM: A Survey. International Journal of Advanced Computer Science and J. Emspak, 2016, "What Is Virtual Reality? *Live Science*.

Jablonka, P., Kirchner, S., Serangeli, J., 2002, A Virtual Reality Model Of Troy And The Troad.

Jeon S, Kim J, Hong J., 2014, Surgical Navigation System For Assisting Epiduroscopic Laser Neural Decompression (ELND) Procedure. Its Clinical Application In 14 Patients. In: Computer Assisted Radiology And Surgery.

Johnston, D. C., 1997, Tax Cuts Help the Wealthy in the Strong Economy, New York Times.

Jung, T., Chung, N. ve Leue, M. C., 2015, The Determinants Of Recommendations To Use Augmented Reality Technologies: The Case Of a Korean Theme Park, Tourism Management, 49: s.75-86.

Kaleci, Devkan ve Demirel Demircioğlu, Tuba ve Akkuş, İlyas., 2016, Örnek Bir Artırılmış Gerçeklik Uygulaması Tasarımı, XVIII. Akademik Bilişim Konferansı.

Kaleci, Tüzün ve Tepe, 2016, Üç Boyutlu Sanal Gerçeklik Ortamlarındaki Deneyimlere İlişkin Kullanıcı Görüşleri, Türkiye Sosyal Araştırmalar Dergisi, s.669-689.

Karabiber, Z. 2000, The Conservation Of Acoustical Heritage.

Karasar, Ş., 1999, Yeni İletişim Teknolojilerinden İnternetin kullanımı. Eskişehir, Sanal Yüksek Eğitim, Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karatay, A. 2015, Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi ve Müze İçerisi Eser Bilgilendirme ve Tanıtımlarının Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Yordamıyla Yapılması, Yüksek Lisans Tezi. Kütahya. Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Kaynakçı Elinç Z., 2007, Batı Anadolu'da Hellenistik Roma Dönemlerinde Bahçe Mimarisi, Doktora Tezi Antalya, Akdeniz Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü. Arkeoloji Anabilim Dalı.

Kılıç, T., 2020, Sanal Gerçeklik Teknolojisinin İç Mimarlık Eğitiminde Kullanılmasına Yönelik Bir Öğretim Modeli Önerisi, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İç Mimarlık Anabilim Dalı.

Kietzmann, J., Lee, L.W., McCarthy, I.P., Kietzmann, T.C., 2020, Deepfakes: Trickortreat? Bus. Horiz. 2020, s.135–146.

Kocaman, G., 2017, *Destinasyon Markalaşmasının Memnuniyet Üzerine Etkisi: Yüksek Lisans Tezi, İzmir Efes Antik Müzesi ve Çanakkale Gelibolu Tarihi Milli Parkı Alanları Üzerine Bir Araştırma*, Erzurum, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği ve Otelcilik Ana Bilim Dalı.

Koder, Johannes ve Ladstatter S., 2010, Ephesos 2008, T.C. Kültür Bakanlığı, Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü, 31.Kazı Sonuçları Toplantısı, 3.cilt.

Komşul, M., Z., 2012, Enstitüsü Zihinsel Engelli Çocukların Eğitiminde Sanal Gerçeklik Teknolojisinin Kullanılması ve Örnek Bir Uygulama Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Edirne, Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.

Köymen, E., 2014, Mimari Ön Tasarım Sürecinde Eskizleri Gerçek Zamanlı 3B Modelleyen, Arttırılmış Gerçeklik Destekli Bir Yazılım Denemesi: “Sketchchar”, Doktora Tezi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.

Krueger, M.W.,1990, Virtual Reality II, Reading MA, Addison-Wesley.

Kurbanoglu, 1996, Virtual Reality: Is It Real Or Not? Türk Kütüphaneciliği 10,1 s. 21-31.

Kurtuluş Vatansever, S. 2019, *Artırılmış Gerçeklik ile Yapı Bileşenlerine Yönelik Yapı Bilgi Modelleme Destekli Bir Uygulama Önerisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, Bilgisayar Ortamında Mimarlık Programı.

Kut, S., 2006, Sibertektonik Mekân, Doktora Tezi, İstanbul, İstanbul Teknik Üniversitesi, Mimarlık Ana bilim Dalı, Mimari Tasarım Programı.

Küçük, S., 2015, Mobil Artırılmış Gerçeklikle Anatomi Öğreniminin Tıp Öğrencilerinin Akademik Başarıları ile Bilişsel Yüklerine Etkisi ve Öğrencilerin Uygulamaya Yönelik Görüşleri, Doktora Tezi, Erzurum, T.C Atatürk Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Ladstatter, S., (2013), Yamaç Ev 2’de Bir Gezinti: Arkeolojik Rehber, 1. Baskı, Homer Kitabevi ve Yayıncılık, İstanbul.

Lanier ve diğ., 1989, Virtual Environments and Interactivity: Windows to the Future.

Lavalle, S.M.,2017, Virtual Reality; Cambridge University.

Lee, B.; Bach, B.; Dwyer, T.; Marriott, K.,2019, Immersive Analytics. *IEEE Comput. Graph. Appl.*, s.16–18.

Lin, H.; Gong, J., 2001, Exploring Virtual Geographic Environments. *Ann*, s.1–7.

Liu Han, Yang Cui, 2021, The Application Of Virtual Reality Technology In Museum Exhibition, Take The Han Dynasty Haihunhou Ruins Museum In Nanchang As An Example, College Of Arts/Jiangxi University Of Finance And Economics.

Lochhead, I.; Hedley, N., 2018, Communicating multilevel evacuation context using situated augmented reality. *In ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences; Copernicus Publication.*

Lock, O.; Bednarz, T.; Pettit, C., 2019, HoloCity—Exploring the use of augmented reality city scapes for collaborative understanding of high-volume urban sensor data. *In Proceedings of the 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry, Association for Computing Machinery*, s. 1–2.

Lokka, I.E., Çöltekin, A., 2019, Toward Optimizing The Design Of Virtual Environment For Route Learning: Empirically Assessing The Effects Of Changing Levels Of Realism On Memory. *Int. J. Digit.*, s. 137–155.

Lönnqvist, J.-E., Wichardt, P. C., Walkowitz, G., Lindeman, M., and Verkasalo, M., 2009, The Moderating Effect Of Conformism Values On The Relations Between Other Personal Values, Social Norms, Moral Obligation, And Single Altruistic Behaviours.

Lönnqvist, M.A., Stefanakis, E. G., 2009, Science In Archaeology: Ancient Human Traces In Automated Space. *In Manual Of Geographic Information Systems; Madden, M., Ed.; The American Society Of Photogrammetry And Remote Sensing*, s. 1221–1259.

MacEachren, A.M.; Edsall, R.; Haug, D.; Baxter, R.; Otto, G.; Masters, R.; Fuhrmann, S.; Qian, L., 1999, Virtual Environments For Geographic Visualization. *In Proceedings of the Workshop on New Paradigms*. s. 35–40.

Mathew, P.R., 2014, The Use of Augmented Reality Media- A Case Study on The “Alive” Application by Times of India.

Mazuryk ve Gervautz, 1996, Virtual Reality-History, Applications, Technology and Future.

Medeiros, D., Sousa, M., Mendes, D., Raposo, A., 2016, Jorge, J. Perceiving Depth: Optical Versus Video See-Through. *In Proceedings Of The 22nd Acm Conference on Virtual Reality Software and Technology*, s. 237–240.

Melzer J. E. and Moffitt K., 1997. Head Mounted Displays: Designing for the User. New York.

Milgram P., Kishino F., 1994, “A Taxonomy Of Mixed Reality Visual Displays”, *IEICE Transactions on Information Systems*, 77(12), s. 1321- 1329.

Mujber ve diğ., 2004, Virtual Reality Applications in Manufacturing Processsimulation.

Napier, J. Hands,1980, (Revize. R.H. Tuttle); Princeton University Press: Princeton, (revize tarihi, 22 February 1993).

Napier, N. K., Schweiger, D. M., & Kosglow, J. J.,1993, Managing Organizational. Nasuhoğlu, A., K.,2012, Efes Antik Kenti ve St. Jean Kilisesi (Selçuk - İzmir)'nin Floristik Yönden Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı Botanik Programı.

Owen, C., Xiao, F., Middlin, P., 2002, What is the Best Fiducial? The First IEEE International Workshop on Augmented Reality Toolkit, s. 98- 105.

Özgüneş, R.E., ve Bozok, D., 2017, Turizm Sektörünün Sanal Rakibi (Mi?): Arttırılmış Gerçeklik, Uluslararası Türk Dünyası, Turizm Araştırmaları Dergisi,2, 2, s.146-160.

Özköylü, Ö. 2018. *Sanal Gerçeklik ve Kullanım Alanları: Sayısal Oyun Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir, Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sinema Televizyon Anabilim Dalı.

Pangilinan, E.; Lukas, S.; Mohan, V., 2018, Creating Augmented and Virtual Realities: Theory and Practice for Next Generation Spatial Computing; *O'ReillyMedia*.

Papagiannakis, G., Schertenleib, S., O'Kennedy, B., Arevalo-Poizat, M., Magnenat-Thalmann, N., Stoddart, A., & Thalmann, D., 2005, Mixing Virtual and Real Scenes in the Site of Ancient Pompeii. *Computer Animation and Virtual Worlds*, 16(1), s.11-24.

Pilet, J. (2008). *Augmented reality for non-rigid surfaces* (Doctoral dissertation, Verlag nicht ermittelbar).

Piovesan ve diğ., 2012, Fresco and Lime-Paint: An Experimental Study And Objective Criteria For Distinguishing Between These Painting Techniques.

Rabbi, I., Ullah, S., 2013, A Survey on Augmented Reality Challenges and Tracking", *Acta Graphica*, Cilt. 24(1-2), s.29-46.

Rampolla and Kipper, 2012, Augmented Reality: An Emerging Technologies Guide to AR.

Rindel, J. H., 2011, "The ERATO Project And its Contribution To Our"

Rolland, J.P., Holloway, R.L., Fuchs, H.,2015, Comparison Of Optical And Video See-Through, Head-Mounted Displays. In *Telem manipulator And Telepresence Cummings, J.J.; Bailenson, J.N. How Immersive Is Enough A Meta-Analysis Of The Effect Of Immersive Technology On User Presence. Media Psychol., s.272-309.*

Russo, P.; Lanzilotti, R.; Costabile, M.F.; Pettit, C.J.,2018, Towardssatisfyingpractitioners in using Planning SupportSystems. *Comput. Environ. Urban Syst.*, s. 9–20.

Sevim, H.,2019, *Mimar Müşteri İlişkisinde Sanal Gerçeklik Deneyimlenmesine Yönelik Bir Yöntem Önerisi*, Doktora Tezi, Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı.

Sherman, S., 2018, Being Underground Stephen Sherman A Thesis In The Department of Communication Studies Presented in PartialFulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Arts (Media Studies) at Concordia University.

Sherman, W. R., and Craig, A. B. 2018., *Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Design*. Morgan Kaufmann.

Sherman, W. R., andCraig, A. B., 2002, Understanding Virtual Reality – Interface, application, and design (1st ed.). San Francisco, California: Morgan Kaufmann Publishers.

Sherman, W. R., andCraig, B., 2003, Understanding Virtual Reality: Interface, Application and Desing, San Francisco, CA: Morgan Kaufmann Publishers, s. 429-431.

Sırakaya, M., 2015, *Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrencilerin Akademik Başarıları, Kavram Yanılgıları ve Derse Katılımlarına Etkisi*. Yayınlanmamış Doktora Tezi. Ankara, Gazi Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü.

Singhal S., Bagga S., Goyal P., Saxena V., 2012, International Journal of Computer Applications,49(15), s. 1-5.

SİTE: F. Seibert, “Augmented Reality by Using Uncalibrated Optical Tracking,” Siggraph Computers & Graphics, vol. 23, no.6, 1999, pp. 801-804.

Slater, M., Wilbur, S.,1997, A Framework For Immersive Virtual Environments (Five): Speculations On The Role Of Presence İn Virtual Environments. *Presence Teleoperators Virtual Environ*, s. 603–616.

Slocum, T.A., McMaster, R.M., Kessler, F.C., Howard, H.H., Mc Master, R.B.,2008, *Thematic Cartography and Geographic Visualization; PrenticeHall*.

Slocum, T.A.; Blok, C.; Jiang, B.; Koussoulakou, A.; Montello, D.R.; Fuhrmann, S.; Hedley, N.R., 2001, Cognitive And Usability Issues İn Geovisualization. *Cartogr. Geogr. Inf. Sci.* s. 61–75.

Slocum, T.A.; McMaster, R.M.; Kessler, F.C.; Howard, H.H.; McMaster, R.B., 2008, Thematic Cartography and Geographic Visualization; Prentice Hall: UpperSaddleRiver, NJ, USA.

- Somyürek, S., 2014, Öğrenme Sürecinde Z Kuşağının Dikkatini Çekme: Artırılmış Gerçeklik, Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama, 1, s. 63 – 80.
- Sood, R., 2012, Pro android Augmented Reality. New York: Apress.
- Sutherland, I. E., 1965, “The Ultimate Display,” in Multimedia: From Wagner to Virtual Reality, (New York, NY: W. Norton and Company, Inc. s.506–508.
- Tabanlı, D.,2007, *Roma Dönemi Mozaiklerinin Efes Örneğinde İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, Dokuz Eylül Üniversitesi, Güzel Sanatlar Enstitüsü, Seramik Ana Sanat Dalı.
- Tanrikulu, B. ve Karagöl, A., 2021, Müzede Sanal Gerçeklik Uygulamaları: Bir Örnek Çalışma Olarak Kaplumbağa Terbiyecisi, Yeni Medya Elektronik Dergisi, 5 (2), s. 95-111.
- Topuz Y., Özdener N. 2018, Virtual Reality Technology in Anatomy Education, Konya, 19th National Anatomy Congress&1st International Mediterranean Anatomy Congress, cilt.12, ss.140.
- Turan Dilek, F. 2020 *Sanal Gerçeklik Teknolojisi ile Hazırlanmış Epileptik Nöbet Yönetimi Eğitim Programının Ebeveynlerin Nöbet Yönetimine Etkisi*, Antalya, Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Hemşirelik Anabilim Dalı.
- Uçar, A , Örmecioglu, H . (2018). Yeniden İnşa Problematığı Ve Arkeolojik Alanların Sunumu . ATA Planlama ve Tasarım Dergisi , 2 (1) , 21-28 .
- Understanding Of TheAcoustics Of Ancient Theatres,” in The Acoustics of Ancient V. Vlahakis *et al.*,2002, "Archeoguide: an augmented reality guide for archaeologicalsites," in *IEEE Computer Graphics and Applications*, s. 52-60.
- Velichkovsky, B.; Sprenger, A.; Unema, P.,1997, TowardsGaze-Mediated Interaction: Collecting Solutions Of The “Midas Touch Problem”. In *Proceedings Of The Human-ComputerInteractionInteract*, s.509–516.
- Vonk, G.A.,2006, Improving Planning Support: TheUse of Planning Support Systems for Spatial Planning; Knag /Netherlands Geographical Studies: Utrecht.
- Whyte, B. R. (2002). Waiting for the Esquimo: an historical and documentary study of the Cooch Beharenclaves of Indiaand Bangladesh. Melbourne, Australia: School of Anthropology, Geography and Environmental Studies, University of Melbourne.
- Wiplinger, Wlach, 1996, Ephesus 100 Years of AustrianResearch, Vienna.
- Zarzuela, M. M., Pernas, F. J. D., Martínez, L. B., Ortega, D. G. andRodríguez, M. A., 2013, Mobile Serious Game Using Augmented Reality For Supporting Childrens Learning About Animals, *Procedia Computer Science*, 25, s. 375-381.

Zhou, F.; Duh, H.B.-L.; Billinghurst, M.,2008, Trends In Augmented Reality Tracking, Interaction And Display: *A Review Of Ten Years Of Ismar. Ieee/Acm, International Symposium On Mixed AndAugmentedReality*, s.193–202.

Ziha ve Skala, 2010, Virtual Modelling in ShipBuilding.

URL – 1. <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>

URL – 2. <https://www.evl.uic.edu/research/2162>

URL – 3. <http://www.visbox.com/VisCube-models.pdf>

URL – 4. <https://veer.tv/blog/top-12-horror-vr-game-of-2018/>

URL – 5. <https://www.nationalgeographic.com/magazine/article/scientists-are-unraveling-the-mysteries-of-pain-feature>

URL – 6. <https://www.stambol.com/category/blog-post/education/>

URL – 7. <https://onix-systems.medium.com/implementing-virtual-reality-in-medicine-and-medical-training-848934194bba>

URL – 8. <https://invelon.com/tecnologia-y-realidad-virtual-en-la-industria-post-covid-19-nuevos-productos-y-soluciones-vr/>

URL – 9. <https://vr-app.ru/blog/tourism/>

URL – 10. www.codessi.net/architecture-age-augmentedreality.

URL – 11. <http://www.medienkunstnetz.de/works/sensorama/>

URL – 12. www.codessi.net/architecture-age-augmentedreality.

URL – 13. <https://www.google.com/glass/start/>

URL – 14. <https://dmd.com.mx/2019/05/28/realidad-extendida-en-solidworks-2019/>

URL – 15. <https://sensortower.com/blog/pokemon-go-download-record>

URL – 16. <https://magic-holo.com/en/all-about-head-up-displays-hud/>

URL – 17. <https://quivervision.com/>

URL – 18. <https://www.patent-art.com/knowledge-center/augmented-reality-in-healthcare-34/>

URL – 19. <https://archello.com/de/story/18497/attachments/photos-videos/1>

URL – 20. <https://www.youtube.com/watch?v=INKJRltaUmI> magic mirror

URL – 21. www.ikea.com

URL – 22. <https://www.vive.com/us/product/vive-focus3/overview/>

URL – 23. <https://www.oculus.com/quest-2/>

URL – 24. <https://www.vive.com/us/product/vive-pro-eye/overview/>

URL – 25. <https://www.businessinsider.com/what-is-the-daqri-smart-helmet-2016-4>

URL – 26. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

URL – 27. <https://www.microsoft.com/en-us/hololens>

URL – 28. <https://arvr.google.com/daydream/>

URL – 29. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 30. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 31. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 32. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 33. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 34. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 35. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 36. <https://www.youtube.com/watch?v=waNNsTI-56k>

URL – 37. <https://cityfutures.be.unsw.edu.au/research/projects/rapid-analytics-interactive-scenario-explorer-raise/>

URL – 38. <https://vimeo.com/341045640>

URL – 39. <https://aecmag.com/news/dimension10-makes-it-easier-for-aec-teams-to-collaborate-in-vr/>

URL – 40. <https://blog.unity.com/news/visuallive-joins-unity>

URL – 41. <https://blog.unity.com/news/visuallive-joins-unity>

URL – 42. <https://tiu.ru/p419533615-kommunikator-trimble-sitevision.html>

URL – 43. <https://mw2015.museumsandtheweb.com/bow/a-gift-for-athena/>

URL – 44. <https://mw2015.museumsandtheweb.com/bow/a-gift-for-athena/>

URL – 45. <https://www.clevelandart.org/artlens-gallery/artlens-exhibition>

URL – 46. <https://blooloop.com/museum/news/google-tango-powers-ar-lumin-tour-detroit-institute-arts/>

URL – 47. www.peramuzesi.com

URL – 48. www.peramuzesi.com

URL – 49. <https://whc.unesco.org/en/list/1018/gallery/>