

İNSAN BİLGİSAYAR ETKİLEŞİMİNDE ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK VE SANAL GERÇEKLİK UYGULAMALARININ KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISON OF AUGMENTED REALITY AND VIRTUAL REALITY APPLICATIONS IN HUMAN COMPUTER INTERACTION

Tuncay SEVİNDİK¹, Büşra KAMACIOĞLU², Ubeydullah BİNOĞLU³, B. Yasir ÖZER⁴

1 İstanbul Atlas Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: [ID 0000-0003-0075-7268](#)

2 Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: [ID 0000-0002-4543-8722](#)

3 Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: [ID 0009-0000-3741-4627](#)

4 İstanbul Atlas Üniversitesi, İstanbul, Türkiye

*Sorumlu Yazar: tuncay.sevindik@atlas.edu.tr

Makale Geçmişi
Geliş: 04.12.2024
Kabul: 27.02.2025
Yayın: 15.03.2025
Anahtar Kelimeler:
Artırılmış Gerçeklik,
İnsan Bilgisayar
Etkileşimi, Sanal
Gerçeklik.

Article History
Arrival: 04.10.2024
Acceptance: 27.02.2025
Publication: 15.03.2025
Keywords:
Augmented Reality,
Human Computer
Interactivity, Virtual
Reality.

ÖZET

Bilim ve teknolojinin ilerlemesi sayesinde bilgisayarlar günlük yaşamımızın bir parçası haline gelmiştir. Bu durumla beraber, bilgisayarların ve arayüzlerin daha ergonomik bir şekilde kullanılmasını sağlayan çalışmalar da artış göstermiştir. İnsan Bilgisayar Etkileşimi (İBE) sürecinin temel amacı, bilgisayarları daha hızlı ve insanların alışkın olduğu yöntemlerle kullanılabilir hale getirmektir. İBE çalışmaları, insan ile bilgisayar arasındaki etkileşimi analiz ettiği için, insan davranışları, psikoloji, bilişsel bilimler, bilgisayar teknolojileri ve yazılım mühendisliği gibi alanların yanı sıra, ergonomi, grafik tasarım, endüstriyel tasarım, sosyoloji, antropoloji ve eğitim bilimleri ile de bağlantılıdır. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kavramları doğrudan İBE ilişkilidir. Diğer bir deyişle, insan ve bilgisayar etkileşiminin günümüzdeki en önemli unsurlarından biridir.

Bu makale, İBE konusundaki iki önemli uygulama tekniği olan Sanal Gerçeklik ile Artırılmış Gerçeklik arasındaki farklılıkları; teknik yönler, kullanım alanları, ticari yöntemler ve kullanıcı deneyimi çerçevesinde incelemek amacıyla hazırlanmış değerlendirme notlarından oluşmaktadır. İletişim teknolojilerinin gelişimi, iletişim yöntemlerinin daha çok insani deneyimlere odaklandığını gösteren bir örnek olarak AR ve VR kavramlarının artan kullanımının, bu teknolojileri geliştiren ve kullanan toplumsal yapılar arasındaki etkileşimleri gözlemlemek, günümüzdeki iletişim biçimleri ve algıları ile gelecek nesillerin bilgi üretme, işleme ve paylaşma gibi alışkanlıklarını nasıl etkileyeceği hakkında ipuçları sunacaktır.

ABSTRACT

Thanks to the advancement of science and technology, computers have become a part of our daily lives. This has led to an increase in the number of studies on how to use computers and interfaces in a more ergonomic way. The main goal of Human Computer Interaction (HCI) is to make computers faster and usable in ways that people are accustomed to. Since HCI studies analyze the interaction between humans and computers, they are linked to fields such as human behavior, psychology, cognitive sciences, computer technologies and software engineering, as well as ergonomics, graphic design, industrial design, sociology, anthropology and educational sciences. The concepts of virtual reality and augmented reality are directly related to IS. In other words, it is one of the most important elements of human and computer interaction today.

This article consists of evaluation notes prepared to examine the differences between Virtual Reality and Augmented Reality, two important application techniques in the field of İBE, within the framework of technical aspects, usage areas, commercial methods and user experience. As an example of the development of communication technologies and the increasing focus of communication methods on human experiences, observing the interactions between the social structures that develop and use these technologies and the increasing use of AR and VR concepts will provide clues about today's communication styles and perceptions and how they will affect future generations' habits of producing, processing and sharing information.

1. ARTIRILMIŞ GERÇEKLİK

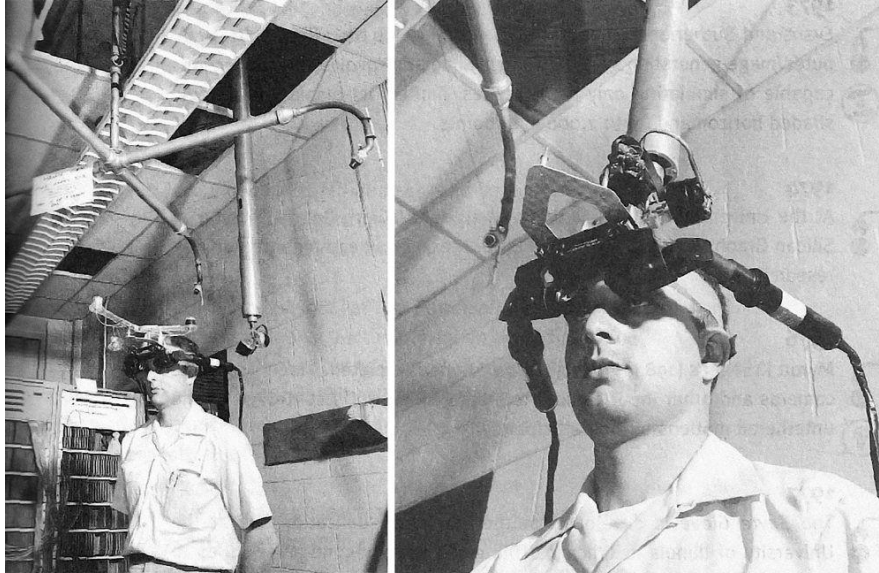
1.1 Artırılmış Gerçekliği Anlamak

“Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünya üzerine sanal materyallerin düşürülmesini sağlayan, 2000’li yıllar da son kullanıcıya kadar ulaşan bir teknolojidir. Bu kavram literatürde “AR” olarak geçer ve açılımı “augmented reality”dir (Tülü, 2012). Bu yaklaşım, fonksiyonel olarak geniş çerçevede AR kavramının ifadesine fazlasıyla yaklaşmaktadır. Ancak yine de sanal materyallerden kastedilenin, yalnızca gerçekte var olmayan, bilgisayar marifetiyle elde sanal imajlar olması; yerleştirilenin gerçek tabandan tamamen bağımsız olduğu anlamına gelmez.

Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünya ile bilgisayar tarafından üretilen ses, video, grafik, GPS konum bilgisi gibi verilerin birleşimini kapsayan bir çalışma alanıdır (Zachary vd., 1997). Bu doğrultuda Arttırılmış gerçeklik, normal koşullarda insanların duyuları ve bilişsel süreçleri tarafından saptanabilir olmayan bilgileri sağlayarak, gerçekliğin güçlendirilmesini ve desteklenmesini kapsamaktadır. (Azuma, 1997).

En yaygın tanımıyla gerçek dünyaya sanal içeriklerin eklenmesi üzerine odaklanan bir teknoloji olan Arttırılmış Gerçeklik, son otuz yılda büyük bir hızla, son kullanıcılara ulaşmıştır. Bu terim, literatürde "AR" kısaltmasıyla ifade edilmektedir ve açılımı ise "augmented reality" şeklindedir (Tülü, 2012). Bu yaklaşım, geniş bir perspektiften AR kavramını ifade etmede önemli bir yer tutar. Fakat burada bahsedilen sanal içeriklerin yalnızca mevcut olmayan ve bilgisayarlar aracılığıyla oluşturulan sanal görüntülerden ibaret olduğunu söylemek, yerleştirilen öğelerin gerçek temelden tamamen bağımsız olduğu anlamına gelmez.

Arttırılmış gerçeklik, gerçek dünya ile bilgisayar teknolojileri tarafından sağlanan sesler, videolar, grafikler ve GPS verileri gibi bilgilerin birleşimini içeren bir alandır (Zachary vd., 1997). Arttırılmış gerçeklik, normal şartlarda insanların duyuları ve bilişsel süreçleriyle algılayamadığı verileri sunarak, gerçeğin güçlendirilmesi ve desteklenmesini de sağlar (Azuma, 1997).



Şekil 1: Sutherland’ın Arttırılmış Gerçeklik Gözlüğü (Assemblr, 2018)

Arttırılmış Gerçekliğin kavramının literatürdeki ilk izleri MIT profesörü Ivan Sutherland’ın 1960’lardaki çalışmalarıyla ilişkilendirilmektedir. Sutherland, çalışmalarını 1965 yılında The Ultimate Display adı altında yayınladığında bilgisayar teknolojisinin kullanımı ile insan duyularının sanal tecrübeler üzerine gelişeceği üzerinde durmuştur. (Sutherland, 1965) Buna ek olarak, Sutherland’ın çalışmaları 1968 yılında ilk AR sistem prototipi olarak başa takılan göstericiyi (head mounted display)

ortaya çıkarmıştır. Bu öncül aracın ağırlığı çok fazlaydı ve bundan dolayı ancak tavan döşemesine bağlanarak kullanılabilirdi. (Sutherland, 1968).

Sutherland'ın prototipi Artırılmış Gerçekliğin teorik açılımı yapılmadan önce ilk sanal gerçeklik sistemi olarak ön plana çıkmaktadır. Bunun başat sebeplerinden biri olarak, Artırılmış Gerçeklik kavramının Sanal Gerçeklikle her zaman yakın ilişki içerisinde görülmesi olarak gösterilebilir.

Sanal Gerçeklik kavramından farklı bir terim olarak, Artırılmış Gerçeklik terimini ayrı bir terim olarak ilk defa 1990'lı yıllarda Boeing firmasındaki bilgisayar sistemlerinde araştırmacı olarak çalışmakta olan Thomas Caudell kullanmaya başlamıştır. Caudell'in çalışması uçak üretim endüstrisi çalışanlarının taktığı "gösterici sistemi" tanımlamak için kullanıldı. Bu göstericileri takan çalışanlar yapım aşamasındaki uçağın yüzeyleri üzerinde kabloların nerelerden geçeceğini sanal diyagramlar halinde görebiliyordu. (Caudell ve Metzel, 1992)

1990'lı yıllardaki görece mütevazı başlangıcından bu yana büyük değişimler göstermiş olan AR, bugün birçok alanda herhangi bir teknik ekipman kullanmadan algılayabildiğimiz; çevremizdeki görsel ve işitsel öğeleri içeren bir yansı üzerine yerleştirilen sanal imajlarla oluşturulan bir bütünlük konsepti olarak, zenginleştirilmiş bir bilişim/medyatik deneyim sunmakta ve gelişen yazılım ve donanım altyapıları sayesinde günden güne daha etkili olmaktadır.

1.2. Gerçeklik Algısını İşleme Süreçlerinde Teknoloji

Kamera, AR sisteminde görüntünün alınmasını sağlayan sistem bileşeni olarak ön plana çıkar ve sistem içerisine dahil olabildiği veya sisteme dışarıdan eklenmiş durumda da olabildiği şekillerde kendini gösterebilir. Örneğin bir kamera akıllı telefon üzerinde yer alırken, masaüstü bilgisayara dışsal olarak webcam bağlayarak bu eksiklik giderilebilir. Çalışma prensibi olarak kamera görüntüyü alır ve bir sonraki işaretçi tanıma aşamasına iletir, dolayısıyla kamera bileşeninin herhangi bir algısallığı yoktur. Fakat buna rağmen kamera, birçok görsel AR uygulamasında kullanılan bir bileşendir (Bingöl, 2018).

AR teknolojisinin donanım alanındaki diğer önemli bileşenlerinden biri de takip ve duyarlılık sistemleridir. Düzgün bir AR görüntüsünün oluşturulması için gerçek ortamdaki ve sanal ortamdaki nesnelerin doğru hizalanması gerekmektedir. Bu noktada devreye giren takip sistemi gösterilecek sanal verinin kullanıcı konumuna göre konumunu tanımlamasını gerçekleştirir. Bundan dolayı hesaplamalar için takip sisteminin vereceği veriler doğru sonuçlara ulaşılmasında büyük önem taşır (Zlatanova, 2002). AR sistemlerinde birçok farklı takip sistemi mevcuttur, bunlar genel olarak kullanılan örnekler üzerinden incelenebilir.

İşaretçi temelli takip, en basit takip şeklidir. Bu takip sisteminde uygulamaya tanımlanmış siyah beyaz kare barkod baskıları kullanılır. Uygulama barkodu tanıdığı anda tanımlanmış sanal veriyi işleyip sunar. Günlük hayatta birçok yerde karşılaşılabilecek QR (Quick Response) kodlar ise en genel işaretçi temelli takip sistemleridir. QR kodların tanımlanması ve değerlendirilmesi için birçok akıllı telefon uygulaması geliştirilmiştir (İçten ve Bal, 2017).

İşaretçisiz takip sisteminde ise nesneler veya dokular tanımlanmış durumdadır. Uygulama, tanımlı nesneyi veya dokuyu kamera vasıtasıyla algıladığı anda tanımlanmış sanal veriyi işleyip sunar. Ayrıca bu tip nesneler ve dokular için oluşturulmuş veri tabanları yer almakta, bulut tabanlı sistemlerle internet üzerinden tanımlamaları gerçekleştirilebilmektedir (Kato ve Billinghurst, 1999).

Duyarlılık sistemleri de bir başka takip mekanizmasıdır. Bu mekanizmalar GPS, jiroskop, pusula ve akselerometre elemanlarından oluşmaktadır. Bu sistem uydudan gelen GPS verisinden konum bilgisi alıp dijital pusula, jiroskop ve akselerometreye göre kullanıcının yönelimini belirleyerek veri tabanından

ilgili veriyi çekme yoluyla kullanıcının önünde olması gereken sanal veriyi görsel olarak sunar (Jimenez vd., 2009).

1.3. AR Yazılımlarında Esaslar ve Türler

AR uygulamaları, gerektirdikleri teknik ekipman ve beslendikleri veri ve medya kaynaklarının zenginliği ölçüsünde birçok temel esas üzerine geliştirilen yazım altyapıları kullanmaktadır. Havacılıkta pilotaj için geliştirilen HMD (Head mounted display) ve HUD (Hheads-up display) uygulamaları gibi gerçek dünyaya ait bir görsel arka planın çıkarılarak üzerine imajiner bilgi akış şemaları yerleştirilen versiyonlar, günümüzdeki mobil iletişim tekniğinin ilerlemesiyle yaygınlaşan mobil telefonların medya araçları ile desteklenen yüksek çözünürlüklü gerçeklik yansılarının üzerinde paylaşılan deneyimleri sağlayan versiyonlara kadar hemen hepsi için geçerli olan takip ve duyarlılık modüllerine sahip olma noktası ortaktır.

AR üzerine yapılan akademik çalışmaların çoğu, yazılımları matematiksel veri işleme ve değerlendirme eksenindeki esnekliğe ve kullanılan yazılım dili veya kaynak çeşitliliği ile ele almışlardır. AR uygulamalarının, gerçeklik perspektifi üzerindeki algı ve yorumlama yaklaşımlarını temel alan bir değerlendirme yapılacak olursa; günümüzde bu uygulamaların kullandıkları yazılım esaslarını dört ana grupta incelemek mümkündür (Specht vd., 2011).

a) Atmosferik AR Yazılımları

Gerçek görsel veya işitsel kesitin tümünü, deneyimin konusu edinmeyi amaçlayan projeler için geliştirilen yazılımlardır. Kesit içerisindeki duyarlılık ve takip modülleri içerisinde, örnek atmosferin içerdiği tüm veriyi; tanımlanan deneyim hikayesine uygun bir biçimde analiz ederek, hikâye devamlılığındaki tepkileri gerçekleştiren yazılımlardır.

Görüntü ve sesi devamlı olarak analiz etme rolü, nispeten daha güçlü donanım kaynaklarına ve veri stoklama eklentilerine ihtiyaç duymalarına neden olmaktadır. Görüntüde; renk ve biçim sürekliliği, benzerlik, karşılaştırma, anahtarlama gibi analizlerin; seste ise derinlik, yankı, frekans aralığı, mesafe ve yön gibi değerlerin tespitinin yapıldığı modüller duyarlılık ve takip işlevleri yerine getirmek için kullanılmaktadır (Yuen vd., 2011).

b) Obje Odaklı AR Yazılımları

Gerçeklik resepsiyonu süreci içerisinde, atmosferdeki evvelce tanımlanmış belirli obje imajlarına duyarlılık göstermek eksenli yazılımlardır. Nispeten deneyimin içerdiği hikâyenin ilgili kesitlerini yakalamak üzere tasarlanmış basit nesne boyutu, derinlik ve yoğunca anahtarlama analizi fonksiyonlarını desteklerler. Obje duyarlılığı, objelerin anlamları karşılıklı olan aksiyonları tetiklemek ve deneyim hikayesini bölümllemek için kullanılır (Billinghurst, 2001).

c) Kullanıcı Odaklı AR Yazılımları

Duyarlılık ve takip modüllerinin, kullanıcının gerçek dünyadaki davranışları anlamlandırarak, deneyim hikayesini sürekli döngüde tutmak üzere kurgulandığı yazılımlardır. Burada hareket ve ses resepsiyonu başta olmak üzere, deneyim içerisindeki imajiner grafikler ile kullanıcı arasındaki interaktivitenin hikâyeye uygun olarak değerlendirilmesini mümkün kılan bir semantik düzen yazılımın kavramsal çekirdeğini oluşturur (Vargün, 2022).

d) Karma AR Yazılımlar

Deneyimin en üst seviyede; kullanıcı, obje ve atmosfer elemanlarının tümüne birden yoğun bir biçimde hassasiyet gösterdiği hikayeleri mümkün kılan karma yazılımlardır. Görüntü, ses, hareket analizleri ve interaktivite; gerçeklik resepsiyonu üzerine kompleks bir deneyimi sağlayacak olan

modüllerin birbirine entegre olmasını sağlayan ek bir organizasyon sürecini de gerektirir. Çoğu sürdürülebilir bir gelişimi temin etmek üzere çok disiplinli bir yazılım geliştirici ekibin oluşturup genişlettiği script kütüphanelerini kullanır (Özcan, 2025).

1.4. AR Hangi Alanlarda Kullanılmaktadır?

AR; eğitim, sağlık, interaktif medya, reklamcılık, harp endüstrisi gibi birçok alanda kullanılagelmiş, günümüzde ise online medya araçlarının yaygınlaşması ile kitlesel bir boyut da kazanmıştır. Askeri ve sivil yönlü eğitim uygulamalarında, etkinliği ve konvansiyonel araçların maliyetlerini azaltması yönüyle, AR hemen hemen her daldaki interaktif yahut tek yönlü bilgi akışını uygulama sahası içerisinde sağlamanın lineer bir metodu olarak belirmiştir.

Bilgisayar oyunlarının, kişisel bilgisayarların sağlayabildiği bir deneyim olmaktan çıkıp; yalnızca oyun deneyimi sağlayan konsol aygıtların dominasyonundaki bir sektör haline gelmeye başlaması da AR kavramı için yeni bir etkinlik alanı haline gelmiştir. AR uygulamaları sayesinde kullanıcıların konsol oyunlarının ürettikleri deneyime daha fazla dahil olabilmeleri; kendi fiziksel aksiyonlarını yahut gerçek dünyadaki algılarını deneyime taşıyabilmeleri, oyun firmalarını daha gerçekçi bir oyun deneyimi sağlayabilecekleri projelere yöneltmeye başlamıştır.

AR için günümüzdeki en yaygın kullanım alanı doğrudan ve dolaylı reklam formları olmuştur. Özel firmaların satış ve bilinirliği artırmak adına yaptıkları tanıtım faaliyetleri için AR yepyeni bir mecra ve mecra zenginleştirme aracı haline gelmiş, yaygınlaşan mobil olanaklar sayesinde bu alanda etkinliği katlanarak artan bir imkân olarak belirmiştir.

2. SANAL GERÇEKLİK

2.1 Sanal Gerçeklik Kavramı

Sanal gerçeklik, insan zihnini gerçek dünyadan uzaklaştırıp sanal dünyada gerçekliği yaşatan interaktif bir alanda gerçekleştirilen üç boyutlu bir deneyimdir. Kişi sanal gerçeklik uygulamalarında kontrolü kendisinde hissederek bilgisayarla karşılıklı bir etkileşime girmektedir.

Sanal gerçeklik çeşitli disiplinlerin literatürlerinde birçok farklı şekillerde ifade edilmektedir. Bazı araştırmacılar sanal gerçekliği kullanıcının uzak bir çevreye daldığını hissettiği bir nevi dürbün veya teleskoptan ibaret olarak ifade ederken (Steuer, 1992), bazıları görsel olarak zengin bilgisayar grafikleri ile cisimlerin nesnel varlık imgesinin oluşturulduğu gerçeklik/ fiziksellik inandırıcılığı olan bir yer olarak açıklarlar (Lopreiato vd., 2016), bazıları da sanal gerçekliği amacına ve işlevine göre değil de kullanılan ekipmanlara göre sınıflandırmaktadır (Latta ve Oberg, 1994). Bu konuda genel çoğunluk, sanal gerçeklik simülasyonlarını, hazır görüntüler ve hassas eldivenler ile ilişkilendirerek açıklamaktadırlar. Çünkü bunlar sanal gerçeklikte kullanılan ilk ekipmanı (araç-gereci) oluşturmaktadır. Ancak bunun da yeterli bir tanımlama olduğu söylenemez (Kayabaşı, 2005).

Bir sanal gerçeklik sistemi, temelde kullanıcının sistemle etkileşebilmesini sağlamak üzere, bir sunum sistemi ve bir bağlantı sisteminden oluşur. Sanal gerçeklik çalışmaları 1990'lerden sonra geliştirilmeye başlanmış ve halen de geliştirilme çalışmaları devam etmektedir. Bu yeni teknoloji birçok alanda ve çeşitli amaçlar için kullanılabilecek potansiyele sahip bir teknolojidir. Özellikle bireysel olarak bakıldığında, yapay olarak oluşturulmuş ortamlarda, öğrenmeyi sağlamada oldukça etkili olabilecek bir teknolojidir. Zira birey bu teknolojiye yapay olarak oluşturulmuş ortamlarda, konvansiyonel tekniklerin sunmakta zorlandığı yaparak ve yaşayarak öğrenme imkanını sunmaktadır (Kayabaşı, 2005).

VR uygulamaları, minimum seviyede VR gözlüklerini içermelidir. Böylece, kullanıcı gideceği noktayı ve baktığı doğrultuyu etkileşimli olarak belirleyebilecektir. Bir takım pozisyon izleyici aletlerin bu tür gözlüklerle kombine edilmesiyle bilgisayar tarafından yaratılmış ortamlarda yürümek olasıdır.

Görme duyusu, şüphesiz sanal ortamdaki objelerin yerlerini değiştirme, dokunma, fiziksel özelliklerini hissetme ve çevredeki sesleri işitme duyularını da kapsayacak şekilde genişletilebilir. Doğal olarak bu olanaklar, “Data Gloves” olarak adlandırılan özel eldivenleri, üç boyutlu ses kavramını ve benzeri teknolojik aletleri gündeme getirmektedir (Bayraktar ve Kaleli, 2007). Bu yöntemlerle ortam, katılımcıyı içine alır ve katılımcı kendini ordaymış gibi hisseder. O ortamdaki nesnelerle özgürce etkileşime geçebilir. Bu uygulama eş zamanlı olarak birden fazla kullanıcıyı aynı ortamın içine sokma imkânını sağlayabilmektedir.

2.2. Sanal Gerçeklik Teknolojisinde Kullanılan Araçlar

Brill sanal gerçeklik ortamlarında gerekli olan araç ve gereçler için bir sınıflama geliştirmiştir. Sanal gerçeklik ortamlarını 3 kısma ayırmıştır (Andolsek, 2004);

- a. Sahne (Stage)
- b. Masaüstü (Desktop)
- c. Aynalar Dünyası (Mirror World)



Şekil 2: Sanal Gerçeklik Teknolojisinde kullanılan araçlar (Schenker, 2025)

a. Sahne (Stage)

a.1. Sanal Gerçeklik Gözlüğü (Head Mounted Display, HMD)

Bu araçta kullanıcının sanal gerçeklik ortamında başına bir vizör veya miğfer giymesi ile uygulama gerçekleştirilir. Teknolojinin ilerlemesi ile doğru orantılı olarak çeşitleri üretilmiştir. Sadece bilgisayar ortamında değil aynı zamanda artırılmış gerçeklik ile gerçek dünyada gerçek görünümlü sanal görüntüler de izlenebilir.

Bu aracın bilgisayara bağlantısı kablo ya da bluetooth ile sağlanır. Vizör veya miğfer olarak tanımlanabilecek aparat, her göz için birer tane küçük görüntü veren ekran içerir. Bu ekranlar kullanıcının etrafına bakarken başın pozisyonu ilgili yönde takip etmesini sağlayan bir araç ile kullanıcının hareketlerine bağlı olarak görüntüyü hareket ettirir. Bunun yanında kullanıcının sesleri algılaması için de hoparlörler bulundurulur. Kullanıcının sanal ortamdaki nesnelerle iletişime geçebilmesi için veri eldiveni (data glove) ve manevra kolu (joystick) gerekmektedir. Böylece kullanıcı özgürce nesnelerle iletişime geçer, yerlerini değiştirir, verileri bilgisayara kaydedebilir. Aynı zamanda kendisi de ortamda özgürce hareket edebilir; yürüyebilir hatta uçabilir. Veri eldiveni (data glove), oyun ve

uygulamalarda elleri ve parmakları etkili bir şekilde kullanabilmeye olanak sağlamaktadır (Ertürk ve Değirmenci, 2023).

a.2. Kabin Simulatörleri (Cabin Simulators)

Kabin Simulatörleri, bilgisayarlarla bağlantılı bir kokpit veya bir başka deyişle gerçeği ile özdeş tasarımdaki ortamların (uçak kokpiti, sürücü koltuğu, vb.) olmasını gerektirir. Kontrol bölgesi veya kokpit içerisinde büyük bir ekran veya projeksiyon aleti bulunur. Bu araçlar sayesinde gerçek ortamın aynısının ekrana yansıtılması ve kullanıcının etkileşimde olması sağlanır. Kullanıcı yön değiştirme ve kontrol eylemlerini yine kokpit/ kabin içerisindeki butonlar veya joystick ile gerçekleştirir (Andolsek, 2004). Kabin simulatörleri insan bilgisayar etkileşiminin fiziksel açıdan ön planda olduğu bir donanımdır.

a.3. Özelleştirilmiş Odalar (Chamber Worlds)

Özelleştirilmiş odalarda kullanıcı, tavana, zemine ve duvarlara nesnelerin yansıtıldığı özel bir oda içerisinde bulunur ve 3 boyutlu görüntüleme yapan gözlükler giyer. Bu sistemde görsel ve duysal özellikler ön plandadır. Etkileşimli olan bu sanal gerçeklik ortamında birçok kullanıcı aynı anda deneyim yaşayabilir. Dolayısıyla bu teknoloji iş birliğine dayalı projelerde etkili bir şekilde kullanılabilme olanağına sahiptir. Bu sanal gerçeklik ortamında kullanıcılar hem çevre hem de ortamda bulunan bireylerle ile etkileşimde sağlayabilirler (Andolsek, 2004).

b. Masaüstü (Desktop)

b.1. Masaüstü Sanal Gerçeklik

Bu sanal gerçeklik ortamında monitörün yanında fare, veri eldiveni (data glove) veya spaceball input sisteminin kullanılması gerekir. Veri eldiveninde olduğu gibi Spaceball input sistemi ile kullanıcı nesneleri uzayda 3 boyutlu olarak kontrol etme imkanına sahiptir.

b.2. Başa Eklemlenmiş Görüntüleyici (Head Coupled Display)

Bu sanal gerçeklik ortamında, kullanıcı kollar yardımıyla havada asılı hareketli bir binoküleri kullanır. Bilgisayara aktarılan komutlar cihaz üzerindeki butonlar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Bu aygıtta HMD de olduğu gibi bir miğfer veya vizör giyme zorunluluğu yoktur fakat HMD de olduğu gibi hareket serbestliği söz konusudur. Yine de bu araç HMD’de olduğu kadar serbest hareket şansı sunmamaktadır (Andolsek, 2004).

c. Aynalar Dünyası

Bu ortamın adına aynalar dünyası denmesinin nedeni, kullanıcı gerçek dünyadaki görüntüsünü eş zamanlı olarak sanal gerçeklik ortamında görmektedir. Yani kendi görüntüsü bir bilgisayar tarafından elektronik şekilde tekrar oluşturulur canlı bir şekilde ekrana görüntü yansıtılır. Kullanıcıya bir ayna görevi görür (Yolcu, 2014).

Bu sanal gerçeklik ortamında, kullanıcılar sanal gerçeklik ortamına kendi görüntülerinin etrafa yayılmasını izleyerek katılım sağlarlar. Bu etkileşim ikinci kişi bakış açısında yer alan kullanıcıların görüntülerinin bilgisayar tarafından elektronik bir şekilde yeniden yaratılıp canlı bir biçimde kişinin önündeki ekrana gelmesi şeklinde gerçekleşmektedir. Bu yöntemde kullanıcının herhangi bir gözlük veya eldiven gibi araçlar, kıyafetler kullanması gerekmez. Microsoft’un Xbox 360 konsolu için bir eklenti olarak 2010’da tanıttığı ve el-kol hareketleriyle kontrol imkânı sunan Kinect teknolojisi bu şekilde çalışmaktadır. Kinect’in hareket algılaması kızıl ötesi yayan projektörlerle gerçekleşmektedir. Xbox One konsolunun yaşam döngüsü boyunca Xbox/PC ekosistemindeki oyunlarında kullanılarak yaygınlaştırılmaya çalışılmış, fakat 2017 itibarıyla üretimine son verilmiştir (Odluyurt ve Bahçalı, 2021).

İnsan bilgisayar etkileşiminden Sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılacak bağlantı sistemlerinin geliştirmesiyle ilgili çalışmalar devam etmektedirler. Bu kapsamda kullanıcının bütün vücut hareketlerini bilgisayara iletebilen hem de kullanıcıya yaptığı hareketin sonucunda fiziksel bir uyarımı duyumsatabilen sistemler üzerindeki çalışmalar halen devam etmektedir (Kayabaşı, 2005).

2.3. Sanal Gerçeklik Uygulama Alanları

İnsan bilgisayar etkileşimine yeni bir boyut kazandıran sanal gerçeklik uygulamalarının uygulama alanları oldukça fazladır. Eğitim, inşaat-mimari, sağlık, turizm, eğlence gibi pek çok alanda hayatımıza girmiştir. VR teknolojisinin ilk uygulamasına NASA’da başlanmış ve sekiz yıllık bir süreçte yapılan araştırmalarda bu özel teknolojinin değişik disiplinlerde kullanılarak odak alınan alana yönelik öğrenmelerin (davranışların) kazandırılabilceği görülmüştür (Öztürk ve Sondaş, 2020).

Bunun yanında kuşkusuz olarak video oyunları ve eğlence dünyası, VR’nin özdeşleşerek geniş çapta uygulama bulduğu alanlar olmuştur. Ortaya çıktığı günden bugüne dek pek çok film Sanal Gerçeklik teknolojisinin değişik unsurlarına hem bir hikâye ögesi hem de prodüksiyon teknolojisi olarak önemli biçimlerde yer vermiştir. Günümüzde Amerika ve Japonya’da VR teknolojisine dayanarak kurulmuş oyun salonları (Video Arcades) bulunmaktadır (Bayraktar, 2007).

Sanal gerçeklik uygulamaları mimaride de kullanılmaktadır. Bu yöntemde bir mekânın ya da binanın üç boyutlu tasarımı önceden yapılarak acil çıkışlarına kadar önceden belirlenir. Özel gözlükler sayesinde kullanıcı sanal halinin içinde gezme fırsatı yakalar. Kent yapılaşmasında ve turistik amaçla da kullanılabilir. Örneğin bir tarihi yapı VR yardımıyla bilgisayarda yeniden inşa edilebilir, kullanıcı yapının en ince ayrıntısına kadar inceleme olanağı bulabilir.

Sanal gerçeklik, tıp eğitiminde cerrahi simülasyonlar, hasta rehabilitasyonu, psikoterapi ve tanı süreçlerini iyileştirmek için kullanılır. Bu teknoloji risk içermeyen bir ortamda uygulamalı eğitim sağlar, hasta bakımını geliştirir ve maliyetleri azaltır. Böylece sağlık hizmetlerinde daha hızlı ve etkili çözümler sunar. Dolayısıyla, Tıp alanında yapılan bilimsel çalışmaların artması sonucu bu araştırmaları kısa sürede sonuç alacak şekilde pratiğe ve uygulamaya dökme ihtiyacı ile bu alanda da sanal gerçekliğe başvurulmuştur (Öztürk ve Yılmaz, 2020).

Günümüzde de farklı disiplinlerde uygulamalar yapılarak çoğunluğu eğitim-öğretim amaçlı olmak üzere farklı alanlarda kullanımı vardır. Teknolojik olarak pahalı bir teknoloji olmasına karşın çok verimli sonuçlar alındığı için kullanım alanları giderek yaygınlaşmaktadır. Kullanıcının görsel, duyuşal, dokunsal, koku ve tatla algılanan hissetmeye dayalı duygularıyla etkileşimde bulunarak gerçek zamanlı simülasyonlarıyla ilişkilendirir. Özellikle eğitim alanında çok tercih edilir hale gelmiştir. Bunlardan biri uzaktan eğitimidir ve öğrenci ve öğretmenler açısından pozitif sonuçlar alınmaktadır. Sanal gerçekliğin günümüzde özellikle uzaktan eğitimde çok faydalı olacağı bir gerçektir. Yüz yüze eğitimi uzaktan eğitimden ayıran en önemli faktör olarak görülen “gerçek ortam”, sanal gerçeklik sistemleri ve yazılımları sayesinde uzaktan eğitim için de aynı hissi verebilecek şekilde sağlanabilmektedir (Öztürk, 2014).

3. AR VE VR DENEYİMLER ARASINDAKİ FARKLAR NELERDİR?

3.1. Kavramsal Farklar

Kavramsal açıdan her iki teknolojiyi birbirine yakın ve hatta eşit bulan yaklaşımlar olduğu gibi, bilgi teknolojilerinin geleceği açısından bu iki kavramın benzer teknik altyapıları kullanmalarına karşın birbirinin zıddına açılan iletişimasyon ufuklarını işaret ettiklerini iddia eden ifadeler rastlamak da mümkündür.

Milgram’a göre gerçek ortam ve sanal ortam arası tanımlı bir süreklilik mevcuttur. Bu sürekliliğin bir ucunda herhangi bir donanım kullanmadan çıplak gözle algıladığımız bir dünya yer alırken diğer

ucunda ise tamamen bilgisayar üretimi bir dünya bulunur. Bu spektrum boyunca yer alan noktalar ise gerçek ve sanal ortam nesnelerinin bir arada sunulduğu Karma Gerçeklik -Mixed Reality- olarak tanımlanmıştır (Milgram, 1994). Yine bu uzamda yer alması dolayısıyla birbirine yakın görülen ve sıklıkla karıştırılan kavramlardan Artırılmış Gerçeklikte gerçek ortam sanal ortama göre daha baskın durumdadır. Sanal Gerçeklikten ayrılarak Artırılmış Gerçeklik, kullanıcının sanal objelerle birleştirilmiş gerçek dünyayı algılamasına izin verir.



Şekil 3: Gerçeklik-Sanallık Sürekliliği (Milgram, 1994).

Milgram'ın medya ortamlarının konu ve ürettikleri nesnel ürünlerin teknik yönleri itibarıyla mahiyetlerini sınıflandırdığı ve bunun üzerinden, sağlanan deneyimlerin gerçek deneyim ile arasındaki kavramsal mesafenin değerlendirebilmeyi mümkün kılmak üzere geliştirdiği "gerçeklik-sanallık" sürekliliği yaklaşımı; bu iki kavram arasındaki temel farkları anlama noktasında önemli bir kıyas noktası teşkil etmektedir.

AR ve VR arasındaki en temel fark, atmosfer kullanımıdır. AR uygulamalarındaki atmosfer, görsel veya işitsel kesitlerin az da olsa bir bölümünün gerçek dünyadaki nesnelliğin kaydı veya izlenmesi ile oluşturulurken, VR deneyimindeki atmosfer tamamen bilgisayar teknikleri ile elde edilen imajlardır (Milgram ve Kishino, 1994).

Deneyimler arasındaki ortak "insani tecrübe"nin rolünde de yine atmosfer farkının belirleyiciliği ağırlıklıdır. İnteraktivitenin karşılığı AR üzerinde yine gerçeğin resepsiyonuna dahilken VR uygulamalarında bu tecrübe, kullanıcının aksiyonlarının tamamen sanal kurguda öngörölmüş farklı bir hikayedeki karşılıkları tetiklemektedir.

a) Teknik Farklar

Teknik açıdan AR ve VR birbirine benzer ise de temel olarak fark; yaratan yazılım ve donanımın, üretmek ve süreklilikte tutmak durumunda oldukları atmosferin nitelikleri ile ilgilidir. Gerçeğin resepsiyonu aşamasında, deneyimin öngördüğü görsel ve işitsel kesitin elde edilmesi için kullanılan donanım AR için gerçekçi bir algı oluşturmak üzere duyarlılık seviyesi yüksek reseptörlere ihtiyaç duyarken, VR uygulamalarındaki hedefin, kullanıcıyı deneyimin daha yüksek oranda içinde tutmak olması bu uygulamalarda kullanılan görsel ve işitsel reseptörleri donanımlarının hassasiyeti daha az önemli kılmaktadır. Yazılımsal olarak da bu iki uygulamadaki atmosfer üretimini sağlamak üzere geliştirilen yazılımların grafik, ses ve görüntü işleme kapasiteleri arasında da amaca uygunluk yönünden güç, karmaşıklık ve modüler entegrasyon farkları bulunmaktadır (Azuma, 1997).

b) Kullanım Alanları ve Yaygınlık

AR ve VR gittikçe daha çok yaygın hale gelen kullanım alanlarına ve medya kanallarına sokulmaktadır. AR'ın kullanım alanları fazlasıyla bilişim tabanlı iletişim konseptlerine yakın iken, VR'ın sunduğu deneyim daha çok kişisel ve Milgram'a göre gerçeğin resepsiyonundan uzak bir bağlama yakın durumdadır.

Enformasyonun eğitim ve kitle iletişimindeki kilit rolü AR çalışmalarının alanlarını şimdilik çerçevelerse de VR deneyimindeki kişisel, uygulama geliştiricilerin eğlence sektöründeki projelerde daha fazla rol almalarına yol açmaktadır.

Deneyimi elde edebilmek için kullanılan donanımsal araçların erişilebilirliği de mobil iletişim cihazlarının sağladığı altyapıyla çalışabilen AR uygulamalarını daha yaygın bir noktada tutarken, henüz şimdilerde yaygınlaşmaya başlayan VR uygulama gözlükleri ve çok amaçlı veri eldivenleri nispeten yüksek maliyette olduklarından, bu deneyime erişimi belirli bir seviyede tutmaktadır (Bailey ve Bailenson, 2017).

Tablo 1. Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) Karşılaştırması (Schuemie vd., 2001)

Kriter	Sanal Gerçeklik (VR)	Artırılmış Gerçeklik (AR)
Tanım	Kullanıcının tamamen dijital bir dünyaya daldığı teknoloji.	Gerçek dünyayı dijital öğelerle zenginleştiren teknoloji.
Kullanım Alanları	Oyun, simülasyon, eğitim, terapi.	Eğitim, sağlık, perakende, navigasyon.
Görsel Sunum	Tamamen sanal ortamlar.	Gerçek dünya ile sanal nesnelerin birleşimi.
Donanım Gereksinimi	VR gözlükleri, el takip cihazları, hareket kontrolörleri.	Mobil cihazlar, AR gözlükleri, projeksiyon sistemleri.
Kullanıcı Etkileşimi	Çoğunlukla el hareketleri, göz takibi, sesli komutlar.	Dokunmatik ekran, kamera, sesli komutlar.
Hedef Kitle	Oyun severler, mühendisler, araştırmacılar.	Günlük kullanıcılar, eğitimciler, işletmeler.

Tablo 1; Sanal Gerçeklik (VR) ve Artırılmış Gerçeklik (AR) teknolojilerinin İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (HCI) bağlamında nasıl farklılaştığını sistematik bir şekilde ortaya koymaktadır. Tablo 1'i temel başlıklar üzerinden yorumlayacak olursak;

Sanal Gerçeklik (VR), kullanıcıyı tamamen dijital bir dünyaya sokarak gerçek dünyayla bağlantıyı keserken, Artırılmış Gerçeklik (AR), gerçek dünya ortamına dijital nesneleri ekleyerek kullanıcıyı her iki dünya arasında bir köprü ile buluşturmaktadır. Bu açıdan bakıldığında, VR daha içine alan (immersive) bir deneyim sunarken, AR gerçek dünya ile etkileşimi koruyarak daha pratik kullanım alanları sunmaktadır.

Kullanım Alanları bağlamında bakıldığında VR, daha çok oyun, simülasyon, eğitim, terapi ve mühendislik alanlarında tercih edilmektedir. Özellikle tehlikeli veya maliyetli eğitim süreçlerinde (örneğin, pilot eğitimi veya cerrahi simülasyonlar) VR'nin rolü büyüktür. Diğer yandan, AR'nin kullanım alanları daha geniştir ve günlük hayata daha kolay entegre edilebilir. Navigasyon, eğitim, sağlık, perakende ve sanayi gibi alanlarda AR'nin uygulamaları yaygınlaşmaktadır. Örneğin, Güzel sanatlar alanında AR sayesinde sanat severler artırılmış gerçeklik teknolojileri ile sanat galerinde eserleri gerçek bir dünyaymışçasına deneyimleyebilirken, sağlık alanında doktorlar artırılmış gerçeklik gözlükleriyle ameliyat planlaması yapabilmektedir.

Görsel Sunum ve Kullanıcı Etkileşimi bağlamında VR, tamamen sanal bir ortam sunduğu için kullanıcıyı fiziksel dünyadan koparır. Kullanıcı, el hareketleri, göz takibi ve sesli komutlarla etkileşim kurabilir. AR ise, gerçek dünyayı temel alarak üzerine dijital nesneler ekler. Kullanıcı, dokunmatik ekranlar, kameralar veya sesli komutlarla AR sistemleriyle etkileşime girebilir. Özellikle akıllı telefonlarla çalışabilmesi, AR'yi VR'ye göre daha erişilebilir kılmaktadır.

Donanım Gereksinimleri ve Erişilebilirlik bağlamında bakılacak olursa VR deneyimi için özel donanımlar gereklidir. VR gözlükleri, el takip cihazları, hareket sensörleri gibi ekipmanlar olmadan VR'nin tam potansiyeli kullanılamaz. Bu nedenle, VR sistemleri pahalı ve kurulum açısından zahmetlidir. Buna karşın, AR uygulamaları mevcut mobil cihazlarla çalışabildiği için daha

erişilebilirdir. Ancak, AR gözlükleri gibi gelişmiş sistemler henüz yaygınlaşmamış ve maliyetleri yüksektir.

Son olarak hedef kitle özellikleri açısından iki kavramı karşılaştırdığımıza ise VR, genellikle oyun severler, mühendisler, araştırmacılar gibi belirli bir kesime hitap etmektedir. Kullanım alanları yaygınlaşsa da bireysel kullanıcılar için VR hâlâ lüks bir teknoloji olarak görülmektedir. AR ise daha geniş bir kullanıcı kitlesine hitap eder. Günlük hayatın içinde birçok farklı senaryoya entegre edilebilir ve iş dünyası için büyük fırsatlar sunar. Eğitimciler, işletmeler ve günlük kullanıcılar, AR'nin sunduğu imkanlardan kolayca faydalanabilir.

İki kavramın karşılaştırılması hususunda bir genel değerlendirme yapacak olursak;

VR ve AR, İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (HCI) perspektifinden incelendiğinde, kullanıcı deneyimi, erişilebilirlik, donanım gereksinimleri ve uygulama alanları açısından belirgin farklılıklara sahiptir.

- VR, daha kapsayıcı ve sürükleyici (immersive) bir deneyim sunarken, kullanım alanları daha spesifiktir ve donanım ihtiyacı nedeniyle erişimi sınırlıdır.
- AR ise, gerçek dünya ile bütünleşmiş çalıştığı için günlük hayatta daha geniş bir kullanım alanına sahiptir ve erişimi daha kolaydır.

Gelecekte hem VR hem de AR teknolojilerinin birleşerek karma gerçeklik (MR-Mixed Reality) deneyimlerini daha yaygın hale getirmesi beklenmektedir. Özellikle donanım maliyetlerinin düşmesi ve yapay zekâ destekli geliştirmeler, bu teknolojilerin insan-bilgisayar etkileşimini nasıl şekillendireceğini daha da ilginç hale getirecektir.

4. SONUÇ

Her iki uygulamanın çekirdeğindeki “insani tecrübe”nin uygulamaların arayüzleri üzerindeki ifadelerinde belirgin farklar mevcuttur. Daha evvelde değinildiği gibi AR’da atmosfer kullanımı, kullanıcının içinde bulunduğu fiziksel şartlara yüksek oranda endeksli iken, VR deneyimi daha çok şartlarından bağımsız olarak kullanıcıyı kurgulanmış bir sanal gerçekliğin içine yerleştirmeyi hedefler. Her iki deneyimde de ortak olan “insani tecrübe”nin tepkiselliği ile deneyim hikayesinin birbiri ile ilintili oluşudur. VR’da algının yönetimi, deneyimin muhatabını; nesnelliğin bir bölümü temelinde geliştirilen sanal bir algı yumağının içinde gerçekleşmektedir. VR gözlükleri ile aslında gerçekliği yalnızca görsellikle sınırlandırılmış bir orman gezintisi yapmak mümkündür. Ancak yine de bu deneyim, yer çekimi gibi belli başlı fiziksel kaideler hiçe sayılmadan kurgulanmaktadır. Burada insan nörokinetiğine uygunluğun bir seviyeye kadar korunması, sanal atmosferin gerçekmiş gibi algılanmasına katkı sağlayan temel unsurlardan biridir.

AR ise tecrübe edenin içinde bulunduğu nesnel şartların yeniden algılanışında neredeyse hiçbir değişikliğe gitmez ancak onu yeniden yorumlanabilecek başka boyutlarla yeniden üretir. Bu boyutlar algılanana ait enformatik unsurlar olabildiği gibi, aslında algılanan üzerinde bulunmayan ek bir sanal katman da olabilir. Bu yönleriyle AR için temel olan gerçeklik iken, VR için temel olan gerçekliği algılayan “insan”ın tecrübesindeki manipülasyondaki başarıdır. AR’da başarı, gerçekliğin uygun bir biçimde taranması ve hikâye döngüsünün sağlanması iken VR’da başarı “insan”ı gerçeklikten olabildiğince koparmış olmaktır.

KAYNAKÇA

- Andolsek, D. L. “Virtual Reality in Education and Training” International Journal of Instructional Media. 1995’ten aktaran Bülent Çavaş, Pınar Huyugüzel Çavaş, Bilge Taşkın
- Assemblr. (2018). *Walking through the journey of augmented reality: A brief history*. Assemblr Blog. <https://www.assemblrworld.com/blog/history-of-augmented-reality> (Erişim Tarihi: 24 Şubat 2025)
- Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 6(4), 355-385. <https://doi.org/10.1162/pres.1997.6.4.355>
- Azuma, R. T., Baillot, Y., Behringer, R., Feiner, S., Julier, S., ve MacIntyre, B. (2001). “Recent advances in augmented reality”. *IEEE Computer Graphics and Applications*, c. 21 s. 6. (2001): 34-47.
- Bailey, J. O., & Bailenson, J. N. (2017). *Immersive virtual reality and the developing child: Perspectives on cognitive development and learning*. *Developmental Review*, 44, 40–55. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809481-5.00009-2>
- Bayraktar, E. & Kaleli, F. (2007). Sanal Gerçeklik ve Uygulama Alanları. Akademik Bilişim’07 - IX. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri 31 Ocak - 2 Şubat 2007 Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Billinghurst, M., Kato, H., & Poupyrev, I. (2001). The Magic Book: A transitional AR interface. *Computers & Graphics*, 25(5), 745-753. [https://doi.org/10.1016/S0097-8493\(01\)00117-0](https://doi.org/10.1016/S0097-8493(01)00117-0)
- Bingöl, B. (2018). Yeni Bir Yaşam Biçimi: Artırılmış Gerçeklik (AG). *Etkileşim*, 1(1), 47-51
- Ertürk, N. B. & Değirmenci, F. N. (2023). Sanal gerçeklik (VR) teknolojilerinin mimarlık alanındaki yeri. *Karesi Journal of Architecture*, 2(2), 25-35. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/3482779>
- Caudell, T., & Mizell, D. W. (1992). Augmented Reality: An Application of Heads-Up Display Technology to Manual Manufacturing Processes. *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on. Presence: Teleoperators and Virtual Environments*. (s. 659-669). Seattle, WA: IEEE.
- İçten, T., & Bal, G. (2017). Artırılmış Gerçeklik Teknolojisi Üzerine Yapılan Akademik Çalışmaların İçerik Analizi. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 10(4), 401-409.
- J. N. Latta and D. J. Oberg, "A Conceptual Virtual Reality Model," in *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol. 14, no. 1, pp. 23-29, Jan. 1994, doi: 10.1109/38.250915.
- Jimenez, A. R., Seco, F., Prieto, J. C., & Guevara, J. (2009). Indoor pedestrian navigation using an INS/EKF framework for yaw drift reduction and a foot-mounted IMU. *Proceedings of the 7th Workshop on Positioning, Navigation and Communication*, 135-143.
- Kato, H., & Billinghurst, M. (1999). Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proceedings of the 2nd IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality (IWAR '99)*, 85-94. <https://doi.org/10.1109/IWAR.1999.803809>
- Kayabaşı, Y. “Sanal Gerçeklik ve Eğitim Amaçlı Kullanılması”, *The Turkish Online Journal of Educational Technology – TOJET*. c. 4 s. 3. (2005): 152-155.
- Lopreiato, J. O., Downing, D., Gammon, W., Lioce, L., Sittner, B., Slot, V., Spain, A. E., & the Terminology & Concepts Working Group. (2016). *Healthcare simulation dictionary*. <http://www.ssih.org/dictionary> adresinden alınmıştır. Erişim Tarihi: Ocak 2025
- Milgram, P. Takemura, H. Utsumi, A. Kishino, F. (1994). Augmented Reality: A class of Displays on the Reality-Virtuality Continuum, In *Proceedings SPIE Vol.2351” Telemanipulator and Telepresence Technologies*. (1994): 282-292.
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321–1329.

- Odlyurt, S., & Bahçalı, T. (2021). Otizm spektrum bozukluğu ve zihin yetersizliği olan bireylerle gerçekleştirilmiş artırılmış gerçeklik uygulamalarının incelenmesi. *Turkish Journal of Special Education Research and Practice*, 3(1), 72-93. <https://doi.org/10.37233/TRSPED.2021.0113>
- Özcan, K. (2025). *Software Architecture Patterns: Kapsamlı Bir Rehber*, <https://kayrahanozcan.com/software-architecture-patterns-kapsamli-bir-rehber/> Erişim Tarihi: Ocak 2025
- Öztürk, E. O., & Sontaş, A. (2020). Sağlıkta sanal gerçekliğe genel bakış. *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 164-169.
- Öztürk, M. “Web Tabanlı Uzaktan Eğitimde Teknolojiye İlişkin Yeni Eğilimler”. Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi. (2014): 274
- Schenker, S (2025). <https://www.schenker-solutions.com/en/hardware/vr-and-ar/> Holistic VR & AR Hardware Solution Packages, Erişim Tarihi: Ocak 2025
- Schuemie, M. J., Van Der Straaten, P., Krijn, M., & Van Der Mast, C. A. (2001). Research on presence in virtual reality: A survey. *CyberPsychology & Behavior*, 4(2), 183–201.
- Specht, M., Ternier, S., & Greller, W. (2011). Dimensions of Mobile Augmented Reality for Learning: A First Inventory. *Journal of the Research Center for Educational Technology*, 7(1), 117-127.
- Sutherland, I. (1965). The Ultimate Display. *Proceedings of IFIP Congress*, (s. 506-508).
- Sutherland, I. E. “A Head Mounted Three Dimensional Display”, In *proceedings of the Fall Joint Conference (AFIPS)*. c. 33. s. 1. (1968): 757-764.
- Tülü, M. Yılmaz, M. Iphone ile Arttırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Eğitim Alanında Kullanılması, “Gaziantep Üniversitesi Fizik Mühendisliği Akademik Bilişim’12 - XIV. Akademik Bilişim Konferansı Bildirileri”. Uşak Üniversitesi. 1-3 Şubat, 2012.
- Vargün, Ö. (2022). Teknolojinin Belirleyiciliğinde Müzelerde Dijitalleşme Süreci ve İnsan Odaklı Tasarım Yaklaşımları. *İdil*, 11(92), 565–584. <https://doi.org/10.7816/idil-11-92-09>
- Yolcu, G. (2014). Kinect Destekli Gerçek Zamanlı Sanal Ayna Tasarımı. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*. <https://hdl.handle.net/20.500.12619/79938>
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119-140
- Zachary, W. Ryder, J. Hicinbothom, J. & Bracken, K. “The Use of Executable Cognitive Models in Simulation-based Intelligent Embedded Training”. *Proceedings of Human Factors Society 41st Annual Meeting*. Santa Monica, CA: Human Factors Society. (1997): 1118-1122.
- Zlatanova, S. “Augmented Reality Technology”. *Technische Universiteit Delft, GIST Report No.17*, December 2002, Delft, (2002): 14-16.