



Makale / Research Paper

Eğitimde Metaverse ve Uygulamaları Hakkında Bir Araştırma

Muhammed Fatih ŞENTÜRK<sup>1a</sup>, Zeynep GÜRKAŞ-AYDIN<sup>2b</sup>, Muhammed Ali AYDIN<sup>2c</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul/TÜRKİYE

[fatihsenturk@arel.edu.tr](mailto:fatihsenturk@arel.edu.tr); [zeynepg@iuc.edu.tr](mailto:zeynepg@iuc.edu.tr); [aydinali@iuc.edu.tr](mailto:aydinali@iuc.edu.tr)

Received/Geliş: 25.06.2022

Accepted/Kabul: 04.12.2022

**Öz:** Bilgisayarların artan işlem gücü ve üretim maliyetlerinin düşüşü, sanal gerçeklik teknolojisinin gelişimine olanak sağlamıştır. Böylelikle eğitimden askeriye birçok alanda sanal gerçeklik kullanımında artış görülmüştür. 2020 yılında yaşanan Covid-19 pandemisi nedeniyle çevrimiçi eğitime geçilmesiyle birlikte, öğrencilerin ve eğitimcilerin, karşılıklı etkileşim sağlayabileceği bir eğitim yöntemi ihtiyacı doğmuştur. Geçmişten günümüze yapılan çalışmalarda sanal gerçeklik uygulamalarının entegrasyonunun artması ile kullanıcı deneyimleri de artmıştır. Artan kullanıcı deneyimi ile eğitimde kullanım alanları ilköğretimden üniversiteye kadar farklı eğitim seviyelerini kapsamaktadır. Bu çalışmada, eğitimde uygulanan çeşitli sanal gerçeklik uygulamaları incelenmiş olup sanal gerçeklik teknolojisinin eğitimde kullanım şekilleri, yararları ve öğrenci performansına katkıları ele alınmıştır. Yapılan bu incelemenin ve sonuçların alanda geliştirilecek uygulamalara yol göstermesi amaçlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Metaverse, sanal gerçeklik, sanal eğitim, telebulunma.

A Study on Metaverse and Its Applications in Education

**Abstract:** The increasing processing power of computers and the decrease in production costs have allowed the development of virtual reality technology. Thus, there has been an increase in the use of virtual reality in many fields, from education to the military. With the transition to online education due to the pandemic in 2020, the need for an education method where students and educators can interact with each other has arisen. With the increase in the integration of virtual reality applications in studies from the past to the present, user experiences have also increased. With the increasing user experience, the fields of use in education cover different education levels, from primary education to university. In this study, various virtual reality applications applied in education were examined, and the use of virtual reality technology in education, its benefits, and its contributions to student performance were discussed. It is aimed that this review and the results will guide the applications to be developed in the field.

**Keywords:** Metaverse, virtual reality, virtual education, telepresence.

1. Giriş

Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojilerinin kullanımı düşünülenin aksine oldukça eski yıllara dayanmaktadır. İlk sanal gerçeklik gözlüğü Morton Heilig tarafından 1960 yılında patentlenmiştir ancak bu gözlükte hareket takibi ve etkileşimli bir arayüz henüz bulunmamaktadır

*Bu makaleye atıf yapmak için*

Şentürk M.F., Gürkaş-Aydın Z., Aydın M.A. "Eğitimde Metaverse ve Uygulamaları Hakkında Bir Araştırma" El-Cezerî Fen ve Mühendislik Dergisi 2022, 9(4), 1424-1430.

*How to cite this article*

Şentürk M.F., Gürkaş-Aydın Z., Aydın M.A. "Eğitimde Metaverse ve Uygulamaları Hakkında Bir Araştırma" El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 2022, 9(4), 1424-1430.

ORCID ID: \*0000-0002-3764-2264; \*0000-0002-4125-0589; \*0000-0002-1846-6090;

[1]. Heilig tarafından patentlenen gözlüğün 1961 yılında Philco şirketi mühendisleri (Comeau & Bryan) tarafından üretimi yapılmıştır. Ayrıca, üretilen gözlük Heilig'in tasarımına ek olarak hareket takibi de içermektedir [2]. Bilgisayara bağlanabilen ilk sanal gerçeklik gözlüğü, Ivan Sutherland ve öğrencisi Bob Sproull tarafından üretilmiştir. Günümüzdeki kullanım şekline oldukça uzakta olan bu gözlük, büyük, ağır bir mekanizmadan oluşmaktadır ve tavana bağlı olduğundan dolayı taşınabilir değildir [3]. Zamanın şartlarıyla bu gözlükler için bilgisayarlar tarafından oluşturulan görseller, günümüze göre oldukça ilkel kalmaktadır. Genel kullanıcıların erişebildiği, ev kullanımına uygun ilk sanal gerçeklik gözlüğü olan Virtuality Group Arcade Machines ise 1991 yılında üretilmiştir. Bu gözlük ile kullanıcıların gerçek zamanlı (50ms'den düşük gecikme ile) stereoskopik üç boyutlu görseller ile oyun oynayabilmeleri sağlanmıştır [4]. 2007 yılında Google, haritalar hizmetini 360 derece görseller ile geliştirmeye başlamıştır, 2010 yılında da maps streetview'a 3 boyut özelliğini eklemiştir. 2012 senesinde Kickstarter üzerinden destek alarak prototipi üretilen Oculus Rift başlığı ile son kullanıcı alanında sanal gerçeklik kullanımının temelleri atılmıştır [5]. 2014 yılı sanal gerçeklik teknolojisi için büyük gelişmeler olduğu bir yıl olmuştur. Facebook sanal gerçeklik gözlüğü üreten Oculus'u [6] satın almıştır. Ayrıca, Google Cardboard [7], Samsung GearVR [8] ve Sony VR [9] başlıklarını duyurmuşlardır. 2018 yılında ise, çalışması için harici bir bilgisayara veya akıllı bir telefona ihtiyaç duymayan Oculus Go ve Quest ürünleri piyasaya sürülmüştür [10].

Eğitim yöntemleri, geçmişte kullanılan kara tahta ve tebeşirden günümüzde kullandığımız teknolojik yöntemlere kadar sürekli gelişmektedir ve çeşitlenmektedir. Ancak geleneksel eğitim yöntemlerinin öğretici merkezli olması eğitimin veriminin düşmesine sebep olmaktadır. 2020 yılında başlayan Covid-19 pandemisi ile birlikte uzaktan eğitim ihtiyacı daha da önem kazanmış, sanal ve artırılmış gerçeklikte eğitime yönelik çalışmalara ağırlık verilmiştir. Eğitim alanı, sanal ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin geliştirilmesi ve uygulanması için gelecek vaat eden ve popüler alanlardan biridir. Artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri, ilkokuldan yükseköğretime kadar uzaktan eğitimin birçok alanında (tarih eğitimlerinde, teknik eğitimlerde, sanal laboratuvarlar, vb.) kullanılmıştır.

Bu çalışmada öncelikle, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojisiyle ilgili bilgi verilmiş, sonrasında eğitimin farklı alanlarındaki kullanımları, kullanıcılar üzerindeki etkileri incelenmiştir. Son olarak da eğitim alanında sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamalarının olumlu ve olumsuz etkileri ile gelecek çalışmalar için yol gösterici sonuçlar çıkarılmıştır.

## 2. Sanal Gerçeklik ve Artırılmış Gerçeklik Nedir?

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik günümüzde Metaverse ismini alarak dijital dünyanın kurgusal bir evreni olarak tanımlanmaktadır. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik hareket takibi ve ekranlar gibi teknolojiler ile benzerlik gösterse de sanal ve fiziksel ortamlarda bulunma durumları ile birbirlerinden ayrılmaktadır.

Sanal gerçeklik, yazılımlar ve özel donanımlar ile insanlara gerçeklik algısı veren kurgusal ortamlardır [11]. HTC Vive [12], Oculus Quest [6] veya Google Cardboard [7] gibi sanal gerçeklik cihazları kullanarak kullanıcılar, farklı mekanlarda sanal ortamlarda bulunabilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisinin teknoloji olarak kullanımı ve eğitimde uygulanması eskiye dayanmaktadır. Sanal gerçeklik teknolojisinin ilk olarak kullanımı, Tom Furness'ın ABD hava kuvvetleri için hazırladığı uçuş simülatörüne dayanmaktadır [13]. Popülaritesini 1990'lı yıllarda kazanmaya başlayan sanal gerçeklik, 2000'li yıllarda düşüşe geçmiş, ardından 2010'lu yıllarda tekrar yükselişe geçmiştir. 2020'de yaşanan Covid-19 pandemisi ile birlikte de uzaktan eğitim ihtiyacına çözüm olarak kullanılmıştır.

Artırılmış gerçeklik ise, kullanıcının gerçek dünyayı görmesine olanak sağlayan, sanal nesnelere gerçek dünyadaki ortama yerleştirilmesi teknolojisidir. Böylelikle, artırılmış gerçeklik tamamen gerçek dünyayı yenisiyle değiştirmek yerine var olan gerçekliği desteklemektedir [14]. Artırılmış gerçeklik teknolojisi eğitimde büyük faydalar sağlamaktadır. Literatüre bakıldığında, artırılmış gerçekliğin eğitimde kullanımı ilk defa 1999 yılında gerçekleşmiştir. 2010'lu yıllarda ise yapılan çalışmalar zamanla artmış ve günümüze kadar popülaritesi artarak devam etmiştir.

### 3. Farklı Eğitim Alanlarında Metaverse

Bu alanda günümüze kadar yapılan mevcut çalışmalar arasında, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik ile eğitimin birçok alanında farklı yaşta kullanıcılar için geliştirilen uygulamalar mevcuttur. Üniversite öğrencileri arasında yapılan bir çalışmada sanal gerçeklik ve video ile öğrenmenin birbirlerine yakın sonuç verdiği görülmüştür [15]. Sanal gerçeklik ortamında eğitim verilen öğrencilerin örgün öğrencilere kıyaslandığı bir başka çalışmada da benzer verimlilikte sonuçlar gözlemlenmiştir [16]. Bu çalışmalar, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin en az geleneksel eğitim yöntemleri kadar öğrencilere katkı sağladığını açıkça göstermektedir. Ayrıca, başka bir çalışmada sanal gerçeklik teknolojisinin çocuklara kıyasla yetişkinler üzerinde verimi daha fazla artırdığı gözlemlenmiştir [17]. Bu nedenle, farklı yaş aralıkları baz alınarak K-12 eğitimi ve üniversite eğitimi için geliştirilen uygulamalar ayrı ayrı incelenmiştir. 2021 yılında Oculus'un geliştirdiği Meta Hand Tracking 1.0 ve 2022 yılında 2.0 sürümünü yayınladığı teknoloji ile kullanıcıların kontrolcüler yerine elleri ile etkileşim sağlamaları, kullanıcıların eğitim ortamlarında daha özgür hareket edebilmesine olanak vermiştir [18]. Bu da deneysel çalışma ve yüksek etkileşim gerektiren uygulamalı eğitim alanlarında sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin etkili olarak kullanılmasını sağlamıştır. Yapılan çalışmalar, farklı yaş aralığını ve farklı eğitim alanlarını kapsayacak şekilde K-12 Eğitiminde Metaverse, Mühendislik Eğitiminde Metaverse ve Tıp Eğitiminde Metaverse olmak üzere üç ana başlık altında incelenmiştir.

#### 3.1. K-12 Eğitiminde Metaverse

Küçük yaşta öğrencilerin sanal gerçekliğe kıyasla artırılmış gerçeklik uygulamalarına adaptasyonlarının daha kolay olması nedeniyle, K-12 eğitiminde artırılmış gerçeklik kullanımı daha fazla ve yaygındır. İlkokul öğrencileri ile yapılan bir çalışmada sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik ile matematik eğitiminin öğrenciler üzerindeki verimi karşılaştırılmıştır. Alınan sınav sonuçlarına göre, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik kullanımının öğrencilerin performanslarında artış sağladığı gözlemlenmiştir. Öğrencilerden alınan geri bildirimlere göre, öğrencilerin matematik öğrenme isteği ve motivasyonunda artış olduğu vurgulanmıştır [19]. 2019'da yapılan başka bir çalışmada öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında matematik problemlerini çözebilecekleri bir basketbol sahası oluşturulmuştur. Öğrencilerin oyun oynayarak öğrenimi amaçlanan çalışmada öğrenim başarımında pozitif sonuçlar elde edilmiştir [20]. 2020'de artırılmış gerçeklik teknolojisi kullanılarak yapılan bir başka çalışmada öğrencilerin fizik dersi eğitiminde artırılmış gerçeklik ortamı oluşturularak, öğrenci başarıları incelenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda artırılmış gerçeklik ortamının öğrencilerin fizik eğitimi açısından olumlu katkıları gözlemlenmiştir [21]. Ayrıca, 2019'da Pokemon GO oyunu kullanılarak yapılan çalışmada İngilizce eğitiminde artırılmış gerçeklik ile öğrenen grubun başarımının daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [22].

#### 3.2. Mühendislik Eğitiminde Metaverse

Mühendislik eğitimi için sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları kullanımının geleneksel eğitim yöntemlerine göre daha uygun bir araç olduğu görülmektedir. Bu durum, mühendislik alanındaki çalışmalarda daha farklı öğretim ve öğrenim yaklaşımlarının ortaya

çıkmasına olanak sağlamıştır [23]. Sanal gerçeklik teknolojisinin maliyetinin düşüşü ile sadece araştırma ortamlarındaki kullanımından öte eğitimde ve laboratuvarlarda da bir çözüm yolu olmuştur [24]. Yapılan çalışmalarda sanal gerçeklik teknolojisinin mühendislik alanında laboratuvarlarda kullanımının geleneksel eğitim yöntemlerine göre daha verimli olduğu gözlemlenmiştir [25]. Sanal gerçeklik teknolojisinin zamanla ekonomik hale gelmesi ve fiziksel laboratuvarlar için uzaktan eğitim imkânı sunması, eğitim alan kişilerin mekândan bağımsız olmalarını sağlamıştır. Mühendislik eğitimi alanındaki gelişmeler fiziksel sanal gerçeklik laboratuvarlarının da gelişmesini sağlamıştır. Sanal laboratuvar kullanımına örnek olarak 2014 yılında yapılan bir çalışmada öğrencilerin öğrenim deneyimlerinin ve bilgilerinin artırılması amaçlanarak elektrik ve elektronik alanında bir sanal ortam oluşturulmuştur. Çalışmada öğrencilerin elektronik devre tahtası (breadboard), direnç, kondansatör, güç kaynağı, osiloskop ve multimetre gibi ekipmanların kullanımını sanal ortamlarda öğrenimi amaçlanmıştır [26]. Artırılmış gerçeklik çalışması olarak yapılan bir diğer çalışmada ise öğrencilerin karışık yapıdaki Üç boyutlu geometri çalışmalarını anlayabilmeleri amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada öğrencilerin CAD tabanlı çalışmalarda ve masaüstü eğitimlerde verimli olduğu ve geliştirilen uygulamanın eğitmenlere de fayda sağladığı görülmüştür [27].

### 3.3. Tıp Eğitiminde Metaverse

Tıp eğitiminde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri yeni öğrenme ve çalışma tekniklerinin gelişmesini sağlamıştır. Başa takılabilen sanal gerçeklik gözlükleri ile başarılı çalışmalar yapılmıştır. 2018 yılında yapılan çalışmada 360 derece videolar ile cerrahi dikiş eğitimleri, kullanıcılara tek başlarına öğrenme imkânı tanımıştır [28]. 2016'da Google Glass kullanılarak kullanıcılara cerrahi yöntemlerin gösterildiği artırılmış gerçeklik başlığı ile yapılan çalışmada ise yüz yüze eğitim ile yakın sonuçlar elde edilmiştir [29]. Ultrason görüntülerinde artırılmış gerçeklik başlıklarının kullanılması ile yapılan çalışmada geleneksel yöntem ile başa takılabilen gözlükler kıyaslanmıştır. Artırılmış gerçeklik gözlüğünün başlıkta oluşturduğu görüntülerin işlem yaparken kullanıcıların daha fazla odaklanabilmelerini sağladığı gözlemlenmiştir [30]. Acil durum eğitimi senaryosu olarak yapılan çalışmada sanal gerçeklik gözlükleri kullanılmıştır. Yapılan çalışmada triyaj eğitiminde sanal gerçeklik teknolojisinin klinik simülasyonun yerini alamayacağı ancak destek eğitim olarak kullanılabileceği gözlemlenmiştir [31]. Anatomi eğitiminde sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik uygulamaları sayısal olarak daha fazla yapılmıştır ve yapılan çalışmalarda başarı oranları oldukça yüksek çıkmıştır. Oculus Rift kullanılarak yapılan çalışmada kullanıcıların eğitimi anatomi kitap eğitimi alanlar ile kıyaslanmıştır. Sanal gerçeklik eğitimi alan kullanıcıların eğitime daha fazla dahil oldukları ve öğrenme motivasyonlarının yüksek olduğu gözlemlenmiştir [32]. 2018 yılında HTC Vive gözlüğü kullanılarak yapılan çalışmada anatomi eğitiminde sanal gerçeklik teknolojisinin destek eğitim olarak kullanımı önerilmiştir [33]. Sanal gerçeklik laboratuvarlarının kullanımında öğrencilerin kısa zamanlı ve uzun zamanlı öğrenmelerinde geleneksel laboratuvarlara göre farkları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre geleneksel laboratuvarlara kıyasla öğrenim kazanımlarında fark gözlemlenmemiştir. Sonuçlara bakıldığında uzaktan eğitimdeki öğrenciler örgün eğitimdeki öğrencilere kıyasla aynı derecede öğrenme çıktılarını vermişlerdir [34].

## 4. Sonuç

Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin gelişimi ve kullanımının artması ile eğitim, eğlence, askeri ve sağlık gibi alanlarda kullanımı oldukça yaygınlaşmıştır. Yapılan araştırmalar sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin eğitimde kullanılmasının gelecek vaat eden bir araç olduğunu göstermektedir. Özellikle, eğitim alanında pandeminin etkisi ve dijital hayatın getirdiği kolaylıklar ile sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliği, kullanılan eğitim yöntemlerinin bir parçası haline gelmiştir. Bu çalışmada, eğitimin farklı alanlarında kullanılan sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik

çalışmaları incelenmiştir. Bu yöntemlerin kullanımının geleneksel yöntemlerle karşılaştırıldığında avantaj sağladığı ancak belirli sınırlarının da olduğu görülmüştür. Geleneksel bir eğitim ortamının dışında gelişmiş görseller sağlaması, öğrencilerin ilgisini çekmesi, öğrenci katılımı olarak geleneksel eğitime göre daha fazla katılım olması ve oyunlaştırma teknikleri gibi artılarına karşılık insanların üzerindeki fiziksel, psikolojik etkileri, gerçek iletişimin farklı bir boyuta taşınması ve yüksek fiyatlar gibi eksiklikleri de bulunmaktadır. İncelenen makalelerde çoğu çalışma deneysel süreçte kalmasına rağmen son yıllarda yapılan çalışmalara bakıldığında teknoloji ve ekipmanların gelişmesi ile deneysel süreçte kalan çalışmaların oranı da düşmektedir. Sanal gerçeklik uygulamalarının kullanımı sırasında, eğer öğrenciler kendi sanal gerçeklik gözlüklerine ve yeterli bant genişliğine sahip internet bağlantısına sahip ise örgün eğitimdeki öğrencilerle aynı deneyimi yaşayabilirler. Uzaktan eğitimde sanal gerçeklik maliyetlerin zamanla düşüşü ve gelecekte daha da düşmesinin öngörülmesi ile eğitimde sanal gerçeklik kullanımının artması beklenmektedir. Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri geleneksel eğitimdeki sorunların çözümüne fayda sağlayabilecek potansiyele sahiptir. Fakat bu teknolojilerin eğitimde kullanımı hala sorgulanmaya devam etmektedir. Bu nedenle, eğitimcilerin ve yürütücülerin gelişmelere uyum sağlayarak sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojilerinin insan bilgisayar etkileşimi deneyimine olan etkisinin gözlemlenmesi ve ölçülebilmesi için destek olmaları gerekmektedir. Bu amaçla, gelecek çalışmalar daha fazla eğitim dalını inceleyebilir, eğitim alanlarındaki başarı sonuçlarını karşılaştırabilir.

## Kaynaklar

- [1]. Heilig M., Sensorama Simulator, 1962, Patent No: US 3,050,870.
- [2]. Comeau C., Headsight television system provides remote surveillance, Electronics, 1961, 86-90.
- [3]. Virtual R. S., History of virtual reality, <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html>.
- [4]. Fowle K., "The Vanguard of Virtual Reality: An Embarrassing Arcade Game." The Atlantic, 2015.
- [5]. Oculus R., Step Into the Game Kickstarter, <https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>, Erisim Tarihi: 15.11.2022.
- [6]. Facebook M., Facebook to Acquire Oculus. Meta, 2019. <https://about.fb.com/news/2014/03/facebook-to-acquire-oculus/>, Erisim Tarihi: 09.11.2022.
- [7]. Google C., Google Cardboard, <https://arvr.google.com/cardboard/>, Erisim Tarihi: 10.11.2022.
- [8]. Gear V., How Samsung makes Virtual Reality a Reality. Samsung, <https://news.samsung.com/global/gear-vr-how-samsung-makes-virtual-reality-a-reality>.
- [9]. Byford S., Sony reveals Project Morpheus, its VR headset for PlayStation 4, The Verge, 2014. <https://www.theverge.com/2014/3/18/5523984/sony-reveals-project-morpheus-its-vr-system-for-ps4>, Erisim Tarihi: 10.11.2022.
- [10]. Facebook M., Oculus Go & Quest, Oculus, <https://www.oculus.com>, Erisim Tarihi: 08.10.2022.
- [11]. Ferhat S., Dijital dünyanın gerçekliği, gerçek dünyanın sanallığı bir dijital medya ürünü olarak sanal gerçeklik, Trt Akademi, 2016, 1(2), 724-746.
- [12]. Htc V., VIVE - VR Headsets, Games, and Metaverse Life | United States <https://www.vive.com/us/>, Erisim Tarihi: 09.10.2022
- [13]. Mertz L., Virtual reality pioneer tom furness on the past, present, and future of VR in health care., IEEE pulse, 2019, 10(3), 9-11.
- [14]. Azuma R. T., A survey of augmented reality. Presence: teleoperators & virtual environments, 1997, 6(4), 355-385.

- [15]. Hodgson P., Lee V. W., Chan J., Fong A., Tang C. S., Chan L., & Wong C. Immersive virtual reality (IVR) in higher education: Development and implementation., In *Augmented reality and virtual reality*, 2019, 161-173.
- [16]. Makransky G., Andreasen N. K., Baceviciute S., & Mayer R. E. Immersive virtual reality increases liking but not learning with a science simulation and generative learning strategies promote learning in immersive virtual reality., *Journal of Educational Psychology*, 2021, 113(4), 719.
- [17]. Checa D., & Bustillo A. A review of immersive virtual reality serious games to enhance learning and training., *Multimedia Tools and Applications*, 2020, 79(9), 5501-5527.
- [18]. Heaney D., Original Oculus Quest Will Get Hand Tracking 2.0 Update., UploadVR, <https://uploadvr.com/original-oculus-quest-hand-tracking-2-0>
- [19]. Demitriadou E., Stavroulia K. E., & Lanitis A., Comparative evaluation of virtual and augmented reality for teaching mathematics in primary education., *Education and Information Technologies*, 2020, 25(1), 381-401.
- [20]. Liu R., Wang L., Lei J., Wang Q., & Ren Y. Effects of an immersive virtual reality-based classroom on students' learning performance in science lessons., *British Journal of Educational Technology*, 2020, 51(6), 2034-2049.
- [21]. Abdüsselam M. S., Teachers' and students' views on using augmented reality environments in physics education: 11th grade magnetism topic example., *Pegem Journal of Education and Instruction*, 2014, 4(1), 59-74.
- [22]. Wu M. H., The applications and effects of learning English through augmented reality: A case study of Pokemon Go [Paper presentation]., *Computer Assisted Language Learning*, 2019, 1-35.
- [23]. Wang P., Wu P., Wang J., Chi H. L., & Wang X. A critical review of the use of virtual reality in construction engineering education and training., *International journal of environmental research and public health*, 2018, 15(6), 1204.
- [24]. Carruth D. W., Virtual reality for education and workforce training., In *2017 15th International Conference on Emerging eLearning Technologies and Applications (ICETA)*, 2017, 1-6.
- [25]. Guerrero-Mosquera L. F., Gómez D., & Thomson P., Development of a virtual earthquake engineering lab and its impact on education., *Dyna*, 2018, 85(204), 9-17.
- [26]. Travassos Valdez M., Machado Ferreira C., Martins M. J. M., & Barbosa F. M., Virtual labs in electrical engineering education-The VEMA environment., 2014, 1-5.
- [27]. Gargrish S., Mantri A., & Kaur D. P., Augmented reality-based learning environment to enhance teaching-learning experience in geometry education., *Procedia Computer Science*, 2020, 172, 1039-1046.
- [28]. Yoganathan S., Finch D. A., Parkin E., & Pollard J., 360 virtual reality videos for the acquisition of knot tying skills: a randomised controlled trial., *International Journal of Surgery*, 2018, 54, 24-27.
- [29]. Peden R. G., Mercer R., & Tatham A. J. The use of head-mounted display eyeglasses for teaching surgical skills: a prospective randomised study., *International Journal of Surgery*, 2016, 34, 169-173.
- [30]. Wu T. S., Dameff C. J., & Tully J. L., Ultrasound-guided central venous access using Google Glass, *The Journal of emergency medicine*, 2014, 47(6), 668-675.
- [31]. Price M. F., Tortosa D. E., Fernandez-Pacheco A. N., Alonso N. P., Madrigal J. J. C., Melendreras-Ruiz R., & Rodriguez L. J., Comparative study of a simulated incident with multiple victims and immersive virtual reality, *Nurse Education Today*, 2018, 71, 48-53.
- [32]. Stepan, K., Zeiger, J., Hanchuk, S., Del Signore, A., Shrivastava, R., Govindaraj, S., & Iloreta, A., Immersive virtual reality as a teaching tool for neuroanatomy., In *International forum of allergy & rhinology*, 2017, 1006-1013.

- [33]. Ekstrand C., Jamal A., Nguyen R., Kudryk A., Mann J., & Mendez I., Immersive and interactive virtual reality to improve learning and retention of neuroanatomy in medical students: a randomized controlled study., *Canadian Medical Association Open Access Journal*, 2018, 6(1), E103-E109.
- [34]. Dunnagan C. L., Dannenberg D. A., Cuales M. P., Earnest A. D., Gurnsey R. M., & Gallardo-Williams M. T., Production and evaluation of a realistic immersive virtual reality organic chemistry laboratory experience: infrared spectroscopy., 2019, 258-262.