

GAZİ

JOURNAL OF ENGINEERING SCIENCES

All Aspects of Metaverse Studies, Technologies and Future

Osman Güler^{a,*}, Serkan Savaş^b

Submitted: 22.03.2022 Revised: 21.06.2022 Accepted: 17.07.2022 doi:10.30855/gmbd.0705011

ABSTRACT

Keywords: Metaverse, 3D technologies, augmented reality, virtual reality, mixed reality

^{a,*} Tusaş Şehit Hakan Gülşen Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi
06890 - Ankara, Türkiye
Orcid: 0000-0003-3272-5973
e mail: hanciosman@hotmail.com

^b Kırıkkale University,
Faculty of Engineering and
Architecture,
Dept. of Computer Engineering
71450 - Kırıkkale, Türkiye
Orcid: 0000-0003-3440-6271

*Corresponding author:
hanciosman@hotmail.com

Cyber space, which is called the fifth dimension in human life, has started to transform into a different living space with metaverse applications. In its current form, the metaverse universe, where education, games and entertainment, art, architecture, commercial etc. applications are used for field needs, has recently become an area where technology leader organizations focus and invest more. With these investments, 3D technologies, virtual reality, augmented reality and artificial intelligence studies for the metaverse universe have also increased. Based on the developments in this subject, this study emphasizes the importance and necessity of studies in the metaverse universe. In the study, researches and results related to the metaverse were examined. For this purpose, a descriptive research model was used. In terms of research philosophy, the basic research model and document research model related to the application method were created. The universe of the research consists of studies obtained through Google Scholar. Studies on metaverse in the last 20 years have been downloaded with the specified keyword. As a result of the research, it was determined that the studies on the metaverse increased especially after the pandemic, it was used especially in the game industry and it was applied to an increasingly diverse field. It has been stated that countries that want to take place in this universe, which is expected to reach billions of users, should accelerate their studies and decide which of the "user" and "producer" positions they want to take place in.

Tüm Yönleriyle Metaverse Çalışmaları, Teknolojileri ve Geleceği

ÖZ

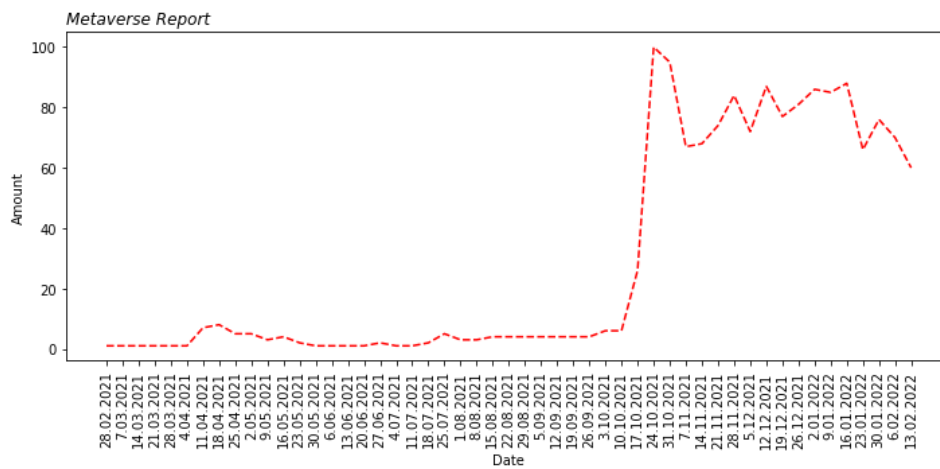
İnsan hayatındaki beşinci boyutu olarak adlandırılan siber uzay, metaverse uygulamaları ile birlikte daha farklı bir yaşam alanı haline dönüşmeye başlamıştır. Mevcut haliyle eğitim, oyun ve eğlence, sanat, mimari, ticari vs. uygulamaların, alan ihtiyaçlarına yönelik kullanılmakta olduğu metaverse evreni, son dönemde teknoloji lideri kuruluşların odaklandığı ve daha fazla yatırım yaptığı bir alan haline gelmiştir. Bu yatırımlarla birlikte metaverse evrenine yönelik 3 boyutlu teknolojiler, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve yapay zekâ çalışmaları da artış göstermiştir. Bu konuda yaşanan gelişmelerden yola çıkarak bu çalışma, metaverse evrenindeki çalışmaların önemi ve gerekliliğini vurgulamaktadır. Çalışmada metaverse ile ilgili araştırmalar ve sonuçları incelenmiştir. Bu amaçla betimsel bir araştırma modeli kullanılmıştır. Araştırma felsefesi açısından uygulama yöntemine ilişkin temel araştırma modeli ve belge araştırma modeli oluşturulmuştur. Araştırmanın evrenini Google Akademik üzerinden elde edilen çalışmalar oluşturmaktadır. Belirlenen anahtar kelime ile metaverse konusunda son 20 yılda yapılan çalışmalar indirilmiştir. Araştırma sonucunda metaverse ile ilgili çalışmaların özellikle pandemi sonrasında artış gösterdiği, özellikle oyun sektöründe kullanıldığı ve giderek artan farklılıkta alanlara da uygulandığı tespit edilmiştir. Milyarlarca kullanıcıya ulaşması beklenen bu evrende yer almak isteyen ülkelerin çalışmalarına hız kazandırması ve "kullanıcı" ile "üretici" pozisyonlarından hangisinde yer almak istediğine karar vermesi gerektiği belirtilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Metaverse, 3 boyutlu teknolojiler, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik

1. Giriş (Introduction)

Metaverse terimi ilk olarak 1992 yılında Neal Stephenson tarafından yazılan, insanların bir avatar kullanılarak sanal gerçeklik ile internet ortamında çevrimiçi olduğu bilim kurgu romanı olan Snow Crash isimli romanda kullanılmıştır. Metaverse kelimesi meta (ötesinde) ve universe (evren) kelimelerinin birleşiminden meydana gelen, çevrimiçi 3 boyutlu ortamlarda kullanıcıların kendileri için seçtikleri bir dijital avatar yardımı ile kullanıcıların fiziksel dünyadaymış gibi iletişim kurabilecekleri, etkileşime girebileceği, eğlence, ticaret, oyun, eğitim vb. birçok faaliyetlerin yapılabileceği sanal bir dünya olarak tanımlanmaktadır [1], [2].

30 yıl önce ortaya atılan ve farklı araştırmacılar tarafından üzerinde çalışılan Metaverse ifadesi, 2021 yılında Mark Zuckerberg tarafından sosyal platformlarının adının Meta olarak değiştirilmesiyle yeniden gündeme gelmiş ve popüler olmuştur. Şekil-1'de son bir yılda Google Trend aramalarında metaverse kelimesinin dünya geneli arama değerleri görülmektedir. Mark Zuckerberg'in açıklamasından sonra arama sayılarında yüksek bir artış olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Google Trends metaverse arama sayıları (Google Trends metaverse search counts)

Sanal ortamlar artık gerçek hayatın kendisi haline dönüşmeye başlamıştır [3]. İnsanların hayalinde metaverse, sanal gerçeklik gözlüğü ile çevrimiçi ortamda tasarlanmış 3 boyutlu sanal bir dünyada etkileşime girebileceği, gerçek dünyadaki engeller olmadan yaşayabileceği bir ortam olarak canlanmıştır. Bu dünyada insanlar ticaret yapabilecek, iş imkânları geliştirebilecek, istedikleri yerleri gezebilecek, çeşitli sosyal aktivitelere (konser, tanıtım, tatil, konferans, oyun vb.) bir avatar yardımı ile katılabilecektir. Metaverse, aslında insanların hayatında çeşitli bilgisayar oyunları, konferans ve toplantı sistemleri, eğitim platformları, oyunlar ve bu alanda yapılan sinema ve tanıtımlar ile 30 yıldır var olan bir sistemdir. İnsanların çevrimiçi olarak oyun, sosyalleşme ve eğlence amaçlı olarak kullandıkları CityScape, Minecraft, Roblox, SecondLife, SandBox, DecentreLand, Zepeto, Fortnite vb. uygulamalar ile metaverse dünyaları yıllardır hayatımızda yer almıştır [4-7].

Covid-19 pandemi dönemi metaverse teknolojisinin geliştirilmesi için önemli bir süreç olmuştur. Pandemiden önce metaverse, insanlar için sosyalleşebileceği ve oyun oynayabileceği bir eğlence platformu olarak görülüyordu [8]. Ancak pandemi döneminde aktif olarak dünya genelinde kullanılmaya başlayan ve gerçek zamanlı çevrimiçi uzaktan eğitim sistemleri, iş toplantıları, oyunlar, etkinlikler, vb. uygulamalar, potansiyel bir ikinci dünyanın gelişmesine yol açtı. Günümüzde bu çevrimiçi ortama katılmak için internet bağlantısı olan herhangi bir cihaz kullanılması yeterlidir. Gelecekte ise metaverse, dünyayı tamamen 3 boyutlu modelleyerek sanal bir ortamda, kendi seçeceğimiz dijital bir avatar kullanarak bu dünyada yaşamamızı sağlayacak ve sanal gerçeklik ile artırılmış gerçeklik teknolojileri üzerine inşa edilmesi planlanan bir sistemdir.

Bu çalışmada metaverse üzerine yapılan akademik çalışmalar ve sonuçları, metaverse teknolojileri ve platformları araştırılmıştır. Bu amaçla betimsel bir araştırma modeli kullanılmıştır. Araştırma felsefesi açısından uygulama yöntemine ilişkin temel araştırma modeli ve belge araştırma modeli oluşturulmuştur. Araştırmanın evrenini Google Akademik üzerinden elde edilen çalışmalar oluşturmaktadır. Akademik arama motorları üzerinden metaverse anahtar kelimesi kullanılarak,

metaverse konusunda son 20 yılda yapılan ve içeriğinde metaverse terimi geçen akademik makale ve konferans bildirileri indirilmiştir. Bulunan çalışmalar içerik ve çalışma alanı olarak gruplandırılmıştır. Sonrasında metaverse teknolojileri ve metaverse platformları açıklanmıştır. Bu çalışmanın amacı, metaverse üzerine derinlemesine bir araştırma ile gelecek çalışmalara yol göstermektir.

Araştırmanın yapısı şöyle devam etmektedir. İkinci bölümde metaverse üzerine yapılan çalışmalar incelenmiştir. Üçüncü bölümde metaverse teknolojileri ve mimarileri detaylı olarak açıklanmış, son bölümde ise tartışma ve araştırmanın sonuçları açıklanmıştır.

2. Metaverse Alanında Yapılan Çalışmalar (Studies in the Metaverse Field)

Bu bölümde metaverse alanında yapılan araştırmalar, çalışma alanlarına göre; eğitim, araştırma ve geliştirme, turizm ve sanat, iletişim araştırmaları ve diğer araştırmalar olmak üzere beş farklı kategoriye ayrılarak, geçmişten günümüze kadar kronolojik olarak incelenmiştir. Çalışma kapsamında incelenen kaynaklara ait bilgiler Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 1. Metaverse içerikli çalışmalara ait alan ve yayın türü bilgileri (Field and publication type information of studies with metaverse content)

| Çalışma Alanı | Makale | Bildiri |
|----------------------|--------|---------|
| Eğitim | 28 | 6 |
| Araştırma Geliştirme | 25 | 7 |
| Turizm ve Sanat | 5 | 1 |
| İletişim | 3 | 0 |
| Diğer | 2 | 2 |

2.1. Eğitim alanında yapılan çalışmalar (Studies in the field of education)

Jennings ve ark. [9] Second Life adlı sanal dünyada bulunan 170 eğitim kurumunun sanal dünyada yarattığı mekânları ve düzenlediği etkinlikleri incelemişlerdir. Çalışma kapsamında incelenen sanal kampüsleri etkin kampüs ve yansıtıcı kampüs olmak üzere 2 sınıfta tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda iki sınıfta gruplandırılan bu kampüslerin her ikisinde çok karmaşık ve bakımlı yapıda olduğu, her kampüsün sanal ortamlarda eğitim faaliyetlerinin nasıl yürütüleceği konusunda farklı bir model sağladıklarını belirtmişlerdir. Boulos ve ark. [10] Second Life sanal dünyasını tıp ve sağlık eğitimcilerine tanıtmak amacıyla, burada kurulan bazı tıp ve sağlık eğitimi örneklerini araştırmışlar ve sonuçta sanal dünyaların web teknolojisinin geleceğinin önemli bir parçası olduğunu, yaratıcı tıp ve sağlık eğitimlerinde büyük bir potansiyel sunduğu açıklamışlardır. De Lucia ve ark. [11] Second Life ortamında sanal bir kampüs oluşturarak öğrencilerin bu sanal kampüste eşzamanlı aldıkları eğitimleri ve sanal öğrenmeyi değerlendirmişlerdir. Sanal ortam ile varlık, farkındalık, iletişim ve konfor ile ilgili kullanıcı izlenimlerini analiz etmişler ve sanal ortamın eşzamanlı iletişim ve sosyal etkileşimi başarıyla desteklediğini, ayrıca öğretmenler ve öğrencilerin gerçekten motive olduklarını belirtmişlerdir.

Schaf ve ark. [12] kontrol ve otomasyon eğitimi için, farklı yerlerde çalışanlar arasında işbirliğine dayalı projelerin geliştirilmesine ve uzaktan deneylerin yapılmasına olanak tanıyan bir karma gerçeklik laboratuvarı ortamı sunmuşlardır. Sonuçta bu tür bir etkileşimli sistemin işçiler ve mühendisler için sistematik bir destek sağladığını ve sunulan araştırmanın işbirlikçi mühendisliği desteklemek için uygun maliyetli etkili bir araç olarak kullanılabilceğini önermişlerdir. Warburton [13] Second Life'in eğitim faaliyetleri için sunduğu imkânları, öğretim yaklaşımlarını ve bir eğitim aracı olarak Second Life ortamının kullanılmasının önündeki engelleri araştırmıştır. Sonuç olarak sanal dünyaların eğitim için cazip alanlar olduğunu, ancak eğitimcilere özel tasarım zorlukları sunduğunu göstermiştir. Barry ve ark. [14] sanal dünyada probleme dayalı öğrenme eğitiminin, biri Japonya'da diğeri Amerika'da bulunan iki farklı öğrenci grubu üzerindeki öğrenmede etkisini araştırmışlardır. Sonuçlar, hem Amerika hem de Japonya'da bulunan ekiplerinin prim oluşturmanın zor bir görev olduğunu ve ışınlanma görevinin nispeten kolay olduğunu düşündüklerini, her iki takımın da metaverse ortamdaki sınıfta bulunmaktan yüksek bir memnuniyet duyduklarını göstermiştir. Ancak, eğitim dilinin İngilizce olmasından dolayı Japonya ekibinin zorlandığı belirtilmiştir. Baker ve ark. [15] sanal dünyada psikoloji eğitiminin tasarım, maliyet, etkileşim, iletişim, teknoloji kullanımı vb. alanlar açısından avantajlarını ve dezavantajlarını tartışmışlardır. Çalışma sonucunda yazarlar psikoloji eğitiminde sanal dünyaların kullanımının öğrenme süresinin ve teknoloji sorunlarının maliyetleri artırdığını, ama öğrenci katılım potansiyeli, sanal ortamlar ve sanal nesnelere yaratma yeteneğinin öğrenciler üzerinde olumlu bir etki

yarattığını vurgulamışlardır.

Huang ve ark. [16] sanal dünyadaki akış deneyimlerinin öğrencilerin öğrenmeye yönelik tutumları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Sonuçta, insan becerilerinin, zorluklarının ve etkileşiminin 3B sanal dünyalarda gezinirken akış deneyimleriyle pozitif ilişkili olduğunu göstermişlerdir. Getchell ve ark. [17] Second Life ortamında oyun tabanlı öğrenme uygulamasının çevrimiçi oyun uygulamalarına göre farklılıklarını ve hizmet kalitesini değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak, metaverse ortamların, yeni eğitim bağlarının oluşturulmasını kolaylaştıran oyun tabanlı öğrenme için esnek bir platform sunduğunu, temel bilgisayar sistemleri gelişmeye devam ettikçe ve ağlar geliştikçe, bu teknolojiye erişimi olan öğrenci ve eğitimcilerin sayısı artmaya devam edeceğini göstermişlerdir. Ariyadewa ve ark. [18] sanal dünya tabanlı öğrenme modeli ve sanal bir eğitim ortamı tasarımı üzerine çalışma gerçekleştirmişlerdir. Önerilen modelin, kullanılan temel teknolojiden bağımsız olarak sanal 3B öğrenme ortamını tutarlı bir şekilde tanımlayabileceğini belirtmişlerdir. Tamai ve ark. [19] Second Life sanal dünyasında Japonya'ya gelen öğrenciler için Japon dili ve kültürü üzerine eğitim alabilecekleri bir e-öğrenme platformu oluşturarak bu platformda öğrenme sürecinin avantajlarını ve sınırlarını tartışmışlardır. Bu çalışma sonucunda yazarlar meta veri tabanına dayalı öğrenmenin, Japon geleneklerini, dilini ve kültürünü öğrenmede, ders kitabı veya normal sınıfla geleneksel öğrenme yöntemiyle karşılaştırıldığında etkili olabileceğini öne sürmüşlerdir. Aralarında bilgi farkı olduğunda, öğrenciler arasında sorunsuz bir etkileşimi kolaylaştırmanın önemli olduğu vurgulanmıştır.

Esteves ve ark. [20] Second Life sanal dünyasında üniversite düzeyinde bilgisayar programlama eğitiminin analizine yönelik bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada eğitimin etkileri ve başarıda engel olan problemler tartışılmıştır. Yazarlar, birinci sınıfta öğretmenin fiziksel varlığının öğrencilerin sanal dünya arayüzünü anlamaları için önemli olduğu, çünkü öğrencilerin sanal ortamı ve program editörünü kullanmasını kolaylaştırdığı sonucuna varmışlardır. Ahmad ve ark. [21] Second Life sanal dünyasında sağlık eğitimi üzerine bir kurs modülü geliştirmişler ve eğitim sonunda test uygulaması yapmışlardır. Araştırmanın sonucunda öğrencilerin çoğu sanal gerçeklik programıyla çalışmanın gerçek hasta üzerinde deney yapmaktan güvenli, etkileşimli, daha az sıkıcı, hatırlaması kolay ve uzaktan sağlık öğrencisi için alternatif çalışma seçeneği olduğunu söylemişlerdir. Yazarlar çalışma sonucunda, sağlık öğrencilerinin internet konusunda bilgili olması gerektiğini, sanal ortamda öğrenme ve eğitime başlamak için uygun kılavuza ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir. Liu ve ark. [22] sanal ortamların etkileşimli platformlar olması sebebiyle yabancı dil eğitimine uygun platformlar olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak iyi bir dil öğrenme sanal topluluğunun, kullanıcının dinlediğini anlama becerilerini, ders sırasında telaffuz becerilerini ve okuma becerilerini etkili bir şekilde geliştirmesine yardımcı olacağı çıkarımında bulunmuşlardır.

González ve ark. [23] sanal dünyalarda çevrimiçi rol oynama oyunu motoruna dayalı eğitici video oyunlarının tasarımı ve eğitimde kullanımı üzerine araştırma yapmışlardır. Yapılan araştırma sonuç olarak eğitici video oyunlarının, gerçek dünyada teknik ve sosyal becerilerin gelişimini desteklediğini, motivasyonu artırarak öğrenmeyi desteklediğini ve oyunların sağladığı en önemli öğrenme türünün oyun topluluklarında gerçekleşen sosyal öğrenme olduğunu ortaya çıkarmıştır. Xanthopoulou ve ark. [24] tarafından çalışanlar üzerinde yapılan bir araştırmada, sanal dünyada aktif öğrenme ve dönüşümlü liderlik ile ilgili çevrimiçi oyun oynamanın istihdama ve çalışanların performansına etkisi araştırılmıştır. Çalışma bulguları, çevrimiçi oyun oynamanın işyerinde iyi bir işleyiş için gerçekten yararlı etkileri olabileceğini göstermiştir. Sonuç olarak çevrimiçi oyunların esas olarak eğlendirmek için tasarlanmasına rağmen, bazı unsurlarının organizasyonlarda öğrenme ve liderliğin geliştirilmesinde kullanılabilirliğini önermişlerdir.

Vernaza ve ark. [25] metaverse ortamların sanal öğrenme ortamları olarak kullanımı ve elektronik eğitimi ile ilgili öğrenme uygulamaları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma kapsamında online olarak direnç değerleri değiştirilebilen ve sonuçlarının eş zamanlı olarak kullanıcıya gösterildiği bir sanal laboratuvar tasarlamışlardır. Çalışma kısıtlılığı olarak aynı anda birden fazla öğrencinin direnç değerini değiştirmesi sonucu sistemin doğru dönüt sağlayamayacağını vurgulamışlardır. Çözüm olarak eş zamanlı gruplar halinde çalışmasını önermişlerdir. Crespo ve ark. [26] e-öğrenme için sanal bir kampüste ARIMA tabanlı bir araştırma gerçekleştirmişlerdir. Araştırmada uzman sistemler üzerine bir kursta bilginin yayılması ile sistemin kullanıcı sayısı arttıkça performansının analizi gerçekleştirilmiştir. Sunucunun çevrimiçi dersleri almak isteyebilecek öğrencilerin erişimi tarafından oluşturulan yüksek trafik yüküne sahip olduğu durumlarda matematiksel davranış modellerini test etmek ve kanıtlamak amacıyla ARIMA modeli bir uzman sistem geliştirilmesinin, kabul edilebilir bir

orta vadeli tahmin ürettiğini belirtmişlerdir. González ve ark. [27] sanal dünyaların öğrenmeyi, işbirliğini, motivasyonu ve öğrencilerin akademik performansının iyileştirilmesi için sağlayabileceği potansiyel faydaların üzerine araştırma yapmışlardır. Öğrencilerin sanal ortamda kendilerini rahat hissettiklerini, öğrencilerinin ortamın güzel, rahat, ferah ve öğrenmeye uygun olduğunu düşündüklerini açıklamışlardır. Ayrıca sanal dünya aracılığıyla öğretilen içeriklerin uygun olduğunu düşündükleri için öğrencilerin motivasyonunun arttığını belirtmişlerdir.

Kanematsu ve ark. [28] Bilim, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik (STEM) eğitimi için sanal dünyaları kullanmışlardır. Sanal dünyada öğrenciler araba tasarımı için bir araya gelerek tartışmışlar, kalem ve çizim tabletleri kullanarak sanal araba yapmışlardır. Çalışma sırasında öğrencilerin iletişim hızları ve içerikleri, katılımcıların iletişimleri için kısa mesaj alışverişinde bulunmuşlardır. Ancak, Second Life ile birlikte Skype gibi diğer iletişim biçimlerini de kullanabilecekleri öngörülmüştür. Sonuç olarak sanal dünyada yapılan proje çalışmasının öğrenciler için çok keyifli olduğu, bu nedenle güçlü bir eğitim aracı olabileceği vurgulanmıştır.

Amorim ve ark. [29] OpenSim yazılımı kullanarak sayısal sistemler eğitimi için 3B sanal bir laboratuvar geliştirmişler ve eğitimin öğrenciler üzerindeki etkisini analiz etmişlerdir. Sonuçlar öğrencilerin laboratuvar kullanımına ilişkin kabullerinin yüksek olduğunu göstermektedir. Sanal ortamın yapısal olarak, hareket ve etkinlikler açısından tatmin edici olduğu belirtilmiştir. Sanal ortamı kullanarak öğrenmenin kolay olduğunu göstermişlerdir. Kanematsu ve ark. [30] öğrencilere metaversede nükleer güvenlik eğitimi için sanal sınıf aracılığıyla vermişlerdir. Daha sonra önce sanal sınıfta sonra gerçek sınıfta deneyler yapmışlardır. Sanal ve gerçek eğitiminin harmanlanmasının başarılı olduğunu vurgulamışlardır. Sanal ortamlarda ders, yönlendirme ve rehberlik ile eğitimlerde uygulamalı deneylerin karışımının ve harmanlanmasının etkili olabileceğini önermişlerdir. Barry ve ark. [31] metaverse ortamında probleme dayalı öğrenmede daha iyi sonuçlar elde etmek için, metaversede ders alan öğrencilerin problem çözmeye karşı gerçek hayatta verdikleri tepkileri analiz etmişlerdir. Sonuçta öğrencilerin eğitimden keyif aldıkları, problemlerin zorluğu ile öğrencilerin göz kırpması sayısının arttığı, sanal eğitimde daha yüksek sonuçlar elde etmek için öğretmenlerin göz kırpması sistemini kullandıklarında öğrencilerin tutumlarını değerlendirebileceklerini göstermişlerdir.

Quintana ve ark. [32] öğretmen adaylarının pedagojik eğitimi için sanal dünyada bir model geliştirilmesi ve öğretmen eğitimindeki kazanımları üzerine bir çalışma yapmışlardır. Elde edilen bulgular, işbirlikçi öğrenme deneyimine dayalı olarak öğrencilerin öğretme becerilerini güçlendirmelerine olanak tanıyan öğrenme sistemleri aracılığıyla öğrenciler için açısından olumlu çıkarımlar getirdiğini göstermektedir. Sanal ortamlar, öğretmen adayları için oldukça motive edici entellektüel ve teknolojik bir meydan okuma oluşturduğu, kullanım sırasında gözlemlenen teknik ve kullanılabilirlik zorluklarının, mekânları ve çalışma yöntemlerini güçlendirecek ölçüde çözüldüğü belirtilmiştir. Kanematsu ve ark. [33] e-öğrenme ortamları için eğitim süresince öğrencilerin göz kırpması ve yüz sıcaklıkları gibi biyolojik verileri ölçerek ve psikolojik davranışları takip etmiş ve aralarındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Sonuçta öğrencilerin videolarda önerilen problemleri çok kolay bir şekilde cevaplayabildikleri için duygusal tepkilerinin özellikle göz kırpması sayısına açıkça karşılık geldiğini göstermişlerdir. Kullanılan mevcut yöntemde dış sıcaklıkların etkisi ve ayrıca örneklemenin uygunluğu hesaba katılmadığı için yüz sıcaklıklarının ölçümünün değiştirilmesini önermişlerdir. Benzer şekilde Kanematsu ve ark. [34] e-öğrenme ortamında bu defa öğretmenlerin psikolojik ve zihinsel durumlarını değerlendirmek için göz kırpması verilerini analiz edip, bir model oluşturmayı amaçlamışlardır. Göz kırpması hızının, konsantrasyon gücü ile belirli bir korelasyona sahip olduğunu, öğretmenlerin göreve konsantre olduklarında daha yavaş ve güçlü bir şekilde göz kırpması eğiliminde bulduklarını belirtmişlerdir.

MacCallum ve ark. [35] bir metaverse ortamı olan artırılmış gerçeklik üzerine öğretmenlerin eğitim olarak içerik geliştirmelerini ve öğretmenler üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak çalışmanın artırılmış gerçeklik araçlarının eğitimde nasıl uygulanabilecekleri hakkında yeni fikirlere yol açtığını, ancak bu yeni fikirleri öğretmenlerin, öğretmen adaylarının sahip olmadığı bir dereceye kadar deneyim gerektirdiğini ortaya koymuşlardır. Bu nedenle, artırılmış gerçeklik uygulamalarında eğitim potansiyelini tam olarak gerçekleştirmek için, tüm deneyim seviyelerindeki öğretmenlere uygun mesleki gelişim sağlanmasını önermişlerdir. Díaz [36] sınıf dışında öğretmene ve öğrenciye bilgiye erişimi sunan ve esnek hale getiren sanal dünyalar ile hibrit bir mobil öğrenme ortamının modellenmesini açıklamıştır. Sonuçta acemi bir öğretmenin metaverse ortamı ile etkileşime girerken başlangıçta biraz zorlanabileceğinin göz önünde bulundurulması gerektiğini, ancak etkileşim ve

uygulama ile buna uyum sağlayabileceğini, öğrenlerin ise sanal dünyayla etkileşime daha hazır olduklarını ve bu nedenle öğrencilerin metaverse ortamda bulunan dijital kaynakları yönetmesinin daha kolay olduğunu belirtmişlerdir.

Díaz ve ark. [37] metaverse ortamında üniversite öğrencileri için kendi kendine öğrenmeyi ve işbirlikçi öğrenmeyi teşvik eden eğitimi matematik dersinde uygulamışlar. Çalışmada eğitim ortamının kullanılabilirliği ile işlevselliği değerlendirilmiştir. Sanal dünyalarla, öğretmenin sınıf ve işbirlikçi öğrenme gibi pedagojileri kullanmasını kolaylaştırarak eğitimde esnekliği ve sınıf dinamiklerini artırdığını, programlama ve meta veri tabanlarının oluşturulmasının yapısı nedeniyle çeşitli bilişim kaynaklarının ve etkileşimli unsurların sisteme dâhil edilmesini kolaylaştırdığı belirtilmiştir. Estudante ve ark. [38] metaverse ortamını kullanarak artırılmış gerçeklik tabanlı bir eğitsel kaçış oyunu tasarlamışlar ve öğrencilerin motivasyonunu, bu tür araçların avantajlarını ve sınırlılıklarını tartışmışlardır. Akıllı telefon kullanımının aynı anda birlikte çalışabilen öğrenci sayısını sınırladığı, eğitici kaçış oyunlarının oda, malzeme, kilitler gibi bazı maddi sınırlamaları çözdüğünü ve maliyeti düşürdüğünü belirtmişlerdir. Ayrıca etkinlik için odada eğitimcilerin bulunmasının gerekmediği vurgulanmıştır. Tang ve ark. [39] üniversite öğrencileri için artırılmış gerçeklikle oyun platformu ve dijital kütüphane alıştırmaya etkinliği düzenlemişlerdir. Ardından öğrencilerden gelen dönütler değerlendirilmiştir. Öğrenciler bu oyunun bilgilendirici ve yaratıcı olduğunu ve olumlu karşılandığını, artırılmış gerçeklik oyununun kütüphane alanlarını, hizmetlerini ve konu kütüphanecilerini tanımalarına yardımcı olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 2. Eğitim alanında yapılan çalışmalar (Studies in the field of education)

| Yazar Bilgisi | Yıl | Tür |
|---------------------------|------|-----------|
| Jennings ve ark. [9] | 2007 | Makale |
| Boulos ve ark. [10] | 2007 | Makale |
| De Lucia ve ark. [11] | 2009 | Makale |
| Schaf ve ark. [12] | 2009 | Makale |
| Warburton [13] | 2009 | Makale |
| Barry ve ark. [14] | 2009 | Konferans |
| Baker ve ark. [15] | 2009 | Makale |
| Huang ve ark. [16] | 2010 | Makale |
| Getchell ve ark. [17] | 2010 | Konferans |
| Ariyadewa ve ark. [18] | 2010 | Konferans |
| Tamai ve ark. [19] | 2011 | Makale |
| Esteves ve ark. [20] | 2011 | Makale |
| Ahmad ve ark. [21] | 2011 | Makale |
| Liu ve ark. [22] | 2012 | Makale |
| González ve ark. [23] | 2012 | Makale |
| Xanthopoulou ve ark. [24] | 2012 | Makale |
| Crespo ve ark. [26] | 2013 | Makale |
| González ve ark. [27] | 2013 | Makale |
| Kanematsu ve ark. [28] | 2013 | Makale |
| Amorim ve ark. [29] | 2014 | Makale |
| Kanematsu ve ark. [30] | 2014 | Makale |
| Barry ve ark. [31] | 2015 | Makale |
| Quintana ve ark. [32] | 2015 | Makale |
| Kanematsu ve ark. [33] | 2016 | Makale |
| Kanematsu ve ark. [34] | 2019 | Makale |
| MacCallum ve ark. [35] | 2019 | Konferans |
| Díaz [36] | 2020 | Konferans |
| Díaz ve ark. [37] | 2020 | Konferans |
| Estudante ve ark. [38] | 2020 | Makale |
| Tang ve ark. [39] | 2021 | Makale |
| Siyaev ve ark. [40] | 2021 | Makale |
| Siyaev ve ark. [41] | 2021 | Makale |
| Park ve ark. [42] | 2021 | Makale |

Siyaev ve ark. [40], [41] metaverse ortamda uçak bakım eğitimi üzerine ses tanıma ile kontrol edilebilen bir eğitim hazırlamışlar ve ses ile kontrol sisteminin doğruluk ve hata oranını analiz etmişlerdir. Önerilen metaverse ortamının pahalı fiziksel uçakları, kolayca değiştirilebilen ve

güncellenebilen sanal uçakla değiştirdiği için havacılık kolejleri için ucuz ve ölçeklenebilir bir çözüm olduğu, uçak bakımının etkin eğitimini ve öğretimini kolaylaştırmak için teknik rehberlik ve tüm kaynakları sağladığı, uçak bakım eğitimini geliştirdiği belirtilmiştir. Park ve ark. [42] oyunlaştırma ile eğitim üzerine farklı oyuncu tipleri arasındaki öğrenme motivasyonundaki farklılıkları analiz etmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, farklı oyuncu türleri arasında motivasyon açısından istatistiksel bir farklılık olmadığı, her tür oyuncu tarafından tercih edilen oyun deneyimleri, kuralları ve stratejileri oluşturabilecek ortamların oluşturulmasının, oyunlaştırma tasarımında önemli bir faktör olduğu önerilmiştir. Eğitim alanında yapılan önceki çalışmalara ait bilgiler Tablo 2'de sunulmuştur.

Eğitim alanında yapılan çalışmalar incelendiği zaman, sanal dünyalarda yapılan eğitim faaliyetlerinin öğrencilerin ilgisini çektiği ve motivasyonlarını artırdığı, bu sayede öğrencilerin eğitimlere katılımını ve akademik başarılarını artırdığı görülmüştür. Tasarlanan eğitim ortamlarında öğrencilerin teknoloji kullanımına olan yatkınlığından dolayı zorlanmadıkları ve sistemleri kolaylıkla kullanabildikleri, öğrencilerin anadilleri dışında farklı bir dilde yapılan platformlarda kullanım zorluğu çektiği görülmüştür. Eğitimlerin ise genel olarak teknoloji kullanımı alışkanlıkları açısından platformlarda zorlanabilecekleri belirtilmiştir. Yine öğretmenlerin içerik üretimi konusunda eğitim almaları ve teknolojik yeniliklere adapte olmaları gerektiği önerilmiştir. Sanal dünyalarda verilen eğitimlerin, eğitimin maliyetini düşürdüğü, zamandan ve mekândan dolayı olumlu etkiler sağladığı görülmüştür.

2.2. Metaverse ortamları tasarımı ve iyileştirme çalışmaları (Metaverse environments design and improvement studies)

Schroeder ve ark. [43] Activeworlds isimli sanal dünyada, sanal dünyaların coğrafi özellikleri ile ulaşım, hareketlilik, şehir planlama gibi sosyal yönleri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Activeworlds'deki sanal dünyalar sisteminde arazi tahsisi ve coğrafi şekillendirmenin sınırsız fırsatlara sahip olduğu, hayalî ve gerçek dünya benzeri çeşitli ve farklı dünya atmosferleri oluşturulduğunu belirtmişlerdir. Bu çeşitliliğin, farklı kullanıcı gruplarının kendi favori yerlerini ve sosyalleşme yollarını bulmalarına fırsat verdiğini ve bu çeşitliliğe rağmen kullanıcıların hala belirli dünyalarda bir araya geldiğini ve genel sosyalleşme için merkezi alanlarda yoğunlaştığını vurgulamışlardır. Jaynes ve ark. [44] yeni işbirliği modellerini desteklemek için gelişmiş ağ protokolleriyle dikey olarak entegre edilmiş, ölçeklenebilir, kendi kendini kalibre eden, sürükleyici projektör tabanlı Metaverse ortamı tasarımını ele almışlardır. Oluşturulan Metaverse'in amacı, kullanıcılara görsel duyularını geleneksel zaman ve mekân engellerinin kaldırıldığına inandıran açık, sınırsız, sürükleyici bir ortam sağlamaktır. Sonuçta kullanıcıların Metaverse Görüntüleme Portalı adı verilen bir arabirim aracılığıyla bu meta-dünyaya eriştiği, görsel olarak sürükleyici, kendi kendini yapılandıran ve izleyen, etkileşimli ve işbirlikçi yapıda olduğu belirtilmiştir. Bu tür bir platformu ve görsel olarak sürükleyici uygulamaları destekleyen özel amaçlı bilgisayar ağlarının metaverse platformları için kritik bir bileşen olduğunu vurgulamışlardır.

Jaynes ve ark. [45] projeksiyon tabanlı metaverse ortamı tasarımı ile tasarım ve uygulama sürecinde meydana gelebilecek engelleri araştırmışlardır. Oluşturulan sistemlerin büyük çoğunluğunun laboratuvarlarla veya diğer özel amaçlı tesislerle sınırlandırıldığını ve genel bilgisayar ve insan iletişim modelleri üzerinde çok az etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Maliyet, altyapı gereksinimleri ve bakım faaliyetleri, sürükleyici ekranların yaygın şekilde kullanılmasının önündeki engel olduğunu vurgulamışlardır. Cagnina ve ark. [46] Second Life sanal dünyasında firmaların iş modellerini nasıl etkileyebileceği konusunu araştırmış, şirketleri destekleyecek haritalama çerçevesi önermişlerdir. Sonuçta ortak rekabet çerçevelerinin müşterilerin, tedarikçilerin, rakiplerin ve tamamlayıcıların varlığını görmesi olduğu bulgusuna erişmişlerdir. Sanal dünyalardaki sanal ürün ticareti, sanal malların satışı için karakterize edildiği belirtilmiştir. Firmaların ödeme sistemini uygulayabilmesi için sanal ekonominin ve gerçek değeri olan bir para biriminin varlığının ayırt edici faktör olduğu vurgulanmıştır. Kumar ve ark. [47] Second Life sanal dünyası üzerinden, metaverse sistemlerin istemci, sunucu ve ağ performans analizini yapmışlar ve optimizasyon çeşitleri önermişlerdir. Second Life gibi metaverse platformlarının geleneksel çevrimiçi oyunların aksine, sanal dünyadaki konumlarına bağlı olarak kullanıcılara dinamik olarak sürekli değiştirilen bir içerik sağladığı belirtilmiştir. Bu yüzden bu platformların sunucular, istemciler ve ağ üzerinde önemli bir iş yükü ve trafik oluşturduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, sanal dünyalar daha fazla kullanıcıyı, etkileşim türlerini ve gerçekçiliği desteklemek için geliştikçe, bu talepler büyüklük sıralarında artacağı için metaverse platformlarının gelecekteki bilgisayar sistemlerinin tasarımında önemli bir rol oynayacağı vurgulanmıştır.

Papagiannidis ve ark. [48] metaverse ortamlarında, sanal dünyalarda ve çevrimiçi oyunlarda kazanç sağlayabilecek iş fırsatlarını ve zorluklarını tartışmışlar, kurumsal sosyal sorumluluk sonuçlarını incelemişlerdir. Bu platformlarda kullanıcıların avatar kullanımından dolayı davranışlarının etkilenebileceği ve bir kullanıcıyla iletişim kurulduğunda gerçekte kiminle iletişim sağlandığı veya ticaret yapıldığının bilinmemesinin olumsuz etkiler doğurabileceği tartışılmıştır. Bu yüzden Second Life gibi sanal dünyaların sadece oyun olarak değil, oldukça karmaşık topluluklar olarak görülmesi gerektiği vurgulanmıştır. Chesney ve ark. [49] deneysel ekonomi için sanal dünyaların bilimsel potansiyelini, sundukları konu havuzları ve deneysel platformlar açısından incelemişler, kullanıcıların karşılaştığı belirli metodolojik fırsatları ve zorlukları belirtmişlerdir. Sanal dünya havuzlarının standart olmayan doğasına ve sağladığı deney ortamının belirli kusurlarına rağmen, davranışları ile geleneksel ortamlarda gözlemlenenler arasındaki önemli ve sistematik genel farklılıkları tespit edilmemiştir. Sonuçta, sanal dünya ekonomik kullanıcılarının, standart ekonomik ortamlarda gözlemlenen benzer davranışsal düzenliliklere dayandığını vurgulamışlardır. Bourlakis ve ark. [50] metaverse ortamının, sanal dünyada kurulan mağazaların ve perakende satışlarının üzerindeki etkisini ve evrimini incelemişler, gelenekselden elektronik ve metaverse perakendeciliğine geçişi araştırmışlardır. Çalışma sonucunda perakendecilerin promosyon stratejilerini tasarlarken, özellikle meta veri deposu aşamasında da çalışmayı hedefliyorlarsa, bütünsel ve kapsayıcı bir yaklaşım kullanmaları gerektiğini belirtmişler ve gelecekteki araştırmalar için metaverse kullanıcıları ile ilgili politika geliştirmeye yönelik acil ihtiyaç olduğunu önermişlerdir. Schlemmer ve ark. [51] sanal dünyalarda insanların avatar tercihi ve varlığının değerlendirilmesi üzerine bir araştırma yapmışlardır. Kullanıcıların hesapları incelendiğinde, avatarlarını oluşturan tüm deneklerin cinsiyetlerini koruduklarını ve çoğunun görünüşlerine veya fiziksel kimliklerine benzer özellikleri koruduklarını gözlemlemişlerdir.

Davis ve ark. [52] metaverse sistemleri, metaverse teknolojilerini ve kapasitelerini, avatar kullanımı ve sistemdeki davranışları incelemişler, sanal ekipler arasındaki iletişim, araştırma ve uygulamalar üzerine model geliştirmişlerdir. Metaverse platformlarının organizasyonel roller, davranışlar ve beklentiler için yeni bir ortam sunduğu belirtmişler, fakat yöneticilerin insanların bu ortamlarda gerçek dünyadaki meslektaşları gibi davranacağını ve görüneceğini varsaymaması gerektiğini vurgulamışlardır. Sonuç olarak bu ortamlardaki ekiplerin ve insanların davranışları temel davranışlarından farklı olabileceği için potansiyel olarak iki dünya arasında gerilimler ve yeni davranış senaryoları yaratılabileceği, bu nedenle sanal dünyadaki ekiplerin geleneksel ekipler gibi yönetilmemesi gerektiği belirtilmiştir. Ayiter [53] metaverse dünyaları için özel olarak geliştirilmekte olan ground-< > adlı bir sanat eğitim alanının temel bileşenlerinden bazılarını tanımlamış ve kendini gözlemlemeye dayalı bir sanat eğitim stratejisi önermiştir. Kullanıcıların, avatarların yanı sıra birden fazla alt avatarın varlığını gerektiren yaratıcı görevleri aktif olarak takip ettiğini, sanal dünya mesleklerinin genellikle yapılandırılmamış olduğunu ve öğrenme sisteminin gerektireceği bilinçli olarak yönlendirilen, kendini gözlemleyen niteliklerden yoksun görüldüğünü belirtmişlerdir. Sonuç olarak, anlamsız yaratıcı oyun oturumlarından, öğrencilerin kişisel yaratıcı uygulanabilirlik duygusunu edindikleri yapılandırılmış, özerk bir öğrenme ortamına geçişi sağlamanın önemini vurgulamışlardır. Van der Land ve ark. [54] sanal dünyalarda etkili ekip işbirliği oluşturmak ve ekip işbirliğini geliştirmek üzere teorik bir model önerisi sunmuşlardır. Önerilen modelin, geleneksel etkileşimli bilgisayar teknolojileriyle karşılaştırıldığında, 3B sanal ortamların, paylaşılan sanal ortam ve avatar tabanlı etkileşim yoluyla ekip işbirliğini desteklediğini belirtmişlerdir. Paylaşılan sanal ortam aracılığıyla, kullanıcıların daha yüksek düzeyde varlık hissine sahip olduklarını, gerçekçilik ve etkileşim yaşadıklarını ve bu sayede, kullanıcıların bilgi işleme düzeyinin arttığını belirtmişlerdir. Avatar temelli etkileşimin ise daha fazla sosyal mevcudiyet sağladığını ve kendini sunum üzerinde kontrol hissi uyandırdığını, böylece sanal ortamda iletişim desteği seviyesini arttırdığını belirtmişlerdir. Sonuçlar daha yüksek düzeyde bilgi ve iletişim desteği yoluyla, daha yüksek bir paylaşılan anlayış düzeyine ulaşıldığını ve ekip performansının olumlu yönde etkilendiği göstermektedir.

Lee ve ark. [55] metaverse servisleri üzerine kullanıcıların farklı servisler arası alışkanlıklarını, hizmetlerin benimsenmesindeki yenilik ve taklit etkilerini incelemişlerdir. Bu servislerin benimsenmesini ölçmek için 2 yıllık bir süre boyunca Twitter.com, Maps.Google.com, Secondlife.com ve iPhone satışlarındaki IP trafik hacmindeki değişiklikleri ölçerek benimsemeyi ölçmüşlerdir. Yenilik ve taklit etkisini ortaya çıkarmak ve zaman serisi verilerini analiz etmek için Bass modelini kullanılmıştır. Sonuçlar, bu hizmetlerin her birinin farklı yenilik ve taklit katsayı değerleri verdiğini göstermiştir. Tüm Metaverse hizmetleri için taklit etkilerinin yenilik etkilerinden daha fazla olduğu ve Secondlife'in yenilik etkilerinin diğerlerinden daha büyük olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Owens ve

ark. [56] metaverse ortamda çalışan sanal proje ekipleri arasındaki iletişim, koordinasyon ve etkileşim ile ilgili zorlukları araştırmışlar ve sanal ekiplerin metaverse teknolojisi kullanımını değerlendirmişlerdir. Sonuçların, meta veri deposu teknolojisi yeteneklerinin, sanal proje yönetimi ve sanal ekiplere ilişkin mevcut araştırma ve uygulamadaki boşlukları ele almak yeni yollar sağlayabileceğini çıkarımını yapmışlardır. Massimo [57] sanal dünyalarda dini yerlerin ziyaret analizini, katılımcı gözlemleri üzerinden araştırmıştır. Sonuç olarak sanal dünyalarda ziyaret edilen dini yerleri insanlar tasarladığı için tasarımın ve içeriğin insanları etkilemek için biraz fazla abartılı olduğu belirtilmiştir. Arroyo ve ark. [58] sanal dünyalarda hareket kabiliyetine sahip avatarların kullanım olanaklarını araştırmışlar, bulanık denetleyicileri optimize etmek için evrimsel hesaplama kullanan model önermişlerdir. Sanal dünyada fazla avatara sahip olmanın gecikmeyi artırdığı ve deney yapmayı imkânsız hale getirdiği vurgulanmıştır. Sonuçta önerilen modelin fazla kullanıcı sayısını önemli ölçüde azaltarak avatar mobilite kontrolünü önemli ölçüde iyileştirdiği belirtilmiştir.

Terrace ve ark. [59] sanal dünyalarda büyük sahneleri görüntüleme istemcilerden kaynaklı oluşabilecek görüntü kalitesi kayıplarını en aza indiren otomatik, denetimsiz bir dönüştürme süreci tasarımı sunmuşlardır. Ortaya çıkan aşamalı format, müşterilerin modeli hızlı bir şekilde görüntülemesine olanak tanıyan bir temel ağ ve istendiği gibi ek ayrıntı akışı için aşamalı bir bölüm içerir. Açık bir sanal dünya platformu olan Sirikata platformunda bu yönteminin kullanılarak 700'den fazla modeli işlendiği belirtilmiştir. Ayiter [60] metaverse sanal dünyalarında tipografik tasarım mekanizmaları aracılığıyla metinsel içeriğin yaratılmasını ve görselleştirilmesini araştırmıştır. Bu tür ortamlarda okunabilirliğin, genellikle metin ve tipografinin bulmaca vb. gibi eğlenceli bir araç olarak veya içeriğin anlaşılması amaçlanan görsel yapılar olarak kullanılmasıyla sağlanabileceği, böylece oyun tarzında yüksek katılım ve merak meydana getireceği belirtilmiştir. Kim ve ark. [61] sanal dünyalarda kullanıcıların sanal topluluklar ve avatarlarla özdeşleşmelerinin etkilerini araştırmışlar, kullanıcının diğer topluluk üyelerine olan güvenini oluşturduğu bir model önermişlerdir. Sonuçlar sanal dünyaların henüz kullanıcıların toplu etkinliklerini ve 3B sanal dünyalarda toplu eğitimlerini canlandırmadığını göstermektedir. Sanal hizmetlerin kullanımını kolaylaştırmak için, sanal ürün üreticilerin, kullanıcıların toplu faaliyetlerini teşvik edebilecek bazı pazarlama stratejileri veya teknolojileri benimsemiş gerektiği vurgulanmıştır. Parsons ve ark. [62] sanal dünyaların nöropsikolojik değerlendirmeler için kullanılmasının faydaları, sınırları ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar üzerine bir araştırma yapmışlardır. Nöropsikolojik değerlendirmenin, duygusal ve bilişsel bozuklukların tedavisinin güvenilirliği, sanal dünyalarda algısal ortamın daha iyi kontrolü, daha tutarlı uyarı sunumu ve daha kesin ve doğru puanlama ile artırılabilirliği vurgulanmıştır. Sanal dünyaların ayrıca, daha spesifik bilişsel alanların tanımlanmasına izin vererek, ayrı davranışsal tepkilerin arttırılması yoluyla nörobilişsel ölçümlerin geçerliliğini artırabileceği, biliş ve duygunun ekolojik olarak daha geçerli durumlarda değerlendirilmesine ve tedavi edilmesine izin verebileceği belirtilmiştir. Chandra ve ark. [63] sanal dünyada girişimciliğin etkilerini ve sanal dünyadaki girişimcilik faaliyetlerinin gerçek dünya ile karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmışlar ve sanal dünyaların daha fazla fırsat yarattığını öne sürmüşlerdir. Sonuçlar, kullanıcı yenilikçilerinin ve kullanıcı girişimcilerin sanal hayatta kat ettikleri yolların, gerçek hayattakilere büyük ölçüde benzediğini göstermiştir. Ayrıca sanal bir dünya olarak Second Life'in gerçek dünyada girişimci eylemlere yol açan fırsatların yanı sıra Second Life'ta daha fazla fırsat yarattığını öne sürmüşlerdir.

Gadalla ve ark. [64] metaverse ortamındaki sanal mağazacılık ile web tabanlı çevrimiçi mağazacılık sistemlerinin hizmet kalitelerini karşılaştırmış ve metaverse mağazacılığı için hizmet kalitesini belirleyen kavramları sunmuşlardır. Sonuçta metaverse mağazacılığının hizmet kalitesinin web tabanlı mağazacılıktan farklı olduğunu, metaverse mağazacılığının kullanıcılara insan teması, duygusal ifade ve sanal deneme gibi metaverse platformlara özgü özellikler sağladığını belirtmişlerdir. Dionisio ve ark. [65] sanal dünyaların mevcut durumlarını incelemişler, etkili bir insan sosyokültürel etkileşimi sağlayan Metaverse ortamlarının geliştirilmesi için ihtiyaç duyulan gelişmeleri özetlemişlerdir. Metaverse platformların gerçekçilik, her yerde bulunabilirlik, birlikte çalışabilirlik ve ölçeklenebilirlik özelliklerine sahip olması gerektiği belirtilmiştir. Rehm ve ark. [66] sanal dünyadaki gelişmeleri, metaverse ortamında teknolojik yenilikler ile dijital iş uygulamalarının ilişkilendirilmesini araştırmışlardır. Teknolojik yeniliklerden yola çıkarak, yüksek katma değerli uygulamalar için birleştirici bir platform ve tasarım alanı olarak hizmet veren bir metaverse ortamına ihtiyaç olduğunu öngörmüşlerdir. Metaverse ortamının yeni nesil siber fiziksel sistemlerde yüksek katma değerli uygulamalar oluşturmak ve insan merkezli yaklaşımları kullanmak için önemli bir fırsat sunduğunu belirtmişlerdir. Berger ve ark. [67] sanal dünyalarda etkileşimsel mimari tasarım ve mekânsal konumlandırma analiz etmişler, etkileşimde bulunan kullanıcıların fiziksel yaşam ve sanal yaşam

arasındaki farklarla nasıl başa çıktıklarını değerlendirmişlerdir. Sanal yaşamdaki uzayın, fiziksel yaşamdaki uzayın birçok yönünü taklit ettiğini, ancak belirli iletişim biçimlerini mümkün kılan fiziksel yaşamın sağladığı bazı olanakların sanal dünyalarda daha zor olduğunu belirtmişlerdir. Girvan ve ark. [68] sanal dünyaların tanımı için yeni bir çerçeve sunmuşlar, sanal dünyanın ne olduğunu, sanal dünyada kullanıcı deneyimini, etkileşimleri ve sanal dünyaların teknik özelliklerini tartışmışlardır. Sanal dünyaları, avatarlar olarak temsil edilen sakinlerinin yaşadığı ve şekillendirdiği ortak, simüle edilmiş mekânlar olarak tanımlamışlardır. Bu avatarların, kullanıcılar hareket ettikçe, nesnelere etkileşime girdikçe bu alanla ilgili kullanıcı deneyimlerine aracılık ettiğini belirtmişlerdir.

Zhou ve ark. [69] sanal dünyalarda mülkiyet hakları, gelir üretimi ve sanal dünyada mülk sahibi olma üzerine bir araştırma yapmışlardır. Mevcut ortamda, düzenleyici çerçeveler, platform sahipleri ve kullanıcı yenilikçileri arasındaki gerilimlerle başa çıkmak için yetersiz donanıma sahip olduğunu, içerik sahipliğini platformdan ayırma girişimlerinin zor olduğu ve sanal dünyalar için mevcut yönetim modellerinin, platformun mülkiyet çıkarlarını büyük ölçüde destekleyerek diğer rakip mülkiyet çıkarlarını desteklemediğini belirtmişlerdir. Nevelsteen [70] sanal dünyanın ve tüm temel bileşenlerini ayrıntılı bir şekilde tanımlamış ve sanal dünyada uygulanan teknolojileri sınıflandırmıştır. Sonuç olarak sanal bir dünya uygulayan teknolojileri sınıflandırmak için temellendirilmiş teoriyi kullanmadaki yeniliğin, yeni bir teknolojinin ortaya çıkması durumunda ele alınabileceğini, yeni teknolojinin mevcut teoriye meydan okuması durumunda, önerilen teoriye özellikler eklenebileceğini ve tanımın güncellenebileceğini belirtmişlerdir. Ryskeldiev ve ark. [71] sanal dünyalar için merkezi olmayan blokzincir tabanlı bir sistem modeli ve sistemin karma gerçeklik uygulamalarına entegrasyonunu önermişler, yaklaşımlarının faydalarını ve sınırlamalarını tartışmışlardır. Mevcut uygulamanın basit olmasına ve spam saldırılarına karşı ek koruma katmanları sağlamasa da, merkezi olmayan eşler arası araştırma ilgisini vurgulamak için yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 3. Araştırma geliştirme kapsamında yapılan çalışmalar (Studies carried out within the scope of research and development)

| Yazar Bilgisi | Yıl | Tür |
|----------------------------|------|-----------|
| Schroeder ve ark. [43] | 2001 | Makale |
| Jaynes ve ark. [44] | 2003 | Konferans |
| Jaynes ve ark. [45] | 2005 | Makale |
| Cagnina ve ark. [46] | 2005 | Konferans |
| Kumar ve ark. [47] | 2008 | Makale |
| Papagiannidis ve ark. [48] | 2008 | Makale |
| Chesney ve ark. [49] | 2009 | Makale |
| Bourlakis ve ark. [50] | 2009 | Makale |
| Schlemmer ve ark. [51] | 2009 | Makale |
| Davis ve ark. [52] | 2009 | Makale |
| Ayiter [53] | 2011 | Makale |
| Van der Land ve ark. [54] | 2011 | Makale |
| Lee ve ark. [55] | 2011 | Makale |
| Owens ve ark. [56] | 2011 | Makale |
| Massimo [57] | 2011 | Makale |
| Arroyo ve ark. [58] | 2011 | Makale |
| Terrace ve ark. [59] | 2012 | Konferans |
| Ayiter [60] | 2012 | Konferans |
| Kim ve ark. [61] | 2012 | Makale |
| Parsons ve ark. [62] | 2012 | Makale |
| Chandra ve ark. [63] | 2012 | Makale |
| Gadalla ve ark. [64] | 2013 | Makale |
| Dionisio ve ark. [65] | 2013 | Makale |
| Rehm ve ark. [66] | 2016 | Makale |
| Berger ve ark. [67] | 2016 | Makale |
| Girvan ve ark. [68] | 2018 | Makale |
| Zhou ve ark. [69] | 2018 | Makale |
| Nevelsteen [70] | 2018 | Makale |
| Ryskeldiev ve ark. [71] | 2018 | Konferans |
| Jot ve ark. [72] | 2021 | Konferans |
| Bolter ve ark. [73] | 2021 | Konferans |
| Park ve ark [74] | 2022 | Makale |

Jot ve ark. [72] metaverse ortamlarında işitsel ve görsel ile sanal ve gerçek uyumu sağlamak için çift kulaklı parametrik 6 serbestlik dereceli nesne tabanlı etkileşimli ses motorları tasarımına yönelik bir yaklaşım önermişlerdir. Önerilen çözümün, iyi kurulmuş ve kapsamlı bir şekilde uygulanan etkileşimli ses standartlarını temel aldığı ve Magic Leap'in artırılmış gerçeklik işletim sisteminde temel bir yazılım bileşeni olarak uygulanabileceğini belirtmişlerdir. Bolter ve ark. [73] artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik üzerine bir çalışma yapmışlar ve bunlara karşılık gelen mitlerinin her birinin, Bazin'in sinema mitinin varyasyonlarını veya iyileştirmelerini temsil ettiğini tartışmışlardır. AR için, yaşanmış dünyamızın tamamen dijital olarak yeniden yapılandırılmasını, VR için içinde yaşadığımız dünyaya benzeyen veya benzemeyen bir dünyanın mükemmel 3 boyutlu yanılması olduğunu belirtmişlerdir. Park ve ark [74] metaverse ortamları gerçekleştirmek için gerekli kavramları ve temel teknikleri, donanım, yazılım ve içerik olarak ayırmış, kullanıcı etkileşimi ve uygulama yaklaşımları üzerinden analiz etmiştir. Sonuç olarak, sürükleyici Metaverse'i sosyal etkiler, kısıtlamalar ve açık zorluklar olarak uygulamaya yönelik sınırlamaları ve yönergeleri özetlemişlerdir. Araştırma ve geliştirme üzerine yapılan önceki çalışmalara ait bilgiler Tablo 3'de sunulmuştur.

2.3. Turizm ve sanat üzerine yapılan çalışmalar (Studies on tourism and art)

Hazan [75] sanal dünyalarda çeşitli kültür kurumlarının yapmış oldukları sanal müze ve sergi çalışmalarını incelemiş, sanal dünyada sosyal etkileşim ve telif hakkı korunması konularını araştırmıştır. Çalışmada müzelerin, insanları müze çatısı altında bir araya getirme potansiyelleri için 3B alanını değerlendirmelerinin de tıpkı müze web sitelerinin müze aktivitelerine ilgi uyandırması kadar etkili olacağı belirtilmiştir. Böylece yeni tür (dijital) ziyaretçilerin, müzelerin sanal fiziksel kapılarından içeri girerek hem bilgi sahibi olabileceği hem de müze heyecanını birebir yaşayabileceği belirtilmiştir. Tasa ve ark [76] metaverse'in tarihsel evrimini ve sanat ile metaverse arasındaki dinamik ve dönüştürücü ilişkiyi araştırmışlardır. Araştırma sonucunda meta-sanat kavramının metaverse için yerel sanat biçimi olduğu ve metaverse bağlamında yaratılabilmesi için; kaynak ve işbirliği açısından açık, performatif, zamansal ve birbirine bağlı olması gerektiği belirtilmiştir. Bu yapılanma ile gerçekleştirilen meta-sanatın daha sürdürülebilir olacağı ve sanat camiası için de yeni tartışmaların ve açılımların önünü açacağı belirtilmiştir. Ando ve ark. [77] metaverse ortamında yapılan müze ve sergi gezisinden, ziyaretçilerin görüntülediği sergilerden hareket günlüklerinin çıkarımı üzerine çalışmışlardır. Çalışma, ziyaretçilerin sergi ürünü ile ziyaretçi arasındaki mesafe ve açılar hesaplayarak sergi ziyareti ve hareket durum tespitini iyileştirmeyi amaçlayan teknik bir çalışma olarak kurgulanmıştır. Çalışmada önerilen yöntem, %10,3 ile %4,6 oranlarda iyileştirmeler sağlamıştır.

Sequeira ve ark. [78] second life ve opensim gibi sanal dünyalarda sanal arkeoloji üzerine yapılan çalışmaları incelemişler ve yeni yaklaşımları değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, sanal platformlardaki sümilasyonların eğitim ve öğretim için hâlihazırda başarılı olarak kullanıldıklarını ve bunların sanal arkeoloji alanına da dâhil edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Loong [79] sanal dünyalarda oyunlaştırılmış turizm aracılığıyla hedefler ve imgeler arasında kavramsal ve metodolojik bir bağlantı kuran bir oyunlaştırma çalışması yapmışlardır. Araştırmacılar, oyunlaştırılmış turizmin ekonomik katkılarına odaklanmış ve bu turizmin hedeflerinin belirlenebilirliğine ve hesaplanabilirliğine vurgu yapmışlardır. Turizmin oyunlaştırılması gerektiğini söyleyerek, müzeleştirme başlanması ve kültürel miras alanlarının artan metalaşması kapsamında oyunlaştırma yaklaşımın, turizm hedeflerini belirlemede bir umut ışığı olduğunu belirtmişlerdir. Choi ve ark. [80] sanal dünyalarda ziyaretçiler ve görüntüleme aygıtları yardımı ile kullanıcıların etkileşime girebileceği, artırılmış gerçeklik tabanlı bir müze ve sergi çalışması yapmışlardır. Bu uygulama çalışmasında ayrıca kullanıcı deneyimi sağlamak için hikâye anlatımı da gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın amacı, artırılmış gerçeklik ve sanal dünya uygulamalarını hibrit bir şekilde sunarak metaverse ortamında sergi alışkanlığını geliştirmek olarak belirtilmiştir. Turizm ve sanat alanında yapılan önceki çalışmalara ait bilgiler Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Turizm ve sanat üzerine yapılan çalışmalar (Studies on tourism and art)

| Yazar Bilgisi | Yıl | Tür |
|-----------------------|------|-----------|
| Hazan [75] | 2010 | Makale |
| Tasa ve ark [76] | 2010 | Makale |
| Ando ve ark. [77] | 2013 | Konferans |
| Sequeira ve ark. [78] | 2013 | Makale |
| Loong [79] | 2014 | Makale |
| Choi ve ark. [80] | 2017 | Makale |

2.4. İletişim üzerine yapılan çalışmalar (Studies on communication)

Hughes [81] sanal dünyalarda uzaktan kurulan iletişim yöntemlerinin, gerçek ve karma dünya üzerinde iletişime etkisini araştırmıştır. Günümüzde teknolojiye yaşanan gelişmelerle birlikte artık iletişimin klavye ve monitör ötesini geçtiğini belirten araştırmacı, internetin sunduğu özgürlük sayesinde bilgi işlem normlarında ve bilginin organizesinde de artık kuralların yeniden yazılmaya başladığını belirtmiştir. Nishihara ve ark. [82] sanal dünyalarda avatar kullanılarak yapılan sohbetlerde avatarlar arası mesafeye odaklanarak, avatar kullanarak rahat bir iletişim sağlamak için sanal dünyada kişisel alanı araştırmışlardır. Çalışmada, yüz yüze iletişim sırasında sözlü bilgilerin yanı sıra kişilerarası mesafe ve yüz ifadesi gibi sözel olmayan bilgilerin de konuşmacılar tarafından sorunsuz bir şekilde iletişim kurmak için kullanıldığı ancak yüz yüze olmayan iletişimde sözlü olmayan bilgi alışverişinin sınırlı olduğu belirtilmiştir. Bu sınırlılığı gidermek için gerçekleştirilen uygulama sonucunda, sanal alandaki kişisel alan eğilimi, gerçek uzaydaki kişisel alanla benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Ancak yüz yüze iletişimde kişisel alan karşı tarafla olan ilişkiye göre değişmekle birlikte çalışmada önerilen sistem kullanıldığında ise sanal ortamda değişme eğilimi göstermemiştir.

Park ve ark. [83] sanal dünyalarda insanların avatarlar arası iletişimlerinde kişiselleştirilmiş avatar kullanımının etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda katılımcılar kendi ifadelerini somutlaştıran ve kişiselleştirilen avatarların kendilerine daha fazla benzediklerini ve bu avatarlara daha yakın hissettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmada tasarımcılar için kullanıcının kimliğini doğru bir şekilde temsil etmek ve kullanıcıların avatarlarıyla ilişki kurmasına yardımcı olmak amacıyla, insanların bireyselleştirilmiş sanal avatarları nasıl algıladıkları konusunda öneriler getirilmiştir. İletişim üzerine yapılan önceki çalışmalara ait bilgiler Tablo 5’de sunulmuştur.

Tablo 5. İletişim üzerine yapılan çalışmalar (Studies on communication)

| Yazar Bilgisi | Yıl | Tür |
|------------------------|------|--------|
| Hughes [81] | 2012 | Makale |
| Nishihara ve ark. [82] | 2015 | Makale |
| Park ve ark. [83] | 2021 | Makale |

2.5. Diğer çalışmalar (Other studies)

Han ve ark. [84] sanal dünyalarda 3 boyutlu arayüze sahip akıllı ev otomasyon sistemi geliştirmişler ve kontrolör amaçlı bir ev sunucusu kullanmışlardır. Çalışmada sanal ve gerçek dünya arasında veri alışverişini sağlamak için bir standart oluşturmak adına bir kontrol protokolü hazırlanmıştır. Araştırmacılar bu çalışma sayesinde, kullanıcıların 3B teknolojisi ve internet yardımıyla zamana ve mekâna bağımlı olmaksızın gerçekçi bir tasarımla çalışan sistem üzerinden ev cihazlarını kontrol edebileceklerini ve çalışmalarını izleyebileceklerini belirtmişlerdir.

Kim ve ark. [85] kullanıcının çevresel değişikliklere verdiği tepkileri sanal dünyaya aktarmak için, gerçek dünyadan alınan verileri ile sanal dünyaya aktarmışlar ve gerçekçi bir sanal ortam tasarlamışlardır. Araştırmacılar çalışmada tasarlanan sistemin değiştirilebilir ve genişletilebilir olduğunu ayrıca farklı temel sensörlerden ve sanal dünyalardan da bağımsız olduğunu belirtmişlerdir.

Han ve ark. [86] sanal dünyalar kullanılarak mental zihinsel hastalık tedavisi üzerine bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada, hastaların çevrimiçi tanı ve tedaviye aşinalıklarını azaltmaları, daha aktif bir psikoterapi atmosferi sunmaları ve hastaların tedavi sürecindeki rahatsızlıklarını azaltmalarına yardımcı olabilecek metaverse tabanlı bir dijital tanı ve tedavi alanı oluşturulması amaçlanmıştır. Ayrıca, meta veri tabanına dayalı olarak, daha akıllı ve görsel olarak daha gerçekçi bir dijital terapi ortamı hazırlanması da amaçlanmıştır. Araştırmacılar çalışmanın gelecekte bir Metaverse ortamında dijital terapi doktorlarına ve hastalarına daha iyi hizmet vermesine katkı sağlayacağını belirtmişlerdir.

Fang ve ark. [87] metaverse ortamlar için karakter yapımını araştırmışlardır. Çalışmada, dakikalar içinde tamamen donatılmış, saç ve kıyafeti eksiksiz, foto-gerçekçi bir dijital karakter yaratma için yeni bir tarayıcı tabanlı uygulama geliştirilmiştir. Metahuman Creator ismi verilen bu uygulama dijital avatarları sezgisel bir iş akışı aracılığıyla yaparak daha gerçekçi tasarımlar oluşturmak için geliştirilmiştir. Metaverse alanında yapılan diğer çalışmalara ait bilgiler Tablo 6’de sunulmuştur.

Damar [88], 1990-2021 yılları arasında Web of Science veri tabanında metaverse üzerine yapılan çalışmaları incelemiş ve çalışmaların bibliyometrik bir değerlendirmesini sunmuştur. Sonuç olarak son zamanlarda popüler olan metaverse için literatürde az sayıda çalışmanın olduğunu, son aylarda çalışma sayılarının arttığını belirtmiştir. Ayrıca metaverse teknolojisinin sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri ile birlikte yoğun bir şekilde işlendiğini, eğitim sektörü ve dijital pazarlama alanlarının alana ilgi gösterdiğini vurgulamıştır.

Tablo 6. Diğer çalışmalar (Other studies)

| Yazar Bilgisi | Yıl | Tür |
|-------------------|------|-----------|
| Han ve ark. [84] | 2010 | Makale |
| Kim ve ark. [85] | 2013 | Makale |
| Han ve ark. [86] | 2021 | Konferans |
| Fang ve ark. [87] | 2021 | Konferans |
| Damar [88] | 2021 | Makale |

3. Metaverse Teknolojileri ve Mimarisi (Metaverse Technologies and Architecture)

Bilişim teknolojileri alanında internet ve sunucu teknolojileri, bulut bilişim ve uç bilişim teknolojileri, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçeklik teknolojileri, kripto para ve blokzincir teknolojilerinde yaşanan hızlı gelişmeler ile birlikte kişisel bilgisayara sahip olma oranlarında artış yaşanmıştır, çevrimiçi oyun ve sanal dünya literatürü ile birlikte metaverse kavramını hayatımıza girmiştir [89]. Metaverse platformları çevrimiçi sistemlerde gerçek zamanlı çalışan bir altyapı üzerine kurulur. İnternet üzerinden, çevrimiçi sunucularda inşa edilen metaverse platformlarına, kullanıcılar istemci olarak erişir ve bir dijital avatar yardımı ile internet üzerinde yaratılmış olan sanal bir dünya ile etkileşime girer. Çeşitli firmalara ait farklı platformlar bulunmaktadır. Temelde metaverse platformları ve arkaplanda kullanılan teknolojik alt yapı incelendiğinde, metaverse bileşenlerinin her birinin birbirine bağlı olduğu görülmektedir. Metaverse platformlarını oluşturan teknolojik bileşenler bu bölümde açıklanmıştır.

3.1. Metaverse bileşenleri (Metaverse components)

3.1.1. Genişletilmiş gerçeklik (Extended reality)

Genişletilmiş gerçeklik (XR) teknolojisi, bilişim teknolojileri alanındaki en belirgin yeni gelişmelerden biridir ve insanların kısmen veya tamamen oluşturulan dijital içerik ile etkileşime girdiği sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojilerini kapsayan bir şemsiye bir terimdir [4]. Genişletilmiş gerçeklik, gerçek dünya ve sanal dünyayı birleştirerek insanların makine ile etkileşime girebildiği bir dünya deneyimi sağlar. Hızla gelişen sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve metaverse ile farklı bir boyut bulan genişletilmiş gerçeklik teknolojisi, ilerleyen zaman içinde hayatımızın her noktasında yer alacak olan, kullanıcıya gerçeklik ile duyguları arasında etkileşim kurmasını sağlayan simüle edilmiş sanal bir dünya sunan metaverse dünyaları için önemli ve kritik bir noktada bulunmaktadır [90].

Metaverse platformları, sanal gerçeklik platformları, çok oyunculu çevrimiçi video oyunları, açık oyun dünyaları ve artırılmış gerçeklik çalışma alanlarıyla uyumlu olabileceği bir yapım aşamasındadır [91]. Bilgi teknolojilerindeki bu yenilikler ile metaverse ortamlarda daha önce yapmadığımız faaliyetleri yapmamıza, daha verimli olmamıza, bulunmadığımız mekânlarda olmamıza imkân sağlar [92]. Metaverse dünyalarının gelecekteki en önemli bileşenlerinden biri olacak olan genişletilmiş gerçeklik terimini anlayabilmek için artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve karma gerçeklik kavramlarını ve aralarındaki farkları bilmek önemlidir.

3.1.2. Artırılmış gerçeklik (Augmented reality)

Artırılmış Gerçeklik, gerçek dünya görüntüleri ve nesnelere ile görsel, işitsel, dokunsal ve koku alma gibi dijital platformlarda tasarlanmış algısal verileri birleştiren sanal bir teknolojidir [4], [38], [39]. Günümüzde mobil telefonlar ile kullanımı yaygınlaşmış, erişimi kolay ve eğitim, eğlence, reklam, pazarlama vb. olmak üzere her alanda etkin olarak kullanılan bir teknolojidir. Artırılmış gerçeklikte

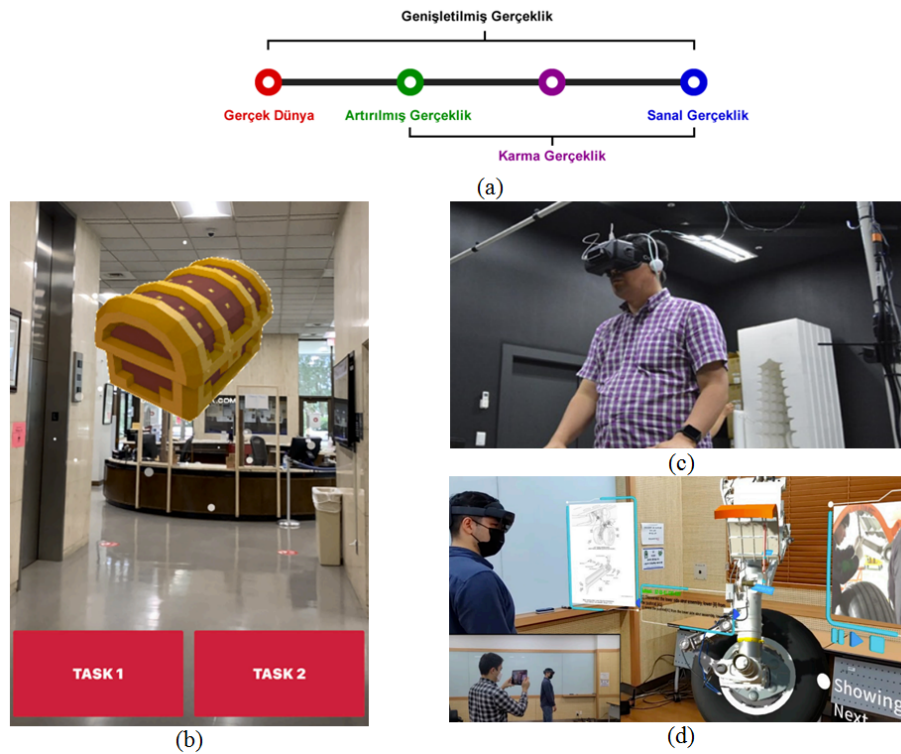
kullanıcı gerçek dünyadaki bağlantısını koparmamış olur, etrafındaki sesleri duyabilir ve çevresini gözlemleyebilir.

3.1.3. Sanal gerçeklik (Virtual reality)

Kullanıcıların bir başlık (Head Mounted Display-HMD) kullanarak, 3 boyutlu dijital olarak tasarlanmış kurgusal sanal bir dünyayı deneyimlemesine imkân sağlayan bir teknolojidir [80], [85]. Sanal gerçeklikte kullanıcı fiziki olarak gerçek dünyada olsa da, kulaklık ve başlık kullandığı için etrafındaki sesleri duyamaz ve çevresini gözlemleyemez, bu yüzden gerçek dünyadan tamamen ayrılmış olur [4].

3.1.4. Karma gerçeklik (Mixed reality)

Karma Gerçeklik, insanların fiziksel dünyanın içinde akıllı gözlükler ve başa takılan cihazlar kullandığı, dijital alanda oluşturulan sanal nesnelerin ile gerçek ortamdaki nesnelerin bir araya getirildiği ve birbiriyle etkileşime girdiği, artırılmış gerçeklik ve sanal gerçekliğin bir karışımıdır [4], [41], [80]. Genişletilmiş gerçeklik diyagramı ve gerçeklik türlerine ait görüntüler Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. (a) Genişletilmiş gerçeklik diyagramı, (b) Artırılmış gerçeklik örnek uygulama görüntüsü [38], (c) Sanal gerçeklik örnek uygulama görüntüsü [80], (d) Karma gerçeklik örnek uygulama görüntüsü [41]

((a) Augmented reality diagram, (b) Augmented reality sample application image, (c) Virtual reality sample application image, (d) Mixed reality sample application image)

Şekil 2.a'daki diyagramda gösterildiği gibi XR, artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve karma gerçeklik (MR) teknolojilerinin gerçek dünyaya uyarlaması ve bütünü kapsayan bir teknolojidir. Metaverse konsepti içerisinde gerçek dünya ile sanal dünyaların bir arada bulunması, diğer bir deyişle gerçek dünyadaki bir kullanıcının sanal dünyadaki bir ortamda aktiviteler gerçekleştirilmesi üzerine uygulamalar geliştirildiği için, XR teknolojileri metaverse için çok önemli bir teknoloji olarak açıklanabilir. Şekil 2.b'de gösterilen AR teknolojisi, gittikçe yaygınlaşan kullanım alanlarına sahiptir. Metaverse için de önemli bileşenlerden birisidir. AR sayesinde gerçek dünya üzerinde sanal katmanlar oluşturulabilir ve eğitimden pazarlamaya, oyun dünyasından iş dünyasına kadar pek çok farklı alanda metaverse uygulamaları gerçekleştirilebilir. Gerçekçi metaverse uygulamaları için AR sayesinde görüntüler, sesler ve metinler gibi veriler etkili kullanılabilir ve farklı alanlarda daha verimli bir metaverse ortamı yaratılabilir. Şekil 2.c'de gösterilen VR teknolojisi ise tamamen dijital dünyalar yaratmak için metaverse'in çok önemli bir bileşenidir. Sanal gerçeklik sayesinde gerçek dünyadaki ev ortamları, iş ortamları, sosyal ortamlar, spor ortamları vs. dijital evrende tasarlanarak modellenilebilir. Fiziki ortamların modellenmesinin mümkün olduğu kadar, tamamen tasarım ürünü ortamlar da modellenilebilir. Böylece metaverse evrenini mümkün kılan tüm tasarımların önü açılmış olur. Son

olarak Şekil 2.d'de gösterilen MR teknolojisi sayesinde çok amaçlı uygulamalar gerçekleştirilebilir. Metaverse uygulamalarının hem sanal hem de fiziki ortamlarda bileşenleri olacağını unutmamak gerekir. Farklı alanlarda gerçekleştirilecek olan farklı uygulamaların her birinde ihtiyaç duyulabilecek olan AR ve VR teknolojilerinin ayrı ayrı veya birlikte kullanılması için MR uygulamalarının da öneminin bir göstergesi durumundadır.

3.1.5. Yapay zekâ (Artificial intelligence)

Yapay zekâ, insan deneyimlerden faydalanarak, büyük miktarda veri kullanımı ile örüntü tanıma ve öğrenme yoluyla makinelerin öğrenmesini ve insan zekâsını taklit etmesini sağlayan bir teknolojidir [93]–[95]. Son yıllarda, doğal dil işleme, bilgisayarla görme, hareket tanıma, karar verme, tıbbi tanı, siber güvenlik gibi alanlarda makine öğrenmesi, derin öğrenme ve pekiştirmeli öğrenme uygulamaları ile yüksek başarılı sonuçlar elde etmiştir [96]–[100]. Metaverse platformlarında AR/VR, blok zinciri ve ağ oluşturma gibi teknolojilerin yapay zekâ ile kullanımı, metaverse platformlarının güvenli ve ölçeklenebilir olmasını sağlayacağı için insanları metaverse platformlarını kullanmalarını için motive etmektedir [101], [102].

3.1.6. Blokzincir teknolojisi (Blockchain technology)

Blokzincir teknolojisi, merkezi bir otoriteye sahip olmayan, kriptografi teknikleri kullanılarak dijital varlıkları, dijital para birimlerini, bir iş ağında birbirine bağlanan kayıtlı işlemlerin ve izlenen varlıkların bir listesini içeren, yalnızca izinli ağ üyeleri tarafından erişilebilen, değişmez ve aşılmaz, merkezi olmayan bir dijital defter olarak tanımlanır [101], [102]. Metaverse platformlarında, blokzinciri tabanlı kripto para birimlerinin ve takas edilemeyen jetonların (NFT'ler) kullanımı ile dijital varlıkların, sanal ekonomi işlemlerinin ve mimarilerinin, metaverse dünyasında daha güvenli ve güvenilir olarak gerçekleşmesi sağlanır [91], [95].

3.1.7. Nesnelerin interneti (internet of things)

Nesnelerin İnterneti (Internet of Things-IoT), kablosuz internet ve giyilebilir teknolojilerin gelişimi ile birlikte, elle veri girişine gerek olmadan, sensörler, kameralar vb. algılayıcı cihazlar ile toplanan verilerin toplandığı, adreslenebilir makinelerin kendi aralarında toplanan veriler ile internet üzerinden iletişim yaptığı ve karar verdiği bir ağ yapısıdır [103]–[105]. Metaverse platformlarında, fiziksel dünyadan veri toplayarak, sanal ve fiziksel dünya arasındaki bağlantının kurulması, IoT cihazları kullanımı ile sağlanmaktadır [106]. Bu sayede gerçek zamanlı simülasyonların üretilmesi ile daha etkili bir metaverse dünyası oluşturulur.

3.1.8. Web 3.0 teknolojisi (Web 3.0 technology)

Web 3.0 teknolojisi, yapay zekâ ile geliştirilmiş, makine öğrenme yöntemleri ile kendini geliştiren, merkezi olmayan ve kullanıcı gizliliğini koruyan, blok zincir ve uç bilişim teknolojilerini kullanan üçüncü nesil internet hizmetleridir [107]. Uç bilişim, uzak konumlarda bulunan cihazları, veri kaynaklarına yaklaştıran, veri işlemeyi ve veri depolamayı sunucunun yanında işlemlerini sağlayan, bu sayede işlem sürecini ve veri trafiğini azaltan bir teknolojidir [89]. Web nesilleri incelendiği zaman, Web 1.0, düşük bant genişliğinde salt okunur olarak adlandırılacak bir internet hizmetidir. Web 2.0 ise içerik üreticileri ve kullanıcılar arasında etkileşimin sağlandığı, kullanıcıların aracı platformlar ile içeriğe katkıda bulunduğu internet hizmetleridir. Web 3.0 ile merkezi olmayan blok zinciri protokolünü etkinleştirerek kullanıcılara doğrudan işbirliği yapma ve işlem yapma yeteneği veren sistemler geliştirilmiştir [107], [108].

Metaverse ve web 3.0 terimleri insanlar tarafından aynı olarak anlaşılrsa da farklı terimleri ifade etmektedir. Metaverse platformlarının amacı kullanıcıların 3 boyutlu arkadaşlar, nesnelere, yerler ile etkileşime girebilecekleri, sağlık, oyun, film, konser, eğlence, sosyal platformlar, eğitim, sanal eğitim vb. faaliyetlere katılabilecekleri ve zaman geçirebilecekleri sosyal bir sanal dünya oluşturmaktır [109]. Web 3.0 teknolojisinde ise amaç demokratik ve merkezî olmayan bir internet ortamı ile platform üreticilerinin değil kullanıcıların içerik geliştirmesinee, sahibi olmasında, kendi belirledikleri bir ücret üzerinden satın alıp satabilmesine imkan sağlamaktır [106]. Bu açıdan baktığımız zaman, metaverse platformlarındaki bağlantının temelini web 3.0 teknolojisinin oluşturduğu görülmektedir [110]. İnsanların bu terimleri karıştırmasının ya da aynı olarak anlamasının altında yatan sebeplerden birisi

de web 3.0 teknolojisinin desteklediği blok zincir, kripto para birimi ve NFT'lerin, metaverse platformları tarafından iş, oyun, eğlence, sosyalleşme ve öğrenme için de kullanılmasıdır [111]. Sonuç olarak birer cümle ile özetlemek istersek; metaverse insanların dijital bir platformda özgürce zaman geçirdikleri sanal bir dünyadır, web 3.0 ile kullanıcıların özgürce zaman geçirecekleri metaverse platformlara bağlanmak için kullanacakları merkezi olmayan ağ sistemidir.

3.2. Metaverse benzeri platformların öncül örnekleri (Premise examples of metaverse-like platforms)

Metaverse platformları, geliştiricilerin metaverse bileşenlerini kullanarak internet üzerinden çevrimiçi tasarladıkları 3 boyutlu sanal platformlardır. Kullanıcılar farklı hizmetler için tasarlanmış bu platformlarda gerçek dünyada olduğu gibi oyun oynayabilir, arsa alıp satabilir, dijital nesne yaratabilir, kendi ürünlerini satabilir, eğitim alabilir, sosyal aktivitelere katılabilir. Metaverse terimi hayatımıza yeni girmiş gibi görünse de yıllardır insanların aktif olarak kullandıkları birçok metaverse platformu mevcuttur ancak bu platformlar oyun oynamak, ürün pazarlamak vs. gibi tekil amaçlar için tasarlanmıştır. Bu platformlar özellikle son yıllarda daha popüler olmuştur. Bu bölümde kullanılmakta olan metaverse benzeri platformların bazı öncülleri hakkında bilgiler verilmiştir.

3.2.1. Second life

2003 yılında Linden Araştırma Merkezi tarafından piyasaya sürülen, 3 boyutlu karakterlerin olduğu, çevrimiçi çalışan, açık kaynaklı ve görsel sosyal bir dünya platformudur [112]. Kullanıcılar kendilerine bir avatar yaratarak Second Life platformuna ücretsiz giriş yaparlar. Kullanıcılar gerçek hayatta olduğu gibi platform içerisinde arkadaşlar edinebilir, çevrimiçi mesajlaşma sayesinde sosyal bir ortama sahip olabilir, gayrimenkul alıp satabilir, tasarım yapabilir, eğitim alabilir ve bu sanal dünyada kazanılan paraları gerçeğe dönüştürebilirler.

3.2.2. SandBox

2011 yılında Pixowl oyun firması tarafından geliştirilen blok zincir temelli, oyunculara kendi dünyalarını inşa etmelerine ve oynayarak para kazanmalarına olanak sağlayan merkeziyetsiz bir metaverse oyun platformudur [113]. SandBox metaverse platformu oyuncuların metaverse sistemde kendi oyun ve dijital nesnelere oluşturmalarına, bu nesnelere NFT olarak sahibi olmalarına ve sistemde vakit geçirerek, ürün alıp satarak gelir elde etmelerine olanak sağlamaktadır. Oyuncular çeşitli aracı programlar ile SandBox platformu için 3 boyutlu modeller, nesnelere tasarlayıp, NFT haline getirip oyun içinde pazarlayabilir. Ayrıca kullanıcılar oyun programları ile kendi geliştirdikleri oyunları SandBox platformunda test edebilirler.

3.2.3. DecentraLand

Decentraland, 2015 yılında blokzincir teknolojisi üzerine inşa edilmiş, kullanıcıların oyun içerisinde arazi satın alabildikleri, bu arazi üzerinde kendi dünyalarını inşa edebildikleri ve bundan kâr sağlayabildikleri merkezi olmayan 3 boyutlu sanal dünya platformudur [114]. Oyun içerisinde dijital para olarak MANA adı verilen token kullanılır. Decentraland platformuna yalnızca masaüstü bilgisayarlardan erişim sağlanabiliyor. Mobil cihazlar için erişim imkânı henüz mevcut değildir.

3.2.4. Roblox

Roblox, 2004 yılında kurulmuş bir oyun şirkettir. Roblox çevrimiçi bir oyun platformu ve oyun geliştirme stüdyosudur [115]. Oyuncuların kendi oyunlarını programlamasına ve diğer kullanıcılar tarafından oluşturulan oyunları oynamasına olanak tanır. Roblox'ta Meepcity ve Bloxburg gibi oyunlar, kullanıcıların sanal evler oluşturmasına ve iş aramak veya sanal dünyada maceralara çıkmak gibi günlük görevleri yerine getirmesine olanak tanır. Roblox metaverse platformunun bir parçası olarak, kullanıcılar dijital avatarlar oluşturabilir, kıyafetler ekleyebilir, evler inşa edebilir, arkadaşlarla sohbet edebilir ve maceralara atılabilir. Kullanıcılar Robux adı verilen sanal para birimi üzerinden oyun içi gelir elde edebilirler.

3.2.5. HyperVerse

HyperVerse, milyonlarca gezegenden oluşan, kullanıcılara dünyanın dört bir yanından sosyalleşmeleri

ve gelir elde etmeleri için oynayabilecekleri merkezi olmayan sanal bir platformdur [116]. HyperVerse içerisinde gezginler olarak da bilinen oyuncular arkadaşlarıyla bağlantı kurabilir, farklı kültürleri ve yaşam tarzlarını deneyimleyebilir, tokenize edilmiş öğeler oluşturabilir, iş kurabilir ve evreni keşfedebilir.

3.2.6. Epic games

1991'de kurulan video oyunu ve yazılım geliştirme şirketi Epic Games, Fortnite'ın, Unreal'ın, Gears of War'un, Shadow Complex'in ve Infinity Blade serisinin yaratıcısıdır [117]. Unreal Engine teknolojisi ile bilgisayarlara, konsollara, mobil cihazlara, artırılmış gerçeklik uygulamalarına, sanal gerçekliğe ve internete üstün görsellik sağlayan etkileşimli deneyimler getirmektedir. Epic Games, kendi metaverse platformunu kurarak, kullanıcıların birbirleriyle ve markalarla iletişim kurmasını, sanal olarak etkileşime girmesini amaçlamaktadır.

3.2.7. NAKAverse

Nakamoto Games firması tarafından duyurulan metaverse platformu olan NAKAverse, merkezi olmayan oyun içi ekonomisine sahip, NAKA isimli para birimi ile kullanıcıların sanal araziler satın almasını ve elinde tutmasını, binalar inşa etmesini, yükseltmesini sağlayan sanal dünya platformudur [118].

3.2.8. Metahero

Metahero, gerçek dünyadaki nesnelere 3 boyutlu bir tarama teknolojisi ile oyunlarda, sanal gerçeklikte, sosyal medyada ve çevrimiçi uygulamalarda kullanılmak üzere gerçekçi 3 boyutlu avatarlar ve sanal öğelere dönüştüren bir teknoloji kullanır [119]. Bu teknoloji ile fiziksel nesnelere sanal dünyaya NFT'ler olarak tanıtılmaktadır.

3.2.9. Star atlas

Star Atlas, blok zincir tabanlı ve merkezi olmayan uzay temalı çok oyunculu bir video oyun platformudur [120]. Kullanıcılar, Star Atlas uzayında şehirler inşa edebilir, belirli bölgeleri yönetmek için merkeziyetsiz otonom organizasyonlar kurabilirler. Kullanıcılar, oyun içerisinde topladıkları NFT özellikli gemiler, mürettebat üyeleri, arazi ve donanım gibi sanal varlıkların ile oyun içinde ve gerçek hayatta kazanç sağlayabilirler.

3.2.10. Oculus

Sanal gerçeklik kaskı ve yazılımı üreten bir teknoloji şirketi olan Oculus firması. 2014 yılında Facebook şimdiki adıyla Meta firması tarafından satın alınmıştır. Meta firması sanal gerçeklik teknolojisini oluşturmayı planladığı metaverse platformunun temeli olarak görüyor [2]. Piyasada en çok satın alınan sanal gerçeklik başlığı Oculus cihazı, son teknoloji ve en çok satan cihaz haline geldi. Yeni teknolojiler için gereken yetenekler Meta firmasında kısmen mevcut olsa da, Oculus'un satın alınması ile metaverse platformlarının teknolojik zorluklarına hazırlanmak için çok önemli bir adım atılmış oldu. Meta firmasının kullanıcıların ve ağ yapısının donanım arayüzünde gerekli yeterliliklere sahip olacağına güvenebileceği anlamına gelmektedir [121].

3.3. Gelecekte metaverse (metaverse in future)

Gerçek hayatın kendisi haline dönüşmeye başlayan metaverse dünyası, gün geçtikçe daha da yaygın kullanılmakta ve farklı alanlara uyarlanmaktadır. Literatür çalışmasında da belirtildiği üzere bu güne kadar özellikle eğitim, oyun ve eğlence teknolojileri, mimari alanlarında yoğun olarak kullanılmaktayken, Covid-19 salgını sürecinde de iş dünyasında metaverse uygulamaları yaygınlaşmaya başlamıştır.

Metaverse uygulamalarının eğitim ortamlarında okul öncesi [122], ilk [123]-[126], orta, lise [39], [127], [128], yükseköğretim [36], [37], [129], [130] ve hatta hayat boyu öğrenme kademelerinin her birinde farklı amaçlarla kullanıldığı görülmektedir. Metaverse teknolojilerinin eğitim ortamlarındaki en önemli katkısı, gerçeklik algısı ile kalıcı öğrenme sağlamasıdır. Farklı araştırmalarda metaverse

teknolojilerinin öğrenci motivasyonlarına katkıları araştırılmıştır. Bu araştırmalarda öğrencilerin, klasik yöntemlere oranla daha başarılı oldukları ve öğretimin amacı olan kalıcı öğrenme sağlanmasına katkı sağladığı görülmüştür [124], [125], [127], [131], [132].

Eğitim ortamlarında yoğunlukla kullanılan metaverse teknolojileri arasında 3 boyutlu öğretim [84], [133], sanal gerçeklik [18], [22], [30], [36], [37], artırılmış gerçeklik [38], [39], [119], [129] ve oyun teknolojileri [17], [39], [42], [134] sayılabilir. Bu teknolojilerle öğrencilerin eğitim öğretim ortamlarına aktif katılımları desteklenmektedir. Yapararak yaşayarak öğrenme, deney ile öğrenme ya da oyun ile öğrenme gibi öğrenme yöntemleri sayesinde öğrencilerin daha etkin ve kalıcı öğrenmesi amaçlanmaktadır. Daha fazla duyuya hitap eden öğretim teknikleriyle daha kalıcı öğrenmeler sağlandığı, farklı araştırmalarda kanıtlandığı için metaverse teknolojileriyle de temel olarak bu husus sağlanmaya çalışılmaktadır. Eğitim öğretim süreçlerinin farklı kademelerinde farklı amaçlarla metaverse teknolojileri kullanılmaktadır. Bu amaçlar fen ve kimya öğretiminden [135]–[137] din öğretimine [138], [139], bilişim teknolojileri eğitiminden [134] sağlık uygulamalarına [140]–[142] kadar çeşitlilik göstermektedir. Yabancı dil eğitimi, tarih, coğrafya, mimarlık, astronomi gibi çok geniş yelpazede eğitim öğretim uygulamalarında kullanılmaktadır.

Covid-19 salgını ile birlikte tüm dünyada sınıf ortamlarına alternatif olarak uzaktan eğitim yöntem ve teknikleri kullanılmaya başlanmıştır. Bu süreç yenilikçi öğretim yöntem ve tekniklerinin eğitim öğretim süreçlerine dâhil edilmesini hızlandırmış hatta katlanarak artırmıştır. Bu teknolojiler sadece eğitim faaliyetlerinin kullanacağı iletişim araçları ve ortamları ile sınırlı kalmamıştır. Bununla beraber eğitim içeriklerinin güncellenmesi, yenilikçi teknolojilerle donatılması ve bazı içeriklerin baştan tasarlanması gerekmiştir. Metaverse teknolojileri de bu ihtiyaçlara çözüm olarak daha da kuvvetlenmiştir. 3 boyut, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve oyun teknolojileri her geçen gün daha fazla eğitim öğretim ortamına dâhil olmaya başlamıştır. Bu dâhil olma sürecinin devam edeceği ve gelecekte daha da artacağı düşünülmektedir. Özellikle yenilikçi eğitim teknolojilerinin her geçen gün daha da fazla okul ve sınıf ortamlarına aktarılması bunun en önemli göstergelerinden bir tanesidir. Bir diğer gösterge ise dijital yerliler [143] olarak adlandırılan öğrencilerin öğrenme alışkanlıklarının dijital öğretim yöntem ve tekniklerine yatkınlıklarıdır [144]. Metaverse platformlarının gelecekte sağlayacağı bir diğer katkı maliyetlerle ilgilidir. Gerçek dünyada bilim laboratuvarları, gezegen evi, tarih müzeleri ve yeni bina inşa etmek çok pahalı ve maliyetli işlerdir. Ayrıca insan işgücü, sanat eserleri, masalar, bina inşa etmek için malzemeler ve diğer somut öğrenme nesnelere bir maliyeti vardır ve bu maliyet oldukça pahalıdır. Dijital platformlardaki dijital ikizler vasıtasıyla bu maliyetler %1'e kadar düşürülebilmektedir. Ayrıca bu platformlar hem zaman hem de maliyetlerde kazanç sağlarken öğrencilere ve ailelerine de çevrimiçi fırsatlar sunabileceklerdir [89].

Metaverse platformlarının eğitim öğretim faaliyetlerine sağlayacağı diğer katkılar şöyle sıralanabilir [145-147]:

- Disiplinler arası öğrenmeyi teşvik etme,
- Çapraz iş birliği ve ekip çalışmasını teşvik etme,
- Kişiselleştirilmiş öğrenme fırsatları,
- Öğrenmeyi sürükleyici, eğlenceli ve ilgi çekici kılma,
- Gerçekçi tasarlanmış ve ilgi çekici öğrenme alanları oluşturma,
- İletişimi teşvik etme,
- Oyunlaştırılmış öğrenme,
- Müfredatın güncellenebilirliği,
- Test sonuçlarını analiz ve iyileştirme.

Metaverse platformlarının yaygınlaşmasını en çok hızlandıran sektör olarak, oyun sektöründen bahsedilebilir. Zaman içerisinde oyun deneyiminin daha gerçekçi hale gelmesi için verilen uğraşlar sonucunda çözüm; 3 boyutlu oyunlar, sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik oyunlarında bulunmuştur. Gerek çevrimiçi gerekse çevrimdışı oyunların pek çoğu, oyuncularla oyun arasında farklı etkileşim imkânları sağlamıştır. Böylece, sadece oyuncu ile rakip arasında değil, aynı zamanda oyuncu ile platform arasında da etkileşim boyutu kullanıma sunulmuştur. 3.2 Metaverse platformları bölümünde aktarılan platformların pek çoğu, oyun ve eğlence sektörü üzerinden kullanıcıları sisteme dâhil etmektedir. Ayrıca para birimleri, ürünler, alışveriş, sanal yaşam gibi tüm bileşenler, oyun ve eğlence faktörü üzerinden yürütülmektedir. Sosyal medya devi Facebook başta olmak üzere Instagram ve

Whatsapp gibi tüm diğer platformların Meta adıyla yeni bir yapılanmaya bürünmesiyle birlikte dünyada Metaverse ortamlarına olan ilgi katlanarak artmıştır. Oyun teknolojilerine ilgi de her geçen gün daha da artmaktadır. Çevrimiçi oyun sitelerinde anlık 20 Milyondan fazla kullanıcının eş zamanlı oyun oynaması, günlük oyun oynama saatlerinin 5 ile 7 saat arasında değişmesi ise bunun göstergeleri arasında yer almaktadır [144]. Oyun ve eğlence platformlarına olan bu ilginin metaverse yansımaları da benzer ölçüde büyük olacaktır. Gelecekte oyun teknolojileri, oyun içi satın almalar, karakterler, para birimleri ve daha pek çok bileşen metaverse üzerinden şekillendirilecektir. Daha gerçekçi oyun deneyimleri, sınır tanımayan sanal evrenler ve her yaşa hitap edecek oyun seçenekleri ile birlikte metaverse ortamları, geleceğin oyun teknolojileri belirleyicisi olacak gibi görünmektedir. Dijital oyunlar teknolojik gelişmelere hızlıca entegre olabilmektedir. Bu sebeple dijital oyunlar ve metaverse teknolojisinin iç içe bir yapıda olması beklenmektedir. Metaverse teknolojileri gelecekte oyun sektörüne; içerik açısından, iş modelleri açısından, oyun tasarımı açısından ve pazarlama açısından katkılar sağlayacaktır [148]. Sanal gerçeklik teknolojisindeki istikrarlı gelişmeler ve bulut oyunlarının ortaya çıkmasıyla sektörün 2026'ya kadar 314 milyar dolarlık bir piyasa değerine ulaşacağı öngörülmektedir [149].

Mimari alanda metaverse teknolojilerinin önemi gelecekte daha da artacaktır. 3 boyutlu modellemeler, 3 boyutlu sanal mekânlar (kampüs ortamları, müzeler, binalar, parklar, şehirler vb.), artırılmış gerçeklik ile tasarım, modelleme ve benzer pek çok özellik sayesinde her geçen gün daha da fazla metaverse teknolojisi insan hayatına dâhil olacaktır. Mimari alanda sadece dijital platformlar inşa etmek için değil aynı zamanda gerçek dünya üzerinde düzenlemeler de yapılabilmektedir. Örneğin bir boya firması ev duvarlarını boyamadan önce farklı renkleri gerçek duvar üzerinde görüntülemeyi sağlayacak artırılmış gerçeklik uygulaması sunmaktadır. Dünyanın farklı yerlerindeki konferanslar sanal mimari ile hazırlanmış salonlarda katılımcıların dâhil olmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Katılımcılar gerçeğiyle birebir aynı inşa edilmiş salonlarda ilerleyebilmekte, diğer kullanıcılarla etkileşim kurabilmektedirler. İlk başlarda uzay boyutlarında oyunlarla gerçekleştirilen metaverse uygulamaları, günümüzde gerçek dünyadaki gerçek mekânların modellenmesiyle devam etmektedir. Artık insanlar kendi şehirlerinden ya da yaşamak istedikleri başka bir şehirden arsa ve/veya mekân satın almaktadırlar. Bu talep sonucunda bilişim firmalarının her biri fırsatları değerlendirme anlayışı içerisinde peş peşe metaverse dünyasına dâhil olmaktadır. Herhangi bir sosyal medya platformunda artık, "dijital ofis" reklamıyla karşılaşılabılır hale gelmiştir. Özellikle Covid-19 salgını sırasında uzaktan çalışma stratejileri, metaverse mekânlara olan ilgiyi katlayarak artırmıştır. Bunun mimariye olan yansımaları gelecekte de katlanarak artacaktır. Mimarlar, kullanıcıları için sanal eğlence parklarına, sinema salonlarına, sanat merkezlerine, okullara ve akla gelebilecek her türlü mekânın sanal versiyonuna ihtiyaç duyacak olan metaverse evreninde ölçeklenebilen ürünler/hizmetler, yeniden kullanılabilen ve yalnızca bir müşteriye değil milyonlarca kullanıcıya fayda sağlayabilecek çözümler sağlamak için yeni bir iş modeli geliştirebilecekler. Ayrıca benzersiz eserleri toplamaktan hoşlanan dijital koleksiyonerler için NFT ile desteklenen tasarımlar oluşturabilecek; şehirler, binalar, mobilyalar, heykeller, dokular gibi dijital varlıklar tasarlayabilecek ve üstelik bunları defalarca sanal dünyalara, oyunlara ve filmlere satabilecekler [150]. Metaverse sayesinde mimarlık eğitiminde de önemli değişimler olması kaçınılmazdır. Mimarlık eğitiminde farklı evrenler yaratmanın olumlu kullanımlara yol açması muhtemeldir. Mimarlık eğitimi veren kurumlar kendi evrenlerini yaratarak deneyimleme yoluyla eğitim yapabilir. Daha görsel ve deneyim tabanlı daha az zaman harcayarak, tasarım öğretimi yapılabilir. Öğrenenler için farklı evrenlerden farklı deneyimler edinme şansı olabilir. Bu deneyimler; metaverse'ün eğlence, spor, çalışma, ticaret gibi faaliyetleri sanal ve fiziksel ortamda bağlayıcılığı doğrultusunda, mesleki eğitimin profesyonel ve uygulama olanlarıyla aktif şekilde bir araya gelmesiyle mümkün olabilir. Araçlar bağlamında mimarlık eğitiminin, elle çizim döneminden bilgisayara geçiş ve modelleme, parametrik tasarım noktalarına hızla geldiği görülmüştür. Bu değişimler araçlar bağlamında olmuş ve öğrenen sadece tasarladığı ürünü deneyimlemiştir. Metaverse dünyasında ise tasarladığı ürünü kendisi yaşayarak deneyimleyebilme imkânına sahip olabilir. Dijital dünyaya alışkın Z kuşağı için bu uygulamalar çok daha kolay olacaktır [151].

Endüstri 4.0 birlikte teknolojik olarak gelişmekte olan fabrikalarda insan gücüne olan ihtiyaç azalacak, tüm iş ve işlemler otonom sistemler tarafından gerçekleştirilecektir. Karanlık fabrikalar olarak adlandırılan bu sistemlerde, insan gücüne olan ihtiyaç kalmayacak, bu sistemlerin bakım onarımlarını yapabilenler için iş imkânları olacaktır. Karanlık fabrikalarla birlikte insan faktörü iş dünyasında daha nitelikli işlere yönlendirilmeye başlayacaktır. Bu da çalışma stratejilerini, çalışma süreci yönetimini ve çalışma platformlarını etkileyecektir. Bu platformlar için metaverse ortamları düşünülmektedir. Farklı konumlardaki pek çok kişinin metaverse üzerinden aynı ortamda çalışır gibi hareket etmesi,

birbirleriyle iletişime geçmesi, iş süreçlerini buradan yönetmesi ve yürütmesi planlanmaktadır. Bu teknolojilerin kullanımı henüz başlangıç düzeyinde dahi olmasa bile kurgulanmaya başlaması demek, gelecekte böyle çalışma stratejilerinin hayatımızın bir parçası haline gelmesi anlamı taşımaktadır.

Günümüz teknolojisinde siber uzay olarak bilinen, tüm dünyaya ve uzaya yayılmış durumda bulunan bilişim sistemlerinden ve bunları birbirine bağlayan ağlardan oluşan ortama sadece bireylerin kullandığı bilgisayarlar değil, cep telefonları, tabletler, oyun konsolları, sanal gerçeklik gözlükleri gib. her türlü teknolojik alet ile bağlantı sağlayabiliriz [152]. Özetle metaverse ortamları sanal gerçeklik ve artırılmış gözlüklerin internet bağlantısı ile kullanımına destek vererek, beşinci boyut olarak gündelik hayatımızda yerini almış olan siber uzayın içerisine daha da yoğun girmemizi sağlayacak şekilde yapılandırılmaktadır. İnsanların dijital platformlarda harcadığı günlük zaman dilimindeki artış göz önüne alındığında, metaverse dünyalarının gündelik hayatımızda yerini alarak normalleşmesi de yakın görünmektedir.

4. Tartışma ve Sonuçlar (Discussion and Results)

İlk olarak 1992 yılında bir bilim kurgu romanıyla tanınan metaverse terimi, 2021 yılında Facebook'un sahibi Mark Zuckerberg'in sahibi olduğu dijital platformların tamamını Meta markası altında birleştireceğini açıklamasıyla birlikte daha da popüler bir hale gelmiştir. Hatta tüm dünyanın metaverse evrenine ilgisini artırmıştır. Metaverse evreninde insanlar çevrimiçi 3 boyutlu ortamlarda dijital kimliklerle dijital varlıklar kullanarak ticaret, eğlence, oyun, eğitim gibi faaliyetlere katılmakta ve etkileşimde bulunmaktadır.

Metaverse evreni ilk başlarda insanların oyun oynadığı, sosyalleştiği ve vakit geçirdiği bir ortam olarak algılanırken, tüm dünyada etkisini gösteren Covid-19 salgını bu algı üzerinde de değişim yarattı. Salgın sürecinde insanların iş yerlerinden uzak kalması ve evden çalışma sürecine girmesiyle birlikte kurumlar alternatif çözümler üretmek zorunda kaldı. Dünya genelinde eğitim (her kademedeki) başta olmak üzere, konferanslar, seminerler, iş toplantıları, etkinlikler ve iş uygulamaları çevrimiçi gerçekleştirilmeye başladı. Bunun sonucunda da gerçek dünyaya paralel ikinci dünyanın gelişmesi de hızlandı. Mark Zuckerberg'in Meta adını atmasında önemli faktörlerden birisi de bu süreci gözlemesi olabilir.

Çevrimiçi platformların bu denli yaygınlaşmasının bir diğer nedeni artık internet teknolojilerinin tüm cihazlarda yaygın olarak kullanılması olmuştur. Evde, cep telefonlarında, iş dünyasında, mobil veya sabit ortamlarda ve hatta nesnelerin interneti ile ağa bağlı tüm cihazlarda internetin kullanılabilir hale gelmesi, süreci hızlandıran etkenlerden bir tanesi olmuştur. Atılan adımlarla birlikte insanlar gelecekte metaverse evreni üzerinde daha fazla zaman geçirecek ve gündelik hayatta bulunan tüm bileşenler bu evrene aktarılacaktır. Teknolojideki gelişmeler, insanların talebi, firmaların arzı ve teknoloji liderlerinin yönlendirmeleri gözlemlendiğinde bu sürecin daha da hızlı ilerleyeceği düşünülmektedir.

Geçmişten günümüze metaverse çalışmaları eğitimden turizme, araştırma ve geliştirmeden iletişim ve sanata kadar pek çok farklı alanda gerçekleştirilmiştir. Mimari çalışmalar, oyun ve eğlence sektörü, iş dünyası ve sağlık sektörü çalışmaları da her geçen gün metaverse evrenine aktarılmaktadır. Bu alanların sayısı gün geçtikçe artmaktadır. Bu alanlarda kullanılan bileşenleri; genişletilmiş gerçeklik, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik, yapay zekâ, blokzincir teknolojisi, nesnelerin interneti ve web 3.0 teknolojisi olarak sıralamak mümkündür.

Günümüzde en yaygın kullanılan metaverse platformları arasında şu platformlar sayılabilir:

- Second Life
- SandBox
- DecentraLand
- Roblox
- HyperVerse
- Epic Games
- NAKAverse
- Metahero
- Star Atlas

Bu platformların sayısı daha da artırılabilir. Üstelik metaverse teknolojileri yaygınlaştıkça buraya dâhil

olan platform sayısı da artmaktadır. Kara, hava, deniz ve uzay boyutlarına ek olarak beşinci boyut olarak adlandırılan siber uzay boyutları giderek genişlemektedir. Bu boyutta metaverse ile yeni bir evren yaratılmaktadır. Bu evrende bireyler avatarlar yoluyla temsil edilmekte, harcamalar dijital paralarla yapılmakta ve nesnelere, ürünler, eserler NFT'ler ile temsil edilmektedir. Üstelik insanlar buralarda ticaret yaparak kazanç sağlama imkânına da sahip olmaktadır. Böylece metaverse evreni her geçen gün daha fazla insanı kendisine çekmektedir. Teknoloji liderlerinin de bu yönde yönlendirmeleri bulunmaktadır. Mark Zuckerberg Meta evreni üzerinden yönlendirme yaparken, bir diğer teknoloji önderi Elon Musk ise hemen hemen her gün kripto paralar üzerinden yönlendirmeler ve açıklamalar yapmaktadır. Böylece insanların farkındalıkları ve hazırbulunuşluk seviyeleri de artmaktadır.

Metaverse platformları geleceğin en önemli teknoloji yapılanması arasında yer alacakları için teknolojik ilerlemelerin gerisinde kalmak istemeyen ülkelerde de bu adımların atılması gerekmektedir. Özellikle son yıllarda sosyal medya uygulamalarının ulaştığı kullanıcı sayıları göz önüne alındığında, metaverse için de benzer bir kullanım olacağı tahmin edilebilir. Bu nedenle ülkelerin stratejik adımlar atması ve "kullanıcı" veya "üretici" durumlarından hangisi içerisinde yer alacağına karar vermesi gerekmektedir. Milyarlarca kullanıcının sanal bir platform üzerinde bir araya getirilmesi demek, bu evrenin sahibine çok büyük avantajlar sağlamak anlamına gelmektedir. Daha önce Time dergisinin Mark Zuckerberg için atmış olduğu "500 Milyon Kişilik Sanal Devletin Başkanı" başlığının metaverse evreni ile "Milyarlarca Kullanıcılı Sanal Evrenin Sahibi" şekline evrilmesi kuvvetle muhtemeldir. Beşinci boyutta söz sahibi olmak isteyen devletlerinin bunları öngörerek gerekli adımları atması, gerçek dünyadaki yer alan boyutlarda hâkimiyet kadar büyük önem arz etmektedir.

Metaverse araştırmaları için de pek çok potansiyel bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi, teknolojik altyapıyı geliştirme çalışmalarıdır. 3 Boyut teknolojilerindeki görüntü kalitesini artırmaya yönelik araştırmalar, araştırmacılar için gelecek çalışmaların temelini oluşturabilecektir. Çünkü metaverse için en önemli özelliklerden birisi, gerçeklik algısı yaratmaktır. Gelecek çalışmalar için önerilecek bir diğer konu, alan bazlı çalışmalardır. Her bir alana yönelik metaverse potansiyellerinin araştırılması ve geliştirilmesi, yakın gelecekte bütünleşik platformlar oluşturmanın ve farklı alanları bu platformlara entegre etmenin yolunu açacaktır. Oyun teknolojileri, eğitim, mimari ve pazarlama, metaverse için önde gelen alanlar durumunda iken gelecekte sosyal ağların da metaverse platformunda aktif olarak yer alma potansiyeli büyüktür. Hâlihazırda çevrimiçi oyun platformlarında insanlar arası iletişim ve etkileşim unsurları birer bileşen olarak sunulmaktadır. Sosyal ağlardan öncül olarak metaverse evrenine dâhil edilecek olanlar için önemli potansiyeller bulunmaktadır.

Çıkar Çatışması Beyanı (Conflict of Interest Statement)

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması bildirilmemiştir.

Kaynaklar(References)

- [1] O. Kuş, "Metaverse: 'Dijital Büyük Patlamada Fırsatlar Ve Endişelere Yönelik Algılar," *Intermedia International e-journal*, vol. 8, no. 15, pp. 245–266, Dec. 2021. doi:10.21645/intermedia.2021.109
- [2] R. Cheng, N. Wu, S. Chen, and B. Han, "Will Metaverse be NextG Internet? Vision, Hype, and Reality," *arXiv preprint arXiv:2201.12894*, 2022
- [3] S. Savaş and N. Topaloğlu, "Crime intelligence from social media: A case study," in *2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics, INFORMATICS 2017 - Proceedings*, 2017, vol. 2018-Janua. doi:10.1109/INFORMATICS.2017.8327266
- [4] L.-H. Lee, T. Braud, P. Zhou, L. Wang, D. i Xu, Z. Lin, A. Kumar, C. Bermejo and P. Hui, "All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda," *arXiv preprint arXiv:2110.05352*, 2021
- [5] N. G. Narin, "A Content Analysis of the Metaverse Articles," *Journal of Metaverse*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, Dec. 2021, Accessed: Mar. 04, 2022. [Online]. Available: <https://dergipark.org.tr/en/pub/jmv/issue/67581/1051382>
- [6] J. Kim, "Advertising in the Metaverse: Research Agenda," *Journal of Interactive Advertising*, vol. 21, no. 3. Taylor & Francis, pp. 141–144, 2021.
- [7] J. Han, J. Heo, and E. You, "Analysis of Metaverse Platform as a New Play Culture: Focusing on Roblox and ZEPETO," 2021.
- [8] K. G. Nalbant and Ş. Uyanık, "Computer Vision in the Metaverse," *Journal of Metaverse*, vol. 1, no. 1, pp. 9–12, 2021.
- [9] N. A. Jennings and C. Collins, "Virtual or virtually U: Educational institutions in Second Life," *International Journal of Social Sciences*, vol.2, no.3, 2008. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/292156918>

- [10] M. N. K. Boulos, L. Hetherington, and S. Wheeler, "Second Life: An overview of the potential of 3-D virtual worlds in medical and health education," *Health Information and Libraries Journal*, vol. 24, no. 4, pp. 233–245, Dec. 2007. doi:10.1111/j.1471-1842.2007.00733.x
- [11] A. de Lucia, R. Francese, I. Passero, and G. Tortora, "Development and evaluation of a virtual campus on Second Life: The case of SecondDMI," *Computers and Education*, vol. 52, no. 1, pp. 220–233, Jan. 2009. doi:10.1016/j.compedu.2008.08.001
- [12] F. M. Schaf, D. Müller, F. W. Bruns, C. E. Pereira, and H. H. Erbe, "Collaborative learning and engineering workspaces," *Annual Reviews in Control*, vol. 33, no. 2, pp. 246–252, Dec. 2009. doi:10.1016/j.arcontrol.2009.05.002
- [13] S. Warburton, "Second Life in higher education: Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching," *British Journal of Educational Technology*, vol. 40, no. 3, pp. 414–426, May 2009. doi:10.1111/j.1467-8535.2009.00952.x
- [14] D. M. Barry, H. Kanematsu, Y. Fukumura, N. Ogawa, A. Okuda, R. Taguchi, and H. Nagai, "International comparison for problem based learning in metaverse," *The ICEE and ICEER*, vol. 6066, 2009.
- [15] S. C. Baker, R. K. Wentz, and M. M. Woods, "Using Virtual Worlds in Education: Second Life® as an Educational Tool," *Teaching of Psychology*, vol. 36, no. 1, pp. 59–64, 2009, doi:10.1080/00986280802529079
- [16] Y. C. Huang, S. J. Backman, and K. F. Backman, "Student attitude toward virtual learning in second life: A flow theory approach," *Journal of Teaching in Travel and Tourism*, vol. 10, no. 4, pp. 312–334, Oct. 2010. doi:10.1080/15313220.2010.525425
- [17] K. Getchell, I. Oliver, A. Miller, and C. Allison, "Metaverses as a platform for game based learning," in *2010 24th IEEE International Conference on Advanced Information Networking and Applications*, 2010, pp. 1195–1202.
- [18] P. D. Ariyadewa, W. v Wathsala, V. Pradeepan, R. Perera, and D. A. S. Atukorale, "Virtual learning model for metaverses," in *2010 International Conference on Advances in ICT for Emerging Regions (ICTer)*, 2010, pp. 81–85.
- [19] M. Tamai, M. Inaba, K. Hosoi, R. Thawonmas, M. Uemura, and A. Nakamura, "Constructing Situated Learning Platform for Japanese Language and Culture in 3D Metaverse," in *2011 Second International Conference on Culture and Computing*, 2011, pp. 189–190. doi: 10.1109/Culture-Computing.2011.59.
- [20] M. Esteves, B. Fonseca, L. Morgado, and P. Martins, "Improving teaching and learning of computer programming through the use of the Second Life virtual world," *British Journal of Educational Technology*, vol. 42, no. 4, pp. 624–637, Jul. 2011, doi: 10.1111/j.1467-8535.2010.01056.x.
- [21] N. S. H. N. Ahmad, T. R. Wan, and P. Jiang, "Health course module in Virtual World," in *Procedia Computer Science*, 2011, vol. 3, pp. 1454–1463. doi: 10.1016/j.procs.2011.01.031.
- [22] X. Liu and J. Zhang, "Foreign Language Learning through Virtual Communities," *Energy Procedia*, vol. 17, pp. 737–740, 2012, doi: 10.1016/j.egypro.2012.02.165.
- [23] C. González-González and F. Blanco-Izquierdo, "Designing social videogames for educational uses," *Computers and Education*, vol. 58, no. 1, pp. 250–262, Jan. 2012, doi: 10.1016/j.compedu.2011.08.014.
- [24] D. Xanthopoulou and S. Papagiannidis, "Play online, work better? Examining the spillover of active learning and transformational leadership," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 79, no. 7, pp. 1328–1339, Sep. 2012, doi: 10.1016/j.techfore.2012.03.006.
- [25] A. Vernaza, V. I. Armuelles, and I. Ruiz, "Towards to an open and interoperable virtual learning environment using Metaverse at University of Panama," in *2012 Technologies Applied to Electronics Teaching (TAEET)*, 2012, pp. 320–325. doi: 10.1109/TAEET.2012.6235458.
- [26] R. González Crespo, R. F. Escobar, L. Joyanes Aguilar, S. Velazco, and A. G. Castillo Sanz, "Use of ARIMA mathematical analysis to model the implementation of expert system courses by means of free software OpenSim and Sloodle platforms in virtual university campuses," *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 18, pp. 7381–7390, 2013, doi: 10.1016/j.eswa.2013.06.054.
- [27] M. M. A. González, B. S. N. Santos, A. R. Vargas, J. Martín-Gutiérrez, and A. R. Orihuela, "Virtual worlds. Opportunities and challenges in the 21st century," in *Procedia Computer Science*, 2013, vol. 25, pp. 330–337. doi: 10.1016/j.procs.2013.11.039.
- [28] H. Kanematsu, T. Kobayashi, N. Ogawa, D. M. Barry, Y. Fukumura, and H. Nagai, "Eco car project for japan students as a virtual PBL class," in *Procedia Computer Science*, 2013, vol. 22, pp. 828–835. doi: 10.1016/j.procs.2013.09.165.
- [29] T. Amorim, L. Tapparo, N. Marranghello, A. C. R. Silva, and A. S. Pereira, "A multiple intelligences theory-based 3D virtual lab environment for digital systems teaching," in *Procedia Computer Science*, 2014, vol. 29, pp. 1413–1422. doi: 10.1016/j.procs.2014.05.128.
- [30] H. Kanematsu, T. Kobayashi, D. M. Barry, Y. Fukumura, A. Dharmawansa, and N. Ogawa, "Virtual STEM class for nuclear safety education in metaverse," in *Procedia Computer Science*, 2014, vol. 35, no. C, pp. 1255–1261. doi: 10.1016/j.procs.2014.08.224.
- [31] D. M. Barry, N. Ogawab , A. Dharmawansac , H. Kanematsud , Y. Fukumurae , T. Shiraif , K.Yajimag and T. Kobayashii, "Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in Metaverse," in *Procedia Computer Science*, 2015, vol. 60,

no. 1, pp. 1195–1204. doi: 10.1016/j.procs.2015.08.181.

- [32] M. G. Badilla Quintana and S. Meza Fernández, “A pedagogical model to develop teaching skills. the collaborative learning experience in the Immersive Virtual World TYMMI,” *Computers in Human Behavior*, vol. 51, pp. 594–603, Oct. 2015, doi: 10.1016/j.chb.2015.03.016.
- [33] H. Kanematsu, N. Ogawa, T. Shirai, M. Kawaguchi, T. Kobayashi, and D. M. Barry, “Blinking Eyes Behaviors and Face Temperatures of Students in YouTube Lessons-For the Future E-learning Class,” in *Procedia Computer Science*, 2016, vol. 96, pp. 1619–1626. doi: 10.1016/j.procs.2016.08.209.
- [34] H. Kanematsu, D. M. Barry, T. Shirai, M. Kawaguchi, N. Ogawa, K. Yajima, K. T. Nakahira, T. Kobayashi and M. Yoshitake, “Measurements of eye movement and teachers’ concentration during the preparation of teaching materials,” in *Procedia Computer Science*, 2019, vol. 159, pp. 1499–1506. doi: 10.1016/j.procs.2019.09.320.
- [35] K. Maccallum and D. Parsons, “Teacher Perspectives on Mobile Augmented Reality: The Potential of Metaverse for Learning,” in *World Conference on Mobile and Contextual Learning*, 2019, pp. 21-28.
- [36] J. Diaz, “Virtual world as a complement to hybrid and mobile learning,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, vol. 15, no. 22, pp. 267–274, 2020.
- [37] J. Diaz, C. Saldaña, and C. Avila, “Virtual world as a resource for hybrid education,” *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, vol. 15, no. 15, pp. 94–109, 2020.
- [38] A. Estudante and N. Dietrich, “Using Augmented Reality to Stimulate Students and Diffuse Escape Game Activities to Larger Audiences,” *Journal of Chemical Education*, vol. 97, no. 5, pp. 1368–1374, May 2020, doi: 10.1021/acs.jchemed.9b00933.
- [39] Y. Tang, “Help first-year college students to learn their library through an augmented reality game,” *Journal of Academic Librarianship*, vol. 47, no. 1, Jan. 2021, doi: 10.1016/j.acalib.2020.102294.
- [40] A. Siyaev and G.-S. Jo, “Neuro-Symbolic Speech Understanding in Aircraft Maintenance Metaverse,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 154484–154499, 2021, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3128616.
- [41] A. Siyaev and G.-S. Jo, “Towards Aircraft Maintenance Metaverse Using Speech Interactions with Virtual Objects in Mixed Reality,” *Sensors*, vol. 21, no. 6, 2021, doi: 10.3390/s21062066.
- [42] S. Park, K. Min, and S. Kim, “Differences in Learning Motivation among Bartle’s Player Types and Measures for the Delivery of Sustainable Gameful Experiences,” *Sustainability*, vol. 13, no. 16, 2021, doi: 10.3390/su13169121.
- [43] R. Schroeder, A. Huxor, and A. Smith, “Activeworlds: geography and social interaction in virtual reality,” *Futures*, vol. 33, no.7, pp. 569-587. 2001.
- [44] C. Jaynes, W. B. Seales, K. Calvert, Z. Fei, and J. Griffioen, “The Metaverse-A networked collection of inexpensive, self-configuring, immersive environments”, in *Proceedings of the workshop on Virtual environments*, 2003.
- [45] C. Jaynes, R. M. Steele, and S. Webb, “Rapidly Deployable Multiprojector Immersive Displays,” *Presence*, vol. 14, no. 5, pp. 501–510, 2005, doi: 10.1162/105474605774918723.
- [46] M. R. Cagnina, M. Poian, and M.-S. Crowley, “How to Compete in the Metaverse: The Business Models in Second Life,” *U of Udine Economics Working Paper*, 2005. [Online]. Available: <http://ssrn.com/abstract=1088779><http://ssrn.com/abstract=1088779>
- [47] S. Kumar, J. Chhugani, C. Kim, D. Kim, A. Nguyen, P. Dubey, C. Bienia and Y. Kim, “Second Life and the New Generation of Virtual Worlds,” *Computer*, vol. 41, no. 9, pp. 46–53, 2008, doi: 10.1109/MC.2008.398.
- [48] S. Papagiannidis, M. Bourlakis, and F. Li, “Making real money in virtual worlds: MMORPGs and emerging business opportunities, challenges and ethical implications in metaverses,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 75, no. 5, pp. 610–622, Jun. 2008, doi: 10.1016/j.techfore.2007.04.007.
- [49] T. Chesney, S. H. Chuah, and R. Hoffmann, “Virtual world experimentation: An exploratory study,” *Journal of Economic Behavior and Organization*, vol. 72, no. 1, pp. 618–635, Oct. 2009, doi: 10.1016/j.jebo.2009.05.026.
- [50] M. Bourlakis, S. Papagiannidis, and F. Li, “Retail spatial evolution: Paving the way from traditional to metaverse retailing,” *Electronic Commerce Research*, vol. 9, no. 1–2, pp. 135–148, 2009, doi: 10.1007/s10660-009-9030-8.
- [51] E. Schlemmer, D. Trein, and C. Oliveira, “The Metaverse: Telepresence in 3D Avatar-Driven Digital-Virtual Worlds,” *@tic. revista d’innovació educativa*, 2009. [Online]. Available: <http://www.unisinos.br/pesquisa/educacao-digital/>
- [52] A. Davis, J. D. Murphy, D. Owens, D. Khazanchi, and I. Zigurs, “Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses,” *Journal of the Association for Information Systems*, vol. 10, no. 2, p. 90, 2009.
- [53] E. Ayiter, “Becoming Creative through Self Observation: A (Second Order) Cybernetic Learning Strategy for the Metaverse,” *International Journal of Art, Culture and Design Technologies (IJACDT)*, 2011, vol.1, no.1, pp. 22-35.

- [54] S. van der Land, A. Schouten, and F. Feldberg, "Modeling the metaverse: a theoretical model of effective team collaboration in 3D virtual environments," *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 4, no. 3, 2011.
- [55] S. G. Lee, S. Trimi, W. K. Byun, and M. Kang, "Innovation and imitation effects in Metaverse service adoption," *Service Business*, vol. 5, no. 2, pp. 155–172, Jun. 2011, doi: 10.1007/s11628-011-0108-8.
- [56] D. Owens, A. Mitchell, D. Khazanchi, and I. Zigurs, "An Empirical Investigation of Virtual World Projects and Metaverse Technology Capabilities," *The DATA BASE for Advances in Information Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 74–101, 2011.
- [57] M. Leone, "The semiotics of religious space in Second Life®," *Social Semiotics*, vol. 21, no. 3, pp. 337–357, 2011, doi: 10.1080/10350330.2011.564385.
- [58] A. Arroyo, F. Serradilla, and O. Calvo, "Adaptive fuzzy knowledge-based systems for control metabots' mobility on virtual environments," *Expert Systems*, vol. 28, no. 4, pp. 339–352, 2011, doi: 10.1111/j.1468-0394.2011.00595.x.
- [59] J. Terrace, E. Cheslack-Postava, P. Levis, and M. J. Freedman, "Unsupervised Conversion of 3D Models for Interactive Metaverses," in *2012 IEEE International Conference on Multimedia and Expo*, 2012, pp. 902–907. doi: 10.1109/ICME.2012.186.
- [60] E. Ayiter, "Further Dimensions: Text, Typography and Play in the Metaverse," in *2012 International Conference on Cyberworlds*, 2012, pp. 296–303. doi: 10.1109/CW.2012.50.
- [61] C. Kim, S.-G. Lee, and M. Kang, "I became an attractive person in the virtual world: Users' identification with virtual communities and avatars," *Computers in Human Behavior*, vol. 28, pp. 1663–1669, 2012, doi: 10.1016/j.chb.2012.04.004.
- [62] T. D. Parsons, "Virtual Simulations and the Second Life Metaverse: paradigm shift in neuropsychological assessment," in *Virtual worlds and metaverse platforms: New communication and identity paradigms*. IGI Global, 2012. pp. 234-250.
- [63] Y. Chandra and M. A. A. M. Leenders, "User innovation and entrepreneurship in the virtual world: A study of Second Life residents," in *Technovation*, Jul. 2012, vol. 32, no. 7–8, pp. 464–476. doi: 10.1016/j.technovation.2012.02.002.
- [64] E. Gadalla, K. Keeling, and I. Abosag, "Metaverse-retail service quality: A future framework for retail service quality in the 3D internet," *Journal of Marketing Management*, vol. 29, no. 13–14, pp. 1493–1517, Oct. 2013, doi: 10.1080/0267257X.2013.835742.
- [65] J. D. N. Dionisio, W. G. Burns, and R. Gilbert, "3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities," *ACM Computing Surveys*, vol. 45, no. 3, Jun. 2013, doi: 10.1145/2480741.2480751.
- [66] S.-V. Rehm, L. Goel, and M. Crespi, "The Metaverse as Mediator between Technology, Trends, and the Digital Transformation of Society and Business," *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 8, no. 2, 2015.
- [67] M. Berger, A. H. Jucker, and M. A. Locher, "Interaction and space in the virtual world of Second Life," *Journal of Pragmatics*, vol. 101, pp. 83–100, Aug. 2016, doi: 10.1016/j.pragma.2016.05.009.
- [68] C. Girvan, "What is a virtual world? Definition and classification," *Educational Technology Research and Development*, vol. 66, no. 5, pp. 1087–1100, Oct. 2018, doi: 10.1007/s11423-018-9577-y.
- [69] M. Zhou, M. A. A. M. Leenders, and L. M. Cong, "Ownership in the virtual world and the implications for long-term user innovation success," *Technovation*, vol. 78, pp. 56–65, 2018, doi: 10.1016/j.technovation.2018.06.002.
- [70] K. J. L. Nevelsteen, "Virtual world, defined from a technological perspective and applied to video games, mixed reality, and the Metaverse," *Computer Animation and Virtual Worlds*, vol. 29, no. 1, 2018, doi: 10.1002/cav.1752.
- [71] B. Ryskeldiev, Y. Ochiai, M. Cohen, and J. Herder, "Distributed metaverse: Creating decentralized blockchain-based model for peer-To-peer sharing of virtual spaces for mixed reality applications," in *Proceedings of the 9th Augmented Human International Conference*, 2018. p. 1-3. doi: 10.1145/3174910.3174952.
- [72] J.-M. Jot, R. Audfray, M. Hertensteiner, and B. Schmidt, "Rendering Spatial Sound for Interoperable Experiences in the Audio Metaverse," in *2021 Immersive and 3D Audio: from Architecture to Automotive (I3DA)*, 2021, pp. 1–15. doi: 10.1109/I3DA48870.2021.9610971.
- [73] J. D. Bolter, M. Engberg, and B. MacIntyre, "8 The Myth of Total VR: The Metaverse," in *Reality Media: Augmented and Virtual Reality*, 2021, pp. 137–146.
- [74] S.-M. Park and Y.-G. Kim, "A Metaverse: Taxonomy, Components, Applications, and Open Challenges," *IEEE Access*, vol. 10, pp. 4209–4251, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2021.3140175.
- [75] S. Hazan, "Musing the metaverse," *Heritage in the Digital Era, Multi-Science Publishing, Brentwood, Esse, UK*, 2010.
- [76] U. B. Tasa and T. Görgülü, "Meta-art: art of the 3-D user-created virtual worlds," *Digital Creativity*, vol. 21, no. 2, pp. 100–111, 2010, doi: 10.1080/14626261003786251.
- [77] Y. Ando, R. Thawonmas, and F. Rinaldo, "Inference of Viewed Exhibits in a Metaverse Museum," in *2013 International Conference on Culture and Computing*, 2013, pp. 218–219. doi: 10.1109/CultureComputing.2013.73.

- [78] L. Sequeira and L. Morgado, "Virtual archaeology in second life and opensimulator," *Journal of Virtual Worlds Research*, vol. 6, no. 1, 2013.
- [79] B. L. S. Loong, "Tourism and Simulacrum: The Computational Economy of Algorithmic Destinations," *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, vol. 144, pp. 237–246, Aug. 2014, doi: 10.1016/j.sbspro.2014.07.292.
- [80] H. S. Choi and S. H. Kim, "A content service deployment plan for metaverse museum exhibitions—Centering on the combination of beacons and HMDs," *International Journal of Information Management*, vol. 37, no. 1, pp. 1519–1527, Feb. 2017, doi: 10.1016/j.ijinfomgt.2016.04.017.
- [81] I. Hughes, "Virtual worlds, augmented reality, blended reality," *Computer Networks*, vol. 56, no. 18, pp. 3879–3885, Dec. 2012, doi: 10.1016/j.comnet.2012.09.016.
- [82] R. Nishihara and M. Okubo, "A Study on Personal Space in Virtual Space based on Personality," *Procedia Manufacturing*, vol. 3, pp. 2183–2190, 2015, doi: 10.1016/j.promfg.2015.07.359.
- [83] S. Park, S. P. Kim, and M. Whang, "Individual's Social Perception of Virtual Avatars Embodied with Their Habitual Facial Expressions and Facial Appearance," *Sensors*, vol. 21, no. 17, 2021, doi: 10.3390/s21175986.
- [84] J. Han, J. Yun, J. Jang, and K. Park, "User-friendly home automation based on 3D virtual world," *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, vol. 56, no. 3, pp. 1843–1847, 2010, doi: 10.1109/TCE.2010.5606335.
- [85] S. K. Kim, Y. S. Joo, M. Shin, S. Han, and J. J. Han, "Virtual world control system using sensed information and adaptation engine," *Signal Processing: Image Communication*, vol. 28, no. 2, pp. 87–96, Feb. 2013, doi: 10.1016/j.image.2012.10.006.
- [86] Y. Han and S. Oh, "Investigation and Research on the Negotiation Space of Mental and Mental Illness Based on Metaverse," in *2021 International Conference on Information and Communication Technology Convergence (ICTC)*, 2021, pp. 673–677. doi: 10.1109/ICTC52510.2021.9621118.
- [87] Z. Fang, L. Cai, and G. Wang, "MetaHuman Creator The starting point of the metaverse," in *2021 International Symposium on Computer Technology and Information Science (ISCTIS)*, 2021, pp. 154–157. doi: 10.1109/ISCTIS51085.2021.00040.
- [88] M. Damar, "Metaverse Shape of Your Life for Future: A bibliometric snapshot", *Journal of Metaverse*, vol. 1, no.1, pp. 1-8, 2021.
- [89] M. Damar, "Metaverse ve Eğitim Teknolojisi", Eğitimde Dijitalleşme ve Yeni Yaklaşımlar içinde. Ed. Talan, T. Efe Akademi Yayınevi, pp. 169-192, 2021.
- [90] M. Damar, H. T. Damar, "Artırılmış Gerçeklik, Sanal Gerçeklik Ve Metaverse: Hemşirelik Disiplini İçin Önemi Ve Geleceği" SAĞLIK & BİLİM: Hemşirelik-3 içinde. Ed. Varışoğlu, T. Efe Akademi Yayınevi, pp. 207-226, 2021.
- [91] S. Mystakidis, "Metaverse," *Encyclopedia*, vol. 2, pp. 486–497, 2022, doi: 10.3390/encyclopedia2010031.
- [92] N. Xi, J. Chen, F. Gama, M. Riar, and J. Hamari, "The challenges of entering the metaverse: An experiment on the effect of extended reality on workload," *Information Systems Frontiers 2022*, vol. 1, pp. 1–22, Feb. 2022, doi: 10.1007/S10796-022-10244-X.
- [93] J. McCarthy, M. L. Minsky, N. Rochester, and C. E. Shannon, "A proposal for the Dartmouth summer conference on artificial intelligence," Mar. 1955.
- [94] A. M. Turing, "I.—Computing Machinery and Intelligence," *Mind*, vol. LIX, no. 236, pp. 433–460, 1950, doi: 10.1093/mind/LIX.236.433.
- [95] H. Jeon, H. Youn, S. Ko, and T. Kim, "Blockchain and AI Meet in the Metaverse," *Blockchain Potential in AI*, Aug. 2021, doi: 10.5772/INTECHOPEN.99114.
- [96] S. Buyrukoğlu, "New hybrid data mining model for prediction of Salmonella presence in agricultural waters based on ensemble feature selection and machine learning algorithms," *Journal of Food Safety*, vol. 41, no. 4, p. e12903, Aug. 2021, doi: 10.1111/JFS.12903.
- [97] Y. Yılmaz and S. Buyrukoğlu, "Hybrid Machine Learning Model Coupled with School Closure For Forecasting COVID-19 Cases in the Most Affected Countries," *Hittite Journal of Science and Engineering*, vol. 8, no. 2, pp. 123–131, Jun. 2021, doi: 10.17350/HJSE19030000222.
- [98] O. Güler and İ. Yücedağ, "Hand Gesture Recognition from 2D Images by Using Convolutional Capsule Neural Networks," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 47, no. 3, pp. 1211–1225, 2022, doi: 10.1007/s13369-021-05867-2.
- [99] S. Savaş, "Detecting the Stages of Alzheimer's Disease with Pre-trained Deep Learning Architectures," *Arabian Journal for Science and Engineering*, vol. 47, no. 2, pp. 2201–2218, 2022, doi: 10.1007/s13369-021-06131-3.
- [100] M. J. Nodeh, M. H. Calp, and İ. Şahin, "A Novel Hybrid Model for Vendor Selection in a Supply Chain by Using Artificial Intelligence Techniques Case Study: Petroleum Companies," *Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies*, vol. 43, pp. 226–251, Apr. 2019, doi: 10.1007/978-3-030-36178-5_19.
- [101] Q. Yang, Y. Zhao, H. Huang, Z. Xiong, J. Kang, and Z. Zheng, "Fusing Blockchain and AI with Metaverse: A Survey," *arXiv*, Jan.

2022, doi: 10.48550/arxiv.2201.03201.

[102] T. Huynh-The, Q.-V. Pham, X.-Q. Pham, T. T. Nguyen, Z. Han, and D.-S. Kim, "Artificial Intelligence for the Metaverse: A Survey," *arXiv*, Feb. 2022, doi: 10.48550/arxiv.2202.10336.

[103] S. Savaş, "The Effects of Artificial Intelligence on Industry: Industry 4.0," in *Current Studies in Basic Sciences, Engineering and Technology 2021*,

[104] M. Z. Gündüz and R. Daş, "Nesnelerin interneti: Gelişimi, bileşenleri ve uygulama alanları," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, vol. 24, no. 2, pp. 327–335, 2018.

[105] M. H. Calp, R. Butuner, U. Kose, A. Alamri, and D. Camacho, "IoT-based deep learning controlled robot vehicle for paralyzed patients of smart cities," *Journal of Supercomputing*, pp. 1–36, Feb. 2022, doi: 10.1007/S11227-021-04292-4/TABLES/13.

[106] T. Zhang, L. Gao, C. He, M. Zhang, B. Krishnamachari, and S. Avestimehr, "Federated Learning for Internet of Things: Applications, Challenges, and Opportunities," *arXiv*, Nov. 2021, doi: 10.48550/arxiv.2111.07494.

[107] P. Treleaven, A. Greenwood, H. Pithadia, and J. Xu, "Web 3.0 Tokenization and Decentralized Finance (DeFi)," *SSRN Electronic Journal*, Feb. 2022, doi: 10.2139/SSRN.4037471.

[108] F. A. Alabdulwahhab, "Web 3.0: The Decentralized Web Blockchain networks and Protocol Innovation," *1st International Conference on Computer Applications and Information Security, ICCAIS 2018*, Aug. 2018, doi: 10.1109/CAIS.2018.8441990.

[109] A. Abrol, (2022). Web 3.0 vs. Metaverse: A detailed comparison. Çevrimiçi: <https://www.blockchain-council.org/metaverse/web-3-0-vs-metaverse/>, Erişim Tarihi: 08.06.2022

[110] H. Centieiro, (2023). The Insane Future of Web 3.0 and the Metaverse. Çevrimiçi: <https://medium.datadriveninvestor.com/the-insane-future-of-web-3-0-and-the-metaverse-4cec3f13895a>, Erişim Tarihi: 08.06.2022

[111] B. Marr, (2022). The Important Difference Between Web3 And The Metaverse. Çevrimiçi: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/02/22/the-important-difference-between-web3-and-the-metaverse/?sh=3ff624d35af3>, Erişim Tarihi: 08.06.2022

[112] Inc. Linden Research, "Second Life," *Second Life*, 2022. Çevrimiçi: <https://secondlife.com/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[113] Sandbox, "The Sandbox Game — User-Generated Crypto & Blockchain Games," 2022. Çevrimiçi: <https://www.sandbox.game/en/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[114] Decentraland, "Decentraland," 2022. Çevrimiçi: <https://decentraland.org/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[115] Roblox, "Roblox," 2022. Çevrimiçi: <https://www.roblox.com/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[116] Hypervers, "Hypervers," 2022. Çevrimiçi: <https://thehypervers.net/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[117] Epic Games, "Epic Games," 2022. Çevrimiçi: <https://www.epicgames.com/site/en-US/home>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[118] Nakaverse, "Nakaverse | Nakamoto Games | Experience the biggest play-to-earn crypto gaming selection," 2022. Çevrimiçi: <https://nakaverse.games/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[119] Metahero, "The Gateway Into The Metaverse," 2022. Çevrimiçi: <https://metahero.io/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[120] Star Atlas, "Experience | Star Atlas," 2022. Çevrimiçi: <https://staratlas.com/>, Erişim Tarihi: 20.03.2022.

[121] S. Kraus, D. K. Kanbach, P. M. Krysta, M. M. Steinhoff, & N. Tomini, "Facebook and the creation of the metaverse: radical business model innovation or incremental transformation?," *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 2022.

[122] B. Tanrıverdi, "Artırılmış gerçeklik teknolojisi ile desteklenmiş kitap okumanın okul öncesi dönemdeki çocukların dil gelişimine etkisi (Durum çalışması)," *Denizli*, 2022. Accessed: Mar. 15, 2022. Çevrimiçi: <http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/handle/11499/39001>

[123] L. O. Lopes and V. Goncalves, "Evaluation of the Augmented Reality Educational Application for the 2nd cycle of primary school," Jun. 2021. doi: 10.23919/CISTI52073.2021.9476454.

[124] Ü. İ. Onbaşlı, "Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının İlkokul Öğrencilerinin Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarına Yönelik Tutumlarına ve Fen Motivasyonlarına Etkisi," *Ege Eğitim Dergisi*, vol. 19, no. 1, pp. 320–337, Jul. 2018, doi: 10.12984/EGEEFD.390018.

[125] F. Özbek ve Ş. Ak, "İlkokul 4. Sınıf Türkçe Dersinde Artırılmış Gerçeklik Uygulaması: Başarı ve Motivasyona Etkisi," *Kastamonu Eğitim Dergisi*, vol. 28, no. 4, pp. 1668–1679, Jul. 2020, doi: 10.24106/KEFDERGI.4003.

[126] S. Altok, "Artırılmış Gerçeklik Destekli Simetri Öğretiminin İlkokul Öğrencilerinin Akademik Başarılarına Etkileri ve Öğrenci Görüşleri," *Eğitim Teknolojisi Kuram ve Uygulama*, vol. 10, no. 1, pp. 177–200, Jan. 2020, doi: 10.17943/ETKU.622871.

- [127] M. Sırakaya and D. Alsancak Sırakaya, "Artırılmış Gerçekliğin Fen Eğitiminde Kullanımının Tutum ve Motivasyona Etkisi," *Kastamonu Eğitim Dergisi*, vol. 26, no. 3, pp. 887–905, May 2018, doi: 10.24106/KEFDERGL415705.
- [128] A. Durak and F. G. Karaoğlan Yılmaz, "Artırılmış Gerçekliğin Eğitimsel Uygulamaları Üzerine Ortaokul Öğrencilerinin Görüşleri," *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, vol. 19, no. 2, pp. 468–481, Jul. 2019, doi: 10.17240/AIBUEFD.2019.19.46660-425148.
- [129] C. E. George Reyes, "Perception of high school students about using Metaverse in augmented reality learning experiences in mathematics," *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educacion*, vol. 58, pp. 143–159, May 2020, doi: 10.12795/pixelbit.74367.
- [130] A. Alvaro-Farfan, J. Sánchez-Guerrero, W. Gavilanes-Lopez, and N. Santiago-Chávez, "Application of Metaverses as an Evaluation Tool in the Baccalaureate," in *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2020, vol. 1135 AISC, pp. 598–606. doi: 10.1007/978-3-030-40271-6_59.
- [131] N. Önal, "Artırılmış Gerçeklik Eğitim Uygulamaları İlköğretim Matematik Öğretmen Adaylarının Akademik Motivasyonlarını Etkiler mi?," *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, vol. 6, no. 5, pp. 2847–2857, 2017.
- [132] H. Ersoy, E. Duman, and S. Öncü, "Artırılmış Gerçeklik ile Motivasyon ve Başarı: Deneysel Bir Çalışma," *Öğretim Teknolojileri ve Öğretmen Eğitimi Dergisi*, vol. 5, no. 1, pp. 39–44, Mar. 2016.
- [133] O. Güler and S. Savaş, "Stereoscopic 3D teaching material usability analysis for interactive boards," *Computer Animation and Virtual Worlds*, p. e2041, 2022, doi: 10.1002/CAV.2041.
- [134] Serkan Savaş, Osman Güler, Kemal Kaya, Gürhan Çoban, and Mehmet Suat Güzel, "Bilişim Teknolojileri Alanında Oyun ile Öğrenme Uygulaması," *XXI. Akademik Bilişim Konferansı – AB2019*, 2019.
- [135] S. Sarıçam, "Fen Bilimleri Dersinde Sanal Gerçeklik Uygulamalarının Dolaşım Sistemi Kavramlarının Öğretimi Üzerine Etkisinin İncelenmesi," İstanbul, 2019.
- [136] B. Çankaya and S. Girgin, "Artırılmış Gerçeklik Teknolojisinin Fen Bilimleri Dersi Akademik Başarısına Etkisi," *Journal of Social And Humanities Sciences Research*, vol. 5, no. 30, pp. 4283–4290, 2018.
- [137] A. F. Avcı and Ş. Taşdemir, "Artırılmış ve Sanal Gerçeklik ile Periyodik Cetvel Öğretimi," *Selçuk-Teknik Dergisi*, vol. 18, no. 2, pp. 68–83, 2019.
- [138] R. Demir, "Din Kültürü ve Ahlak Bilgisi Öğretimi Dersinde Artırılmış Gerçeklik Uygulamalarının Öğrenci Görüşleri Doğrultusunda Değerlendirilmesi," *Çukurova Üniversitesi İlahiyat Fakültesi Dergisi (ÇÜİFD)*, vol. 20, no. 1, pp. 201–219, Jun. 2020, doi: 10.30627/CUILAH.728433.
- [139] R. Demir, "Sanal Gerçeklik Gözlüğüne Dayalı Din Öğretimine Yönelik Öğretmen Adaylarının Tutumu," *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, vol. 8, no. 1, pp. 847–861, Feb. 2019, doi: 10.33206/MJSS.498303.
- [140] H. Gündoğdu and Y. Dikmen, "Hemşirelik Eğitiminde Simülasyon: Sanal Gerçeklik ve Haptik Sistemler," *Journal of Human Rhythm*, vol. 3, no. 4, pp. 173–176, 2017, Accessed: Mar. 15, 2022. Çevrimiçi: <https://dergipark.org.tr/pub/johr/issue/33484/373543>
- [141] R. Aslan and S. Erdoğan, "21. Yüzyılda Hekimlik Eğitimi: Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik, Hologram," *Kocatepe Veterinary Journal*, vol. 10, no. 3, pp. 204–212, 2017.
- [142] G. Sarıkoç, "Sağlık Çalışanlarının Eğitiminde Sanal Gerçekliğin Kullanımı," *Hemşirelikte Eğitim ve Araştırma*, vol. 13, no. 1, pp. 11–15, 2016.
- [143] M. Prensky, "Digital Natives, Digital Immigrants Part 1," *On the Horizon*, vol. 9, no. 5, pp. 1–6, Sep. 2001, doi: 10.1108/10748120110424816/FULL/XML.
- [144] S. Savaş, O. Güler, K. Kaya, G. Çoban, and M. S. Güzel, "Eğitimde Dijital Oyunlar ve Oyun ile Öğrenme," *International Journal of Active Learning (IJAL)*, vol. 6, no. 2, pp. 117–140, 2021.
- [145] N. Demirel, (2022). Metaverse eğitim dünyası nasıl etkileyecek? MediaTrend. Çevrimiçi: <https://mediatrend.mediamarkt.com.tr/metaverse-egitim-dunyasi-nasil-etkileyecek/>, Erişim Tarihi: 28.05.2022
- [146] Cybermagonline, (2022). Metaverse Online Eğitim Dünyasını Nasıl Dönüştürebilir? Çevrimiçi: <https://www.cybermagonline.com/metaverse-online-egitim-dunyasini-nasil-donusturebilir>, Erişim Tarihi: 28.05.2022
- [147] İ. Deviren, İ. (2022). Metaverse ve Eğitim – 2. Eğitimheryerde. Çevrimiçi: <https://egitimheryerde.net/metaverse-ve-egitim-2/>, Erişim Tarihi: 28.05.2022
- [148] Y. Yoğun, Y. (2022). Dijital Oyunlar ve Metaverse. Güvenliyoyna. Çevrimiçi: <https://www.guvenliyoyna.org.tr/blog-detay/dijital-oyunlar-ve-metaverse>, Erişim Tarihi: 28.05.2022.
- [149] Cudos, (2021). Metaverse'de oyun oynamanın onu destekleyen altyapıya nasıl bağlı olacağı. Çevrimiçi: <https://www.cudos.org/tr/blog/%F0%9F%8E%AE-metaversede-oyun-oyunamanin-onu-destekleyen-altyapiya-nasil-bagli-olacagini-%F0%9F%95%B8%E%F%B8%8F/>, Erişim Tarihi: 28.05.2022.

[150] Y. Şener, (2022). Geleceğin Mimarlığı Metaverse’te mi? Yapı Dergisi. Çevrimiçi: <https://yapidergisi.com/gelecegin-mimarligi-metaversete-mi/>, Erişim Tarihi: 28.05.2022.

[151] Ş. Yüksel, S. Yıldız, “Metaverse dünyasında değişen sanal-gerçek mekânlar ve tasarımcının rolü”, 7. Uluslararası Zeugma Bilimsel Araştırmalar Kongresi. Gaziantep, 2022.

[152] K. Tarhan, “Siber uzayda realist teorinin değerlendirilmesi”, *Cyberpolitik Journal*, vol. 1no.2, pp. 292-311. 2016.

This is an open access article under the CC-BY license

