

## Sağlık Hizmetlerinin Geleceğinde Metaverse Ekosistemi ve Teknolojileri: Uygulamalar, Fırsatlar ve Zorluklar

Faruk YILMAZ<sup>1</sup>, Anı Hande METE<sup>2</sup>, Buse FİDAN TÜRKÖN<sup>3</sup>, Özgür İNCE<sup>4</sup>

### Öz

COVID-19 pandemisinin yol açtığı kısıtlamalar insanlığın bu gerçeğe uygun bir yaşam biçimi geliştirmesini zorunlu kılmıştır. Özellikle zorunlu ihtiyaçların karşılanması gereken bir sektör olan sağlık hizmetlerinde teknoloji kullanımı bu gereksinime bağlı olarak artış göstermiştir. Bu durum hem insan ihtiyaçlarının güvenle karşılanabileceği hem de fiziksel temas söz konusu olmadan insanların iletişim kurabileceği sanal bir evren olarak Metaverse kavramına olan ilgiyi artırmıştır. Bu çalışmanın amacı pek çok sektörde köklü değişimlere yol açması beklenen Metaverse kavramının sağlık hizmetlerinin geleceğine nasıl yön vereceğinin, sunduğu fırsatların ve barındırdığı zorlukların değerlendirilmesidir. Bu kapsamda Metaverse teknoloji bileşenleri olarak ele alınan genişletilmiş gerçeklik, yapay zeka, blok zincir, bilgisayarlı görü, kullanıcı etkileşimi, ağ, sınır bilişim, robotik ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojilerin sağlık hizmetlerindeki mevcut uygulamalarına yer verilmiştir. İlgili teknolojilerin Metaverse entegrasyonu ile birlikte uzaktan sunulabilecek sağlık hizmetleri için damgalama korkusu yaşayan ruh sağlığı ve cinsel yolla bulaşan hastalıkları bulunan hastalar, ileri yaşlılar ve çocuklar potansiyel hedef grupları olarak öngörülmüştür. Metaverse'ün sağlık turizmi, insan kaynağı, sağlık hizmetlerinde tedavi etkinliği, eğitim, hasta memnuniyeti ve veri yönetimi gibi pek çok konuda potansiyel fırsatlar ve avantajlar sunması beklenmektedir. Bununla birlikte Metaverse teknolojilerinin kullanım maliyeti, mahremiyet ihlalleri, veri gizliliği ve güvenliği ile bireylerin bu teknolojileri yoğun olarak kullanması sonucunda ortaya çıkabilecek sanal bağımlılık, sosyal izolasyon, davranış bozuklukları, artan kaygı ve stres gibi zorluklar da çalışmada değerlendirilmiştir.

**Anahtar kelimeler:** Metaverse, sağlık hizmetleri, genişletilmiş gerçeklik, yapay zeka, blok zincir.

1. Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, faruk.yilmaz@iuc.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7398-8302>
2. Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, anihandemete@iuc.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-4077-2895>
3. Arş. Gör., İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, buse.turkon@iuc.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-6978-6377>
4. Öğr. Gör., İstanbul Bilgi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, ozgurince@yahoo.com, <https://orcid.org/0000-0002-6875-9115>

Gönderim Tarihi : 04.03.2022

Kabul Tarihi : 14.04.2022

### Atıfta Bulunmak İçin:

Yılmaz, F., Mete, A.H., Fidan Türkön, B., & İnce, Ö. (2022). Sağlık Hizmetlerinin Geleceğinde Metaverse Ekosistemi ve Teknolojileri: Uygulamalar, Fırsatlar ve Zorluklar. *Eurasian Journal of Health Technology Assessment*, 6(1):12-34.

**Metaverse Ecosystem and Technologies in the Future of  
Healthcare: Applications, Opportunities, and Challenges**  
**Faruk YILMAZ<sup>1</sup>, Anı Hande METE<sup>2</sup>, Buse FİDAN TÜRKÖN<sup>3</sup>, Özgür İNCE<sup>4</sup>**

**Abstract**

The restrictions caused by the COVID-19 pandemic have made it necessary for humanity to develop a lifestyle based on this reality. The use of technology in healthcare, a sector requiring mandatory needs, has increased in line with this need. This increased the interest in the notion of Metaverse, a virtual universe in which people can safely meet human needs and communicate with no physical contact. This study aims to evaluate how the concept of Metaverse, which is expected to lead to radical changes in many sectors, will shape the future of healthcare, the opportunities it offers and the challenges it contains. In this context, the existing applications in healthcare of technologies such as extended reality, artificial intelligence, blockchain, computer vision, user interactivity, network, edge computing, robotics and internet of things (IoT), which are considered as Metaverse technology components included. With the integration of related technologies into Metaverse, patients with mental health disorders and sexually transmitted diseases, who are afraid of stigmatization, elderly people and children, are foreseen as potential target groups for services qualified as remote health services. Metaverse is expected to offer potential opportunities and advantages in many areas such as health tourism, human resources, treatment effectiveness in healthcare, education, patient satisfaction and data management. On the other hand, the cost of using Metaverse technologies, privacy violations, data privacy and security, and challenges that may arise with the intense use of these technologies by individuals such as virtual addiction, social isolation, behavioral disorders, increased anxiety and stress were also included in this study.

**Keywords:** Metaverse, healthcare, extended reality, artificial intelligence, blockchain.

1. Research Assistant, İstanbul University Cerrahpaşa, Faculty of Health Sciences, Healthcare Management, faruk.yilmaz@iuc.edu.tr, <https://0000-0001-7398-8302>
2. Research Assistant, İstanbul University Cerrahpaşa, Faculty of Health Sciences, Healthcare Management, anihande.mete@iuc.edu.tr, <https://0000-0002-4077-2895>
3. Research Assistant, İstanbul University Cerrahpaşa, Faculty of Health Sciences, Healthcare Management, buse.turkon@iuc.edu.tr, <https://0000-0002-6978-6377>
4. Lecturer, İstanbul Bilgi University, Faculty of Health Sciences, ozgurince@yahoo.com, <https://0000-0002-6875-9115>

Received : 04.03.2022

Accepted : 14.04.2022

**Cite This Paper:**

Yılmaz, F., Mete, A.H., Fidan Türkön, B., & İnce, Ö. (2022). Metaverse Ecosystem and Technologies in the Future of Healthcare: Applications, Opportunities and Challenges. Eurasian Journal of Health Technology Assessment, 6(1):12-34.

## 1. Giriş

COVID-19 pandemisi, dünya genelinde birçok ülkede halk sağlığı tedbirleri kapsamında karantina uygulamalarına ve insanların günlük faaliyetlerinde birtakım kısıtlamalara yol açarak günlük yaşantımızda pek çok konuda yadsınamaz değişikliklere sebep olmuştur. Pandeminin başladığı Aralık 2019'dan günümüze kadar geçen zaman bizlere yeni gerçeğe uygun bir yaşam biçimi geliştirmenin gerekliliğini göstermiştir. Bu gelişmelerin bir sonucu olarak Metaverse kavramı günümüzde hızla popülerlik kazanmaya başlamıştır. Özellikle 2021'de, Mark Zuckerberg tarafından Facebook'un yeni bir adla Meta olarak markalaştırılması bu kavrama olan ilgiyi daha da artırmıştır.

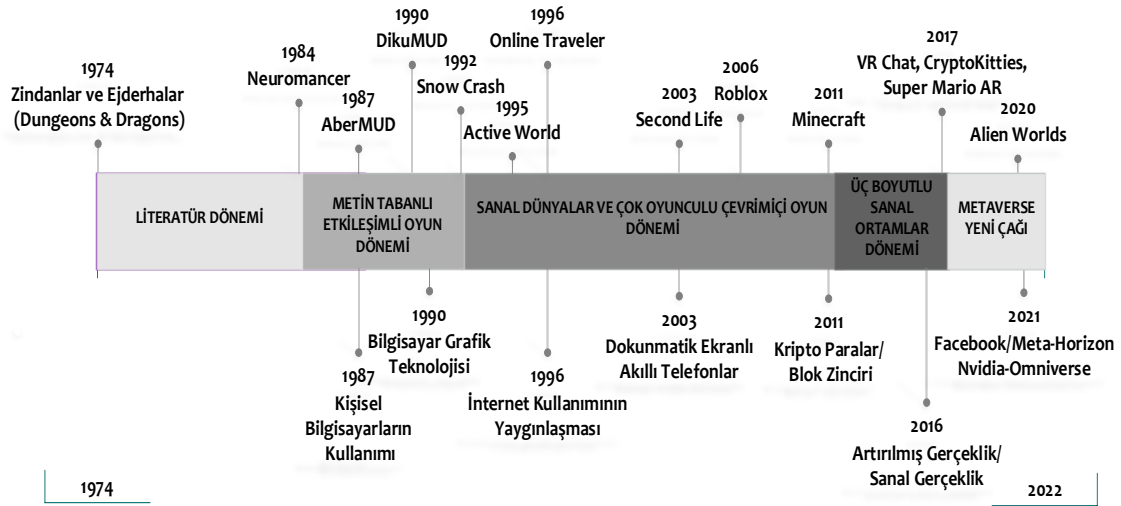
Sağlık hizmeti sunumu, tarih boyunca teşhis, tıbbi tedavi veya cerrahi işlem aracı olarak hasta ve doktorun fiziksel etkileşimini gerektirmiştir. Bu durum sağlık teknolojilerinde meydana gelen gelişmeler ile zamanla değişmiş ve farklı bir hasta-hekim ilişkisini (tele-sağlık) gündeme getirmiştir. Günümüzde Artırılmış ve Sanal Gerçeklik (AR/VR) gibi teknolojiler sağlık hizmeti sunumuna yönelik var olan paradigmayı etkilemiştir. Bu teknolojilerin uyarılma, uyumluluk, maliyet, erişilebilirlik, motivasyon ve kolaylık açısından sahip olduğu avantajlar, sağlık hizmetlerinde kullanım potansiyelinin artmasına katkı sağlamaktadır. Bu durum kullanıcılara zengin, gerçeğe yakın etkileşimler ve deneyimler sağlayabilecek, inanılmaz bir potansiyele sahip olan bu teknolojilerin dijital bir gerçeklik olan Metaverse ile bütünleştirilmesine yönelik çabaların yoğunlaşmasına yol açmıştır (Balasubramanian, 2021; Liu vd., 2022).

Bu çalışmada günümüzde pek çok sektörde paradigma değişimine yol açması beklenen ve pandemi ile birlikte şirketlerin ve araştırmacıların yanı sıra toplum tarafından da ilgi gösterilen Metaverse'nin sağlık hizmetlerinin geleceği perspektifinden ele alınması amaçlanmıştır. Çalışmanın ilk bölümünde Metaverse kavramı açıklanarak tarihsel gelişimine ve onu mümkün kılacak teknolojilere yer verilmiştir. Çalışmanın izleyen bölümünde ise ilgili teknolojilerin sağlık hizmetlerinde kullanımı ile Metaverse'nin sağlık hizmetlerinin geleceği için sunduğu fırsatlar ve barındırdığı zorluklar değerlendirilmiştir.

## 2. Metaverse Tanımı ve Tarihsel Gelişimi

Metaverse kelimesi ötesinde anlamına gelen "meta" eki ile evren anlamına gelen "universe" sözcüğünün birleşiminden meydana gelmektedir (Lee vd., 2021). Bazı kaynaklarda Türkçe karşılığı olarak "öte evren" ya da "meta evren" kelimeleri de kullanılmaktadır. Barry vd. (2015) Metaverse kavramını, "avatarların bizim adımıza her şeyi yapacağı üç boyutlu sanal bir dünya" olarak tanımlamıştır. Metaverse kavramını eleştirenler ise onun belirsiz bir kavram olduğunu, bilim kurgunun ötesinde bir şey ifade etmediğini, insanların hayatlarını kontrol eden ve onları "tüketimin kara deliğine" sürükleyen güçler tarafından yaratılan bir fantezi dünyası olduğunu söylemektedir (Bogost, 2021).

Metaverse kavramının tarihsel gelişimi bazı kaynaklarda 1974 yılına kadar dayanmaktadır. Lee vd. (2021) çalışmasında Metaverse tarihsel gelişimini bu tarihten günümüze kadar beş farklı dönemde ele almaktadır. Bu dönemler içerisinde yaşanan gelişmeler Şekil 1'de özetlenmiştir. Buna göre literatür dönemi olarak tanımlanan ilk dönemde 1974 yılında yayınlanan Zindanlar ve Ejderhalar (Dungeons & Dragons) ve 1984 yılında yayınlanan Neuromancer eserleri başlangıç olarak kabul edilmiştir.



Şekil 1. Metaverse'nin Tarihsel Gelişimi.

Kaynak: Lee vd. (2021) çalışmasından derlenerek hazırlanmıştır.

1987 yılında kişisel bilgisayarların kullanımı ve bunu takiben 1990 sonrasında bilgisayar grafik teknolojisinin gelişimi ile birlikte metin tabanlı etkileşimli oyun dönemine geçilmiştir. AberMUD ve DikuMUD bu döneme ait oyunlardandır. Bu dönem içerisinde Metaverse kavramı ilk olarak 1992'de Neal Stephenson tarafından yazılan Snow Crash adlı bilim kurgu romanında kullanılmıştır. Bu romanda Metaverse, kullanıcıların avatar olarak bilinen yazılım parçaları ile etkileşime girdiği, fiziksel dünyaya paralel bir sanal ortam olarak tanımlanmaktadır (Stephenson, 1992).

İnternetin doğuşu ve yaygınlaşması, dokunmatik ekranlı akıllı telefonların kullanıma girmesi, kripto para ve blok zincir (blockchain) teknolojisinin ortaya çıkması gibi önemli dönüm noktaları ile birlikte 1992-2011 yılları arasında sanal dünyalar ve çok oyunculu çevrimiçi oyun dönemine geçilmiştir. Active World, Online Traveler, Second Life, Roblox ve Minecraft gibi oyunlar çok oyunculu sanal dünya için çığır açan oyunlar olarak kabul edilmektedir (Lee vd., 2021). 2011-2017 arasında artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ve kontrol araçlarının gelişimi ile birlikte Metaverse için akıllı telefonlar ve giyilebilir teknolojilerin üç boyutlu sanal ortamlar dönemi başlamıştır. Bu dönem içerisinde Pokemon Go, VR Chat, Super Mario AR ve CryptoKitties gibi oyunlar önemli projeler olarak yer almıştır. Metaverse için 2017 yılından günümüze kadar olan dönem ise Metaverse yeni çağı olarak belirtilmiştir. Alien Worlds bu dönemde yer alan kilit oyunlardandır (Lee vd., 2021).

Metaverse yeni çağının şüphesiz en önemli gelişmelerinden biri 2021 yılında Facebook'un adının Meta olarak değiştirilmesi olmuştur. Bununla birlikte bir oyun platformu olan Roblox ise başlangıç için ciddi bir itici güç oluşturmuştur (Oremus, 2021). Neredeyse tüm alanlarda Metaverse projeleri görülebilmektedir. Ancak oyun sektörü kavramın daha fazla yer edindiği alanlardan biridir. Pek çok firma oyunlar üzerinden projelerini hayata geçirmektedir. Bu oyunlarda farklı kategorilerde çeşitli etkinlikler düzenlenmiştir. Fortnite platformunda DJ Marshmello, Travis Scott, J Balvin gibi konser; Stranger Things, Star Wars, Marvel, Terminatör gibi eğlence, Balenciaga, Moncler gibi moda etkinlikleri düzenlenmiştir. Roblox platformu Liverpool, NFL gibi spor; Lil Nas X gibi konser; Gucci, Vans, Nik, Fashion Award gibi moda etkinliklerine ev sahipliği yapmıştır. Minecraft'ta ise Cal Poly Graduation, College Gren eğitim ve müzik etkinlikleri düzenlenmiştir (Sheridan, 2021).

Meta şirketine ait olan, VR bilgisayarları ve kulaklıkları üreten ve satan Oculus adlı bir şirket Horizon adında üç boyutlu, sanal bir platformun oluşturulması için çalışmalar

yürütmektedir. Bununla birlikte diğer teknoloji devleri de bu trendi kaçırmamak için yatırımlar yapmaktadır. Nvidia'nın Omniverse ve Microsoft'un kurumsal Metaverse girişimi bunlara örnek olarak verilebilir (Kim, 2021a).

Teknoloji şirketlerinin yanı sıra ülkeler de Metaverse ile ilgili girişimlerde bulunmaktadır. Güney Kore hükümeti Metaverse'deki teknolojik yenilikleri desteklemek için kamu-özel sektör ortaklıklarına öncülük etmek üzere adımlar atmıştır. Güney Kore Bilim, Bilgi ve İletişim Teknolojisi (ICT) Bakanlığı, sanal ve artırılmış gerçeklik platformlarının geliştirilmesini koordine etmek ve kolaylaştırmak için Mayıs 2021'de bir "Metaverse iş ortaklığı" oluşturmuştur. Bu iş birliğine şimdiye kadar Samsung, Hyundai Motors, SK Telecom ve KT dahil olmak üzere 500 firma katılmıştır (Kim, 2021b).

Sanat, eğlence, spor ve eğitim gibi birçok alanda Metaverse altyapısını kullanmaya yönelik çalışmalar gerçekleştirilmiş olup, bu girişimlere yeni yönler kazandırılmaya çalışılmaktadır. Bu kapsamda sağlık sektörü özelindeki gelişmeler incelendiğinde ise, Metaverse uygulamalarının oldukça sınırlı sayıda girişim tarafından hali hazırda yürütüldüğü ve henüz geliştirilmeye açık bir alan olduğu görülmektedir. Buna göre tıbbi gözlem ve takip, hasta-hekim görüşmeleri, hastalık kontrolü, tıbbi danışmanlık ve konsültasyon gibi hizmetlerin iki boyutlu olarak uzaktan sunulmasına yönelik girişimler mevcut olmakla birlikte, Metaverse ortamında gerçeğe yakın deneyimler sunacak girişimler henüz yeterli düzeyde değildir. Bu kapsamda Türkiye'de sağlık hizmetlerinin Metaverse ortamında sunulmasına yönelik henüz bilinen bir girişim mevcut olmamakla birlikte, dünyada XRHealth ve DeHealth gibi Metaverse ortamında sağlık hizmeti sunumuna başlayan girişimler bulunmaktadır. Bununla birlikte ABD merkezli bir sağlık kuruluşu olan CVS Health, 28 Şubat 2022'de Metaverse üzerinde sağlık hizmetleri sunabilmek için ABD Patent Ticaret Ofisi'ne ticari marka başvurusu yapmıştır (Coombs, 2022). Bu gelişmelerden yola çıkarak Metaverse ortamında sağlık hizmetleri sunmaya yönelik girişimlerin hem ulusal hem de uluslararası düzeyde ciddi oranda artış göstermesi ve yakın gelecekte Metaverse'ün sağlık hizmetleri sunumunda önemli bir yere sahip olması beklenmektedir.

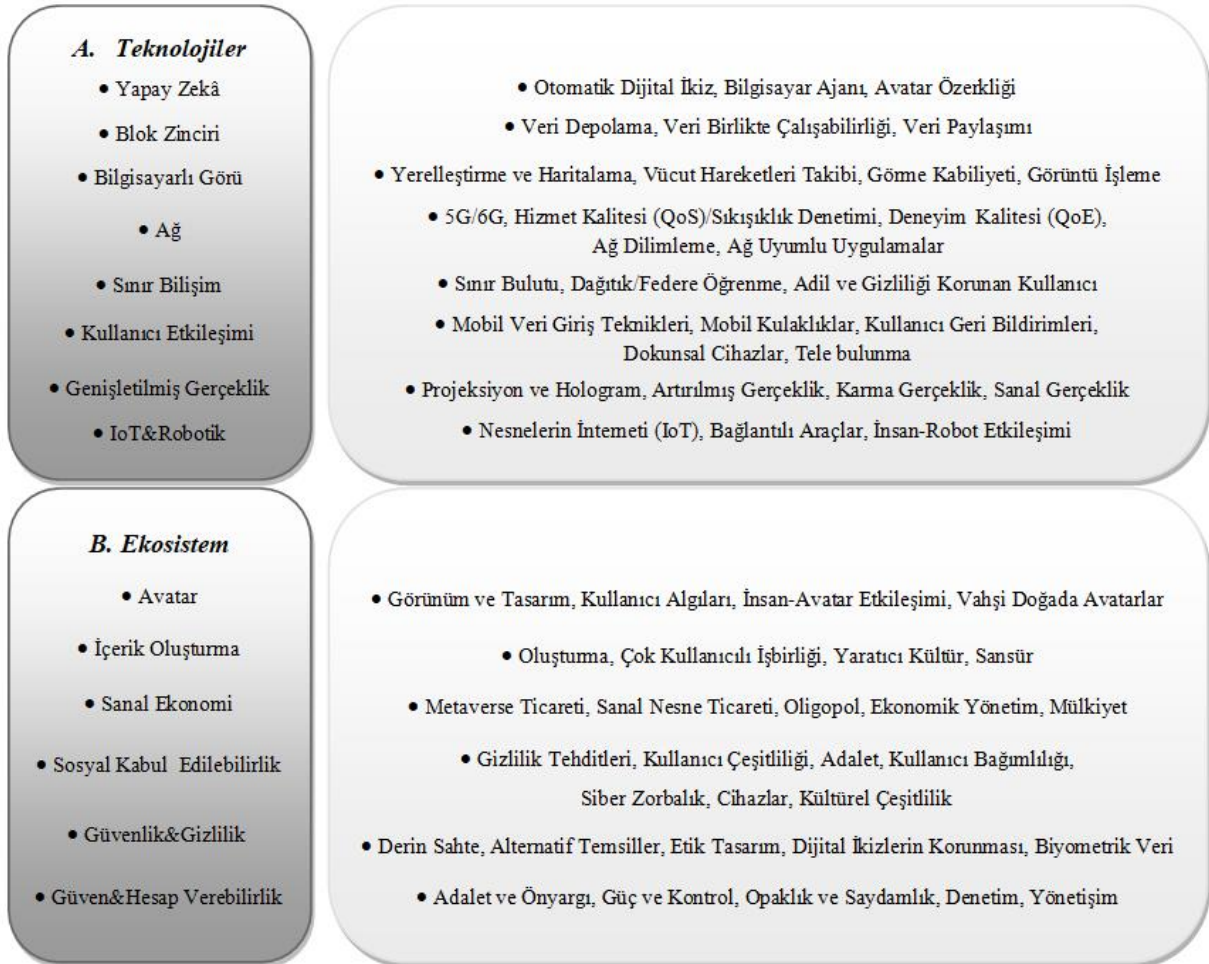
### 3. Metaverse Ekosistemi ve Teknolojileri

Metaverse'ün gelişimi, (I) dijital ikizler, (II) dijital yerliler ve (III) fiziksel-sanal gerçekliğin diğer bir ifadeyle gerçeküstülüğün birlikte varoluşu olmak üzere birbirini izleyen üç aşamayı içermektedir. Buna göre öncelikle sanal ortamlarda çoğaltılan büyük ölçekli ve yüksek kaliteli dijital modeller ve varlıklar olan dijital ikizler, fiziksel gerçekliğin dijital bir kopyası olarak oluşturulur. İkinci aşamada içerik oluşturucular avatarlar tarafından temsil edilebilecek dijital dünyalar içindeki dijital oluşumlara dahil olurlar. Bu oluşumlar fiziksel benzerleri ile ilişkilendirilebileceği gibi yalnızca dijital dünyada da var olabilir. Son aşamada Metaverse bağımsız ancak fiziksel dünya ile entegre kendi kendini idame ettiren kalıcı bir sanal dünya haline gelir (Lee vd., 2021). Bu çerçevede, Metaverse'ün inşa edilme süreci, kapsamlı teknoloji geliştirme ve ekosistem oluşturma çabalarını gerektirmektedir.

Park ve Kim (2022) Metaverse'ü gerçekleştirmek için gerekli olan bileşenleri donanım, yazılım ve içerik olarak üç ana başlık altında sınıflamıştır. Buna göre kullanıcı deneyimini artıracak donanım cihazları; başa takılan ekran (HMD), el girdi cihazları, el dışı girdi cihazları (göz takibi, kafa takibi, ses giriş cihazları vb.) ve hareket girdi cihazları olarak sıralanmıştır. Daha gerçekçi bir ortamı sağlayacak yazılım bileşenleri ise sahne ve nesne tanıma, ses ve konuşma tanıma, sahne ve nesne oluşturma (gerçek hayatta var olan yer veya kişiler ile ejderha ve konuşan sandalye gibi gerçeklik dışı nesnelere), ses ve konuşma sentezleme ve hareket oluşturma (el sıkışma vb.) olarak detaylandırılmıştır. İyi organize edilmiş hikayeler ve kullanıcı tarafından oluşturulan etkinlikler aracılığıyla sürükleyici bir

deneyim sağlamak için kullanılan ve Metaverse'ün devamlılığını sağlayan en temel bileşen ise içeriklerdir. İçerikte, hikaye gerçekliği, sürükleyici deneyim ve kavramsal bütünlük önemlidir. İçerik bileşenlerini ise kullanıcılar tarafından oluşturulan çok modlu içerik temsili (kullanıcı düşünce ve deneyimlerini yansıtan içeriğin işlenmesi), ajan karakteri modelleme (çok modlu jest ve yüz ifadeleri ve karakter yapısı), çok modlu varlık bağlama ve genişletme (olay ve karakterlerin bağlantısı, nedensellik ilişkisi), senaryo oluşturma (ana ve alt olaylar), senaryo popülasyonu ve senaryo değerlendirme (olayların tutarsızlıklarının giderilmesi) olarak sıralamıştır.

Lee vd. (2021) ise yaptıkları çalışmada Metaverse kavramının barındırdığı en son teknolojileri ve Metaverse ekosistemini içeren kapsamlı bir çerçeve sunmuştur. Bu çerçeveye göre Metaverse ekosistemi ve teknolojileri odaklanılan 14 alan üzerinde Şekil 2'deki gibi sınıflanmıştır. Bu alanlar Metaverse ekosistemi ve teknolojileri olmak üzere iki kategori altında ele alınmış ve bu alanlar ile Metaverse arasındaki ilişki açıklanmaya çalışılmıştır.



Şekil 2. Metaverse Ekosistemi ve Teknolojileri.

Kaynak: Lee vd. (2021).

### 3.1. Metaverse'ü Mümkün Kılacak Teknolojiler

Sanal ve fiziksel dünya arasındaki sınır, gelişen teknoloji ile birlikte daha bulanık hale gelmiştir. Bu sınırı daha geniş ölçüde kaldıracak olan Metaverse'ün oluşturulması kapsamlı teknoloji geliştirme çabalarını gerektirmektedir (Lee vd., 2021). Bu bölümde Metaverse'ün

teknoloji yönü altında ele alınan sekiz bileşeni ile ilgili genel bilgiler alt başlıklar halinde sunulmuştur.

**Genişletilmiş gerçeklik (XR)**, fiziksel ve sanal ortamları birleştiren bir dizi aracı içermekte ve sanal, artırılmış ve karma gerçeklik olmak üzere üç alt bölümden oluşmaktadır (Logeswaran vd., 2021).

**Sanal Gerçeklik (VR)**, gerçekliğe alternatif olarak kullanıcılar için duyuşsal ve psikolojik bir deneyim sunmaktadır. Kullanıcıda alternatif bir alanda olmanın hissini sağlamak için kullanılabilir, sürekli büyüyen bir araç ve teknikler setidir (Lin vd., 2019). Bilgisayar faresi, klavye, sese ek olarak hareket sensörleri, dokunsal cihazlar ve başa takılan ekran gibi fiziksel veya diğer arayüzleri dahil ederek sürükleyici öğrenme ortamı, yüksek görselleştirme, konuşma tanıma ve üç boyutlu özellikler sağlayan VR, gerçek yaşam durumlarını çoğaltmanın bir yolu olarak tanımlanmaktadır (Le vd., 2018).

**Artırılmış Gerçeklik (AR)**, kullanıcı, sanal nesnelere oluşan dünyayı gerçek zamanlı olarak görebilmektedir. Bu sanal nesnelere, taşınabilir cihazlar kullanılarak kullanıcının dünyasına entegre edilmektedir. Gerçek zamanlı etkileşimli teknoloji, kullanıcıya sanki fiziksel dünyadaymış gibi sanal nesnelere gerçek nesnelere arasında var olduğu hissini vermektedir. Örneğin, kullanıcı bir masadaki fiziksel bir bardağın yanında duran sanal bir bardağı görebilir. AR'nin en önemli yönü, sanal camın mümkün olduğunca gerçek, sağlam ve güvenilir görünmesidir (Rebbani vd., 2021).

**Karma gerçeklik (MR)**, sanal ve gerçek dünyaların ayrılmasını ele almak için geliştirilmiş bir başka teknolojidir. MR; gerçek ve sanal dünyaların, fiziksel ve dijital nesnelere gerçek zamanlı olarak bir arada var olan ve etkileşime giren yeni ortamlar oluşturmak için birleştiği bir hibrit gerçeklik olarak tanımlanmaktadır. Karma gerçeklik ile oluşturulan bu ortamlar gerçek ve sanal içeriğin bir arada bulunduğu ve gerçek zamanlı olarak etkileşime girdiği bir ortamdır (Yagol vd., 2018).

**Yapay zekâ (AI)**, bir sistemin dış verileri doğru şekilde yorumlama, verilerden öğrenme ve bu öğrenmeleri esnek uyarlama yoluyla belirli hedeflere ve görevlere ulaşmak için kullanıma yeteneği olarak ifade edilmektedir (Kaplan ve Haenlein, 2019). Bununla birlikte, birçok araştırmacının uzun vadeli hedefi, zekâyı yalnızca belirli bir sorundan ziyade herhangi bir soruna uygulama yeteneğine sahip ve bir insan kadar zeki olan yapay bir zekâ yaratmaktır. Bu tür bir yapay zekânın neredeyse her bilişsel görevde insanlardan daha iyi performans göstermesi beklenmektedir (Mohammed, 2019).

Merkezi bir otoriteye sahip olmayan dağıtık bir defter olan **blok zinciri** son yıllarda çeşitli uygulama alanlarında büyük ilgi görmektedir. Blok zincirinin Metaverse için çeşitli fırsatlar getirmesi ve yeni bir teknolojik inovasyon ve endüstriyel dönüşümü tetiklemesi beklenmektedir (Yang vd., 2021). Blok zincir teknolojisi mülkiyetin dijital ispatı, dijital koleksiyonlar, değer transferi, yönetim, erişilebilirlik ve birlikte çalışabilirlik gibi özellikleri dijital bir meta evren oluşturulmasına kolaylık sağlamaktadır. Bu özellikleri ile Metaverse oluşturulmasında blok zincir teknolojileri şeffaf ve ekonomik çözümler sunmaktadır. Blok zinciri ile dikkatleri üzerine çeken ve ana uygulamalardan biri olan kripto paralar ise Metaverse ile gerçek dünya arasında ekonomik bir köprü görevi görerek insanlara daha derin bir sosyal anlam kazandırmaktadır (Binance Academy, 2021; Park ve Kim, 2022).

Bilgisayarlı görü (XR) uygulamalarında, 3D ortamın yeniden oluşturulmasını sağlamak amacıyla kullanıcının ve cihazın konumunu ve yönünü belirlemek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Konum ve ortam oryantasyonunun yanı sıra, XR interaktif sistemi kullanıcıların vücudunu ve pozisyonunu da izlemektedir. Bununla birlikte Metaverse de

kullanıcıların bilgisayarlı görü algoritmaları ile izlenmesini ve avatarlar olarak gösterilmesini sağlamaktadır (Lee vd., 2021).

Teknolojideki gelişmeler üretilen büyük miktarlarda verinin daha hızlı ve güvenli bir şekilde iletilmesine yönelik artan bir ihtiyacı ortaya çıkarmıştır. Sınır bilişim, verileri düşük gecikme süresi ve yüksek bant genişliği ile ileten beşinci nesil (5G) iletişimi temel alan etkileyici bir aktarım hızına sahiptir (Dave vd., 2021). Bu noktada Metaverse içerisinde, hesaplama ağırlıklı görevlerin uzaktan yürütülmesi, büyük veri tabanlarına erişilmesi, otomatik sistemler arasında iletişim kurulması veya kullanıcılar arasında paylaşılan deneyimlerin sunulması için yaygın ağ erişimine ihtiyaç duyulmaktadır. Kullanıcıların gerçeğe en yakın düzeyde Metaverse deneyimini yaşamalarını sağlamak için hücresel ağlar tarafından desteklenen sorunsuz dış mekân mobilite deneyimi çok önemlidir. Bu ihtiyaçların karşılanması büyük ölçüde 5G ve bunun ötesinde 6G gibi ağ teknolojilerinin geliştirilmesine dayanmaktadır (Lee vd., 2021).

**Kullanıcıların etkileşimi (insan-bilgisayar etkileşimi)**, insan kullanımı için etkileşimli bilgi işlem sistemlerinin tasarımı, değerlendirilmesi, uygulanması ve bunları çevreleyen ana fenomenlerin incelenmesi ve bu yolla kullanıcıların dijital varlıklarla etkileşim kurmasını sağlayan bir disiplindir (Gulliksen, 2017). Sanal içeriği görselleştirmenin, değiştirmenin ve paylaşmanın yeni ve en iyi yollarını kullanıcıların deneyimine sunmak için giyilebilir bir AR ekranını giyilebilir bir artırılmış gerçeklik projektörüyle aynı zamanda bu projektörü bir Hololens AR kulaklığı ile birleştiren bir sistem inşa edilmiştir. Bu araç takımı, fiziksel ortama göre içerik yerleşimini yönetmek için bir dizi üst düzey işlevselliği içermektedir (Hartmann vd., 2020).

**Robotik, makine öğrenimi (ML) ve nesnelerin interneti (IoT)** gibi hızla gelişen teknolojiler, yaşam biçimi üzerinde köklü değişimlere yol açabilmektedir. Robotik, emek yoğun işler için programlanmış makineleri içerirken ML, bilgisayarların ve diğer cihazların önceden programlama yapılmadan çalıştığı anlamına gelmektedir. Robotik ve ML'yi entegre etmek, bağımsız olarak çalışan robotların oluşmasını sağlamaktadır. ML teknikleri, istatistiksel olarak örüntü tanıma, parametrik veya parametrik olmayan algoritmalar ve diğer sistemler dahil olmak üzere denetimli ve yarı denetimli öğrenmeden denetimsiz öğrenmeye kadar çeşitlilik göstermektedir (Rayan vd., 2021). IoT ise kablosuz ve kablolu bağlantılar ve benzersiz adresleme şemaları aracılığıyla birbirleriyle etkileşime girebilen ve diğer şeyler/nesnelerle iş birliği yapabilen çeşitli şeylerin/nesnelerin ortamına dikkat çeken bir kavram ve paradigmadır (Patel ve Patel, 2016).

### 3.2. Metaverse Ekosistemi

Ekosistem, gerçek dünyayı yansıtan bağımsız ve meta boyutlu bir sanal dünyayı tanımlamaktadır. Bilgisayar bilimi ve teknolojisi alanı altında avatarlar, sanal alanlarda kullanıcıların dijital temsilini ifade etmektedir. Fiziksel dünyada yer alan insanlar kullanıcı olarak içerik oluşturma gibi çeşitli toplu etkinlikler için XR ve kullanıcı etkileşimi tekniği aracılığıyla sahip oldukları avatarları kontrol edebilmektedir (Lee vd., 2021). Bu noktada insan ve avatar etkileşiminin laboratuvar ortamı dışında (vahşi doğada) doğru bir şekilde sağlanması gerekmektedir.

Metaverse çocuklar, yaşlılar, engelli bireyler gibi ırk, cinsiyet, yaş ve dinden bağımsız olarak herkesi kapsayan çok kullanıcı bir iş birliğidir (Lee vd., 2021). Bu nedenle Metaverse ekosisteminde içerikler, kullanıcı çeşitliliği dikkate alınarak kişiselleştirilmiş bir şekilde oluşturulmalıdır. İnsanlar kişiselleştirilmiş olan bu içerikleri tükettikleri yerden satın almakta, içerik ve satın alma deneyimleri birleşmektedir (Patel ve Locker, 2022). Böylelikle sanal bir ekonomi ortaya çıkmaktadır. Sanal ekonomi kavramı sanal bir evrende sanal ürün



ve hizmetlerin sanal para birimiyle değiş tokuş edilmesi (sanal nesne ticareti) sürecini ifade etmektedir (Nazir ve Lui, 2016). Bu sanal ekonomik sistem içinde birkaç önde gelen teknoloji şirketinin elinde yoğunlaşan pazar payı ile oligopol bir piyasa olabileceği düşünölmektedir.

Metaverse ekosisteminde “sosyal kabul edilebilirlik”, “güvenlik ve gizlilik” yanı sıra “güven ve hesap verebilirlik” ekosistemin oluşturulabilmesi ve sürdürülebilirliğinin sağlanmasında önemli olacağı düşünölen üç kavramdır. Ekosistem, içerik oluşturma ve sanal ekonominin işleyişi açısından gerçek dünyada var olan sosyal normlar ve düzenlemeler ile uyumlu olmalıdır. Örneğin, sanal ekonomideki üretim mülkiyet tarafından korunurken, bu tür üretim sonuçları diğer avatarlar (yani insan kullanıcılar) tarafından kabul edilmeli ve mülkiyetin dijital ispatı mümkün olmalıdır (Lee vd., 2021).

Metaverse ekosistemi içinde kullanıcıların sanal dünyadaki faaliyetlerinin gizlilik risklerine, güvenlik tehditlerine yol açabilecek siber zorbalıklara maruz kalmaması sağlanmalı ve oluşturulacak olan dijital ikizler korunmalıdır. Ayrıca insanların fiziksel özelliklerinin ölçülmesi ile ilgili her şeyi kapsayan ve dijital kimlik terimiyle bir kişinin benzersizliğini kanıtlayan (Wendehorst ve Duller, 2021) biyometrik verilerin gizliliği, ekosisteme duyulan güven ve kabul edilebilirlik açısından önemli bir unsur olarak görölmektedir. Bu nedenle kullanıcının güvende hissetmesi ve ekosistemin sürdürülebilirliği için güçlü bir yönetim ve şeffaf bir hesap verebilirlik mekanizmasının oluşturulması sağlanmalıdır.

#### **4. Metaverse’ü Mümkün Kılacak Teknolojilerin Sağlık Hizmetleri Uygulamaları**

Metaverse, onun gerçekleştirilmesini mümkün kılacak teknolojilerin etkin kullanımı ile birlikte sağlık hizmetlerinin geleceğine yeni yönler kazandırmada yüksek bir potansiyele sahiptir. Sağlık hizmetlerinde bu teknolojiler eğitim, araştırma, hasta bakımı, rehabilitasyon hizmetleri ve klinik uygulamalar gibi pek çok alanda kullanılmaktadır. Bu bölümde ilgili teknolojilerin sağlık hizmetleri uygulama örnekleri alt başlıklar halinde verilmiştir.

##### **4.1. Sağlık Hizmetlerinde Genişletilmiş Gerçeklik (XR) Uygulamaları**

Genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin bileşenleri olarak sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik (VR) uygulamaları, akut ağrı ve kronik ağrının tedavisinde kullanılan opioid ilaçlarına olan ihtiyacı azaltma potansiyeli ile akut ve kronik ağrı yönetimi için farmakolojik olmayan alternatifler veya yardımcı maddeler olarak ortaya çıkmıştır (Trost vd., 2021). Ayrıca VR; sağlık hizmeti sağlayıcılarının ezilme yaralanmaları, bulaşıcı hastalıklar ve hatta afetler gibi çeşitli komplikasyonlar için bir eğitim ortamı sağlayarak bu durumları yönetmeye veya yanıt vermeye hazırlanmasında önemli bir role sahiptir (Duan vd., 2019). VR teknoloji altyapısıyla çalışan, vücuda giyilebilen gözlük, eldiven, kulaklık vb. araçlarla oynanabilen Wii oyunları, Parkinson hastaları gibi fizik tedavi ve rehabilitasyon gerektiren hastaların egzersizlerinde, yanık tedavisi gören hastalar için yoğun dikkat dağıtıcılığı sebebiyle kimyasal olmayan yollardan ağrı kesici tedavisinde ve tekrar aynı özellikten dolayı çocuklarda ağrı yönetiminde, bazı fobiler için maruz bırakma terapilerinde ve kanserli gençlerin kemoterapi diyetleri için eğitim amaçlı kullanılmaktadır. Şikago’da Hines Veterans hastanesi, travmatik beyin yaralanmaları, omurilik yaralanmaları gibi hastalıkları olan gaziler için hastanenin bir bölümünü Wii oyun istasyonuna çevirmiştir (Ma ve Zheng, 2011).

AR, gerçek dünyadan nesnelere, yerler ve varlıklar hakkında sayısallaştırılmış bilgisayar tarafından oluşturulan bilgileri üst üste bindiren kullanıcının öğrenme deneyimini geliştirmek için kullanılan bir VR alt kümesidir. Bu nedenle, fiziksel unsurları ve sanal nesnelere bir araya getirme yeteneği, sağlık hizmetlerinin incelenmesi ve uygulanmasında

onu popüler kılmaktadır (Le vd., 2018). Örneğin günümüzde kullanılan AR'nin pratik bir uygulaması damar görselleştirilmedir. Projeksiyon tabanlı AR teknolojisi kullanan AccuVein, taşınabilir lazer tabanlı bir tarayıcı ile hastaların damar yollarını gerçek zamanlı sanal bir şekilde görüntülemeye yardımcı olarak damar yolu açma işlemini tek seferde kolaylıkla gerçekleştirebilmek için sağlık çalışanlarına rehberlik sağlamaktadır (AccuVein, t.y.).

COVID-19 salgını gibi salgınlarda VR ve AR uygulamalarını ele alan bir çalışma VR ve AR'nin bulaşıcı hastalıkların acil yönetimi için kullanılma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Çalışmada, VR teknolojisi, beceri yönetimini ve güvenlik korumasını geliştirmenin bir yolu olarak insan davranışlarını, enfeksiyon bulaşmasını ve patojen yapısını simüle ederek enfeksiyonları önlemek veya bunlara yanıt vermek için kullanılmıştır. Ayrıca tele-sağlık, telekomünikasyon ve ilaç keşfi, pandemi sırasında VR'nin diğer uygulamaları arasında yer almıştır. AR ise yüksek çözünürlüklü sesli ve görüntülü iletişim sağlamak, uzaktan iş birliğini kolaylaştırmak ve görünmez kavramların görselleştirilmesine olanak sağlamak amacıyla sağlık sektörünün yanı sıra pazarlama, üniversiteler ve okullar dahil olmak üzere çeşitli endüstrilerde de kullanılmıştır (Asadzadeh vd., 2021).

Genişletilmiş gerçeklik uygulamaları sağlık insan gücü yetiştirilmesinde özellikle uygulamalı eğitimlerde önemli yenilikleri beraberinde getirmiştir. Tıp fakültelerinde öğrencilerin daha gerçekçi bir şekilde hasta tedavisini deneyimlemeleri için AR teknolojilerinin yardımı ile simülasyon eğitimleri müfredata dahil edilmeye başlanmıştır (Thomason, 2021a). Veyond Metaverse şirketi, XR teknolojisi, yapay zekâ ve makine öğrenmesi kullanarak nanoteknoloji ile yüksek gerçeklikte sunduğu anatomik görünüm hizmeti ile tıp eğitimi alan öğrencilere, uzmanlara ve cerrahlara bir Metaverse hastanesinde gerçek zamanlı eğitim olanağı tanımaktadır (Veyond Metaverse, t.y.). Seul Ulusal Üniversitesi'nde ise ders pratiği amacıyla anatomi dersi için Metaverse kullanılmıştır. VR ve AR teknolojileri ile öğrencilerin insan vücudunun anatomisine yönelik araştırma ve uygulama şansı ortaya çıkmıştır (Jeon, 2021).

#### **4.2. Sağlık Hizmetlerinde Yapay Zekâ (AI) Uygulamaları**

Tıpta yapay zeka, sanal ve fiziksel olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Sanal yönü; hastalıkların tedavisi için elektronik sağlık kayıtları ve yapay sinir ağı tabanlı karar desteği ile ilgilenirken, fiziksel yönü; ameliyat yapmaktan engelli insanlar için protez olmaya kadar çeşitli tıbbi destekler için robotlar geliştirmeyi ve kullanmayı amaçlamaktadır (Amisha vd., 2019). Sanal yönü ile ilgili karar destek sistemleri, sisteme yüklenen binlerce hastalık vakasından yola çıkarak yapay zekâ teknolojisinin hasta bulgularına ve birtakım belirleyici bilgilere göre olası tanıları hekimlere seçenek olarak sunmasını içermektedir. DeDombal'ın akut gelişen ağrılarda apandisit, peptik ülser, safra kesesi ağrısı, ince bağırsak sorunları gibi tanımlar konulmasında %91,8 doğrulukla çalışan abdominal ağrı sistemi; Pittsburgh Üniversitesi'nde dahiliye alanındaki hastalıkların teşhisi için Internist; enfeksiyon hastalıklarının yönetimi için Mycin; ameliyat sonrası hastaların bakımı için Poems, Birleşik Krallık'ta pediatri için Isabel Klinik Karar Destek Sistemi; medikal risklerin yönetimi için OIRS; askerlere görev yaptıkları yerlere en yakın ilaç, kan ve kan ürünleri, organ gibi gereksinimlerin bulunması için JMAR; acil servis çalışanlarına daha hızlı teşhis koymada yardımcı olabilmek için Galeknow vb. gibi çok sayıda yapay zeka teknolojisi ile geliştirilmiş karar destek sistemleri bulunmaktadır (Zaim Gökbay, 2021). Yapay zeka teknolojisi ile sağlık hizmetlerinde geliştirilen karar destek sistemleri, radyolojik görüntüleme alanında da sıklıkla kullanılmaktadır. Imagen, el bileğinde kırık tespiti; CureMatrix, mamografide tanı; Icometrix, beyin MR analizi; ZebraMed, tomografi görüntülerinde karaciğer yağlanması ve

akciğerde anfizem tanısı; Vuno, kemik yaşı tayini amacıyla radyoloji uzmanlarına teşhis konusunda destek olan uygulama örneklerinden sadece birkaçıdır (Dilmen, 2019).

Yapay zekanın fiziksel yönü kapsamında cerrahi operasyonlardaki fonksiyonlar; ameliyat öncesi planlama, ameliyat esnasında rehberlik ve insan-robot etkileşimi şeklinde sınıflandırılabilir. Ameliyat öncesinde hastalıklı dokuların teşhisi, sınıflandırılması ve kayıt altına alınmasında ResNet-50 ve Darknet-19; ameliyat anında artırılmış gerçeklik teknolojisi ile üç boyutlu görselleştirme, endoskopik görüntüleme ve doku özelliği tayininde AlexNet, HoloLens ve i-Knife; ameliyat anındaki robotik müdahalelerde ise haritalama, modelleme ve insan-robot etkileşimi yönleriyle Da-Vinci, Gestonurse uygulama örnekleri arasında yerini almaktadır (Zhou vd., 2020; Yılmaz ve Ölçer, 2021).

#### **4.3. Sağlık Hizmetlerinde Blok Zincir (Blockchain) Uygulamaları**

Sağlık alanında blok zincir uygulamaları sigorta süreçleri, tedarik zinciri yönetimi, klinik araştırmalar ve tıbbi kayıtlar gibi kapsamlı kullanım alanına yayılmıştır. SafeInsure, PokitDok gibi sağlık sigorta süreçlerindeki blok zincir uygulamaları, adil fiyatlandırma, şeffaf ve güvenilir bir şekilde süreçlerin hızlı ve kolayca işletilmesini amaçlamaktadır. Tedarik zinciri yönetiminde sahte ilaç üreticilerinin önüne geçilmesi, güvenli, verimli ve aynı zamanda çevrimiçi bir tedarik sürecinin sağlanması için mevcut uygulamalar ise FarmaTrust, MediLedger, iSolve-ADLT ve Synthium Health şeklinde örneklendirilebilir. Nebula Genomics, Genome Chain, MedicCoin, Humanscape, Innovative Bioresearch Classic uygulamaları, klinik araştırmalar amacıyla tasarlanan blok zincir platformlarından bir kaçıdır. Bu tür uygulamalar bireyin kendi genom dizilimini anonim bir şekilde araştırmacı kurumlara kripto para karşılığında satması ya da bu kurumlara bağışta bulunarak araştırmalarına fon sağlama ve kişiye özel hastalık tanısı ve ilaç tedavilerinin geliştirilmesi için yapılan çalışmaları içermektedir (Özdenizci Köse, 2021).

Sağlık hizmetlerinde hem hasta dosyaları gibi tıbbi kayıtlardan hem de vücut sensörleri ve diğer uygulamalardan elde edilen tıbbi verilerin dijital ortamlara aktarılması aşamasında, bu bilgilerin güvenliğinin sağlanabilmesi için ilave önlemlerin alınması gereklidir. Veri tabanlarında saklanan sağlık hizmetleri kayıtlarına yalnızca yetkili kişilerce erişebilmesi ve bu kayıtlara erişimlerin izlenmesi gereklidir. Sağlık hizmetleri kayıtları ve bu kayıtlara erişmek için yapılan sorgular, sorgunun denetlenmesini ve bu kayıtların onaysız değişiklik veya kopyalanma riskini en aza indirmek için katı erişim kontrolleri gereklidir. Blok zincir uygulamaları olan akıllı sözleşmeler, dolandırıcılık tespiti ve kimlik doğrulama, sağlık hizmetlerinde var olan bu sorunlara çözüm olmaktadır. MedShare, Med Rec, Healthcare Data Gateways, Virtual Resources ve Trial and Precision Medicine sağlık verilerinin güvenilir ve ölçeklenebilir depolanması, paylaşımı, veri erişimi doğrulama ve güvenliği gibi sağlık hizmetleri için pek çok fayda sağlayan blok zincir uygulama örnekleridir (McGhin vd., 2019).

#### **4.4. Sağlık Hizmetlerinde Bilgisayarlı Görü (Computer Vision) Uygulamaları**

Bilgisayarlı görü, tıpta özellikle tıbbi görüntüleme yaygın olarak kullanılmakla birlikte, hasta veya sağlık çalışanlarının mahremiyeti gibi bazı alanlarda da spesifik kullanımları görülmektedir (Awwad vd., 2019). Bazı hastalıkların cerrahi müdahalesinde ve tedavisinde bilgisayarlı görü kullanılan çok fazla uygulama örneği mevcuttur. Son zamanlarda, üç boyutlu modelleme, hızlı prototipleme, BT ve MR gibi tıbbi görüntüleme yöntemlerinin gelişiminde bilgisayarlı görü önemli bir role sahiptir (Gao vd., 2018).

Literatürde bilgisayarlı görü ile pek çok farklı amaca yönelik çalışmalar yapılmıştır. Chen vd. (2016) yaptıkları çalışmada, bilgisayarlı görü yardımıyla hasta-sağlık personeli temasını

ve kişisel koruyucu ekipman uyumunu ölçmeye çalışmışlardır. Çalışmada, sağlık çalışanlarını ve hareketlerini üç boyutlu izlemek amacıyla Microsoft Kinect ve sağlık çalışanlarının ellerinin hasta yatağına göre konumunu belirlemek için ise bilgisayarlı görü tekniklerinden yararlanılmıştır. Khan vd. (2018) çalışmalarında, Vojta tedavisi (teknigi) sırasında hastanın doğru hareketlerini izlemek için bilgisayarlı görme tabanlı bir sistem önermişlerdir. Önerilen sistemin amacı, hızlı tedavi imkanı yaratmak ve hastaneye erişim sorunları nedeniyle hastane dışında ihtiyaç duyulan terapi için doğru bir alternatif önermektir. Ayrıca, diğer bir önemli amaç ise sağlık kuruluşlarının sık ziyaret edilmesi nedeniyle oluşan ekonomik yükün azaltılmasıdır. Hashimoto vd. (2019) çalışmalarında, bilgisayarlı görü yöntemleriyle birlikte Laparoskopik Sleeve Gastrektomi (LSG) ameliyatının adımlarını belirlemeye çalışmışlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar, derin öğrenme yönteminin, operasyon videolarından LSG adımlarının yüksek doğrulukla belirlenebileceğini ortaya çıkarmıştır.

#### **4.5. Sağlık Hizmetlerinde Ağ (Network) Uygulamaları**

Metaverse içerisinde otomatik sistemler arasında iletişim kurulması, kullanıcılar arasında paylaşılan deneyimlerin sunulması gibi görevlerin yerine getirilmesinde gerekli olan ağ erişimini karşılamada küresel olarak mobil ağları destekleyen beşinci nesil kablosuz iletişim teknolojisi olan 5G önemli bir görev üstlenmektedir. 5G sahip olduğu yüksek hız, düşük gecikme süresi, geniş aralık, kullanılabilirlik ve güvenilirlik gibi performans ölçütleri sayesinde IoT ve AI gibi diğer eşlik eden teknolojilerle birlikte sağlık sektöründe devrim yaratma potansiyeline sahip bir alan olarak görülmektedir (Chamola vd., 2020).

2019 yılında 5G teknolojisinin ticari olarak tanıtıldığı ve kullanılmaya başlandığı Çin’de, 5G ağlarının getirdiği bazı özellikler sayesinde sağlık alanında birçok uygulama gerçekleştirilmiştir. 5G teknolojinin geliştiği dönemde COVID-19 pandemisinin ortaya çıkması ile Çin’de bu teknoloji özellikle salgın önleme ve kontrolünde kilit rol oynamıştır. Sichuan Üniversitesi Batı Çin Hastanesi, China Telecom’un desteğiyle, COVID-19 için 5G+ teledanışma sistemini başlatmıştır. Kunming Tıp Üniversitesi’ne bağlı bir hastane ise, 5G tabanlı "ücretsiz COVID-19 teşhis ve tedavi için çevrimiçi platform" başlatılmıştır. Wuhan Union Hastanesi ve Wuhan Bilim ve Teknoloji Üniversitesi’ne bağlı Tianyou Hastanesi, China Mobile ve CloudMinds tarafından bağışlanan 5G bulut tabanlı akıllı robotları uzaktan hemşirelik, vücut ısısı ölçümü, dezenfeksiyon, temizlik ve ilaç teslimi gibi işleri üstlenmek üzere devreye almıştır (Chunming ve He, 2020).

5G teknolojileri uzaktan bakım, uzaktan teşhis gibi uygulamalar ve bu teknolojiyi destekleyen cihazların kullanımı ile birlikte uzaktan ameliyat uygulamalarının gerçekleştirilebilmesine olanak sağlamaktadır. 2019 yılında Çin’in Fujian eyaletindeki bir cerrahın, yaklaşık 30 mil uzaktaki bir laboratuvar hayvanını ameliyat etmesi dünyanın ilk uzaktan ameliyatı olarak kayıtlara geçmiştir. Cerrahi odadaki robot ile ameliyatı yöneten hekim arasındaki bağlantıyı sağlayan 5G bağlantısı ile yapılan ölçümlerde gecikme süresinin yalnızca 100 milisaniye diğer bir ifadeyle 0,1 saniye olduğu tespit edilmiştir (Humphries, 2019). Çin’de Parkinson hastalığı bulunan bir hastaya 5G teknolojisi kullanılarak uzaktan gerçekleştirilen ilk beyin ameliyatı ile hastanın semptomlarını kontrol etmeye yardımcı olacak bir derin beyin stimülasyonu (DBS) cihazı hastanın beynine yerleştirilmiştir (Yun vd., 2019). Türkiye’de ise 2021 yılında Türk Telekom’un sağladığı 5G ileri teknoloji altyapısı ve akıllı gözlükler yardımıyla “Thuflep Omega” adı verilen teknik kullanılarak gerçekleştirilen çevrimiçi prostat ameliyatı ile bir ilke imza atılmıştır (Gençoğlu, 2021).

#### **4.6. Sağlık Hizmetlerinde Sınır Bilişim (Edge cloud) Uygulamaları**

Günümüzde hastalar, kişiselleştirilmiş ve modern yaşamın hızına uygun bir sağlık sisteminde hizmet almayı talep etmektedir. Sağlık verilerinin gerçek zamanlı olarak toplanması ve analizi için gecikme ve enerji verimliliği gibi gereksinimlerini karşılamada sınır bilişim önemli bir kullanıma sahiptir. Sınır bilişimin her yerde daha hızlı ve kapsamlı tedavi sağlayarak sağlık standartlarının iyileştirilmesi, sağlık sensörlerinin büyük ölçekli dağıtımı sayesinde, özellikle hastalık teşhisi ve hasta izleme için bilgi işlem yetenekleri sağlayabilen cihazların yerleştirilmesiyle veri aktarım maliyetlerinin düşürülmesi, hastanelere ve kliniklere hasta ziyaretlerinin ve gecikme sorunlarının azaltılması gibi pek çok avantajı bulunmaktadır (Hartman vd., 2019).

Sağlık hizmetlerinde müdahale gerektirmeyen ve gizliliği korumaya yönelik çözümlerin uygulanmasında sınır bilişim teknik olarak daha uygun olabilir. Sınır bilişim cihazları IoMT cihazlarından daha fazla hesaplama gücüne sahip olduğundan, hesaplama yoğun güvenlik ve gizlilik yöntemlerini başarıyla birleştirebilmektedir (Almusallam vd., 2021). Mobil sınır bilişim (MEC) ile tıbbi analiz görevi yakındaki uç sunucuya devredilerek, yerel cihazların yükü ortadan kaldırılabilir. Böylelikle MEC, yeterli hesaplama kaynaklarını sağlayarak IoMT'nin kapasitesini artırmaktadır. Ning vd. (2021) evde sağlık takibi için mobil sınır bilişim (MEC) tabanlı bir sistem önermiştir. Bu çalışmada IoMT'yi kablosuz vücut alanı ağlarına (WBAN'lar) ve WBAN'ların ötesi olmak üzere iki alt ağa bölerek maliyet açısından verimli bir evde sağlık takip sistemi oluşturmuştur. Bu sistemde her bir WBAN (wireless body area network/kablosuz vücut alanı ağı) kullanıcısının hesaplama maliyetini göz önünde bulundurarak, görev boşaltma problemini ağırlıklı potansiyel bir oyun olarak modellemiştir.

Sağlık alanında sınır bilişimin diğer önemli uygulamaları ise, tıbbi kaynak yönetimi, tıbbi cihazlar ve 3D uzaktan bilgisayarlı tomografi (CT) görüntüleme ve sağlık otomasyonu gibi akıllı sağlık hizmetlerindedir. Tıbbi yönetimde sınır bilişim ihtiyacı hastaneleri daha kaliteli hasta etkileşimi yöntemleriyle donatmanın yanı sıra ziyaretleri yürütmek ve reçeteleri göndermek için daha sorunsuz bir yol sağlamaktır (Dave vd., 2021).

#### **4.7. Sağlık Hizmetlerinde Kullanıcı Etkileşimi (Human-computer interaction) Uygulamaları**

Kullanıcı etkileşimi (insan-bilgisayar etkileşimi) hem hekimler hem de hastalar için önemi daha da artan bir konu haline gelmiştir. Hekimler, bilgi teknolojilerini daha fazla kullanarak hastalardan gerçek zamanlı bilgi alabilmekte veya operasyonları simüle ederek daha fazla deneyim kazanabilmekte ve işlerini daha da basitleştirebilmektedir. Hastalar ise rehabilitasyon gibi bazı tıbbi süreçlerde bilgi teknolojileri ile desteklenebilmektedir. Böylece, hastaların rehabilitasyon süreci daha keyifli hale getirilebilmekte ve hastalar, tedavinin daha kısa sürede tamamlanması için motive edilebilmektedir (D'Auria vd., 2016).

Mobil sağlık uygulamalarında cihazların hem hastalar hem de sağlık hizmeti sağlayıcıları arasındaki bağlantıyı şekillendirmesi ile, insan-bilgisayar etkileşimi sağlık verilerinin yorumlanmasında ve sağlık hizmetlerinin yaygınlaştırılmasında önemli bir rol üstlenmektedir (Liu, 2019). Farzanfar vd. (2007) çalışmalarında, hastalık şiddetini izlemek ve öz bakımı desteklemek için tasarlanmış bir bilgisayarlı telefon sistemi (computer telephony system) kullanan unipolar depresyonlu hastaların kullanım deneyimlerini değerlendirmişlerdir. Çalışma, depresyonlu hastalarla ilgilenen bir insan sağlığı uzmanı gibi çalışması amacıyla tasarlanmış bilgisayar tabanlı bir telefon sisteminin kullanıcıları olan hastaların tutumlarını araştırmak amacıyla yapılmıştır. D'Auria vd. (2016) ise çalışmalarında, bilek rehabilitasyonu alan hastalar için haptik bir sistem geliştirmişlerdir.

Sistem, bilek oryantasyonunu tanımlamaya ve bilekte algılanan bir eldiven yardımıyla dokunsal bir arayüzden yararlanmaya imkan tanıyacak şekilde geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem sanal gerçeklik ile yapılan bir rehabilitasyon sürecinde rehabilitasyon hedeflerine ulaşılması için hastaların eğitilmesi ve yönlendirilmesine olanak tanımaktadır.

#### **4.8. Sağlık Hizmetlerinde Tıbbi Nesnelerin İnterneti (IoMT) Uygulamaları**

Birbirleriyle iletişim kurmak için internete bağlı sensörler, aktüatörler ve işlemciler topluluğu olarak da tanımlanabilen IoT, sağlık sistemi altyapısının gelişimini desteklemektedir. Sağlık hizmetleri IoT'si olarak da adlandırılan IoMT ise, sağlık hizmetleri bilişim teknoloji sistemlerine bağlı kapsamlı sağlık hizmetleri sunan tıbbi cihazlar ve yazılım uygulamalarının bir birleşimini ifade etmektedir. Son zamanlarda, mobil cihazların bilişim teknoloji sistemleri ile etkileşime girmesini sağlayan Yakın Alan İletişimi (NFC) okuyucularıyla donatılması IoMT uygulamalarında artışa zemin hazırlamıştır. Hastaları uzak bir yerden izleme, ilaç siparişlerini takip etme ve sağlık uzmanlarına iletmek üzere sağlık bilgileri için ilgili giyilebilir cihazları kullanma IoMT uygulamaları arasında sayılabilir. Sağlık sektöründe, sağlık verilerini toplama, analiz etme ve ileme konusunda sağlayabilecekleri ile IoMT teknolojilerinin dönüştürücü potansiyeli fark edilmiştir. Uzaktan hasta izlemeyi kolaylaştırmak için IoMT teknolojilerinin kullanıldığı uygulamalar olan teletıp ve tele sağlık ise klinisyenlerin hastaları herhangi bir fiziksel etkileşime ihtiyaç duymadan değerlendirmelerine, teşhis etmelerine ve tedavi etmelerine olanak tanımaktadır (Chamola vd., 2020; Hodzic vd., 2020).

IoMT uygulamalarını vücut merkezli uygulamalar ve doğrudan insan vücudu ile ilgili olmayan nesne merkezli uygulamalar olarak ele almak mümkündür. Akıllı telefona bağlanabilen yeni düşük maliyetli bir üç boyutlu baskılı stetoskop tasarlanması; hastanın kalp atış hızı, kan basıncı, sıcaklık, kaslar ve glikoz seviyesi gibi sağlık durumlarını tespit edebilen ve gelecekte referans olacak bu verileri saklayabilen gerçek zamanlı bir kablosuz sağlık takip sistemi geliştirilmesi vücut merkezli uygulamalara, tıbbi cihazlarda arızaları tespit etmek ve erken uyarı oluşturmak için IoMT uygulaması geliştirilmesi ise nesne merkezli uygulamalara örnek olarak verilebilir (Al-Turjman vd., 2020; Aguilera-Astudillo vd. 2016; Abdullah vd., 2015; Wang vd., 2015).

#### **5. Sağlık Hizmetlerinin Geleceğine Metaverse'ün Sunduğu Fırsatlar ve Avantajlar**

Sağlık hizmetlerinde Metaverse'ü mümkün kılacak teknolojiler (yapay zekâ, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, nesnelerin interneti, sınır bilişim vb.) eğitim, araştırma, hasta bakımı, rehabilitasyon hizmetleri ve klinik uygulamalar gibi pek çok alanda kullanılmakta olup, Metaverse entegrasyonu ile birlikte birçok fırsat ve avantajı beraberinde getirecektir.

Sanal, artırılmış ve karma gerçeklikler içeren XR teknolojileri, sağlık eğitiminin kalitesini ve sunumunu artırma potansiyeline sahiptir. Bu teknolojileri kullanmak tıp uzmanlarına bir tür kayıp veya olumsuz sonuçla karşılaşma korkusu olmadan güvenli bir alanda pratik yapma imkanı sağlamakta ve daha düşük bir maliyetle yüksek düzeyde etkileşimli öğrenme sağlayabilmektedir (Logeswaran vd., 2021). Eğitim alanında sağladığı diğer bir avantaj, insan kadavralarının ve fiziksel modellerin yalnızca sınırlı sayıda hastalıklı patolojiyi temsil edebilmesi ve tıp fakültelerinde bireysel varyasyonun gerçek aralığının yetersiz ölçümü gibi konularda çözüm olarak kullanılmasıdır. Bu çözüm sayesinde Metaverse teknolojileri ile sanal kadavra temsillerine çoklu patolojiler ve ince anatomik varyasyonlar kolayca eklenebilmektedir (Sheikh vd., 2016). Bunun yanı sıra Metaverse'ün hastaların ana dili farketmeksizin hekimlerle iletişim kurabilmesine imkan sağlaması ile hastaların tanı ve tedavi süreçlerindeki eğitim faaliyetlerinin daha etkili olarak yürütülebileceği öngörülmektedir.

Metaverse’de fiziksel varlıkların gerçek hayattaki dinamik işlevselliğini kapsayan sanal kopyaları olarak dijital ikizler önemli bir yere sahiptir. Sağlık sektöründe dijital ikizlerin cerrahi bakım, araştırma ve eğitimde köklü değişimlere yol açacak bir potansiyele sahip olduğu düşünülmektedir. İnsan vücudunun dinamik gerçek zamanlı dijital bir kopyasının oluşturulması, dijital ikiz üzerinde yeni tekniklerin, aletlerin veya terapilerin hasta için riski en aza indirecek klinik denemeler ile uygulanmasını sağlayabilecektir (Ahmed ve Devoto, 2021). Bu konudaki teknik ve etik zorlukların aşılması ile sağlık hizmetlerinin geleceğinde önemli bir potansiyel barındıracağı açıktır.

Sağlık hizmetlerinde hasta güvenliğinin sağlanması hayati önem taşımaktadır. Bu nedenle sağlık personelinin performansının sürekli izlenmesi ve iyileştirilmesi gerekmektedir. XR teknolojileri, iyileştirme programlarına entegre bir şekilde işleyen standartlaştırılmış bir eğitim sağlayarak personelin gerçekten ilerleme kaydedip kaydetmediği konusunda ayrıntılı bir analitik geri bildirim sunmaktadır (Oxford Medical Simulation, 2021). Sağlık kurumlarının gelecekte Metaverse ile entegre olarak hizmet sunumunda XR uygulamalarını kullanması, kurumların olası sorunları erken fark etmesine ve zararı önleyecek proaktif değerlendirmeler yapabilmesine imkan sağlayacaktır.

Hekimlere hastalıkların teşhisi ve görüntüleme raporlaması konusunda kesinlik sağlayan yapay zeka uygulamaları, sağlık personeli yetersizliği probleminde de umut vadeden bir çözüm niteliği taşımaktadır (Thomason, 2021a). Özellikle COVID-19 pandemisi dünya genelinde birçok ülkede sağlık hizmetlerinde yeterli insan kaynağını sağlama noktasında sorunlara yol açmıştır. Pandemi nedeniyle yaşamını yitiren sağlık çalışanlarının yanı sıra, özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha derinden hissedilen ekonomik kriz ile insan gücü ihtiyacı bulunan refah düzeyi yüksek ülkelere sağlık çalışanlarının yönelmesi bu sorunları daha da tetiklemektedir. Metaverse’ü mümkün kılacak teknolojilerin yaygın olarak kullanılması küresel bir sorun olarak karşımıza çıkan sağlık insan gücü ihtiyacının karşılanmasına da katkı sağlayabilir.

Gerçek veri analitiklerinin karar verme ve politika oluşturma konusundaki önemi yadsınamazdır. Mevcutta var olan dijital sağlık uygulamalarının Metaverse evrenine açılması, beraberinde büyük veri havuzlarını getirerek sağlık ihtiyaçlarının trendleri hakkında daha doğru ve rasyonel karar verme konusunda yardımcı olacak ve sağlığın daha etkin yönetilmesine olanak sağlayacaktır (Thomason, 2021b). Birinci basamak sağlık hizmetlerinin, gelecekte Metaverse’ün potansiyel kullanım alanlarından biri olması beklenmektedir. Sağlık hizmetleri sunumunda sağlığa ayrılan kısıtlı kaynakların etkin kullanımını sağlamada kapı tutucu rolü üstlenen aile hekimliği ve genel pratisyen uygulamaları önemli bir role sahiptir. Özellikle bu hizmetlerin Metaverse ile entegre olarak sunulmasının hem maliyet etkin hizmetleri yaygınlaştırması hem de hizmetlere erişimi kolaylaştırarak sevk sistemini güçlendirmesi beklentisi bulunmaktadır. Bununla birlikte teknolojik gelişmelere paralel olarak psikoterapi hizmetlerinin de Metaverse içerisinde potansiyel bir kullanım alanı olarak yer alması beklenmektedir.

Yapay zeka teknolojisinin cerrahi operasyonlara entegrasyonu sakatlık veya ölümle sonuçlanabilen insana bağlı tıbbi hataların önlenmesine katkıda bulunmakta ve zaman tasarrufu sağlamaktadır (Yılmaz ve Ölçer, 2021). Mevcutta var olan bu uygulamaların Metaverse evreni ile entegrasyonu, hem verimli bir çalışma ile tasarruf sağlanmasına hem de iş yükünün azaltılarak hastalarla geçirilen sürenin optimum düzeyde gerçekleştirilmesine olanak sağlayabileceği öngörülmektedir.

Metaverse’ün sağlık hizmetlerine sunacağı en önemli fırsatlardan biri kimlik gizliliğini sağlayacak şekilde bireylerin sanal evren üzerinden sağlık hizmeti erişimine imkan

tanyabilmesi olacaktır. Şizofreni ve bipolar gibi toplumsal damgalamanın söz konusu olduğu ruhsal hastalıklarda hastalar psikiyatrik yardım almaktan kaçınmaktadır (Çam ve Çuhadar, 2011). Bununla birlikte cinsel yolla bulaşan HIV-AIDS hastalığı ile ilgili olarak hastalığın hızla yayılması, can kayıplarına yol açması, kesin bir tedavisinin olmaması ve ahlaki bir hatadan meydana gelmesi gibi birçok sebep bu hastaların damgalanmasına yol açmakta ve hastalar sağlık hizmetlerinden yararlanma noktasında sorunlarla karşılaşabilmektedir (Oran ve Şenuzun, 2008). Bu hastaların sağlık hizmetlerinin geleceğinde Metaverse'ün katkı sağlayabileceği en önemli hasta grupları arasında yer alacağı öngörülmektedir. Özellikle bu hastaların muayene, izlem, takip ve kontrolü gibi hizmetlerin güvenli ve anonim şekilde sunulabilmesi mümkün hale gelebilecektir.

Metaverse içerisinde sağlık hizmetleri sunumunda yer alabilecek bir diğer hasta grubu ise fizik tedavi ve rehabilitasyon hizmeti alan hastalar olacaktır. Özellikle bu hastaların sağlık kurumlarına ulaşmada yaşadıkları fiziksel zorluklar ve düşme riski göz önünde bulundurulduğunda bu hastaların tedavilerinde etkinliğin sağlanması ve yaşam kalitesinin artırılması noktasında katkılar sağlayabilecektir. Günümüzde hareketi algılayan oyun sensörleri kullanılarak el ve bilek eklemlerini geliştiren interaktif oyunların geliştirilmesi ile fizik tedavi hizmeti vermeye yönelik girişimler bulunmaktadır (Arman vd., 2019). Bu girişimlerin Metaverse içerisinde bir alan olarak oyun ve sağlık alanlarının entegrasyonu ile daha da ileriye taşınacağı beklenmektedir. Özellikle inme sonrası, multiple skleroz ve parkinson gibi hastalıklarda kronik ağrıların tedavisinde Metaverse'ün önemli bir kullanım alanı olması beklenmektedir. Metaverse içinde sağlık hizmetleri sunumunun geleceğinde önemli hedef gruplardan biri çocuklar olacaktır. Çocukların tedavi süreçlerine katılmasında yaşadıkları korku ve kaygı bu süreçlerin etkinliğini olumsuz olarak etkilemektedir. Niteliği itibari ile çocuklara uzaktan sağlanabilecek hizmetlerin çocukların gönüllü katılımını sağlayacak oyun uygulamaları ile bütünleşmesi sağlık hizmetlerinin geleceğinde önemli bir hedef alan olarak yer alacağı öngörülmektedir.

Sağlık hizmetlerine erişimde yaşanan mevcut sorunlara çözüm üretebilmek için Türkiye'de de önemli gelişmeler kaydedilmektedir. 2022 yılında yürürlüğe giren Uzaktan Sağlık Hizmetlerinin Sunumu Hakkında Yönetmelik kapsamında sağlık hizmetlerinin mekândan ve coğrafyadan bağımsız olarak son teknolojiler kullanılarak sunulması amaçlanmıştır. Bu Yönetmelikte niteliği itibari ile uzaktan sağlık hizmetleri kapsamına alınacak alt hizmetlere yer verilmiştir. Tıbbi gözlem, izlem ve takip, tıbbi danışmanlık, konsültasyon, teşhis edilmiş hastalıkların kontrolü, çeşitli klinik parametrelerin (kan şekeri ve kan basıncı) değerlendirilmesi, sağlık riski yüksek kişilerin (ileri yaşlılar vb.) değerlendirme ve takibi, sağlığın korunması hizmetleri, sağlık verilerinin ölçümü, e-reçete ve e-rapor düzenlenmesi gibi hizmetler uzaktan verilebilecek hizmetler kapsamında değerlendirilmiştir. Bu ve benzeri gelişmeler ile Metaverse'ün inşa edilmesi çabalarının devlet düzeyinde benimsenmesi ve uygulanması, sağlık hizmetlerinde paradigma değişimini kolaylaştıracak ve bu sürece daha hızlı adaptasyonu sağlayacaktır.

Metaverse ile sağlık turizmi faaliyetlerinin kapsamının genişlemesi beklenmektedir. Bu çerçevede çeşitli sağlık hizmetleri için farklı ülkelere ziyarette bulunmayı düşünen potansiyel sağlık turistleri için sanal evrende destinasyon ülkeleri ve hizmet almayı düşündüğü sağlık kuruluşları hakkında avatarları aracılığı ile bilgi alması mümkün hale gelecektir. Ayrıca uzaktan sağlık hizmetlerine uygun olan tanı, teşhis ve tedavi süreçlerinin sanal ortamda gerçekleştirilebilmesi ile sağlık turizminde paradigma değişimi olması beklenmektedir. Sağlık turizminin başlıca sorunlarından biri olan dil problemi, Metaverse teknolojileri ile kolaylıkla aşılabileceğinden tedavi süreçlerinde hasta-hekim iletişiminin etkinliğinin artabileceği öngörülmektedir.



## 6. Sağlık Hizmetlerinin Geleceğinde Metaverse'ün Olası Dezavantajları ve Zorlukları

Sağlık hizmetleri geleceğinde mevcut teknolojilerin Metaverse entegrasyonu ile birlikte sağlayacağı avantaj ve fırsatlar yanında bazı zorlukları beraberinde getirmesi söz konusudur. Metaverse'ün hayatımıza yerleşip yaygınlaşması ile birlikte herkes tarafından güvenilir bir kaynaktan erişilebilir olması gerekmektedir. Ancak bu gerekliliğin sağlanması için sistem alt yapısında kullanılan teknolojinin süreklilik arz eden bir şekilde geliştirilmesi elzemdir (Nalbant ve Uyanık, 2021). Dolayısıyla sağlık hizmetlerinin sürdürülebilirliğini sağlayabilmesi için ülkelerin nitelikli iş gücü, teknolojik altyapı ve güvenlik kaynaklarına sahip olması ve teknolojik gelişmeleri uygulaması gibi gereklilikler, mevcut maliyet unsurlarına ilaveten bir yük oluşturacaktır. Kuş (2021) çok sayıda kişi tarafından izlenen Metaverse ile ilgili bir Youtube videosuna yapılan yorumlar üzerinden gerçekleştirilen içerik analizinde Metaverse evreninin sunduğu sanal gerçeklik algısının insanlarda sanal bağımlılıklar yaratabileceği, kişide gerçeklik ve zaman algısını yok ederek psikolojik rahatsızlıklara yol açabileceği yönünde bir kaygı oluşturduğu tespit edilmiştir.

Günümüzde birtakım görüntülü iletişim programları ile birbirinden kilometrelerce uzaklıktaki insanların anlık olarak bir araya gelip toplantı yapabildikleri gibi XR teknolojisinin sunduğu süper gerçeklik sayesinde de benzer şekilde sosyal yaşantıya devam edilebilecektir. Fakat bu gerçekliğin, insanların yüz yüze görüşme yoluyla sosyalleşmelerini engelleyeceği ve fiziki anlamda sosyal bir izolasyona sokacağı endişesi bulundurmaktadır (Slater vd., 2020). Ayrıca sanal ve gerçek dünya arasındaki ayrım bulanıklaştıkça, kullanıcıların “gerçek ben” kimlikleriyle ilgili kafa karışıklığı yaşayabileceği özellikle kişi, sanal gerçeklikte yaşadığı sosyal ilişkilerinden memnunsam gerçek dünyadaki ilişkilerini ihmal etme veya ilişki kurmak istememe gibi problemlere yol açabileceği düşünülmektedir (Kye vd., 2021). Metaverse'ün sanal ve fiziksel dünya ayrımını ortadan kaldıracak bir yöne sahip olması XR uygulamaları ile yaşanan bu sorunların daha da derinleşebileceği endişesini ortaya çıkarmaktadır.

Metaverse evreninin insanları cezbederek zaman algılarını yitirmelerine yol açacağı; sonuç olarak fiziksel sağlıklarını ve sorumluluklarında bulunan aile bireylerini ihmal edebilecekleri hatta taklit yoluyla gerçek dünyada yapmayacakları eylemlerde bulunarak birtakım davranış bozuklukları geliştirebilecekleri düşünülmektedir. İnsanların, sanal gerçeklik dünyasında beklenmeyen ve öncesinde uyarılmadıkları şekilde korku yaratabilecek manzaralara maruz bırakılması travmalara dayalı birtakım stres bozukluklarına yol açabilecektir (Slater vd., 2020). Metaverse evreninde AR uygulamalarındaki büyük gecikme genellikle sanal nesnelerin amaçlanan pozisyonun gerisinde kalmasına neden olabilecek, bu da hastalık ve baş dönmesi gibi çeşitli sağlık problemlerine yol açabilecektir (Li ve Zhou, 2016). Ayrıca daha önce yapılan çalışmalarda tıpta yapay zeka uygulamalarının insanlarda işini kaybetme endişesi yaratması ve sistemlerin insan dokunuşundan, empati ve duygusal zekadan yoksun olması gibi olumsuzluklara yol açtığı da bilinmektedir (Amisha vd., 2019).

Metaverse üzerinde oluşturulan avatarın istenilen zamanda açılıp kapatılabileceği, sistem üzerindeki verilere kimlerin erişim sağlayabileceği, kullanıcıları koruyan bir mekanizma olup olmayacağı gibi konularda etik ikilemler bulunmaktadır. Bu nedenle Metaverse evreninin sağlık hizmetlerine sağlayacağı faydalar odaklı düşünmenin ötesinde kişisel verilerin korunduğu ve mahremiyet ihlallerine karşı güvenlik gerekliliklerinin de sağlanması için teknoloji şirketlerinin hukuk uzmanları ile multidisipliner bir iş birliği içerisinde olması gereklidir (Thomason, 2021c).

Metaverse'ü mümkün kılacak teknolojilerinden biri olan IoT cihazlarının kullanımı, sağlık kurumları için güvenlik ve gizlilik açısından birtakım dezavantajlar barındırmaktadır.

Cihazın kullanımı sırasında ağda veri aktarımı yapılırken, bir bilgisayar korsanının verilere erişebilmesi ve orijinal verileri değiştirmesi mümkündür. Üçüncü şahıslar tarafından oluşturulan ve kişinin hayatını tehdit edebilecek yanlış veriler nedeniyle kişi ihtiyaç duyduğunda akıllı sağlık hizmetlerinden yeterli desteği alamayabilmektedir. Bu duruma çözüm olarak, sağlık kurumlarında kullanılan IoT cihazları için verilerin aktarımında güçlü bir veri aktarım protokolünün oluşturulması gereklidir (Rudra, 2020).

Metaverse'ü uygulamada kullanılacak teknolojilerinden biri olan blok zincirleri, günümüzde pek çok kişi tarafından bilinen ve herkesin katılımına açık ekosistemlerdir. Sağlık sektöründe tıbbi bilgilerin gizliliği, hasta mahremiyeti açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle özellikle sağlık kurumlarında halka açık blok zincirlerin varlığının gizlilik ve mahremiyet açısından olumsuzluklara yol açacağı düşünülmektedir. Örneğin; klinik enstitüler son derece gizli ve hassas verileri ele aldığı için dış çevreleri ile iletişim kurmak istemezler. Genellikle bu sebeple tıbbi kuruluşlar herkesin erişebileceği ve katılabileceği bir ağa dahil olmak istemeyebilir. Dolayısıyla, sağlık kurumları için halka açık blok zincirleri yerine ağa katılım sağlayabilmek için izin almayı gerektiren özel/tescilli blok zinciri olarak adlandırılan başka bir blok zinciri türünün kullanılması daha uygun bulunmaktadır (Mamun, 2022).

Sağlık alanında Metaverse'ün olası dezavantajlarından birisi de ilgili teknolojileri kullanarak uygulama ve içerik oluşturmak için gereken maliyet ve kaynaklardır (Dorri, 2017). Örneğin; sağlık hizmetlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş olan sanal gerçeklik cihazlarının düzgün çalışması ortalamanın üzerinde teknik özellikler gerektirmekte bu durum ise kullanılacak olan VR cihazının maliyetini artırmaktadır. Ayrıca kitlesel benimsemenin maliyeti ise blok zincirinin sağlık sektöründe yaygınlaşması noktasında dezavantajlı konuma düşmesine sebep olmaktadır. Şu anda blok zincir teknolojilerinden yararlanmak için tasarlanmış herhangi bir sistem bulunmamaktadır. Yeni yazılım oluşturmanın maliyeti, temel uygulamalar için 10.000 ABD doları ile sağlık sektöründe kullanılacak karmaşık işlevselliğe sahip benzersiz yazılımlar için ise 800.000 ABD dolarını aşan yüksek bir maliyet taşımaktadır (Mamun, 2022).

Maliyetin getirdiği dezavantajın yanı sıra Metaverse içerisinde kullanılacak teknolojilerin uygulanması zaten yüksek düzeyde uzmanlık eğitimi gerektirmekteyken sağlık alanında bu teknolojilerin geliştirilebilmesi kapsamlı bir sağlık insan gücü eğitimini zorunlu kılmaktadır. Birbirinden farklı uzmanlık alanlarının tek bir kişide olması zor olduğundan bu noktada bir uygulama geliştirilmesi teknik anlamda multidisipliner bir ekip çalışması gerektirmektedir. Buna göre Metaverse ekosistemi içerisinde sağlık hizmetleri gereksinimlerine uygun içerik oluşturulabilmesi için tasarımcıların çalışması gerekecektir. Bununla birlikte inşa edilen ekosistemin anlam kazanabilmesi için hekimler, klinisyenler ve araştırmacılara ihtiyaç duyulacaktır. Sağlık hizmetlerinin Metaverse ile entegre olacağı bir gelecekte insan gücü talebinin karşılanmasının bu gereklilikler doğrultusunda oldukça zor olacağı öngörülmektedir.

## 7. Sonuç

COVID-19 pandemisinin getirdiği kısıtlamalar eğitim, iş hayatı, sosyalleşme ve sağlık gibi pek çok alanda Metaverse'den beklentilerin artmasına ve bu alanda yatırımların yapılmasına yol açmıştır. Pandeminin dünya genelinde sağlık sistemleri üzerindeki yıkıcı etkisi sağlık hizmetleri sunumunda işgücü, ilaç ve tıbbi cihaz gibi pek çok kaynağa erişimde güçlükleri beraberinde getirmiştir. Diğer alanlarda olduğu gibi sağlık hizmetlerinde karşılaşılan sorunlara çözüm bulmak ve beklentileri karşılamak üzere günümüzde yapay zekâ, genişletilmiş gerçeklik, nesnelerin interneti, blok zinciri, sınır bilişim gibi farklı

teknolojilerden faydalanarak bu alanlarda çözüm üretmeye yönelik girişimler ortaya konmuştur.

Sağlık hizmetleri sunumunda yeni bir çağı başlatan uzaktan sağlık hizmetleri (telesahlık, teletıp ve telebakım) uygulamalarının sanal evrenle bütünleşmesi ile bu alana daha fazla kaynak ayrılması, artan ilgi ve kullanımı beraberinde getirecektir. Bu çalışmada henüz erken evrede olan Metaverse'ü mümkün kılacak teknolojiler (yapay zeka, genişletilmiş gerçeklik, blok zincir vb.) ile bunlara ilişkin mevcut uygulamalar kapsamlı olarak ele alınmıştır. Özellikle sanal evren üzerinde mevcut durumda kaydedilen gelişmeler, uygulamalar, planlar ve beklentiler ortaya konulmuştur.

Bu çalışmada yaşanan teknolojik dönüşümün Metaverse çatısı altında bir bütün olarak uygulanmasının sağlık hizmetlerinin geleceğine nasıl yön verebileceği, ilgili teknolojilerin sağlık hizmetlerindeki mevcut ve potansiyel kullanım alanları, sunduğu fırsatlar ve barındırdığı zorluklar değerlendirilmiştir. Bu kapsamda damgalama korkusu yaşayan hastalar, fiziksel olarak bir sağlık kurumuna ulaşmada güçlük yaşayan hastalar (fizik tedavi uygulanan hastalıklar), inme sonrası, Multiple Skleroz ve Parkinson gibi hastalıklara bağlı kronik ağrısı bulunanlar, ileri yaşlılar ve çocuklar Metaverse'de sağlık hizmetleri sunumu için potansiyel hedef hasta grupları olarak öngörülmüştür.

Sağlığın teşviki ve korunması, teşhis, tedavi ve rehabilitasyon hizmetlerini bir arada verildiği birinci basamak sağlık hizmetlerinin Metaverse ile entegre olarak sunulması ile hem maliyet etkin hizmetlerin yaygınlaşabileceği hem de hizmetlere erişimin kolaylaşabileceği öngörülmektedir. Bununla birlikte Metaverse ile sağlık hizmetlerinde tedavi etkinliği, maliyet, sağlık iş gücü, eğitim ve hasta memnuniyeti gibi pek çok konuda potansiyel gelişmeler yaşanması beklenmektedir. Özellikle sağlık insan gücü kaynağı açısından yetersiz durumda olan ülkelerin sağlık sektöründeki işgücü ihtiyacını karşılamada bu teknolojilerin katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca Metaverse ile sağlık hizmetleri sunumunun fiziksel olarak yürütülmesinde ortaya çıkan sağlıkta şiddet eylemleri önlenerek çalışanlara güvenli bir çalışma ortamı sunulması beklenen olası katkılardan biridir. Bu fırsatlara ek olarak Metaverse ile sağlık turizmi faaliyetlerinin kapsamının da genişlemesi beklenmektedir. Bu kapsamda sağlık turistlerinin destinasyon ülkeleri zaman ve mekân sınırlaması olmaksızın ziyaret edebilmesi ve dil probleminin Metaverse teknolojileri ile kolaylıkla aşılması ile sağlık turizminde paradigma değişiminin yaşanması beklenmektedir. Metaverse ile sağlanabilecek katkılar ve fırsatların yanı sıra, bu teknolojilerin çeşitli olumsuz yansımaları ve zorlukları da yapılan bu çalışmada ele alınmıştır. Buna göre Metaverse teknolojilerinin kullanım maliyeti, mahremiyet ihlalleri, veri gizliliği ve güvenliği gibi kritik konularda zorlukları barındırabileceği değerlendirilmiştir. Ayrıca Metaverse'ün yoğun kullanımı ile birlikte bireylerde sanal bağımlılık, sosyal izolasyon, davranış bozuklukları, artan kaygı ve stres gibi pek çok olumsuz durumun gelişebileceği değerlendirilmiştir.

Sonuç olarak büyük fırsatları ve zorlukları bir arada barındıran Metaverse'ün sağlık hizmetleri geleceğinde yer edineceği açıktır. Ancak bu zorlukların aşılması ve fırsatların doğru yönde değerlendirilmesi gerekmektedir. Çalışmada dünya genelinde ilgi duyulan ve birçok sektörde yaygınlaşan Metaverse kavramı bu kavramın varlığını mümkün kılacak ekosistem ve teknolojileri ile sağlık hizmetleri geleceği perspektifinde farklı açılardan ele alınmıştır. Bu çalışmanın Metaverse'ü sağlık hizmetleri açısından ele alan sınırlı literatüre katkı sağlaması ve sağlık hizmetleri geleceğindeki potansiyel fırsatlar hakkında gelecek çalışmalar için farkındalık oluşturmaları beklenmektedir.

**Kaynakça**

1. Abdullah, A., Ismael, A., Rashid, A., Abou-ElNour, A., Tarique, M. (2015). Real time wireless health monitoring application using mobile devices. *International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC)*. 7(3), 13-30. <https://doi.org/10.5121/ijcnc.2015.7302>.
2. AccuVein t.v. AccuVein vein visualization: The future of healthcare is here. <https://www.accuvein.com/why-accuvein/ar/>, Erişim Tarihi: 22.01.2022.
3. Aguilera-Astudillo, C., Chavez-Campos, M., Gonzalez-Suarez, A., Garcia-Cordero, J.L. (2016). A low-cost 3-D printed stethoscope connected to a smartphone. 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). (pp. 4365-4368). IEEE; Orlando, FL, USA.
4. Ahmed, H., Devoto, L. (2021). The potential of a digital twin in surgery. *Surgical Innovation*. 28(4), 509-510. <https://doi.org/10.1177/1553350620975896>.
5. Almusallam, N., Alabdulatif, A., Alarfaj, F. (2021). Analysis of privacy-preserving edge computing and internet of things models in healthcare domain. *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, <https://doi.org/10.1155/2021/6834800>.
6. Al-Turjman, F., Nawaz, M.H., Ullusar, U.D. (2020). Intelligence in the internet of medical things era: A systematic review of current and future trends. *Computer Communications*. 150, 644-660.
7. Amisha, P.M., Pathania, M., Rathaur, V.K. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of Family Medicine and Primary Care*. 8(7), 2328-2331.
8. Arman, N., Tarakci, E., Tarakci, D., Kasapcopur, O. (2019). Effects of video games-based task-oriented activity training (Xbox 360 Kinect) on activity performance and participation in patients with juvenile idiopathic arthritis: a randomized clinical trial. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 98(3), 174-181. <https://doi.org/10.1097/PHM.0000000000001001>.
9. Asadzadeh, A., Samad-Soltani, T., Rezaei-Hachesub, P. (2021). Applications of virtual and augmented reality in infectious disease epidemics with a focus on the COVID-19 outbreak. *Informatics in Medicine Unlocked*. 24, 100579. <https://doi.org/10.1016/j.imu.2021.100579>.
10. Awwad, S., Tarvade, S., Piccardi, M., Gattas, D.J. (2019). The use of privacy-protected computer vision to measure the quality of healthcare worker hand hygiene. *International Journal for Quality in Health Care*. 31(1), 36-42. <https://doi.org/10.1093/intqhc/mzy099>.
11. Balasubramanian, S. (2021). The next frontier for healthcare: Augmented reality, virtual reality, and the metaverse. *Forbes*. <https://www.forbes.com/sites/saibala/2021/11/29/the-next-frontier-for-healthcare-augmented-reality-virtual-reality-and-the-metaverse/?sh=11b7f67c2894>, Erişim Tarihi: 07.02.2022.
12. Barry, D.M., Ogawa, N., Dharmawansa, A., Kanematsu, H., Fukumura, Y., Shirai, T., et al. (2015). Evaluation for students' learning manner using eye blinking system in metaverse. *Procedia Computer Science*. 60, 1195-1204. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.08.181>.
13. Binance Academy (2021). 4 blockchain and crypto projects in the metaverse. <https://academy.binance.com/en/articles/blockchain-and-crypto-projects-in-the-metaverse>, Erişim Tarihi: 23.01.2022.
14. Bogost, I. (2021). The metaverse is bad. *The Atlantic*, <https://www.theatlantic.com/technology/archive/2021/10/facebook-metaverse-name-change/620449/>, Erişim Tarihi: 21.01.2022.
15. Chamola, V., Hassija, V., Gupta, V., Guizani, M. (2020). A comprehensive review of the COVID-19 pandemic and the role of IoT, drones, AI, blockchain, and 5G in managing its impact. *IEEE Access*. 8, 90225-90265. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2992341>.
16. Chen, J., Cremer, J.F., Zarei, K., Segre, A.M., Polgreen, P.M. (2016). Using computer vision and depth sensing to measure healthcare worker-patient contacts and personal protective equipment adherence within hospital rooms. *Open Forum Infectious Diseases*. 3(1), ofv200. <https://doi.org/10.1093/ofid/ofv200>.
17. Chunming, Z., He G. (2020). 5G applications help China fight against COVID-19. *China Academy of Information and Communications Technology*. 1-4.
18. Coombs, B. (2022). CVS files to trademark its pharmacy and health clinics in the metaverse, <https://www.cnbc.com/2022/03/04/cvs-files-to-trademark-its-pharmacy-and-health-clinics-in-the-metaverse-.html>, Erişim Tarihi: 29.03.2022.
19. Çam, O., Çuhadar, D. (2011). Ruhsal hastalığa sahip bireylerde damgalama süreci ve içselleştirilmiş damgalama. *Psikiyatri Hemşireliği Dergisi*. 2(3), 136-140.
20. D'Auria, D., Persia, F., Siciliano, B. (2016). Human-computer interaction in healthcare: How to support patients during their wrist rehabilitation. 2016 IEEE Tenth International Conference on Semantic Computing (ICSC). (pp. 324-327). IEEE; Laguna Hills, CA, USA. <https://doi.org/10.1109/ICSC.2016.21>.
21. Dave, R., Seliya, N., Siddiqui, N. (2021). The benefits of edge computing in healthcare, Smart Cities, and IoT. *arXiv preprint arXiv:2112.01250*.

22. Dilmen, N. (2019). Radyolojide yapay zekâ. In Melih Bulut vd. (Eds.), Sağlık bilimlerinde yapay zeka (pp. 61-66). Çağlayan Kitabevi, İstanbul.
23. Dorri, M. (2017). Healthcare research: VR and AR. *British Dental Journal*. 222, 224–225. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2017.145>.
24. Duan, Y.Y., Zhang, J.Y., Xie, M., Feng, X. B., Xu, S., Ye, Z.W. (2019). Application of virtual reality technology in disaster medicine. *Current medical science*, 39(5), 690-694. <https://doi.org/10.1007/s11596-019-2093-4>.
25. Farzanfar, R., Frishkopf, S., Friedman, R., Ludena, K. (2007). Evaluating an automated mental health care system: making meaning of human–computer interaction. *Computers in Human Behavior*. 23(3), 1167-1182. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.11.015>.
26. Gao, J., Yang, Y., Lin, P., Park, D.S. (2018). Computer vision in healthcare applications. *Journal of Healthcare Engineering*. 2018, 5157020. <https://doi.org/10.1155/2018/5157020>.
27. Gençoğlu, F. (2021). Türk Telekom'un 5G bağlantısı ile çevrim içi ameliyat gerçekleştirildi. <https://www.aa.com.tr/tr/sirkethaberleri/bilisim/turk-telekomun-5g-baglantisi-ile-cevrim-ici-ameliyat-gerceklestirildi/668281>, Erişim Tarihi: 12/01/2022.
28. Gulliksen, J. (2017). Institutionalizing human-computer interaction for global health. *Global Health Action*, 10(sup3), 1344003. <https://doi.org/10.1080/16549716.2017.1344003>.
29. Hartmann, J., Yeh, Y. T., Vogel, D. (2020). AAR: Augmenting a wearable augmented reality display with an actuated head-mounted projector. *UIST '20: Proceedings of the 33rd Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*. (pp. 445-458). USA: Virtual Event. <https://doi.org/10.1145/3379337.3415849>.
30. Hartmann, M., Hashmi, U.S., Imran, A. (2019). Edge computing in smart health care systems: Review, challenges, and research directions. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*. e3710. <https://doi.org/10.1002/ett.3710>.
31. Hashimoto, D.A., Rosman, G., Witkowski, E.R., Stafford, C., Navarrete-Welton, A.J., Rattner, D.W., et al. (2019). Computer vision analysis of intraoperative video: automated recognition of operative steps in laparoscopic sleeve gastrectomy. *Annals of surgery*. 270(3), 414. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000003460>.
32. Hodzic, M., Brennan, J., Enis, D. (2020). Sensor-enabled smart suit electronic IoT design platform with emergency services application. In Fadi Al-Turjman (Eds.), *Wireless medical sensor networks for IoT-based eHealth* (pp. 2-21). IET Book Series on e-Health Technologies. The Institution of Engineering and Technology, London.
33. Humphries, M. (2019). China performs first 5G remote surgery. <https://www.pcmag.com/news/china-performs-first-5g-remote-surgery>, Erişim Tarihi: 25/01/2022.
34. Jeon, J.H. (2021). A study on education utilizing metaverse for effective communication in a convergence subject. *International Journal of Internet, Broadcasting and Communication*. 13(4), 129-134. <http://dx.doi.org/10.7236/IJIBC.2021.13.4.129>.
35. Kaplan, A.M., Haenlein, M. (2019). Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence. *Business Horizons*. 62 (1), 15-25. <https://doi.org/10.1016/j.bushor.2018.08.004>.
36. Khan, M.H., Helsper, J., Farid, M.S., Grzegorzec, M. (2018). A computer vision-based system for monitoring Vojta therapy. *International journal of medical informatics*. 113, 85-95. <https://doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2018.02.010>.
37. Kim, J. (2021a). Advertising in the metaverse: Research. *Journal of Interactive Advertising*. 21(3): 141-144. <https://doi.org/10.1080/15252019.2021.2001273>.
38. Kim, S. (2021b). South Korea's approach to the metaverse. <https://thediplomat.com/2021/11/south-koreas-approach-to-the-metaverse/>, Erişim Tarihi: 20.01.2022.
39. Kuş, O. (2021). Metaverse: “Dijital büyük patlamada” fırsatlar ve endişelere yönelik algılar. *Intermedia International E-Journal*. 8(15), 245–266. <https://doi.org/10.21645/intermedia.2021.109>.
40. Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y., Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*. 18, 32. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.32>.
41. Le, D.-N., Le, C., Tromp, J., Nguyen, G. (2018). Emerging technologies for health and medicine- virtual reality, augmented reality, artificial intelligence, internet of things, robotics, industry 4.0. John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA.
42. Lee, L.-H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., et al. (2021). All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Journal of Latex Class Files*. 14(8), 1–66. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.11200.05124/8>.

43. Li, L., Zhou, J. (2016). Virtual reality technology based developmental designs of multiplayer-interaction-supporting exhibits of science museums: taking the exhibit of " virtual experience on an aircraft carrier" in China science and technology museum as an example. VRCAI '16: Proceedings of the 15th ACM SIGGRAPH Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry. 1: 409–412. <https://doi.org/10.1145/3013971.3014018>.
44. Lin, H.T., Li Y.I., Hu W.P., Huang C.C., Du Y.C. (2019). A scoping review of the efficacy of virtual reality and exergaming on patients of musculoskeletal system disorder. *Journal of Clinical Medicine*. 8(6), 791. <https://doi.org/10.3390/jcm8060791>.
45. Liu, P., Fels, S., West, N., Görges, M. (2019). Human computer interaction design for mobile devices based on a smart healthcare architecture. arXiv preprint arXiv:1902.03541.
46. Liu, Z., Ren, L., Xiao, C., Zhang, K., Demian, P. (2022). Virtual reality aided therapy towards health 4.0: A two-decade bibliometric analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 19(3), 1525. <https://doi.org/10.3390/ijerph19031525>.
47. Logeswaran, A., Munsch, C., Yu Jeat Chong, C., Neil RalphD, N., McCrossnan, J. (2021). Education and training the role of extended reality technology in healthcare education: Towards a learner-centred approach. *Future Healthcare Journal*. 8(1), e79–8. <https://doi.org/10.7861/fhj.2020-0112>.
48. Ma, M., Zheng, H. (2011). Virtual reality and serious games in healthcare. In Sheryl Brahnam, Lakhmi C. Jain (Eds.), *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare 6* (pp. 169–189). Springer, Berlin.
49. Mamun, Q. (2022). Blockchain technology in the future of healthcare. *Smart Health*. 23: 100223. <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2021.100223>.
50. McGhin, T., Choo, K.K.R., Liu, C.Z., He, D. (2019). Blockchain in healthcare applications: Research challenges and opportunities. *Journal of Network and Computer Applications*. 135, 62-75. <https://doi.org/10.1016/j.jnca.2019.02.027>.
51. Mohammed, Z. (2019). Artificial intelligence definition, ethics and standards. *Electronics and Communications: Law, Standards and Practice*. 1-10.
52. Nalbant, K.G., Uyanık, Ş. (2021). Computer vision in the metaverse. *Journal of Metaverse*. 1(1), 9–12.
53. Nazir, M. ve Lui M.C.S. (2016). A brief history of virtual economy. *Journal of Virtual Worlds Research*. 9 (1), 1-24. <https://doi.org/10.4101/jvwr.v9i1.7179>.
54. Ning, Z., Dong, P., Wang, X., Hu, X., Guo, L., Hu, B., Guo, Y., Qiu, T., & Kwok, R. Y. (2021). Mobile edge computing enabled 5G health monitoring for Internet of medical things: A decentralized game theoretic approach. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 39(2), 463-478.
55. Oran, N.T., & Şenuzun, F. (2008). Toplumda kırılması gereken bir zincir: HIV/AIDS stigmatı ve baş etme stratejileri. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 5(1), 1-16.
56. Oremus, W. (2021). In 2021, tech talked up 'the metaverse.' One problem: It doesn't exist. *The Washington Post*. <https://www.washingtonpost.com/technology/2021/12/30/metaverse-definition-facebook-horizon-worlds/>, Erişim Tarihi: 21.01.2022.
57. Oxford Medical Simulation (2021). What is XR, and How is it transforming healthcare?. <https://oxfordmedicalsimulation.com/healthcare-simulation/what-is-xr-and-how-is-it-transforming-healthcare/>, Erişim tarihi: 12.02.2021.
58. Özdenizci Köse, B. (2021). Sağlıkta blok zincir. In Nilgün Bozbuğa, Sevinç Gülseçen (Eds.), *Tıp ilişkimi* (pp. 368–397). İstanbul Üniversitesi Yayınevi. <https://doi.org/10.26650/B/ET07.2021.003.19>.
59. Park, S.M., Kim, Y.G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*. 10, 4209–4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>.
60. Patel, H., Locker, M. (2022). The metaverse explained. Deloitte. User Friendly: Season 6. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/us/Documents/mergers-acquisitions/user-friendly-the-metaverse-explained.pdf>, Erişim Tarihi: 19.02.2022.
61. Patel, K., Patel, S. (2016). Internet of things-IOT: Definition, characteristics, architecture, enabling technologies, application & future challenges. *International Journal of Engineering Science and Computing*. 6(5), 6122-6131.
62. Rayan, R., Christos, T., Zafar, I. (2021). IoT-integrated robotics in health sector. In Utku Kose, Jude Hemanth, Omer Deperlioglu (Eds.), *Biomedical and robotics healthcare*. Oxon: CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, LLC. <https://10.1201/9781003112273-1>.
63. Rebbani, Z., Azougagh, D., Bahatti, L., Bouattane, O. (2021). Definitions and applications of augmented/virtual reality: A survey. *International Journal of Emerging Trends in Engineering Research*. 9(3), 279-285. <https://doi.org/10.30534/ijeter/2021/21932021>.
64. Rudra, B. (2020). Medical sensor networks impact in smart cities. In Fadi Al-Turjman (Eds.), *Wireless Medical Sensor Networks for IoT-based eHealth*. IET Book Series on e-Health Technologies. The Institution of Engineering and Technology, London.

65. Sheikh, A.H., Barry, D.S., Gutierrez, H., Cryan, J.F., O'Keeffe, G.W. (2016). Cadaveric anatomy in the future of medical education: What is the surgeons view?. *Anatomical Sciences Education*. 9(2), 203–208. <https://doi.org/10.1002/ase.1560>.
66. Sheridan, E., Ng, M., Czura, L., Steiger, A., Vegliante, A., Campagna, A. (2021). Americas technology framing the future of web 3.0 - metaverse edition. <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/gs-research/framing-the-future-of-web-3.0-metaverse-edition/report.pdf>, Erişim tarihi: 10.01.2022.
67. Slater, M., Gonzalez-Liencre, C., Haggard, P., Vinkers, C., Gregory-Clarke, R., Jelley, S., et al. (2020). The ethics of realism in virtual and augmented reality. *Frontiers in Virtual Reality*. 1(1), 1–13. <https://doi.org/10.3389/frvir.2020.00001>.
68. Stephenson, N. (1992). *Snow Crash*. Bantam Books, New York.
69. Thomason, J. (2021a). MetaHealth - how will the metaverse change health care?. *Journal of Metaverse*. 1(1), 13–16.
70. Thomason, J. (2021b). Big tech, big data and the new world of digital health. *Global Health Journal*. 5(4), 165–168. <https://doi.org/10.1016/j.glohj.2021.11.003>.
71. Thomason, J. (2021c). Ethics in the metaverse maximizing benefit and minimizing harm. *Corporate Investment Times*. 12, 67–70.
72. Trost, Z., France, C., Anam, M., Shum, C. (2021). Virtual reality approaches to pain: toward a state of the science. *Pain*. 162(2), 325-331. <https://doi.org/10.1097/j.pain.0000000000002060>.
73. Resmi Gazete. (2022). Uzaktan Sağlık Hizmetlerinin Sunumu Hakkında Yönetmelik (Sayı: 31746), <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2022/02/20220210-2.htm>, Erişim Tarihi: 12.02.2022.
74. Veyond Metaverse. (tarih yok). Experience veyond XR technology, transformational breakthrough solutions. <https://www.veyondmetaverse.com/xr-products>, Erişim Tarihi: 20.01.2022.
75. Wang, C., Vo, H.T., Ni, P. (2015, December). An IoT application for fault diagnosis and prediction. 2015 IEEE International Conference on Data Science and Data Intensive Systems. (pp. 726-731). IEEE; Sydney, NSW, Australia. <https://doi.org/10.1109/DSDIS.2015.97>.
76. Wendehorst C., Duller, Y. (2021) Biometric recognition and behavioural detection. Policy Department for Citizens' Rights and Constitutional Affairs EN Directorate-General for Internal Policies. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/697131/IPOL\\_BRI\(2021\)697131\\_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/BRIE/2021/697131/IPOL_BRI(2021)697131_EN.pdf), Erişim Tarihi: 12.02.2022.
77. Yagol, P. Ramos, F., Trilles, S. Torres-Sospedra, J., Perales, F.J. (2018). New trends in using augmented reality apps for smart city contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 7(12), 478; <https://doi.org/10.3390/ijgi7120478>.
78. Yang, Q., Zhao, Y., Huang, H., Zheng, Z. (2022). Fusing blockchain and AI with metaverse: A survey. arXiv preprint. arXiv:2201.03201.
79. Yılmaz, A., Ölçer, İ. (2021). Yapay zekanın cerrahi uygulamalara entegrasyonu. *Beykent Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 13(2), 21-27. <https://doi.org/10.20854/bujse.873770>.
80. Yun, G., Zhaoyi, P., Qingqing C. (2019). China performs first 5G-based remote surgery on human brain. <https://news.cgtn.com/news/3d3d774d7945444e33457a6333566d54/index.html>, Erişim Tarihi: 20.01.2022.
81. Zaim Gökbay, İ. (2021). Tıpta yapay zeka uygulamaları - antik çağdan yapay zekaya teşhis ve tedavi yöntemlerinin gelişim sürecinde klinik karar destek sistemlerinin evrimine genel bakış. In Nilgün Bozbuğa, Sevinç Gülseçen (Eds.), *Tıp bilişimi* (pp. 673–691). İstanbul Üniversitesi Yayınevi. <https://doi.org/10.26650/B/ET07.2021.003>.
82. Zhou, X.Y., Guo, Y., Shen, M., Yang, G.Z. (2020). Application of artificial intelligence in surgery. *Frontiers of medicine*. 14(4), 417-430. <https://doi.org/10.1007/s11684-020-0770-0>.