

TÜRKİYE DİJİTAL SAĞLIĞA HAZIR MI? METAVERSE MERCEĞİNDEN SWOT DEĞERLENDİRMESİ

Sebla AK^{a,*}

^aUNEM Universidad Empresarial de Costa Rica, Political Science (PhD), San José, Kosta Rika
ORCID: 0000-0003-4691-8100

*Sorumlu Yazar; Sebla AK, E-Posta: sebla.ak@gmail.com

ÖZET

Anahtar Kelimeler

- Metaverse, Meta-Sağlık,
- Dijital Sağlık Teknolojileri,
- Sağlıkta Sanal Gerçeklik (VR),
- Sağlıkta Artırılmış Gerçeklik (AR)

Makale Hakkında

İnceleme Makalesi

Gönderim Tarihi

05.06.2025

Kabul Tarihi

13.08.2025

Amaç: Bu çalışma, metaverse teknolojisinin dijital sağlık alanındaki potansiyelini stratejik bir bakış açısıyla ele almakta ve Türkiye özelinde SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) analizi yöntemiyle değerlendirmektedir. Metaverse, yalnızca bir sanal etkileşim ortamı değil; sağlık hizmetlerinin planlanması, sunumu ve yönetimi açısından dönüştürücü bir teknoloji olarak görülmektedir.

Yöntem: Çalışmada sistematik literatür incelemesi yapılmış, ulusal ve uluslararası kaynaklardan yararlanılmıştır. Türkiye'nin sağlık sistemine ilişkin güncel raporlar, politika belgeleri ve dijitalleşme süreçleri incelenmiştir. Analizde, sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR), karma gerçeklik (MR), genişletilmiş gerçeklik (XR), dijital ikizler (Digital Twins), blokzinciri (Blockchain), telebulunma (Telepresence) ve yapay zekâ (AI) gibi metaverse bileşenlerinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu SWOT çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Bulgular: Çalışmada, metaverse'in sağlık alanında yenilikçi çözümler sunduğunu göstermektedir. Eğitimde sanal simülasyonlar, cerrahi uygulamalarda robotik destek, kronik hastalıkların takibinde dijital ikizler ve psikolojik destek süreçlerinde sanal terapiler öne çıkan uygulamalardır. Türkiye'nin güçlü kamu yatırımları, şehir hastaneleri modeli, özel sektör girişimleri ve sağlıkta dijital dönüşüm süreci bu gelişmeleri destekleyen unsurlardır. Ancak veri güvenliği açıkları, yüksek teknolojik maliyetler, mevzuat yetersizlikleri ve eşitsiz erişim gibi önemli tehditler arasında yer almaktadır.

Sonuç: Türkiye'de henüz yeterince tanınmayan metaverse kavramı, sağlık hizmetlerinde kaliteyi artırma, erişimi genişletme ve maliyetleri optimize etme potansiyeline sahiptir. Bu bağlamda çalışma, sağlık yöneticileri, profesyoneller ve karar vericiler için yol gösterici bir çerçeve sunmaktadır. Metaverse'in sağlık sistemine entegrasyonu için güçlü yönlerin geliştirilmesi, zayıflıkların azaltılması, fırsatların stratejik olarak değerlendirilmesi ve tehditlerin minimize edilmesi kritik öneme sahiptir.

IS TURKIYE READY FOR DIGITAL HEALTH? SWOT ASSESSMENT THROUGH THE LENS OF THE METAVERSE

Sebla AK^{a,*}

^aUNEM Universidad Empresarial de Costa Rica, Political Science (PhD), San José, Kosta Rika
ORCID: 0000-0003-4691-8100

*Corresponding Author; Sebla AK, E-mail: sebla.ak@gmail.com

ABSTRACT

Keywords

- Metaverse,
- Meta-Health,
- Digital Health Technologies,
- Virtual Reality (VR) in Health,
- Augmented Reality (AR) in Health

Article Info

Review article

Received

05.06.2025

Accepted

13.08.2025

Aim: This study examines the potential of metaverse technology in the field of digital health from a strategic perspective and evaluates it through a SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities, and Threats) analysis with a specific focus on Türkiye. The metaverse is considered not only as a virtual interaction environment but also as a transformative technology for the planning, delivery, and management of healthcare services.

Methods: A systematic literature review was conducted using both national and international sources. Current reports, policy documents, and digitalization processes related to Türkiye's healthcare system were examined. Within this framework, the integration of metaverse components such as virtual reality (VR), augmented reality (AR), mixed reality (MR), extended reality (XR), digital twins, blockchain, telepresence, and artificial intelligence (AI) into healthcare services was assessed through the SWOT approach.

Results: The findings demonstrate that the metaverse offers innovative solutions in healthcare. Virtual simulations in education, robotic support in surgical practices, digital twins in chronic disease monitoring, and virtual therapies in psychological support processes are the leading applications. Türkiye's strong public investments, the city hospital model, private sector initiatives, and the ongoing digital health transformation process are key strengths supporting this integration. However, data security vulnerabilities, high technological costs, regulatory gaps, and unequal access remain significant threats.

Conclusion: Although the concept of the metaverse is not yet widely recognized in Türkiye, it has the potential to improve quality, expand accessibility, and optimize costs in healthcare services. In this regard, the study provides a guiding framework for healthcare managers, professionals, and policymakers. For the successful integration of the metaverse into the healthcare system, it is crucial to strengthen the existing advantages, minimize weaknesses, strategically seize opportunities, and reduce threats.

GİRİŞ

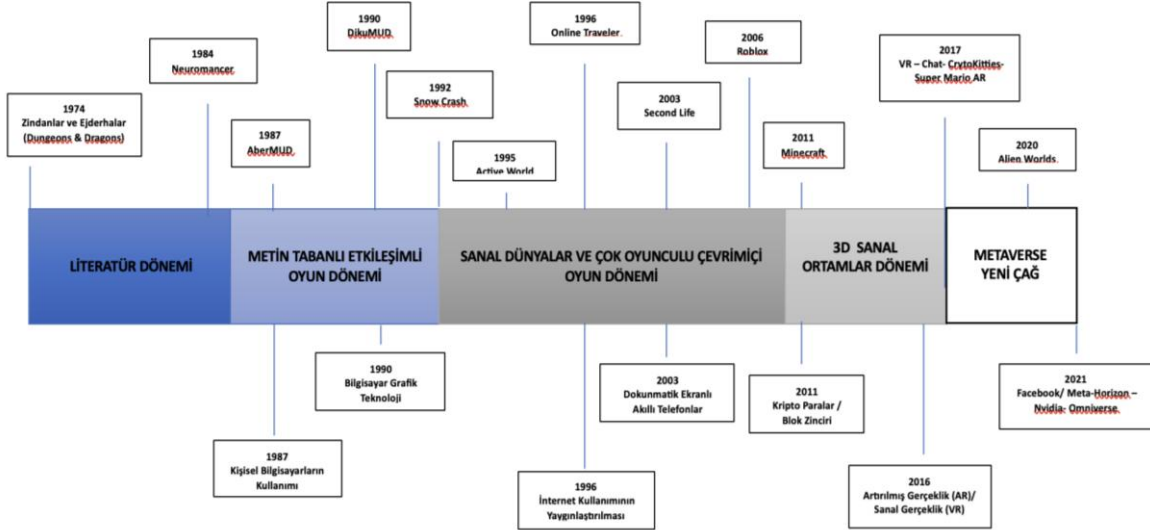
Dijital sağlık hizmetlerinin gelişimi, küresel sağlık sistemlerinde temel bir paradigma değişikliği yaratmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü'ne göre dijital sağlık, bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT) sağlık hizmetlerinde sistematik bir şekilde kullanılmasıdır (1). Bu bağlamda metaverse teknolojisi, özellikle COVID-19 pandemisi sonrası dönemde sağlık hizmetlerinin yeniden yapılandırılması sürecinde öne çıkmıştır. Metaverse, çok katmanlı dijital ortamları temsil eden, kullanıcıların avatarlar aracılığıyla etkileşime girdiği, VR, AR, yapay zekâ ve blokzincir teknolojileriyle şekillenen bir dijital evrendir (2). Sağlık sektöründe metaverse; uzaktan muayene, simülasyon tabanlı tıp eğitimi, hasta deneyimi optimizasyonu ve sanal terapi gibi alanlarda yenilikçi olanaklar sunmaktadır.

Türkiye’de sağlık hizmetlerinin dijitalleşmesi, özellikle e-Nabız, MHRS, Tele-Tıp, ve uzaktan hasta izleme sistemleri ile hız kazanmıştır. Bu dijitalleşme eğilimi, metaverse teknolojilerinin sağlık sektörüyle entegrasyonunu gündeme getirmiştir. Nitekim, bazı üniversiteler ve özel sağlık kuruluşları, sanal gerçeklik (VR) ve artırılmış gerçeklik (AR) tabanlı platformlar aracılığıyla tıp eğitimi alanında sanal hasta simülasyonları ve interaktif eğitim senaryoları geliştirmeye başlamıştır (3). Bu tür uygulamalar, sağlık personelinin mesleki gelişimini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda hizmet sunumunun kalitesini artırmayı hedeflemektedir (3). Ayrıca, metaverse destekli sanal klinik ortamların oluşturulması yoluyla, özellikle coğrafi olarak dezavantajlı bölgelerde yaşayan bireylerin sağlık hizmetlerine erişiminin kolaylaştırılması amaçlanmaktadır. Türkiye’de metaverse teknolojisinin sağlık hizmetlerine entegrasyonu, hem sağlık sisteminin dijital dönüşümünü hızlandıran bir unsur hem de sağlık hizmetlerinde eşitliği destekleyen yenilikçi bir araç olarak değerlendirilmektedir (4). Bu bağlamda, Türkiye’nin metaverse tabanlı dijital sağlık stratejilerini erken dönemde benimsemesi, küresel rekabette önemli avantajlar sağlayabilir. Bu çalışma, metaverse teknolojisinin dijital sağlık alanındaki potansiyelini stratejik bir bakış açısıyla ele almakta ve Türkiye örneği üzerinden SWOT (Güçlü Yönler, Zayıf Yönler, Fırsatlar ve Tehditler) analizi yöntemiyle değerlendirmektedir.

Metaverse

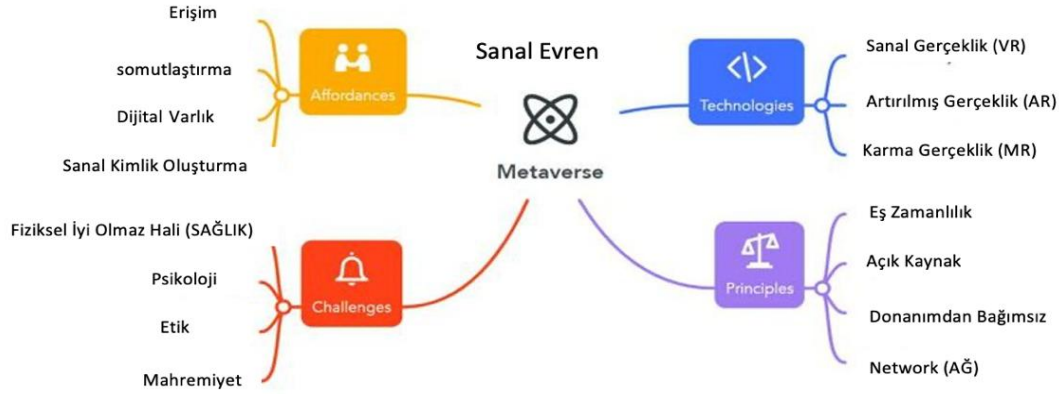
“Meta” (öte) ve “verse” (evren) kelimelerinin bir arada kullanımı ile meydana gelen “öte evren”, fiziksel dünyadan bağımsız, bilgisayar teknolojisine dayalı bir sanal evreni ifade etmektedir. Bu sanal evrende insanlar fiziksel dünyadaki varlıklarını temsilen avatarlar kullanmakta, bu avatarları fiziksel formlarına yakın veya hayali olarak yaratabilmektedir (5). Sanskritçe bir kelime olan “Avatar”, “Bir Tanrının dünya üzerindeki tezahürü” manasına gelmektedir. Fakat sanal evrenler üzerinde bu kelime ruhani bir varlığın ifadesinden çok, bir insanın fiziki formunun, sanal ortamlardaki temsili olarak kullanılmaktadır (6). Metaverse kavramının geçmişine bakıldığında, bazı kaynaklar bu olgunun kökenini 1974 yılına kadar götürmektedir. Lee ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, Metaverse’in tarihsel süreci beş ayrı dönem çerçevesinde incelenmiştir. Bu dönemlerdeki gelişmelere dair genel bir özet Şekil 1’de sunulmuştur. İlk dönem, literatür dönemi olarak adlandırılmakta olup, bu evrede 1974’te yayımlanan Dungeons & Dragons okuyucuyla buluşan Neuromancer adlı eserler, Metaverse

düşüncesinin temellerini atan önemli yapıtlar arasında değerlendirilmektedir.



Şekil 1. Metaverse'nin Tarihsel Gelişim Süreci (Şekil yazar tarafından oluşturulmuştur)

Metaverse kelimesi ilk defa, Neal Stephenson'ın "Snow Crash" isimli romanında kullanılmıştır. Romanda, ana karakter metaverse adı verilen sanal bir evrene geçerek çeşitli maceralara katılabilmektedir (7). Neal Stephenson'dan sonra "Ready Player One" isimli romanı ile Ernest Cline, Wade Watts karakterinin O.A.S.I.S isimli bir sanal evrendeki yaşamını konu almaktadır (8). Daha sonra Steven Spielberg yönetmenliğinde roman sinemaya uyarlanmış (9) ve geniş kitlelere ulaşabilmiştir. Sanal evrenlerin en eski oluşum temelleri, rol yapma temalı oyunları içermektedir. Bu oyunların bilgisayar ortamında grafikler ile yansıtılmasının ilk örneği ise, "Habitat" isimli bir bilgisayar oyunu olmuştur. Üç boyutlu grafiklerin kullanılması, ses entegreli sistemlerin ortaya çıkması sanal evrenlerin farklı alanlarda kullanımlarına yön vermiştir. İnternetin hayatımıza girmesiyle beraber yaygınlaşması, dokunmatik ekranlı akıllı telefonların kullanıma sunulması, kripto para ve blok zincir (blockchain) teknolojisinin ortaya çıkması bir dönüm noktasıdır. 1992- 2011 yılları arasında sanal dünyalar ve çok oyunculu döneme geçilmiştir. Active World, Online Traveler, Second Life, Roblox ve Minecraft gibi oyunlar çok oyunculu sanal dünya için çığır açan oyunlar olarak kabul edilmektedir (2). Daha çok bilgisayar oyunları ile ilişkilendirilmiş olsa da, sosyalleşme amacı ile de kullanılmaya başlanan sanal evrenler, özellikle Linden Lab tarafından yaratılan Second Life isimli sosyal sanal evren adını duyurmuş ve metaverse bambaşka kullanım alanları da sunmaya başlamıştır. Second Life sanal evren platformu üzerinde, pek çok işletme, kar amacı gütmeyen kuruluş ve kurumlar faaliyet göstermeye başlamıştır (6). 2011- 2017 yılları arasında artırılmış gerçeklik (AR), sanal gerçeklik (VR) ve kontrol araçlarının gelişimiyle metaverse için akıllı telefonlar ve giyilebilir teknolojilerinin üç boyutlu (3D) sanal ortamlar dönemi başlamıştır. Bu dönem içinde Pokemon Go, (VR) Chat, Super Mario (AR), CryptoKitties gibi oyunlar önemli girişimler olarak yer almıştır. 2017 yılından günümüze kadar olan dönem ise yeni çağ olarak adlandırılmıştır. Ailen Worlds bu dönemde yer alan önemli oyunlardandır (2). Yeni çağın en ses getiren gelişmesi ise 2021 yılında Facebook'un ismini Meta olarak değiştirmesi olmuştur (2).



Şekil 2. Metaverse Kavramı (10).

Özellikle sağlık teknolojilerinde yaşanan ilerlemeler, tarihsel bağlamda eşi görülmemiş bir gelişim düzeyine ulaşmıştır. Son yüzyılda hızla ivme kazanan e-sağlık uygulamaları, hem sağlık hizmetlerinin sunum biçiminde hem de geleneksel uygulamalarda köklü değişiklikler meydana getirmiştir. Bu gelişmeler doğrultusunda, sağlık yönetimi, sağlık profesyonellerinin eğitimi ve hizmet sunumu süreçlerinde teknolojinin rolünün giderek artacağı öngörülmektedir. Bu noktada, e-sağlık kavramını yeniden şekillendirme potansiyeline sahip olan metaverse teknolojisinin, sağlık alanında daha etkin bir şekilde kullanılacağı değerlendirilmektedir. Türkiye özelinde ise, metaverse tabanlı sağlık hizmeti sunumuna yönelik girişimler henüz başlangıç aşamasında olmakla birlikte, dijital sağlık teknolojilerindeki ilerlemeler doğrultusunda gelişmeye devam etmektedir.

Meta -Sağlık Teknolojileri

Nesnelerin İnterneti (IoT) Teknolojisi: Türkçede "Nesnelerin İnterneti" olarak karşılık bulan IoT (Internet of Things) kavramı, fiziksel nesnelere internet bağlantısı kazandırılarak bu nesnelerin kullanım alanlarının genişletilmesi ve işlevselliğinin artırılması anlamına gelmektedir. Bu teknoloji sayesinde cihazlar, güvenlik sistemleri veya ev içi medya sistemleri gibi çeşitli nesnelere internet aracılığıyla birbirleriyle iletişim kurabilir ve etkileşimde bulunabilmektedir. Sağlık hizmetleri bağlamında değerlendirildiğinde, IoT sistemleri aracılığıyla bireylerin (11). Sağlık parametrelerine akıllı cihazlar vasıtasıyla erişmek ve bu veriler üzerinden çeşitli analizler gerçekleştirmek mümkün hâle gelmektedir. Elde edilen bu analizlerin, bireylerin sağlık durumlarının izlenmesinde ve doktora başvurma gerekliliğinin tespitinde rehberlik edebileceği öngörülmektedir. Aynı zamanda, hekimlerin tanı koyma süreçlerinde ve hasta takibinde bu verilerden faydalanmaları beklenmektedir. Buna ek olarak, geniş hasta gruplarından elde edilen veriler sayesinde, yeni hastalıkların teşhis ve tedavisine yönelik bilimsel araştırmaların desteklenebileceği değerlendirilmektedir (11).

Blok Zinciri (Blockchain) Teknolojisi: İngilizce “Blockchain” terimi, Türkçeye “blok zinciri” olarak çevrilmekte olup, merkezi bir otoriteye ihtiyaç duymadan güvenli, doğrulanabilir ve hızlı veri işlemlerine olanak tanıyan dağıtık bir sistem olarak tanımlanmaktadır (11). Son yıllarda sağlık sektörü, bu teknolojinin sunduğu olanaklardan faydalanma konusunda önemli adımlar atmıştır. Özellikle sağlık sigortacılığı, tedarik zinciri yönetimi, klinik araştırmalar ve elektronik sağlık kayıtlarının güvenli biçimde yönetimi gibi alanlarda blok zinciri uygulamaları dikkat çekmektedir. SafeInsure ve PokitDok gibi sistemler, sigortacılık süreçlerinde şeffaflık, adil fiyatlandırma ve işlem güvenilirliğini artırmayı hedeflemektedir. Öte yandan, FarmaTrust, MediLedger, iSolve-ADLT ve Synthium Health gibi platformlar, sahte ilaçların önlenmesi ve ilaç tedarik zincirinin güvenli şekilde izlenmesine yönelik çözümler sunmaktadır. Klinik araştırmalarda ise, Nebula Genomics, Genome Chain, MedicCoin, Humanscape ve Innovative Bioresearch Classic gibi uygulamalar, bireylerin genom verilerini anonim biçimde araştırma kuruluşlarıyla paylaşmalarına imkân tanıyarak kişiselleştirilmiş tıp uygulamalarının gelişmesine katkı sağlamaktadır (12). Sağlık verilerinin güvenliği, dijitalleşen sağlık hizmetleri açısından temel bir gereklilik haline gelmiştir. Hasta kayıtları ve biyometrik verilerin yalnızca yetkilendirilmiş kişilerce erişilebilir olması, erişim taleplerinin doğrulanması ve veri bütünlüğünün korunması büyük önem arz etmektedir. Blok zincirine entegre edilen akıllı sözleşmeler, bu bağlamda kimlik doğrulama, dolandırıcılık önleme ve güvenli veri paylaşımı gibi işlevlerle veri güvenliğine katkı sunmaktadır. MedShare, MedRec, Healthcare Data Gateways ve Trial and Precision Medicine gibi sistemler, bu kapsamda geliştirilen önemli örnekler arasında yer almaktadır (13).

Dijital Baskı (3B) Teknolojisi: 3B baskı teknolojilerinin en yaygın kullanım alanlarından birisi de medikaldir. Son 30 yılda medikal teknolojide açık ameliyatlardan küçük invaziv cerrahiye kadar büyük gelişmeler görülmüştür. Fakat medikal teknolojide en son yenilik 3B yazıcılarıdır. Bu teknolojiyle doku ve organ baskısı ve ürün geliştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu 3B yazıcıyla, kişiye yönelik özel medikal cihazlar, uzuv (yüz, kol, bacak gibi) protezleri, işitme cihazları, ağız ve diş sağlığı alanında dental ve implant uygulamaları, düzensiz dişlerin anatomisini düzeltmek için kullanılan diş hizalayıcıları, ortopedik ayak, kadavra kullanımı, cerrahi aletlerin üretimi, doku ve hücre baskısı gibi ürünler üretilmektedir (14).

Yapay Zekâ (AI) Teknolojisi: Son yıllarda yapay zekâ (AI), sağlık sektöründe köklü dönüşümlere öncülük eden bir teknoloji olarak ön plana çıkmaktadır. AI tabanlı uygulamalar yalnızca hasta bakımının kalitesini artırmakla kalmamakta; aynı zamanda teşhis ve tedavi süreçlerinin hızlandırılmasına, bireyselleştirilmesine ve etkinliğinin artırılmasına katkı sunmaktadır (15). Büyük veri analitiği ile entegre çalışan AI sistemleri, hastalıkların erken evrede saptanmasını, klinik karar destek sistemlerinin güçlendirilmesini ve hasta izlem süreçlerinin daha sistematik yürütülmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle radyolojik görüntülerin ve patoloji raporlarının analizinde yüksek doğruluk oranlarıyla çalışan algoritmalar, hekimlerin teşhis ve tedavi kararlarında destekleyici bir araç olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, AI destekli sanal asistanlar ve sohbet robotları (chatbotlar), hastaların semptom değerlendirmelerinde ve temel sağlık bilgilerine erişimlerinde rehberlik ederek sağlık okuryazarlığını artırmakta ve sağlık personelinin iş yükünü azaltmaktadır (15). AI teknolojileri, tedavi maliyetlerinin azaltılması ve hizmetlerin erişilebilirliğinin artırılması açısından da

önemli fırsatlar sunmaktadır. Genetik verilerin analizi yoluyla bireye özgü tedavi planlarının geliştirilmesi ve uzaktan izleme sistemleri sayesinde kronik hastalıkların takibi gibi uygulamalar, hem klinik etkinliği artırmakta hem de hasta güvenliğini sağlamaktadır. Bu bağlamda, yapay zekânın sağlık hizmetlerinin sunum biçimini yeniden şekillendiren bir paradigma değişimine zemin hazırladığı değerlendirilmektedir (15).



Şekil 3. Metaverse AI Teknolojisinin Birleşimi (15)

AI teknolojilerinin sağlık sektörü içerisindeki uygulama alanları oldukça geniş bir yelpazeyi kapsamaktadır. Özellikle teşhis süreçlerinde AI algoritmaları, radyolojik görüntülerin analizinde etkin bir biçimde kullanılmakta ve bu sayede kanser gibi hastalıkların erken evrede saptanmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca, chatbotlar ve sanal sağlık asistanları gibi uygulamalar aracılığıyla hastaların semptomlarını değerlendirmeleri ve temel sağlık bilgilerine erişimleri sağlanmakta, böylece bireylerin sağlık okuryazarlığı desteklenmektedir. AI teknolojileri, genetik verilerin analizinde de önemli bir rol üstlenmekte ve bireye özgü tedavi planlarının geliştirilmesine katkı sunmaktadır (15). Bununla birlikte, uzaktan izleme sistemleri sayesinde kronik hastalığa sahip bireylerin sağlık durumları sürekli olarak takip edilmekte; herhangi bir anormal durumda sağlık hizmeti sunucuları uyarılarak hızlı müdahale imkânı sağlanmaktadır (15).

Robotik Sağlık Teknolojisi: Yaklaşık elli yıl önce endüstriyel ortamlarda tehlikeli, monoton ve ağır işlerin otomasyonunu sağlamak amacıyla geliştirilen robotik sistemlerin aksine, günümüzde tıp ve sağlık alanında kullanılan robotlar, çok daha farklı bağlamlarda ve karmaşık görevlerde işlev görmek üzere tasarlanmaktadır. Son on yıl içerisinde sağlık robotlarına yönelik hem ticari hem de akademik ilgi belirgin bir şekilde artış göstermiştir (16). Özellikle tele-robotik sistemler, cerrahi müdahalelerde rutin olarak kullanılmakta; bu sayede bazı cerrahi prosedürlerde iyileşme süresi kısaltılmakta ve operasyon sonuçlarında güvenilirlik artmaktadır. Robot destekli rehabilitasyon sistemleri ise hastaların bireysel ihtiyaçlarına uyum sağlayarak daha yoğun ve kişiselleştirilmiş tedavi süreçlerine olanak tanımakta; fiziksel ve mesleki terapilerin etkinliğini artırmaktadır. Buna ek olarak, sosyal olarak yardımcı robot sistemleri

(Socially Assistive Robotic Systems – SARS), fiziksel, bilişsel ve sosyal becerilerin desteklenmesi amacıyla egzersiz koçluğu gibi işlevler üstlenmektedir. Robotik teknolojilerdeki bu ilerlemeler, çeşitli hastalık ve bozuklukların tedavisinde yenilikçi çözümler sunma, bakım hizmetlerinin kalitesini ve erişilebilirliğini artırma ve hasta sonuçlarını iyileştirme potansiyeline sahiptir (16).

Giyilebilir Sağlık Teknolojisi: Giyilebilir teknolojilerden sağlık alanında yararlanılmasına başlanması sanayi devrimine kadar uzanır. Bazı hastalıklarda ve bireylerin daha konforlu bir şekilde hastalıklarının teşhisi için hastane ortamı, değil bireyin evi tercih edilir, bireyin gözlem ve izlemi giyilebilir teknolojilerden yararlanılarak yapılır (17). İnsanlar tarafından giyilerek kullanılan tüm cihaz, eşya, aksesuar ve bilgisayarlar giyilebilir teknoloji olarak nitelendirilmektedir. Giyilebilir teknolojiler insan vücuduna kolayca takılabilmekte ve bazı bilgileri elde etme amacı taşımaktadır. Günümüzde giyilebilir teknoloji ürünleri alıcılar vasıtasıyla insan vücudundan birçok veriyi alır, işler ve üstelik vücuda yerleştirilebilmektedir. Bu yönüyle giyilebilir teknolojiler yapay zeka araçlarıdır denilebilir. Elde edilen veriler cihaz belleğine depolanır ve istenilen zamanda bu bilgilere ulaşılabilir. Bu giyilebilir teknolojik ürünler çoğunlukla sensör, çip, kamera, mikrofon, bluetooth, GPS ve Wi-Fi ile iletişim kurmaktadır (18).

Telebulunma (Telepresence): Sağlık hizmetlerinde teletıp olarak da bilinmektedir. Teletıp, sağlık hizmetlerinin bilgi ve iletişim teknolojileri aracılığıyla uzaktan sunulmasını ifade etmektedir (19). Bu uygulama, genellikle hekim ile hasta arasında fiziksel olarak aynı mekânda bulunmadan tanı, tedavi ve danışmanlık gibi hizmetlerin yürütülmesini kapsamaktadır. Teletıbbın temel odak noktası, hasta ile sağlık profesyoneli arasındaki doğrudan klinik etkileşimdir ve kapsamı bu etkileşimle sınırlı kalmaktadır (20). Teletıp, özellikle fiziksel muayene gerektirmeyen rutin konsültasyonlar için etkili bir yöntem sunmakta; hekim ve hemşireler, hafif şikâyetleri telefon veya görüntülü görüşme aracılığıyla daha hızlı ve etkin biçimde değerlendirebilmektedir. Bu durum, sağlık çalışanlarının iş yükünü azaltmakta ve hizmet sunum süreçlerini hızlandırmaktadır. Ayrıca, kulaklık tabanlı sanal gerçeklik (Virtual Reality - VR) teknolojileri ile desteklenen telebulunma deneyimleri, web platformları, mesajlaşma uygulamaları veya sosyal medya gibi dijital mecralarda daha güçlü bir "orada bulunma" hissi yaratmaktadır. Sanal gerçeklik destekli teletıp uygulamaları, coğrafi erişim engellerini azaltmakta ve hastaların, fiziksel konumları nedeniyle sınırlı sağlık hizmeti alabildikleri durumlarda alternatif bir çözüm sunmaktadır (20). Örneğin, tıbbi tarama ve testler yerel sağlık kuruluşlarında gerçekleştirilirken, elde edilen sonuçlar dünyanın herhangi bir yerindeki uzman hekimlerle paylaşılabilen, bu sayede sağlık hizmetlerinde uzman görüşüne erişim kolaylaşmaktadır.

Dijital Sağlık (Digital Health): Bireylerin sağlıklarını izlemeleri, sağlık hizmetlerinin verimliliğinin artırılması ve veri temelli karar alma sürecidir. Amacı; dijital teknolojilerle sağlığı iyileştirmektir (21). Kapsam alanı ise; tele-tıp göre daha geniştir. Hedef kitlesi hasta, hekim, sağlık yöneticileri ve toplumu baz almaktadır (20). Teknolojinin gelişmesiyle beraber sağlık alanında kayıtlar artık dijital ortamda kaydedilmektedir. Bu dijital ortam kağıda dayalı olan ortamdaki daha bağımsız ve güvenlidir. Kişilerle ilgili uygulanan tedavi yöntemleri, reçete

bilgileri, kişilerin hastanede kalış süreleri gibi birçok bilgi dijital bir şekilde saklanmaktadır. Bu bilgiler bulut bilişim veri tabanında korunur ve ulaşımı kolaydır (22). Bu korunan sağlık bilgilerine hekimler rahatça ulaşılabilen ve hastanın geçmiş sağlık bilgilerini değerlendirerek daha kısa sürede teşhis ve tedavi işlemlerini uygulayabilmektedir. Böylece zamandan kazanç sağlamak ve verilen sağlık hizmetinde etkinlik artmaktadır. Bunun yanında bu uygulamalar maliyeti düşürmekte, bireyi sağlıklı davranışlara yönlendirmekte ve kronik hastalıkların tedavi edilmesi sağlamaktadır. Mobil sağlık uygulamaları aracılığıyla egzersiz takibi, ilaç hatırlatması vb. süreçlerde kullanılmaktadır. Aynı zamanda bu teknoloji ve uygulamalar sayesinde kişilere sağlık durumları hakkında bilgi verilir, kişilerin sağlık durumu izlenmesi sağlanır ve sağlık sunucu ile hasta arasında iletişim geliştirmektedir (22).

Dijital İkizler (Dijital Twins): Gerçek evrendeki muadiline ilişkin daha fazla bilgiye sahip olmak amacıyla gerçek evrende verileri kullanarak herhangi bir objenin, prosesin ve sistemin sanal simülasyonunun yaratılmasıdır. Metaverse durumunda, dijital ikiz hastanın kendisi olabilmektedir. Hastanın operasyon sonucunda, hekim tarafından order edilen planlama, genetiği haritalama gibi süreçleri tahmin etmek için bu uygulamaların gelecek zamanlarda daha çok üzerinde durulacağı belirtilmektedir (22).

Artırılmış Gerçeklik (AR) Teknolojisi: İngilizcesi “Augmented Reality” olan ve gerçek dünya üzerine dijital verilerin, grafiklerin ya da animasyonların bindirilmesi yoluyla oluşturulan etkileşimli bir teknolojidir. Bu teknoloji, çok sayıda veri ve analitik içeriğin fiziksel çevre ile bütünleşik biçimde kullanıcıya sunulmasını mümkün kılmaktadır (23). Genellikle mobil cihazlar aracılığıyla kullanılsa da başa takılabilen akıllı gözlükler ve benzeri donanımlar da artırılmış gerçeklik uygulamalarının yaygınlaştığı araçlar arasında yer almaktadır. Buna paralel olarak, sanal gerçeklik (VR) teknolojisinin de sağlık alanında giderek artan bir rol üstlendiği görülmektedir. Özellikle akut ve kronik ağrı tedavisinde, farmakolojik yöntemlerin yerine ya da destekleyici biçimde kullanılacak non-invaziv bir alternatif olarak değerlendirilmektedir. Trost ve arkadaşlarının yürüttüğü çalışmalara göre, VR uygulamaları opioid temelli ilaç kullanımına olan ihtiyacı azaltma potansiyeline sahiptir. Bu yönüyle VR, ağrı yönetiminde yenilikçi ve daha güvenli bir yaklaşım sunmaktadır(24).



Şekil 4. Metaverse Artırılmış Gerçeklik (Ar) Teknolojisinin Birleşimi (25)

Sanal Gerçeklik (VR) Teknolojisi: İngilizce "Virtual Reality (VR)" olarak ifade edilen sanal gerçeklik, gerçek bir çevrenin dijital olarak simüle edilmesini sağlayan gelişmiş bir insan-bilgisayar etkileşim teknolojisidir. Sağlık hizmetlerinde VR, sağlık profesyonellerinin ezilme yaralanmaları, bulaşıcı hastalıklar ve afet senaryoları gibi karmaşık durumlara yönelik hazırlıklarının artırılması ve müdahale becerilerinin geliştirilmesinde etkili bir eğitim aracı olarak kullanılmaktadır (26). VR altyapısıyla çalışan ve genellikle gözlük, eldiven, kulaklık gibi giyilebilir cihazlarla desteklenen etkileşimli sistemler, sağlık alanında farklı klinik ihtiyaçlara yönelik çeşitli uygulamalara sahiptir. Örneğin, Wii tabanlı oyun sistemleri; Parkinson hastaları başta olmak üzere fiziksel rehabilitasyon gereksinimi duyan bireylerde motor becerilerin geliştirilmesi, yanık hastalarında dikkat dağıtarak farmakolojik olmayan bir ağrı yönetimi sağlanması ve çocuklarda benzer şekilde ağrı kontrolünün desteklenmesi amacıyla kullanılmaktadır. Ayrıca sanal gerçeklik; özgül fobilerin tedavisinde maruz bırakma terapisi, kanserli gençlerin kemoterapi süreçlerine uyumlarının artırılması gibi eğitimsel ve psikososyal amaçlı uygulamalarda da etkili olmaktadır (26).

Bu bağlamda, ABD'deki Chicago Hines Veterans Hastanesi'nde, travmatik beyin hasarı ve omurilik yaralanmaları olan gaziler için bir bölümün VR tabanlı rehabilitasyon oyunlarına ayrılması dikkat çekici bir uygulamadır (27). COVID-19 pandemisi sürecinde yapılan çalışmalar, VR ve artırılmış gerçeklik (AR) teknolojilerinin bulaşıcı hastalıkların acil durum yönetiminde önemli potansiyele sahip olduğunu ortaya koymuştur. VR uygulamaları; enfeksiyon bulaşma yollarının, insan davranışlarının ve patojen yapıların simülasyonu aracılığıyla beceri geliştirme ve güvenlik eğitimi sağlamak amacıyla kullanılmıştır. Pandemi süresince VR'nin ayrıca tele-sağlık uygulamaları, uzaktan iletişim ve ilaç keşfi gibi alanlarda da işlev gördüğü belirtilmiştir. Öte yandan, artırılmış gerçeklik (AR) teknolojileri; yüksek çözünürlüklü sesli ve görüntülü iletişim, uzaktan iş birliği, soyut kavramların görselleştirilmesi gibi işlevlerle yalnızca sağlık sektörüyle sınırlı kalmayıp, eğitim ve pazarlama gibi farklı endüstrilerde de yaygın olarak kullanılmaktadır (28).



Şekil 5. Metaverse Sanal Gerçeklik (VR) Gözlükleri (29)

Sanal gerçeklik gözlükleri, kullanıcının hem sanal hem de gerçek dünyayla etkileşimini sağlayarak dijital ortamların deneyimlenmesini mümkün kılar; artırılmış gerçeklik gözlükleri, özellikle ağrı yönetimi, eğitim, fizik tedavi ve rehabilitasyon, kemoterapi ve fobi

tedavilerinde tamamlayıcı bir dijital sağlık aracı olarak değerlendirilmektedir (30).

Karma Gerçeklik (KG/MR) Teknolojisi: İngilizce “Mixed Reality” ifadesinden türetilmiş olup, dijital ortamlarla fiziksel gerçekliği bütünleştirmeyi amaçlayan gelişmiş bir etkileşim yaklaşımı olarak tanımlanmaktadır (31). Kavramsal olarak artırılmış gerçeklik (AR) ile benzerlik gösteren MR, bu iki teknolojiyi ayıran temel özellikler bakımından farklılaşmaktadır. Sauer, ve arkadaşlarına göre, artırılmış gerçeklik, dijital içeriklerin kullanıcıların doğrudan gözlemlediği fiziksel dünya üzerine bindirilmesini ifade ederken; karma gerçeklik, bu dijital unsurların fiziksel dünyadaki nesne ya da alanlarla (örneğin hologramlar aracılığıyla) daha derin bir bütünleşme içinde sunulmasını sağlamaktadır. Karma gerçeklik teknolojisi, özellikle sağlık hizmetlerinde ve tıp eğitimi alanında dikkat çeken uygulama örneklerine sahiptir (32). Cerrahi müdahalelerde, anne karnındaki fetüsün detaylı görüntülenmesi, yüzey altı damar ve tümör yapılarına erişim sağlanması ve laparoskopik karaciğer cerrahisi gibi spesifik alanlarda MR teknolojilerinden etkin şekilde yararlanılmaktadır. Bunun yanı sıra, üniversite düzeyindeki öğrencilerle gerçekleştirilen bir araştırma, MR uygulamalarının laboratuvar becerilerini geliştirme ve öğrencilerin deneysel çalışmalara karşı daha olumlu tutumlar sergilemesine katkı sunduğunu ortaya koymuştur (32).

Genişletilmiş Gerçeklik (XR) Teknolojisi: Genişletilmiş gerçeklik, İngilizce karşılığı “Extended Reality (XR)” olan ve sanal gerçeklik (VR), artırılmış gerçeklik (AR) ile karma gerçeklik (MR) teknolojilerini kapsayan üst bir kavram olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda değerlendirildiğinde, sanal gerçeklik (VR), kullanıcının gerçek dünyaya ait çevresel uyarıcılardan soyutlanmasını sağlayarak, tamamen dijital bir ortamda deneyim yaşamasını mümkün kılan bir teknolojidir. Bu teknoloji genellikle başlık (headset) gibi cihazlarla uygulanır. Öte yandan artırılmış gerçeklik (AR), kullanıcıyı fiziksel dünyadan ayırmaksızın, dijital içerikleri gerçek dünya üzerine bindirerek entegre bir deneyim sunmaktadır. Karma gerçeklik (MR) ise, gerçek ve sanal öğelerin aynı anda etkileşim içinde olduğu ve her iki dünyanın belirli unsurlarının bir arada işlediği daha gelişmiş bir teknolojidir. XR, tüm bu teknolojileri bir arada ifade eden kapsayıcı bir terim olarak kullanılmaktadır (33).

Bu teknolojiler, özellikle metaverse kavramının yapı taşlarını oluşturmaları bakımından kritik öneme sahiptir. VR, kullanıcıların tamamen dijital ortamlarda daha yoğun ve etkileşimli bir deneyim yaşamalarını sağlarken; AR, fiziksel nesnelerin dijital ikizlerinin sanal olarak üst üste bindirilmesini sağlayarak sanal dünya ile fiziksel gerçeklik arasında bir köprü kurmaktadır. MR ise, kullanıcıların sanal nesnelerle doğrudan etkileşimde bulunmalarına olanak tanırken; fiziksel çevre, dijital alan ve kullanıcılar arasında daha fazla bütünleşme ve etkileşim temelli ilişkilerin kurulmasına imkân sağlamaktadır (34).

Türkiye’de Dijital Sağlık Altyapısı ve Metaverse’e Uygunluk

Türkiye’nin dijital sağlık sistemi, entegre yapısı ve yüksek kullanıcı sayısı sayesinde metaverse uygulamalarının sağlık sektörüne entegrasyonu açısından önemli bir avantaj sunmaktadır. Özellikle e-Nabız, Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS), Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri (HBYS), Tele-Tıp, Yoğun Bakım Bilgi Sistemleri, Hasta Takip Sistemleri ve uzaktan hasta izleme sistemleri, dijital

dönüşümdeki temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Bu durum, metaverse teknolojileri ile oluşturulacak sanal klinikler, terapi odaları ve eğitim simülasyonlarına altyapı oluşturur. Aşağıda örnek uygulamalar ele alınmaktadır,

Eğitim ve Sanal Ameliyat Simülasyon Uygulamaları: Türkiye'de bazı tıp fakültelerinde kullanılan VR tabanlı eğitim sistemleri, öğrencilerin kadavra veya gerçek hasta üzerinde çalışmadan önce simülasyonlar aracılığıyla pratik yapmasına olanak tanımaktadır. Özellikle Ankara Üniversitesi, Hacettepe Üniversitesi ve İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa gibi köklü kurumlar, sanal gerçeklik destekli anatomi ve klinik eğitim modülleri üzerinde çalışmalar yürütmektedir. (35).

Psikolojik Destek ve Rehabilitasyon: Covid-19 pandemisiyle birlikte hız kazanan e-psikolojik danışmanlık hizmetleri, dijital psikoterapi platformları üzerinden yürütülmekte olup, avatar tabanlı terapi odaları gibi metaverse uygulamaları için bir geçiş modeli oluşturmaktadır. Bu hizmetlerin, sanal gerçeklik destekli bilişsel davranışçı terapi (CBT) uygulamalarıyla entegre edilmesi planlanmaktadır (36). VR tabanlı sanal terapi uygulamaları, anksiyete bozuklukları, fobiler ve travma sonrası stres bozukluğu (TSSB) tedavisinde kullanılmaktadır. Ankara Şehir Hastanesi Psikiyatri Kliniği, pilot olarak sanal terapi uygulamaları yürütmektedir (37).

Sanal Hastane Platformları: Metaverse ortamında tasarlanacak sanal hastaneler, hekim ve hastanın avatarları ile temsil edildiği, teşhis, danışmanlık ve bazı terapötik müdahalelerin gerçekleştirilebileceği sanal sağlık merkezleri olarak öne çıkmaktadır. Türkiye'de AR/VR tabanlı medikal girişimler bu yönde pilot projeler geliştirmektedir (38).

Entegre Sağlık Verisi Sistemleri: e-Nabız gibi sistemler, vatandaşların tüm sağlık kayıtlarını dijital ortamda takip etmesine imkân tanımaktadır. Bu tür platformlar, metaverse entegrasyonu ile birlikte kullanıcının VR gözlüğü aracılığıyla dijital kliniklere erişimini veya yapay zekâ ile öneri sistemlerini destekleyebilir. (39).

YÖNTEM

Araştırmanın Türü

Bu çalışma, nitel araştırma desenlerinden biri olan doküman analizi (belge incelemesi) yöntemine dayanmaktadır. Araştırma, dijital sağlık ve Metaverse ilişkisine yönelik mevcut bilgi birikimini ortaya koymak amacıyla yürütülmüş betimsel bir durum çalışmasıdır.

Araştırmanın Deseni

Araştırma, durum çalışması (case study) yaklaşımıyla tasarlanmıştır. Doküman analizi yöntemiyle toplanan veriler SWOT analizi çerçevesinde değerlendirilmiştir.

Araştırmanın Yapıldığı Yer

Araştırma, Türkiye merkezli akademik ve bilimsel kaynaklara dayanılarak çevrim içi ortamda yürütülmüştür. Türkiye'deki tezler, veri tabanları, akademik dergiler ve ulusal haber portalları

üzerinden ilgili içerikler taranarak veri toplanmıştır.

Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini, Türkiye’de dijital sağlık, Metaverse, sağlık teknolojileri ve sağlıkta dijitalleşme konularını ele alan tüm akademik yayınlar, tezler , haber içerikleri ve kitaplardan oluşturmaktadır. Örneklem ise, amaçlı örnekleme yöntemiyle seçilmiş; 2006–2024 yılları arasında yayımlanmış toplam 52 kaynak (30 akademik makale, 4 yüksek lisans/doktora tezi, 12 güncel haber içeriği, 6 kitap) analiz edilmiştir.

Araştırmanın Veri Toplama Araçları

Veri toplamak amacıyla araştırmacı tarafından oluşturulan veri kayıt formu kullanılmıştır. Bu formda, her belge için;

- Yazar adı,
- Yayın yılı,
- Yayın türü (makale, tez, haber),
- Konu başlıkları,
- Metaverse’in sağlık alanındaki güçlü/zayıf yönleri ve fırsat/tehdit unsurları gibi bilgiler sistematik olarak kayıt altına alınmıştır.

Verilerin Toplanması

Veriler, YÖK Ulusal Tez Merkezi, DergiPark, Google Akademik, PubMed, Doaj, Scopus, ScienceDirect, Sobiad, TürkMedline, Scilit, Academindex, Exaly, Crossref ve Türkiye'deki güvenilir dijital haber platformları üzerinden Mart, Nisan, Mayıs aylarında tarama yapılarak toplanmıştır. “Metaverse ve sağlık”, “dijital sağlık teknolojileri”, “sağlıkta sanal gerçeklik”, “sağlıkta yapay zeka ve Metaverse” gibi anahtar kelimelerle yapılan taramalar sonucunda ilgili belgeler araştırma kapsamına alınmıştır.

Araştırma Verilerinin Değerlendirilmesi

Toplanan belgeler, içerik analizi yöntemiyle değerlendirilmiştir. Her belge, SWOT analizi çerçevesinde (Güçlü yönler, Zayıf yönler, Fırsatlar, Tehditler) analiz edilmiştir. Veriler temalara ayrılmış ve tekrar eden örüntüler tespit edilerek betimsel analiz yapılmıştır.

SWOT Analizi: Türkiye Perspektifiyle Metaverse ve Sağlık

Güçlü Yönler (Strengths)

- Türkiye’de sağlık eğitiminde simülasyon teknolojilerine artan ilgi ve AR/VR destekli uygulamaların gelişimi, Metaverse kullanımını desteklemektedir (40,41).
- Tele-sağlık uygulamalarında kazanılan deneyim, Metaverse tabanlı sağlık sistemlerine geçiş için güçlü bir altyapı oluşturmuştur (42, 43).

- Genç nüfusun dijital teknolojilere adaptasyonu, metaverse uygulamalarının benimsenmesini kolaylaştırmaktadır. 16-24 yaş grubunun internet kullanım oranı %97,3; 25-34 yaş grubunda %94,1 olarak ölçülmüştür (44).
- Türkiye, e-Nabız, MHRS, Teletıp, Aile Hekimliği Bilgi Sistemi (AHBS) gibi dijital sistemleri sayesinde, hasta verilerinin merkezi bir yapıdan yönetilmesini sağlayan ülkeler arasında yer almaktadır. Türkiye’de 2024 yılı itibarıyla e-Nabız kullanıcı sayısı 85 milyonun üzerindedir (39). Bu, sağlık verilerinin metaverse’e aktarılabilirlik ölçüde dijitalleştirildiğini gösterir.

Zayıf Yönler (Weaknesses)

- Metaverse kullanımını düzenleyecek spesifik mevzuat ve etik yönergeler Türkiye’de henüz gelişmemiştir (45, 46). KVKK kapsamında dijital sağlık verileri korunmakla birlikte, metaverse içinde oluşacak yeni veri türleri (davranışsal, etkileşimsel vb.) için düzenlemeler yetersizdir. Hasta verilerinin sanal ortamlarda (özellikle metaverse, VR/AR platformları gibi dijital sistemlerde) işlenmesi ve saklanması, siber saldırılara ve yetkisiz erişimlere açık hâle gelmektedir. Bu durum hem kişisel sağlık verilerinin gizliliğini hem de etik ilkeleri tehdit etmektedir (36).
- Yüksek teknoloji ve donanım maliyetleri, sistemin yaygın kullanımını zorlaştırmaktadır (41, 42). VR/AR teknolojileri hâlâ birçok sağlık kuruluşu için yüksek maliyetlidir. Bu durum, özellikle küçük ve orta ölçekli hastaneler ile kırsal bölgelerdeki sağlık birimlerinin bu teknolojileri kullanmasını sınırlamaktadır (47).

Fırsatlar (Opportunities)

- Metaverse teknolojisi, coğrafi dezavantajlı bölgelerde yaşayan bireylere sağlık hizmeti sunumu açısından büyük fırsatlar yaratmaktadır (43,48).
- Rehabilitasyon ve psikolojik destek alanlarında Metaverse ortamlarının kişiselleştirilmiş çözümler sunabileceği belirtilmektedir (49,41).
- Sağlık bilişimi ve dijital terapi gibi yeni uzmanlık alanlarının gelişmesine katkı sağlayabilir (40, 46).
- Türkiye, sağlık turizminde Avrupa ve Orta Doğu’da öne çıkmaktadır. Metaverse ile uzaktan muayene, ön bilgilendirme ve post-op takip süreçleri geliştirilebilir. 2023’te Türkiye’ye gelen sağlık turisti sayısı 1,4 milyon kişi olmuştur (50).
- AR/VR Girişimciliğinde büyüme potansiyelinde sağlık teknolojilerine odaklanan girişimler. Örneğin, NeoClinicVR, InnowayRG) metaverse çözümleri üzerinde çalışmaktadır (51).

Tehditler (Threats)

- Kişisel sağlık verilerinin güvenliği, haberlerde ve akademik yayınlarda en çok vurgulanan tehditlerden biridir (52, 46). Kırsal bölgelerde hem teknolojik altyapı eksikliği hem de dijital okuryazarlık düşüklüğü metaverse tabanlı sağlık hizmetlerine erişimi kısıtlayabilir. Örneğin Doğu Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde internet erişimi oranı %65’in altındadır.

(53).

- Teknolojik donanım eksiklikleri ve internet altyapısındaki bölgesel farklılıklar, dijital sağlık hizmetlerine eşit erişimi engelleyebilir (42,48).
- Toplumun teknolojiye güven eksikliği, Metaverse gibi yenilikçi çözümlerin benimsenmesini geciktirebilir (45, 54).
- Siber güvenlik tehditlerinde, metaverse içindeki sağlık hizmetleri, kimlik hırsızlığı, veri sızıntısı ve avatar sahteciliği gibi yeni güvenlik tehditlerine açıktır (36).
- Zihinsel sağlık ve teknoloji bağımlılığı metaverse ortamında uzun süreli kalışın psikolojik ve sosyal riskleri henüz yeterince analiz edilmemiştir. (55).

TARTIŞMA

Türkiye’de sağlık hizmetlerinin metaverse teknolojisiyle entegrasyonu, dijitalleşme sürecinin bir uzantısı olarak umut vadeden bir gelişim alanıdır. e-Nabız, MHRS, Teletıp, uzaktan görüntülü danışmanlık gibi dijital sağlık araçlarının yaygın kullanımı; veri toplama, analiz, erişim ve hasta takibi gibi konularda dijitalleşmenin temelini oluşturmuştur. Bu altyapı, metaverse gibi ileri düzey sanal platformların entegre edilmesine yönelik teknik olanakları büyük ölçüde sağlamaktadır. Ancak dijital sağlık hizmetlerinin metaverse ile bütünleştirilmesi, salt teknolojik değil, aynı zamanda sosyokültürel, etik, yasal ve mesleki boyutları da içeren çok katmanlı bir dönüşüm gerektirmektedir.

Her şeyden önce, dijital sağlık okuryazarlığı düzeyi, bu entegrasyon sürecinin başarısında belirleyici bir rol oynamaktadır. TÜİK’in 2024 yılı verilerine göre, bireylerin %84’ü dijital sağlık uygulamalarını en az bir kez kullanmış olsa da, bu kullanım daha çok pasif düzeyde (randevu alma, reçete görüntüleme vb.) kalmaktadır. Oysa metaverse uygulamaları; etkileşimli, üç boyutlu, gerçek zamanlı katılım gerektiren ortamlar sunduğu için kullanıcıların aktif dijital katılım ve yönlendirme becerileri yüksek olmalıdır. Toplumun tüm kesimlerinde dijital eşitliği sağlayacak eğitim ve farkındalık programlarının eksikliği, bu sürecin önündeki temel zorluklardan biridir.

Benzer şekilde, sağlık profesyonellerinin dijital yetkinlikleri de entegrasyonun sürdürülebilirliğini doğrudan etkileyen bir başka faktördür. Klinik karar destek sistemleri, yapay zekâ destekli tanı uygulamaları ve VR/AR tabanlı müdahale eğitimleri, sadece teknolojik cihaz kullanımı değil aynı zamanda dijital etik, veri güvenliği ve hasta mahremiyeti konusunda da bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir. Türkiye’de sağlık çalışanlarının büyük bölümü hâlâ geleneksel sağlık hizmeti modelleri çerçevesinde eğitim aldığından, metaverse ortamlarında hizmet verme konusunda ciddi bir eğitim ve uygulama açığı bulunmaktadır.

Mevcut metaverse uygulamaları, Türkiye’de daha çok eğitim, rehabilitasyon ve psikolojik destek alanlarında denetlenmektedir. Örneğin sanal gerçeklik kullanılarak fobilerle başa çıkma terapileri ya da nörolojik rehabilitasyon programları uygulanmakta; ancak bunlar henüz küçük ölçekli pilot çalışmalarla sınırlıdır. Klinik pratikte metaverse teknolojisinin kullanımı, gerek altyapı maliyetleri gerekse etik ve yasal düzenlemelerin eksikliği nedeniyle oldukça sınırlıdır. Özellikle hasta mahremiyeti, dijital kimlik doğrulama ve veri gizliliği gibi konular, sanal sağlık

ortamlarında henüz net bir çerçeveye kavuşturulmamıştır.

Bu noktada, kamu-özel iş birliklerinin önemi ortaya çıkmaktadır. Sağlık Bakanlığı'nın desteklediği projelerin, yerli teknoloji firmalarıyla iş birliği içinde yürütülmesi; hem maliyetleri düşürmek hem de milli dijital sağlık politikalarını güçlendirmek açısından stratejik bir adım olacaktır. Aynı zamanda, etik kurulların ve düzenleyici kurumların metaverse ortamları için rehber dokümanlar ve standartlar geliştirmesi, uygulama güvenliğini artıracaktır. Eğitim kurumlarının da tıp ve sağlık bilimleri müfredatına dijital sağlık ve metaverse modülleri entegre etmesi, uzun vadeli sürdürülebilirliği sağlayacak diğer kritik yapı taşlarından. Türkiye'nin metaverse tabanlı sağlık hizmetlerine entegrasyon süreci, umut vadeden bir dijital dönüşüm olarak değerlendirilebilir; ancak bu sürecin kalıcı, güvenli ve etkili olabilmesi için yalnızca teknoloji yatırımı değil, çok yönlü stratejik planlama, toplumsal farkındalık, mesleki eğitim ve hukuki altyapı geliştirme çabaları da zorunludur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

37

Dijital sağlık teknolojileri ve metaverse entegrasyonu, Türkiye sağlık sisteminin dönüşümünde önemli bir paradigma değişimini temsil etmektedir. Yapılan SWOT analizi, bu dönüşümün hem güçlü yönlerini hem de karşı karşıya kalınabilecek tehdit ve zorlukları çok boyutlu olarak ortaya koymaktadır. Özellikle COVID-19 pandemisinin ardından dijital sağlık farkındalığının artması, Türkiye için bu yeni teknolojilerin benimsenmesini kolaylaştıran stratejik bir fırsat doğurmuştur.

Güçlü yönler arasında Türkiye'nin mevcut dijital sağlık altyapısı (e-Nabız, MHRS, Teletıp sistemleri gibi), kamu destekli dijitalleşme politikaları ve genç nüfusun teknolojiye yatkınlığı öne çıkmaktadır. Ayrıca kamu ve özel sektör iş birlikleriyle geliştirilen yapay zekâ ve veri analitiği uygulamaları, dijital dönüşümün teknik ve operasyonel temelini güçlendirmektedir. Sağlık hizmeti sunumunda sağlığa ayrılan sınırlı kaynakların verimli kullanımını sağlama kapı tutucu rolü üstlenen aile hekimliği ve genel pratisyen uygulamaları önemli bir role sahiptir. Bilhassa bu hizmetlerin metaverse ile entegre bir şekilde sunulmasında hem etkin hizmetlerin yaygınlaştırılması hem de hizmetlere olan erişimi kolaylaştırarak sevk sistemini güçlendirme beklentisi bulunmaktadır. Güncel data analitiklerinin karar verme ve politika yaratma hususunda önemli yadsınamazdır. Var olan dijital sağlık uygulamalarının metaverse evrenine açılması, yanında büyük data havuzlarını getirerek sağlık gereksinimlerinin trendleri hakkında daha gerçek ve rasyonel karar verme konusunda yardımcı olarak ve sağlığı daha etkin yönetilmesine imkan sağlayacaktır.

Buna karşın, zayıf yönler arasında özellikle VR/AR gibi metaverse bileşenlerinin hâlen yüksek maliyetli olması, bazı bölgelerde dijital eşitsizliklerin devam etmesi, sağlık çalışanlarının teknolojik adaptasyonunda karşılaşılan sınırlılıklar ve yasal düzenlemelerdeki belirsizlikler yer almaktadır. T.C. Kişisel Verileri Koruma Kurumu (KVKK) gibi kurumlar veri güvenliği konusunda önemli çerçeveler sunsa da, sanal ortamlarda hasta verilerinin işlenmesi ciddi etik ve güvenlik sorunlarını gündeme getirmektedir.

Fırsatlar kısmında ise özellikle pandemi sonrası toplumun dijital sağlık hizmetlerine olan yaklaşımının olumlu yönde değişmesi dikkat çekmektedir. TÜİK'in 2024 verilerine göre dijital sağlık uygulamalarının kullanım oranı %84'e ulaşmış, bu durum metaverse tabanlı çözümlerin daha geniş kesimlere entegre edilebilmesi için bir zemin oluşturmuştur. Bu farkındalık artışı, aynı zamanda hem bireysel hem de kurumsal düzeyde dijital sağlık okuryazarlığının gelişmesini ve yeni teknolojilere duyulan güvenin artmasını beraberinde getirmiştir. Metaverse'un sağlık hizmetlerine katacağı en önemli fırsatlardan biri kimlik gizliliğini sağlayacak şekilde kişilerin sanal evren üzerinden sağlık hizmeti erişimine olanak tanıyabilmesi olacaktır. AI teknolojisinin cerrahi operasyonlara entegrasyonu sakatlık veya ölümle neticelenen insana bağlı tıbbi hataların önlenmesine katkıda bulunmakta ve zaman tasarrufu sağlamaktadır. Doktorlara hastalıkların teşhisi ve görüntüleme raporlama kısmında radikallik sağlayan AI uygulamaları, sağlık personeli yetersizliği sorununda da umut vadeden bir çözüm niteliği taşımaktadır. Metavers'ü olası kılacak teknolojilerin genel olarak kullanılması küresel bir sorun olarak karşımıza çıkan sağlık insan gücü gereksiniminin karşılanmasına katkı sağlayacaktır.

Ancak tehditler başlığı altında, siber güvenlik açıkları, veri mahremiyeti riskleri, teknolojik altyapının bölgesel eşitsizliği ve sürekli değişen global teknolojik standartlara ayak uydurma zorlukları ciddi engeller olarak karşımıza çıkmaktadır. Ayrıca donanım maliyetlerinin yüksekliği ve lisanslı uzman eksikliği gibi yapısal sorunlar, kısa vadede yaygın metaverse uygulamalarının önünde durmaktadır.

Sonuç olarak, Türkiye'nin metaverse ve dijital sağlık teknolojilerine entegrasyon süreci, dikkatli planlama, mevzuat desteği, nitelikli insan kaynağı yatırımı ve toplum temelli dijital sağlık farkındalığının artırılmasıyla sürdürülebilir hâle getirilebilir. Bu doğrultuda atılacak stratejik adımlar, Türkiye'nin hem bölgesel hem de küresel dijital sağlık ekosisteminde öncü ülkelerden biri olmasını mümkün kılacaktır. Ancak bu dönüşümün başarıya ulaşabilmesi için, teknoloji odaklı politikaların etik, erişilebilir ve insan merkezli bir yaklaşımla şekillendirilmesi kaçınılmazdır.

Metaverse teknolojisinin sağlık sektörüne entegrasyonu, Türkiye için hem büyük bir fırsat hem de dikkatli yönetilmesi gereken bir dönüşüm sürecidir. Aşağıdaki öneriler sürecin sağlıklı ilerlemesi için önem arz etmektedir:

- 1. Yasal Çerçevenin Oluşturulması:** Sağlıkta metaverse uygulamalarına dair veri koruma, etik ve sorumluluk çerçevesi netleştirilmelidir.
- 2. Eğitim ve Yetkinlik Programları:** Sağlık çalışanlarına yönelik dijital beceri eğitimleri yaygınlaştırılmalıdır.
- 3. Yerli Teknoloji Geliştirme:** VR/AR tabanlı yazılım ve donanımların yerli üretimi desteklenmelidir.
- 4. Dijital Erişim Eşitliği:** Tüm yurtda dijital sağlık hizmetlerine eşit erişim sağlanmalıdır.
- 5. Araştırma ve Pilot Projeler:** Üniversiteler ve teknoparklar öncülüğünde metaverse uygulamalarına yönelik projeler teşvik edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. World Health Organization & International Telecommunication Union. (2020). Digital health platform handbook: building a digital information infrastructure (infostructure) for health. [Erişim tarihi:05.04.2025]. Erişim adresi: <https://iris.who.int/handle/10665/337449>.
2. Lee, L., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z. & Hui, P. (2021). All one needs to know about metaverse: a complete survey on technological
3. Duran, B., & Yıldırım, F. (2023). Metaverse teknolojisinin sağlık eğitiminde kullanımı: olanaklar ve sınırlılıklar. Sağlık Bilimleri ve Araştırmaları Dergisi, 16(2), 115–128.
4. Yılmaz, R., & Demir, A. (2023). Türkiye’de Metaverse tabanlı sağlık hizmetlerinin gelişimi ve geleceği. Dijital Sağlık ve Teknoloji Dergisi, 1(1), 22–34.
5. Davis A, Murphy J, Owens D, Khazanchi D, Zigurs I. (2009). Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses. Journal of the Association for Information Systems, 10(2): 90-118.
6. Dionisio J, Burns III, W, Gilbert R. (2011). 3D Virtual worlds and the metaverse: current status and future possibilities. ACM Computing Surveys, 45 (3): 1-38.
7. Allbeck J, Badler N. (1998). Avatars a la snow crash. proceedings computer animation '1998, Philadelphia, University of Pennsylvania, ABD, 19-24.
8. Cline E. (2011). Ready player one. Ballantine Books,
9. Steven Spielberg. (2018). OASİS. Warner Bros. Pictures.
10. Kawecki, N.(2023). Metaverse as a concept involving the coexistence of many virtual 3D worlds, Nowoczesne Systemy Zarządzania, 18(3):99-108.
11. Ayan B.(2021). Dijital varlık sözlüğü. İstanbul: Turkuvaz Haberleşme ve Yayıncılık A.Ş.
12. Özdenizci Köse, B. (2021). Sağlıkta blok zincir. In Nilgün Bozbuğa, Sevinç Gülseçen (Eds.), Tıp ilişkimi ss. 368–397, İstanbul Üniversitesi Yayınevi.
13. 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.
14. Kürtüncü, M., Arslan, N., Yaylacı, B., Eyüpoğlu, N. (2018). Sağlıkta Gelişen Teknoloji: Üç Boyutlu Yazıcılar. International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry, 2(2), 99-110.
15. Webtures. Sağlık sektöründe yapay zeka uygulama raporu. [Erişim tarihi:10.04.2025]. Erişim adresi:<https://www.webtures.com/tr/blog/saglik-sektorunde-yapay-zeka-uygulamaları-raporu/>.
16. Okamura, AM, Mataric, MJ ve Christensen, HI (2010). Tıbbi ve sağlık bakımı robotiği. IEEE Robotik ve Otomasyon Dergisi , 17 (3), 26-37.
17. Kayabaş, O. (2019). Giyilebilir teknolojiler kalp atımı ölçümünde yeterince hassas mı: Fitbit charge™ Zörneği: Master's thesis, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
18. Işık, B. (2022). Koruyucu sağlık hizmetlerinde giyilebilir teknolojilerin kullanılmasına ilişkin yetişkin bireylerin tutumu [Yüksek lisans tezi], Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
19. World Health Organization. (2010). Telemedicine: Opportunities and developments in

- Member States: Report on the second global survey on eHealth. World Health Organization. [Erişim tarihi:05.04.2025].Erişim adresi:https://www.who.int/goe/publications/goe_telemedicine_2010.pdf.
20. Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2020). Telemedicine 2020 and the next decade. *The Lancet*, 395(10227), 859–859.
 21. Ryu, S. (2012). Telemedicine: Opportunities and developments in Korea. *Healthcare Informatics Research*, 18(3), 153–155.
 22. Başol Ş, Akman Dömbekci H, Öztürk YE. (2023). Metaverse evreninde sağlık hizmetleri.
 23. Porter, ME, Heppelmann, JE. (2020). Artırılmış gerçeklik stratejisine neden her organizasyonun ihtiyacı vardır?. *Yapay Zeka*. (N. Özata, Çev.) İstanbul: Optimist Yayın Grubu, 77-111.
 24. 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.
 25. Sağlık Teknolojisi. Sağlıkta artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik. [Erişim tarihi:10.04.2025]. Erişim adresi: <https://www.saglikteknoloji.com/saglikta-artirilmis-gerceklik-sanal-gerceklik/>
 26. 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.
 27. Ma, M., Zheng, H. (2011). Virtual reality and serious games in healthcare. In Sheryl Brahmam, Lakhmi C. Jain (Eds.), *Advanced computational intelligence paradigms in healthcare* 6 (pp. 169–189). Springer, Berlin.
 28. 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.
 29. Fikirliderleri. Angelini Pharma Türkiye'den, ilham veren "Ödüllü VR Projesi" [Erişim tarihi:10.04.2025]. Erişim adresi: <https://www.fikirliderleri.com/2023/08/29/angelini-pharma-turkiyeden-ilham-veren-odullu-vr-projesi/>
 30. Döner, N. H., & Usta Yeşilbalkan, Ö. (2024). Geçmişten geleceğe: sağlıkta sanal gerçeklik ve uygulama alanları. *İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 9(1), 143-149.
 31. Coutrix C, Nigay L. (2006). Mixed reality: a model of mixed interaction. In *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces*, 43-50
 32. Sauer IM, Queisner M, Tang P, Moosburner S, Hoepfner O, Horner, R, ve ark. (2017) Mixed reality in visceral surgery: development of a suitable workflow and evaluation of intraoperative use- cases. *Annals of surgery*, 266(5): 706-712.
 33. Kaplan AD, Cruit J, Endsley M, Beers SM, Sawyer BD, Hancock, PA. (2021).The effects of virtual reality, augmented reality, and mixed reality as training enhancement methods: A meta-analysis. *Human Factors*, 63(4): 706-726.
 34. Cheng R, Wu N, Chen S, Han, B. (2022). Will metaverse be nextg internet? vision, hype, and reality.arXiv preprint arXiv:2201.12894.
 35. Çimen, H., & Duman, S. (2022). Tıp eğitiminde sanal gerçeklik teknolojileri: türkiye'deki uygulamalar ve gelecek perspektifi. *Sağlık ve Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 34–47.

36. Riva, G., Wiederhold, B. K. (2022). Metaverse and Mental Health: A New Challenge for the Future of Health Technology. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 25(8), 493–496.
37. Yıldız, S. & Kılıç, M. (2023). Sanal gerçeklik tabanlı psikoterapide yeni yaklaşımlar: ankara örneği. *Psikiyatri Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 34-47.
38. Karaca, F., & Gök, S. (2023). Türkiye’de metaverse sağlık uygulamaları: sanal hastaneler ve tele-cerrahiye geçiş potansiyeli. *Sağlık Yönetimi Dergisi*, 13(2), 110–128.
39. T.C. Sağlık Bakanlığı (2022). E-Nabız Kişisel Sağlık Sistemi Raporu. [Erişim tarihi:10.04.2025]. Erişim adresi: <https://enabiz.gov.tr>.
40. Akdoğan, M. (2023). Metaverse Teknolojisinin sağlık alanında kullanımı: fırsatlar ve riskler [Yüksek Lisans Tezi], İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
41. Gürbüz, R. (2021). Yeni medya teknolojileriyle sağlık hizmetlerinin geleceği: metaverse kavramı üzerine bir inceleme , [Yüksek Lisans Tezi], Hacettepe Üniversitesi, İletişim Fakültesi.
42. TÜBİTAK. (2022). Sağlıkta dijitalleşme ve gelecek teknolojileri raporu. TÜBİTAK Bilimsel ve Teknolojik Yayınlar. [Erişim tarihi:12.04.2025]. Erişim adresi: <https://www.tubitak.gov.tr/tr/yayinlar>.
43. Kaya, B., & Akıncı, E. (2024). Metaverse evreninde dijital sağlık: Türkiye örneği üzerine SWOT analizi. *Türkiye Sağlık Bilimleri Dergisi*, 9(1), 45–59.
44. TÜİK (2024). Hane halkı Bilişim Teknolojileri Kullanım Araştırması. [Erişim tarihi:10.04.2025]. Erişim adresi: <https://www.tuik.gov.tr/>.
45. Aydoğdu, H., & Yılmaz, N. (2022). Sağlıkta dijitalleşme sürecinde Metaverse uygulamaları: Olasılıklar ve zorluklar. *Sağlık ve Teknoloji Dergisi*, 3(2), 110–120.
46. Keskin, T. (2022). Metaverse teknolojisinin dijital sağlık hizmetlerine etkisi: Kavramsal bir değerlendirme. *Sağlık Yönetimi ve Politikaları Dergisi*, 7(1), 67–81.
47. T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı. (2023). Türkiye Dijital Dönüşüm Raporu. [Erişim tarihi:12.04.2025].Erişim adresi:<https://www.sanayi.gov.tr>
48. Yıldız, S., & Erdem, F. (2023). Metaverse kavramının sağlık hizmetleri açısından değerlendirilmesi. *Bilgi Ekonomisi ve Yönetimi Dergisi*, 18(1), 15–32.
49. Öztürk, E. (2022). Sağlık Hizmetlerinde Yeni Bir Boyut: Metaverse Tabanlı Sağlık Uygulamaları , [Doktora Tezi], Ankara Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
50. T.C. Ticaret Bakanlığı (2024). Sağlık turizminde küresel merkez Türkiye. 2023. [Erişim tarihi:12.04.2025].Erişim adresi: <https://ticaret.gov.tr/haberler/saglik-turizminde-kuresel-merkez-turkiye>.
51. TÜBİTAK (2024). 1501 Sanayi Ar-Ge Proje Destek Programı Raporu. [Erişim tarihi:12.04.2025].Erişim adresi: <https://tubitak.gov.tr/tr/destekler/sanayi/ulusal-destek-programlari/1501-tubitak-sanayi-ar-ge-projeleri-destekleme-programi>.
52. Sabah. (2023, Aralık 5). Metaverse sağlıkta nasıl kullanılacak? Uzmanlar yorumladı. *Sabah Gazetesi* [Erişim tarihi:12.04.2025].Erişim adresi: <https://www.sabah.com.tr/saglik/>.
53. TÜİK (2024). Bölgesel Gelişmişlik Endeksi Verileri. [Erişim tarihi:12.04.2025].Erişim adresi: <https://www.tuik.gov.tr/>.
54. Demir, A. (2023, Kasım 12). Sağlık sektörü Metaverse’ e taşınıyor: Sanal muayene dönemi. *Anadolu Ajansı*. <https://www.aa.com.tr/tr/saglik/>.

55. Yalçın, E., & Erdem, M. (2023). Metaverse Temelli Psikolojik Müdahale Uygulamaları ve Etik Sınırlar. Türk Psikoloji Yazıları, 26(52), 12–29.