

KURUMSAL EĞİTİM İHTİYAÇLARINA UYGUN METAVERSE ALTYAPISI: İŞ PLANI VE STRATEJİK YOL HARİTASI



Esra İŞGÖR ŞİMŞEK

Editör: Prof. Dr. Erhan ŞENGEL

Genel Yayın Yönetmeni • C. Cansın Selin Temana

Editör• Erhan Şengel

Kapak & İç Tasarım • Serüven Yayınevi

Birinci Basım • © Aralık 2025

ISBN • 978-625-8682-27-4

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 42488

KURUMSAL EĞİTİM İHTİYAÇLARINA UYGUN METAVERSE ALTYAPISI: İŞ PLANI VE STRATEJİK YOL HARİTASI

Esra İŞGÖR ŞİMŞEK¹

Editör: Erhan ŞENGEL²

¹ Uludağ Üniversitesi, Eğitim Bilimleri Enstitüsü, esra.isgor@gmail.com,
ORCID: 0009-0001-9894-2498

² Prof. Dr., Uludağ Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi
Bölümü, erhansengel@uludag.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0927-2814

ÖNSÖZ

Sanal ve fiziksel dünyanın giderek iç içe geçtiği dijital bir evren olarak tanımlanan Metaverse, yalnızca teknolojik bir yenilik olmanın ötesine geçerek ekonomi, eğitim, sağlık, sanat, eğlence ve kamu yönetimi gibi birçok alanda dönüşümsel etkiler yaratmaktadır. Yapay zekâ, genişletilmiş gerçeklik, blok zincir ve gelişmiş ağ teknolojileriyle bütünleşen bu ekosistem, bireylerin öğrenme, çalışma ve etkileşim kurma biçimlerini yeniden şekillendirmekte; özellikle kurumların eğitim ve gelişim süreçleri açısından yeni fırsat alanları ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda Metaverse, eğitimde zaman ve mekân sınırlarını aşan, sürükleyici, veri temelli ve kişiselleştirilebilir öğrenme deneyimleri sunarak kurumsal yetkinlik geliştirme yaklaşımlarını köklü biçimde dönüştürme potansiyeline sahiptir. Ancak bu potansiyelin sürdürülebilir ve etkili biçimde hayata geçirilebilmesi, kurumların Metaverse’ e yönelik stratejik, pedagojik, teknolojik ve yönetsel boyutları birlikte ele alan bütüncül bir yaklaşım geliştirmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu çalışma, kurumsal eğitim ihtiyaçları doğrultusunda Metaverse altyapısının tasarlanması, uygulanması ve yönetilmesine yönelik kapsamlı bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır. Kitapta; Metaverse kavramının kuramsal temelleri, ekosistem yapısı ve iş modelleri ele alınmakta; kurumsal eğitim süreçlerine entegrasyonu, yapay zekânın stratejik rolü ve bu bütünleşmenin yasal ve etik boyutları sistematik bir biçimde incelenmektedir. Bununla birlikte, Metaverse tabanlı eğitim ortamlarının etkinliğini belirleyen kullanıcı deneyimi, etkileşim tasarımı, sanal mekân kurgusu ve insan-bilgisayar etkileşimi modelleri ayrıntılı olarak ele alınmakta; farklı kullanıcı profillerinin ihtiyaçlarını gözeten erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım ilkeleri kurumsal sorumluluk perspektifiyle değerlendirilmektedir. Bu yönüyle çalışma, kurumların kendi kültürleri, hedefleri ve kaynakları doğrultusunda kullanabilecekleri bir iş planı ve stratejik yol haritası sunmayı; Metaverse teknolojisini yalnızca teknik bir altyapı olarak değil, insan odaklı, etik, kapsayıcı ve sürdürülebilir bir kurumsal öğrenme ekosistemi olarak ele almalarına rehberlik etmeyi amaçlamaktadır. Aynı zamanda kitap, dijital dönüşüm, kurumsal öğrenme ve eğitim teknolojileri alanındaki alanyazına kuramsal ve uygulamaya dönük bütüncül bir katkı sunmayı hedeflemektedir.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	V
GİRİŞ	1

BÖLÜM 1: METAVERSE

1.1. Metaverse Nedir?	4
1.2. Metaverse Ekosistemi	5
1.2.1. Sosyal Kabul Edilebilirlik	6
1.2.2. Güvenlik ve Gizlilik	6
1.2.3. Güven ve Hesap Verilebilirlik	6
1.2.4. İçerik Oluşturma.....	7
1.2.5. Sanal Ekonomi	7
1.2.6. Avatar	8
1.3. Metaverse'ün Barındırdığı Teknolojiler	8
1.3.1. Kullanıcı Etkileşimi	8
1.3.2. Genişletilmiş Gerçeklik	9
1.3.3. Bilgisayarlı Görü	12
1.3.4. Yapay Zekâ	13
1.3.5. Blok Zincir	13
1.3.6. Nesnelerin İnterneti ve Robotik	14
1.3.7. Uç ve Bulut Bilişim.....	14
1.3.8. Bilgisayar Ağı	15
1.3.9. Donanım Altyapısı.....	15
ÖZET	17

BÖLÜM 2: METAVERSE EKOSİSTEMİNDE İŞ MODELLERİ

2.1. Metaverse'de İş Modelleri	18
2.1.1. Sanal Varlıklar	19
2.1.2. Dijital Sanat	19

2.1.3. Üretim.....	20
2.1.4. Etkinlikler	20
2.1.5. Eğitim	21
ÖZET	21

BÖLÜM 3: METAVERSE TASARIMI, KULLANICI DENEYİMİ VE ETKİLEŞİM MODELLERİ

Metaverse Tasarımı, Kullanıcı Deneyimi Ve Etkileşim Modelleri.....	23
3.1. Sanal Mekân Tasarım İlkeleri ve Kullanıcı Deneyimi (UX)	24
3.2. Avatar–Çevre Etkileşimi ve İnsan–Bilgisayar Etkileşimi (HCI)	26
3.3. Doğal Kullanıcı Arayüzleri (NUI), Avatarlar ve Sosyal Etkileşim Modelleri	30
3.4. Etkileşim Cihazları, Haptik Teknolojiler ve Duyusal Geri Bildirim Sistemleri	32
3.5. Metaverse’de Erişilebilirlik ve Kapsayıcı Tasarım	35
ÖZET	37

BÖLÜM 4: METAVERSE TABANLI KURUMSAL ÖĞRENME TASARIMI

Metaverse Tabanlı Kurumsal Öğrenme Tasarımı.....	39
4.1. Kurumsal Öğrenmede Deneyimsel Tasarım	40
4.2. Metaverse Tabanlı Oyunlaştırılmış Eğitim Modelleri.....	42
4.3. Öğrenen Etkileşimi ve Kullanıcı Deneyimi Tasarımı.....	44
4.4. Sanal Sınıf, Sanal Laboratuvar ve Simülasyon Tasarımı.....	46
4.5. Metaverse Tabanlı İçeriklerin Öğrenen Performansına Etkisi	48
ÖZET	50

BÖLÜM 5: EĞİTİMDE METAVERSE ENTEGRASYONU İÇİN STRATEJİK PLANLAMA YAKLAŞIMI

5.1. Metaverse Teknolojisine Geçişin Gerekçesi ve Eğitimdeki Potansiyeli ..	51
5.2. Kurumlar İçin Metaverse Destekli İş Planı Geliştirme Süreci.....	54
5.2.1. Yönetici Özeti.....	56
5.2.2. Mevcut İş Durumu	56
5.2.3. Stratejik Analiz.....	57

5.2.4. Stratejik Plan	58
5.2.5. Pazarlama Planı	58
5.2.6. Operasyonel Plan	59
5.2.7. Yönetim ve Organizasyon Planı	60
5.2.8. Finansal Analiz	61
5.2.9. Risk Analizi	63
ÖZET	64

BÖLÜM 6: KURUMSAL EĞİTİM İHTİYAÇLARINA UYGUN METAVERSE ALTYAPISINDA YAPAY ZEKÂNIN STRATEJİK ROLÜ

6.1. Yapay Zekâ Destekli Metaverse Altyapısının Kurumsal Eğitimde Stratejik Konumu	66
6.2. Metaverse Yapay Zekâ Entegrasyonunda Kurumsal Eğitim Stratejilerine Etkisi	67
6.3. Yeni Nesil Dijital Teknolojilerin Öğrenme ve Gelişim Süreçlerine Yansımaları	69
6.4. Yapay Zekâ Destekli Kişiselleştirilmiş Öğrenme Deneyimleri.....	71
ÖZET	72

BÖLÜM 7: METAVERSE VE YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONUNDA YASAL VE ETİK KONULAR

Metaverse ve Yapay Zekâ Entegrasyonunda Yasal ve Etik Konular	73
7.1. Fikri Mülkiyet Hakları	74
7.2. Güvenlik, Gizlilik ve Veri Koruması	74
7.3. Sorumluluk ve Hesap Verilebilirlik.....	75
7.4. Düzenleyici Çerçeveler ve Yönetmelik.....	75
7.5. Etik Endişeler ve İnsan Hakları	76
7.6. Önyargı ve Ayrımcılık.....	77
ÖZET	78

BÖLÜM 8: SONUÇ VE ÖNERİLER

REFERANSLAR.....	81
------------------	----

GİRİŞ

Teknolojik gelişmeler ve küresel sorunlar, eğitim sektörü gibi birçok alanı hızla ve derinden etkilemektedir. 2019 yılında başlayan COVID-19 salgını, eğitimde önemli bir dönüşümü tetiklemiş ve uzaktan eğitimi bir tercih değil, zorunluluk haline getirmiştir. Bu zorunluluğun ardından, günümüzde yaygın olarak kullanılan uzaktan eğitim, Metaverse gibi yeni teknolojilerle daha da derinleşmiş ve farklı bir boyut kazanmıştır. Fiziksel gerçekliği ve dijital sanallığı birleştiren, kalıcı, sürekli ve çok kullanıcı bir sanal evren olarak tanımlanan Metaverse (Mystakidis, 2022), eğitime yenilikçi bir bakış açısı getirmekte ve geleneksel öğrenme ortamlarına ve modellerine göre birçok avantaj sunmaktadır. Kullanıcılar, sanal gerçeklik cihazları yardımıyla fiziksel dünyadaki konumlarından, kendi avatarlarıyla sanal dünyaya geçiş yapabilirler. Bu dünyada, zaman ve mekân sınırı olmaksızın, arkadaşlarıyla buluşabilir; toplantılara, konserlere, eğitimlere katılabilir; dünyanın her noktasına, hatta uzaya dahi seyahat edebilirler. Ayrıca, bu sanal dünyada ürünler ve arazi satın alabilirler. Kısacası, Metaverse, kullanıcıların hayal dünyalarına dayalı olarak istedikleri her şeyi yapabilmelerini sağlar. Özetle, Metaverse'ün anlamı, kullanıcının kendi hayal gücüne göre zenginleşir ve bu kavram, gerçek dünyanın sunamayacağı veya açıkça betimleyemediği ortamları veya olayları deneyimleme şansı sunar.

Yakın gelecekte tüm yaşamı etkilemesi beklenen bu teknolojinin (Fernandez & Hui, 2022; Rillig vd., 2022), eğitim sektöründeki yaygınlığı her geçen gün artmaktadır. Özellikle sağladığı avantajlar sayesinde bu teknoloji, alana ciddi katkılar sağlamaktadır. Metaverse sayesinde, öğrenciler üç boyutlu ortamlar aracılığıyla sürükleyici bir deneyim yaşayabilir; yapılması zor olan laboratuvar deneyimlerini kolaylıkla deneyimleyebilir; eğlenceli ve farklı bir sanal ortamda zenginleştirilmiş materyallerle öğrenme fırsatı elde edebilirler (Lin, Wan, Gan, Chen & Chao, 2022). Ayrıca, anlaşılması ve algılanması zor olan öğelerin somut hale getirilmesi, konunun daha kolay ve hızlı kavranmasına olanak sağlar (Georgiou, Tsivitanidou & Ioannou, 2021). Metaverse teknolojisi yalnızca eğitim kurumlarının değil, diğer sektörlerdeki kurum ve kuruluşların eğitim süreçlerine de önemli avantajlar sunmaktadır. Bu teknoloji, sürükleyici bir ortamda diğer kullanıcılarla etkileşime geçme imkânı sağlar; simülasyonlar sayesinde ürün deneyimleme fırsatı sunar; ürün lansmanı, ticari fuar gibi etkinliklerde yer alma şansı tanır; sanal üç boyutlu alanlarda, işbirliği yaparak etkileşimli bir şekilde kurum toplantılarının gerçekleşmesini mümkün kılar; ayrıca, dünyanın farklı yerlerinde çalışanların bu ortamlarda birlikte ve verimli bir şekilde çalışmalarını sağlar (Vig, 2023). Ayrıca, sanal ortamda sürükleyici simülasyonlarla uygulamalı eğitim için bir ortam yaratır (Hajjami & Park, 2023; Lee vd., 2022); insan ve malzeme risklerini azaltarak

güvenli ve sınırsız bir eğitim ortamı sağlar (Hajjami & Park, 2023); bireysel öğrenenlerin ihtiyaçlarına ve ilgi alanlarına göre özelleştirilmiş öğrenme deneyimi, dolayısıyla kişiselleştirilmiş bir eğitim yaklaşımını sunar (Hajjami & Park, 2023; Sharma & Dash, 2023); çalışan eğitimi ile performansı destekler (Hajjami & Park, 2023); harici bilişsel yükü azaltırken, ilgili bilişsel yükü artırır (Zhao, Jiang, vd., 2022); kapsamlı ve sürükleyici bir öğrenme deneyimi sunarak, bireylerin katılımını, motivasyonunu ve bilgiyi akılda tutmalarını artırarak daha etkili öğrenmeye katkıda bulunur (Hajjami & Park, 2023). Özetle, Metaverse, gerçekçi ve etkileşimli öğrenme deneyimi, zaman ve maliyet tasarrufu, uzaktan eğitim imkânı, kişiselleştirilmiş eğitim, ekip çalışması ve işbirliği fırsatları, sürekli eğitim ve gelişim gibi alanlarda avantajlar sağlayarak kurum ve kuruluşlara daha etkili ve verimli bir eğitim süreci sunmaktadır. Metaverse teknolojisinin sağladığı bu avantajlardan yararlanmak isteyen kurumların ve kuruluşların, başarılı olabilmek için bir yol haritasına ihtiyaçları vardır. Bu çalışmanın, eğitimde Metaverse teknolojilerini kullanmayı amaçlayan kurum ve kuruluşlara yol göstereceği ve katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışma, literatür taramasının ardından elde edilen bilgilerle harmanlanarak derlenmiş ve Metaverse teknolojisini kurumlarında eğitim süreçlerinde kullanmak isteyen araştırmacılara rehber olmayı amaçlamaktadır. Bu çalışmada özellikle şu sorulara cevap aranmıştır:

- Metaverse'ü kullanmak için gerekli olan teknolojik altyapı ve donanım bileşenleri nelerdir?
- Metaverse'ü kullanmak için gerekli olan ekosistem bileşenleri ve iş modelleri nasıl yapılandırılmalıdır?
- Metaverse'ün eğitim sektöründeki yeri, önemi ve kurumsal eğitim süreçlerine katkısı nedir?
- Metaverse ortamlarında kullanıcı deneyimi, etkileşim modelleri, erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım ilkeleri nasıl yapılandırılmalıdır?
- Metaverse teknolojisinden eğitim süreçlerinde faydalanmak isteyen kurumlar için stratejik, sürdürülebilir ve uygulanabilir bir iş planı ve yol haritası nasıl hazırlanmalıdır?
- Metaverse ortamlarında yapay zekânın rolü ve stratejik işlevleri nelerdir?
- Metaverse ve yapay zekâ entegrasyonunda yasal, etik ve düzenleyici çerçeveler nasıl ele alınmalıdır?

Bu sorular çerçevesinde, çalışmada ilk olarak Metaverse kavramı ele alınmış; kavramın tanımı, temel özellikleri ile bu teknolojinin hayata

geçirilebilmesi için gerekli olan teknolojik altyapı ve donanım bileşenleri ayrıntılı biçimde açıklanmıştır. Bu kapsamda, Metaverse'ün barındırdığı temel teknolojiler ve bu teknolojilerin eğitim ortamlarında kullanım potansiyeli ortaya konulmuştur.

Devamında, Metaverse ekosistemi ile bu ekosistem içerisinde yer alan bileşenler ve iş modelleri incelenmiş; sanal ekonomiler, dijital varlıklar ve kurumsal değer üretme mekanizmaları ele alınmıştır. Bu bölümde, Metaverse'ün yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda ekonomik ve organizasyonel bir yapı sunduğu vurgulanmıştır.

Ardından, Metaverse'ün eğitim sektöründeki yeri ve önemi kurumsal eğitim bağlamında ele alınmış; bu teknolojinin eğitim süreçlerine sağladığı katkılar stratejik planlama yaklaşımıyla değerlendirilmiştir. Bu doğrultuda, Metaverse teknolojilerinden eğitim süreçlerinde faydalanmak isteyen kurumlar için stratejik, sürdürülebilir ve uygulanabilir bir iş planı ile yol haritasının nasıl hazırlanması gerektiği ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Bu çerçevede, Metaverse ortamlarının tasarımı; kullanıcı deneyimi (UX), insan-bilgisayar etkileşimi (HCI), etkileşim modelleri, erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım ilkeleri açısından değerlendirilmiş, farklı kullanıcı profillerine hitap eden, adil ve kapsayıcı öğrenme ortamlarının nasıl yapılandırılabileceği ortaya konulmuştur.

İzleyen bölümlerde, Metaverse ortamlarında yapay zekânın rolü ve stratejik işlevleri ele alınmış; yapay zekâ destekli öğrenme deneyimleri, kişiselleştirilmiş eğitim yaklaşımları ve kurumsal öğrenme sistemleriyle entegrasyonu incelenmiştir.

Son olarak ise, Metaverse ve yapay zekâ entegrasyonuna ilişkin yasal, etik ve düzenleyici boyutlar değerlendirilmiş; bu teknolojilerin kurumsal yapılarda güvenli, sorumlu ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesine yönelik temel ilkeler ele alınmıştır.

Özetle, bu çalışmada sunulan iş planı ve stratejik yol haritası, Metaverse teknolojilerini eğitim ortamlarına entegre etmek isteyen kurum ve kuruluşlara rehberlik edebilecek nitelikte, bütüncül ve kapsayıcı bir yaklaşım temelinde tasarlanmıştır.

BÖLÜM 1: METAVERSE

Bu bölümde, Metaverse kavramı kapsamlı bir çerçevede ele alınmakta; bu teknolojinin tanımı, tarihsel gelişimi ve temel bileşenleri ayrıntılı bir biçimde açıklanmaktadır. Ayrıca, Metaverse ekosistemini oluşturan sosyal, ekonomik ve teknik unsurlar ile bu ortamda kullanılan katmanlı teknolojik altyapılar üzerinde durulmaktadır. Bölüm boyunca, Metaverse’ün yalnızca bir sanal gerçeklik deneyimi değil, kullanıcı etkileşimi ve sürükleyici deneyim odaklı, çok boyutlu bir dijital yaşam alanı olduğu vurgulanmakta; eğitim, ekonomi ve toplumsal etkileşim gibi alanlara olan etkileri bağlamında değerlendirmeler sunulmaktadır. Bu bölümde Metaverse’ün temel bileşenleri tanıtılarak, teknik, pedagojik ve stratejik boyutlarıyla, izleyen bölümlerde sunulacak kurumsal iş planı ve stratejik yol haritasının daha bütüncül bir şekilde anlaşılmasına yönelik kuramsal bir altyapı oluşturulması amaçlanmaktadır.

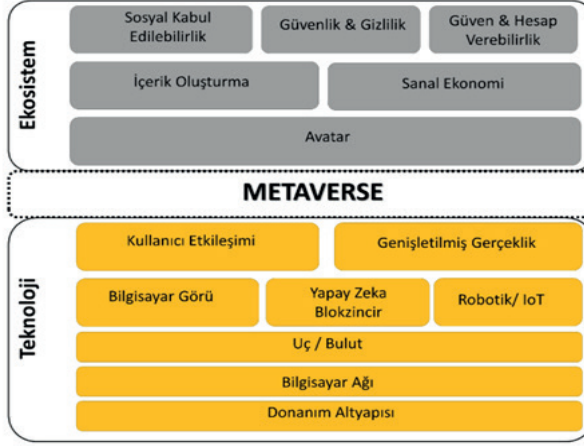
1.1. Metaverse Nedir?

Metaverse kelimesi, “meta” ön eki ile “universe” (evren) kelimesinin birleşiminden oluşmakta (Duan vd., 2021) ve gerçek dünya ile bağlantılı yapay bir dünyayı tanımlamaktadır. Bu yapay ortam, bireylerin avatarlar aracılığıyla etkileşime girebildiği sürükleyici bir dijital ortamı ifade etmektedir (Suh & Ahn, 2022). Metaverse her ne kadar yeni bir kavram gibi görünse de, kavramın kökeni 1992 yılına, bilimkurgu yazarı Neal Stephenson’ın *Snow Crash* adlı eserine dayanmaktadır (Joshua, 2017). Stephenson, bu eserinde Metaverse’ü, kullanıcıların dijital avatarlar aracılığıyla etkileşime girdiği ve fiziksel dünyaya paralel olarak oluşturulmuş geniş ölçekli bir sanal ortam şeklinde tanımlamaktadır (Lee vd., 2021). Yazar, avatarları ise bireylerin Metaverse ortamında birbirleriyle etkileşime geçmelerini sağlayan ve onları temsil eden görsel ve işitsel bedenler olarak ifade etmektedir. Bu bağlamda Metaverse, gerçek dünya ile sanal dünya arasındaki sınırları bulanıklaştıran bir yapı sunmaktadır (Kim, 2021).

Bu tanıma paralel olarak Zhao, Jiang ve diğerleri (2022), Metaverse’ü fiziksel dünya ile dijital dünyayı harmanlayan görsel ve etkileşimli bir ortam olarak tanımlamış; başka bir çalışmalarında ise artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik ve yapay zekâ gibi disiplinlerarası teknolojilerden oluşan, internete dayalı süper bir sanal gerçeklik ortamı olarak ele almışlardır. Wang ve diğerlerine (2023) göre Metaverse; artırılmış gerçeklik teknolojilerine dayalı sürükleyici deneyimler sunmakta, dijital ikiz teknolojisi aracılığıyla gerçek dünyanın ayna görüntüsünü oluşturmakta, blok zincir teknolojisine dayalı bir ekonomik sistem kurmakta ve sanal dünya ile gerçek dünyayı ekonomik ve sosyal sistemler üzerinden bütünleşik bir

yapıya dönüştürmektedir. Ayrıca bu yapı, her kullanıcının içerik üretmesine ve sanal dünyayı düzenlemesine olanak tanımaktadır. Özetle Metaverse, çeşitli teknolojilerin bütünleştiği, gerçek dünya ile bağlantılı paralel bir evren ve sosyal niteliklere sahip sanal bir yaşam alanı olarak tanımlanabilir (Wang vd., 2023). Lee ve diğerlerine göre (2021), Metaverse'ün içerdiği bu teknolojiler ve ekosistem Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 3. Metaverse Ekosistemi ve Barındırdığı Teknolojiler



Şekil 1: Metaverse Ekosistemi ve İçerdiği Teknolojiler (Lee vd., 2021)

Şekil 1'e göre, Metaverse ekosistemi; sosyal kabul edilebilirlik, güvenlik ve gizlilik, güven ve hesap verebilirlik, içerik oluşturma, sanal ekonomi ve avatar bileşenlerinden oluşmaktadır. Metaverse ortamlarında kullanılan teknolojiler ise; kullanıcı etkileşimi (User Interaction), genişletilmiş gerçeklik (Extended Reality - XR), bilgisayarlı görü (Computer Vision - CV), yapay zekâ (Artificial Intelligence - AI), blok zincir (Blockchain), robotik ve nesnelerin interneti (Internet of Things - IoT), uç ve bulut bilişim (Edge and Cloud Computing), bilgisayar ağları (Computer Networks) ile donanımsal altyapı (Hardware Infrastructure) başlıkları altında sınıflandırılmaktadır (Lee vd., 2021).

1.2. Metaverse Ekosistemi

Metaverse ekosistemi, gerçek dünyayı yansıtan, bağımsız ve çok boyutlu sanal bir dünyayı tanımlamakta; bu sanal dünya, sosyal kabul edilebilirlik, güvenlik ve gizlilik, güven ve hesap verebilirlik, içerik oluşturma, sanal ekonomi ve avatar olmak üzere altı temel bileşenden oluşmaktadır (Lee vd., 2021). Bu kapsamda, söz konusu bileşenler aşağıda ayrıntılı olarak açıklanmaktadır:

1.2.1. Sosyal Kabul Edilebilirlik

Metaverse, yeni insanlarla tanışma ve mevcut ilişkileri güçlendirme gibi olanaklar sunması nedeniyle, sosyalleşme açısından oldukça aktif bir ortamdır (Tiryaki & Bıyıklı, 2022, s. 132). Bu bağlamda sosyal kabul edilebilirlik, Metaverse kullanıcılarının davranışlarının bir yansıması olarak ortaya çıkmakta; eylem ve politikalara ilişkin kolektif yargıları ve görüşleri temsil etmektedir (Lee vd., 2021). Lee ve diğerleri (2021), Metaverse ortamında sosyal kabul edilebilirliği etkileyen çeşitli tasarım faktörlerinin bulunduğunu belirtmekte ve bu faktörleri; gizlilik tehditleri, kullanıcı çeşitliliği, adalet, kullanıcı bağımlılığı, siber zorbalık, cihazın kabul edilebilirliği, nesiller arası tasarım, kullanıcıların dijital temsillerinin (örn. avatarlar) kabul edilebilirliği ile yeşil bilişim (örn. sürdürülebilirlik odaklı tasarım) başlıkları altında sıralamaktadır.

1.2.2. Güvenlik ve Gizlilik

Metaverse ortamında üretilen ve paylaşılan verilerin yönetilmesi açısından gizlilik ve güvenlik temel bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda, söz konusu ortamlarda yer alan verilerin başkaları tarafından erişilmesi ve bu veriler üzerinde işlem yapılması büyük ölçüde kaçınılmazdır (Lee vd., 2021). Metaverse ortamları; kişisel bilgi sızıntısı, gizli dinleme, veri hırsızlığı, yetkisiz erişim, kimlik avı, veri enjeksiyonu, bozuk kimlik doğrulama ve güvensiz sistem tasarımları gibi birçok güvenlik ve gizlilik riski ile karşı karşıyadır (Huang vd., 2023). Bu nedenle, Metaverse ortamında kullanıcıların kendilerini güvende hissetmeleri, teknolojinin benimsenmesi ve sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu noktada, blok zincir teknolojisi, verilerin kötü niyetli kullanımına izin vermeyen yapısı sayesinde (Lin vd., 2022), verilerin korunmasında ve güvenliğin sağlanmasında önemli bir çözüm olarak değerlendirilmektedir.

1.2.3. Güven ve Hesap Verilebilirlik

Güven ve hesap verebilirlik; adalet ve önyargı, güç ve kontrol, şeffaflık, denetim ve yönetim gibi temel unsurları kapsamaktadır (Lee vd., 2021). Bu çerçevede, kullanıcıların kimlik bilgilerinin doğrulanması, verilerin güvenli bir şekilde saklanması, blok zincir altyapısı ile korunması ve yalnızca izin verilen amaçlar doğrultusunda kullanılması gerekmektedir (Aks vd., 2022). Bununla birlikte, güven ve hesap verebilirlik, Metaverse'ün şeffaf ve açık bir biçimde nasıl çalıştığını, kullanıcı verilerinin hangi amaçlarla ve nasıl kullanıldığını, şeffaflığa ilişkin politika ve kuralların açık ve anlaşılır şekilde ifade edilmesini de içermektedir. Ayrıca, Metaverse ortamında faaliyet gösteren kurum ve bireylerin eylemlerinden sorumlu tutulabilmesi, bu kapsamda hesap verebilirliğin sağlanmasına yönelik yasal ve politik çerçevelerin oluşturulması gerekliliğini de kapsamaktadır (Lee vd., 2021).

1.2.4. İçerik Oluşturma

Fiziksel gerçekliğin dijital bir kopyası oluşturulduktan sonra içerik oluşturma aşamasına geçilmekte ve bu aşama, Metaverse'ün sürdürülebilirliği açısından kritik bir öneme sahiptir (Lee vd., 2021). İçerik oluşturma sürecinde, kullanıcı etkileşimlerinin dikkate alınması, içeriğin bir hikâye kurgusu içerisinde aktarılması ve bu doğrultuda senaryolaştırılması gerekmektedir (S. M. Park & Kim, 2022). Bu yaklaşım, Metaverse ortamlarında içeriğin yalnızca teknik bir çıktı olarak değil, kullanıcı deneyimini şekillendiren bütüncül bir tasarım süreci olarak ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Metaverse teknolojileri, içerik alanında çok modlu içerik gösterimi, kişisel aracı modellemesi, çok modlu varlık bağlama ve genişletme, senaryo oluşturma, senaryo popülasyonu ve senaryo değerlendirmesi gibi çeşitli bileşenleri kapsamaktadır (S. M. Park & Kim, 2022). Bu yönüyle içerik oluşturma, yalnızca teknik bir üretim süreci değil, aynı zamanda kullanıcı deneyimini ve Metaverse içi değer üretimini doğrudan etkileyen stratejik bir unsurdur. Bu içerikler, kullanıcı ile Metaverse ortamı arasındaki etkileşimi sağlayan temel unsurlardan biri olarak öne çıkmakta (Duan vd., 2021) ve çoğunlukla fiziksel dünya ile ilişkili olmakla birlikte, bazı durumlarda yalnızca dijital dünyada var olabilmektedir (Lee vd., 2021). Bu bağlamda, söz konusu içeriklere, gerçek dünyadaki karşılıklarından farklı bir ekonomik değer de atfedilebilmektedir. Örneğin, Gucci markalı bir çanta, gerçek dünyadaki fiyatından daha yüksek bir bedelle 4.115 ABD doları karşılığında Roblox platformunda satılmıştır (Nelson, 2021). Bu tür örnekler, Metaverse ortamlarında dijital içeriklerin sembolik, deneyimsel ve ekonomik değerinin fiziksel dünyadan bağımsız olarak yeniden tanımlanabildiğini göstermektedir.

1.2.5. Sanal Ekonomi

Metaverse ortamlarında kullanıcı etkileşimi ve içerik üretimiyle birlikte ortaya çıkan değer üretimi, sanal ekonomi kavramını merkezi bir konuma taşımaktadır. Metaverse ekosistemindeki temel unsurlardan biri olan sanal ekonomi (Lee vd., 2021), sanal dünyada ekonomik faaliyetlerin yürütüldüğü, alım ve satım işlemlerinin gerçekleştirildiği bir pazar olarak ifade edilebilir (Yüksel, 2023). Sanal ekonomi, sanal öğelerin ticaretinin gerçekleştirilebilmesi için bir sanal para birimi altyapısını gerektirmektedir (Vidal-Tomás, 2023). Örneğin, Decentraland platformunda MANA, Sandbox platformunda ise SAND coin, sanal öğelerin alınıp satılmasına imkân veren para birimleri olarak kullanılmaktadır. Bu yapı, Metaverse ortamlarında ekonomik değer üretiminin geleneksel piyasa dinamiklerinden farklı, ancak onlarla etkileşim hâlinde geliştiğini göstermektedir.

1.2.6. Avatar

Avatarlar, sanal dünyada bireyi temsil eden iki ya da üç boyutlu dijital varlıklar olarak tanımlanabilir. Bu varlıklar, kullanıcılar tarafından özelleştirilerek oluşturulabileceği gibi, hazır avatarlar şeklinde satın alınarak da kullanılabilir. Avatarların görünüşleri bire bir insan formunda olmak zorunda değildir; insan, hayvan ya da farklı varlık biçimlerinde tasarlanabilmeleri mümkündür (Nijholt, 2017). Bu yönüyle avatarlar, bireylerin sanal ortamlardaki kimlik sunumlarını ve etkileşim biçimlerini şekillendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır.

Sanal ortamlarda avatar kavramına yakın bir başka dijital temsil biçimi olarak dijital ikizler de bulunmaktadır. Dijital ikiz, fiziksel bir varlığın sanal temsili olarak tanımlanabilir (Sjarov vd., 2020). Dijital ikizler; sanal dünyada gerçek nesne benzeri araçlar oluşturmak ve gerçek dünyada meydana gelebilecek durumların olası sonuçlarını, bu nesnelerin simülasyonları aracılığıyla önceden öngörmek amacıyla kullanılmaktadır (S. M. Park & Kim, 2022). Bu bağlamda, dijital ikizler yalnızca sanal ortamda var olmaları ve çoğunlukla gerçek zamanlı sistemlerden izole edilmiş ortamlarda çalıştırılmaları sayesinde, test ve eğitim platformları olarak da değerlendirilebilmekte; risk analizi ve risk değerlendirme süreçleri açısından kurum ve kuruluşlara önemli katkılar sağlayabilmektedir (Chen, Wu, Gan & Qi, 2022).

1.3. Metaverse’ün Barındırdığı Teknolojiler

Metaverse ortamlarının bütüncül, etkileşimli ve sürdürülebilir bir yapı kazanabilmesi, farklı teknolojilerin entegre bir şekilde bir arada çalışmasına bağlıdır. Metaverse’ü oluşturan temel teknolojiler; kullanıcı etkileşimi (User Interactivity), genişletilmiş gerçeklik (Extended Reality – XR), bilgisayarlı görü (Computer Vision – CV), yapay zekâ (Artificial Intelligence – AI), blok zincir (Blockchain), nesnelerin interneti (Internet of Things – IoT) ve robotik (Robotics), uç ve bulut bilişim (Edge and Cloud Computing), bilgisayar ağları (Computer Networks) ile donanım (Hardware) altyapısı olarak sıralanmaktadır (Lee vd., 2021).

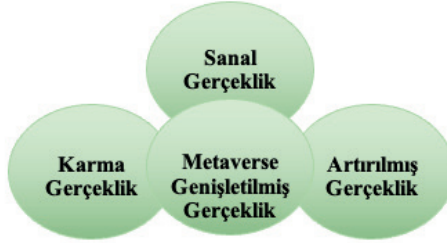
1.3.1. Kullanıcı Etkileşimi

Kullanıcı etkileşimi, kullanıcıların Metaverse ortamlarına erişimini ve bu ortamlarda aktif katılımını sağlayan teknolojileri ifade etmektedir. Kullanıcılar; dokunsal cihazlar, kulaklıklar ve telepresence gibi teknolojiler aracılığıyla, fiziksel ortamlarda yer alan dijital varlıklarla etkileşime geçebilmektedir (Lee vd., 2021). Örneğin, dokunsal cihazlar, kullanıcıların sanal dünyalarda nesnelere dokunarak etkileşim kurmalarına olanak

tanınmaktadır. Kulaklıklar ise sanal ortamlardaki seslerin algılanmasını ve bu seslere tepki verilmesini sağlayarak daha zengin ve gerçekçi bir deneyim sunmaktadır. Telepresence cihazları, kullanıcıların gerçek zamanlı olarak başka bir konumda bulunan bireyler veya varlıklarla etkileşime geçmelerine imkân tanımaktadır. Bu tür teknolojiler, kullanıcıların fiziksel dünyadaki varlıklarını sanal ortamlara entegre etmelerini ve bu ortamlarla etkileşim kurmalarını sağlayarak, Metaverse deneyimini daha etkileyici ve gerçekçi hâle getirmektedir.

1.3.2. Genişletilmiş Gerçeklik

Genişletilmiş gerçeklik, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik teknolojilerini bir araya getirerek kullanıcıların fiziksel ve dijital dünya arasında farklı etkileşim düzeylerinde deneyim yaşayabilmelerini sağlayan ve Metaverse içinde çok katmanlı ve sürükleyici ortamlar üreten bütünleşik bir teknolojik çerçeve olarak tanımlanmaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu çerçevede, genişletilmiş gerçeklik, dijital ve fiziksel ortamların birleşimi olarak ele alınmakta (Damar, 2021, s. 177) ve artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik ile karma gerçeklik teknolojilerini kapsayan bütünleşik bir kavram niteliği taşımaktadır. Bu teknolojiler, Şekil 2’de gösterildiği üzere, genişletilmiş gerçeklik şemsiyesi altında hiyerarşik bir yapı içerisinde konumlandırılmaktadır (S. M. Park & Kim, 2022).



Şekil 2: Metaverse Genişletilmiş Gerçeklik (Mozumder, Sheeraz, Athar, Aich & Kim, 2022).

Sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklikten oluşan bu gerçeklik teknolojilerinin yapay zekâ ile bütünleştirilmesi, Metaverse ortamlarında hem insan-makine etkileşiminin niteliğini artırmakta hem de kullanıcıların çeşitli hizmet ve uygulamalara daha zengin, gerçek zamanlı ve uyarlanabilir biçimlerde erişebilmesini mümkün kılmaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu doğrultuda, söz konusu teknolojilerin temel özellikleri ve Metaverse ekosistemine sağladıkları katkılar aşağıda ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

Artırılmış gerçeklik, gerçek dünya üzerinde oluşturulmuş bir illüzyon olarak tanımlanabilir (Carmigniani & Furht, 2011). Benzer şekilde, diğer

bir tanıma göre artırılmış gerçeklik, sanal dünya ile gerçek dünyayı bütünleştiren bir teknolojidir (Mozumder vd., 2022). Bu bağlamda, artırılmış gerçeklik, sanal ürünlerin veya nesnelerin gerçek dünya ortamında konumlandırılması şeklinde de ifade edilebilir. Artırılmış gerçeklikte, sanal nesneler gerçek dünyanın bir görüntüsü üzerine katmanlanarak yerleştirilir. Bu süreçte artırılmış gerçeklik, gerçek dünyadaki yüzeyleri ve nesneleri tanımak amacıyla bilgisayarlı görü teknolojilerinden yararlanmakta; bu sayede nesne tanıma, düzlem algılama, yüz tanıma ve hareket izleme gibi işlemleri gerçekleştirebilmektedir (Mozumder vd., 2022). Son aşamada, bilgisayar tarafından oluşturulan grafik, ses, görüntü ve mesaj gibi dijital veriler, daha önceden tanımlanan bu düzlemler üzerine yerleştirilmektedir (Mozumder vd., 2022).

Sanal Gerçeklik, genellikle bireylerin gerçekliğin ötesinde bir dünyayı sürükleyici biçimde deneyimlemelerini sağlayan bir dizi teknoloji olarak tanımlanmaktadır (Berg & Vance, 2017). Gerçek dünyanın üç boyutlu bir simülasyonu olarak da ifade edilen sanal gerçeklik uygulamalarında kullanılan donanımlar çeşitli bileşenlerden oluşmaktadır. Bu kapsamda; başa takılan, üç boyutlu görünüm sunan ve gerçekçi bir deneyim sağlayan ekranlar (Head-Mounted Display – HMD), bu ekranlardan gelen görsellerle eşleşen ve gerçek ortam seslerini taklit eden uzamsal sesli kulaklıklar; kullanıcıların sanal ortamdaki konumuna ve baş yönelimine göre ortamı ayarlayan, baş ve beden hareketlerini izleyen jiroskoplar (bir cismin dönme hareketini algılayarak bu harekete ilişkin bilgi sağlayan sensörler), ivmeölçerler ve manyetometreler ile sanal ortamla etkileşime geçmek amacıyla kullanılan kontrolörler, eldivenler ve koşu bantları gibi ekipmanlar yer almaktadır (Novacek & Jirina, 2020). Bu donanımlar, bireylerin içinde bulundukları fiziksel çevreden koparak sanal ortama odaklanmalarını sağlamaktadır. Mevcut HMD’lerle birlikte kullanılabilen çevre birimleri, Şekil 3’te gösterilmektedir.



Şekil 3: Sürükleyici Sanal Gerçeklik Çevre Birimleri (Hareket kontrol cihazı, baz istasyonu, takip cihazı, çok yönlü koşu bandı, dokunsal eldiven ve giysi) (Dincelli & Yayla, 2022).

Karma gerçeklik, artırılmış gerçeklik ile sanal gerçekliğin birleşimi olarak tanımlanmaktadır (S. M. Park & Kim, 2022). Hem gerçek dünyanın hem de sanal dünyanın özelliklerini bir arada barındırması nedeniyle, “Hibrit Gerçeklik” olarak da adlandırılmaktadır (Mozumder vd., 2022).

Artırılmış gerçeklik, gözlük gibi görece daha basit donanımlar aracılığıyla kullanılabilmesi ve gerçek dünyayı doğrudan yansıtmaları sayesinde daha gerçekçi bir deneyim sunmakta ve kısa süreli içerikler için uygun bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (Alcañiz, Bigné & Guixeres, 2019). Buna karşılık, sanal gerçeklik tüm görüş alanını kapsamakta ve uzun süreli içerikler için daha uygun bir yapı sunmaktadır; ancak fiziksel yorgunluğa neden olabilmesi gibi bazı olumsuz yönleri de bulunmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajların bir araya getirilmesiyle geliştirilen karma gerçeklik, tek bir cihaz üzerinden hem artırılmış gerçeklik hem de sanal gerçeklik deneyimi sunabilen bütünlük bir çözüm olarak değerlendirilmektedir (S. M. Park & Kim, 2022).

Günümüzde, Metaverse teknolojileriyle içerik üretilmesini mümkün kılan çeşitli yazılım ve platformlar bulunmaktadır. Bu yazılımlar, eğitimden endüstriye kadar farklı alanlarda Metaverse tabanlı uygulamaların geliştirilmesine olanak tanımaktadır. Bu kapsamda öne çıkan bazı platformlar aşağıda örnekler üzerinden ele alınmaktadır.

- *Microsoft Mesh*, Metaverse teknolojilerinin eğitim bağlamında kullanılabileceği platformlardan biri olarak değerlendirilmektedir. Karma gerçeklik tabanlı bir platform olan Microsoft Mesh, kullanıcıların herhangi bir yerden ve herhangi bir cihaz aracılığıyla sanal bir ortamda bulunma ve deneyim paylaşma imkânı sunmaktadır (Microsoft, 2023). Bu platform aracılığıyla, önceden oluşturulmuş üç boyutlu avatarlar ya da gerçek zamanlı foto gerçekçi görüntüler kullanılarak sınıf ortamındaki bir derse veya bir iş toplantısına bulunulan konumdan bağımsız olarak katılım sağlanabilmektedir. Ayrıca, holoportation teknolojisi sayesinde kullanıcılar, sanki fiziksel olarak aynı ortamdaymış gibi etkileşim kurabilmekte; göz teması, yüz ifadeleri ve jestler aracılığıyla iletişim sağlayarak kendilerini karma gerçeklik ortamında foto gerçekçi bir biçimde temsil edebilmektedir (Microsoft, 2023).
- *NVIDIA Omniverse*, Metaverse uygulamalarının geliştirilmesi ve çalıştırılması amacıyla kullanılan açık kaynak kodlu bir platformdur. Bu platform, gerçek zamanlı üç boyutlu simülasyonların oluşturulmasına imkân tanımaktadır. NVIDIA Omniverse sayesinde tasarımcılar, araştırmacılar, içerik üreticileri, mühendisler ve diğer paydaşlar, ortak bir sanal ortamda işbirliği yaparak ana tasarım araçlarını, dijital varlıklarını ve projelerini birbirine entegre edebilmektedir. Avatar, ev, okul ve fabrika gibi nesne ya da ortamların tasarlanması ve tek bir sanal ortam üzerinden üretilmesi bu

platform aracılığıyla mümkündür. Ayrıca, fiziksel dünyada henüz inşa edilmemiş bir ortam veya üretilmemiş bir ürün, sanal ortamda tasarlanabilmekte, planlanabilmekte ve sanal olarak test edilebilmektedir (NVIDIA, 2023).

- *Unity*, başlangıçta oyun geliştirme amacıyla kullanılan, ancak son yıllarda Metaverse tabanlı çözümlerin geliştirilmesine de olanak sağlayan yaygın bir oyun motorudur. Bu araç, üç boyutlu sanal gerçeklik varlıklarının oluşturulmasına imkân tanımakta ve Metaverse ortamlarının tasarımına yönelik eğitim materyalleri ve geliştirme kaynakları sunmaktadır (Unity, 2023).
- *Unreal Engine* ise oyun geliştirme motorlarından bir diğeri olup, kullanıcılara ücretsiz olarak sunulmaktadır. Bu platform, sanal ve artırılmış gerçeklik içeriklerinin, gerçekçi sahnelerin, dijital insan modellerinin ve yüksek görsel kaliteye sahip içeriklerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır (Unreal Engine, 2024).

1.3.3. Bilgisayarlı Görü

Genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin etkin ve gerçekçi bir biçimde çalışabilmesi, çevresel verilerin doğru algılanmasına ve yorumlanmasına bağlıdır. Bu noktada, genişletilmiş gerçeklik cihazlarının çevresini tanımasını sağlayan bilgisayarlı görüş teknolojisi öne çıkmaktadır (Lee vd., 2021). Bilgisayarlı görüş, insan görsel sisteminin gerçekleştirebildiği bazı görevleri yerine getirebilen otonom sistemler geliştirmeyi amaçlamaktadır (Huang, 1996). Birçok genişletilmiş gerçeklik sistemi, görsel bilgileri optik şeffaf ekranlar veya video şeffaf ekranlar aracılığıyla yakalamakta; elde edilen bu veriler işlenerek sonuçlar, başa takılan akıllı cihazlar ya da akıllı telefonlar üzerinden kullanıcıya iletilmektedir. Bu süreçte, bilgisayarlı görüş teknolojisi, elde edilen görsel verilerden anlamlı kararlar üretilmesinde, bu verilerin dijital görüntü veya video biçiminde işlenmesinde, analiz edilmesinde ve yorumlanmasında kritik bir rol üstlenmektedir (Lee vd., 2021). Başka bir ifadeyle, bilgisayarlı görüş; bilgisayarların ve sistemlerin dijital görüntülerden, videolardan ve diğer görsel girdilerden anlamlı bilgiler elde etmesine ve bu bilgilere dayanarak eylemlerde bulunmasına ya da öneriler sunmasına olanak tanıyan bir yapay zekâ alt alanı olarak tanımlanmaktadır (IBM, 2023). Bu bağlamda, bilgisayarlı görüş ile genişletilmiş gerçeklik teknolojilerinin birlikte kullanımı, daha estetik üç boyutlu sanal dünyaların oluşturulmasına ve farklı sürükleyici cihazlar üzerinden yüksek kaliteli ve yüksek çözünürlüklü görsel deneyimlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Huynh-The vd., 2023).

1.3.4. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, makinelerin yeni durumlara uyum sağlama, ortaya çıkan durumlarla başa çıkma, sorunları çözme, soruları yanıtlama, plan yapma ve genellikle insanlarda görülen bir zekâ düzeyi gerektiren çeşitli işlevleri yerine getirme yeteneği olarak tanımlanmaktadır (Coppin, 2004, s. 4). Bu tanımı tamamlayıcı nitelikte, McCarthy'ye (2007) göre yapay zekâ, akıllı makinelerin, özellikle de akıllı bilgisayar programlarının geliştirilmesine odaklanan bir bilim ve mühendislik alanıdır. Baker ve Smith'e (2019) göre ise yapay zekâ, özellikle öğrenme ve problem çözme gibi, insan zihniyle ilişkilendirilen bilişsel görevleri yerine getirebilen bilgisayar sistemlerini ifade etmektedir.

Bu bağlamda, yapay zekâ; sensör tabanlı giyilebilir cihazlar ve diğer insan-makine etkileşimi araçları aracılığıyla, basit insan hareketlerinden karmaşık eylemlere kadar uzanan davranışları, makine öğrenimi ve derin öğrenme modellerine dayalı olarak analiz edebilmekte ve tanımlayabilmektedir. Bu sayede, kullanıcıların gerçek dünyadaki hareketleri sanal ortama aktarılabilen; kullanıcılar avatarlarını daha hassas biçimde kontrol edebilmekte ve Metaverse ortamındaki diğer nesnelerle konuşma tanıma, duygu analizi, yüz ifadeleri ve vücut hareketleri gibi yöntemler aracılığıyla etkileşime girebilmektedir (Huynh-The vd., 2023).

1.3.5. Blok Zincir

Blok zincir, merkeziyetsizlik, değişmezlik ve şeffaflık gibi benzersiz özelliklere sahip bir yapı olup (Gadekallu vd., 2021), birbirine bağlı kayıtlı işlemler ile izlenen varlıkların listesini içeren dijital bir defter olarak tanımlanabilir (Maddikunta vd., 2022). Bu yönüyle, blok zincir sistemleri fiziksel bir nesne değil, temelde yazılım tabanlı yapılardır. Bilgisayar, telefon ve benzeri dijital cihazlarda yalnızca kodlar aracılığıyla var olmakta; sisteme katılım ise yazılım ve internet üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte dahil olabilmek için telefon, bilgisayar ya da başka bir dijital cihaz kullanılması gerekmektedir. Sisteme katılım sağlandıktan sonra, milyonlarca çevrimiçi insan ve makinenin yer aldığı geniş bir ağa dâhil olunmaktadır. Bu ağ yapısında, tüm katılımcılar eşit konumda yer almakta ve hiyerarşik bir denetim mekanizması bulunmamaktadır (Williams, 2020, s. 17).

Günümüzde, en çok tanınan ve en yüksek değere sahip blok zincir uygulamaları arasında Bitcoin ve Ethereum yer almaktadır. Bununla birlikte, farklı amaçlara hizmet eden çok sayıda blok zincir uygulaması da mevcuttur. Bitcoin, dijital para birimleri aracılığıyla dijital işlemler yoluyla mal ve hizmetlerin satın alınabildiği ve değiştirilebildiği merkeziyetsiz bir ortam sunmaktadır (Upadhyay, 2020).

1.3.6. Nesnelerin İnterneti ve Robotik

Nesnelerin interneti, elektronik cihazlar ve sensörler arasındaki iletişimi internet üzerinden sağlayarak günlük yaşamı kolaylaştırmayı amaçlayan ve geleneksel yaşam biçimini yüksek teknolojiye bir yaşam tarzına dönüştüren bir paradigma olarak tanımlanmaktadır (Kumar, Tiwari & Zymbler, 2019). Bu çerçevede, nesnelerin interneti; sensörler, ağ oluşturma ve işleme teknolojileri ile donatılmış akıllı nesneleri kapsayan ve bu nesnelerin birbiriyle entegre biçimde çalışarak akıllı hizmetlerin son kullanıcılara sunulmasını mümkün kılan bir ekosistem olarak da ifade edilmektedir (Asghari, Rahmani & Javadi, 2019). Son yıllarda, akıllı telefonlar, kişisel bilgisayarlar ve giyilebilir cihazlar gibi mobil teknolojilerin yaygınlaşmasıyla birlikte, nesnelerin interneti uygulamalarının da hızlı bir büyüme ve gelişim süreci içerisinde olduğu görülmektedir.

1.3.7. Uç ve Bulut Bilişim

Uç bilişim, bilgi işlem ve depolama kaynaklarını (bulutçuklar, mikro veri merkezleri veya sis düğümleri gibi) ağın ucunda, mobil cihazlara ya da sensörlere daha yakın konumlarda dağıtan yeni bir bilgi işlem modeli olarak tanımlanmaktadır (Satyanarayanan, 2017). Bu yaklaşım, uç bilişimi ağın ucunda işlem gerçekleştiren bir bilgi işlem paradigması hâline getirmekte olup, temel amacı bilgi işlemi verinin üretildiği kaynağa mümkün olduğunca yaklaştırmaktır (Cao, Liu, Meng & Sun, 2020).

Buna karşılık, bulut bilişim, Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsüne göre yapılandırılabilir bilgi işlem kaynaklarından (örneğin ağlar, sunucular, depolama birimleri, uygulamalar ve hizmetler) oluşan; ortak bir havuza, uygun koşullarda ve isteğe bağlı olarak her zaman ve her yerden erişim imkânı sunan; en az yönetim çabası veya servis sağlayıcı etkileşimi ile hızlı bir şekilde tedarik edilip serbest bırakılabilen bir modeldir (NIST, 2009). Başka bir ifadeyle, bulut hizmetleri, büyük veri işleme süreçlerinin ağ üzerinden küçük parçalara ayrıştırılması ve bu parçaların birden fazla sunucudan oluşan sistemler aracılığıyla işlenmesi süreci olarak da tanımlanabilir (Qian, Luo, Du & Guo, 2009).

Bu bağlamda, çok büyük veri hacimlerinin üretildiği Metaverse ortamlarında, verilerin hesaplanması ve işlenmesi sürecinde ortaya çıkabilecek hız ve performans sorunlarının aşılmasında bulut bilişim teknolojilerinin kritik bir rol üstlendiği görülmektedir (Cai, Llorca, Tulino & Molisch, 2022). Bulut bilişim, bu tür zorlukların yönetilmesine katkı sağlayarak Metaverse ortamlarında daha etkin ve kesintisiz hizmetlerin sunulmasını mümkün kılmaktadır (Chen vd., 2022).

1.3.8. Bilgisayar Ağı

Bilgisayar ağı, aralarında elektriksel bağlantı bulunan ve bu bağlantı aracılığıyla karşılıklı bilgi alışverişi gerçekleştiren bağımsız bilgisayarlar topluluğu olarak tanımlanabilir (Öner, 2010). Bu altyapı, Metaverse platformlarında uzak konumlardaki görevlerin yürütülmesi, büyük veri tabanlarına erişim sağlanması, otomatik sistemler arasında iletişim kurulması ve kullanıcılar arasında paylaşılan deneyimlerin sunulabilmesi açısından temel bir gereklilik oluşturmaktadır (Lee vd., 2021). Metaverse platformlarının çok sayıda kullanıcının aynı sanal mekânda eş zamanlı olarak etkileşim kurabilmesine imkân tanıyabilmesi için, altyapı unsurlarının (örn. geniş bant ağ bağlantısı, hata yönetimi ve güvenlik) uygulamalar açısından taşıdığı önem oldukça büyüktür (S. M. Park & Kim, 2022).

Bu doğrultuda, kullanıcıların dijital nesnelerle sorunsuz ve kesintisiz bir biçimde etkileşim sağlayabilmeleri için yüksek hızlı internet bağlantılarına ihtiyaç duyulmaktadır (Y. Wang vd., 2022). Yüksek hızlı ağ teknolojilerinin (örn. 5G ve 6G) sağladığı destek sayesinde, kullanıcılar kulaklık ve gözlük gibi akıllı giyilebilir cihazlar aracılığıyla zaman ve konum kısıtlaması olmaksızın Metaverse ortamlarına erişilebilmektedir (Prieto, Lacasa & Borda, 2022). Ayrıca, bu tür ağların sunduğu yüksek bant genişliği ve düşük gecikme özellikleri, Metaverse ortamlarında veri iletimi, sahne sunumu, anlık geri bildirim ve kullanıcı bağlantılarında akıcılık ve istikrarın sağlanmasına katkıda bulunmaktadır (Zhang, Chen, Hu, & Wang, 2022). Sonuç olarak, kullanıcıların sanal dünyadaki sürükleyici deneyimlere ve etkileşimlere güvenilir ve kesintisiz biçimde erişebilmeleri için güçlü bir bilgisayar ağı ve telekomünikasyon altyapısı kritik bir öneme sahiptir.

1.3.9. Donanım Altyapısı

Metaverse dünyasında kullanıcılara etkili ve sürükleyici bir deneyim sunulabilmesi için güçlü bir donanım altyapısı kritik bir öneme sahiptir. Bu kapsamda, başa takılan ekranlar, el tabanlı ve el tabanlı olmayan giriş cihazları ile hareket takip sistemleri, Metaverse deneyimini destekleyen temel donanımlar arasında yer almaktadır. S.M. Park ve Kim'e (2022) göre, söz konusu donanımlar aşağıda açıklanmaktadır:

- *Başta takılan ekranlar (Head-Mounted Display - HMD)*, gözlük formunda tasarlanan, başa takılarak kullanılan ve kullanıcıların kendilerini sanal ortamın bir parçası gibi hissetmelerini sağlayan aygıtlardır. Bu cihazlar, görme ve işitme duyularına hitap etmekte; baş hareketlerine bağlı olarak konum ve yönelimi algılayarak sanal dünyadaki görüşün değişmesine

olanak tanımaktadır. Yüksek çözünürlüklü ekranlara ve geniş bir görüş alanına sahip olmaları, sürükleyici bir deneyim oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Oculus Quest 2 ve HTC Vive gibi cihazlar bu tür donanımlara örnek olarak verilebilir. Bu aygıtlar, sundukları yüksek görsel kalite ve geniş görüş alanı sayesinde kullanıcıların sanal gerçeklik deneyimine tam anlamıyla dâhil olabilmelerini sağlamaktadır.

- *El tabanlı giriş cihazları*, dokunma duyusuna hitap eden ve genellikle eli saran eldiven formundaki aygıtlardan oluşmaktadır. Bu cihazlar, sanal dünyadaki nesnelerin dokusunun hissedilmesine ve nesnelerle doğrudan etkileşim kurulmasına olanak tanımaktadır. CyberGlove ve HaptX Gloves bu tür cihazlara örnek olarak gösterilebilir. CyberGlove, sanal ortamdaki nesnelerin dokusal özelliklerini algılamaya yönelik bir eldiven olarak kullanılırken, HaptX Gloves ise haptik geri bildirim teknolojisi aracılığıyla gelişmiş bir dokunsal deneyim sunmaktadır.
- *El tabanlı olmayan giriş cihazları* ise itme, yumruk atma veya ateş etme gibi fiziksel hareketlerin etkilerini algılayabilen ve bu etkileri sanal ortama iletebilen tam vücut giyilebilir sistemlerdir. Bunun yanı sıra, göğüs bölgesine takılan ve sanal ortamdan gelen geri bildirimlerin insan vücuduna iletilmesini sağlayan şok sensörleri gibi aygıtlar da bulunmaktadır. Teslasuit gibi tam vücut kıyafetleri, kullanıcının tüm vücut hareketlerini izleyerek bu hareketlerin sanal ortama aktarılmasına imkân tanımaktadır.
- *Hareket tabanlı giriş cihazları* ise koşu bandı benzeri sistemlerden oluşmakta ve yürüme ile koşma gibi fiziksel hareketleri birbirinden ayırt edebilmektedir. Kullanıcıların güvenliği amacıyla kemer sistemiyle sabitlenmesi sağlanmakta ve böylece kontrollü bir etkileşim ortamı oluşturulmaktadır. Virtuix Omni ve KAT Walk gibi koşu bandı türündeki cihazlar, kullanıcıların sanal dünyadaki yürüme ve koşma hareketlerini gerçek dünyada gerçekleştirebilmelerine olanak tanımaktadır.

Bunlara ek olarak, endüstriyel kameralar, projeksiyon sistemleri, izleme teknolojileri ve tarama sensörleri de sanal veya artırılmış gerçeklik tabanlı ortamların oluşturulması ve çalıştırılmasında kullanılan diğer donanımsal bileşenler arasında yer almaktadır (Ball, 2022).

ÖZET

Bu bölüm, Metaverse'ün eğitim ve kurumsal kullanım bağlamında anlamlandırılabilmesi için gerekli olan kavramsal ve teknolojik zemini oluşturmaktadır. Metaverse'ün yalnızca belirli teknolojilerin bir araya gelmesinden ibaret olmadığı; sosyal etkileşim, ekonomik değer üretimi, güven, kullanıcı deneyimi ve teknik altyapının birlikte çalıştığı çok katmanlı bir dijital sistem olduğu ortaya konulmuştur. Bu yaklaşım, Metaverse'ün rastlantısal ya da yalnızca deneysel bir ortam değil, planlanması ve yönetilmesi gereken bütüncül bir ekosistem olarak ele alınması gerektiğini göstermektedir.

Bölümde ele alınan teknolojik bileşenler, Metaverse ortamlarının nasıl mümkün hâle geldiğini açıklamakta; özellikle genişletilmiş gerçeklik, yapay zekâ, bilgisayarlı görü ve dağıtık bilişim altyapılarının, sanal dünyalarda gerçek zamanlı, etkileşimli ve ölçeklenebilir deneyimlerin oluşturulmasındaki işlevleri netleştirilmektedir. Bu teknolojiler, Metaverse'ün kullanıcıyı pasif bir izleyici olmaktan çıkararak çevresiyle etkileşime girebilen, karar verebilen ve deneyim üretebilen bir aktör hâline gelmesini sağlamaktadır.

Kullanıcı etkileşimi, donanım altyapısı ve ağ teknolojileri bağlamında yapılan değerlendirmeler, Metaverse deneyiminin doğrudan beden, algı ve hareket üzerinden kurulduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, Metaverse'ün yalnızca görsel bir ortam değil, çok duyulu ve sürükleyici bir deneyim alanı olduğunu göstermekte; kullanıcı deneyiminin kalitesinin teknik altyapı kadar tasarım ve etkileşim modellerine de bağlı olduğunu vurgulamaktadır.

Eğitim perspektifinden bakıldığında ise bu bölüm, Metaverse'ün öğrenme süreçlerinde neden stratejik bir potansiyel taşıdığını açıklamaktadır. Metaverse ortamları, kişiselleştirilmiş, deneyim temelli ve etkileşim odaklı öğrenmeyi mümkün kılarken, aynı zamanda pedagojik, etik ve yönetsel kararların bilinçli biçimde alınmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle Metaverse, eğitim kurumları açısından yalnızca bir teknoloji tercihi değil, uzun vadeli bir dijital dönüşüm alanı olarak değerlendirilmelidir.

Sonuç olarak bu bölüm, Metaverse'ün nasıl çalıştığını, hangi bileşenlerle anlam kazandığını ve neden stratejik bir planlama gerektirdiğini açıklayarak, sonraki bölümlerde ele alınacak iş modelleri, yapay zekâ entegrasyonu ve kurumsal yol haritaları için kavramsal ve teknolojik bir temel sunmaktadır.

BÖLÜM 2: METAVERSE EKOSİSTEMİNDE İŞ MODELLERİ

Bu bölümde, Metaverse ekosistemi içerisinde ortaya çıkan iş modelleri, teknolojinin ekonomik ve toplumsal etkileri bağlamında ele alınmaktadır. Metaverse'ün yalnızca sanal etkileşimlerin gerçekleştiği bir ortam olmadığı; kurumlar açısından değer üretme, sunma ve paylaşma biçimlerini yeniden yapılandıran çok boyutlu bir dijital ekonomi alanı olduğu vurgulanmaktadır. Bu kapsamda, Metaverse'ün büyüme potansiyeli ve kurumların eğitim, yetkinlik geliştirme ve dijital dönüşüm yatırımları açısından taşıdığı önem ortaya konulmaktadır. Bölüm boyunca; sanal varlıklar, dijital sanat, üretim, etkinlikler ve eğitim alanlarında gelişen iş modelleri üzerinden Metaverse'ün kurumsal bağlamda ekonomik ve deneyim temelli değer yaratma dinamikleri değerlendirilmektedir. Bu iş modellerinin, yalnızca ticari kazanç sağlamaya yönelik yapılar değil; aynı zamanda kurumsal karar alma, kullanıcı deneyimi ve organizasyonel dönüşüm süreçlerini destekleyen mekanizmalar olduğu gösterilerek, izleyen bölümde ele alınacak stratejik planlama ve entegrasyon yaklaşımları için kavramsal bir çerçeve oluşturulması amaçlanmaktadır.

2.1. Metaverse'de İş Modelleri

Son yıllarda dijital teknolojilerde yaşanan hızlı gelişmeler, Metaverse gibi sanal ortamların ekonomik yapılarının şekillenmesini hızlandırmış ve bu alanlarda yeni iş modellerinin ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır. Metaverse, fiziksel ve dijital dünyalar arasındaki sınırları ortadan kaldırarak bireylerin ve kurumların yaşam biçimlerini ve iş yapış şekillerini dönüştürme potansiyeline sahip bir yapı sunmaktadır. Bu dönüşüm sürecinde, fiziksel dünyaya özgü iş modelleri yeniden şekillendirilirken, tamamen sanal ortamlara özgü yeni iş modelleri de geliştirilmektedir. Bununla birlikte, fiziksel ve sanal iş modellerinin bir arada kullanıldığı hibrit yaklaşımların da giderek yaygınlaştığı görülmektedir. Bu yönüyle Metaverse, fiziksel ve dijital ekonomilerin kesişim noktasında, yeni değer yaratma ve değer elde etme mekanizmalarının geliştiği dinamik bir ekosistem olarak öne çıkmaktadır.

Metaverse'ün sunduğu bu olanaklar, kullanıcıların üç boyutlu sanal ortamlarda avatarlar aracılığıyla iletişim kurmalarına, etkileşimde bulunmalarına ve çeşitli faaliyetlere katılmalarına imkân tanımaktadır. İş dünyası açısından bakıldığında, bu gelişmeler; ürün geliştirme, hizmet sunumu, inovasyon ve müşteri deneyimi gibi alanlarda mevcut iş modellerinin yeniden yapılandırılmasını sağlamakta, aynı zamanda yeni iş modellerinin ortaya çıkışını da hızlandırmaktadır. Gartner

Corporation'ın araştırmasına göre, 2026 yılına kadar tüketicilerin %25'inin günlük yaşamlarının bir bölümünü Metaverse ortamlarında geçirmesi ve kurumların %30'unun bu süreçte Metaverse tabanlı ürün ve hizmetler sunması beklenmektedir (Gartner, 2022). Benzer biçimde, Statista verileri, küresel Metaverse gelirlerinin 2022 yılında 44,1 milyar ABD doları seviyesinden 2030 yılında 484,8 milyar ABD dolarına ulaşacağını öngörmektedir (Statista, 2023). Bu büyüme eğilimi, Metaverse ekonomisi içerisinde farklı sektörlerde geliştirilen iş modellerinin stratejik önemini giderek artırmaktadır.

Bu bağlamda, Metaverse ekosisteminde geliştirilen ve farklı sektörlerde uygulama alanı bulan başlıca iş modelleri aşağıda özetlenmektedir:

2.1.1. Sanal Varlıklar

Metaverse evreninde sanal varlıkların edinilmesi, fiziksel dünyada gözlenen toplumsal sınıf ve statü olgusunun dijital ortamdaki bir yansıması olarak değerlendirilmektedir. Kullanıcıların sahip oldukları sanal araziler, bu arazilerin konumları, dijital sanat eserleri ile markalara ait sanal ürünler; bireylerin Metaverse içerisindeki sosyal konumlarını ve görünürlük düzeylerini belirlemede önemli göstergeler hâline gelmiştir. Özellikle avatarlar aracılığıyla kullanılan markalı giysiler, aksesuarlar ve diğer sanal öğeler, kullanıcıların kendilerini ifade etme biçimlerini ve dijital kimliklerini şekillendiren temel unsurlar arasında yer almaktadır. Nitekim Gucci markasının Metaverse platformlarında satışa sunduğu sanal bir çantanın, fiziksel dünyadaki muadilinden daha yüksek bir bedelle alıcı bulması, sanal tüketimin prestij ve statü temelli bir değer üretim mekanizması olarak konumlandığını göstermektedir (Ma, 2021). Bu durum, dijital ekonomide sanal varlıkların yalnızca ekonomik bir değer taşımadığını; aynı zamanda sembolik ve toplumsal anlamlar üreterek sosyal yapıların dijital ortamlarda yeniden inşa edilmesine katkı sağladığını ortaya koymaktadır.

2.1.2. Dijital Sanat

Metaverse, dijital sanat bağlamında değerlendirildiğinde, takas edilemez jetonlar olarak adlandırılan NFT teknolojilerinin öne çıktığı görülmektedir. Türkçeye “Takas Edilemez Jeton” ya da “Nitelikli Fikri Tapu” olarak çevrilen NFT’ler, dijital sanat eserlerinin özgünlük, mülkiyet ve doğrulanabilirlik özelliklerinin güvence altına alınmasını mümkün kılmaktadır. Bu sayede sanatçılar, eserlerini OpenSea ve Foundation gibi dijital pazar yerlerinde sergileyebilmekte; söz konusu platformlar aracılığıyla dijital sanat üretimi ve dolaşımı yeni bir boyut kazanmaktadır. NFT teknolojilerinin sunduğu bu olanaklar, sanat eserlerinin mülkiyetinin blok zincir altyapısı üzerinden kayıt altına alınmasını sağlayarak, sanatçılar

için alternatif gelir modelleri oluşturmakta ve eserlerin küresel ölçekte daha geniş kitlelere ulaşmasına imkân tanımaktadır. Bu yönüyle Metaverse, dijital sanatın üretim, paylaşım ve ticarileştirilme biçimlerini dönüştüren yenilikçi bir ekosistem sunmaktadır.

2.1.3. Üretim

Metaverse, yapay zekâ ve dijital dönüşüm teknolojilerinin bütünleşik kullanımını mümkün kılarak fiziksel dünyayı etkileşimli ve süreklilik taşıyan sanal ortamlara dönüştürmekte; bu durum, imalat sektöründeki dijital süreçlerin modernizasyonunu önemli ölçüde hızlandırmaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu dönüşümsel etki, Metaverse'ün yalnızca üretim süreçlerinin dijitalleştirilmesini sağlayan bir araç olmanın ötesine geçerek, iş dünyasında yeni nesil üretim modellerinin gelişimine yön veren stratejik bir teknoloji alanı hâline gelmesine zemin hazırlamaktadır. Bu çerçevede, üretim sektöründe faaliyet gösteren birçok kuruluş, Metaverse tabanlı çözümleri geleceğe yönelik planlama ve karar alma süreçlerinin merkezine yerleştirmeye başlamıştır.

Bu yaklaşımın somut örnekleri incelendiğinde, Boeing'in yeni nesil uçak üretiminde üç boyutlu dijital ikizler temelinde bir üretim sistemi geliştirmeyi hedeflediği görülmektedir. Söz konusu sistemin, üç boyutlu tasarımlarla etkileşim kurabilen robotik çözümlerle entegre edilmesi ve farklı coğrafi konumlarda bulunan çalışanların HoloLens gibi artırılmış gerçeklik tabanlı cihazlar aracılığıyla eş zamanlı iletişim ve işbirliği kurabilmesi amaçlanmaktadır (Johnson & Hepher, 2021). Benzer şekilde BMW, üretim hattının simülasyonunu oluşturarak dijital ikizini geliştirmiş ve bu sayede daha güvenli ve verimli bir çalışma ortamı sağlamıştır (BMW Group, 2023). Hyundai Motor ise Metaverse ile fiziksel dünya arasındaki etkileşimi robotik sistemler aracılığıyla gerçekleştirmeyi hedeflemekte; fabrika sahasından uzakta bulunan çalışanların sanal gerçeklik cihazları ve robotlar yoluyla üretim ortamındaki makine ve varlıklara bağlanarak görevlerini uzaktan yerine getirebilecekleri yeni nesil bir tesis yönetim modeli sunmayı planlamaktadır (Hyundai Motor, 2022).

Bu örnekler, üretim sektörünün Metaverse teknolojileri aracılığıyla nasıl yeniden yapılandığını ve dijital dönüşümün üretim süreçlerine nasıl bütünleşik biçimde entegre edildiğini açık biçimde ortaya koymaktadır.

2.1.4. Etkinlikler

Metaverse'ün kullanım alanlarından biri de sanat, kültür ve etkinlik organizasyonlarıdır. Bu dijital ortamlarda konserler, partiler, sanatsal ve kültürel etkinlikler ile konferanslar düzenlenebilmekte; kullanıcılar fiziksel mekân sınırlamalarından bağımsız olarak bu etkinliklere katılım

sağlayabilmektedir. Bu yönüyle Metaverse, kültürel üretim ve paylaşım pratiklerinin zamansal ve mekânsal sınırlarını genişleten bir ortam sunmaktadır.

Örneğin Second Life adlı dijital platformda yüzlerce galeri ve müze yer almakta; kullanıcılar sanat eserlerini satın alabilmekte, satabilmekte ve bu eserleri kendi sanal yaşam alanlarında sergileyebilmektedir (Tasa, 2009). Bu tür uygulamalar, sanatın ve kültürel deneyimlerin yalnızca fiziksel mekânlara bağlı olmadığını; dijital evrenlerde de etkileşimli, erişilebilir ve sürdürülebilir biçimlerde varlık gösterebildiğini ortaya koymaktadır. Aynı zamanda Metaverse tabanlı etkinlikler, sanatçılar ve organizatörler için yeni katılım, gelir ve etkileşim modelleri sunarak kültür endüstrisinin dijital dönüşümüne katkı sağlamaktadır.

2.1.5. Eğitim

Eğitim sektöründe sanal ve artırılmış gerçeklik temelli uygulamaların son yıllarda yaygınlık kazanmasıyla birlikte, Metaverse teknolojilerinin de eğitim ortamlarında kullanım oranı hızla artış göstermektedir. Metaverse, sunduğu etkileşimli ve sürükleyici öğrenme ortamları sayesinde, geleneksel eğitim yaklaşımlarının ötesine geçerek öğrenme deneyimlerini yeniden yapılandırma potansiyeline sahip bir teknoloji alanı olarak öne çıkmaktadır. Bu bağlamda Metaverse, eğitim süreçlerinde yalnızca pedagojik bir araç değil, aynı zamanda kurumsal ve ekonomik değer üreten bir iş modeli olarak da değerlendirilmektedir.

Bu alanda gerçekleştirilen çalışmalardan birinde, üniversite kampüsüne yönelik bir Metaverse prototipi geliştirilmiş; söz konusu sanal kampüs ortamında Metaverse'ün altyapı, etkileşim ve ekosistem bileşenlerinin eğitim süreçlerine entegrasyonuna ilişkin uygulama örnekleri sunulmuştur (Duan vd., 2021). Bu tür uygulamalar, Metaverse teknolojilerinin eğitim kurumları için yeni öğrenme ortamları oluşturma yanı sıra, uzaktan eğitim, kampüs deneyimi ve dijital hizmetlerin çeşitlendirilmesi açısından yenilikçi fırsatlar sunduğunu göstermektedir.

ÖZET

Metaverse, kurumlar açısından yalnızca yeni bir dijital ortam değil; değer üretme, sunma ve paylaşma biçimlerini yeniden yapılandıran stratejik bir iş modeli ekosistemi olarak öne çıkmaktadır. Bu bölümde ele alınan iş modelleri, Metaverse'ün farklı sektörlerde yalnızca mevcut süreçleri dijital ortama taşımakla kalmadığını, aynı zamanda yeni ekonomik, sosyal ve deneyim temelli değer alanları yarattığını göstermektedir. Dijital varlıklar ve NFT temelli sanat üretimleri, sanal ortamda mülkiyet ve statü kavramlarının yeniden tanımlanmasına olanak sağlarken; üretim sektöründe dijital ikizler

ve simülasyonlar, verimlilik, güvenlik ve uzaktan işbirliği gibi alanlarda dönüşümsel etkiler ortaya koymaktadır. Benzer biçimde, Metaverse tabanlı etkinlikler ve eğitim uygulamaları, katılım, erişilebilirlik ve etkileşim boyutlarını genişleterek geleneksel modellerin sınırlarını aşmaktadır. Bu çerçevede Metaverse iş modelleri, kurumlara yalnızca ekonomik kazanç değil; kullanıcı deneyimini merkeze alan, sürdürülebilir ve ölçeklenebilir stratejik açılımlar sunmaktadır. Bu çok boyutlu yapı, Metaverse'ün kurumsal eğitim ve stratejik planlama süreçlerinde neden temel bir bileşen olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymakta ve izleyen bölümde ele alınacak olan stratejik entegrasyon yaklaşımları için kavramsal bir zemin oluşturmaktadır.

BÖLÜM 3: METAVERSE TASARIMI, KULLANICI DENEYİMİ VE ETKİLEŞİM MODELLERİ

Bu bölüm, metaverse tasarımı, kullanıcı deneyimi ve etkileşim modellerini insan merkezli bir bakış açısıyla ele alarak, dijital ortamların yalnızca teknik altyapılar değil; aynı zamanda bilişsel, duygusal ve sosyal etkileşim alanları olduğunu ortaya koymaktadır. Bölüm boyunca sanal mekân tasarım ilkeleri ve kullanıcı deneyimi (UX) yaklaşımları incelenmiş; avatar-çevre etkileşimi ve insan-bilgisayar etkileşimi (HCI) bağlamında etkililik, verimlilik, memnuniyet ve öğrenilebilirlik bileşenlerinin metaverse deneyimini nasıl şekillendirdiği tartışılmıştır. Doğal kullanıcı arayüzleri, avatar tabanlı sosyal etkileşim modelleri ve çok duyulu tasarım yaklaşımlarının, kullanıcıların sanal ortamlarda varlık hissi geliştirmesinde kritik bir rol oynadığı vurgulanmıştır.

Ayrıca bölümde etkileşim cihazları, haptik teknolojiler ve duysal geri bildirim sistemlerinin metaverse deneyimini nasıl derinleştirdiği ele alınmış; bu teknolojilerin ergonomi, erişilebilirlik ve sürdürülebilir kullanıcı deneyimi açısından taşıdığı önem değerlendirilmiştir. Son olarak metaverse’de erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım yaklaşımları incelenerek, farklı fiziksel, bilişsel ve kültürel özelliklere sahip kullanıcıların dijital ortamlara eşit katılımının ancak bütüncül ve uyarlanabilir tasarım stratejileriyle mümkün olabileceği ortaya konmuştur. Bu çerçevede bölüm, metaverse tasarımına yönelik kuramsal temelleri uygulama odaklı bir perspektifle birleştirerek kapsamlı bir yol haritası sunmaktadır.

Metaverse Tasarımı, Kullanıcı Deneyimi Ve Etkileşim Modelleri

Metaverse, fiziksel ve dijital gerçekliğin sürekli ve etkileşimli bir şekilde birleştiği, kullanıcıların hem üretici, hem de tüketici olarak yer alabildiği yeni nesil bir dijital yaşam alanı olarak tanımlanmaktadır (Mystakidis, 2022). Bu alan yalnızca teknoloji temelli bir yenilik değil; aynı zamanda sosyal, ekonomik, kültürel ve pedagojik dönüşümlerin merkezinde yer alan kapsamlı bir ekosistemdir. Bu nedenle metaverse tasarımında kullanıcı deneyimi, etkileşim modelleri ve dijital çevrelerin insan merkezli olarak kurgulanması kritik bir rol oynamaktadır. Özellikle eğitim, sağlık, endüstri ve eğlence sektörlerinde metaverse uygulamalarının hızla yaygınlaşması, kullanıcı odaklı tasarım anlayışının stratejik bir gereklilik hâline gelmesine neden olmuştur (Dwivedi ve diğerleri, 2022).

Metaverse tasarımı, yalnızca üç boyutlu mekanların oluşturulması ile sınırlı değildir; aynı zamanda kullanıcıların bu mekanlarda nasıl hareket

ettikleri, avatarlarıyla nasıl duysal ve bilişsel deneyimler yaşadıkları ve sanal nesnelerle nasıl etkileşime girdikleri gibi çok boyutlu bir tasarım çerçevesi içerir. Bu bağlamda insan-bilgisayar etkileşimi (HCI) alanı, metaverse'ün temel yapı taşlarından biri olarak ortaya çıkmakta; etkileşim araçları ve kullanıcı davranışları tasarımın merkezinde yer almaktadır (Jerald, 2015). Dolayısıyla kullanıcı deneyiminin sadece teknik performansla değil; psikolojik, ergonomik ve sosyokültürel faktörlerle de şekillendiği görülmektedir.

Metaverse'e yönelik ilginin artması, kullanıcıların dijital ortamlardaki varlığını güçlendiren avatar sistemleri, dokunsal geribildirim teknolojileri, doğal kullanıcı arayüzleri ve yapay zekâ tabanlı yönlendirme mekanizmaları gibi yenilikçi tasarım yaklaşımlarının geliştirilmesini hızlandırmıştır (Lee vd., 2021). Buna ek olarak erişilebilirlik, kapsayıcılık ve etik tasarım ilkeleri, metaverse'in geniş kitleler tarafından güvenli ve sürdürülebilir biçimde benimsenmesi için önemli birer bileşen hâline gelmektedir. Bu bölüm, metaverse kullanıcı deneyiminin temel bileşenlerini kuramsal ve uygulamalı bir perspektiften ele alarak tasarımcılar, eğitimciler, politika geliştiriciler ve araştırmacılar için kapsamlı bir çerçeve sunmayı amaçlamaktadır.

3.1. Sanal Mekân Tasarım İlkeleri ve Kullanıcı Deneyimi (UX)

Sanal mekân tasarımı, metaverse ortamlarının kullanıcılar tarafından nasıl algılandığını, nasıl deneyimlendiğini ve bu ortamlarda nasıl etkileşim kurulduğunu belirleyen temel unsurlardan biridir. Fiziksel dünyanın sınırlamalarını ortadan kaldıran bu ortamlar, kullanıcıların mekânsal algılarını yeniden kurgulamalarına olanak tanır; ancak bu durum tasarımcılar için yeni sorumluluk ve gereksinimler doğurur. Kullanıcıların gerçeklik, varlık hissi (presence) ve akıcılık (flow) gibi deneyim bileşenlerini sürdürebilmek için sanal mekânların hem işlevsel hem de duysal ihtiyaçları karşılayacak şekilde tasarlanması gerekir (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Bu nedenle metaverse içi mekân tasarımı, yalnızca estetik bir süreç değil, bilişsel bilim, ergonomi, algı psikolojisi ve kullanıcı deneyimi araştırmalarını bir araya getiren çok disiplinli bir süreçtir.

Kullanıcı deneyiminin temelinde, bireylerin sanal ortamlarda kendi avatarları aracılığıyla mekâna ne kadar “aidiyet” ve “varlık” hissettiği yer alır. Varlık hissinin güçlenmesi için mekânsal tutarlılık, ölçek dengesinin korunması, kullanıcı hareketlerinin gecikmesiz ve doğal bir şekilde mekâna yansıtılması gibi teknik unsurlar kritik önemdedir (Jerald, 2015). Bu bağlamda metaverse tasarımında yalnızca geometrik doğruluk değil, aynı zamanda mekânsal davranışa uygunluk da dikkate alınmalıdır. Örneğin, kullanıcıların otomatik olarak yön bulabilmesini sağlayan işaretleyiciler, mekânsal hiyerarşi, ışıklandırma ve dokular, sanal mekânın sezgisel

kullanımını artırır. Bu özelliklerin uyum içinde kullanılması, kullanıcıların “bilişsel yükünü” azaltır ve daha akıcı bir deneyim sağlar (Norman, 2013).

Sanal mekânların gereksiz karmaşıklıktan kaçınarak kullanıcıya net bilgi sunması, tasarımın önemli ilkelerinden biridir. Fiziksel dünyada olduğu gibi, sanal ortamlarda da yön bulma ve mekânsal farkındalık kullanıcı deneyiminin merkezinde yer alır. Bu nedenle tasarımcıların görsel hiyerarşi, renk kontrastı, ışık-gölge dengesi, derinlik etkisi gibi unsurları stratejik bir şekilde kullanmaları gerekir. Ayrıca kullanıcıların sanal dünyada yönlerini kaybetmemeleri için “landmark” denilen sabit işaretleyicilerin kullanılması önerilmektedir (Darken & Peterson, 2002). Bu işaretleyiciler yalnızca mekânsal farkındalık için değil, aynı zamanda kullanıcıların güvenlik hissinin artması için de gereklidir.

Metaverse mekânlarında erişilebilirlik de kritik bir tasarım bileşenidir. Fiziksel engellere sahip bireyler veya dijital okuryazarlık seviyesi düşük kullanıcıların bu ortamlara rahatça erişebilmesi, metaverse’in kapsayıcı ve bütüncül bir teknoloji olabilmesi açısından gereklidir. Erişilebilirlik tasarımında yazı boyutu, kontrast oranı, sesli yönlendirmeler, dokunsal geri bildirimler ve basit etkileşim mekanizmaları önemli rol oynar (Bai vd., 2021). Ayrıca kullanıcıların kontrol cihazlarını, hareket algılayıcılarını veya ses komutlarını kişisel yeteneklerine göre özelleştirebilmesi; tasarımın insan-merkezli olmasını sağlayan önemli bir adımdır. Erişilebilirliği artıran bu uygulamalar, yalnızca etik bir gereklilik değil, aynı zamanda kullanıcı kitlesini genişleten stratejik bir tasarım yaklaşımıdır.

Sanal mekânların tasarımında bir diğer kritik unsur, kullanıcı-çevre etkileşiminin doğal bir şekilde kurgulanmasıdır. Dokunsal geri bildirim sistemleri (haptics), fiziksel simülasyon motorları, yapay zekâ destekli hareket tahminleri gibi teknolojiler, kullanıcıların mekâna “doğal” bir ilişki kurmasını sağlar. Bu tür etkileşim araçları, metaverse deneyimini iki boyutlu dijital içeriklerden ayıran temel bileşenlerdir (Gabardi vd., 2020). Örneğin kullanıcı bir objeyi eline aldığı anda, objenin ağırlığını simüle eden bir titreşim geri bildirimi veya yüzey dokusunu temsil eden bir haptik sinyal alması, deneyimin gerçekçiliğini önemli ölçüde artırır. Bu gerçeklik seviyesi arttıkça, kullanıcıların mekâna olan bağlılığı, etkileşim süresi ve motivasyonu da artmaktadır.

Kullanıcıların metaverse ortamlarında nasıl davranacaklarını belirleyen motivasyonel faktörler de sanal mekân tasarımında önemli bir yere sahiptir. Davranışsal tasarım yaklaşımlarına göre kullanıcıları ortamda daha fazla zaman geçirmeye teşvik eden unsurlar arasında sosyal etkileşim fırsatları, kişiselleştirilebilir avatar ve çevre seçenekleri, görev-ödül sistemleri ve yaratıcı üretim alanları yer alır (Yee, 2006). Bu unsurlara

uygun şekilde tasarlanmış mekânlar, kullanıcıların dijital ortamda anlamlı bir amaç hissetmelerini sağlayarak deneyimin sürdürülebilirliğini artırır. Eğitim ortamlarında ise motivasyonel tasarım, öğrenmeyi destekleyen mekânsal senaryoların oluşturulmasına olanak tanır.

Sanal mekânların duygu tasarımı (affective design) da kullanıcı deneyiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Renkler, ses tasarımı, mekânsal kompozisyon, avatar mimikleri ve ışık kullanımı gibi unsurlar, kullanıcıların duygusal durumlarını doğrudan etkileyebilir. Pozitif duygusal deneyim sunan mekânlar, kullanıcıların sosyal etkileşim isteğini artırır ve ortamı daha çekici kılar. Eğitim ortamlarında sakin ve odaklanmayı destekleyen tasarımlar tercih edilirken; ticari ortamlarda enerji ve dinamizmi teşvik eden unsurlar kullanılabilir (Lynch & Horton, 2016). Bu nedenle hedef kitle ve kullanım amacına uygun duygu tasarımı, metaverse deneyiminin başarısı üzerinde belirleyici bir etkidir.

Son olarak, metaverse mekânlarının sürdürülebilirliği ve güncellenebilirliği de tasarımın önemli bileşenlerindendir. Hızla gelişen teknolojiler, sanal mekânların sürekli olarak optimize edilmesini ve kullanıcı geri bildirimlerine göre yeniden yapılandırılmasını gerektirir. Kullanıcı davranışı analitiği, ısı haritaları, göz takibi verileri ve etkileşim kayıtları gibi veriler; tasarımcıların mekânsal düzeni geliştirmesine yardımcı olur (LaViola vd., 2017). Böylelikle metaverse, yalnızca statik bir dijital alan değil, kullanıcıların davranışlarıyla birlikte evrilen dinamik bir ekosistem hâline gelir.

3.2. Avatar-Çevre Etkileşimi ve İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (HCI)

Avatar-çevre etkileşimi, metaverse deneyiminin en temel bileşenlerinden biridir. Avatar, kullanıcının dijital ortamdaki temsilidir ve bu temsilin ne kadar etkili, gerçekçi veya kişiselleştirilebilir olduğu, kullanıcının ortamla kurduğu bağın kuvvetini doğrudan etkiler. İnsan-Bilgisayar Etkileşimi (Human-Computer Interaction, HCI) literatürü, avatar tasarımını yalnızca bir karakter modeli olarak değil, kullanıcının bilişsel, sosyal ve duygusal süreçlerini yansıtan bir arayüz olarak ele alır (McCreery vd., 2012). Bu nedenle avatar-çevre etkileşimi; motor hareketlerin aktarılması, duysal geribildirim, sosyal etkileşim imkânları ve mekânsal davranış gibi çok katmanlı süreçlerin bütünüdür.

Avatarların sanal ortamdaki hareketleri, kullanıcının fiziksel hareketleriyle ne kadar uyumlu olursa, deneyim o kadar doğal ve ikna edici olur. Hareket kopyalama teknolojileri (motion capture), ters kinematik sistemleri (IK), göz takibi, yüz ifadeleri okuma ve konuşma senkronizasyonu

gibi teknikler, avatarların çevreyle daha doğal bir etkileşim kurmasını sağlar (Moeslund vd., 2006). Örneğin, kullanıcı başını çevirdiğinde avatarın aynı hareketi gecikmesiz şekilde gerçekleştirmesi, varlık hissini güçlendiren en önemli unsurlardan biridir. Gecikme (latency) arttıkça hem gerçeklik algısı zayıflar hem de kullanıcıda rahatsızlık ve simülasyon hastalığı (simulation sickness) gibi sorunlar ortaya çıkabilir (LaViola, 2000).

Avatar-çevre etkileşiminin önemli yönlerinden biri de dokunsal geri bildirim (haptic feedback) sistemleridir. Kullanıcı bir objeyi tuttuğunda, onun sertliğini, sıcaklığını veya ağırlığını hissetmesini sağlayan bu sistemler, etkileşim deneyimini güçlendirir. Haptik eldivenler, tam vücut geri bildirimli kıyafetler ve kuvvet geri bildirimli kontrol cihazları, metaverse ortamlarında daha gerçekçi bir varlık deneyimi sunar (Pacchierotti vd., 2017). Araştırmalar, haptik geri bildirimin yalnızca fiziksel hissiyatı artırmakla kalmadığını; aynı zamanda öğrenme, görev tamamlama ve mekânsal bellek gelişimine de katkı sağladığını göstermektedir (Argelaguet vd., 2016).

Avatarın sosyal etkileşimlerdeki rolü de HCI çerçevesinde kritik bir yere sahiptir. Metaverse, temelde sosyal bir platformdur ve kullanıcıların avatarları aracılığıyla diğer bireylerle etkileşime girmesi, bu platformun sürdürülebilirliği açısından hayati öneme sahiptir. Sosyal avatar davranışları, jestler, yüz ifadeleri, göz teması, kişisel alan kullanımı ve beden dili gibi unsurlar üzerinden şekillenir (Bailenson vd., 2004). Bu öğeler, sanal ortamda doğal sosyal sinyallerin oluşturulmasını sağlar ve kullanıcıların birbirlerini daha doğru algılamasına yardımcı olur. Eğer avatar, kullanıcının duygusal ifadelerini gerçekçi şekilde yansıtamazsa, iletişimde kopukluklar ortaya çıkar ve sosyal varlık hissi zayıflar.

Sosyal varlık hissi (social presence), avatar-çevre etkileşiminin merkezinde yer alır. Sosyal varlık, bir kullanıcının karşısındaki avatarın gerçek bir kişi tarafından kontrol edildiğini algılamasıyla ortaya çıkan psikolojik bir duygudur (Biocca vd., 2003). Bu his, avatarın hareketlerinin, sesinin ve davranışlarının doğal olmasına bağlıdır. Örneğin, kullanıcının konuşmasıyla avatarın ağız hareketlerinin eş zamanlı olması, sosyal varlığı artıran önemli bir etkidir. Ayrıca avatarın mekânda fiziksel bir yer kapladığının kullanıcı tarafından hissedilmesi, sanal ortamın daha canlı ve inandırıcı olmasını sağlar.

Metaverse ortamlarında çevre ile etkileşim yalnızca fiziksel manipülasyonlarla sınırlı değildir; yapay zekâ destekli ortamlar, avatarların çevredeki nesnelerle bağlam temelli etkileşim kurmasını da mümkün kılar. Örneğin, bir kullanıcı bir nesneye baktığında, sistem nesnenin türüne göre önceden programlanmış tepkiler oluşturabilir. Bu tür akıllı etkileşimler,

karmaşık görevlerin daha kolay ve sezgisel şekilde yerine getirilmesini sağlar (Zhou vd., 2022). Eğitim ortamlarında bu yaklaşım, öğrenme materyallerinin kullanıcı davranışına göre uyarlanabilmesini destekler.

Avatar kişiselleştirme, kullanıcıların sanal dünyaya bağlanmasını artıran başka bir önemli faktördür. Kullanıcıların avatarlarının fiziksel görünümünü, hareket tarzlarını ve çevredeki davranışlarını kendi tercihlerine göre düzenleyebilmeleri; kimlik inşası, aidiyet hissi ve özgünlük duygusunu pekiştirir (Ducheneaut vd., 2009). Ancak kişiselleştirme seçeneklerinin çok fazla olması bilişsel yük oluşturabilir. Bu nedenle HCI prensipleri, kullanıcıların kişiselleştirme sürecinde sezgisel yönlendirmeler, basit arayüzler ve anlamlı kategoriler sunulmasını önerir.

Avatar-çevre etkileşimi bağlamında etik ve güvenlik konuları da önemlidir. Avatarın izinsiz taklit edilmesi, kimlik hırsızlığı, davranış manipülasyonu, dijital taciz ve benzeri etik sorunlar, metaverse ekosisteminin zorluklarından bazılarıdır (Franceschi vd., 2022). HCI araştırmaları, avatar tabanlı etkileşimlerde güvenli davranış modülleri, içerik filtreleri ve kişisel alan kalkanları gibi mekanizmaların tasarım sürecine entegre edilmesi gerektiğini vurgular. Bu tür önlemler, kullanıcıların sanal dünyada daha güvenli ve rahat hissetmesini sağlar.

İnsan-Bilgisayar Etkileşimi'nin temel konularından biri, kullanıcıların sanal çevredeki nesnelerle ne kadar doğal ve sezgisel etkileşim kurabildiğidir. İşaret etme, sürüklenme, döndürme, tıklama gibi klasik etkileşim yöntemleri, VR/AR ortamlarında yerini daha doğal hareketlere bırakmaktadır. El izleme teknolojileri, göz odaklı seçim mekanizmaları ve ses komutları gibi yöntemler, kullanıcıların avatarları aracılığıyla çevreye daha doğal müdahalede bulunmasını sağlar (Bowman vd., 2004). Bu gelişmeler, sanal mekânlarda daha yüksek etkileşim verimliliğine ulaşılmasını destekler.

Avatarların çevreyle bağlamsal etkileşimi, özellikle eğitim ve profesyonel simülasyonlarda kritik bir rol oynar. Tıp, mühendislik, mimarlık ve askeri eğitim gibi alanlarda avatarların çevreye doğru tepkiler vermesi, öğrenme deneyimini daha etkin hâle getirir. Örneğin bir cerrahi simülasyonda, avatarın bir cerrahi alete verdiği doğru tepki, öğrencinin uygulamayı güvenli şekilde öğrenmesine katkı sağlar (Barsom vd., 2016). Bu tür uygulamalarda avatar davranışlarının gerçek dünyayla uyumlu olması, öğrenme başarısını ve transfer becerisini artırır.

Metaverse platformlarının başarısı, yalnızca gelişmiş grafikler, sürükleyici ortamlar veya yenilikçi teknolojilerle değil; bu teknolojilerin kullanıcılar tarafından ne derece etkili, verimli, memnuniyet verici ve öğrenilebilir bir biçimde deneyimlendiğiyle de doğrudan ilişkilidir. HCI'nın temel kullanılabilirlik ilkeleri (Nielsen, 1994; Norman, 2013) bu noktada

merkezi bir rol oynar ve metaverse ortamlarının tasarımında vazgeçilmez bir çerçeve sunar. Üç boyutlu etkileşim, çoklu modalite, avatar tabanlı iletişim ve sürekli etkileşim gerektiren sanal dünyalar düşünüldüğünde kullanılabilirlik ilkelerinin gerekliliği daha da belirgin hâle gelmektedir.

Etkililik, bir kullanıcının belirli bir görevi başarıyla tamamlama derecesi olarak tanımlanır. Metaverse için bu; bir öğrencinin sanal bir sınıfta ödevini teslim edebilmesi, bir çalışanın avatarıyla toplantı odasına ulaşabilmesi veya bir kullanıcının bir nesneyi doğru şekilde manipüle edebilmesi gibi görevlerin hatasız gerçekleştirilebilmesi anlamına gelir. Karmaşık bir 3B ortamda etkililiğin sağlanması, kullanıcıların mekânsal farkındalığını destekleyen açık işaretçiler, tutarlı navigasyon yapıları ve açıklayıcı geri bildirim mekanizmaları gerektirir (Dix vd., 2004). Etkililik düzeyi düşük bir metaverse deneyimi, özellikle eğitim bağlamında hedeflenen öğrenme çıktılarına ulaşılmasını ciddi ölçüde engelleyebilir.

Verimlilik ise görevlerin mümkün olan en az çaba ve zamanla tamamlanabilmesini ifade eder. Metaverse ortamlarında kullanıcıların fiziksel hareketleri, VR/AR cihazlarının ergonomisi, arayüzdeki karmaşıklık ve avatar hareketlerinin akıcılığı verimliliği doğrudan etkiler. Örneğin, bir nesneyi almak için gereksiz el hareketleri yapmak zorunda kalmak, sanal bir sınıfa erişmek için karmaşık menülerle uğraşmak veya düşük kare hızları nedeniyle mekânsal konumlandırma hatası yaşamak verimliliği düşürür. Bu nedenle tasarımcılar, kullanıcı yükünü azaltacak sade etkileşim modelleri, kısayollar ve sezgisel kontrol şemaları geliştirmelidir (Bowman, Kruijff, LaViola & Poupyrev, 2005).

Memnuniyet, kullanıcıların deneyimden duyduğu genel tatmin düzeyini ifade eder ve metaverse gibi sosyal, etkileşimli ve uzun süreli kullanım gerektiren ortamlarda kritik bir başarı göstergesidir. Kullanıcıların avaturlarıyla kendilerini ifade edebilmeleri, sosyal varlık hissini oluşturma, sanal mekânların estetik tasarımı ve sistem performansının istikrarı memnuniyet üzerinde önemli etkiye sahiptir. Duygusal tasarım ilkeleri (Norman, 2004) özellikle metaverse için önem kazanır; çünkü duygu yüklü etkileşimler, kullanıcı bağlılığını ve ortamda geçirilen süreyi artırır. Memnuniyet düzeyi yüksek bir sanal ortam, kullanıcıların tekrar kullanım eğilimini güçlendirerek ekosistemin sürdürülebilirliğini sağlar.

Öğrenilebilirlik, özellikle metaverse gibi yeni, karmaşık ve çok-modaliteleri bir araya getiren sistemlerde kritik bir kullanılabilirlik bileşenidir. Kullanıcıların kısa sürede sistemi anlayabilmesi, temel görevleri kolaylıkla öğrenebilmesi ve zaman içinde performansını artırabilmesi gerekir. Öğrenilebilirlik düzeyi düşük metaverse uygulamaları, özellikle eğitim ve kurum içi eğitim gibi alanlarda kullanıcıların adaptasyonunu

zorlaştırabilir. Bu nedenle, sezgisel iş akışları, aşamalı açıklamalar (progressive disclosure), yerleşik yardım sistemleri, başlangıç rehberleri (onboarding) ve hataları tolere eden etkileşim modelleri geliştirilmelidir (Nielsen, 1993). Öğrenilebilirlik arttıkça kullanıcıların etkililik ve verimlilik düzeyleri de doğal olarak yükselir.

HCI kullanılabilirlik ilkeleri, metaverse tasarımının en temel yapı taşlarından biridir ve etkililik, verimlilik, memnuniyet ve öğrenilebilirlik bileşenleri kullanıcı deneyiminin her aşamasını şekillendirir. Bu ilkeler doğru bir şekilde uygulandığında, metaverse yalnızca teknolojik olarak gelişmiş bir ortam değil, aynı zamanda erişilebilir, sürdürülebilir, kapsayıcı ve kullanıcı dostu bir dijital ekosistem hâline gelir. Dolayısıyla metaverse tasarımında kullanılabilirlik, bir tercih değil; kullanıcı deneyiminin başarısını belirleyen stratejik bir gereklilik olarak değerlendirilmelidir. Bu çerçevede, bir sonraki bölüm olan metaverse’de etkileşim modelleri ve deneyim mimarisi tartışmasına da güçlü bir temel oluşturur.

Son olarak avatar-çevre etkileşimi, metaverse’in gelecekteki gelişimini belirleyen en önemli unsurlardan biridir. Haptic teknolojilerin gelişmesi, yapay zekâ destekli avatarların ortaya çıkışı, beyin-bilgisayar arayüzlerinin (BCI) yaygınlaşması ve photorealistik avatarların daha erişilebilir hâle gelmesi, avatar-çevre etkileşimini daha doğal, daha duysal ve daha kişisel bir deneyime dönüştürecektir (S. Park & Kim, 2022). Bu gelişmeler, HCI alanını tamamen yeni tasarım ilkelerine yönlendirecek ve metaverse tasarımcılarının insan davranışını daha derin biçimde anlamasını gerektirecektir.

3.3. Doğal Kullanıcı Arayüzleri (NUI), Avatarlar ve Sosyal Etkileşim Modelleri

Doğal Kullanıcı Arayüzleri (Natural User Interfaces–NUI), metaverse ortamlarında kullanıcıların dijital dünyayla sezgisel ve insan biyolojisine uyumlu yollarla etkileşim kurmasını sağlayan temel araçlardan biridir. NUI, kullanıcıların jestler, ses komutları, göz hareketleri, beden pozisyonları veya dokunsal sinyaller aracılığıyla sistemle etkileşime girmesine olanak tanır (Wigdor & Wixon, 2011). Bu yönüyle NUI, geleneksel fare-klavye arayüzlerinin ötesine geçerek, kullanıcıyı fiziksel ve bilişsel olarak sanal ortamın bir parçası hâline getirir. Metaverse’in sürükleyici yapısı dikkate alındığında, kullanıcı arayüzlerinin doğal ve öğrenilebilir olması, deneyimin tutarlılığı açısından kritik bir tasarım gereksinimi hâline gelmektedir.

NUI’nin metaverse üzerindeki en önemli etkilerinden biri, kullanıcıların varlık hissini (sense of presence) güçlendirmesidir. Varlık hissi, bireyin fiziksel dünyayı geçici olarak unutup kendisini sanal ortamda

“gerçekten oradaymış gibi” hissetmesi olarak tanımlanmaktadır (Slater & Sanchez-Vives, 2016). Araştırmalar, doğal etkileşim biçimlerinin varlık hissini artırdığını ve kullanıcıların dijital ortamlarda daha rahat, daha özgüvenli ve daha sürekli etkileşim kurduklarını göstermektedir. Örneğin el hareketlerini takip eden kontrol sistemleri veya göz odaklı seçme mekanizmaları, kullanıcıların etkileşim yükünü azaltarak bilişsel uyumu artırır (Jerald, 2015). Bu durum özellikle eğitim, sağlık simülasyonları ve endüstriyel uygulamalar gibi yüksek doğruluk gerektiren alanlarda deneyimin etkinliğini önemli ölçüde artırmaktadır.

Avatar tasarımı metaverse etkileşiminin sosyal boyutunu oluşturan temel bileşenlerden biridir. Avatarlar, kullanıcıların dijital ortamdaki beden temsillerini sağlar ve kimlik, aidiyet, sosyal statü ve kültürel ifade gibi unsurları yansıtır (Dionisio vd., 2013). Bu nedenle avatar tasarımının yalnızca görsel bir işlem olmadığını; psikolojik, toplumsal ve etik anlamlar taşıyan çok katmanlı bir süreç olduğunu söylemek mümkündür. Kullanıcılar avatarlarını kişiselleştirebildikçe dijital ortamla güçlü bir özdeşlik geliştirmekte, bu da davranışlarını ve sosyalleşme biçimlerini etkilemektedir. Bu fenomen literatürde “Proteus etkisi” olarak adlandırılmakta ve avatarın görünüşünün kullanıcının davranışlarını etkilediği gösterilmektedir (Yee & Bailenson, 2007).

Sosyal etkileşim modelleri metaverse’in sürdürülebilirliği için temel unsurlardan biridir. İnsanlar dijital ortamlara yalnızca bilgi tüketmek için değil, aynı zamanda diğer kullanıcılarla iletişim kurmak, iş birliği yapmak ve sosyal ilişkiler geliştirmek için katılır. Bu nedenle sosyal mekânların tasarımı, topluluk kurallarından avatar etkileşim protokollerine kadar geniş bir alanı kapsar. Sosyal varlık (social presence) kavramı, kullanıcıların diğer bireylerin gerçek ve canlı olduğunu algılama düzeyini ifade eder ve metaverse tasarımında kritik bir rol oynar (Biocca vd., 2003). Yüksek sosyal varlık, kullanıcıların derin ve anlamlı etkileşimler kurmasını kolaylaştırır.

Bu sosyal varlığı güçlendiren unsurlar arasında gerçekçi yüz ifadeleri, mikro hareketler, beden dili yakalama sistemleri ve yapay zekâ ile zenginleştirilmiş avatar davranışları yer almaktadır. Örneğin ağız hareketlerinin konuşmayla senkronize olması veya göz temasının doğru şekilde simüle edilmesi sosyal iletişimin niteliğini belirgin biçimde artırır. Güncel VR sistemleri kullanıcı yüzü ve vücut hareketlerini algılama yetenekleri bakımından gelişmiş olsa da, gerçek insan iletişiminin zenginliğini tam olarak yansıtmak hâlen bir araştırma alanı olarak önemini korumaktadır (Muhle vd., 2022).

NUI ve avatar sistemlerinin gelişimi sosyal etkileşim protokollerini de dönüştürmektedir. Örneğin jest tabanlı selamlaşmalar, avatarlar arası

kişisel alan sınırları, dokunsal geri bildirimli etkileşimler veya sesle kontrol edilen toplantı ortamları, metaverse ortamlarında sosyal normların yeniden tanımlanmasına olanak tanımaktadır. Bu normlar kültürel farklılıklar, topluluk kuralları ve platform politikalarıyla şekillenir; bu nedenle tasarımcıların etik, güvenlik ve kapsayıcılık ilkelerini gözetmeleri gerekir (Shin, 2022).

Doğal arayüzlerin bir diğer önemli işlevi erişilebilirliği artırmasıdır. Örneğin motor yetileri sınırlı kullanıcılar için göz takibi veya sesli komutlar kritik bir erişilebilirlik aracı hâline gelebilir. Aynı şekilde engelli bireyler için kişiselleştirilmiş avatar seçenekleri, sosyal katılımı artıran güçlü bir araç sunar. Bu nedenle metaverse tasarımında erişilebilirlik yalnızca teknik bir gereklilik değil, aynı zamanda sosyal bir sorumluluk olarak ele alınmalıdır (López vd., 2023).

Yapay zekâ destekli avatar sistemleri sosyal etkileşimi daha da zenginleştirmektedir. AI tabanlı eşlikçi avatarlar, eğitimde rehberlik; sağlıkta psikososyal destek; perakendede müşteri deneyimi; endüstride ise iş akışı yönetimi gibi alanlarda kullanılabilir hâle gelmiştir. Bu avatarlar kullanıcıyla doğal dilde iletişim kurarak, bağlamı analiz ederek ve kişiselleştirilmiş yanıtlar üreterek gerçek zamanlı etkileşimler oluşturabilir. Bu durum hem bireysel deneyimi hem de sosyal dinamikleri değiştiren önemli bir tasarım dönüşümünü ifade eder (Rouse & Rouse, 2022).

Sonuç olarak, doğal kullanıcı arayüzleri, avatar sistemleri ve sosyal etkileşim modelleri metaverse ortamının kullanıcı merkezli yapısını oluşturan temel bileşenlerdir. Bu unsurlar yalnızca teknik birer tasarım faktörü değil; kimlik, toplumsal katılım, erişilebilirlik, kültürel ifade ve etik normlar üzerinde etkisi olan dönüşümsel yapılar olarak değerlendirilmelidir. Tasarımcılar için en büyük zorluk, bu bileşenleri teknik doğruluk, insani gereksinimler ve sosyal beklentiler arasında dengeleyerek bütüncül bir metaverse deneyimi sağlamaktır.

3.4. Etkileşim Cihazları, Haptik Teknolojiler ve Duyusal Geri Bildirim Sistemleri

Metaverse deneyimini şekillendiren temel bileşenlerden biri kullanıcıların dijital dünyayla etkileşim kurmasını sağlayan donanım teknolojileridir. Bu cihazlar yalnızca erişimi mümkün kılmakla kalmaz; aynı zamanda deneyimin gerçekçilik derecesini, bilişsel yükünü ve kullanıcı memnuniyetini doğrudan etkiler. Girdi cihazlarının ve duyusal geri bildirim sistemlerinin gelişimi, metaverse uygulamalarının sürükleyici niteliğini artıran en önemli faktörlerden biri hâline gelmiştir (Steinicke, 2016). Bu bölümde, etkileşim cihazlarının özellikleri, haptik teknolojilerin gelişimi

ve çoklu duyuşal geri bildirim sistemlerinin metaverse tasarımıındaki rolü ele alınacaktır.

Metaverse ortamlarında kullanılan temel etkileşim cihazları arasında VR gözlükleri, AR başlıkları, karma gerçeklik setleri, hareket takip sensörleri, el kontrolcöleri, tam vücut hareket yakalama cihazları ve göz takip sistemleri yer alır. Bu cihazlar, dijital ortamlara fiziksel hareketleri doğru ve gecikmesiz biçimde aktarmak için yüksek hassasiyetli sensör yapıları kullanır. Örneğın modern VR sistemleri, konumlandırma hassasiyetini artırmak için inside-out tracking adı verilen kamera tabanlı bir yöntemden yararlanır (Jerald, 2015). Bu izleme sistemleri kullanıcı deneyiminin sürekliliğı için kritik öneme sahiptir; zira düşük gecikme süresi (latency) yüksek varlık hissiyle doğrudan ilişkilidir.

Hareket kontrolcölerinin yanı sıra el izleme (hand tracking) sistemleri metaverse tasarımıında giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Kullanıcıların herhangi bir fiziksel kontrolcü olmadan ellerini, parmaklarını ve jestlerini doğal biçimde kullanabilmesi, etkileşimi daha sezgisel hâle getirir (Min vd., 2020). El izleme teknolojisi özellikle eğitim, sağlık simölasyonları ve tasarım uygulamalarında doğal manipölasyon gerektiren görevler için kritik bir rol oynamaktadır. Bu tür doğal etkileşim mekanizmaları, kullanıcıların bilişsel yükünü azaltarak öğrenilebilirliğı artırır.

Haptik teknolojiler ise metaverse deneyiminin en hızlı gelişen bileşenlerinden biridir. Haptik sistemler, kullanıcıya dokunma, titreşim, basınç veya kuvvet geri bildirimi sağlayarak dijital nesnelerin fiziksel hissini taklit etmeyi amaçlar (Culbertson vd., 2018). Basit titreşim motorlarından gelişmiş kuvvet geri bildirimli eldivenlere kadar geniş bir yelpazede bulunan bu teknolojiler, kullanıcıların dijital ortamlardaki nesnelerle etkileşime girmesini daha gerçekçi kılar. Örneğın dokunsal eldivenler, bir nesnenin sertliğini, yüzey dokusunu veya ağırlılığını simüle ederek kullanıcıya nesnenin fiziksel özelliklerine dair duyuşal bir temsil sunabilir.

Tam vücut haptik giysileri, haptik teknolojilerin en gelişmiş uygulamalarından biridir. Bu giysiler, kullanıcının tüm vücudu üzerinde çok noktalı dokunsal geri bildirim üretebilen sensör ve aktüatör sistemlerinden oluşur. Araştırmalar, tam vücut haptik sistemlerinin varlık hissini artırdığını, kullanıcıların duyuşal etkileşim düzeyini yükselttiğini ve bazı durumlarda empatik tepkileri güçlendirdiğini göstermektedir (Amazzalorso vd., 2021). Özellikle oyun, spor eğitimi, askeri simölasyonlar ve tehlikeli görev eğitimleri gibi yüksek etkileşimli alanlarda bu teknolojiler önemli bir potansiyele taşır.

Duyuşal geri bildirim sistemlerinin yalnızca dokunma duyuşuyla

sınırlı olmadığını belirtmek gerekir. Ses, görsel ipuçları, termal geri bildirim, vestibüler (denge) duyusu ve hatta koku bazlı sistemler metaverse deneyiminin çok duyulu hâle gelmesine katkıda bulunur. Örneğin termal geri bildirim sağlayan cihazlar, sıcaklık değişimlerini simüle ederek kullanıcıya daha zengin bir çevresel farkındalık sunar (Matsukura vd., 2013). Aynı şekilde koku simülasyon cihazları, metaverse ortamlarında bir mekânın atmosferini veya nesnelerin kimyasal özelliklerini kullanıcıya hissettirebilir. Her ne kadar ticari kullanım henüz sınırlı olsa da, araştırmalar çok duyulu tasarımın immersiyon seviyesini artırdığını göstermektedir.

Ses geri bildiriminin metaverse tasarımındaki rolü de oldukça önemlidir. Uzamsal ses (spatial audio) teknolojileri, kullanıcının çevredeki ses kaynaklarını üç boyutlu bir mekânda doğru konumlandırmasını sağlar. Bu tür ses sistemleri, sosyal etkileşimlerde konuşmacıların konumunu belirgin hâle getirerek iletişimi kolaylaştırır; aynı zamanda güvenlik uyarıları, çevresel sesler veya yönlendirme mekanizmaları gibi işlevlerde kritik bir destek sunar (Begault vd., 2015). Doğal ses tasarımı, kullanıcıların mekân algısını güçlendirerek bilişsel tutarlılığı artırır.

Duyusal geri bildirim sistemlerinin bir diğer önemli boyutu ergonomidir. Kullanıcı konforu, metaverse tasarımında göz ardı edilemeyecek bir unsurdur. İnsan-bilgisayar etkileşimi (HCI) literatürü, cihaz konforunun kullanım süresini, kullanıcı verimliliğini ve memnuniyetini doğrudan etkilediğini vurgulamaktadır (Nielsen, 1993). Ağır VR başlıkları, sıkı eldivenler veya hassasiyeti düşük kontrolcüler uzun süreli kullanımda rahatsızlığa neden olabilir. Bu nedenle ergonomik tasarım ve insan antropometrisine uygunluk etkileşim cihazlarının geliştirilmesinde temel kriterlerdir.

Etkileşim cihazları ve duysal geri bildirim teknolojilerinin yaygınlaşmasıyla birlikte güvenlik ve etik konuları da ön plana çıkmıştır. Haptik geri bildirim sistemlerinin yüksek yoğunluklu sinyallerde fiziksel rahatsızlık verebilmesi, termal cihazların aşırı ısınma riskleri veya vestibüler uyarıların baş dönmesi yaratması gibi durumlar kullanıcı güvenliğini etkileyebilir. Bu nedenle tasarım süreçlerinde kullanıcı sağlığı ve güvenliği için standartlaştırılmış protokollerin uygulanması gerekmektedir (Slater, 2018).

Sonuç olarak etkileşim cihazları, haptik teknolojiler ve duysal geri bildirim sistemleri metaverse deneyiminin temel altyapısını oluşturmaktadır. Bu teknolojiler, kullanıcıların dijital dünyayla nasıl ilişki kurduklarını belirleyen kritik tasarım bileşenleridir. Doğal, ergonomik, güvenli ve çok duyulu bir etkileşim tasarımı kullanıcı varlığını, memnuniyetini ve etkileşim etkinliğini artırır. Gelecek yıllarda

bu teknolojilerin daha bütünleşik, hafif, erişilebilir ve yapay zekâ destekli hâle gelmesiyle metaverse deneyiminin daha kapsayıcı ve gerçekçi bir yapıya kavuşması beklenmektedir.

3.5. Metaverse’de Erişilebilirlik ve Kapsayıcı Tasarım

Metaverse ortamlarının genişleyen yapısı, dijital katılımın temel bir boyutunu oluşturan erişilebilirlik kavramını her zamankinden daha kritik hâle getirmiştir. Geleneksel web ve mobil arayüzlerden farklı olarak metaverse; üç boyutlu etkileşim, avatar tabanlı temsil, işitsel-görsel yoğunluk ve çokduyulu iletişim bileşenleri barındırır. Bu nedenle erişilebilirlik yalnızca görsel veya işitsel uyarlamalar değil, çok katmanlı bir kullanıcı deneyimi bütünlüğü gerektirir. Kapsayıcı tasarımın metaverse’e uygulanması, kullanıcının fiziksel, bilişsel veya duyuşsal farklılıklarını bir sınırlılık olarak değil, tasarımın merkezine yerleştirilen çeşitlilik göstergesi olarak ele alır (Bennett vd., 2023).

Günümüzde erişilebilirlik yalnızca engelli kullanıcılar için değil, geçici kısıtlar yaşayan bireyler, farklı yaş grupları, dijital okuryazarlık seviyesi düşük kullanıcılar veya kültürel çeşitliliğe sahip topluluklar için de tasarım kriteri hâline gelmiştir. Metaverse ortamları ise kullanıcıların beden hareketleri, mekânsal algıları, kontrol cihazları ve sanal nesnelerle kurdukları etkileşim üzerinden çalıştığından, kapsayıcı tasarımın bu alanlara genişletilmesi gerekmektedir. Örneğin, hareket kısıtı bulunan bir kullanıcının VR tabanlı bir etkinlikte doğal şekilde yer alabilmesi; yalnızca alternatif kontrol yöntemleri sağlamakla değil, aynı zamanda hareket gerektiren senaryoların yeniden kurgulanmasıyla mümkün olabilir (Lécuyer, 2022). Böylece erişilebilirlik, sistem düzeyinde alınan basit önlemler olmaktan çıkar, deneyimin bütününe yayılmış bir tasarım yaklaşımına dönüşür.

Metaverse’de erişilebilirliğin temelsorunlarından biri, standartlaşmanın henüz gelişmemiş olmasıdır. Web için WCAG gibi belirgin yönergeler bulunurken, metaverse için tüm platformlarda geçerli ortak ve kapsamlı bir erişilebilirlik standardı yoktur. Bu durum, geliştiricilerin rehberlik almakta zorlanmasına ve kullanıcı deneyiminde platformlar arası tutarsızlıklara yol açar. Örneğin, bir platform işaret dili avatarları desteklerken, bir başka platform sadece altyazı sunabilir. Araştırmalar, kullanıcıların farklı platformlara uyum sağlamakta zorlandığını ve tutarlı erişilebilirlik yapılarına ihtiyaç duyduğunu ortaya koymaktadır (Smith & Neff, 2022).

Metaverse’e erişilebilirlik açısından bakıldığında, üç boyutlu uzamsal etkileşimlerin ayrı bir gereksinim alanı yarattığı da görülür. Görme engelli kullanıcılar mekânsal ses yönlendirmesine ihtiyaç duyarken, motor becerileri sınırlı kullanıcılar gelişmiş kontrolcü uyarlamalarına gereksinim

duyar. Haptic feedback teknolojileri, görsel geri bildirim alamayan kullanıcılar için potansiyel çözümler sunarken; karmaşık haptik cihazların öğrenilmesi yeni engeller oluşturabilmektedir. Bu nedenle tasarımcıların sadece teknoloji üretmekle değil, bu teknolojinin nasıl öğrenileceğini ve sürdürülebilir kullanım modellerini de belirlemesi gerekir (Zhao, Xu & Wang, 2022).

Kapsayıcı tasarım aynı zamanda kültürel çeşitliliğin metaverse ortamlarına yansımaları da içerir. Avatar tasarımlarının farklı beden biçimleri, ten renkleri, kıyafet kültürleri ve fiziksel özellikleri barındırması, kullanıcıların kendilerini temsil edilmiş hissetmesinde kritik bir rol oynar. Uluslararası çalışmalar, temsil çeşitliliğinin kullanıcıların platforma bağlılık düzeyini ve katılım motivasyonunu artırdığını göstermektedir (Robinson & Tkacz, 2023). Buna rağmen birçok metaverse platformunda standartlaştırılmış avatar modellerinin hâlâ baskın olduğu ve kapsayıcı temsilin sınırlı kaldığı görülmektedir.

Erişilebilirlik ve kapsayıcılık, yalnızca teknik tasarım öğeleriyle sınırlı olmayıp, kullanıcıların öğrenme süreçlerini de kapsar. Yeni platformları deneyimleyen kullanıcılar, kontrol sistemlerini, navigasyonu, nesne etkileşimlerini veya sosyal mekanikleri öğrenmek zorundadır. Bu süreç, bilişsel yükü artırabilir. HCI literatürü, öğrenilebilirliğin özellikle karmaşık sistemlerde kullanıcı memnuniyetinin ana belirleyicisi olduğunu vurgular (Nielsen, 1994). Metaverse’de öğrenilebilirliği artırmak için sezgisel eğitim modülleri, rehber avatarlar, aşamalı görevler ve kullanıcıya uyarlanabilen arayüz katmanları gibi yöntemler giderek yaygınlaşmaktadır.

HCI’nin etkililik, verimlilik ve memnuniyet kriterleri metaverse ortamlarında yeniden değerlendirilmelidir. Etkililik yalnızca görev tamamlamayı değil, sanal mekân içinde yer alabilme ve sosyal etkileşimi sürdürebilme kapasitesini de içerir. Verimlilik, kullanıcıların görevleri gereksiz bilişsel yük yaşamadan yerine getirmesiyle ilgilidir. Memnuniyet ise kullanıcıların deneyim sırasında kontrol hissi, rahatlık ve temsil edilme duygusuyla şekillenir. Bu üç kriterin birlikte sağlanabilmesi için kullanıcı farklılıklarının tasarım döngüsüne erken aşamada dahil edilmesi gerekmektedir (Hartson & Pyla, 2019).

Kapsayıcı tasarım yaklaşımlarından biri olan “universal design”, metaverse için önemli bir çerçeve sunar. Bu yaklaşım, farklı yetenek düzeylerine sahip kullanıcıların ek bir uyarılma olmadan aynı deneyime katılabilmesini hedefler. Ancak metaverse’in yüksek duyuşal yoğunluğu ve karmaşık kontrollere dayanması, universal design’ın doğrudan uygulanmasını güçleştirebilir. Bu nedenle araştırmacılar, universal design ilkelerini genişleten “adaptive experience” modelleri üzerinde

çalışmaktadır. Bu modeller, platformun kullanıcı davranışını analiz ederek arayüzleri kişiselleştirmesini ve etkileşim modlarını uyarlamasını sağlar (Pan vd., 2023).

Kapsayıcı tasarımın önemli boyutlarından biri de iletişim erişilebilirliğidir. Metaverse’de kullanıcılar sadece konuşarak değil, işaret dili, avatar animasyonları, jestler, yazılı mesajlar ve mimiklerle iletişim kurar. Bu çok biçimli iletişim yapısı, iletişim engeli yaşayan kullanıcılar için fırsatlar ve zorluklar bir arada sunar. Örneğin, işitme engelli kullanıcılara gelişmiş altyazı seçenekleri sağlanması olumlu bir örnektir; ancak altyazıların yoğun görsel unsurlar arasında kaybolması veya okumayı zorlaştırması ayrı bir sorun olarak ortaya çıkabilir.

Tüm bu bileşenler değerlendirildiğinde metaverse’de erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım yalnızca teknik ihtiyaçlara karşılık veren bir gereklilik değil; sürdürülebilir, kullanıcı merkezli ve kültürel olarak duyarlı bir tasarım anlayışının temel parçasıdır. Metaverse platformları kitlesel ölçekte benimsendikçe, kullanıcıların arayüzlerle etkileşimi daha da karmaşık hâle gelecek ve erişilebilirlik gereksinimleri çeşitlenecektir. Bu nedenle erişilebilirlik, geliştirme sürecinin sonunda ele alınan bir “ek özellik” değil, tasarımın başlangıç aşamasında belirleyici bir boyut olarak görülmelidir. Böylelikle tüm kullanıcılar için deneyim eşitliği sağlanabilir ve metaverse’in vaat ettiği sosyal bütünlük daha gerçekçi hâle gelebilir.

ÖZET

Bu bölümde metaverse bağlamında kullanıcı deneyimi, etkileşim tasarımı ve sanal ortamların insan merkezli yapılandırılması çok boyutlu bir perspektifle ele alınmıştır. Sanal mekân tasarım ilkeleri, avatar temelli etkileşimler ve kullanıcı-sistem ilişkileri, metaverse deneyiminin yalnızca teknolojik yeterlilikle değil; bilişsel, duygusal ve sosyal faktörlerin bütünleşmesiyle anlam kazandığını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, insan-bilgisayar etkileşimi ve kullanıcı deneyimi yaklaşımları, metaverse ortamlarının etkili, verimli ve tatmin edici biçimde kullanılabilmesi için temel bir çerçeve sunmaktadır.

Bölümde ayrıca doğal kullanıcı arayüzleri, çok duyulu etkileşimler ve haptik geri bildirim sistemlerinin, kullanıcıların sanal ortamlarda varlık hissi geliştirmesinde ve etkileşim kalitesinin artırılmasında oynadığı rol vurgulanmıştır. Bu teknolojilerin doğru tasarlanmadığı durumlarda bilişsel yük, yönelim kaybı ve kullanılabilirlik sorunlarının ortaya çıkabileceği; buna karşın ergonomi ve kullanıcı ihtiyaçlarını merkeze alan tasarım yaklaşımlarının öğrenme, iş birliği ve sosyal etkileşimi güçlendirdiği görülmektedir.

Son olarak metaverse ortamlarında erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım ilkeleri, bu bölümün önemli bir odak noktasını oluşturmuştur. Farklı fiziksel, bilişsel ve duyuşsal özelliklere sahip kullanıcıların sanal dünyalara eşit katılımının, ancak evrensel tasarım ilkeleri ve uyarlanabilir etkileşim modelleriyle mümkün olabileceği ortaya konmuştur. Bu çerçevede bölüm, metaverse tasarımında insan merkezli, erişilebilir ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesinin, hem kullanıcı deneyimi kalitesi hem de uzun vadeli sistem başarısı açısından kritik olduğunu vurgulayarak tamamlanmaktadır.

BÖLÜM 4: METAVERSE TABANLI KURUMSAL ÖĞRENME TASARIMI

Bu bölüm, metaverse teknolojilerinin kurumsal öğrenme tasarımı nasıl yapılandırılabileceğini pedagojik, deneyimsel ve kullanıcı merkezli bir perspektifle ele almaktadır. Dijital dönüşümün kurumların öğrenme stratejilerini yeniden şekillendirdiği günümüzde, metaverse yalnızca teknik bir yenilik değil; öğrenme deneyimlerinin tasarımı, sunumu ve değerlendirilmesini dönüştüren bütüncül bir öğrenme ekosistemi olarak değerlendirilmektedir. Bölüm, metaverse tabanlı kurumsal öğrenmenin deneyimsel temellerini ortaya koyarak, öğrenenlerin aktif katılımını ve iş bağlamına yakın öğrenme deneyimlerini merkeze almaktadır.

Bu çerçevede bölümde sırasıyla kurumsal öğrenmede deneyimsel tasarım yaklaşımları, metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim uygulamaları, öğrenen etkileşimi ve kullanıcı deneyimi tasarımı, sanal sınıf, sanal laboratuvar ve simülasyon ortamlarının pedagojik açıdan yapılandırılması ile metaverse tabanlı içeriklerin öğrenen performansına etkileri ele alınmaktadır. Her bir alt başlık, metaverse'in kurumsal öğrenmeye sunduğu olanakları kuramsal temeller ve güncel literatür ışığında tartışarak, kurumlar için uygulanabilir tasarım ilkeleri sunmayı amaçlamaktadır.

Metaverse Tabanlı Kurumsal Öğrenme Tasarımı

Dijital dönüşümün hızlanmasıyla birlikte kurumlar, çalışanlarının bilgi, beceri ve yetkinliklerini geliştirmek amacıyla geleneksel eğitim modellerinin ötesine geçen yenilikçi öğrenme yaklaşımlarına yönelmektedir. Bu bağlamda metaverse, yalnızca yeni bir teknolojik ortam değil; öğrenmenin tasarımı, sunumu ve deneyimleme biçimini köklü biçimde dönüştüren bütüncül bir öğrenme ekosistemi olarak öne çıkmaktadır. Üç boyutlu sanal mekânlar, avatar tabanlı etkileşimler, gerçek zamanlı geri bildirimler ve çoklu duyuşal deneyimler sayesinde metaverse, kurumsal öğrenmeyi daha etkileşimli, bağlamsal ve deneyim temelli hâle getirme potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel, özellikle yetişkin öğrenenlerin ihtiyaçlarına yanıt verme noktasında metaverse tabanlı öğrenme tasarımını stratejik bir araç hâline getirmektedir.

Kurumsal öğrenme bağlamında metaverse tabanlı tasarım, yalnızca teknolojik altyapının kurulmasını değil; pedagojik, bilişsel ve deneyimsel unsurların bütüncül bir şekilde ele alınmasını gerektirir. Deneyimsel öğrenme kuramları, yapılandırmacı yaklaşımlar ve sosyal öğrenme modelleri, metaverse ortamlarının sunduğu etkileşim ve simülasyon

olanaklarıyla daha işlevsel hâle gelmektedir. Bu ortamlar, öğrenenlerin pasif bilgi alıcıları olmaktan çıkarak, problem çözen, karar veren ve iş bağlamına yakın senaryolar içinde aktif roller üstlenen katılımcılara dönüşmesini sağlar. Dolayısıyla metaverse tabanlı kurumsal öğrenme tasarımı, öğrenenin bilişsel katılımını artıran ve öğrenmeyi doğrudan iş performansı ile ilişkilendiren bir yapı sunar.

Bu bölümde, metaverse tabanlı kurumsal öğrenme tasarımının temel bileşenleri sistematik bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Deneyimsel tasarım ilkelerinden oyunlaştırılmış öğrenme modellerine, öğrenen etkileşimi ve kullanıcı deneyimi tasarımından sanal sınıf ve simülasyon ortamlarına kadar uzanan geniş bir çerçeve sunulmaktadır. Ayrıca metaverse tabanlı içeriklerin öğrenen performansı üzerindeki etkileri kuramsal ve uygulamaya dönük bir perspektifle değerlendirilmektedir. Böylece bu bölüm, kurumların metaverse teknolojilerini pedagojik açıdan anlamlandırmalarına ve sürdürülebilir öğrenme tasarımları geliştirmelerine rehberlik etmeyi amaçlamaktadır.

4.1. Kurumsal Öğrenmede Deneyimsel Tasarım

Kurumsal öğrenme süreçleri, bilgi aktarımına dayalı geleneksel modellerden uzaklaşarak, çalışanların aktif katılımını, problem çözme becerilerini ve gerçek dünya bağlamlarında öğrenmeyi merkeze alan deneyimsel yaklaşımlara doğru evrilmektedir. Özellikle dijital dönüşüm, uzaktan çalışma modelleri ve karma organizasyon yapıları, kurumların öğrenme tasarımlarını yeniden düşünmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda deneyimsel öğrenme, bireyin bilgiyi pasif biçimde alması yerine, deneyim yoluyla yapılandırmasını esas alan bir paradigma olarak öne çıkmaktadır (Kolb, 1984). Metaverse teknolojileri ise deneyimsel öğrenmenin kurumsal bağlamda ölçeklenebilir, izlenebilir ve yeniden üretilebilir biçimde uygulanmasına olanak tanıyan yeni bir öğrenme ekosistemi sunmaktadır.

Deneyimsel öğrenme kuramı, öğrenmenin somut deneyim, yansıtıcı gözlem, soyut kavramsallaştırma ve aktif deneyimleme olmak üzere dört aşamalı döngüsel bir süreçte gerçekleştiğini ileri sürer (Kolb, 1984). Kurumsal eğitim ortamlarında bu döngünün tam anlamıyla işletilebilmesi, çoğu zaman fiziksel, zamansal ve ekonomik sınırlamalar nedeniyle mümkün olamamaktadır. Metaverse tabanlı öğrenme ortamları, bu sınırlamaları büyük ölçüde ortadan kaldırarak, çalışanların sanal ortamlarda gerçekçi senaryolarla karşılaşmasını, karar alma süreçlerini deneyimlemesini ve sonuçlarını güvenli bir ortamda gözlemlemesini sağlar. Böylece öğrenme, yalnızca teorik bilgi edinimi değil, davranışsal ve bilişsel dönüşüm süreci hâline gelir (Dede, vd., 2014).

Kurumsal bağlamda deneyimsel tasarımın en önemli avantajlarından biri, öğrenme içeriğinin doğrudan iş süreçleriyle ilişkilendirilebilmesidir. Metaverse ortamlarında tasarlanan senaryolar; liderlik, kriz yönetimi, müşteri ilişkileri, iş güvenliği, teknik beceriler veya etik karar verme gibi alanlara özgü gerçekçi durumları simüle edebilir. Bu tür senaryo temelli öğrenme deneyimleri, çalışanların yalnızca “ne yapılması gerektiğini” değil, “neden ve nasıl yapılması gerektiğini” de kavramasına yardımcı olur. Araştırmalar, bağlamsal öğrenmenin kalıcı bilgi oluşturma ve transfer becerisi üzerinde güçlü bir etkisi olduğunu göstermektedir (Brown, Collins & Duguid, 1989).

Metaverse tabanlı deneyimsel tasarım, öğrenenin bedensel ve mekânsal katılımını da sürece dâhil ederek bilişsel yükün dengelenmesini sağlar. Üç boyutlu ortamlar, avatar temsilleri ve etkileşimli nesneler aracılığıyla öğrenen, öğrenme sürecinin aktif bir öznesi hâline gelir. Bu durum, özellikle yetişkin öğrenenlerde motivasyon ve öz yeterlik algısını artırmaktadır. Kurumsal öğrenme literatüründe yetişkin öğrenenlerin öğrenme sürecine anlam yüklemesi, deneyimlerini sürece katması ve öğrenmenin iş yaşamına doğrudan katkısını görmesi kritik bir unsur olarak kabul edilmektedir (Knowles, Holton & Swanson, 2015). Metaverse, bu gereksinimleri bütüncül biçimde karşılayabilen nadir teknolojik ortamlardan biridir.

Deneyimsel tasarımın kurumsal öğrenmeye entegrasyonunda ölçülebilirlik de önemli bir boyut olarak öne çıkar. Metaverse ortamlarında öğrenen davranışları, karar alma süreçleri, etkileşim sıklığı ve performans göstergeleri ayrıntılı biçimde izlenebilir. Bu veriler, öğrenme analitikleri aracılığıyla değerlendirilerek hem bireysel gelişim hem de kurumsal yetkinlik haritaları oluşturulabilir. Böylece deneyimsel öğrenme yalnızca nitel bir kazanım değil, aynı zamanda nicel olarak da değerlendirilebilir bir süreç hâline gelir (Siemens & Long, 2011).

Kurumsal öğrenmede deneyimsel tasarımın metaverse ile desteklenmesi, aynı zamanda örgütsel öğrenme kültürünü de dönüştürme potansiyeline sahiptir. Öğrenmenin tek yönlü bir aktarım değil, paylaşılan bir deneyim olarak kurgulanması; çalışanlar arasında işbirliğini, kolektif problem çözmeyi ve bilgi paylaşımını teşvik eder. Sanal ortamlarda gerçekleştirilen grup görevleri, ekip temelli simülasyonlar ve ortak hedeflere yönelik senaryolar, kurum içinde öğrenen organizasyon yapısının güçlenmesine katkı sağlar (Senge, 2006).

Bununla birlikte deneyimsel tasarımın metaverse ortamlarına aktarılmasında pedagojik tasarım ilkelerinin göz ardı edilmemesi gerekir. Teknolojik olanakların fazlalığı, öğrenme hedeflerinin önüne geçtiğinde bilişsel aşırı yük ve dağınık öğrenme deneyimleri ortaya çıkabilir.

Bu nedenle kurumsal metaverse tabanlı öğrenme tasarımları, açık öğrenme çıktıları, yapılandırılmış senaryolar ve rehberli deneyim ilkeleri doğrultusunda geliştirilmelidir. Etkili bir deneyimsel tasarım, teknolojiyi amaç hâline getiren değil, öğrenme hedeflerine hizmet eden bir araç olarak konumlandırarak yaklaşımla mümkün olacaktır.

Metaverse tabanlı deneyimsel tasarım, kurumsal öğrenmede dönüşümsel bir potansiyel sunmaktadır. Çalışanların gerçekçi, etkileşimli ve güvenli sanal ortamlarda öğrenmesini sağlayan bu yaklaşım; bilgi, beceri ve tutum gelişimini bütüncül biçimde destekler. Kurumlar için deneyimsel öğrenmenin metaverse ile yeniden yapılandırılması, yalnızca eğitim süreçlerini değil, aynı zamanda kurumsal performansı, adaptasyon yeteneğini ve sürdürülebilir rekabet avantajını da doğrudan etkileyecek stratejik bir unsur olarak değerlendirilebilir.

4.2. Metaverse Tabanlı Oyunlaştırılmış Eğitim Modelleri

Oyunlaştırma (gamification), oyun tasarımına özgü mekaniklerin ve dinamiklerin oyun dışı bağlamlarda kullanılması yoluyla motivasyonu, katılımı ve öğrenme sürekliliğini artırmayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Kurumsal öğrenme bağlamında oyunlaştırma; puanlama sistemleri, rozetler, seviye ilerlemeleri, görevler ve rekabetçi unsurlar aracılığıyla öğrenenlerin sürece aktif katılımını destekler. Metaverse ortamları ise bu yaklaşımı yalnızca sembolik ödüllerle sınırlı olmaktan çıkararak, öğrenenlerin sanal dünyalar içinde deneyimleyerek öğrenmesini mümkün kılan çok boyutlu bir yapıya dönüştürür. Bu bağlamda metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim modelleri, öğrenme süreçlerini mekânsal, sosyal ve duygusal boyutlarıyla bütüncül bir deneyime dönüştürmektedir (Deterding vd., 2011; Kapp, 2012).

Metaverse'in sunduğu üç boyutlu etkileşim alanları, oyunlaştırmanın temel bileşenlerini daha derin ve anlamlı hâle getirmektedir. Geleneksel öğrenme yönetim sistemlerinde oyunlaştırma çoğunlukla ilerleme çubukları veya dijital rozetler ile sınırlıyken, metaverse ortamlarında öğrenenler görevleri sanal mekânlar içinde yerine getirir, avatarları aracılığıyla sosyal etkileşime girer ve gerçek zamanlı geri bildirim alır. Bu durum, öğrenenlerin yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal ve psikomotor düzeyde de öğrenme sürecine dahil olmalarını sağlar. Araştırmalar, bu tür bütünlük deneyimlerin öğrenen motivasyonunu artırdığını ve öğrenme kalıcılığını desteklediğini ortaya koymaktadır (Makransky & Petersen, 2019).

Metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim modellerinin kurumsal temelleri, deneyimsel öğrenme ve öz-belirleme kuramları ile yakından ilişkilidir. Deneyimsel öğrenme kuramı, öğrenmenin doğrudan deneyim

yoluyla gerçekleştiğini savunurken, öz-belirleme kuramı bireyin otonomi, yeterlik ve ilişkililik ihtiyaçlarının karşılanması için içsel motivasyonu güçlendirdiğini vurgular. Metaverse ortamlarında tasarlanan oyunlaştırılmış senaryolar, öğrenenlere seçim yapma özgürlüğü sunarak otonomiye destekler; görevlerin aşamalı olarak zorlaşması yeterlik algısını güçlendirir; çok kullanıcıli yapılar ise sosyal etkileşim ve iş birliği yoluyla ilişkililik ihtiyacını karşılar (Kolb, 1984; Ryan & Deci, 2000).

Kurumsaleğitim bağlamında oyunlaştırmının en önemli katkılarından biri, soyut bilgi alanlarının somut deneyimlere dönüştürülmesidir. Özellikle liderlik, kriz yönetimi, müşteri ilişkileri veya iş güvenliği gibi alanlarda geliştirilen metaverse tabanlı oyunlaştırılmış senaryolar, çalışanların risk almadan gerçekçi durumlarla karşılaşmalarını sağlar. Öğrenenler, sanal ortamlarda hata yapabilme özgürlüğüne sahip olurken, bu hataların sonuçlarını gözlemleyerek öğrenirler. Bu tür senaryo tabanlı oyunlaştırma yaklaşımları, öğrenenlerin karar verme becerilerini geliştirmekte ve iş ortamına transfer edilebilir bilgi üretmektedir (Gee, 2007).

Metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim modellerinde geri bildirim mekanizmaları kritik bir rol oynamaktadır. Oyunlaştırma yalnızca ödül ve rekabet unsurlarına dayandığında yüzeysel bir motivasyon yaratabilir; ancak anlamlı geri bildirimlerle desteklendiğinde derin öğrenme süreçlerini tetikler. Metaverse ortamlarında geri bildirim; görsel göstergeler, avatar tepkileri, anlık performans panelleri veya sanal koçlar aracılığıyla sağlanabilmektedir. Bu çoklu geri bildirim yapıları, öğrenenlerin kendi performanslarını değerlendirmelerine ve öğrenme stratejilerini uyarlamalarına olanak tanır (Hattie & Timperley, 2007).

Oyunlaştırılmış metaverse eğitimlerinde rekabet ve işbirliği dengesi de dikkatle tasarlanmalıdır. Aşırı rekabetçi yapıların bazı öğrenenlerde stres ve dışlanma hissi yaratabileceği bilinmektedir. Bu nedenle kurumsal bağlamda geliştirilen metaverse oyunlaştırma modelleri, bireysel başarı kadar ekip başarısını da ödüllendiren karma yapılar içermelidir. Takım görevleri, ortak hedefler ve kolektif başarı rozetleri, kurumsal öğrenmenin sosyal boyutunu güçlendirirken örgütsel bağlılığı da artırmaktadır (Hamari vd., 2014).

Metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim modellerinin sürdürülebilirliği, pedagojik tasarım ile teknolojik altyapı arasındaki uyuma bağlıdır. Sadece görsel olarak etkileyici sanal ortamlar oluşturmak yeterli değildir; bu ortamların öğrenme hedefleriyle doğrudan ilişkili görevler ve ölçülebilir çıktılar üretmesi gerekir. Aksi hâlde oyunlaştırma, öğrenme sürecini desteklemek yerine dikkat dağıtıcı bir unsur hâline gelebilir. Bu nedenle etkili metaverse oyunlaştırma tasarımları, öğrenme hedefleri,

etkileşim mekanikleri ve değerlendirme kriterleri arasında tutarlı bir yapı kurmalıdır (Kapp, Blair, & Mesch, 2014).

Sonuç olarak metaverse tabanlı oyunlaştırılmış eğitim modelleri, kurumsal öğrenme süreçlerini daha etkileşimli, motive edici ve deneyim temelli hâle getirme potansiyeline sahiptir. Oyunlaştırmanın motivasyonel gücü ile metaverse'in mekânsal ve sosyal olanaklarının birleşimi, öğrenenlerin pasif bilgi alıcıları olmaktan çıkarak aktif deneyimleyicilere dönüşmesini sağlar. Bu yaklaşım, yalnızca bireysel öğrenme çıktılarının değil, aynı zamanda kurumsal öğrenme kültürünün de dönüşümüne katkı sunmaktadır. Ancak bu potansiyelin etkin şekilde hayata geçirilebilmesi için pedagojik temelli, kullanıcı merkezli ve ölçülebilir tasarım yaklaşımlarının benimsenmesi gerekmektedir.

4.3. Öğrenen Etkileşimi ve Kullanıcı Deneyimi Tasarımı

Metaverse tabanlı kurumsal öğrenme ortamlarında öğrenen etkileşimi, öğrenme sürecinin merkezinde yer alan kritik bir tasarım boyutudur. Geleneksel e-öğrenme sistemlerinde etkileşim çoğunlukla içerik-kullanıcı veya kullanıcı-sistem düzeyinde sınırlı kalırken, metaverse ortamları kullanıcı-kullanıcı, kullanıcı-içerik ve kullanıcı-mekân etkileşimini eş zamanlı ve çok boyutlu biçimde mümkün kılmaktadır. Bu durum, öğrenme deneyimini yalnızca bilgi aktarımına dayalı bir süreç olmaktan çıkararak, sosyal, bilişsel ve duyuşsal boyutları içeren bütüncül bir deneyime dönüştürmektedir (Dede, 2014).

Öğrenen etkileşiminin niteliği, doğrudan kullanıcı deneyimi (User Experience – UX) tasarımıyla ilişkilidir. UX, bir kullanıcının bir sistemle etkileşimi sırasında yaşadığı algılar, duygular, tutumlar ve tepkilerin bütünüdür. Metaverse bağlamında UX, yalnızca arayüz tasarımı veya görsel estetikle sınırlı olmayıp; mekânsal algı, avatar temsili, hareket özgürlüğü, sosyal varlık hissi ve etkileşim akışlarının tutarlılığı gibi unsurları da içermektedir (Norman, 2013). Bu nedenle metaverse tabanlı öğrenme ortamlarında UX tasarımı, pedagojik hedeflerle teknik olanaklar arasında denge kuran stratejik bir tasarım alanı olarak ele alınmalıdır.

Kurumsal öğrenme bağlamında etkileşim tasarımı, yetişkin öğrenme kuramlarıyla da yakından ilişkilidir. Yetişkin öğrenenler, pasif bilgi alıcıları olmaktan ziyade deneyimlerinden beslenen, problem çözmeye odaklı ve öğrenme sürecinde özerklik talep eden bireylerdir. Metaverse ortamlarında sağlanan etkileşim olanakları, bu özelliklerle uyumlu biçimde öğrenenlerin aktif rol üstlenmesini destekler. Örneğin, senaryo temelli görevler, iş birliğine dayalı problem çözme aktiviteleri ve rol oynama uygulamaları, öğrenenlerin hem bilişsel hem de sosyal etkileşimlerini artırarak öğrenme

sürecini derinleştirir (Kolb, 1984).

Öğrenen etkileşimi, bilişsel yük kuramı çerçevesinde de değerlendirilmelidir. Metaverse ortamları yüksek düzeyde görsel, işitsel ve kinestetik uyaran içerdiğinden, uygun şekilde tasarlanmamış deneyimler öğrenen üzerinde aşırı bilişsel yük oluşturabilir. Bu durum, öğrenme performansını olumsuz etkileyebilir. Bu nedenle kullanıcı deneyimi tasarımında etkileşim yoğunluğunun pedagojik amaçlarla uyumlu olması, gereksiz uyaranların azaltılması ve öğrenme hedeflerine hizmet eden etkileşimlerin önceliklendirilmesi gerekmektedir (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011).

Metaverse tabanlı öğrenme ortamlarında sosyal etkileşim, öğrenen deneyiminin belirleyici unsurlarından biridir. Avatarlar aracılığıyla kurulan iletişim, yüz yüze etkileşime benzer sosyal ipuçları sunarak öğrenenlerin aidiyet ve topluluk hissini güçlendirebilir. Araştırmalar, sosyal varlık hissini yüksek olduğu sanal ortamlarda öğrenen motivasyonunun ve öğrenme sürecine katılım düzeyinin arttığını göstermektedir (Biocca, Harms, & Burgoon, 2003). Bu bağlamda, kullanıcı deneyimi tasarımı; sesli iletişim, jestler, mimikler ve ortak çalışma alanları gibi sosyal etkileşim bileşenlerini destekleyecek biçimde yapılandırılmalıdır.

Öğrenen etkileşimini etkileyen bir diğer önemli unsur, avatar temsili ve kişiselleştirme düzeyidir. Öğrenenlerin kendilerini temsil eden avatarları özelleştirebilmesi, dijital ortamda kimlik ve aidiyet duygusunu güçlendirir. Bu durum, öğrenenlerin ortama duygusal olarak bağlanmasını ve öğrenme etkinliklerine daha istekli katılım göstermesini sağlar. Kullanıcı deneyimi tasarımında avatar kontrolünün sezgisel olması, beden hareketleriyle uyumlu çalışması ve öğrenenlerin fiziksel veya bilişsel farklılıklarını dışlamaması önem taşır (Nowak & Fox, 2018).

Etkileşim tasarımında geri bildirim mekanizmaları da kullanıcı deneyimini doğrudan etkileyen unsurlar arasındadır. Metaverse ortamlarında geri bildirim yalnızca metin veya puanlama yoluyla değil; görsel efektler, sesli uyarılar, çevresel değişiklikler ve avatar tepkileri yoluyla da sunulabilir. Bu çoklu geri bildirim yapısı, öğrenenlerin eylemlerinin sonuçlarını anında algılamasını sağlayarak öğrenme sürecini destekler. Ancak geri bildirimin zamanlaması, yoğunluğu ve içeriği pedagojik hedeflerle uyumlu olmalıdır; aksi takdirde dikkat dağınık bir unsur hâline gelebilir (Shute, 2008).

Kullanıcı deneyimi tasarımının değerlendirilmesinde İnsan Bilgisayar Etkileşimi - Human-Computer Interaction (HCI) literatüründe öne çıkan etkililik, verimlilik, memnuniyet ve öğrenilebilirlik bileşenleri metaverse bağlamında yeniden yorumlanmalıdır. Etkililik, öğrenenlerin

görevleri başarıyla tamamlamasını; verimlilik, bu görevlerin makul süre ve çabayla gerçekleştirilmesini; memnuniyet, deneyimin kullanıcı üzerinde bıraktığı genel algıyı; öğrenilebilirlik ise sistemin ne kadar hızlı ve kolay öğrenilebildiğini ifade eder (Nielsen, 1994). Metaverse tabanlı öğrenme ortamlarında bu bileşenlerin her biri, etkileşim tasarımının başarısını değerlendirmek için kritik ölçütler sunar.

Kurumsal bağlamda kullanıcı deneyimi tasarımı, yalnızca bireysel öğrenme çıktılarıyla değil, organizasyonel hedeflerle de ilişkilidir. Etkileşim düzeyi yüksek ve kullanıcı deneyimi iyi tasarlanmış metaverse ortamları, çalışanların eğitime katılım oranını artırabilir, öğrenme sürecine yönelik dirençleri azaltabilir ve öğrenilen bilgilerin iş ortamına transferini kolaylaştırabilir. Bu durum, öğrenme yatırımlarının geri dönüşünü artırarak metaverse tabanlı eğitim çözümlerinin kurumsal sürdürülebilirliğini destekler.

Öğrenen etkileşimi ve kullanıcı deneyimi tasarımı, metaverse tabanlı kurumsal öğrenme ortamlarının başarısını belirleyen temel unsurlar arasında yer almaktadır. Etkileşim tasarımının pedagojik kuramlar, HCI ilkeleri ve kullanıcı çeşitliliği dikkate alınarak yapılandırılması; öğrenenlerin motivasyonunu, katılımını ve öğrenme performansını olumlu yönde etkiler. Metaverse'in sunduğu teknolojik olanaklar, ancak kullanıcı merkezli ve öğrenme odaklı bir deneyim tasarımıyla anlamlı ve etkili öğrenme ortamlarına dönüştürülebilir.

4.4. Sanal Sınıf, Sanal Laboratuvar ve Simülasyon Tasarımı

Metaverse tabanlı kurumsal öğrenme ortamlarında sanal sınıf, sanal laboratuvar ve simülasyon tasarımı; öğrenenlerin bilgiye erişim biçimlerini, öğrenme deneyiminin niteliğini ve kazanımların gerçek iş bağlamına aktarılabilirliğini doğrudan etkileyen temel bileşenler arasında yer almaktadır. Geleneksel çevrim içi öğrenme ortamlarından farklı olarak metaverse, üç boyutlu mekânsal yapı, avatar temelli etkileşim ve gerçek zamanlı çoklu kullanıcı deneyimi sunarak öğrenme sürecini yalnızca bilişsel değil, aynı zamanda duyuşsal ve deneyimsel bir düzleme taşımaktadır (Radianti vd., 2020). Bu bağlamda sanal öğrenme ortamlarının tasarımı, pedagojik hedefler ile teknolojik olanakların bütünleşik biçimde ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Sanal sınıflar, metaverse tabanlı kurumsal öğrenme tasarımının en yaygın bileşenlerinden biridir. Bu ortamlar, eğitmen ve öğrenenlerin avatarlar aracılığıyla aynı sanal mekânda bulunmasını, sözlü iletişim, yazılı mesajlaşma, jest ve mimik temelli etkileşim kurmasını mümkün kılar. Araştırmalar, bu tür ortamların sosyal bulunuşluk algısını artırdığını

ve öğrenenlerin derse katılım düzeyini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir (Makransky & Petersen, 2019). Ancak sanal sınıf tasarımı yalnızca teknolojik altyapı değil; mekân organizasyonu, oturma düzenleri, görsel odak noktaları ve etkileşim araçlarının yerleşimi gibi unsurlar da öğrenme sürecinin etkililiğini belirleyen faktörler arasında yer almaktadır.

Sanal sınıfların pedagojik açıdan etkili olabilmesi için etkileşim türlerinin dengeli biçimde tasarlanması gerekmektedir. Öğitmen-öğrenen etkileşimi kadar, öğrenen-öğrenen etkileşimi de bilgi inşası sürecinde kritik bir rol oynar. Metaverse ortamları, grup çalışmaları, tartışma alanları ve ortak problem çözme senaryoları aracılığıyla işbirlikli öğrenmeyi destekleyebilir. Bu durum, özellikle kurumsal eğitim bağlamında takım çalışması, iletişim ve karar verme gibi yetkinliklerin geliştirilmesine katkı sağlar (Dede vd., 2017). Ancak aşırı karmaşık etkileşim tasarımları, bilişsel yükü artırarak öğrenme performansını olumsuz etkileyebileceğinden, HCI ve kullanıcı deneyimi ilkeleriyle uyumlu bir denge kurulmalıdır.

Sanal laboratuvarlar, metaverse tabanlı öğrenme tasarımı uygulamalı becerilerin geliştirilmesi açısından önemli bir yer tutar. Fiziksel laboratuvarlara erişimin sınırlı olduğu veya maliyet, güvenlik ve zaman kısıtlarının bulunduğu durumlarda sanal laboratuvarlar etkili bir alternatif sunar. Öğrenenler, sanal ortamda deneyler yapabilir, hatalarla karşılaşabilir ve sonuçları gözlemleyebilir. Literatürde sanal laboratuvarların özellikle teknik eğitim, mühendislik, sağlık ve endüstriyel güvenlik alanlarında öğrenme transferini desteklediği belirtilmektedir (De Jong vd., 2013).

Metaverse tabanlı sanal laboratuvarların tasarımında gerçekçilik (fidelity) düzeyi önemli bir tasarım kararıdır. Yüksek düzeyde görsel ve işlevsel gerçekçilik, öğrenenlerin deneyimi gerçek dünyaya daha kolay transfer etmesini sağlarken; aşırı detaylı tasarımlar bilişsel yükü artırabilir. Bu nedenle sanal laboratuvarlarda öğrenme hedefleriyle uyumlu, işlevsel gerçekçilik yaklaşımının benimsenmesi önerilmektedir (Makransky & Petersen, 2019). Ayrıca yapay zekâ destekli rehber sistemler, öğrenenlerin deney sırasında yönlendirilmesini ve hatalardan öğrenmesini destekleyerek bireyselleştirilmiş öğrenme deneyimleri sunabilir.

Simülasyon tasarımı ise metaverse tabanlı kurumsal öğrenmenin en güçlü bileşenlerinden biri olarak öne çıkmaktadır. Simülasyonlar, öğrenenlerin gerçek hayatta karşılaşabilecekleri karmaşık, riskli veya nadir durumları güvenli bir ortamda deneyimlemelerine olanak tanır. Özellikle liderlik, kriz yönetimi, müşteri ilişkileri, sağlık hizmetleri ve acil durum yönetimi gibi alanlarda simülasyon tabanlı öğrenmenin etkili olduğu vurgulanmaktadır (Kolb, 1984; Salas vd., 2009). Metaverse, bu simülasyonları çok kullanıcı ve etkileşimli hâle getirerek sosyal öğrenme

boyutunu güçlendirmektedir.

Metaverse tabanlı simülasyonların tasarımında senaryo kurgusu, geri bildirim mekanizmaları ve değerlendirme ölçütleri kritik öneme sahiptir. İyi tasarlanmış bir simülasyon, öğrenenlere yalnızca görevleri yerine getirme fırsatı sunmakla kalmaz; aynı zamanda kararlarının sonuçlarını gözlemlene ve alternatif stratejiler geliştirme imkânı tanır. Yapay zekâ destekli simülasyonlar, öğrenen davranışlarını analiz ederek senaryoyu dinamik biçimde uyarlayabilir ve böylece öğrenme sürecini daha derin ve anlamlı hâle getirebilir (Fowler, 2015).

Sanal sınıf, sanal laboratuvar ve simülasyon tasarımının ortak bir paydası, kullanıcı deneyimi ve öğrenen merkezli tasarım yaklaşımıdır. Öğrenenlerin sistemle kurduğu etkileşimin sezgisel olması, öğrenme hedeflerine odaklanmayı kolaylaştırır. Bu nedenle navigasyon, kontrol mekanizmaları, görsel hiyerarşi ve geri bildirim unsurları HCI ilkeleri doğrultusunda yapılandırılmalıdır. Kullanıcı deneyimi odaklı tasarım, metaverse ortamlarında öğrenen memnuniyetini artırmanın yanı sıra, öğrenme süresini ve kalıcılığını da olumlu yönde etkilemektedir (Nielsen, 1994).

Sonuç olarak metaverse tabanlı sanal sınıf, sanal laboratuvar ve simülasyon tasarımı; kurumsal öğrenmenin deneyimsel, etkileşimli ve bağlama duyarlı biçimde yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Bu ortamların pedagojik hedeflerle uyumlu, kullanıcı merkezli ve teknolojik olarak sürdürülebilir biçimde tasarlanması, metaverse'in kurumsal öğrenme potansiyelinin etkin biçimde hayata geçirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Doğru tasarım kararlarıyla desteklenen metaverse tabanlı öğrenme ortamları, yalnızca bilgi aktarımını değil, yetkinlik gelişimini ve öğrenmenin iş performansına aktarımını da güçlendirmektedir.

4.5. Metaverse Tabanlı İçeriklerin Öğrenen Performansına Etkisi

Metaverse tabanlı içerikler, kurumsal öğrenme bağlamında öğrenen performansını çok boyutlu olarak etkileyen yenilikçi öğrenme ortamları sunmaktadır. Geleneksel dijital öğrenme materyallerinden farklı olarak metaverse içerikleri; üç boyutlu görselleştirme, gerçek zamanlı etkileşim, avatar temsili ve senaryo tabanlı öğrenme gibi özelliklerle öğrenenin bilişsel, duyuşsal ve davranışsal katılımını artırmayı hedefler. Bu bağlamda öğrenen performansı yalnızca bilgi kazanımıyla sınırlı kalmamakta; problem çözme, karar verme, işbirliği ve transfer becerileri gibi üst düzey yetkinlikleri de kapsamaktadır (Dede vd., 2017).

Araştırmalar, metaverse tabanlı içeriklerin özellikle deneyimsel öğrenme ilkeleriyle uyumlu olduğunu göstermektedir. Kolb'un deneyimsel

öğrenme döngüsünde vurgulanan yaşantı, yansıtma, kavramsallaştırma ve uygulama aşamaları; sanal ortamlar aracılığıyla bütüncül biçimde desteklenebilmektedir (Kolb, 1984). Örneğin, bir çalışan sanal bir üretim hattında görev alarak hata yapma, sonuçlarını gözlemleme ve farklı stratejiler deneme fırsatı bulabilmektedir. Bu tür öğrenme deneyimleri, öğrenilen bilginin iş ortamına transfer edilmesini kolaylaştırmakta ve performansın kalıcılığını artırmaktadır.

Metaverse içeriklerinin öğrenen performansına olan etkisi, bilişsel yük kuramı açısından da değerlendirilmektedir. Üç boyutlu ve etkileşimli içerikler, doğru tasarlanmadığında öğrenen üzerinde aşırı bilişsel yük oluşturabilir. Ancak öğrenme hedefleriyle uyumlu, aşamalı ve yönlendirici tasarım ilkeleri uygulandığında; metaverse ortamları soyut kavramların somutlaştırılmasına ve karmaşık süreçlerin daha anlaşılır hâle gelmesine katkı sağlar (Mayer, 2020). Bu durum özellikle teknik, mühendislik ve operasyonel eğitimlerde performans artışıyla sonuçlanmaktadır.

Motivasyon ve katılım, öğrenen performansını doğrudan etkileyen önemli faktörlerdir. Metaverse tabanlı içerikler, oyunlaştırma unsurları, anında geri bildirim ve sosyal etkileşim imkânları sayesinde öğrenen motivasyonunu artırmaktadır. Özellikle öz-yeterlik algısının güçlenmesi, öğrenenlerin öğrenme sürecine daha aktif katılım göstermesine olanak tanır. Bandura'nın sosyal bilişsel kuramı çerçevesinde değerlendirildiğinde, sanal ortamlarda başarı deneyimleri yaşayan bireylerin performans beklentilerinin de yükseldiği görülmektedir (Bandura, 1997).

Kurumsal öğrenme bağlamında performans, yalnızca bireysel kazanımlarla değil, örgütsel çıktıların iyileştirilmesiyle de ilişkilidir. Metaverse tabanlı eğitim içerikleri, çalışanların iş süreçlerine daha hızlı uyum sağlamasına, hata oranlarının azalmasına ve iş güvenliği farkındalığının artmasına katkı sunmaktadır. Özellikle riskli veya maliyetli senaryoların sanal ortamda deneyimlenmesi, performans üzerinde olumlu etki yaratırken gerçek dünyadaki riskleri minimize etmektedir (Radianti vd., 2020).

Öğrenen performansının değerlendirilmesi açısından metaverse ortamları, zengin veri kaynakları da sunar. Öğrenenin sanal ortam içindeki davranışları, karar alma süreçleri, etkileşim sıklığı ve görev tamamlama süreleri analiz edilerek performans göstergeleri oluşturulabilir. Bu öğrenme analitikleri, içeriklerin etkililiğinin ölçülmesine ve kişiselleştirilmiş öğrenme yollarının tasarlanmasına olanak tanır. Böylece metaverse tabanlı içerikler, statik öğrenme materyalleri olmaktan çıkarak sürekli iyileştirilen dinamik öğrenme ekosistemlerine dönüşür (Siemens & Baker, 2012).

Sonuç olarak, metaverse tabanlı içerikler öğrenen performansını bilişsel, duyuşsal ve davranışsal boyutlarda olumlu yönde etkileme potansiyeline sahiptir. Ancak bu etkinin gerçekleşebilmesi, pedagojik hedeflerle uyumlu tasarım, kullanıcı deneyimi ilkelerine uygunluk ve kurumsal bağlama entegrasyon gibi faktörlere bağlıdır. Etkili biçimde tasarlanan metaverse içerikleri, kurumsal öğrenmede performansın sürdürülebilir biçimde artırılmasına katkı sağlayan stratejik bir araç olarak değerlendirilebilir.

ÖZET

Bu bölümde metaverse tabanlı kurumsal öğrenme tasarımının temel bileşenleri, deneyimsel öğrenme ve insan merkezli tasarım ilkeleri doğrultusunda kapsamlı biçimde ele alınmıştır. Deneyimsel tasarım, oyunlaştırılmış öğrenme modelleri, etkileşim ve kullanıcı deneyimi yaklaşımları ile sanal sınıf ve simülasyon ortamlarının birlikte ele alınması, metaverse'in kurumsal öğrenmede neden stratejik bir araç hâline geldiğini ortaya koymaktadır. Metaverse ortamları, öğrenenleri pasif bilgi alıcıları olmaktan çıkararak, karar veren, problem çözen ve deneyim yoluyla öğrenen aktif katılımcılara dönüştürme potansiyeline sahiptir.

Bölümde ele alınan bulgular, metaverse tabanlı içeriklerin öğrenen performansını yalnızca bilişsel düzeyde değil; motivasyon, katılım ve öğrenmenin iş ortamına transferi açısından da olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ancak bu etkinin sürdürülebilir olabilmesi, pedagojik hedeflerle uyumlu tasarım, kullanıcı deneyimi ilkelerine bağlılık ve kurumsal bağlamın dikkate alınmasıyla mümkündür. Bu bağlamda metaverse tabanlı kurumsal öğrenme tasarımı, teknolojik olanakların ötesinde, stratejik bir öğrenme yaklaşımı olarak ele alınmalı ve uzun vadeli kurumsal gelişim hedefleriyle bütünleştirilmelidir.

BÖLÜM 5: EĞİTİMDE METAVERSE ENTEGRASYONU İÇİN STRATEJİK PLANLAMA YAKLAŞIMI

Bu bölümde, Metaverse teknolojisinin eğitim alanındaki dönüşüm potansiyeli ele alınmakta ve bu potansiyelin kurumsal düzeyde nasıl yapılandırılması gerektiği tartışılmaktadır. Metaverse'ün küresel ölçekte hızla büyüyen bir pazar oluşturduğu ve özellikle eğitim sektöründe giderek artan bir biçimde benimsendiği, güncel istatistiksel verilerle ortaya konulmaktadır. Teknoloji destekli öğrenme süreçlerinin yeniden tasarlandığı bu bağlamda, etkileşimli, sürükleyici, erişilebilir ve kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin Metaverse ortamları aracılığıyla mümkün hâle geldiği vurgulanmaktadır.

Metaverse'ün eğitimde ve kurumsal gelişim süreçlerinde etkin biçimde kullanılabilmesi için yalnızca teknik altyapının yeterli olmadığı; stratejik planlama, finansal analiz, operasyonel yapılandırma, pazarlama stratejileri ve risk değerlendirmelerini kapsayan bütüncül bir iş planına ihtiyaç duyulduğu ortaya konulmaktadır. Bu çerçevede, kurumların eğitim faaliyetlerine Metaverse teknolojilerini entegre edebilmesi için dikkate alması gereken temel bileşenler dokuz ana başlık altında sistematik bir biçimde ele alınmaktadır. Böylece, eğitimde dijital dönüşüm sürecine uyum sağlamak ve Metaverse tabanlı uygulamaları sürdürülebilir bir yapıda hayata geçirmek isteyen kurumlar için rehber niteliğinde kapsamlı bir yol haritası sunulmaktadır.

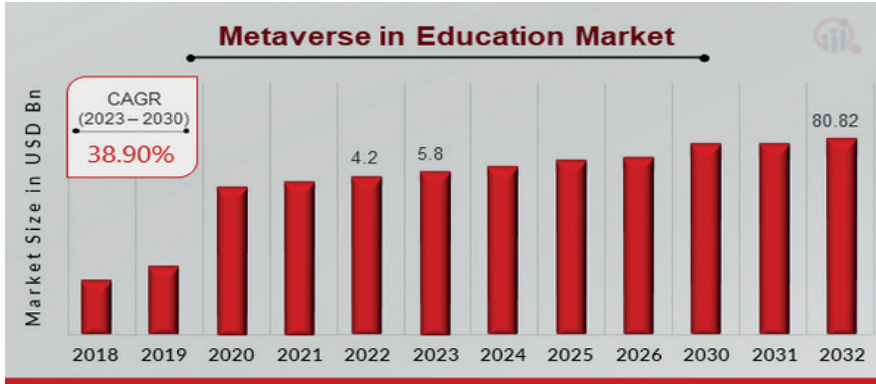
5.1. Metaverse Teknolojisine Geçişin Gerekçesi ve Eğitimdeki Potansiyeli

Eğitim sistemi, tarihsel süreç boyunca içinde bulunduğu dönemin teknolojik olanaklarıyla uyumlu biçimde sürekli bir değişim ve gelişim göstermiştir. Günümüzde de bu dönüşüm ivmesini sürdürerek, mevcut dijital teknolojilerden en etkin şekilde yararlanmayı amaçlayan uygulama ve yaklaşımlar geliştirilmektedir. Bu bağlamda Metaverse, eğitim alanında son yıllarda öne çıkan ve eğitim süreçlerini yeniden yapılandırma potansiyeli taşıyan bütüncül bir teknoloji çerçevesi olarak değerlendirilmektedir. Özellikle son dönemde teknoloji şirketlerinin Metaverse teknolojilerine yönelik yoğun yatırımları dikkat çekmektedir. Bununla birlikte, yalnızca özel sektör değil; bazı devletler de Metaverse teknolojilerini ulusal, ekonomik, sosyal ve politik hedeflerine ulaşmada stratejik bir araç olarak görmekte ve bu doğrultuda çalışmalarını sürdürmektedir.

Metaverse, artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, yapay zekâ ve dijital ikiz gibi pek çok güncel teknolojiyi bünyesinde barındıran çok katmanlı

bir yapı sunmaktadır. Eğitim alanında Metaverse kullanımına yönelik farklı uygulamaların hayata geçirilmiş olması ve bu uygulamaların giderek yaygınlaşması, söz konusu teknolojinin eğitim bağlamındaki potansiyelini ortaya koymaktadır. Emergen Research (2021) analistlerinin gerçekleştirdiği araştırmalara göre, Metaverse uygulamaları pazarının 2020 yılında 47,69 milyar ABD doları büyüklüğünde olduğu ve bu pazarın 2028 yılında 828,95 milyar ABD dolarına ulaşmasının beklendiği ifade edilmektedir. Bu veriler, Metaverse teknolojilerinin hızlı bir şekilde benimsendiğini ve küresel ölçekte öneminin arttığını göstermektedir.

Eğitim alanına özel pazar analizleri de bu eğilimi destekler niteliktedir. *Metaverse in Education Market Size, Share & Trends Analysis* raporuna göre, eğitimde küresel Metaverse pazar büyüklüğü 2023 yılında 7,61 milyar ABD doları olarak belirlenmiş; 2024–2031 tahmin döneminde %38,71 oranında bileşik yıllık büyüme göstererek 2031 yılında 102,57 milyar ABD dolarına ulaşması öngörülmüştür (Metaverse in Education Market, 2024). Benzer şekilde Market Research Future (2024) tarafından yayımlanan raporda, eğitimde Metaverse pazarının büyüklüğü 2022 yılında 4,2 milyar ABD doları olarak değerlendirilmiş; bu pazarın 2023 yılında 5,8 milyar ABD dolarından 2032 yılında 80,82 milyar ABD dolarına kadar büyümesinin beklendiği belirtilmiştir. Şekil 4’te de görüldüğü üzere, bu döneme ilişkin bileşik yıllık büyüme oranı %38,90 olarak öngörülmektedir.



Şekil 4: Eğitimde Metaverse Pazarı Büyüklüğü, 2024-2032 (milyar ABD Doları)
(Market Research Future, 2024)

Bu veriler ışığında, Metaverse teknolojilerinin eğitim sisteminde dönüştürücü bir etki yaratma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Yapılan pazar analizleri, eğitimde Metaverse pazarının önümüzdeki on yıl içerisinde hızlı bir büyüme göstereceğini ve küresel ölçekte önemli bir pazar alanına dönüşeceğini ortaya koymaktadır. Bu büyümenin temelinde; teknolojik ilerlemelerin hız kazanması, eğitim süreçlerinde dijitalleşmenin yaygınlaşması, Metaverse teknolojilerinin eğitim sektörüne sunduğu

yenilikçi olanaklar ve öğrenme deneyimlerini daha etkileşimli, sürükleyici ve çekici hâle getirmesi gibi faktörler yer almaktadır. Bu çerçevede Metaverse, eğitim sistemleri için yalnızca kısa vadeli bir teknolojik eğilim değil, uzun vadeli ve stratejik bir dönüşüm alanı olarak değerlendirilmektedir.

Metaverse teknolojilerinin eğitim ortamlarında kullanılması, eğitim süreçlerine çok boyutlu katkılar sağlamaktadır. Bu katkılar arasında etkileşim, özgünlük ve taşınabilirlik gibi temel avantajlar öne çıkmaktadır (Lee vd., 2021). Metaverse, öğrencilere sürükleyici ve etkileşimli bir öğrenme deneyimi sunarak öğrenme sürecine aktif katılımı desteklemekte (Dincelli & Yayla, 2022; Parong & Mayer, 2021); aynı zamanda zaman ve mekân kısıtlamalarından bağımsız öğrenme ortamlarının oluşturulmasına olanak tanımaktadır (Chen vd., 2022; Zhang vd., 2022).

Metaverse teknolojilerinde kullanılan artırılmış gerçeklik uygulamaları, kullanıcıların dikkatini bölmeden gerekli bilgilerin görüntülenmesini sağlayarak, yürütülen görev ile ilgili bilgi arasındaki boşluğu doldurmakta ve bu sayede bilişsel yükün azaltılmasına katkı sunmaktadır (Sahu, Young & Rai, 2021). Bu yaklaşım, öğrenciye özgü ve somutlaştırılmış öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasını mümkün kılmakta (Zhang vd., 2022); özellikle moleküler yapılar veya biyolojik hücreler gibi gerçek dünyada doğrudan gözlemlenmesi güç olan unsurların görselleştirilmesine imkân tanımaktadır (Thompson vd., 2021). Somutlaştırılmış öğrenme yaklaşımlarının, öğrencilerin öğrenmeye yönelik ilgilerini ve akademik performanslarını önemli ölçüde artırdığı belirtilmektedir (Birchfield vd., 2017).

Bununla birlikte Metaverse, pahalı veya riskli deneylerin simülasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilmesine olanak sağlayarak öğrenme maliyetlerini ve güvenlik risklerini azaltmaktadır (Lin vd., 2022). Simülasyon ve sanal deneyim temelli öğrenme yaklaşımları sayesinde; fiziksel ortam, finansman, saha, ekipman veya güvenlik gibi sınırlılıklar büyük ölçüde aşılabilmekte, öğrencilerin deneyleri bireysel olarak ya da uzaktan iş birliği içinde gözlemlmeleri, ölçmeleri, kaydetmeleri ve manipüle etmeleri mümkün hâle gelmektedir (Zhang vd., 2022). Ayrıca, bir eğitim aracı olarak artırılmış gerçeklik uygulamalarının kullanımı, öğrencilerin performanslarını ve analitik düşünme becerilerini geliştirmede etkili bir araç olarak değerlendirilmektedir (Schoenfeld, 2016).

Eğitim süreçlerine göz ardı edilemez katkılar sunan Metaverse teknolojilerinin, kurumların eğitim ve gelişim faaliyetlerine yönelik uygulamalarda da önemli avantajlar sağladığı görülmektedir. Metaverse'ün bir eğitim ekosistemi olarak benimsenmesi, hem kuruluşlar hem de çalışanlar açısından çok yönlü faydalar sunmaktadır (Upadhyay &

Khandelwal, 2022). Kurumsal bağlamda Metaverse, çalışanların bilgi ve becerilerini geliştirmeye yönelik esnek, etkileşimli ve ölçeklenebilir öğrenme ortamlarının oluşturulmasına imkân tanımaktadır.

Örneğin, satış ve pazarlama ekipleri, kurumlara ait ürün ve hizmetleri zaman ve mekân kısıtlaması olmaksızın üç boyutlu sanal ortamlarda deneyimleyebilmekte; sanal eğitim programları aracılığıyla uygulamalı öğrenme süreçlerine katılabilmektedir. Bunun yanı sıra, yapay zekâ destekli sanal eğitmenler aracılığıyla kişiselleştirilmiş eğitim ve beceri geliştirme ortamları tasarlanabilmekte; sanal rol oynama, oyunlaştırma ve simülasyon temelli egzersizler yoluyla çalışanların mesleki yeterlikleri desteklenebilmektedir. Metaverse ortamları, çalışanların avatarlar aracılığıyla insan benzeri etkileşimler kurmasına olanak tanıyarak, sürükleyici ve işbirliğine dayalı öğrenme deneyimlerinin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Vig, 2023). Bu süreçler, aynı zamanda çalışanlar arasında bilgi paylaşımını teşvik ederek kurumsal öğrenme kültürünün güçlenmesine ve iş verimliliğinin artmasına destek olmaktadır.

Bu kapsamda, yapay zekâ destekli doğal dil işleme teknolojileri, akıllı sanal asistanların karmaşık insan dilini algılayıp uygun yanıtlar üretebilmesini mümkün kılmakta; böylece Metaverse tabanlı kurumsal eğitim uygulamalarında etkileşim kalitesini ve kullanıcı deneyimini önemli ölçüde artırmaktadır (Huynh-The vd., 2023).

Özetle Metaverse, eğitim alanında köklü ve dönüştürücü değişimlere yol açma potansiyeline sahip, yenilikçi bir teknoloji olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu teknolojiden kurumsal düzeyde etkin ve sürdürülebilir biçimde yararlanılabilmesi, yalnızca teknolojik yatırımlarla değil; planlı, sistematik ve stratejik bir yaklaşım ile mümkün olabilmektedir. Bu doğrultuda kurumların, Metaverse entegrasyon sürecini kendi kurumsal kültürleri, stratejik öncelikleri ve uzun vadeli hedefleriyle uyumlu şekilde ele almaları gerekmektedir. Kurumlara özgü bir yol haritasının oluşturulması ve bu yol haritasını destekleyen kapsamlı bir iş planı çerçevesinde sürecin yönetilmesi, Metaverse tabanlı kurumsal eğitim uygulamalarının başarıya ulaşmasında kritik bir rol oynamaktadır.

5.2. Kurumlar İçin Metaverse Destekli İş Planı Geliştirme Süreci

Şirketler, Metaverse ekosisteminde kendi stratejik konumlanmalarına bağlı olarak sanal dünya geliştirme, teknoloji bileşenleri üretme, diğer işletmelere altyapı sağlama veya müşterilerle etkileşim kurmak için Metaverse'ü alternatif ve yenilikçi bir kanal olarak kullanma gibi farklı roller üstlenebilmektedir. Bu roller aracılığıyla kurumlar, sürece yalnızca pasif kullanıcılar olarak değil, aktif paydaşlar olarak katılmakta; deneyim

kazanarak Metaverse ekosisteminin şekillenmesinde doğrudan etkili olabilmektedir (Benjamins, Rubio Viñuela & Alonso, 2023).

Benzer biçimde eğitim sektörü de bu dönüşümün önemli ve stratejik bir bileşeni hâline gelmiş; işletmelerin yalnızca fiziksel ortamlarda değil, sanal öğrenme ve etkileşim ortamlarında da rekabet edebilmek için yeni teknolojilere uyum sağlama gerekliliği belirginleşmiştir. Gelişen teknolojiler doğrultusunda, öğrenci motivasyonunu artırmak, öğrenme süreçlerini optimize etmek ve gerçek dünya senaryolarını risk içermeyen, sürükleyici ve deneyim temelli ortamlarla bütünleştirmek amacıyla Metaverse uygulamalarının eğitimde kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır.

Bu noktada, Metaverse teknolojilerini eğitim ortamlarında kullanmayı hedefleyen kurum ve kuruluşlar için rastlantısal uygulamalar yerine, stratejik bir bakış açısıyla oluşturulmuş net bir yol haritasına ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu yol haritasının oluşturulması, kurumların alacakları iş kararlarının iyi yapılandırılmış bir iş planı çerçevesinde ele alınmasını gerekli kılmaktadır. İş planı, yalnızca yeni kurulan işletmeler için değil; aynı zamanda faaliyetlerini sürdürmekte olan yerleşik kurumlar için de etkili bir iyi uygulama modeli olarak değerlendirilmektedir (Butler, 2007, s. 1).

İş planı, işletmelerin stratejilerini, taktiklerini ve operasyonel süreçlerini yazılı ve sistematik bir biçimde ifade etmelerine yardımcı olmakta; disiplinli ve titiz bir analiz süreci aracılığıyla karar alma süreçlerinde daha fazla düşünsel netlik sağlamaktadır (Friend & Zehle, 2004, s. 8). Bu bağlamda, işletmenin stratejisi açık, tutarlı ve ikna edici bir iş planı ile desteklenmediği takdirde, uygulamada başarıya ulaşma olasılığı da önemli ölçüde azalmaktadır (Friend & Zehle, 2004, s. 8).

Bununla birlikte, iyi hazırlanmış bir iş planının tek başına sağlam, kârlı ya da başarılı bir sonuç garanti etmediği de göz önünde bulundurulmalıdır. Planın etkinliğinin değerlendirilebilmesi için, ilerlemenin düzenli aralıklarla izlenmesi, ortaya çıkabilecek olası sorunlara zamanında müdahale edilmesi ve gerektiğinde plan üzerinde revizyonlar yapılması gerekmektedir (Butler, 2007, s. 1). Bu nedenle, iş planı hazırlama süreci yalnızca bir dokümantasyon faaliyeti olarak değil, dinamik ve sürekli güncellenen bir yönetim aracı olarak ele alınmalıdır.

Sonuç olarak, iş planı hazırlamanın neden gerekli olduğunun anlaşılması, planın içeriği kadar stratejik önem taşımaktadır. Friend ve Zehle (2004) tarafından önerilen iş planı çerçevesi doğrultusunda yapılan analizler ve Metaverse teknolojileri bağlamındaki değerlendirmeler sonucunda, Metaverse’i eğitim süreçlerine entegre etmeyi hedefleyen kurum ve kuruluşların hazırlamaları gereken iş planında dikkat edilmesi

gereken dokuz temel başlık aşağıdaki şekilde belirlenmiştir: Yönetici Özeti, Mevcut İş Durumu, Stratejik Analiz, Stratejik Plan, Pazarlama Planı, Operasyonel Plan, Yönetim ve Organizasyon Planı, Finansal Analiz ve Risk Analizi. Bu başlıklar, Metaverse teknolojilerinin eğitimde etkin, sürdürülebilir ve kurumsal hedeflerle uyumlu biçimde kullanılabilmesi açısından temel bir çerçeve sunmakta olup, izleyen alt başlıklarda ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

5.2.1. Yönetici Özeti

Yönetici özeti; kurumun vizyonu, misyonu ve stratejik hedefleri, işin mevcut durumu, sunulan ürün ve hizmetler, sürdürülebilir rekabet avantajına ilişkin strateji ve kaynaklar, müşteri kabulü, özet finansal tahminler, gereken finansman, zamanlama ve teklif edilen iş modeli veya anlaşma yapısı gibi temel unsurları içermektedir (Friend & Zehle, 2004, s. 12).

Bu kapsamda, kurumun Metaverse teknolojilerini eğitim ortamlarında hangi amaçlarla ve hangi stratejik gerekçelerle kullanmak istediğini ortaya koyan bütüncül bir çerçeve oluşturulmalıdır. Bu çerçevede, kısa ve uzun vadeli kurumsal hedefler açık biçimde tanımlanmalı; kurumun mevcut iş ve eğitim yapısının Metaverse teknolojileriyle nasıl dönüştürülebileceğine ilişkin analizler yapılmalıdır.

Ayrıca, Metaverse teknolojilerinin kullanımıyla elde edilmesi hedeflenen rekabet avantajının niteliği ve sürdürülebilirliği değerlendirilerek, bu süreci destekleyecek teknolojik, finansal ve insan kaynakları belirlenmelidir. Yazılım, donanım, içerik geliştirme ve insan kaynağı gibi temel girdilere yönelik ihtiyaçlar, yapılması planlanan yatırımın maliyeti ve beklenen finansal getiriler doğrultusunda ayrıntılı biçimde analiz edilmelidir. Bununla birlikte, gereken finansman ve zamanlama unsurları dikkate alınarak gerçekçi bir uygulama takvimi oluşturulmalı ve Metaverse destekli eğitim projelerine planlı ve kontrollü bir biçimde başlanmalıdır.

5.2.2. Mevcut İş Durumu

Mevcut iş durumu; işin tanımı ve hedef pazarı, firmanın kurumsal geçmişi, önemli dönüm noktaları ve geçmiş mali performansı, mevcut iş ve pazar konumu, firmanın temel yeterlilikleri, mevcut organizasyon yapısı ve iş altyapısının ana hatlarını içermektedir (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Bu unsurlar, bir şirketin eğitim süreçlerinde Metaverse platformlarını kullanma kararını alırken, mevcut konumunu ve hazırlık düzeyini bu teknolojiler bağlamında analiz edebilmesini sağlamaktadır.

Bu kapsamda, şirketin faaliyet alanı, geçmişte elde ettiği başarılar ve karşılaştığı başarısızlıklar, varsa önceki teknolojik girişimleri ve bu girişimlerden edinilen kurumsal öğrenmeler iş planı çerçevesinde ele alınmalıdır. Ayrıca, şirketin mevcut mali durumu değerlendirilerek, bu finansal yapının Metaverse gibi kapsamlı bir teknolojik altyapı yatırımını destekleyip destekleyemeyeceği analiz edilmelidir. Metaverse ortamlarının kullanılması durumunda, şirketin genel yapısının ve özellikle eğitim süreçlerinin ne ölçüde ve hangi boyutlarda etkileneceği açık biçimde ortaya konulmalıdır.

Bunun yanı sıra, şirketin hâlihazırda sahip olduğu teknolojik altyapının, Metaverse teknolojilerinin entegrasyonunu hangi yönlerden kolaylaştırdığı veya zorlaştırdığı, bu entegrasyonun kuruma katma değer üretme potansiyeli iş planında belirtilmelidir. Son olarak, Metaverse kullanımına geçiş sürecinde hangi organizasyonel değişikliklerin yapılması gerektiği, altyapıya ilişkin hazırlıkların nasıl planlanacağı ve kurum içi görev dağılımlarının nasıl yeniden yapılandırılacağı gibi sorulara da yanıt verilerek iş planı tamamlanmalıdır.

5.2.3. Stratejik Analiz

Stratejik analiz; siyasi, ekonomik, sosyal ve teknolojik çevre analizleri ile bu unsurların kurumsal yapıya olan etkilerini, kaynakların yapılandırılmasını, katma değer analizini, değer zinciri analizini, operasyonel kaynakları, insan kaynaklarını, organizasyonel kaynakları, finansal kaynakları, endüstri yapısını, rakip analizini ve SWOT analizini kapsayan çok boyutlu bir değerlendirme sürecini içermektedir (Friend & Zehle, 2004, s. 12).

Metaverse destekli bir iş planı hazırlanırken, söz konusu analiz başlıklarının her birinin Metaverse projelerine olan etkileri ayrı ayrı ele alınmalı; bu projelerin kuruma sağlayacağı stratejik, operasyonel ve pedagojik katkılar öngörülmeye çalışılmalıdır. Bu süreçte, projenin güçlü ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditleri sistematik biçimde belirlenerek karar alma süreçlerine yön verecek bir çerçeve oluşturulmalıdır.

Bu bağlamda, kurum ve kuruluşların Metaverse teknolojilerinin kendi organizasyonları içerisindeki kullanım alanlarını netleştirebilmeleri için dijital dönüşüm politikalarını kurumsal düzeyde kavramsallaştırmaları gerekmektedir. Ayrıca, mevcut çalışanların bu yeni politikalara uyum sağlayabilmesi ve sürece etkin biçimde katılabilmesi için, kurumsal hedef ve değerlerin açık ve tutarlı bir şekilde paylaşılması önem taşımaktadır. Bu yaklaşım, çalışanların yeni uygulamaları benimsemelerini kolaylaştırarak Metaverse tabanlı dönüşüm sürecinin kurumsal dirençle karşılaşmadan ve sürdürülebilir biçimde hayata geçirilmesine katkı sağlayacaktır (Hwang, Shim & Lee, 2022).

5.2.4. Stratejik Plan

Stratejik plan; şirketin misyonu, vizyonu, hedefleri, sürdürülebilir strateji ve kaynakları, rekabetçi konumu, pazar konumlandırması, marka stratejisi, portföy stratejisi, iş tasarımı gibi konuları içerir (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Bu bağlamda şirket Metaverse teknolojilerini kullanmaya başlamadan önce şirketin temel amaç ve değerleri, uzun vade hedefleri belirlenmeli ve Metaverse teknolojileri ile bunları ne derece örtüştüğü tespit edilmelidir. Şirketin uzun vade başarılarının sürdürülebilir olmasında bu teknolojinin katkısı; finansal, insan, teknoloji ve diğer kaynaklardaki yeri ve payı düşünülmelidir. İnsan sermayesi herhangi bir organizasyonda yeni teknolojilerin benimsenmesinde en önemli faktördür (Vig, 2023). Bu nedenle şirket bünyesinde olan insan kaynağının, Metaverse için gerekli olan yeni becerilere uyum sağlamaları ve bu kişilerin dijital yetkinliklerini arttırmaya yönelik çalışmalar yapılmalı, eğitim stratejileriyle değişen öğrenme ihtiyaçları doğrultusunda güncellemeler yapılmalıdır (Vig, 2023). Metaverse teknolojileri şirketin rekabetçi konumu ile pazarda hangi ihtiyaçlara çözüm sunacağı, nasıl farklılaşacağı ve bu farklılık ile hedef pazarda müşteri segmentlerine ulaşımının nasıl olacağı belirlenmelidir. Marka stratejisinde, şirketin Metaverse ortamında marka kimliği, imajı belirlenmeli, şirketin müşteri algısı Metaverse'e göre şekillendirilmelidir. Portföy stratejisinde, Metaverse ortamı sanal sınıflar, interaktif dersler, simülasyonlar ve oyunlar gibi çeşitli içerikler sunarak farklı öğrenme ihtiyaçlarına ve yaş gruplarına hitap edecek düzenlenmelidir. Ayrıca şirketin iş tasarımı, şirketin organizasyonel yapılandırılmasına, iş süreçlerine, rollerine göre tasarlanmalı ve bu doğrultuda bir Metaverse projesinin belirlenen zaman ve bütçe içerisinde tamamlanması sağlanmalıdır.

5.2.5. Pazarlama Planı

Pazarlama planı, üç temel soruya gerçekçi ve sistematik yanıtlar vermek üzerine kuruludur: Firmanın hangi iş alanında faaliyet gösterdiği, hedef pazardaki bireylerin kimler olduğu ve müşterilerin ne tür ürün ya da hizmetleri satın aldığıdır (Bangs, 1998, s. 21). Bu bağlamda pazarlama planı; pazar segmentleri ve pazar büyüklüğü, müşteri profillerinin ve ihtiyaçlarının tanımlanması, ürün konumlandırması, ürün ve hizmetlerin açıklanması, fiyatlandırma ve indirim politikaları, reklam ve tanıtım planları, kanal ve dağıtım stratejileri, garanti, servis ve müşteri hizmetleri, rekabet koşulları, performans ve ekonomik göstergeler ile pazarlama tahminleri gibi çok boyutlu unsurları içermektedir (Friend & Zehle, 2004, s. 12).

Bu kapsamda, işletmeler Metaverse teknolojilerine geçiş yaparken kendi sektörlerine uygun, kurum kültürünü yansıtan ve markayı dijital ortamda doğru biçimde temsil eden sanal ortamlar tasarlamalı; pazarlama

planlarını da bu doğrultuda yapılandırmalıdır. Çünkü, zaman içerisinde müşterilerin tercih ve beklentileri değişmekte; bireylerin amacı yalnızca ürün ve hizmetleri tüketmek değil, sanal ortamlarda etkileşime girerek bu ürün ve hizmetleri deneyimlemek hâline gelmektedir (Vig, 2023).

Örneğin, bir işletmenin müşterilerine ürün olarak avatar temelli bir hizmet sunması durumunda, bu ürünün pazarlama planı çok yönlü bir bakış açısıyla ele alınmalıdır. Bireyin dijital ve somutlaştırılmış temsilleri olarak kabul edilen avatarlar (Miao, Kozlenkova, Wang, Xie & Palmatier, 2022), bireylerin kişisel tarzlarını ve kimliklerini vücut stilleri, hareket biçimleri ve kıyafetler aracılığıyla ifade etmelerine olanak tanımaktadır (Davis, Murphy, Owens, Khazanchi & Zigurs, 2009). Bu durum, avatarların kullanıcıların dijital ortamlardaki kendilik sunumlarının ve kimlik inşasının önemli bir bileşeni hâline geldiğini göstermektedir. Bu yönüyle avatarlar, yalnızca fiziksel görünümü temsil eden unsurlar olarak değil, aynı zamanda sembolik ve kimlikli anlamlar taşıyan dijital varlıklar olarak değerlendirilmektedir (Davis vd., 2009).

İş perspektifinden bakıldığında, tasarımcıların ve hizmet sağlayıcıların, kullanıcıların kendilerini temsil edebilecek etkili avatarlar oluşturabilmeleri için ihtiyaç duydukları araçları nasıl sağlayacaklarını öğrenmeleri gerekmektedir (Barta, Ibáñez-Sánchez, Orús & Flavián, 2024). Kullanıcılar, ortaya çıkan sonucun tatmin edici olması durumunda avatarlarına kendi kimliklerini yansıtabilmekte ve avatarlarını kendilerinin bir uzantısı olarak algılayarak bu dijital varlıklara duygusal bağ geliştirebilmektedir.

Bu örnekte de görüldüğü üzere, iyi yapılandırılmış bir pazarlama planı sayesinde Metaverse ortamlarında sunulan ürün ve hizmetler, kullanıcı deneyimi odaklı bir yaklaşımla pazara sunularak etkili ve sürdürülebilir bir pazarlama stratejisi oluşturulabilir.

5.2.6. Operasyonel Plan

Operasyonel plan, şirketin fiziksel konumu, üretim süreci, tesis, ekipman ve makineler, operasyonların ölçeklenebilirliği, mühendislik ve tasarım desteği, kalite kontrol planları, personel gereksinimleri ve temel malzemelerin tedarik kaynakları gibi unsurları kapsamaktadır (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Bu başlıklar Metaverse bağlamında ele alındığında, operasyonel planın yalnızca fiziksel süreçleri değil, aynı zamanda sanal ortamların tasarımı ve yönetimini de içerecek şekilde genişletilmesi gerekmektedir.

Bu kapsamda ilk olarak, Metaverse platformlarının etkin biçimde kullanılabilmesi için kurum bünyesinde kurulacak ya da dış kaynak yoluyla erişilecek sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik stüdyolarının varlığı,

bu mekânların tasarımı, teknik donanımı ve fiziksel konumu dikkate alınmalıdır. Benzer şekilde, sanal mekânların tasarımı, bu ortamlara kullanıcı erişimi ve erişilebilirlik kriterleri de operasyonel planlamanın önemli bileşenleri arasında yer almaktadır.

Üretim süreci açısından bakıldığında, Metaverse ortamlarında kullanılacak eğitim içeriklerinin hazır dijital materyaller aracılığıyla mı yoksa kurum bünyesinde oluşturulacak uzman ekipler tarafından mı geliştirileceği netleştirilmeli ve bu doğrultuda bir yol izlenmelidir. Bu karar, hem maliyet yapısını hem de içeriklerin kuruma özgü niteliğini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca Metaverse ortamlarında kullanılacak donanım ve yazılımların seçimi, bu teknolojilerin tedarik süreçleri, büyüme ve artan kullanıcı talebine karşı altyapı esnekliği ile operasyonların ölçeklenebilirliği, sürecin başlangıcında planlanması gereken kritik unsurlar arasında yer almaktadır.

Bunun yanı sıra, sanal mekânların tasarlanması ve geliştirilmesi aşamasında mühendislik ve tasarım süreçlerinin koordineli bir biçimde yürütülmesi gerekmektedir. Metaverse platformunun geliştirilmesi, yönetimi ve sürdürülebilirliği için görev alacak personelin teknik yetkinlikleri, dijital becerileri, sürekli mesleki gelişim ihtiyaçları ve değişen teknolojik gereksinimlere uyum kapasiteleri de operasyonel plan kapsamında değerlendirilmelidir.

Ancak, her kurumun yazılım geliştirme, donanım yönetimi, uygulama tasarımı ve içerik üretimi gibi tüm alanlarda aynı düzeyde yetkinliğe sahip olması beklenmemektedir. Bu nedenle, Metaverse projelerinde diğer kurum ve kuruluşlarla iş birliklerine gidilmesi, dış kaynaklardan yararlanılması ve ortak çalışma modellerinin benimsenmesi, hem operasyonel verimliliği artırmakta hem de potansiyel risklerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Vig, 2023).

5.2.7. Yönetim ve Organizasyon Planı

Yönetim ve organizasyon planı; organizasyon şeması, üst yönetim yapısı, yönetimin planı hayata geçirme yeteneği, kurumsal yönetim ve hissedar kontrolü, personel alımı ve işe yerleştirme süreçleri, eğitim faaliyetleri, iş gücü ilişkileri, ofis alanları ve sunulan olanaklar ile istihdam ve buna bağlı maliyetler gibi unsurları içermektedir (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Bu unsurlar Metaverse bağlamında ele alındığında, yönetim ve organizasyon planının yalnızca mevcut yapıyı tanımlamakla kalmayıp, dijital dönüşümü destekleyecek esnek ve yenilikçi bir kurumsal yapılanmayı da kapsaması gerekmektedir.

Bu kapsamda, şirket yönetiminin Metaverse teknolojilerine yönelik stratejik hedefleri ve uygulama planlarını açık bir biçimde belirlemesi ve bu hedeflerin hayata geçirilebilmesi için gerekli finansal, teknolojik ve beşerî kaynakları sağlaması beklenmektedir. Bu kaynaklar arasında yer alan insan kaynağı konusunda özellikle dikkatli davranılmalı, personel seçimi ve mesleki gelişim süreçlerine önem verilmelidir. Çünkü, insan sermayesinin herhangi bir organizasyonda yeni teknolojilerin benimsenmesinde en kritik faktörlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Vig, 2023).

Bu doğrultuda, Metaverse projelerinde görev alacak personelin teknik bilgiye, dijital yetkinliklere ve disiplinlerarası çalışma becerilerine sahip olması gerekmektedir. Benzer şekilde, bu ekipleri yönetecek kişilerin de Metaverse altyapısını kurum bünyesinde hayata geçirebilecek bilgi ve deneyimesahip olmaları; ekibe yön verebilecek, gerekli desteği sağlayabilecek ve bu sorumluluğu üstlenebilecek bireyler arasından seçilmeleri önem taşımaktadır. Bu nitelikli yöneticiler, pazar fırsatlarının analiz edilmesi, teknolojik olanakların tanınması ve inovatif yaklaşımların geliştirilmesi yoluyla kurumların Metaverse stratejilerinin yönlendirilmesine de katkı sağlayabilmektedir (Vig, 2023).

Öte yandan, çalışanların Metaverse teknolojilerinin kullanımına ilişkin beklenti ve ihtiyaçlarının da göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu doğrultuda, Metaverse ortamlarının kullanımına yönelik uygun ofis alanlarının ayrılması, gerekli teknolojik altyapının sağlanması, sanal toplantı odalarının oluşturulması, VR ve AR ekipmanlarının tedarik edilmesi ve tüm bu sistemlerin güçlü bir ağ altyapısı ile desteklenmesi önem taşımaktadır.

Bu organizasyonel düzenlemeler yapılmadan önce gerekli bütçe planlamalarının yapılması, uygulama sürecinde ve sonrasında ortaya çıkabilecek ek finansal ihtiyaçların da dikkate alınarak hareket edilmesi gerekmektedir. Her ne kadar, Metaverse tabanlı eğitim uygulamalarına ilişkin maliyetler kurumlar açısından önemli bir endişe kaynağı olarak görülse de, uzmanlar bu maliyetlerin zaman içerisinde teknolojik gelişmelere paralel olarak azalacağını ve bunun da eğitimde Metaverse teknolojilerinin daha geniş ölçekte benimsenmesine katkı sağlayacağını ifade etmektedir (Upadhyay & Khandelwal, 2022).

5.2.8. Finansal Analiz

Finansal plan; tahminler ve finansal veriler, performans oranlarının özeti, destekleyici varsayımlar, finansal projeksiyonlar, kâr ve zarar tablosu (gelir tablosu), bilanço, nakit akış tablosu, değerlendirme kriterleri ve değerlendirme yöntemleri ile indirgenmiş nakit akımı gibi unsurları

kapsamaktadır (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Bu bağlamda finansal analiz, Metaverse projelerinin yalnızca teknik olarak değil, ekonomik açıdan da sürdürülebilirliğinin değerlendirilmesi açısından kritik bir rol oynamaktadır.

Son yıllarda Meta, Microsoft, Epic Games, Roblox ve Nvidia gibi teknoloji şirketlerinin Metaverse alanına yüksek tutarlı yatırımlar yaptığı görülmektedir. Örneğin, Metaverse alanında öncü girişimlerden biri olarak değerlendirilen Facebook ya da yeni adıyla Meta firmasına, Zuckerberg tarafından 2021 yılında yaklaşık 10 milyar ABD doları tutarında yatırım yapılmış ve bu yatırımın izleyen yıllarda artacağı belirtilmiştir (Brown, 2021). Benzer şekilde Microsoft, Metaverse platformları geliştirme stratejisi kapsamında Activision Blizzard adlı video oyun geliştirici firmayı 68,7 milyar ABD doları karşılığında satın almıştır (Microsoft News Center, 2022). Bu örnekler, Metaverse yatırımlarının büyük ölçekli şirketler açısından stratejik bir öncelik hâline geldiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, büyük ölçekli işletmelerle karşılaştırıldığında daha küçük ve orta ölçekli işletmeler, iş faaliyetlerinde yeni teknolojilerin uygulanmasını maliyetli, riskli ve karmaşık bir girişim olarak algılayabilmektedir (Ledesma-Chaves & Arenas-Gaitan, 2022). Ancak, bu maliyet algısı işletmenin büyüklüğüne, mevcut teknolojik altyapısına ve proje kapsamına göre önemli ölçüde değişkenlik göstermektedir. Bir Metaverse ortamının geliştirilme maliyeti; projenin kapsamına, kullanılan teknolojilerin ve araçların çeşitliliğine, projeyi geliştiren ekibin büyüklüğüne ve teknik uzmanlığına, ayrıca geliştirme sürecinin süresine bağlı olarak farklılaşmaktadır.

Bu doğrultuda, Metaverse projeleri küçük ölçekli ekipler ve hazır teknolojik çözümler kullanılarak geliştirilebileceği gibi, daha büyük ekiplerle ve kuruma özgü özel içeriklerin üretildiği geniş kapsamlı projeler şeklinde de tasarlanabilmektedir. Bu nedenle, işletmelerin ilk aşamada Metaverse projesinin kapsamını net bir biçimde tanımlamaları; ardından gerekli ekipman, yazılım lisansları ve diğer operasyonel maliyetleri belirleyerek kapsamlı bir finansal analiz gerçekleştirmeleri gerekmektedir.

Bu finansal analiz sürecinde gelir ve gider kalemleri, kâr-zarar hesapları, bilanço ve nakit akış tabloları gibi temel finansal göstergelerin bir bütün olarak değerlendirilmesi önem taşımaktadır. Ayrıca, Metaverse platformlarının yalnızca tek seferlik bir geliştirme maliyeti olarak ele alınmaması; sistemin sürekliliğini sağlayan devam eden maliyetlerin de dikkate alınması gerekmektedir. Bu devam eden maliyetler arasında; sürekli içerik geliştirme ve içerik yönetimi, barındırma ve sunucu hizmetleri, teknik destek faaliyetleri ile pazarlama ve tanıtım giderleri yer almaktadır.

5.2.9. Risk Analizi

Metaverse teknolojileri, sanal ve fiziksel dünyalar arasındaki etkileşim düzeyini artırarak kurumlara yeni fırsatlar ve yenilikçi iş modelleri sunmayı vaat etmektedir (Gartner, 2022). Bununla birlikte, bu potansiyel beraberinde teknik, örgütsel, etik ve toplumsal nitelikte çeşitli riskleri de getirmektedir. Bu nedenle, Metaverse tabanlı projelerin planlanması ve uygulanması sürecinde risk analizinin sistematik bir biçimde ele alınması büyük önem taşımaktadır.

Bu kapsamda risk analizi; kısıtlayıcı faktörler, kritik başarı faktörleri, alternatif senaryolar, uygulanabilir stratejiler, spesifik risk alanları ve bu risklerin azaltılmasına yönelik önlemleri içermelidir (Friend & Zehle, 2004, s. 12). Söz konusu başlıkların bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirilmesi, Metaverse projelerinin sürdürülebilirliği ve kurumsal hedeflerle uyumu açısından gereklidir.

İnsan sermayesinin, herhangi bir organizasyonda yeni teknolojilerin benimsenmesinde en belirleyici faktörlerden biri olduğu vurgulanmaktadır (Vig, 2023). Bu nedenle, kurumların Metaverse teknolojilerine geçiş sürecinde yetkin insan kaynağını kuruma kazandırmaları ve mevcut personelin teknik becerilerini geliştirmeye yönelik eğitim yatırımları yapmaları, teknolojik risklerin azaltılması açısından kritik öneme sahiptir. Örneğin, Metaverse teknolojilerinde öne çıkan risk alanlarından biri olan bilgi güvenliği konusunda, bu alanda uzman personelin kuruma dâhil edilmesi riskleri azaltıcı bir önlem olarak değerlendirilebilir. Alternatif olarak, kurum bünyesindeki mevcut personelin Metaverse teknolojilerine yönelik yeniden eğitilmesi ve becerilerinin bu doğrultuda uyarlanması da bir seçenek olarak öne çıkmaktadır. Ancak, bu yaklaşımın da zaman, maliyet ve adaptasyon süreci açısından yeni riskler barındırabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu noktada, kurumların kendi dijital dönüşüm politikalarını net bir biçimde tanımlamaları, potansiyel riskleri önceden analiz ederek kademeli ve kontrollü bir ilerleme stratejisi benimsemeleri önemlidir. Kurumsal risklerin yanı sıra, Metaverse teknolojilerinin doğasından kaynaklanan toplumsal ve etik riskler de dikkate alınmalıdır. Rosenberg (2022), Metaverse platformlarının yaygınlaşmasıyla birlikte çeşitli toplumsal risklerin ortaya çıkabileceğini ifade etmektedir. Lee ve diğerleri (2021) ise Metaverse ortamlarında güvenlik ve gizlilik risklerine dikkat çekmektedir.

Chen ve diğerleri (2022), sanal gerçeklik uygulamalarında iris ve retina taramaları, parmak izleri, el izleri ve yüz geometrisi gibi biyometrik verilerin toplanmasının, kullanıcı mahremiyeti açısından ciddi güvenlik endişelerine

yol açabileceğini belirtmektedir. Smaili ve de Rancourt-Raymond (2022), Metaverse teknolojilerinde kullanılan artırılmış gerçeklik uygulamalarına ilişkin riskleri fiziksel refah, sağlık ve güvenlik, psikolojik etkiler, ahlaki ve etik sorunlar ile veri gizliliği olmak üzere dört başlık altında ele almaktadır. De Felice, Rehman, Petrillo ve Baffo (2023) ise sanal gerçekliğin uzun süreli kullanımının, bedensel ihmal ile ilişkilendirilebilecek biçimde bağımlılık, sosyal izolasyon ve gerçek dünyadaki etkinliklerden uzaklaşma risklerini barındırdığını ifade etmektedir.

Bunun yanı sıra Huang, Li, ve Cai (2023), Metaverse ortamlarında kişisel bilgi sızıntısı, gizli dinleme, veri hırsızlığı, yetkisiz erişim, kimlik avı, veri enjeksiyonu, hatalı kimlik doğrulama ve güvensiz tasarım gibi çok sayıda güvenlik ve gizlilik riskinin bulunduğunu belirtmektedir. M. Wang, Yu, Bell & Chu (2022) ise Metaverse teknolojileriyle ilişkili olarak gizlilik, eşitlik, erişilebilirlik ve fikri mülkiyet başta olmak üzere önemli etik sorunların gündeme geldiğine dikkat çekmektedir.

Bu bağlamda, işletmelerin Metaverse tabanlı eğitim ve gelişim projelerini hayata geçirirken yalnızca mevcut riskleri değil, ilerleyen süreçte ortaya çıkabilecek potansiyel riskleri de dikkate alarak hareket etmeleri gerekmektedir. Kurulum ve gelişim aşamalarında gerekli düzenleme, güncelleme ve denetim mekanizmalarının oluşturulması ve sürecin kontrollü bir şekilde yönetilmesi, Metaverse teknolojilerinin kurumsal eğitim bağlamında güvenli ve sürdürülebilir biçimde kullanılabilmesi açısından önem taşımaktadır.

ÖZET

Bubölümde sunulan analizler, Metaverse teknolojisinin yalnızca yeni bir dijital ortam sunmakla kalmayıp, eğitim süreçlerini yeniden yapılandıran, kurumsal stratejileri dönüştüren ve öğrenme deneyimini niteliksel olarak dönüştüren çok boyutlu bir yenilik olduğunu ortaya koymaktadır. Eğitim sektöründe ve özellikle kurumsal eğitim alanında dijitalleşmenin hız kazanmasıyla birlikte, Metaverse'ün sunduğu etkileşimli, kişiselleştirilmiş ve erişilebilir öğrenme ortamlarının; öğrenenlerin motivasyonunu, katılımını ve akademik performansını artırma potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Aynı şekilde, kurumsal eğitim süreçlerinde de zaman ve mekân sınırlamalarını aşarak maliyet-etkin, gerçekçi ve sürükleyici öğrenme deneyimlerinin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır.

Ancak bu teknolojik dönüşüm, yalnızca pedagojik kazanımlarla sınırlı değildir. Metaverse'ün kurumsal yapılar içinde sürdürülebilir ve etkili biçimde uygulanabilmesi; stratejik planlama, yönetim, altyapı hazırlığı, finansal yönetim, insan kaynağının geliştirilmesi, pazarlama

stratejileri ve risk yönetimi gibi alanlarda disiplinler arası ve bütüncül bir koordinasyonu gerektirmektedir. Bu kapsamda, kurumların kendi kültürel ve organizasyonel yapılarını dikkate alarak kapsamlı, gerçekçi ve uygulanabilir bir iş planı hazırlamaları hayati önem taşımaktadır.

İyi yapılandırılmış bir iş planı; yalnızca mevcut durumun analiz edilmesini değil, aynı zamanda geleceğe yönelik stratejik hedeflerin tanımlanmasını, bu hedeflere ulaşmak için izlenecek adımların planlanmasını ve süreç boyunca karşılaşılabilecek olası risklere yönelik önleyici ve iyileştirici stratejilerin geliştirilmesini de içermektedir. Bu çerçevede, bu bölümde ele alınan dokuz temel bileşen (yönetici özeti, mevcut durum analizi, stratejik analiz, stratejik plan, pazarlama planı, operasyonel plan, yönetim ve organizasyon planı, finansal analiz ve risk analizi), eğitimde Metaverse uygulamalarını hayata geçirmek isteyen kurum ve kuruluşlar için yapılandırılmış ve bütüncül bir yol haritası sunmaktadır.

Sonuç olarak, Metaverse teknolojisine geçiş süreci yalnızca teknik bir dönüşüm olarak değil; kurumsal öğrenme kültürünü, yönetim anlayışını ve değer üretme biçimlerini etkileyen kültürel, yönetsel ve ekonomik bir dönüşüm süreci olarak ele alınmalıdır. Bu süreci stratejik bir bakış açısıyla yöneten kurumlar, yalnızca dijital çağın gerekliliklerine uyum sağlamakla kalmayacak; aynı zamanda rekabet avantajı elde ederek, yenilikçi öğrenme ortamları aracılığıyla çalışan gelişimini destekleyen ve uzun vadeli kurumsal değer üreten yapılar hâline gelebilecektir.

BÖLÜM 6: KURUMSAL EĞİTİM İHTİYAÇLARINA UYGUN METAVERSE ALTYAPISINDA YAPAY ZEKÂNIN STRATEJİK ROLÜ

Bu bölümde, yapay zekâ teknolojilerinin Metaverse tabanlı kurumsal eğitim altyapıları içerisindeki stratejik rolü çok boyutlu bir bakış açısıyla ele alınmaktadır. Yapay zekânın; artırılmış ve sanal gerçeklik, gelişmiş ağ altyapıları ve veri analitiği ile bütünleşerek kurumsal öğrenme ortamlarının güvenli, ölçeklenebilir ve sürdürülebilir biçimde yapılandırılmasına nasıl katkı sunduğu analiz edilmektedir. Bölüm kapsamında, Metaverse–yapay zekâ entegrasyonunun kurumsal eğitim stratejileri üzerindeki etkileri, yeni nesil dijital teknolojilerin öğrenme ve gelişim süreçlerine yansımaları ile yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin kurumsal eğitim bağlamındaki işlevi sistematik olarak incelenmektedir. Böylece, insan–makine iş birliğinin kurumsal eğitim tasarımlarında nasıl optimize edilebileceğine ve yapay zekânın öğrenme ekosistemlerindeki dönüştürücü rolüne ilişkin bütüncül bir çerçeve sunulması amaçlanmaktadır.

6.1. Yapay Zekâ Destekli Metaverse Altyapısının Kurumsal Eğitimde Stratejik Konumu

Yapay zeka, artırılmış ve sanal gerçeklik, blok zincir ve kurumsal ölçekte kullanılan gelişmiş ağ teknolojileri ile bütünleştirildiğinde, işletmelerin eğitim ve gelişim süreçleri için güvenli, ölçeklenebilir ve yüksek performanslı sanal öğrenme ekosistemlerinin oluşturulmasına önemli katkı sağlamaktadır. Özellikle 5G ve 6G altyapıları üzerinde çalışan makine öğrenmesi ve pekiştirmeli öğrenme algoritmaları; kurumsal ağ yönetimi, bant genişliği optimizasyonu, kaynak tahsisi, siber güvenlik ve performans yönetimi gibi kritik operasyonel süreçleri otomatikleştirerek kurumsal eğitim ortamlarının istikrarını ve güvenilirliğini güçlendirmektedir. Ayrıca giyilebilir sensörler ve gelişmiş izleme teknolojileri, çalışanların gerçek dünyadaki hareket, duygu durumu ve dikkat düzeylerini analiz ederek sanal ortama aktarmakta; böylece kurumsal avatarların jest, mimik ve iletişim stilleri daha doğal ve etkili bir biçimde simüle edilebilmektedir (Han vd., 2022).

Gerçek dünya ile bağlantılı çok boyutlu bir kurumsal öğrenme evreni olarak Metaverse, işletmelerin eğitim stratejilerini yeniden yapılandırmasında önemli bir potansiyel sunmaktadır. Kurumsal eğitim süreçleri için geliştirilecek Metaverse altyapıları; yüksek kaliteli, sürükleyici, erişilebilir ve kurum içi standardizasyonu destekleyen bir öğrenme deneyimi sağlamayı amaçlamalıdır. Etkileşimli sanal sınıflar ve simülasyon

tabanlı senaryolar, çalışanların mesleki yetkinliklerini risk içermeyen ve ölçülebilir bir ortamda geliştirmesine olanak tanırken; kişiselleştirilmiş öğrenme yolları ve gerçek zamanlı iş birliği kapasitesi farklı lokasyonlarda çalışan personele tutarlı ve veriye dayalı eğitim deneyimleri sunmaktadır (İftekhar, Saha, Islam, Shitol & Rahman, 2023).

Bu kapsamda yapay zekâ ile ikame kararının görev düzeyinde ele alınması, kurumsal eğitim tasarımlarının geleceği açısından kritik bir öneme sahiptir (Huang & Rust, 2018). Düşük bilişsel gereksinimli görevlerin yapay zekâ tarafından daha kolay devralınabildiği görülürken (Huang & Rust, 2018), yüksek düzeyde insan etkileşimi gerektiren kurumsal hizmetlerde insan emeği stratejik değerini korumaktadır (Giebelhausen, Robinson, Sirianni & Brady, 2014; Huang & Rust, 2017). Maliyet liderliğini benimseyen firmalar yapay zekâyı daha hızlı benimserken; kalite odaklı firmalar başlangıçta insan merkezli yaklaşımı sürdürmekte, ancak yapay zekânın gelişen kapasitesi doğrultusunda bu stratejilerde dahi yapay zekâ kullanımının artması beklenmektedir (Huang & Rust, 2018). Bu çerçevede, Metaverse tabanlı kurumsal eğitim tasarımlarında insan-makine iş birliğinin optimize edilmesi için önemli bir yol gösterici niteliği taşımaktadır.

Bu dönüşüm sürecinde yapay zekâ, Metaverse tabanlı kurumsal eğitim ekosisteminin temel yapı taşlarından biri olarak stratejik bir rol üstlenmektedir. Yapay zekâ, çalışanların öğrenme profilleri, görev tanımları, yetkinlik seviyeleri ve performans verilerine dayalı uyarlanabilir içerik üretimi sayesinde kurumsal eğitim süreçlerini daha esnek, ölçülebilir ve kişiselleştirilmiş hale getirmekte; kurumların eğitim yatırımlarının geri dönüşünü güçlendirmekte ve örgütsel verimliliği artırmaktadır.

Yapay zekânın kurumsal Metaverse altyapılarındaki bu etkisi, aşağıdaki başlıca kurumsal fonksiyon alanlarında somutlaşmaktadır:

6.2. Metaverse Yapay Zekâ Entegrasyonunda Kurumsal Eğitim Stratejilerine Etkisi

Dijital dönüşüm süreciyle birlikte metaverse teknolojisi, işletmelerin ve bireylerin etkileşim kurma biçimlerini dönüştüren önemli ve dönüştürücü bir teknolojik gelişme olarak öne çıkmaktadır (Upadhyay & Khandelwal, 2022). Bu dönüşüm süreci, özellikle kurumsal eğitim stratejileri bağlamında; eğitim maliyetlerinin optimizasyonu, iş gücü verimliliğinin artırılması, sürdürülebilir öğrenme ekosistemlerinin oluşturulması ve kurumsal rekabet avantajının güçlendirilmesi açısından çok boyutlu fırsatlar sunmaktadır. Nitekim metaverse teknolojisine dayalı eğitim ve gelişim deneyimlerinin, maliyetleri düşürürken üretkenliği ve verimliliği artırdığı

ifade edilmektedir (Agarwal & Alathur, 2023). Bu doğrultuda, metaverse teknolojisinin kurumsal eğitim alanındaki etkilerini ele alan bazı güncel araştırmalar aşağıda özetlenmektedir.

Bu bağlamda Mitra (2023), metaverse teknolojisinin eğitim ve kurumsal eğitim alanlarında yenilikçi bir sanal-fiziksel harmanlanmış (blended) öğrenme ekosistemi oluşturma potansiyelini incelemektedir. Çalışma, mevcut çevrimiçi ve yüz yüze eğitim modellerinin etkileşim, uygulamalı öğrenme ve kişiselleştirme açısından sınırlı kaldığını; buna karşılık metaverse ortamlarının sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, dijital ikizler ve yapay zekâ destekli sistemler aracılığıyla daha sürükleyici, deneyim temelli ve etkileşim odaklı öğrenme imkânları sunduğunu ortaya koymaktadır. Bulgular, metaverse tabanlı eğitim ortamlarının kurumsal eğitimde simülasyon, işbirliği, kişiselleştirilmiş öğrenme ve mesleki beceri gelişimini destekleyerek eğitim süreçlerinin etkililiğini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir.

Metaverse teknolojisinin kurumsal stratejiler ve yönetim politikalarıyla ilişkisi ise Durmuş (2024) tarafından gerçekleştirilen çalışma kapsamında yönetim bilimi literatürü bağlamında ele alınmaktadır. Söz konusu çalışma, metaverse kavramının literatürdeki gelişimini, eğilimlerini ve araştırma odaklarını inceleyerek, bu teknolojinin kurumsal strateji, yönetim politikaları ve organizasyonel dönüşüm süreçleri içerisinde nasıl konumlandırıldığını değerlendirmektedir. Bulgulara göre metaverse uygulamaları, kurumlarda verimlilik, etkileşim, iletişim ve rekabet avantajı sağlama potansiyeline sahiptir; uzaktan çalışma, sanal toplantılar ve dijital iş akışları aracılığıyla zaman ve mekân sınırlılıklarını azaltmaktadır. Bu yönüyle, metaverse'in eğitim, pazarlama ve endüstri başta olmak üzere farklı sektörlerle güçlü biçimde ilişkilendirilmesi, bu teknolojinin çok boyutlu ve stratejik bir yönetim aracı hâline geldiğini göstermektedir. Çalışma, metaverse teknolojisinin kurumsal öğrenme, çalışan gelişimi ve inovasyon odaklı yönetim politikalarının geliştirilmesine katkı sağladığını; bu yönüyle gelecekte daha esnek, sürdürülebilir ve yenilikçi kurumsal stratejilerin oluşturulmasında belirleyici bir rol üstlenebileceğini ortaya koymaktadır.

Kurumsal öğrenme süreçlerinin güçlendirilmesine yönelik uygulamaya dönük öneriler ise Dastane, Rafiq ve Turner (2024) tarafından sunulmaktadır. Çalışmada, kurumların kurumsal öğrenme süreçlerini geliştirmek amacıyla metaverse, sanal gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik ve yapay zekâ teknolojilerini stratejik ve bütünleşik biçimde benimsemeleri gerektiği vurgulanmaktadır. Bu kapsamda; sürükleyici dijital ortamlar aracılığıyla bilgi paylaşımını ve iş birliğine dayalı öğrenmeyi destekleyen sistemlerin geliştirilmesi, sanal ve genişletilmiş gerçeklik tabanlı uygulamalarla

deneyim temelli ve kapsayıcı eğitimlerin yaygınlaştırılması önem taşımaktadır. Ayrıca, yapay zekâ destekli analitik sistemler kullanılarak öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesi, çalışan gelişiminin izlenmesi ve yetenek yönetiminin veri temelli biçimde yürütülmesi önerilmektedir. Bu teknolojilerin sürdürülebilir bir yaklaşımla entegrasyonu, kurumların kurumsal öğrenme kapasitelerini ve değişime uyum yetkinliklerini artıracaktır.

Metaverse tabanlı kurumsal eğitim uygulamalarının etkin biçimde hayata geçirilebilmesi için gerekli insan kaynağı boyutu ise Garg, Sekhar ve Kumar (2025) tarafından ele alınmaktadır. Yazarlar, kurumsal eğitim süreçlerinde metaverse teknolojisinin etkili biçimde uygulanabilmesi için insan kaynakları profesyonellerinin sahip olması gereken kritik yetkinlikleri incelemişlerdir. Bulgular, özellikle teknik yeterlilikler ile oyunlaştırma temelli becerilerin, sürükleyici öğrenme ortamlarının oluşturulmasında belirleyici olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, veri güvenliği, etik sorumluluk ve yönetim konularının da stratejik biçimde ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Çalışma, bu yönüyle metaverse tabanlı kurumsal eğitime yönelik hem kuramsal hem de uygulamaya dönük bir çerçeve sunmaktadır.

Tüm bu çalışmalar birlikte değerlendirildiğinde, metaverse teknolojisinin yapay zekâ destekli sistemlerle bütünleşik biçimde kullanımı; kurumsal eğitim stratejilerinde öğrenme deneyimlerinin daha etkileşimli, kişiselleştirilmiş, uygulama odaklı ve ölçülebilir hâle getirilmesini sağlayan stratejik bir dönüşüm aracı olarak değerlendirilebilir.

6.3. Yeni Nesil Dijital Teknolojilerin Öğrenme ve Gelişim Süreçlerine Yansımaları

Dijital dönüşüm süreciyle birlikte yapay zekâ, metaverse ve sürükleyici gerçeklik teknolojileri, örgütlerde öğrenme ve gelişim yaklaşımlarını dönüştüren temel ve belirleyici unsurlar hâline gelmiştir. Bu teknolojiler, öğrenme süreçlerinin yalnızca dijital ortama taşınmasını değil; aynı zamanda etkileşim, deneyim ve kişiselleştirme boyutlarının yeniden yapılandırılmasını da beraberinde getirmektedir. Bu bağlamda Dastane ve diğerleri (2024), metaverse, sanal gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik gibi teknolojilerin örgütsel öğrenme ve gelişim süreçlerine etkilerini incelemiş; bu teknolojilerin çalışan gelişimini desteklediğini, öğrenme deneyimlerini daha etkileşimli ve kişiselleştirilmiş hâle getirdiğini ve örgütsel verimliliği artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur. Yazarlara göre, sürükleyici dijital ortamlar aracılığıyla bilgi paylaşımının ve işbirliğine dayalı öğrenmenin desteklenmesi örgütsel öğrenme kapasitesini güçlendirmekte; sanal gerçeklik ve genişletilmiş gerçeklik tabanlı eğitim

uygulamaları ise deneyim temelli ve kapsayıcı öğrenme fırsatları sunarak hizmet içi eğitimlerin etkililiğini artırmaktadır. Buna ek olarak, yapay zekâ destekli analitik ve otomasyon sistemlerinin kullanımı, öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesine, çalışan gelişiminin izlenmesine ve yetenek yönetiminin daha verimli hâle getirilmesine olanak tanımaktadır. Bu yönüyle, söz konusu teknolojiler öğrenme ve gelişim süreçlerinin bütüncül biçimde yeniden yapılandırılmasına katkı sunmaktadır. Sonuç olarak, bu teknolojilerin stratejik ve sürdürülebilir biçimde benimsenmesi, kurumların sürekli öğrenme kültürünü güçlendirmelerine ve değişime uyum yetkinliklerini artırmalarına önemli katkılar sağlamaktadır.

Öğrenme deneyiminin dönüşümünde etkileşim ve simülasyon olanakları, metaverse ortamlarının ayırt edici özellikleri arasında yer almaktadır. Geleneksel video konferans araçlarının (örneğin Zoom) aksine Metaverse, sürükleyici (immersive), yüz yüze etkileşimi destekleyen ve gerçekçi simülasyonlar sunan öğrenme deneyimleri sağlamaktadır (Garg vd., 2025). Bu durum, özellikle deneyim temelli öğrenme yaklaşımlarının kurumsal eğitimde daha etkin ve uygulanabilir biçimde hayata geçirilmesine olanak tanımaktadır. Gerçekçi bir metaverse ortamının inşası, gerçek dünyadaki özelliklerin hassas bir şekilde algılanarak sanal dünyaya aktarılmasını gerektirmektedir. Bu noktada, yapay zekâ özellikle görüntüleme sistemlerinden çoklu sensörlü algıya kadar uzanan algılama tekniklerinin gelişiminde kritik bir rol üstlenmektedir (Guo vd., 2022). Bu teknolojik ilerlemeler, sanal ortamlarda daha gerçekçi öğrenme senaryolarının oluşturulmasını ve kullanıcı etkileşiminin derinleşmesini mümkün kılmaktadır. Nitekim yapay zekâ, daha gerçekçi bir sanal dünya inşa edilmesine ve metaverse ortamlarında daha akıllı, bağlama duyarlı etkileşimlerin geliştirilmesine katkı sağlamaktadır (Guo vd., 2022).

Bu doğrultuda yapay zekâ, artırılmış ve sanal gerçeklik, blok zincir ve gelişmiş ağ teknolojileriyle bütünleştirilerek metaverse ortamlarının güvenli, ölçeklenebilir ve yüksek doğruluk düzeyine sahip sanal dünyalara dönüştürülmesini mümkün kılmaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu bütünleşik teknolojik yapı, özellikle öğrenme ortamlarında veri bütünlüğünün korunması ve kullanıcı etkileşimlerinin güvenli biçimde sürdürülebilmesi açısından kritik bir altyapı sunmaktadır. Bu sanal dünyalarda güvenlik ve gizlilik sorunlarının giderilmesine yönelik umut vadeden yaklaşımlardan biri olarak, şeffaflık ve değiştirilemezlik özellikleriyle öne çıkan blok zincir teknolojisinin kullanımı öne çıkmakta; ayrıca bu teknoloji, yapay zekâ ile birlikte metaverse ortamlarındaki siber saldırıların tespit edilmesi ve önlenmesi amacıyla etkin biçimde uygulanabilmektedir (Huynh-The vd., 2023).

Sonuç olarak, yapay zekâ, metaverse ve sürükleyici dijital teknolojilerin bütünleşik kullanımı; öğrenme ve gelişim süreçlerini yalnızca teknolojik açıdan değil, pedagojik, örgütsel ve stratejik boyutlarıyla yeniden tanımlamakta; kurumların deneyim temelli, güvenli ve kişiselleştirilmiş öğrenme ekosistemleri oluşturarak sürdürülebilir insan kaynağı gelişimini desteklemelerine olanak sağlamaktadır.

6.4. Yapay Zekâ Destekli Kişiselleştirilmiş Öğrenme Deneyimleri

Dijital teknolojilerin hızlı bir biçimde evrildiği günümüzde; yapay zekâ, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, karma gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik ve nesnelerin interneti gibi yenilikçi sistemler, özellikle kurumsal öğrenme ve gelişim yaklaşımlarının yeniden yapılandırılmasında belirleyici bir rol üstlenmektedir. Bu teknolojilerin bütünleştiği üst düzey bir dijital çerçeve olarak konumlanan Metaverse, yalnızca sanal bir mekânsallık sunmakla sınırlı kalmayıp; yüksek düzeyde etkileşim, sürükleyicilik ve bireysel uyarılma olanakları barındıran yeni nesil öğrenme deneyimlerinin tasarlanmasına imkân tanıyan bütüncül bir eğitim ortamı niteliği taşımaktadır (Soliman, Ahmed, Darwish & Hassanien, 2024). Bu yönüyle Metaverse, geleneksel dijital öğrenme platformlarından ayrılarak öğrenen merkezli ve dinamik bir yapı sunmaktadır.

Metaverse ortamları, kullanıcıların dijital temsilleri olan avatarlar aracılığıyla etkileşime girdiği, üç boyutlu, süreklilik arz eden ve gerçek zamanlı olarak güncellenebilen sanal dünyalar olarak tanımlanmaktadır. Bu sanal öğrenme ortamlarının yapay zekâ teknolojileriyle bütünleştirilmesi, çalışanların bireysel farklılıklarının tanınmasını ve kurumsal öğrenme hedefleriyle uyumlu, uyarlanabilir öğrenme yollarının sistematik biçimde oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Çalışanların ilgi alanları, görev gereksinimleri, bilişsel eğilimleri, öğrenme stilleri ile güçlü ve gelişime açık yönlerini analiz eden yapay zekâ algoritmaları; gerçek zamanlı geri bildirim mekanizmaları aracılığıyla öğrenme sürecinin bireye özgü olarak düzenlenmesine olanak tanımaktadır. Bu sayede kurumsal öğrenme süreçleri, çalışan merkezli, veri odaklı ve sürekli optimize edilen bir yapıya dönüşmektedir (Wang & Huang, 2025).

Uyarlanabilir öğrenme sistemleri, çalışan verilerinin sistematik olarak analiz edilmesi ve anlamlandırılması yoluyla kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimlerinin üretilmesini desteklemekte; kurum içi yetkinlik gelişiminin izlenmesi, performans değerlendirme süreçlerinin güçlendirilmesi ve eğitim çıktılarının niteliğinin artırılmasına yönelik karar alma mekanizmalarına önemli katkılar sunmaktadır (Gligorea vd., 2023). Bu sistemler aynı zamanda yönetsel süreçlerde verimlilik sağlayarak, yöneticilerin ve eğitim sorumlularının operasyonel iş yükünü azaltmakta;

onların stratejik planlama, mentorluk ve çalışan gelişimine odaklanan daha üst düzey rollere yönelmelerine imkân tanımaktadır. Bu bağlamda yapay zekâ, kurumsal öğrenme süreçlerinde yalnızca teknik bir araç olarak değil; kişiselleştirilmiş öğrenmeyi mümkün kılan, öğrenme analitikleriyle karar destek süreçlerini besleyen ve kurumsal eğitim stratejilerine katma değer üreten bütüncül bir bileşen olarak konumlanmaktadır.

ÖZET

Bu bölümde sunulan analizler, yapay zekâ teknolojilerinin Metaverse tabanlı kurumsal eğitim altyapıları içerisinde yalnızca destekleyici bir araç olmanın ötesine geçerek, öğrenme ekosistemlerini yapılandıran ve yönlendiren stratejik bir bileşen olarak konumlandığını ortaya koymaktadır. Yapay zekânın artırılmış ve sanal gerçeklik, gelişmiş ağ altyapıları ve veri analitiği ile bütünleşik kullanımı; güvenli, ölçeklenebilir ve sürdürülebilir sanal öğrenme ortamlarının oluşturulmasına olanak sağlamakta ve kurumsal eğitim altyapılarının bütüncül biçimde yapılandırılmasını mümkün kılmaktadır. Bu kapsamda, Metaverse–yapay zekâ entegrasyonu; kurumsal eğitim stratejilerinin maliyet etkinliği, verimlilik, deneyim temelli öğrenme ve rekabet avantajı açısından yeniden ele alınmasına katkı sunmaktadır.

Bölüm boyunca ele alınan yeni nesil dijital teknolojiler, öğrenme ve gelişim süreçlerinde etkileşim, simülasyon ve deneyim temelli yaklaşımların güçlenmesini mümkün kılmakta; sürükleyici öğrenme ortamları aracılığıyla bilgi paylaşımı, iş birliğine dayalı öğrenme ve uygulama odaklı eğitim deneyimleri desteklenmektedir. Yapay zekâ destekli analitik ve otomasyon sistemleri ise öğrenme süreçlerinin kişiselleştirilmesine, çalışan gelişiminin sürekli izlenmesine ve yetenek yönetiminin veri temelli biçimde yürütülmesine olanak sağlamakta; bu yönüyle kurumsal öğrenme süreçlerinin daha ölçülebilir ve yönetilebilir hâle gelmesine katkıda bulunmaktadır.

Bölümün son kısmında ele alınan yapay zekâ destekli kişiselleştirilmiş öğrenme deneyimleri, uyarlanabilir öğrenme sistemleri aracılığıyla çalışanların bireysel özelliklerine, görev gereksinimlerine ve performans verilerine dayalı esnek öğrenme yollarının oluşturulmasını mümkün kılmaktadır. Bu yaklaşım, kurumsal eğitim süreçlerinin çalışan merkezli, sürekli güncellenebilir ve stratejik hedeflerle uyumlu biçimde yürütülmesine katkı sağlamakta; aynı zamanda eğitim yatırımlarının geri dönüşünü güçlendirmektedir. Sonuç olarak, bu bölüm Metaverse ve yapay zekâ bütünleşmesinin kurumsal eğitim süreçlerini teknolojik, pedagojik ve örgütsel boyutlarıyla dönüştüren kapsamlı bir yapı sunduğunu göstermektedir.

BÖLÜM 7: METAVERSE VE YAPAY ZEKÂ ENTEGRASYONUNDA YASAL VE ETİK KONULAR

Bu bölümde, Metaverse ve yapay zekâ teknolojilerinin kurumsal eğitim bağlamında kullanımının beraberinde getirdiği yasal, etik ve yönetsel sorumluluklar bütüncül bir perspektifle ele alınmaktadır. Metaverse’ün veri yoğun, etkileşim temelli ve sürekli izleme potansiyeli taşıyan yapısı; fikri mülkiyet hakları, veri gizliliği, güvenlik, sorumluluk ve hesap verebilirlik gibi alanlarda mevcut hukuki ve etik çerçevelerin yeniden değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda bölüm, Metaverse ortamlarında üretilen dijital içeriklerin mülkiyeti, kullanıcı verilerinin korunması ve yapay zekâ destekli sistemlerin karar süreçlerinde şeffaflığın sağlanması gibi temel konulara odaklanmaktadır.

Bölüm boyunca ayrıca, yapay zekâ sistemlerinde veri kaynaklı önyargıların ve ayrımcı sonuçların Metaverse ortamlarına yansıtılabileceği riskler ile bu risklerin insan hakları, kapsayıcılık ve adil temsil ilkeleri açısından doğurabileceği sonuçlar ele alınmaktadır. Mevcut düzenleyici çerçevelerin Metaverse gibi hızla gelişen teknolojilere uyum sağlayabilmesi için esnek, güncellenebilir ve insan-merkezli bir yönetim anlayışının gerekliliği vurgulanmakta; etik ilkelere dayalı, güven temelli ve sürdürülebilir Metaverse uygulamalarının kurumsal düzeyde nasıl yapılandırılabilceğine ilişkin kavramsal bir zemin sunulmaktadır. Bu yönüyle bölüm, Metaverse tabanlı kurumsal eğitim uygulamalarının yalnızca teknolojik ve pedagojik değil, aynı zamanda hukuki ve etik boyutlarıyla ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Metaverse ve Yapay Zekâ Entegrasyonunda Yasal ve Etik Konular

Metaverse’te yapay zekâ teknolojilerinin artan entegrasyonu, kullanıcı deneyimlerini, güvenliği ve genel sanal dünya ortamını etkileyebilecek çeşitli etik ve yasal zorlukları beraberinde getirmektedir. Yapay zekâ, Metaverse’ü şekillendirmek için sınırsız bir potansiyel sunarken, bu durum aynı zamanda etik etkiler üzerine eleştirel bir düşünmeyi de gerekli kılmaktadır (Zhuk, 2024). Bu doğrultuda, etik sorunların kapsamlı biçimde ortaya konulmasının ardından, kurumsal yapılar içinde eğitsel amaçlı Metaverse çözümleri kullanan firmaların mevcut yasal ve operasyonel çerçevelerini derinlemesine analiz etmesi zorunlu hâle gelmektedir; çünkü böyle bir inceleme, düzenlemelerin hangi noktalarda yetersiz kaldığını belirleyerek sonraki politika ve uygulama geliştirme süreçlerine sağlam bir temel oluşturacaktır. Bu kapsamda ele alınması gereken başlıklar şu şekilde açıklanabilir:

7.1. Fikri Mülkiyet Hakları

Fikri mülkiyet (FM), Metaverse ortamlarında patentler, ticari markalar, lisanslar ve telif hakları gibi çeşitli hukuki mekanizmalar aracılığıyla korunabilmektedir (Siegel & Wright, 2007). Dijital varlıkların yoğun biçimde üretildiği ve paylaşıldığı Metaverse ekosisteminde, yapay zekâ algoritmaları ve modellerinin yaygın biçimde kullanılması; telif hakları, patent kapsamı ve yapay zekâ tarafından oluşturulan dijital içeriklerin mülkiyetine ilişkin düzenlemelerin mevcut hukuki çerçeve içerisinde daha açık ve net bir biçimde tanımlanmasını gerekli kılmaktadır (Soliman vd., 2024).

Bu bağlamda, Metaverse ortamlarında fikri mülkiyet haklarının uygulanmasına yönelik olarak; patentler, sanal nesneler ile sanal artırılmış gerçeklik sistemlerinin teknik ve işlevsel yönlerini; ticari markalar, sanal ortamlarda faaliyet gösteren işletmelerin marka kimliklerini ve ayırt edici unsurlarını; telif hakları ise üç boyutlu (3B) modeller, avatarlar ve dijital içerikler gibi yaratıcı bileşenleri koruma altına almaktadır (Kalyvaki, 2023). Bu hukuki koruma mekanizmaları, özellikle kurumsal eğitim amaçlı Metaverse uygulamalarında üretilen içeriklerin sahipliğinin belirlenmesi ve hak ihlallerinin önlenmesi açısından kritik bir rol üstlenmektedir.

7.2. Güvenlik, Gizlilik ve Veri Koruması

Metaverse uygulamalarında güvenlik, gizlilik ve veri koruması; kullanıcıların sanal ortamlarda paylaştığı kişisel ve davranışsal verilerin kötüye kullanımını önlemek, sistem bütünlüğünü sağlamak ve etik ilkeler çerçevesinde kullanıcı haklarını korumak açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, gizliliğin etkin biçimde korunabilmesi için teknik, örgütsel ve hukuki önlemlerin bir arada ve bütüncül bir yaklaşımla uygulanması gerekmektedir (Kalyvaki, 2023). Bununla birlikte, kişisel ve davranışsal verilerin Metaverse ortamlarında geniş ölçekli biçimde toplanması, depolanması ve işlenmesi süreçlerinde şeffaflık ilkesinin temel bir yönetim unsuru olarak ele alınması, etkin kullanıcı onayı mekanizmalarının uygulanması ve ilgili mevzuatların dikkate alınması zorunluluk arz etmektedir (Soliman vd., 2024).

Bu bağlamda, şeffaflık ve değiştirilemezlik özellikleriyle blok zincir teknolojisi, güvenlik ve gizlilikle ilişkili pek çok soruna yönelik umut vadeden bir çözüm olarak değerlendirilmekte; ayrıca yapay zekâ, Metaverse ortamlarında dijital varlıkların korunması amacıyla siber saldırıların tespit edilmesine ve önlenmesine katkı sağlamaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu teknolojilerin birlikte kullanımı, özellikle kurumsal eğitim ortamlarında kullanıcı verilerinin güvenli biçimde yönetilmesi açısından stratejik bir avantaj sunmaktadır. Ancak, Metaverse ortamlarında gizliliğe ilişkin

mevzuat hâlen gelişme aşamasında olmakla birlikte, mevcut bazı yasal düzenlemeler sanal dünyalarda gizliliğin korunmasına yönelik temel bir çerçeve sunmaktadır (Kalyvaki, 2023). Bu durum, kurumların yalnızca mevcut düzenlemelere uyum sağlamakla yetinmeyip, aynı zamanda ileriye dönük riskleri gözeten proaktif veri koruma politikaları geliştirmelerini gerekli kılmaktadır.

7.3. Sorumluluk ve Hesap Verilebilirlik

Metaverse ortamlarında faaliyet gösteren şirketlerin, yalnızca teknik ve ekonomik yükümlülüklerle sınırlı kalmayıp aynı zamanda etik, sosyal ve yönetsel sorumluluklar üstlenmeleri ve bu kapsamda kullanıcı gizliliği, veri güvenliği, şeffaflık ve etik veri kullanımı gibi alanlarda kurumsal dijital sorumluluk ilkeleri doğrultusunda hesap verebilirlik sağlamaları gerekmektedir (Wynn & Jones, 2023). Bu yaklaşım, Metaverse'ün kurumsal yapılarda güvenilir ve sürdürülebilir bir eğitim ve etkileşim ortamı olarak benimsenebilmesinin temel koşullarından biri olarak değerlendirilmektedir.

Bununla birlikte, Metaverse'ün sürekli değişen yapısı ile yapay zekâ sistemlerinin otonom karar alma kapasitesi, sanal ortamlarda meydana gelebilecek hatalar, kazalar veya kötü niyetli eylemler karşısında sorumluluk ve hesap verebilirliğin açık ve net biçimde tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır; bu nedenle hukuki düzenlemelerin, sorumluluk mekanizmalarını ve kullanıcı haklarının korunmasını güvence altına alacak şekilde tasarlanması gerekmektedir (Soliman vd., 2024). Özellikle yapay zekâ destekli sistemlerin karar süreçlerinde insan müdahalesinin sınırlarının belirsizleşmesi, sorumluluğun birey, kurum ve teknoloji sağlayıcıları arasında nasıl paylaşılacağına ilişkin yeni tartışmaları gündeme getirmektedir.

Bu çerçevede, yapay zekâ sistemlerinde şeffaflık ve açıklanabilirliğin sağlanmasına yönelik standartların oluşturulması (Balasubramaniam, Kauppinen, Hiekkanen & Kujala, 2022), hesap verebilirliğin etkin biçimde tesis edilmesi açısından kritik bir öneme sahiptir. Açıklanabilir yapay zekâ yaklaşımları, özellikle eğitim amaçlı Metaverse uygulamalarında alınan kararların izlenebilirliğini artırarak hem kurumsal denetim süreçlerini güçlendirmekte hem de kullanıcı güvenini desteklemektedir.

7.4. Düzenleyici Çerçeveler ve Yönetmelik

Metaverse uygulamalarında güvenlik, gizlilik ve veri koruması; kullanıcıların sanal ortamlarda paylaştığı kişisel ve davranışsal verilerin kötüye kullanımını önlemek, sistem bütünlüğünü sağlamak ve etik ilkeler çerçevesinde kullanıcı haklarını korumak açısından kritik öneme sahiptir ve bu kapsamda, kişisel ve davranışsal verilerin geniş ölçekli biçimde

toplanması, depolanması ve işlenmesi süreçlerinde şeffaflık ilkesinin gözetilmesi, etkin kullanıcı onayı mekanizmalarının uygulanması ve ilgili mevzuatların dikkate alınması gerekmektedir (Soliman vd., 2024). Dijital ortamlarda zaten temel bir sorun alanı olan gizlilik, yapay zekâ sistemlerinin kişisel veriyi yoğun biçimde kullanması nedeniyle daha da karmaşık hâle gelmekte; Metaverse ortamlarında kullanıcıların tüm dijital ve sanal etkileşimlerinin kayıt altına alınabilmesi bu riski daha da artırarak sorunu kritik bir boyuta taşımaktadır (Benjamins vd., 2023).

Şeffaflık ve değiştirilemezlik özellikleriyle blok zincir teknolojisi, güvenlik ve gizlilikle ilişkili pek çok soruna yönelik umut vadeden bir çözüm olarak değerlendirilmekte; bu bağlamda yapay zekâ ise Metaverse ortamlarındaki dijital varlıkları korumak amacıyla siber saldırıların tespit edilmesine ve önlenmesine katkı sağlamaktadır (Huynh-The vd., 2023). Bu teknolojik çözümler, düzenleyici çerçevelerle uyumlu biçimde uygulandığında, Metaverse tabanlı sistemlerde veri güvenliğinin kurumsal düzeyde daha etkin biçimde yönetilmesine olanak tanımaktadır.

Yapay zekâ destekli Metaverse uygulamalarının toplumsal etkileri göz önünde bulundurulduğunda, hükümetlerin ve düzenleyici otoritelerin güvenlik, emniyet ve etik boyutları kapsayan standartlar ile yönergeleri içeren bütüncül düzenleyici çerçeveler oluşturması kritik önem taşımaktadır ve bu çerçevelerin, yeniliği teşvik ederken kamu yararını ve temel hakları koruyacak dengeli bir yapı sunacak şekilde tasarlanması gerekmektedir (Soliman vd., 2024). Bu düzenleyici yapılar, aynı zamanda yapay zekâ teknolojilerinin sanal ortamlarda ortaya çıkardığı etik sorunların sistematik biçimde ele alınmasını zorunlu kılmakta ve kullanıcıların hakları ile çıkarlarının korunmasını güvence altına almayı amaçlamaktadır (O’Sullivan vd., 2019).

Bununla birlikte, yapay zekâ teknolojilerindeki kesintisiz ilerleme, yeni veri işleme teknikleri ve veri paylaşım modellerinin ortaya çıkmasına yol açabileceğinden, Metaverse bağlamında kullanıcı gizliliğinin etkili biçimde korunabilmesi için mevcut düzenlemelerin belirli aralıklarla gözden geçirilmesi ve güncel gereksinimlere uyarlanması gerekmektedir (Parlar, 2023). Bu durum, düzenleyici çerçevelerin statik yapılar olmaktan ziyade, teknolojik gelişmelere duyarlı, esnek ve dinamik bir yönetim anlayışıyla ele alınmasını gerekli kılmaktadır.

7.5. Etik Endişeler ve İnsan Hakları

Metaverse’ün iş dünyasında giderek daha merkezi bir rol üstlenmesi, kişisel verilerin toplanması ve platformlar arası veri taşınabilirliği bağlamında önemli etik ve insan hakları sorunlarını gündeme getirmektedir. Bu çerçevede işletmelerin, kullanıcı verilerinin kimler tarafından ve

hangi amaçlarla kullanılacağına ilişkin şeffaf politikalar benimsemesi, kullanıcıların mahremiyet haklarını koruması ve profillemeye ile dijital kişilik madenciliği gibi uygulamalara karşı etik ve güvenlik temelli önlemler alması gerekmektedir (Anshari, Syafrudin, Fitriyani & Razzaq, 2022). Bu gereklilik, Metaverse ortamlarında bireylerin yalnızca kullanıcı değil, aynı zamanda hak sahibi özne olarak ele alınmasını zorunlu kılmaktadır.

Bununla birlikte Metaverse, yalnızca teknik ve hukuki zorluklarla sınırlı kalmamakta; aynı zamanda kötü niyetli eylemler ve öngörülemeyen sonuçlardan kaynaklanan önemli sosyal ve etik riskler de barındırmaktadır (Benjamins vd., 2023). Bu durum, Metaverse ortamlarında faaliyet gösteren şirketlerin kurumsal yönetim yaklaşımlarını, risk yönetimi stratejilerini ve etik sorumluluklarını yeniden ele almalarını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda Metaverse içerisinde kullanılan yapay zekâ teknolojilerinin etik ilkelere uygun biçimde çalışması, ortamın kapsayıcı, güvenli ve eşitlikçi bir şekilde yapılandırılabilmesi açısından temel bir gereklilik olarak ortaya çıkmaktadır (Benjamins vd., 2023).

Daha geniş bir perspektiften değerlendirildiğinde, yapay zekâ ve Metaverse'in etik boyutları yalnızca yasal uyumlulukla sınırlı kalmayıp; adalet, şeffaflık ve kapsayıcılık ilkelerinin sanal ortamlarda titizlikle gözetilmesini, ayrımcılık, önyargı ve insan özerkliğinin aşınma potansiyelinin eleştirel bir bakışla değerlendirilmesini gerekli kılmaktadır (Soliman vd., 2024). Bu doğrultuda, etik risklerin önleyici bir yaklaşımla ele alınabilmesi için disiplinlerarası etik ilkeler, yönetim modelleri ve uygulama yönergelerinin geliştirilmesi kritik önem taşımaktadır.

7.6. Önyargı ve Ayrımcılık

Metaverse uygulamalarında kullanılan yapay zekâ destekli sistemlerin karar alma süreçleri, büyük ölçüde bu sistemlerin eğitildiği veri setlerinin niteliği tarafından belirlenmektedir. Veri setlerinde yer alan mevcut önyargılar, sanal ortamlarda ayrımcı sonuçlar üreten mekanizmaların oluşmasına yol açabilmekte; bu durum kullanıcılar arasında eşitsiz, adaletsiz ve dışlayıcı deneyimlerin ortaya çıkmasına zemin hazırlamaktadır. Yapay zekâ sistemlerinin büyük ölçekli verilerden öğrenme süreçlerinde bu önyargıları farkında olmaksızın yeniden üretmesi ve pekiştirmesi, söz konusu sorunun daha da derinleşmesine neden olmakta ve sanal ortamlarda sistematik önyargıların kurumsallaşması riskini beraberinde getirmektedir (Varsha, 2023).

Bu çerçevede gerçekleştirilen çalışmalar, yapay zekâ modellerinin eğitildikleri verilerde mevcut olan önyargıları miras alarak ayrımcı çıktılar üretebildiğini ortaya koymaktadır (Varona & Suárez, 2022).

Benzer biçimde, yüz tanıma algoritmalarının koyu tenli bireyler ve kadın kullanıcılar üzerinde daha yüksek hata oranlarına sahip olduğunu gösteren bulgular, Metaverse ortamlarında avatar oluşturma, kullanıcı temsili ve sosyal etkileşim süreçlerinde yapısal eşitsizliklerin ve dışlanmanın ortaya çıkabileceğine işaret etmektedir (Buolamwini & Gebru, 2018). Bu bağlamda, yapay zekâ temelli sistemlerde ortaya çıkan önyargıların Metaverse ortamlarına yansımaması için hem kullanılan veri setlerinin hem de algoritmik mimarilerin etik, teknik ve toplumsal boyutlarıyla çok disiplinli bir yaklaşımla titizlikle değerlendirilmesi kritik bir gereklilik olarak öne çıkmaktadır.

ÖZET

Kurumsal ortamlarda Metaverse ve yapay zekâ uygulamalarının yaygınlaşması, eğitim, iş birliği ve operasyonel verimlilik açısından önemli fırsatlar sunmakla birlikte; içerik yönetimi, veri gizliliği ve kapsayıcı kullanıcı deneyimleri gibi alanlarda dikkatle yönetilmesi gereken etik riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu çerçevede, kurumların kullanıcı güvenliğini, adil temsil süreçlerini ve kurumsal sorumluluğu esas alan yönetim modelleri geliştirmesi; aynı zamanda şeffaf, hesap verebilir ve etik ilkelere uygun yapay zekâ politikalarını uygulamaya alması, Metaverse'ün kurumsal ölçekte güvenilir, sürdürülebilir ve stratejik değer üreten bir ekosisteme dönüşmesi açısından kritik önem taşımaktadır.

Bununla birlikte, Metaverse ve yapay zekâ entegrasyonunun hukuki, etik ve toplumsal etkilerinin dinamik bir yapıya sahip olması; düzenleyici çerçevelerin, veri koruma politikalarının ve etik standartların sürekli olarak güncellenmesini ve çok paydaşlı bir yaklaşımla ele alınmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda, insan hakları, kapsayıcılık, ayrımcılığın önlenmesi ve insan-merkezli yapay zekâ ilkelerinin kurumsal uygulamalara entegre edilmesi, yalnızca yasal uyum açısından değil, aynı zamanda uzun vadeli kurumsal itibar ve toplumsal güvenin tesis edilmesi açısından da belirleyici bir rol oynamaktadır.

BÖLÜM 8: SONUÇ VE ÖNERİLER

Fiziksel dünyadan sanal dünyaya açılan bir kapı olan Metaverse son yıllarda giderek artan bir popülerlik kazanmıştır. Günümüzde eğitim, sağlık, pazarlama, turizm, oyun, sağlık, emlak gibi birçok sektörde varlığını gösterse de, gelecekte tüm sektörlerde etkisini göstermesi beklenmektedir. Bu nedenle, her sektörün bu alanda çalışmalarına başlaması gerekmektedir. Şu an sürükleyici ve etkileşimli bir deneyim sunan bu sanal dünyada neler yapılabilirlik konusunda bir sınır olmakla beraber, gelecekte nasıl şekilleneceği, kurum ve kuruluşların ne kadarının bu dünyada yer alacağı ve hangilerinin tutunabileceği bir muammadır.

Teknolojinin hızla gelişmesi ve yaygınlaşması ile birlikte hayatımıza giren Metaverse teknolojisi eğitim sektörüne ciddi katkı sağlamaktadır. Bu teknolojinin eğitimde kullanımı ile öğrenme süreci daha ilgi çekici ve sürükleyici hale gelmekte, simüle edilmiş eğitim ortamları ile öğrencideki bilişsel yük azalmaktadır. Öğrencilerin zaman ve mekan sınırı olmaksızın giyilebilir cihazlar ile eğitim ortamına girebilmeleri, gerçek zamanlı etkileşim deneyimi yaşamak için dijital kimliklerini kullanmaları onlara benzersiz bir öğrenme deneyimi sunmaktadır. Bu açıdan bakıldığında Metaverse uygulamalarının eğitime olumlu katkı sağladığı ve gelecekte de eğitimi tamamen değiştirebileceği söylenebilir.

Bununla birlikte, Metaverse tabanlı eğitim ortamlarının etkililiği yalnızca sunulan teknolojilere değil; bu ortamların kullanıcı deneyimi, etkileşim modelleri ve pedagojik tasarım ilkeleri doğrultusunda ne derece anlamlı ve kullanılabilir kılındığına da bağlıdır. Kullanıcı merkezli tasarlanmayan, etkileşimi ve deneyimi incelemeyen Metaverse uygulamaları, beklenen öğrenme çıktılarının elde edilmesini güçleştirebilmektedir.

Diğer taraftan, bu teknolojinin belirsizliklerle dolu bir kavram olduğu, sadece büyük teknoloji devleri ve onların tüketicileri tarafından kullanılabilecek bir teknoloji olduğu görüşü de vardır (Kim, 2021). Bu teknolojinin olumsuz noktalarına odaklanmak yerine, sağladığı katkıları göz önüne alarak ilerlemek doğru olacaktır. Bu noktada Metaverse teknolojilerini sadece okul ortamlarında değil, kurum ve kuruluşların eğitim çözümlerinde de yer verilmesi kaçınılmaz olacaktır.

Metaverse teknolojilerinin kurumların eğitim ortamlarına entegrasyonu sırasında bir iş planı çerçevesinde ilerlemek, bu doğrultuda bir yol haritası çıkarmak sürecin sistematik ve stratejik olarak daha hızlı ve doğru ilerlemesini sağlayacaktır. Bu çerçevede mevcut iş durumu, kurumun konumu ve ihtiyaçları detaylı bir şekilde ortaya konulmalıdır. Teknolojik olarak değerlendirildiğinde Metaverse'ün bir dizi teknolojiyi barındıran bir koleksiyon olduğundan; eğlence, sağlık, ticaret, eğitim gibi yöneleceği alana

ve ihtiyaçlara göre bileşenlerinin değişeceğinden ve buna bağlı olarak da işlevinin farklı olabileceğinden söz edilebilir.

Bu farklılık göz önüne alınarak Metaverse'ün kuruma entegrasyonu sırasında operasyonel analizlerin ve teknolojik altyapının netleştirilmesi gerekir. Çünkü teknolojik altyapı geniş bir kapsamı temsil etmektedir ve bu kapsam organizasyonların ihtiyaçlarına ve sektöre göre değişiklik göstereceğinden maliyetleri de etkilemektedir. Bu entegrasyon sırasında her bir bileşen doğrudan veya dolaylı olarak bir diğer bileşeni etkilemektedir. Örneğin, maliyetler, uygulama alanında kullanılan yazılımın ve donanımın türüne ve kalitesine bağlı olarak değişkenlik gösterebilir.

Bu noktada, Metaverse ortamlarının erişilebilirlik ve kapsayıcı tasarım ilkeleri doğrultusunda yapılandırılması, kurumların yalnızca teknolojik değil; aynı zamanda sosyal ve etik sorumluluklarını da yerine getirmeleri açısından önem taşımaktadır. Farklı yaş grupları, yetkinlik düzeyleri ve fiziksel ya da bilişsel farklılıklara sahip kullanıcılar için eşit erişim sunmayan Metaverse uygulamaları, uzun vadede kurumsal sürdürülebilirlik açısından risk oluşturabilir.

Bu kapsamda operasyonel ve finansal analizlerin birbirini etkileyebileceği göz önüne alınarak planlama yapılmalıdır. Ayrıca risk analizi ile olası tehdit ve fırsatlar; teknolojik, operasyonel ve finansal gibi başlıklar altında değerlendirilerek belirlenmeli ve olası risklere karşı çözüm ve önlemler düşünülerek hareket edilmelidir. Risk analizi kapsamında güvenlik, gizlilik, toplumsal işlev ve etik gibi konulara özellikle dikkat edilmelidir. Benzer şekilde pazarlama planı da bu yeni teknolojinin tanıtımı ve benimsenmesi için gerekli adımları içermeli; kurum içi kullanımına yönelik sağlayacağı katkılar konusunda paydaşlar bilgilendirilmelidir.

Yönetimveorganizasyonanalizindeisebudijitalentegrasyonudestekleyecek şekilde uyumlu bir yapılandırma söz konusu olmalı; gereken insan kaynağının yapılandırılması nitelik, ihtiyaç ve kapsam çerçevesinde belirlenmelidir. İş planı hazırlanırken, analiz edilen her bileşenin diğer bileşenleri de etkileyebileceği dikkate alınarak bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir.

Sonuç olarak, Metaverse sürekli gelişen bir teknolojidir ve şirketlerin Metaverse ekosistemindeki yerlerini almaları ve yeni teknolojik gelişmelere ayak uydurmaları gerekmektedir. Her yeni teknolojide olduğu gibi Metaverse teknolojileri de zorluklar ve riskler barındırmaktadır. Ancak buna rağmen kurum ve kuruluşlar; pazarlama, operasyon, finans ve risk yönetimi gibi alanlarda kendi kurumsal stratejilerini belirleyerek kendilerine özgü yol haritalarını oluşturmalı ve bu doğrultuda Metaverse teknolojilerine geçiş yaparak sunduğu avantajlardan etkin biçimde yararlanmalıdır.

REFERANSLAR

- Agarwal, A., & Alathur, S. (2023). Metaverse revolution and the digital transformation: Intersectional analysis of Industry 5.0. *Transforming Government: People, Process and Policy*, 17(4), 688-707.
- Aks, S. M. Y., Karmila, M., Givan, B., Hendratna, G., Setiawan, H. S., Putra, A. S., ... & Herawaty, M. T. (2022, Ağustos). A review of blockchain for security data privacy with metaverse. *2022 International Conference on ICT for Smart Society (ICISS)* içinde (s. 1-5). IEEE.
- Alcañiz, M., Bigné, E., & Guixeres, J. (2019). Virtual reality in marketing: A framework, review, and research agenda. *Frontiers in Psychology*, 10, 439498.
- Amazzalorso, G., Tuerlings, L., van Hoorn, T., & Paterson, D. (2021). Full-body haptic feedback suits in immersive environments: A systematic review. *Frontiers in Virtual Reality*, 2, 635812.
- Anshari, M., Syafrudin, M., Fitriyani, N. L., & Razzaq, A. (2022). Ethical responsibility and sustainability (ERS) development in a metaverse business model. *Sustainability*, 14(23), 15805.
- Argelaguet, F., Hoyet, L., Trico, M., & Lecuyer, A. (2016). The role of haptic feedback in immersive virtual reality training simulations. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 22(4), 1472-1481.
- Asghari, P., Rahmani, A. M., & Javadi, H. H. S. (2019). Internet of Things applications: A systematic review. *Computer Networks*, 148, 241-261.
- Bai, H., Lee, G., Kim, H., & Kim, J. (2021). Accessibility in virtual reality: Improving usability for users with disabilities. *Computers & Graphics*, 99, 124-135.
- Bailenson, J. N., Blascovich, J., Beall, A. C., & Loomis, J. (2004). Interpersonal distance in immersive virtual environments. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 30(7), 819-833.
- Baker, T., & Smith, L. (2019). *Educ-AI-tion rebooted? Exploring the future of artificial intelligence in schools and colleges*. 24 Ocak 2024 tarihinde https://media.nesta.org.uk/documents/Future_of_AI_and_education_v5_WEB.pdf adresinden erişildi.
- Balasubramaniam, N., Kauppinen, M., Hiekkanen, K., & Kujala, S. (2022, Mart). Transparency and explainability of AI systems: Ethical guidelines in practice. *International working conference on requirements engineering: Foundation for software quality* içinde (s. 3-18). Cham: Springer International Publishing.
- Ball, M. (2022). *The metaverse: And how it will revolutionize everything*. Liveright Publishing.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. W. H. Freeman.
- Bangs, D. H. (1998). *The business planning guide: Creating a plan for success*. Chicago, IL: Upstart Publishing Company.

- Barsom, E., Graafland, M., & Schijven, M. (2016). Systematic review on the efficacy of virtual reality training for surgeons. *Surgical Endoscopy*, 30, 1779–1792.
- Barta, S., Ibáñez-Sánchez, S., Orús, C., & Flavián, C. (2024). Avatar creation in the metaverse: A focus on event expectations. *Computers in Human Behavior*, 156, 108192.
- Begault, D. R., Blue, R., & Wenzel, E. M. (2015). *3D sound for virtual reality and multimedia*. NASA Ames Research Center.
- Benjamins, R., Rubio Viñuela, Y., & Alonso, C. (2023). Social and ethical challenges of the metaverse: Opening the debate. *AI and Ethics*, 3(3), 689–697.
- Bennett, C. L., Rosner, D., & Lockton, D. (2023). *Inclusive design futures in virtual worlds*. MIT Press.
- Berg, L. P., & Vance, J. M. (2017). Industry use of virtual reality in product design and manufacturing: A survey. *Virtual reality*, 21, 1–17.
- Biocca, F., Harms, C., & Burgoon, J. (2003). Toward a more robust theory and measure of social presence. *Presence*, 12(5), 456–480.
- Birchfield, D., Thornburg, H., Megowan-Romanowicz, M. C., Hatton, S., Mechtley, B., Dolgov, I., Burleson, W. & Qian, G. (2017). Interactive multimedia technology in learning: Integrating multimodality, embodiment, and composition for mixed-reality learning environments. *Multimedia Image and Video Processing*, 659–690.
- BMW Group. (2023, 21 Mart). *BMW Group at NVIDIA GTC: Virtual production under way in Future Plant Debrecen*. 24 Kasım 2023 tarihinde <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/detail/T0411467EN/bmw-group-at-nvidia-gtc-virtual-production-under-way-in-future-plant-debrecen?language=en> adresinden erişildi.
- Bowman, D. A., Kruijff, E., LaViola, J. J., & Poupyrev, I. (2005). *3D user interfaces: Theory and practice*. Addison-Wesley.
- Brown, A. (2021, 25 Ekim). *Facebook expects metaverse project will cost at least \$10 billion—In 2021 alone*. 2 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.forbes.com/sites/abrambrown/2021/10/25/facebook-expects-metaverseproject-will-cost-at-least-10-billion-in-2021-alone/?sh=36e29d4f25b4> adresinden erişildi.
- Brown, J. S., Collins, A., & Duguid, P. (1989). Situated cognition and the culture of learning. *Educational Researcher*, 18 (1), 32–41
- Buolamwini, J., & Gebru, T. (2018, January). Gender shades: Intersectional accuracy disparities in commercial gender classification. In *Conference on fairness, accountability and transparency* (pp. 77–91). PMLR.
- Butler, D. (2007). *Business Planning: A Guide To Business Start-Up*. Routledge.
- Cai, Y., Llorca, J., Tulino, A. M., & Molisch, A. F. (2022, Temmuz). Compute-and data-intensive networks: The key to the metaverse. *2022 1st international conference on 6G networking (6GNet)* içinde (s. 1–8). IEEE.

- Cao, K., Liu, Y., Meng, G., & Sun, Q. (2020). An overview on edge computing research. *IEEE access*, 8, 85714-85728.
- Carmigniani, J., & Furht, B. (2011). Augmented reality: An overview. *Handbook of augmented reality* içinde (s. 3-46).
- Chen, Z., Wu, J., Gan, W., & Qi, Z. (2022, Aralık). Metaverse security and privacy: An overview. *Proceedings of the 2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* içinde (s. 2950-2959). Washington, DC: IEEE.
- Coppin, B. (2004). *Artificial intelligence illuminated*. Jones and Bartlett.
- Culbertson, H., Schorr, S. B., & Okamura, A. M. (2018). Haptics: The present and future of artificial touch sensation. *Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems*, 1, 385-409.
- Damar, M. (2021). Metaverse ve Eğitim Teknolojisi. *Eğitimde Dijitalleşme ve Yeni Yaklaşımlar* içinde (s. 169-192). İstanbul: EfeAkademi.
- Darken, R. P., & Peterson, B. (2002). Spatial orientation, wayfinding, and representation. K. M. Stanney (Ed.), *Handbook of virtual environments* içinde (s. 493-518). Lawrence Erlbaum Associates.
- Dastane, O., Rafiq, M., & Turner, J. J. (2024). Implications of metaverse, virtual reality, and extended reality for development and learning in organizations. *Development and Learning in Organizations: An International Journal*, 38(5), 27-32.
- 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), 1.
- Dede, C. (2014). The role of digital technologies in deeper learning. *Students at the Center: Deeper Learning Research Series*. Jobs for the Future.
- Dede, C., Jacobson, J., & Richards, J. (2017). Introduction: Virtual, augmented, and mixed realities in education. In C. Dede (Ed.), *Virtual, augmented, and mixed realities in education* (pp. 1-16). Springer.
- De Felice, F., Rehman, M., Petrillo, A., & Baffo, I. (2023). A metaworld: Implications, opportunities and risks of the metaverse. *IET Collaborative Intelligent Manufacturing*, 5(3), e12079.
- De Jong, T., Linn, M. C., & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science (New York, N.Y.)*, 340(6130), 305-308. <https://doi.org/10.1126/science.1230579>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification." *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference* içinde (s. 9-15). ACM. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dincelli, E., & Yayla, A. (2022). Immersive virtual reality in the age of the Metaverse: A hybrid-narrative review based on the technology affordance perspective. *The journal of strategic information systems*, 31(2), 101717.

- Dionisio, J. D., Burns, W. G., & Gilbert, R. (2013). 3D virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys*, 45(3), 1–38.
- Dix, A., Finlay, J., Abowd, G., & Beale, R. (2004). *Human-computer interaction* (3. baskı). Pearson Education.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for social good: A university campus prototype. *Proceedings of the 29th ACM International Conference on Multimedia* içinde (s. 153-161).
- Ducheneaut, N., Wen, M. H., Yee, N., & Wadley, G. (2009). Body and mind: A study of avatar personalization in three virtual worlds. *Proceedings of CHI 2009*, 1151–1160.
- Durmuş, İ. (2024). Metaverse Studies in Management: A Bibliometric Analysis. *Journal of Information Systems and Management Research*, 6(1), 1-12.
- Dwivedi, Y. K., Hughes, L., Baabdullah, A. M., Ribeiro-Navarrete, S., Giannakis, M., Al-Debei, M. M., ... & Wamba, S. F. (2022). Metaverse beyond the hype: Multidisciplinary perspectives on emerging challenges, opportunities, and agenda for research, practice and policy. *International Journal of Information Management*, 66, 102542.
- Emergen Research. (2021, 8 Kasım). *Technology explosion causing super ripples in metaverse market*. 3 Şubat 2022 tarihinde <https://www.prnewswire.com/news-releases/technology-explosion-causing-super-ripples-in-metaverse-market--emergen-research-301418513.html> adresinden erişildi.
- Fernandez, C. B., & Hui, P. (2022, Temmuz). Life, the metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in metaverse. *2022 IEEE 42nd international conference on distributed computing systems workshops (ICDCSW)* içinde (s. 272-277). IEEE.
- Fowler, C. (2015). Virtual reality and learning: Where is the pedagogy?. *British journal of educational technology*, 46(2), 412-422.
- Franceschi, N., Xu, Y., & Lee, J. (2022). Ethical challenges in the metaverse: Identity, privacy, and governance. *Journal of Digital Ethics*, 5(2), 45–60.
- Friend, G., & Zehle, S. (2004). *Guide to business planning*. Profile Books Limited.
- Gabardi, M., Solbiati, M., Magnani, G., & Ferrise, F. (2020). Haptic feedback and immersive interaction in virtual environments. *Virtual Reality*, 24, 671–690.
- Gadekallu, T. R., Pham, Q. V., Nguyen, D. C., Maddikunta, P. K. R., Deepa, N., Prabadevi, B., ... & Hwang, W. J. (2021). Blockchain for edge of things: Applications, opportunities, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 9(2), 964-988.
- Garg, S., Sekhar, C., & Kumar, D. (2025). Harnessing the Metaverse for corporate training: Identifying critical competencies through SF-BBWM and GINA. *Journal of Management & Organization*, 31(5), 2572-2589.

- Gartner. (2022, 21 Ekim). *What is a metaverse? And should you be buying in?* 15 Ağustos 2023 tarihinde <https://www.gartner.com/en/articles/what-is-a-metaverse> adresinden erişildi.
- Gee, J.P. (2007) *Good Video Games and Good Learning: Collected Essays on Video Games, Learning and Literacy*. Peter Lang, New York.
- Georgiou, Y., Tsivitanidou, O., & Ioannou, A. (2021). Learning experience design with immersive virtual reality in physics education. *Educational Technology Research and Development*, 69(6), 3051-3080.
- Giebelhausen, M. D., Robinson, S. G., Sirianni, N. J., & Brady, M. K. (2014). Touch Versus Tech: When Technology Functions as a Barrier or a Benefit to Service Encounters. *Journal of Marketing*, 78(4), 113–124.
- Gligorea, I., Cioca, M., Oancea, R., Gorski, A. T., Gorski, H., & Tudorache, P. (2023). e-Öğrenmede Yapay Zeka Kullanarak Uyarlanabilir Öğrenme: Bir Literatür İncelemesi. *Eğitim Bilimleri*, 13(12), 1216. <https://doi.org/10.3390/educs-ci13121216>
- Guo, Y., Yu, T., Wu, J., Wang, Y., Wan, S., Zheng, J., ... & Dai, Q. (2022). Artificial intelligence for metaverse: A framework. *CAAI Artificial Intelligence Research*, 1(1).
- Hajjami, O., & Park, S. (2023). Using the metaverse in training: Lessons from real cases. *European Journal of Training and Development*, 48(5/6), 555-575.
- Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work? *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025–3034.
- Han, Z., Nguyen, T., Kim, D., Huynh-The, T., Pham, V., & Pham, X. (2022). Artificial Intelligence for the Metaverse: A Survey. *Eng. Appl. Artif. Intell.*, 117, 105581. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2022.105581>
- Hartson, R., & Pyla, P. S. (2019). *The UX book: Agile UX design for a quality user experience* (2. baskı). Morgan Kaufmann.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81–112. <https://doi.org/10.3102/003465430298487>
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2017). Technology-Driven Service Strategy. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 45(6), 906–924.
- Huang, M. H., & Rust, R. T. (2018). Artificial intelligence in service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155–172. <https://doi.org/10.1177/1094670517752459>
- Huang, T. S. (1996). Computer vision: Evolution and promise. *CERN European Organization for Nuclear Research-Reports-CERN*, 21-26.
- Huang, Y., Li, Y. J., & Cai, Z. (2023). Security and privacy in metaverse: A comprehensive survey. *Big Data Mining and Analytics*, 6(2), 234-247.
- Huynh-The, T., Pham, Q. V., Pham, X. Q., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D. S. (2023). Artificial intelligence for the metaverse: A survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 117, 105581.

- Hwang, I., Shim, H., & Lee, W. J. (2022). Do an organization's digital transformation and employees' digital competence catalyze the use of telepresence?. *Sustainability*, 14(14), 8604.
- Hyundai. (2022, 5 Ocak). *Hyundai Motor shares vision of new metamobility concept, "expanding human reach" through robotics and metaverse at CES 2022*. 9 Aralık 2022 tarihinde <https://www.hyundai.com/worldwide/en/company/newsroom/hyundai-motor-shares-vision-ofnew-metamobility-concept,-%E2%80%98expanding-human-reach%E2%80%99-through-robotics-%26-metaverse-at-ces-2022-0000016777> adresinden erişildi.
- IBM. (2023). *What is computer vision?* 10 Aralık 2023 tarihinde <https://www.ibm.com/topics/computer-vision> adresinden erişildi.
- Iftekhara, K., Saha, P., Islam, M., Shitol, S., & Rahman, K. (2023). Use of Metaverse Technology in Education Domain. *Journal of Metaverse*. <https://doi.org/10.57019/jmv.1223704>
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. ACM Books.
- Johnson, E. M., & Hephner, T. (2021, 17 Aralık). *Boeing wants to build its next airplane in the "metaverse"*. Reuters. 10 Aralık 2023 tarihinde <https://www.reuters.com/technology/boeing-wants-build-its-next-airplane-metaverse-2021-12-17/> adresinden erişildi.
- Joshua, J. (2017). Information bodies: Computational anxiety in Neal Stephenson's Snow Crash. *Interdisciplinary Literary Studies*, 19(1), 17-47.
- Kalyvaki, M. (2023). Navigating the metaverse business and legal challenges: Intellectual property, privacy, and jurisdiction. *Journal of Metaverse*, 3(1), 87-92.
- Kapp, K. M. (2012). *The gamification of learning and instruction*. Pfeiffer.
- Kapp, K. M.; Blair ve L.. Mesch, R. (2014). *The Gamification of Learning and Instruction Fieldbook.: Ideas into Practice*. iBooks. San Francisco: Wiley.
- Kim, J. G. (2021). A study on metaverse culture contents matching platform. *International Journal of Advanced Culture Technology*, 9(3), 232-237.
- Knowles, M. S., Holton, E. F., & Swanson, R. A. (2015). *The Adult Learner. The Definitive Classic in Adult Education and Human Resource Development* (8th ed.). Oxon: Routledge.
- Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development*. Prentice Hall.
- Kumar, S., Tiwari, P., & Zymbler, M. (2019). Internet of Things is a revolutionary approach for future technology enhancement: A review. *Journal of Big data*, 6(1), 1-21.
- LaViola, J. (2000). A discussion of cybersickness in virtual environments. *ACM SIGCHI Bulletin*, 32(1), 47-56.

- LaViola, J., Kruijff, E., McMahan, R., Bowman, D., & Poupyrev, I. (2017). *3D user interfaces: Theory and practice*. Addison-Wesley.
- Lécuyer, A. (2022). Virtual reality accessibility: Challenges and opportunities. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 42(2), 38–49.
- Ledesma-Chaves, P., & Arenas-Gaitán, J. (2022). Dynamic innovation capabilities and their impact on export performance in times of economic crisis. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, 24, 351–365.
- Lee, L. H., 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 singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *arXiv preprint arXiv:2110.05352*.
- Lin, H., Wan, S., Gan, W., Chen, J., & Chao, H. C. (2022, Aralık). Metaverse in education: Vision, opportunities, and challenges. *2022 IEEE International Conference on Big Data (Big Data)* içinde (s. 2857–2866). IEEE.
- López, M. B., García, M. A., & Díaz, P. (2023). Accessibility challenges in the metaverse: Toward inclusive virtual worlds. *International Journal of Human-Computer Studies*, 170, 102997.
- Lynch, P., & Horton, S. (2016). *Web style guide: Foundations of user experience design* (4. baskı). Yale University Press.
- Ma, V. (2021). *5 futuristic jobs of the metaverse*. 24 Kasım 2022 tarihinde <https://hackernoon.com/5-futuristic-jobs-of-the-metaverse> adresinden erişildi.
- Maddikunta, P. K. R., Pham, Q. V., Nguyen, D. C., Huynh-The, T., Aouedi, O., Yenduri, G., ... & Gadekallu, T. R. (2022). Incentive techniques for the internet of things: A survey. *Journal of Network and Computer Applications*, 206, 103464.
- Makransky, G., Petersen, G. B., (2019). Immersive virtual reality and learning: A meta-analysis. *Educational Psychology Review*, 31, 657–678. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09495-9>
- Market Research Future. (2024). *Metaverse in education market overview*. 14 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.marketresearchfuture.com/reports/metaverse-in-education-market-11704> adresinden erişildi.
- Matsukura, H., Yoneda, T., & Ishida, H. (2013). Smelling screen: Development and evaluation of an olfactory display system. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 19(4), 606–615.
- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3. baskı). Cambridge University Press.
- McCarthy, J. (2007). *What is artificial intelligence?* 31 Temmuz 2023 tarihinde <https://cse.unl.edu/~choueiry/S09-476-876/Documents/whatisai.pdf> adresinden erişildi.
- McCreery, M. P., Schrader, P. G., Krach, S. K., & Boone, R. (2012). A sense of self: The role of presence in virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 28(4), 1400–1406.

- Metaverse in Education Market. (2024). *Metaverse in education market size, share & trends analysis report*. 14 Mayıs 2024 tarihinde <https://www.insightaceanalytic.com/report/metaverse-in-education-market/1606> adresinden erişildi.
- Miao, F., Kozlenkova, I. V., Wang, H., Xie, T., & Palmatier, R. W. (2022). An emerging theory of avatar marketing. *Journal of Marketing*, 86(1), 67-90.
- Microsoft News Center. (2022, 18 Ocak). *Microsoft to acquire Activision Blizzard to bring the joy and community of gaming to everyone, across every device*. 19 Nisan 2023 tarihinde <https://news.microsoft.com/2022/01/18/microsoft-to-acquire-activision-blizzard-to-bring-the-joy-and-community-of-gaming-to-everyone-across-every-device> adresinden erişildi.
- Microsoft. (2023). *Microsoft Mesh*. 19 Nisan 2023 tarihinde <https://www.microsoft.com/en-us/mesh> adresinden erişildi.
- Min, W., Liu, J., & Fu, Y. (2020). Hand tracking and gesture recognition for virtual reality. *IEEE Transactions on Multimedia*, 22(3), 795–807.
- Mitra, S. (2023). Metaverse: A potential virtual-physical ecosystem for innovative blended education and training. *Journal of Metaverse*, 3(1), 66-72.
- Moeslund, T., Hilton, A., & Krüger, V. (2006). A survey of advances in vision-based human motion capture. *Computer Vision and Image Understanding*, 104(2), 90–126.
- Mozumder, M. A. I., Sheeraz, M. M., Athar, A., Aich, S., & Kim, H. C. (2022, Şubat). Overview: Technology roadmap of the future trend of metaverse based on IoT, blockchain, AI technique, and medical domain metaverse activity. 2022 24th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT) içinde (s. 256-261). IEEE.
- Muhle, R., Rey, G. D., & Brewer, M. B. (2022). Avatar realism, nonverbal behavior, and social interaction in VR. *Frontiers in Virtual Reality*, 3, 856321.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497.
- NIST (National Institute of Standards and Technology). (2009). *Cloud computing*. 31 Temmuz 2023 tarihinde <https://csrc.nist.gov/projects/cloud-computing> adresinden erişildi.
- Nelson, W. (2021, 8 Haziran). *A Gucci bag has sold in “Roblox” for more than its worth in real life, netting \$4,115*. NME. 8 Nisan 2023 tarihinde <https://www.nme.com/news/gaming-news/gucci-bag-sold-in-roblox-more-than-real-world-value-2963548> adresinden erişildi.
- Nielsen, J. (1993). *Usability engineering*. Morgan Kaufmann.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic evaluation. J. Nielsen & R. L. Mack (Ed.), *Usability inspection methods* içinde (s. 25–62). John Wiley & Sons.
- Nijholt, A. (2017, Eylül). Humans as avatars in smart and playable cities. 2017 International Conference on Cyberworlds (CW) içinde (s. 190-193). IEEE.

- Norman, D. A. (2004). *Emotional design: Why we love (or hate) everyday things*. Basic Books.
- Norman, D. A. (2013). *The design of everyday things*. MIT Press.
- Novacek, T., & Jirina, M. (2020). Overview of controllers of user interface for virtual reality. *PRESENCE: Virtual and Augmented Reality*, 29, 37-90.
- Nowak, K. L. and Fox, J. (2018) Avatars and computer-mediated communication: A review of the definitions, uses, and effects of digital representations. *Review of Communication Research*. 6, 30- 53, doi: 10.12840/issn.2255-4165.2018.06.01.015
- NVIDIA. (2023). *Omniverse*. 19 Nisan 2023 tarihinde <https://www.nvidia.com/en-us/omniverse/> adresinden erişildi.
- O'Sullivan, S., Nevejans, N., Allen, C., Blyth, A., Leonard, S., Pagallo, U., ... & Ashrafian, H. (2019). Legal, regulatory, and ethical frameworks for development of standards in artificial intelligence (AI) and autonomous robotic surgery. *The international journal of medical robotics and computer assisted surgery*, 15(1), e1968.
- Öner, B. D. (2010). *Bilgisayar Ağları*. Papatya Yayıncılık.
- Pacchierotti, C., Sinclair, S., Solazzi, M., Frisoli, A., Hayward, V., & Prattichizzo, D. (2017). Wearable haptics for human-computer interaction in virtual and augmented reality. *IEEE Transactions on Haptics*, 10(4), 580-600.
- Pan, Y., Wang, Z., & Lee, J. (2023). Adaptive interaction models for accessible virtual environments. *International Journal of Human-Computer Studies*, 175, 103020.
- Park, S. M., & Kim, Y. G. (2022). A metaverse: Taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE access*, 10, 4209-4251.
- Park, S., & Kim, J. (2022). Future interaction in metaverse environments: Haptic interfaces and beyond. *Virtual Reality Review*, 14(1), 22-37.
- Parlar, T. (2023). Data privacy and security in the metaverse. *Metaverse: Technologies, opportunities and threats* içinde (s. 123-133). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Parong, J., & Mayer, R. E. (2021). Cognitive and affective processes for learning science in immersive virtual reality. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(1), 226-241.
- Prieto, J., Lacasa, P., & Borda, R. (2022). Approaching metaverses: Mixed reality interfaces in youth media platforms. *New Techno Humanities*, 2(2), 136-145.
- Qian, L., Luo, Z., Du, Y., & Guo, L. (2009). Cloud computing: An overview. *Cloud Computing: First International Conference, CloudCom 2009* içinde (s. 626-631). Springer.

- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education. *Education and Information Technologies*, 25, 495–519. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10028-6>
- Rillig, M. C., Gould, K. A., Maeder, M., Kim, S. W., Dueñas, J. F., Pinek, L., Lehmann, A., & Bielcik, M. (2022). Opportunities and risks of the “Metaverse” for biodiversity and the environment. *Environmental Science & Technology*, 56(8), 4721–4723.
- Robinson, L., & Tkacz, N. (2023). Representation and identity in avatar-based environments. *New Media & Society*, 25(4), 880–897.
- Rosenberg, L. (2022, Mart). Regulation of the Metaverse: A Roadmap. *Proceedings of the 6th International Conference on Virtual and Augmented Reality Simulations* içinde (s. 21–26).
- Rouse, S., & Rouse, M. (2022). AI-driven avatars and the future of digital interaction. *Journal of Virtual Environments*, 14(1), 23–41.
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. (2000). Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, 55(1), 68–78. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.55.1.68>
- Sahu, C. K., Young, C., & Rai, R. (2021). Artificial intelligence (AI) in augmented reality (AR)-assisted manufacturing applications: A review. *International Journal of Production Research*, 59(16), 4903–4959.
- Salas, E., Almeida, S. A., Salisbury, M., King, H., Lazzara, E. H., Lyons, R., et al. (2009). What are the critical success factors for team training in health care? *Joint Commission Journal on Quality and Patient Safety/Joint Commission Resources*, 35(8), 398–405.
- Satyanarayanan, M. (2017). The emergence of edge computing. *Computer*, 50(1), 30–39.
- Schoenfeld, A. H. (2016). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. *Journal of Education*, 196(2), 1–38.
- Senge, P. (2006). *The Fifth Discipline: The Art and Practice of the Learning Organization (2nd ed.)*. New York: Doubleday/Currency.
- Sharma, P., & Dash, B. (2023). AI and VR enabled modern LMS for students with special needs. *Journal of Foreign Language Education and Technology*, 8(1).
- Shin, D. (2022). Defining the metaverse: Dimensions and perspectives. *International Journal of Information Management*, 67, 102642.
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153–189. <https://doi.org/10.3102/0034654307313795>
- Siegel, D. S., & Wright, M. (2007). Intellectual property: The assessment. *Oxford Review of Economic Policy*, 23(4), 529–540.

- Siemens, G., & Baker, R. S. (2012). Learning analytics and educational data mining: Towards communication and collaboration. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge* (pp. 252–254). ACM.
- Siemens, G., & Long, P. (2011). Penetrating the Fog: Analytics in Learning and Education. *EDUCAUSE Review*, 46, 31-40.
- Sjarov, M., Lechler, T., Fuchs, J., Brossog, M., Selmaier, A., Faltus, F., ... & Franke, J. (2020, Eylül). The digital twin concept in industry—a review and systematization. *2020 25th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA)* içinde (Cilt 1, s. 1789-1796). IEEE.
- Slater, M. (2018). Immersion and the illusion of presence in virtual reality. *British Journal of Psychology*, 109(3), 431–433.
- Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74. <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00074>
- Smaili, N., & de Rancourt-Raymond, A. (2022). Metaverse: Welcome to the new fraud marketplace. *Journal of Financial Crime*, 31(1), 188-200.
- Smith, A., & Neff, G. (2022). Accessibility gaps in emerging metaverse platforms. *Journal of Virtual Worlds Research*, 15(1), 1–18.
- Soliman, M. M., Ahmed, E., Darwish, A., & Hassanien, A. E. (2024). Artificial intelligence powered Metaverse: Analysis, challenges and future perspectives. *Artificial Intelligence Review*, 57(2), 36.
- Statista. (2023). *Metaverse: Market data & analysis*. 2 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.statista.com/study/132822/metaverse-market-report/> adresinden erişildi.
- Steinicke, F. (2016). *Being really there: Concepts, effects and measurement of user presence in synthetic environments*. Springer.
- Suh, W., & Ahn, S. (2022). Utilizing the Metaverse for Learner-Centered Constructivist Education in the Post-Pandemic Era. *Journal of Intelligence*, 10(1), 17.
- Sweller, J., Ayres, P. and Kalyuga, S. (2011) *Cognitive Load Theory*. Springer, New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Tasa, U. B. (2009). *İçeriği kullanıcılar tarafından oluşturulan 3 boyutlu sanal dünyalarda sanat ve mimari tasarım: Second Life® üzerine bir vaka çalışması* (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.
- Thompson, M., Uz-Bilgin, C., Tutwiler, M. S., Anteneh, M., Meija, J. C., Wang, A., ... & Klopfer, E. (2021). Immersion positively affects learning in virtual reality games compared to equally interactive 2d games. *Information and Learning Sciences*, 122(7/8), 442-463.
- Tiryaki, S., & Bıyıklı, Ş. (2022). Siyasal İletişimin Yeni Ortamı Olarak Metaverse. Y. Demir (Ed.), *Siyasal İletişim Çalışmaları* içinde (s.127-155). Tablet Yayınevi.

- Unity. (2023). *Road to the metaverse*. 19 Nisan 2023 tarihinde <https://create.unity.com/road-to-metaverse> adresinden erişildi.
- Unreal Engine. (2024). *Unreal Engine features*. 18 Nisan 2024 tarihinde <https://www.unrealengine.com/en-US/features> adresinden erişildi.
- Upadhyay, A. K., & Khandelwal, K. (2022). Metaverse: The future of immersive training. *Strategic HR Review*, 21(3), 83-86.
- Upadhyay, N. (2020). Demystifying blockchain: A critical analysis of challenges, applications and opportunities. *International Journal of Information Management*, 54, 102120.
- Varona, D., & Suárez, J. L. (2022). Discrimination, bias, fairness, and trustworthy AI. *Applied Sciences*, 12(12), 5826.
- Varsha, P. S. (2023). How can we manage biases in artificial intelligence systems—A systematic literature review. *International Journal of Information Management Data Insights*, 3(1), 100165.
- Vidal-Tomás, D. (2023). The illusion of the metaverse and meta-economy. *International Review of Financial Analysis*, 86, 102560.
- Vig, S. (2023). Preparing for the New Paradigm of Business: The Metaverse. *Foresight and STI Governance*, 17(3), 6-18.
- Wang, D., & Huang, X. (2025). Transforming education through artificial intelligence and immersive technologies: Enhancing learning experiences. *Interactive Learning Environments*, 1-20.
- Wang, H., Ning, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., ... & Daneshmand, M. (2023). A survey on the metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 10(16), 14671-14688.
- Wang, M., Yu, H., Bell, Z., & Chu, X. (2022). Constructing an edu-metaverse ecosystem: A new and innovative framework. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 15(6), 685-696.
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Xing, R., Liu, D., Luan, T. H., & Shen, X. (2022). A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, 25(1), 319-352.
- Wigdor, D., & Wixon, D. (2011). *Brave NUI world: Designing natural user interfaces for touch and gesture*. Morgan Kaufmann.
- Williams, S. P. (2020). *Blockchain blok zinciri: Gelecekteki her şey*. Kaktüs Yayınları.
- Wynn, M., & Jones, P. (2023). New technology deployment and corporate responsibilities in the metaverse. *Knowledge*, 3(4), 543-556.
- Yee, N. (2006). Motivations for play in online games. *CyberPsychology & Behavior*, 9(6), 772-775.
- Yee, N., & Bailenson, J. (2007). The Proteus effect: The effect of transformed self-representation on behavior. *Human Communication Research*, 33(3), 271-290.

- Yüksel, F. (2023). Metaverse ve Muhasebe: Sanal Ekonomide Yürütülen Faaliyetlerin Muhasebesi. *Journal of Accounting and Taxation Studies*, 16(2), 269-288.
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L., & Wang, Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology*, 13, 1016300.
- Zhao, Y., Jiang, J., Chen, Y., Liu, R., Yang, Y., Xue, X., & Chen, S. (2022). Metaverse: Perspectives from graphics, interactions and visualization. *Visual Informatics*, 6(1), 56-67.
- Zhao, Y., Xu, H., & Wang, T. (2022). Haptic accessibility in immersive virtual environments. *ACM Transactions on Accessible Computing*, 15(2), 1-30.
- Zhou, P., Wang, L., Xu, D., & Hui, P. (2022). Intelligent interaction systems for the metaverse: A survey. *IEEE Internet Computing*, 26(5), 33-43.
- Zhuk, A. (2024). Ethical implications of AI in the Metaverse. *AI and Ethics*, 1-12.