


# METAVERSE VE ÜRETİM: METAVERSE'ÜN ÜRETİME ETKİLERİ

 İpek ÖZENİR<sup>a</sup>

## Özet

Dünya kaynaklarının tükeniyor olması, üretim maliyetlerinin yükselmesi, pandemi ve pandeminin çalışma koşullarında meydana getirdiği değişiklikler, üretimde verimliliği yükseltmeye yönelik çabaları arttırmıştır. Endüstri 4.0 teknolojilerinin üretimde kullanımı yaygınlaşmış, dijitalleşme hızlanmıştır. Günümüzde üretimde dijitalleşme sürecinin Metaverse ile daha da hızlanacağı düşünülmektedir. Son yıllarda büyük ilgi gören ancak tarihçesi eskiye dayanan Metaverse kavramı, gelecekte hayatın büyük bir bölümünü belki de tamamının sürdürüleceği alan olarak görülmektedir. Kavramla ilgili gelişmeler ve tartışmalar devam ederken Boeing, Hyundai Motor, BMW gibi dünya çapında ünlü birçok işletme Metaverse'te yer almak için çalışmalarını başlatmış, Metaverse'te de varlığını sürdürmeye yönelik girişimlerde bulunmuştur. Şimdilik eğitim, pazarlama, oyun, turizm, sağlık, emlak gibi sektörlerde varlığını gösteren kavramın gelecekte tüm sektörlerde yer alması ve tüm sektörleri etkilemesi beklenmektedir. Metaverse'ün etkili olacağı sektörlerden birinin de üretim sektörü olduğu düşünülmektedir. Bu sebeple çalışmada Metaverse'ün üretimde nasıl yer alacağı konusu ele alınmış, Metaverse'ün üretim sektörüne ve üretim sürecine olan etkilerinin ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Tanımlayıcı makale türünde olan bu çalışmada, kullanılan bilgilere literatür taraması ile ulaşılmış ve elde edilen bilgiler derlenerek sunulmuştur. Çalışmada öncelikle Metaverse kavramı açıklanmış, dünyada üretimde Metaverse'e yönelik girişim örneklerinden bahsedilmiş devamında Metaverse'ün üretimde sağlayacağı avantajlara ve dezavantajlara değinilmiş, elde edilen bilgiler doğrultusunda çıkarımlar yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Metaverse, Üretim, Dijital ikizler, Sanal gerçeklik, Artırılmış gerçeklik.



## METAVERSE AND MANUFACTURING: THE IMPACT OF METAVERSE ON THE MANUFACTURE

### Abstract

The depletion of world resources, increase in production costs, the pandemic and alterations in working conditions due to the pandemic itself have appreciated the efforts of raising productivity. The use of Industry 4.0 technologies in the production has become prevalent whereas digitalization has gained speed. Today, the process of digitalization in production will accelerate more and more thanks to Metaverse. Having drawn a great deal of interest in recent years; and dates back to old times historically, though, the concept of Metaverse is regarded as up-and-coming field that will sustain a great part or even the whole life in the future. Whilst

<sup>a</sup> Öğr. Gör. Dr., Mustafa Kemal Üniversitesi, Antakya Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, email: [ipekozenir@mku.edu.tr](mailto:ipekozenir@mku.edu.tr)

Makale Geliş Tarihi: 14.02.2022, Makale Kabul Tarihi: 25.05.2022

the advancements and discussions linked with the concept are under way, several globally prominent businesses such as Boeing, Hyundai Motor and BMW have started their work so as to appear in Metaverse and also embarked on some viable enterprises. The concept subsisting in such sectors as tourism, health and real estate currently is supposed to take part in and influence all other sectors down the line. One of the sectors where Metaverse also will come into play is thought to be the production sector. Therefore, the way how Metaverse will take place in the study has been handled and the impacts of Metaverse on the manufacturing sector and the manufacturing process have been aimed to elicit. The information utilized in this descriptive research has been gathered through the literature review and the information eventually obtained has been presented by being compiled. In this study, firstly the concept of Metaverse has been clarified, initiative samples of Metaverse in the global manufacturing have been mentioned; secondly the pros and cons of Metaverse for manufacturing have been touched upon and consequently the inferences in line with the information acquired have been made.

**Keywords:** Metaverse, Production, Digital twins, Virtual reality, Augmented reality.



## Giriş

2020'lerin bilgi ve iletişim teknolojilerinin yeni paradigması (J.Y. Lee, 2021), yeni iletişim şekli (Ning vd., 2021), internetin bir sonraki büyük evrim aşaması (Fernandez & Hui, 2022; Mozumder vd., 2022; Ng vd., 2021; Rillig vd., 2022), dijital dünyanın geleceği (Bostancı & Uncu, 2021), dijitalleşmenin bir ürünü (van der Merwe, 2021) olarak kabul edilen Metaverse, hızla gelişen teknoloji ile daha çabuk hayatımıza dâhil olacak gibi görünmektedir. 2021'de Mark Zuckerberg'in Facebook şirketinin adını Meta olarak değiştireceğini belirttiği konuşmasıyla yeniden gündeme gelen (Kocabay Şener, 2021) kavramın, tarihçesi aslında eskiye dayanmaktadır (Damar, 2021; Kim, 2021; Mystakidis, 2022; Yang vd., 2022). İlk denemeleri 1980'lerde VPL Research'ın DataSuit'i, 2003'te LindenLab'ın Second Life'ı ile ortaya çıkan, kelime olarak ilk defa Neal Stephenson'nun (1992) Snow Crash adlı romanında kullanılan kavram, 2020 yılında varlığını daha çok hissettirmeye başlamış (Baszucki, 2021; Huang vd., 2022; Kim, 2021), gerek akademi gerekse sanayide büyük bir ilgi görmeye başlamıştır (Han vd., 2021; Huynh-The vd., 2022; Yang vd., 2022).

Metaverse, bireylerin sosyal ve ekonomik açılardan birbirleriyle etkileşime geçtikleri, üç boyutlu, sanal, çok kullanıcı, çevrimiçi ortamlarla sanal yapay bir topluluk oluşturmaktadır (J. Y. Lee, 2021; H. Lee & Banerjee, 2011). Metaverse "sanal olarak geliştirilmiş fiziksel gerçeklik ve fiziksel olarak kalıcı sanal alanın birleşimini", "fiziksel ve sanal dünyaların kavşağını" ifade etmektedir (Smart vd., 2007, s. 4). Ötesi anlamına gelen "meta", evren anlamına gelen "verse" kelimelerinden oluşan (J. Y. Lee, 2021; H. Lee & Banerjee, 2011; L. H. Lee vd., 2021; Mystakidis, 2022), fiziksel dünyanın ötesinde bir evren olan Metaverse'te (Dionisio vd., 2013) bireyler, zaman ve mekan sınırlaması olmadan (Jaynes vd., 2003) avatarları (dijital temsilleri) (Cammack, 2010; Duan vd., 2021; Jeon vd., 2021; Papagiannidis vd., 2008; Song & Hong, 2021; Suzuki vd., 2020) veya MetaHuman'ları (dijital insanları) (Fang vd., 2021) ile var olmaktadır. Metaverse'te bireyler sanal gerçeklik cihazlarını kullanarak, fiziksel dünyada buldukları konumu değiştirmeden, arkadaşlarıyla buluşabilecek, toplantılara, konserlere, eğitimlere

katılabilecek, herhangi bir ürünü satın alabilecek, satın aldıkları ürünleri avatarlarına veya dijital insanlarına giydirebileceklerdir.

Şimdilik oyun, alışveriş, pazarlama, ekonomi, reklam, sosyal ağ, eğitim amaçlı kullanımından bahsedilen (Fernandez & Hui, 2022; Park & Kim, 2022; Siyaev & Jo, 2021b; Song & Hong, 2021), ülkeler bazında Güney Kore tarafından ülke politikasına dâhil edilen (Smart Cities Connect, 2021) kavramın turizm, sağlık, askeriye, emlak gibi sektörlerde de kullanımı söz konusudur (Citi GPS, 2022; Far & Rad, 2022; Huynh-The vd., 2022; Mozumder vd., 2022; Nalbant & Uyanık, 2021). Kullanıcıların günlük hayattaki ihtiyaçlarını karşılayabilecekleri, sorunlarını çözebilecekleri alan olarak görülen Metaverse'ün (Far & Rad, 2022) yakın gelecekte tüm yaşamı etkilemesi beklenmektedir (Bolger, 2021; Fernandez & Hui, 2022; Rillig vd., 2022; Yang vd., 2022).

Metaverse'ün doğrudan ve dolaylı olarak etkileyeceği alanlardan birinin de üretim olduğu düşünülmektedir. Her ne kadar Metaverse henüz üretim sektörü ve üretim süreci açısından başlangıç seviyesinde olsa da gerek sahip olduğu özellikler gerekse de kendisini meydana getiren teknolojilerin üretim açısından sağladıkları faydalar, Metaverse'ün gelecekte üretim sektörü ve üretim süreci açısından büyük potansiyele sahip bir alan olacağını göstermektedir. Ancak literatür incelendiğinde Metaverse'ün üretim alanında az sayıda araştırmaya konu olduğu görülmüştür (Cai vd., 2022; Far & Rad, 2022; Huynh-The vd., 2022; Kiong, 2022; H. Lee & Banerjee, 2011; Nalbant & Uyanık, 2021; Ning vd., 2021; Siyaev & Jo, 2021a). Bu sebeple çalışmada Metaverse kavramının üretim sektörü ve üretim süreci açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışma üretim sektörü ve üretim süreci açısından kapsamlı olarak Metaverse'ü ele alan Türkçe ilk çalışmadır. Metaverse kavramı popülerliğini uzun yıllar daha koruyacak, literatürde çalışmalarda yer alacak bir kavramdır. Çalışmanın bu açılardan önem arz ettiği ve alanda yapılacak çalışmalara katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Tanımlayıcı makale türünde olan bu çalışmada kullanılan bilgilere literatür taraması ile ulaşılmış ve elde edilen bilgiler derlenerek sunulmuştur. Çalışmada şu sorulara cevap aranmıştır:

- Dünyada üretim sektöründe Metaverse'e yönelik girişimler nelerdir?
- Metaverse üretim süreçlerinde nasıl kullanılabilir?
- Metaverse'ün üretim sektöründe ve üretim sürecine etkisi nasıl olacaktır?

Çalışmada, öncelikle literatürde yer alan bilgiler doğrultusunda Metaverse kavramı açıklanmış, Metaverse'ün oluşumuna ve özelliklerine yer verilmiş, dünyada üretimde Metaverse'e yönelik girişim örneklerinden bahsedilmiş devamında Metaverse'ün üretimde sağlayacağı avantajlara ve dezavantajlara değinilmiş son olarak elde edilen bilgiler doğrultusunda çıkarımlar yapılmıştır.

## A. METAVERSE KAVRAMI

### 1. Metaverse'ün Tanımı

Metaverse'ün literatürde çok sayıda tanımı bulunmaktadır. Tablo 1'de bu tanımlardan bazılarının yer verilmiştir.

**Tablo 1.** Literatürde Yer Alan Metaverse Tanımları

Tanım	Çalışma
Web tabanlı etkileşimin 2D web'den 3D web'e uzantısıdır.	Nikolaïdis, 2007
Doğrudan veya dolaylı olarak gerçek dünya ile iletişimde olan, hızlı gelişen, canlı yerlerdir.	Papagiannidis vd., 2008
Bireysel bir mevcudiyet duygusu ve verilerin sürekliliği ile sınırsız sayıda kullanıcı tarafından eş zamanlı ve kalıcı olarak deneyimlenebilen, büyük ölçüde ölçeklendirilmiş ve gerçek zamanlı işlenmiş, 3D (üç boyutlu) sanal dünyaların birlikte çalışabilir bir ağıdır.	Ball, 2021
Her kullanıcının içerik oluşturmaya ve düzenlemesine imkân veren, sosyal ve kimlik sistemi, dijital ikiz teknoloji ile gerçek dünyanın aynadaki yansımaları oluşturan, blok zincir teknolojisine dayalı ekonomik sistem oluşturan ve gerçek dünya ile sanal dünyayı bu ekonomik sistemde birleştiren, artırılmış gerçeklik teknolojisine dayalı üç boyutlu deneyim sağlayan bir dünyadır.	Ning vd., 2021
Sanal gerçeklik ve artırılmış gerçeklik teknolojileri yardımıyla, tüm faaliyetlerin gerçekleştirilebildiği, üç boyutlu sanal paylaşımlı bir dünyadır.	Damar, 2021
Fiziksel dünya ile iç içe olan, birleşik ve kalıcı bir sanal evren oluşturmak için bir araya gelen üç boyutlu, paylaşılan, kalıcı, çok kullanıcı, sanal alanların birleşimidir.	Di Pietro & Cresci, 2021
Kullanıcı kontrollü avatarlar aracılığıyla gezilen, birlikte çalışabilen, sürükleyici ve paylaşılabilen sanal ekosistemlerin entegrasyonunu içeren, internetin somutlaşmış bir versiyonudur.	Xu vd., 2022
Gerçek dünyadan sanal dünyaya doğru bir dönüşümdür.	Sriram, 2022
Fiziksel gerçekliği, dijital sanallıkla birleştiren, kalıcı, sürekli ve çoklu kullanıcı bir ortam, gerçek ötesi evrendir.	Mystakidis, 2022
Dijital öğelerin üretiminin ve tüketiminin gerçekleştiği, istikrarlı, eksiksiz bir ekonomik sistemdir.	Yang vd., 2022
Aynı fiziksel ortamda olmayan bireylerin birlikte oluşturup keşfedebilecekleri, sosyal bağlantıya odaklanan 3D sanal dünyaların ağıdır.	Moro-Visconti, 2022
Artırılmış gerçeklik, sanal gerçeklik, karma gerçeklik, yapay zekâ gibi disiplinler arası teknolojilerden meydana gelen, internete dayalı, süper sanal gerçeklik ekosistemidir.	R. Zhao vd., 2022
Herkes tarafından erişilebilen, sanal paylaşılan bir alandır.	Mozumder vd., 2022
Fiziksel dünyayı ve dijital dünyayı harmanlayan görsel bir dünyadır.	Y. Zhao vd., 2022

Fiziksel dünya ile sanal dünyanın birbirine yakınlaşmasını sağlayacak (Rillig vd., 2022), geleceğin dünyasını yeniden şekillendirecek olan kavram, geniş bir kapsama sahip olmakla birlikte, henüz gelişmekte ve farklı şekillerde yorumlanabilmektedir (Demir & Tokgöz, 2022; Díaz, 2020; Far & Rad, 2022; Hemmati, 2022; Kang, 2021; Kim, 2021; Kiong, 2022; Ning vd., 2021; Park & Kim, 2022; Smart vd., 2007; Sriram, 2022; Yang vd., 2022). Ball (2020) Metaverse'ün, sanal dünya, sanal uzay, sanal gerçeklik, dijital ve sanal ekonomi, oyun, sanal tema parkı, yeni uygulama mağazası, kullanıcıların oluşturduğu içerik platformu olarak görülmemesi gerektiğini belirtmiştir. Şimdilik çoğunlukla bireysel, daha az sayıda kurumsal düzeyde var olan kavram ülke politikalarını da değiştirecek gibi görünmektedir.

## 2. Metaverse'ün Oluşumu ve Özellikleri

Metaverse çok sayıda teknolojiyi, internet ile birleştirerek meydana gelmektedir (Gadekallu vd., 2022; L. H. Lee vd., 2021; Ning vd., 2021; Sriram, 2022; Wang vd., 2022). Metaverse'ün oluşturulabilmesi için Metaverse'ün, dijital ikizler, dijital yerliler ve fiziksel-sanal gerçekliğin bir arada bulunması şeklinde ardışık üç aşamadan geçmesi gerekmektedir (L. H. Lee vd., 2021). İlk aşamada, çok sayıda var olacak sanal dünyalarda fiziksel çevrelerin, nesnelerin dijital olarak çoğaltılması (dijital ikizinin oluşturulması-dijital kopyalarının oluşturulması) gerekmektedir (Han vd., 2021). Dijital ikizler, karar verme ve kontrol amacıyla kullanılabilen, fiziksel dünyada meydana gelen değişiklikleri sanal dünyadaki temsillerine iletebilen, fiziksel varlıkların, proseslerin veya sistemlerin dijital kopyalarıdır (L. H. Lee vd., 2021; Vatn,

2018). Metaverse'ün fiziksel dünyaya eşdeğer olma ihtimali olduğundan dijital ikizlerin Metaverse'te önemli rol oynayacağı belirtilmektedir (Far & Rad, 2022). İkinci aşamada, insanların avaturları aracılığıyla sanal dünyalarda gerçek hayattakinin benzeri veya yalnızca sanal dünyada var olan dijital düzeni oluşturmak için dijital yerliler gibi çalışmaları gerekmektedir. Üçüncü aşamada, sanal dünyaların birbirleriyle ve fiziksel dünyayla bağlantısının kurulması gerekmektedir, fiziksel ve sanal dünyaların birleşmesiyle fiziksel-sanal gerçekliğin bir arada bulunduğu Metaverse oluşacaktır (L. H. Lee vd., 2021).

Metaverse'ü oluşturmak için gerekli temel teknolojiler; genişletilmiş gerçeklik (extended reality), kullanıcı etkileşimi teknikleri (user interactivity techniques), robotik/Nesnelerin İnterneti (robotics/Internet of Things), blok zinciri (blockchain), bilgisayarla görü (computer vision), yapay zekâ (artificial intelligence), uç/bulut (edge/cloud), ağ (network), donanım (hardware) altyapısıdır. Genişletilmiş gerçeklik ve kullanıcı etkileşimi teknikleri, kullanıcıların Metaverse'e erişimini sağlarken, bilgisayarla görü, yapay zekâ, blok zinciri, robotik/Nesnelerin İnterneti, kullanıcı etkileşimi ve genişletilmiş gerçeklik aracılığıyla Metaverse içindeki çeşitli etkinlikleri yönetmek için kullanıcıyla birlikte çalışmaktadırlar. Bulut tabanlı ve uç hesaplama tabanlı hizmetler Metaverse'te, kullanıcı deneyimlerini ve uygulama performansını yükseltmek amacıyla kullanılırlar. Gelişmiş mobil ağına sahip uç cihazlar ve bulut hizmetleri, uygun donanım altyapısının üzerinde, bilgisayarla görü, yapay zekâ, robotlar ve Nesnelerin İnterneti'ni desteklerler (L. H. Lee vd., 2021).

Dionisio vd., (2013) çalışmalarında Metaverse'ün; gerçekçilik (realism), her yerde bulunma (ubiquity), birlikte çalışabilirlik (interoperability), ölçeklenebilirlik (scalability) olmak üzere dört temel özelliği olduğunu belirtmişlerdir. **Gerçekçilik**, sanal alanın kullanıcıyı o ortama taşıma derecesi, **her yerde bulunma**, mevcut dijital cihazlar kullanılarak, her yerden Metaverse'e erişimin sağlanması ve Metaverse'te platformlar arası tüm geçişler boyunca sistem kullanıcısının sanal kimliğinin korunmasıdır. **Birlikte çalışabilirlik**, farklı platformlarda oluşturulan bilginin, içeriğin platformlar arasında paylaşılmasını, dağıtılmasını, taşınabilmesini sağlamak için **ölçeklenebilirlik**, çok sayıda kullanıcının, sistemin ve kendi faaliyetlerinin verimliliğini etkilemeden sistemi eş zamanlı olarak kullanabilmesidir (Dionisio vd., 2013).

Metaverse'te yaşamın sağlanabilmesi ve sürdürülebilmesi için, Metaverse'ün belirtilen bu özellikleri içeren bir evren olması gerekecektir. Mevcut teknoloji düzeyi ve Metaverse'ü oluşturmaya yönelik girişimler henüz bu özellikleri tam karşılayamamaktadır. Şu an için sürece dâhil olan işletmelerden bazıları (Meta, Google, Microsoft, Samsung, Decentraland, Sandbox, Upload) kendilerinin Metaverse'ü oluşturduklarını ifade etmektedirler (Far & Rad, 2022). Ancak olması gereken tek bir Metaverse'tür (L.H. Lee vd., 2021; Lim vd., 2022; Xu vd., 2022). Aslında sanal platform olarak tanımlanan bu alanların birleşimi Metaverse'ü oluşturacaktır (Bostancı & Uncu, 2021). Metaverse yalnızca bir işletme tarafından değil, çok sayıda işletme, kurum, birey tarafından oluşturulacaktır (Fang vd., 2021). Ancak bu platformların birlikte çalışabilmeleri için, yasal düzenlemelerin, etik ve ahlaki düzenlemelerin, hizmet standartlarının, protokollerin oluşturulması gerekmektedir (Bostancı & Uncu, 2021; Far & Rad, 2022; Huang vd., 2022; Lim vd., 2022; Xu vd., 2022) ve bu durum zaman alacak gibi görünmektedir.

## B. ÜRETİMDE METAVERSE'ÜN KULLANIMI VE METAVERSE'E YÖNELİK GİRİŞİMLER

Dünyada üretime Metaverse'ün nasıl dâhil edileceğine yönelik çeşitli planlar ve girişimler söz konusudur. İlerleyen paragraflarda bunlara değinilmiştir.

Boeing, Metaverse'ün dâhil olduğu bir üretim sistemini kurmayı planlamaktadır. Bu girişim geleceğin üretiminin ve geleceğin fabrikalarının nasıl olacağı konusunda haber vermektedir. Boeing'in bir sonraki jeti için planı, jetin 3D dijital ikizlerini ve simülasyonları çalıştırabilen üretim sistemini oluşturmaktır. Boeing önümüzdeki iki yıl içinde geleceğin fabrikalarında, 3D tasarımları birbirleriyle konuşan robotlarla eşleştirmeyi ve dünyanın farklı yerlerinde bulunan çalışanları Holo Lens adı verilen gözlüklerle birbirine bağlayarak iletişim kurmalarını planlamaktadır (Jhonson & Hepher, 2021).

Hyundai Motor, "Metamobility" adını verdiği konsepti ile robotları Metaverse ve fiziksel dünya arasında hareketliliği sağlayacak bir araç olarak kullanmayı planlamaktadır. Robotlar, fiziksel dünya ile Metaverse arasındaki fiziksel sınırları ortadan kaldırarak, Metaverse ile bağlantı ve etkileşim sağlayacak ve Metaverse-robot bağlantısı, kullanıcının akıllı bir fabrikada olduğu gibi fiziksel dünyada bir robotu yönlendirmesine olanak tanıyacaktır. Fabrikada çalışanların, uzaktan fabrika içindeki makinelere ve varlıklara bağlanmasını, robotlar ve sanal gerçeklik cihazlarını kullanarak doğrudan fiziksel bağlantı yoluyla uzaktan görevlerini gerçekleştirmesini sağlayacak bu girişim tesis yönetimi ve üretim için yeni nesil bir dijital model olacaktır (Hyundai Motor, 2022).

Kore İleri Bilim ve Teknoloji Enstitüsü (KAIST) yapay zekâ destekli, Metaverse üretim fabrikası açmıştır. Ziyaretçiler sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik cihazları ile dünyanın herhangi bir yerinden sisteme bağlanabilmektedir. Sistem, plastik vida üretim sürecini deneyimleme, üretim hatalarını tespit etme, analiz etme, ürün kalitesinde iyileştirme yapabilme imkânı sağlamaktadır (KAIST, 2021).

BMW üretim süreçlerini daha iyi tasarlayabilmek için bir üretim tesisinin simülasyonu yapmıştır. Üretim hattının dijital ikizi olarak çalışan bu sistem, üretim sürecini planlamayı kolaylaştırmış ve üretim sisteminin tasarımı için üretimi yavaşlatmak yerine çalışma ortamının daha güvenli ve verimli hale gelmesini sağlamıştır (Calhoun, 2021).

Metaverse'te dijital öğelerin üretimi ve tüketimi gerçekleşmektedir. Fiziksel dünyada üretim devam etmekle birlikte, Metaverse'te fiziksel ürün üretimi yerine dijital ürün üretimi/ ürün oluşturma/ürün tasarlama süreci söz konusudur (Yang vd., 2022). Yakın gelecekte birçok işletmede Metaverse için tasarım ve üretim bölümleri açılacaktır. Örneğin, Gucci, sanal spor ayakkabıları piyasaya sürmüştür, ayakkabıları satın alan tüketici Gucci APP, VR Chat, Roblox gibi platformlarda kullanabilmektedir (Ning vd., 2021). Metaverse'te fiziksel hayattaki üretim maliyetleri yerini orijinal ürün tasarımı maliyetiyle yer değiştirecektir (Bayram, 2022). Metaverse gelecekte hem fiziksel ürünler hem de dijital öğeler için bir pazar yeri olacaktır (Di Pietro & Cresci, 2021). Ayrıca Metaverse'te yer alan platformlarda meydan gelen pazarlamaya yönelik girişimlerin bir bölümü gerçek hayatta fiziksel ürün üretimiyle son bulacaktır. Örneğin, McDonalds gerçek ve sanal ürünleri içeren, sanal bir restoran işletmeye ve evlere ürün teslimatı sunan çevrimiçi sanal restoran işletmeye yönelik girişimlerde bulunmuştur (Bissada, 2022).

Sanayide, Metaverse'ün üretimde yer almasına yönelik girişimler devam ederken, akademi de de çalışmalar devam etmektedir. H. Lee ve Banerjee (2011) çalışmalarında büyük ölçekli sanal üretim ortamlarını ele alırken, Ning vd., (2021), Cai vd., (2022), Kiong (2022), Nalbant ve Uyanık (2021) Metaverse'ün üretim ve diğer sektörlerde nasıl kullanılabileceğine değinmişlerdir. Huynh-The vd. (2022), Metaverse'ün kurulumu için yapay zekâ teknolojisini ele alırken, Metaverse'te yapay zekâ destekli üretim uygulamalarına yer vermişlerdir. Far ve Rad (2022) çalışmalarında, Metaverse'te dijital ikizlerin uygulanmasını ele almışlar ve üretimde sağlayacağı faydalara da değinmişlerdir. Siyaev ve Jo (2021a) ise yaptıkları çalışmada, Metaverse'te uçak bakım eğitimi konusunu ele almışlardır.

### C. METAVERSE'ÜN ÜRETİM ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

Üretim için Metaverse, dijital operasyonları önemli ölçüde modernize edebilecek, üretim sürecinin optimizasyonunu sağlayabilecek bir alan olarak görülmektedir (Huynh-The vd., 2022; Ning vd., 2021). Yapılan bir araştırmada küresel Metaverse'ten elde edilecek gelirin 2024 yılında 800 milyar dolara yaklaşacağı belirtilirken (Bloomberg Intelligence, 2021), TrendForce raporuna göre endüstriyel Metaverse'ün küresel akıllı üretimin gelirini 2025 yılına kadar 540 milyar dolara çıkarması beklenmektedir (Tseng, 2021). İlerleyen paragraflarda Metaverse'ün üretim açısından avantajlarına ve dezavantajlarına yer verilmiştir.

#### 1. Metaverse'ün Üretim Açısından Avantajları

Metaverse, ürün geliştirme sürecinde, disiplinler arası ekiplerin ve müşterilerin gerçek zamanlı etkileşimlere sahip olabilecekleri, bir arada bulunabilecekleri iş birliğini arttıracak bir alandır (Cai vd., 2022; Far & Rad, 2022; Huynh-The vd., 2022; Kiong, 2022; Wang vd., 2022). 3D sanal ortamlar üretim için hızlı prototip geliştirme, sanal doğrulama tasarımı (Cai vd., 2022; Ning vd., 2021), merkezi olmayan ve özelleştirilmiş alan imkânı sunmaktadır (Smart vd., 2007; Wang vd., 2022). Bu alanlar otonom araçların, makinelerin, sistemlerin, prosedürlerin test edilmesi ve geliştirilmesi aşamasında fiziksel dünyaya kıyasla çalışanlar ve işletme açısından daha düşük riskli, şeffaf alanlardır (Smart vd., 2007; Thomason, 2021). Metaverse tabanlı dijital ikizler sayesinde fiziksel dünyada var olan ürünlerin ürün yaşam döngüleri daha kolay kontrol edilebilecektir (Far & Rad, 2022; Polini & Corrado, 2020). Metaverse'te kullanıcıların etkileşimlerinden kaynaklı çok büyük miktarlarda ve çeşitte veri üretimi gerçekleşmektedir (Yang vd., 2022). Üretilen bu veriler ürün geliştirme sürecini ve ürünü iyileştirmede kullanılabilecektir. Metaverse, ürün tasarımı ve geliştirme yaşam döngüsünün verimliliğini, çevikliğini arttıracak, tasarım ve geliştirme sürecini kısaltacak, sürece ilişkin maliyetlerin azalmasını sağlayacaktır. Ayrıca piyasadaki ürün tasarım sayısının ve ürün çeşitliliğinin artmasını sağlayacaktır (Cai vd., 2022; Far & Rad, 2022; Huynh-The vd., 2022; Kiong, 2022; Wang vd., 2022).

Üretim işletmelerinde fabrika kuruluş aşamasında dijital ikiz teknolojisi aracılığıyla, fabrika bina yapısı, üretim hattı düzeni, üretim süreci gerçek zamanlı olarak Metaverse'te oluşturularak, üretim kapasitesi, yerleşimi, personel sayısı, makine sayısı belirlenebilir (Chang vd., 2022). Sanal ortamlar aracılığıyla üretim planlama optimum şekilde yapılabilir (Mujber vd., 2004). Fiziksel ürün üretiminden önce, üretim hattı ve üretim süreci sanal üretim yoluyla simüle edilebilir, üretimin verimliliği ve etkinliği analiz edilebilir (Cai vd., 2022; He & Bai, 2021; Huynh-The vd., 2022). Üretimin daha güvenli ve verimli

olmasına yönelik üretim denemeleri fiziksel dünya yerine Metaverse’te simülasyonlar aracılığıyla gerçekleştirilebilir (Han vd., 2021; Kiong, 2022; Roy vd., 2020). Bu sayede çalışanlar için tehlikeli üretim denemeleri de engellenebilir. Metaverse’te üretim gerçek zamanlı takip edilebilir, elde edilen veriler aracılığıyla üretim süreçleri iyileştirilebilir, üretimde bir hata meydana gelmesi durumunda üretime anlık müdahaleler gerçekleştirilebilir (He & Bai, 2021; Pires vd., 2019; Roy vd., 2020; Vachálek vd., 2017). Metaverse tabanlı dijital ikizler aracılığıyla üretimde darboğazlar tespit edilebilir (Roy vd., 2020). Üretimin verimliliği artırılabilir, makinelerin ve operatörlerin verimliliği artırılırken üretim maliyetlerinin düşmesi sağlanabilir.

Fiziksel dünyada ürünler piyasaya sunulmadan önce maliyet ve güvenlik açısından küçük bir grup üzerinde test edilmektedir. Metaverse, ürünleri fiziksel dünyada piyasaya sunmadan önce daha düşük maliyetle ve daha az güvenlik kaygısıyla test etme imkânı sunacaktır (Chang vd., 2022; Lim vd., 2022). Metaverse ile birlikte üretimde kalite kontrol riskleri, kalite kontrol kaynaklı maliyetler azaltılabilecek, kalite kontrol sürecinin verimliliği artırılabilir (Cai vd., 2022; Chang vd., 2022; Huynh-The vd., 2022).

Metaverse’te dijital ikizler aracılığıyla üretim operatörleri, kullandıkları makinelerin gelecekteki durumunu (yıpranma, parça değişimi gerekliliği vb.) tahmin edebilirler ve önleyici bakımlar sayesinde olası riskleri önleyebilirler (Far & Rad, 2022; Roy vd., 2020; Wang vd., 2022). Metaverse bireylere işlerini uzaktan yapma, kontrol etme imkânı tanımaktadır (Siyaeve & Jo, 2021b). Acil müdahale gerektiren arıza durumlarında çalışanlar zaman ve mekân sınırı olmaksızın, uzaktan üretim sistemine bağlanarak onarım faaliyetleri gerektiğinde gerçekleştirilebileceklerdir. Metaverse, işletmelerde bakım-onarım süresinin kısalmasını sağlayabilir, bakım-onarım faaliyetlerinin çalışanlar açısından daha güvenli gerçekleşmesini sağlayabilir, sürecin verimliliğinin, üretkenliğinin, kalitesinin artmasını sağlayabilir.

İşletmeler açısından personel eğitimi, bireyi geliştirmek, ürün kalitesini arttırmak, üretim sürecinin verimliliğini arttırmak, iş güvenliğini sağlamak adına önem arz etmektedir. Üretimde çalışacak personelin oryantasyon süreci, Metaverse’te sanal gerçeklik aracılığıyla daha kısa sürede, daha düşük maliyetle ve daha güvenli gerçekleştirilebilecektir (Nalbant & Uyanık, 2021). Ayrıca işletmelerde personelin gelişimi adına makine kullanma becerilerinin artmasına yönelik verilen eğitimlerin Metaverse’te gerçekleştirilmesi, gerçek hayatta iş kazalarının olma olasılığını düşürecektir (Nalbant & Uyanık, 2021).

## 2. Metaverse’ün Üretim Açısından Dezavantajları

Metaverse’ün işletme süreçlerine dâhil olmasının avantajları olduğu gibi bazı dezavantajları da söz konusudur. Bu dezavantajların üretim sürecini de etkileyeceği düşünülmektedir.

Tıpkı günümüzde olduğu gibi Metaverse dünyasında da *siber güvenlik* kavramı önemini korumaya devam edecektir. Metaverse’te kullanıcılar aracılığıyla fiziksel dünyadan büyük miktarlarda veri toplanmakta ve Metaverse’te toplanan bu veriler kullanılmaktadır (Fernandez & Hui, 2022). Toplanan veriler tedarik zinciri üyeleri arasında tedarik zincirini ve işletmelerin kendi sistemlerini iyileştirmeleri adına kullanılacak dahi olsa, işletmelerin bilgi sistemlerine yapılacak bir saldırı işletmeler açısından büyük sorunlara sebep olabilecektir. İşletmelerin Metaverse’te farklı platformlar aracılığıyla



birbirleri ile veri paylaşımlarının güvenliğinin sağlanması da problem olacak konulardan biridir (Ning vd., 2021). Her ne kadar blok zinciri teknolojisi kullanılsa da blok zinciri teknolojisi güvenlikle ilgili problemlerin tamamını henüz çözememektedir (Far & Rad, 2022). Ayrıca Metaverse çeşitli teknolojilerin birleşiminden meydana geldiği için bu teknolojilerin güvenlik ile ilgili problemlerinin Metaverse'te de devam etme ihtimalinin söz konusu olduğu belirtilmektedir (Wang vd.,2022).

İşletmelerin Metaverse'te yer almaları, üretimde beklenen faydaları elde edebilmeleri için, sistemlerinin dijital ikizlerini oluşturmaları gerekmektedir. Dijital ikizlerin oluşturulması için işletmelerin işgücü, zaman ve para gibi *kaynak*larını bu sürece yönlendirmeleri gerekecektir.

Metaverse ile fiziksel dünya arasındaki bağlantı internet aracılığıyla sağlanmaktadır. *İnternet hızının* yavaş olduğu yerlerde Metaverse'te gerçekleştirilecek faaliyetlerde sıkıntılar meydana gelecektir (Díaz, 2020). Gerçek zamanlı takibin gerektiği, uzaktan yönetilen operasyonlarda, robotların kullanılması durumunda internet bağlantısındaki problemler zaman, maliyet, iş güvenliği problemlerine sebep olabilecektir.

Kullanıcı sayısının artması, işletmelerinde Metaverse'te yer alması ve eş zamanlı kullanımla birlikte Metaverse'te yaşamın oluşturulabilmesi ve sürdürülebilmesi için gereken *elektrik enerjisi* miktarı artacak, gelecekte de enerji konusu yine en çok sıkıntı yaşanan konulardan biri olacaktır. Bu durum çevre içinde sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda önemli problemlerden biri olacaktır. Ayrıca dijital öğelerin tasarımının artması ve bunların bir bölümünün fiziksel dünyada fiziksel üretimle karşılık bulacak olması *kaynak kullanımının* artmasına sebep olabilecektir.

İşletmelerin üretimde Metaverse'ten elde edecekleri faydaları sağlayabilmeleri için Metaverse'e giriş için ihtiyaç duyulan -şimdilik- pahalı olan *teknolojiyi, bilgiyi* bünyelerine dâhil etmeleri gerekmektedir. Örneğin, sanal gerçeklik/artırılmış gerçeklik gözlükleri bunlardan biridir. Bu gözlüklerin daha ucuz, çalışan ergonomisi açısından bakıldığında hafif ve rahat kullanıma sahip olması gerekmektedir (Xu vd., 2022). Metaverse'ün sürdürülebilirliği için bu teknolojilere erişilebilirliğinin kolaylaştırılması gerekecektir. Ancak bu durumun dolaylı olarak da olsa üretime faydası olacaktır. Sanal gerçeklik/artırılmış gerçeklik gözlüklerine talep artacak, bu alanda da Ar-Ge ve üretim faaliyetleri artacaktır.

Çalışanlar açısından bakıldığında, çalışanların blok zinciri, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, genişletilmiş gerçeklik, yapay zekâ gibi ilgili teknolojileri kullanabilen ve geliştirebilen bireyler olmaları beklenecektir. Aynı zamanda işletmelerin mevcut personelini bu alanlarda geliştirmeleri gerekecektir. Bir diğer taraftan Metaverse'ün zaman ve mekân sınırını ortadan kaldıracak olması, faaliyetlerin uzaktan, robotlar aracılığıyla gerçekleştirilebilecek olması fiziksel dünyada *çalışan sayısının azalmasına* da sebep olabilecektir. Ayrıca Metaverse aracılığıyla uzaktan çalışma çalışanların *çalışma saatlerinin* ve *iş yüklerinin* artmasına da sebep olabilir.

Metaverse ile ilgili önemli sorunlardan biri de toplum tarafından Metaverse'ün *kabulü* ve Metaverse'ün topluma *entegrasyonudur* (Smart vd., 2007). Bu sürecinin uzunluğu işletmelerin Metaverse'te yer almalarını, süreçlerinde Metaverse'ü kullanmalarını etkileyecektir. Ancak çağı yakalama telaşı, bireylerin çoğunluğu tarafından kullanılacak olması ve sistem dışında kalmama isteği

(tıpkı günümüzdeki sosyal medya uygulamaları) gibi sosyal endişeler sebebiyle bireylerin ve işletmelerin dâhil olma olasılığının yüksek olacağını düşündürmektedir.

### **Sonuç**

Metaverse, mevcut gerçeklik etkileşimi ve kalıcılığın temeli üzerine kurulu, fiziksel dünyaya açılan sanal bir dünya oluşturmaktadır (Huynh-The vd., 2022). Şu an için Metaverse'ün ve Metaverse'te yapılabileceklerin sınırı belli olmamakla birlikte, işletmelerin Metaverse'te yer almak, devamlılıklarını sağlamak için çalışmalarını hızlandırmaları gerekmektedir. Dünya büyük markaların Metaverse'te yapabildiklerini izlemekle meşgul. Dijital alanların işletmeler için ekonomik ve sosyal faaliyetlerini gerçekleştirecekleri, coğrafi sınırları ortadan kaldıracak sanal alanlar olarak görülmesi (Bourlakis vd., 2009; Mystakidis, 2022) ve Metaverse dünyasına girişin –şimdilik- düşük maliyetlerde olması küçük boyutlu işletmelere de bu dünyada var olma şansı sunmaktadır. Ayrıca Z kuşağının dünyaya bakış açısı, internet ve teknoloji odaklı yaşam, kripto para piyasasına, merkeziyetsizlik kavramına artan ilgi, pandeminin getirdiği sosyal mesafeye dayalı iletişim bireylerin yaşam tarzlarını değiştirmekte, Metaverse'te yaşamı daha mümkün kılacak gibi görünmektedir.

Fiziksel ve dijital dünyayı birleştirecek olması sebebiyle Metaverse 'ün üretim sektörünü ve üretim süreçlerini de etkileyeceği düşünülmektedir. Robotik, sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik, yapay zekâ, Nesnelerin interneti, genişletilmiş gerçeklik, ağ, blok zinciri teknolojilerinde meydana gelecek gelişmeler Metaverse'ün üretimde varlığını arttırmasını sağlayacaktır. Çoğunlukla, Metaverse ile dijitalde meydana gelen değişiklikler fiziksel dünyaya yansımaya gelecektir. Geleceğin üretimi, üretimin boyut değiştirmede olduğu, fiziksel dünyada üretimin devam ettiği ancak çalışanlar açısından fiziksel sınırların kalktığı, insanların üretimde uzaktan çalışmasının daha mümkün olduğu, robotların daha aktif kullanıldığı, hammadde ve nihai mamullerin kalitesinin arttığı, maliyetlerin ve süreçlerin daha etkin kontrol edildiği, daha şeffaf ve verimli bir üretim olacaktır.

### **Etik Kurul İzni**

Bu çalışma etik kurul izni gerektiren bir çalışma grubunda yer almamaktadır.



## Kaynakça

- Ball, M. (2021, Haziran 29). *Framework for the Metaverse*. MatthewBall VC. <https://www.matthewball.vc/all/forwardtothemetaverseprimer>
- Baszucki, D. (2021, Ocak 2). *The Metaverse is coming*. Wired. <https://www.wired.co.uk/article/metaverse>
- Bissada, M. (2022, Şubat 9). *McDonald's files trademark for Metaverse-based 'Virtual Restaurant'*. Forbes. <https://www.forbes.com/sites/masonbissada/2022/02/09/mcdonalds-files-trademark-for-metaverse-based-virtual-restaurant/?sh=6d4ab2dd6678>
- Bayram, A. (2022). Metaleisure: Leisure time habits to be changed with Metaverse. *Journal of Metaverse*, 2(1), 1-7.
- Bloomberg Intelligence (2021, Kasım 1). *Metaverse may be \$800 billion market, next tech platform*. <https://www.bloomberg.com/professional/blog/metaverse-may-be-800-billion-market-next-tech-platform/>
- Bolger, R. K. (2021). Finding wholes in the Metaverse: Posthuman Mystics as agents of evolutionary contextualization. *Religions*, 12(9), 768. <https://doi.org/10.3390/rel12090768>
- Bostancı, M., & Uncu, G. (2021). Metaverse: Sanal mı gerçek mi?. İçinde Y. Adıgüzel & M. Bostancı (Eds.). *Dijital iletişimi anlamak-2* (ss. 58-69). Palet Yayınları.
- Bourlakis, M., Papagiannidis, S., & Li, F. (2009). Retail spatial evolution: paving the way from traditional to Metaverse retailing. *Electronic Commerce Research*, 9(1), 135-148. <https://doi.org/10.1007/s10660-009-9030-8>
- Cai, Y., Llorca, J., Tulino, A. M., & Molisch, A. F. (2022). Compute-and data-intensive networks: the key to the metaverse. *arXiv preprint arXiv:2204.02001*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.02001>
- Calhoun, S. (2021, Ağustos 27). *The metaverse and manufacturing: hype vs reality*. Veryable. <https://www.veryableops.com/blog/Metaverse-manufacturing-hype-vs-reality>
- Cammack, R. G. (2010). Location-based service use: a Metaverse investigation. *Journal of Location Based Services*, 4(1), 53-65. <https://doi.org/10.1080/17489721003742827>
- Chang, L., Zhang, Z., Li, P., Xi, S., Guo, W., Shen, Y., Xiong, Z., Kang, J., Niyato, D., Qiao, X. & Wu, Y. (2022). 6G-enabled Edge AI for Metaverse: Challenges, methods, and future research directions. *arXiv preprint arXiv:2204.06192*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.06192>
- Citi GPS (2022). Metaverse and money. Decrypting the future. Citi Global Perspectives & Solutions.
- Damar, M. (2021). Metaverse shape of your life for future: A bibliometric snapshot. *Journal of Metaverse*, 1(1), 1-8.
- Demir, M., & Tokgöz, E. (2022). Snow Crash'ten Meta'ya, Metaverse'ün kavramsal ve teknolojik gelişimi. İçinde N. Göker & G. Göker (Eds.). *İletişim ve Medya Alanında Uluslararası Araştırmalar IV* (ss.69-92). Eğitim Yayınevi.
- Díaz, J. (2020). Virtual world as a complement to hybrid and mobile learning. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (ijET)*, 15(22), 267-274. <https://doi.org/10.3991/ijet.v15i22.14393>
- Dionisio, J. D. N., Burns III W. G., & Gilbert, R. (2013). 3D virtual worlds and the Metaverse: Current status and future possibilities. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 45(3), 1-38. <https://doi.org/10.1145/2480741.2480751>

- Di Pietro, R., & Cresci, S. (2021). Metaverse: security and privacy issues. In *2021 Third IEEE International Conference on Trust, Privacy and Security in Intelligent Systems and Applications (TPS-ISA)*, Atlanta, USA, 13-15 December 2021.
- Duan, H., Li, J., Fan, S., Lin, Z., Wu, X., & Cai, W. (2021). Metaverse for social good: A university campus prototype. *29th ACM International Conference on Multimedia*, China. 20-24 October 2021.
- Fang, Z., Cai, L., & Wang, G. (2021). MetaHuman creator the starting point of the metaverse. *2021 International Symposium on Computer Technology and Information Science (ISCTIS)*, Guilin, China. 4-6 June 2021.
- Far, S. B., & Rad, A. I. (2022). Applying digital twins in Metaverse: User interface, security and privacy challenges. *Journal of Metaverse*, 2(1), 8-16.
- Fernandez, C. B., & Hui, P. (2022). Life, the Metaverse and everything: An overview of privacy, ethics, and governance in Metaverse. *arXiv preprint arXiv:2204.01480*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2204.01480>
- Gadekallu, T. R., Huynh-The, T., Wang, W., Yenduri, G., Ranaweera, P., Pham, Q. V., da Costa B. D., & Liyanage, M. (2022). Blockchain for the Metaverse: A review. *arXiv preprint arXiv:2203.09738*, 1-17. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.09738>
- Han, Y., Niyato, D., Leung, C., Miao, C., & Kim, D. I. (2021). A dynamic resource allocation framework for synchronizing Metaverse with Iot service and data. *Computer Science and Game Theory*, 1-6.
- He, B., & Bai, K. J. (2021). Digital twin-based sustainable intelligent manufacturing: A review. *Advances in Manufacturing*, 9(1), 1-21.
- Hemmati, M. (2022). The Metaverse: An urban revolution. Effect of the Metaverse on the perceptions of urban audience. *Tourism of Culture*, 2(7), 53-60. <https://doi.org/10.22034/TOC.2022.323276.1067>
- Huang, J., Sun, P., & Zhang, W. (2022). Analysis of the future prospects for the Metaverse. *2022 7th International Conference on Financial Innovation and Economic Development (ICFIED 2022)*, China. 14-16 January 2022.
- Huynh-The, T., Pham, Q. V., Pham, X. Q., Nguyen, T. T., Han, Z., & Kim, D. S. (2022). Artificial intelligence for the Metaverse: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2202.10336*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2202.10336>
- Hyundai (2022, Ocak 5). *Hyundai motor shares vision of new metamobility concept, 'expanding human reach' through robotics & metaverse at CES 2022*. <https://www.hyundai.com/worldwide/en/company/newsroom/hyundai-motor-shares-vision-of-new-metamobility-concept,-%E2%80%98expanding-human-reach%E2%80%99-through-robotics-&-metaverse-at-ces-2022-0000016777>
- Jaynes, C., Seales, W. B., Calvert, K., Fei, Z., & Griffioen, J. (2003, May). The Metaverse: a networked collection of inexpensive, self-configuring, immersive environments. İçinde J. Deisinger & A. Kunz (Eds.). *Proceedings of the workshop on virtual environments 2003* (ss. 115-124). Association for Computing Machinery.
- Jeon, H. J., Youn, H. C., Ko, S. M., & Kim, T. H. (2021). Blockchain and AI meet in the Metaverse. İçinde T. M. Fernández-Caramés & P. Fraga-Lamas (Eds.). *Blockchain Potential in AI* (ss. 1-11). Intechopen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.99114>

- Jhonson, E. & Hephher, T. (2021, Kasım 17). *Boeing wants to build its next airplane in the "Metaverse"*. <https://www.reuters.com/technology/boeing-wants-build-its-next-airplane-metaverse-2021-12-17/>
- Kim, J. (2021). Advertising in the Metaverse: Research Agenda. *Journal of Interactive Advertising*, 21(3), 141-144. <https://doi.org/10.1080/15252019.2021.2001273>
- KAIST (2021 Kasım 3). *Metaverse Factory Center to improve SME's competitiveness* [https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng\\_no=17010&skey=keyword&sval=Manufacturing&list\\_s\\_date=&list\\_e\\_date=&GotoPage=1](https://news.kaist.ac.kr/newsen/html/news/?mode=V&mng_no=17010&skey=keyword&sval=Manufacturing&list_s_date=&list_e_date=&GotoPage=1)
- Kang, Y. M. (2021). Metaverse framework and building block. *Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering*, 25(9), 1263-1266.
- Kim, J. (2021). Advertising in the Metaverse: Research agenda. *Journal of Interactive Advertising*, 21(3), 141-144. <https://doi.org/10.1080/15252019.2021.2001273>
- Kiong, L. V. (2022). *Metaverse made easy: A beginner's guide to the Metaverse: Everything you need to know about Metaverse, NFT and GameFi*. Liew Voon Kiong.
- Kocabay Şener, N. (2021). Facebook Nasıl "Meta" laştı?. *Yeni Medya*, 11, 174-179.
- Lee, H., & Banerjee, A. (2011). A self-configurable large-scale virtual manufacturing environment for collaborative designers. *Virtual Reality*, 15(1), 21-40. <https://doi.org/10.1007/s10055-009-0151-0>
- Lee, J. Y. (2021). A study on Metaverse hype for sustainable growth. *International Journal of Advanced Smart Convergence*, 010(3), 72-80. <https://doi.org/10.7236/IJASC.2021.10.3.72>
- Lee, L. H., Braud, T., Zhou, P., Wang, L., Xu, D., Lin, Z., Kumar, A., Bermejo, C. & Hui, P. (2021). All one needs to know about Metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and research agenda. *Journal of Latex Class Files*, 14(8), 1-66.
- Lim, W. Y. B., Xiong, Z., Niyato, D., Cao, X., Miao, C., Sun, S., & Yang, Q. (2022). Realizing the Metaverse with edge intelligence: A match made in heaven. *arXiv preprint arXiv:2201.01634*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.01634>
- Moro-Visconti, R. (2022). From physical reality to the Metaverse: a multilayer network valuation. *Journal of Metaverse*, 2(1), 16-22.
- Mozumder, M. A. I., Sheeraz, M. M., Athar, A., Aich, S., & Kim, H. C. (2022, February). 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)*, Korea. 13-16 February 2022.
- Mujber, T. S., Szecsi, T., & Hashmi, M. S. (2004). Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of materials processing technology*, 155, 1834-1838.
- Mystakidis, S. (2022). Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1), 486-497. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia2010031>
- Nalbant, K. G., & Uyanık, Ş. (2021). Computer Vision in the Metaverse. *Journal of Metaverse*, 1(1), 9-12.
- Ng, W. C., Lim, W. Y. B., Ng, J. S., Xiong, Z., Niyato, D., & Miao, C. (2021). Unified resource allocation framework for the edge intelligence-enabled metaverse. *arXiv preprint arXiv:2110.14325*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2110.143>
- Nikolaidis, I. (2007). Networking the Metaverses [Editor's Note]. *IEEE Network*, 21(5), 2-4.

- Ning, H., Wang, H., Lin, Y., Wang, W., Dhelim, S., Farha, F., Ding, J. & Daneshmand, M. (2021). A survey on Metaverse: The state-of-the-art, technologies, applications, and challenges. *Computers and Society*, 1-34.
- Papagiannidis, S., Bourlakis, M., & Li, F. (2008). Making real money in virtual worlds: MMORPGs and emerging business opportunities, challenges and ethical implications in Metaverses. *Technological Forecasting and Social Change*, 75(5), 610-622. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2007.04.007>
- Park, S. M., & Kim, Y. G. (2022). A Metaverse: taxonomy, components, applications, and open challenges. *IEEE Access*, 10, 4209-4251. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3140175>
- Pires, F., Cachada, A., Barbosa, J., Moreira, A. P., & Leitão, P. (2019). Digital Twin in Industry 4.0: Technologies, Applications and Challenges. *2019 IEEE 17th International Conference on Industrial Informatics (INDIN)*, Finland. 22-25 July 2019.
- Polini, W., & Corrado, A. (2020). Digital twin of composite assembly manufacturing process. *International Journal of Production Research*, 58(17), 5238-5252.
- 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, 4721-4723.
- Roy, R. B., Mishra, D., Pal, S. K., Chakravarty, T., Panda, S., Chandra, M. G., Pal, A., Misra, P. Chakravart D., & Misra, S. (2020). Digital twin: current scenario and a case study on a manufacturing process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 107(9), 3691-3714.
- Siyaev, A., & Jo, G. S. (2021a). Towards aircraft maintenance Metaverse using speech interactions with virtual objects in mixed reality. *Sensors*, 21(6), 2066. <https://doi.org/10.3390/s21062066>
- Siyaev, A., & Jo, G. S. (2021b). Neuro-symbolic speech understanding in aircraft maintenance Metaverse. *IEEE Access*, 9, 154484-154499.
- Smart Cities Connect (2021, Kasım 24). *Seoul will invest in Metaverse communications platform for city services*. <https://smartcitiesconnect.org/seoul-will-invest-in-Metaverse-communications-platform-for-city-services/>
- Smart, J., Cascio, J., & Paffendorf, J. (2007). *Metaverse roadmap overview*. Accelerated Studies Foundation.
- Song, Y., & Hong, S. (2021). Build a secure smart city by using blockchain and digital twin. *International Journal of Advanced Science and Convergence*, 3(3), 9-13.
- Sriram, G. K. (2022). A comprehensive survey on Metaverse. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology*, 4(2), 772-775.
- Stephenson, N. (1992). *Snow crash*. Bantam Book.
- Suzuki, S.-nosuke, Kanematsu, H., Barry, D. M., Ogawa, N., Yajima, K., Nakahira, K. T., Shirai, T., Kawaguchi, M., Kobayashi, T., & Yoshitake, M. (2020). Virtual experiments in Metaverse and their applications to collaborative projects: The framework and its significance. *Procedia Computer Science*, 176, 2125-2132.
- Thomason, J. (2021). MetaHealth-How will the Metaverse change health care?. *Journal of Metaverse*, 1(1), 13-16.
- Tseng, P. K. (2021, Kasım 29). *Industrial Metaverse expected to propel global smart manufacturing revenue to US\$540 Billion by 2025, Says TrendForce*. <https://www.trendforce.com/presscenter/news/20211129-11029.html>

- van der Merwe, D. (2021). The Metaverse as virtual heterotopia. *3rd World Conference on Research in Social Sciences*, Austria. 22-24 October 2021.
- Vachálek, J., Bartalský, L., Rovný, O., Šišmišová, D., Morháč, M., & Lokšík, M. (2017). The digital twin of an industrial production line within the Industry 4.0 concept. *2017 21st International Conference on Process Control (PC)*, Slovakia. 6-9 June 2017.
- Vatn, J. (2018). Industry 4.0 and real-time synchronization of operation and maintenance. *28th International European Safety and Reliability Conference*, Norway. 17-21 June 2018.
- Wang, Y., Su, Z., Zhang, N., Liu, D., Xing, R., Luan, T. H., & Shen, X. (2022). A survey on metaverse: Fundamentals, security, and privacy. *arXiv preprint arXiv:2203.02662*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.02662>
- Xu, M., Ng, W. C., Lim, W. Y. B., Kang, J., Xiong, Z., Niyato, D., Yang, Q., Shen, S. X., & Miao, C. (2022). A full dive into realizing the edge-enabled metaverse: Visions, enabling technologies, and challenges. *arXiv preprint arXiv:2203.05471*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.05471>
- Yang, Q., Zhao, Y., Huang, H., & Zheng, Z. (2022). Fusing blockchain and AI with Metaverse: A Survey. *arXiv preprint arXiv:2201.03201*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2201.03201>
- 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, 56-67.
- Zhao, R., Zhang, Y., Zhu, Y., Lan, R., & Hua, Z. (2022). Metaverse: Security and privacy concerns. *arXiv preprint arXiv:2203.03854*.

