

# Metaverzum

*Átfogó kutatás a metaverzum jelenségről*

Készítette:

***Horváth András<sup>1</sup>, Józsa Csaba Máté<sup>2</sup>, Egerváriné Mandácskó Eszter<sup>1</sup>,  
Hegyiné Sz. Viktória<sup>1</sup>***

<sup>1</sup> *Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Informatika Technológiai Kar*

<sup>2</sup> *Nokia Solutions and Networks Kft., Nokia Bell Labs*



**NOKIA  
BELL  
LABS**

# Tartalomjegyzék

<b>1 Mit jelent a Metaverzum?</b> .....	3
<b>2 A Metaverzum jelenlegi állapota</b> .....	11
2.1 Miért időszerű a Metaverzum?.....	11
2.2 A Metaverzum jelenlegi állapota és jövője.....	12
2.3 A Metaverzum mint az internet következő evolúciós szakasza? .....	13
2.3.1 Az internet evolúciója.....	14
2.3.1.1 Web 1.0.....	14
2.3.1.2 Web 2.0.....	14
2.3.1.3 Web 3.0.....	15
2.3.2 A Metaverzum és a Web 3.0 közötti kapcsolat.....	16
<b>3 Metaverzumot építő technológiák</b> .....	18
3.1 Mesterséges intelligencia (AI).....	19
3.2 Immerzív technológiák.....	21
3.2.1 Virtuális valóság (VR).....	23
3.2.2 Kiterjesztett valóság (AR) .....	24
3.2.2.1 Kijelző technológiák .....	25
3.2.2.2 Szenzorok és kamerák.....	25
3.2.2.3 Feldolgozó egységek.....	25
3.2.2.4 Számítógépes látás és gépi tanulás.....	25
3.2.2.5 Szoftveres keretrendszerek.....	26
3.2.2.6 Felhasználói felület és interakció tervezés .....	26
3.3 Térbeli számítástechnika és 3D rekonstrukció.....	27
3.3.1 Egyidejű Lokalizáció és Térképezés (SLAM).....	27
3.3.2 Neurális sugármezők (NeRF) .....	28
3.3.3 Gaussian splatting (3DGS) .....	29
3.3.4 Összegzés.....	30
3.4 Blokklánc és kriptovaluta.....	30
3.4.1 Blockchain technológia működése és alapvető jellemzői.....	30
3.4.2 A kriptovaluták, NFT-k és a digitális tulajdonjog szerepe a metaverzumban .....	31
3.5 Hálózati infrastruktúrák.....	32
<b>4 Metaverzum jogi, szabályozási kérdései</b> .....	33
4.1 Adatvédelem a Metaverzumban.....	35
4.2 Tulajdonjog a Metaverzumban.....	37
4.3 Bűncselekmények a Metaverzumban.....	39
4.4 Adózási kérdések a Metaverzumban.....	40
4.4.1 Munkajog és foglalkoztatás .....	41

<b>5 Hasznos és kifizethető gyakorlatok, káros társadalmi jelenségek .....</b>	<b>41</b>
5.1 Hasznos aspektusok.....	41
5.1.1 Virtuális oktatás és tanulás .....	41
5.1.2 Távmunka és kollaboráció .....	43
5.1.3 Közösségépítés és szociális interakció.....	44
5.2 Káros aspektusok.....	44
5.2.1 Adatvédelem és személyes adatok kihasználása.....	44
5.2.2 Digitális függőség és szociális izoláció .....	44
5.2.3 Online zaklatás és kiberbűnözés .....	44
5.2.4 Szellemi tulajdonjogok megsértése.....	45
<b>6 Metaverzumot használók tapasztalatai - Kutatás.....</b>	<b>45</b>
6.1 Bevezető.....	45
6.2 A kérdőív.....	47
6.3 Elemzés .....	49
6.3.1 Minta összetétele, demográfiai eredmények.....	49
6.3.2 Metaverzumról alkotott ismeretek általában.....	51
6.3.3 Metaverzumról konkrétan .....	51
6.3.4 Metaverzum használati területei, veszélyei, kockázatai .....	54
6.3.5 Eszközök és platformok, kriptovaluta és blokklánc .....	58
6.4 Összegzés .....	61
<b>7 Fókuszcsoporthoz kutatás .....</b>	<b>61</b>
7.1 Metaverzummal kapcsolatos ismeretek, vélekedések .....	62
7.2 Felhasználási területek .....	63
7.3 Metaverzum veszélyei, negatív hozadéka .....	65
7.4 Összegzés .....	65
<b>8 Összefoglalás.....</b>	<b>66</b>
<b>Referenciák.....</b>	<b>67</b>

# 1 Mit jelent a Metaverzum?

A Metaverzum szó a görög meta előtag (jelentése: túl) és a verzum utótag (az univerzum rövidítése) szóból képzett szóösszetétel. A kifejezést Neal Stephenson-nak tulajdonítják, legalábbis írásos formában az ő 1992-es "Snow Crash" [1] című sci-fi regényében szerepelt először. A regényben a metaverzum nincs jól definiálva, csupán a cselekményből derül ki, hogy mire is gondolhatott ezen szóösszevonással a szerző. Stephenson művében a metaverzum egy virtuális tér, ahol a felhasználók, akiket avatarok képviselnek, interakcióba léphetnek egymással és a környezetükkel.

Bár definíció Stephenson regényében sem szerepel és az író is csak sejtetni engedi, hogy mi pontosan a metaverzum, egy másik, virtuális, alternatív univerzum, egy meta univerzum, mivel a kifejezés már meglévő szavak összetételéből képződik, így minden olvasó számára adott egy elképzelés, amit ehhez társít. Ez a fiktív ábrázolás nagy hatással volt arra, hogyan képzelik el ma is a metaverzumot a valós technológia és kultúra területén a felhasználók, azonban ezen organikus fejlődésből vezethető le az is, hogy nincs pontos, egzakt definíciója annak, hogy a felhasználók (vagy akár szakértők) mit értenek pontosan a metaverzum fogalmán.

Tovább nehezíti egyetlen pontos definíció megtalálását, hogy a metaverzum fogalma az idő folyamán sokat változott az új technológiák (például a blockchain) megjelenésével és a metaverzum részleges valóssá válásával, emiatt különböző kontextusokban más-más jelentéssel bírhat. Sajnos a szakirodalomban sem egyértelmű, hogy a definíció mennyire tág. Bár mindenhol egy virtuális valóságot, világot értenek alatta, nagyban eltér, hogy ennek mik a szükséges és elégséges elemei, s mennyire megengedőek a szakértők ezen a területen.

Mindegyik definícióban közös [2], hogy egy virtuális világot értünk alatta, melyben egy vagy több felhasználó kapcsolatba kerülhet a világ elemeivel vagy egymással, de ezen felül sajnos nem lehetséges átfogó és általános definíciót alkotni, ezért mi is néhány különböző megközelítést mutatnánk be, mely módon a metaverzumot definiálhatjuk. A definíciók egyre szűkebb területeket vonnak magukba, egyre több szükséges elemet említnek, így egymást tartalmazzák.

- *Virtuális valóság (VR) alapú terek*

A metaverzumot gyakran úgy írják le, mint egy kollektív virtuális megosztott teret, melyben a virtuális grafikát kiegészítik az ottani fizikai törvények, szabályok és ezek együttese egy interaktív teret alkot. Ebben az értelemben egy teljesen magával ragadó 3D világ, ahol a felhasználók interakcióba léphetnek a számítógéppel generált környezettel és más felhasználókkal.

Arról is megoszlanak a definíciók, hogy milyen szabályokat nevezhetünk fizikai törvényeknek egy virtuális világban. Egyesek ezt a mi világunkhoz hasonlító fizikai jelenségekre korlátozzák (például gravitáció, erő-ellenőrző hatások), de néhányan beleértik a weboldalak működését (például kattintásra bejön egy új oldal) [3], és ezáltal magát az internetet is a metaverzum részének tekintik. Hasonlóan egyesek kizárják a metaverzumból azon tereket ahol egyetlen felhasználó tevékenykedik vagy akár csak 1-2 felhasználó léphet egymással interakcióba (virtuális videóhívások). Néhány meghatározás a korábbi metaverzum definíciót leszűkíti a masszívan többjátékos online játék (MMO) környezetére, vagyis ahol egyszerre sok személy vesz részt, mint például a "Second Life" vagy a "Fortnite," [4] ahol az emberek szocializálódhatnak, játszhatnak, és akár üzletet is köthetnek egy állandó digitális világban.

- *Kiterjesztett valóság (AR) és vegyes valóság alapú (MR) definíció:*

A metaverzum utalhat egy kiterjesztett vagy vegyes valóság alapú térre is, ahol a digitális és fizikai világok összefonódnak. Ezekben a terekben a digitális tárgyak rávetülnek a fizikai világra, lehetővé téve a valós és virtuális elemek közötti interakciót. Erre példa a Pokémon Go vagy az AR szemüvegek [5], amelyek a valós világot virtuális elemekkel ötvözik.

- *Blokklánc alapú definíció:*

A decentralizált és blokklánc-alapú technológiák megjelenésével egy újabb definíció jelent meg a metaverzum esetében, mivel ezen technikák teszik lehetővé a digitális tulajdonok megőrzését, tulajdonjogok biztosítását egy decentralizált keretben. Ebben az értelemben a metaverzum egy decentralizált digitális tér, amely gyakran kriptovalutákat, NFT-eket (non-fungible tokeneket) és okos szerződéseket foglal magában. Ezen definíció hangsúlyozza a tulajdonjogot, a digitális eszközöket és egy decentralizált struktúrát, ahol a felhasználók nagyobb kontrollal rendelkeznek adataik és élményeik felett. A Decentraland [6] vagy a The Sandbox [7] platformok példák erre a megközelítésre. Ezen definícióban a decentralizáltság és a tulajdonjog követésének biztosítása elengedhetetlen a metaverzum biztosításához.

- *Társadalmi és gazdasági definíció:*

Egyesek a metaverzumot az internet következő iterációjaként definiálják, hangsúlyozva annak társadalmi és gazdasági aspektusait. Ez a definíció a metaverzumot egy olyan virtuális gazdaságnak tekinti, ahol a felhasználók létrehozhatnak, vásárolhatnak, eladhatnak és kereskedhetnek árukkal, szolgáltatásokkal és élményekkel. Kiemeli továbbá a társadalmi interakció, közösségépítés és a digitális identitás lehetőségeit és ezek megléte nélkül nem nevezi metaverzumnak a létrehozott virtuális világot.

- *Alternatív élet definíciója:*

Ezen definíció kissé elkülönül a korábbiaktól, kevésbé pontos és sokkal absztraktabb és a metaverzumot úgy képzeli el, mint egy állandó, összekapcsolt virtuális univerzumot, amely a digitális élet minden aspektusát magában foglalja. Ebben a nézetben a metaverzumot nem korlátozzák konkrét platformok vagy technológiák, hanem egy átfogó digitális valóságként jelenik meg, amely párhuzamosan fut vagy akár esetenként össze is fonódott a fizikai világgal, és ahol minden digitális tevékenység összekapcsolódik.

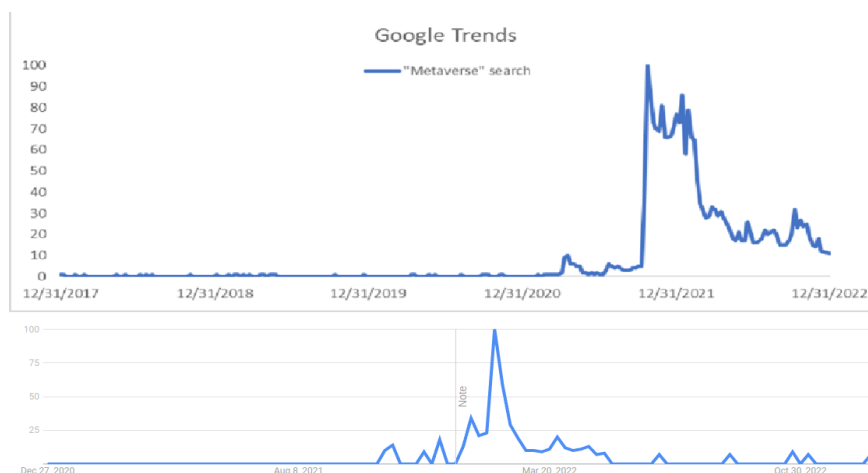
Sajnos már az előző definíciók alapján is látható, hogy különböző személyek, ipari és gazdasági szereplők más és más definíciót adnak meg a metaverzumhoz. S habár ezek a definíciók egy közös magból indulnak ki, különböznek abban, hogy mennyire megengedőek és milyen technológiák meglétét tekintik szükségesnek. Bár elvitathatalan, hogy minden személy kissé mást érthet a metaverzum kifejezésen, hasznos lehet megvizsgálni, hogy az átlag emberek számára, honnan ered a metaverzum definíciója, hiszen a legtöbb személy nem olvasta Stephenson regényét, valamint a Blockchain technológiákat is legfeljebb említés szintén ismeri, így nem valószínű, hogy ezekhez kötné a metaverzum definícióját. Ezen a területen piacvezető cégnek számít a Meta, korábban Facebook, mely pont a cég fókuszának kiemelésével nevezte át magát 2021. október 28.-án. Az 1 ábrán jól látható, hogy ezen esemény által került be a metaverzum kifejezés a köztudatba és nagyon sokan ekkor ismerkedtek meg a tartalmával. Érdekes, hogy a magyar nyelven tájékozódó felhasználók nagy részéhez a Telex nevű hírportál 2022.02.10.-n megjelent átfogó cikke [8] alapján jutott el a definíció (ekkor látható a magyar keresési görbe messze legnagyobb, kiemelkedő csúcsa), pedig szinte minden

nagyobb magyar hírportál már 2021 októberében írt a metaverzumról és a Facebook várható átnevezéséről. A Telex cikkében is amúgy a viszonylag megengedőbb, talán legáltalánosabb definíció található: "Egy megosztott, virtuális világ, amit a felhasználók bármilyen platformról képesek elérni, és ahol a virtuális avatárjaikkal tudnak kapcsolatba lépni egymással", bár említésre kerül, hogy léteznek más definíciók is.

Emiatt fontos talán az ő definíciójukat is megemlíteni, hiszen mind nemzetközi, mind magyar szinten ezen esemény által jutott el a legtöbb emberhez a metaverzum definíciója: Mark Zuckerberg Víziója: Egy újabb és specifikusabb kontextusban a Meta a metaverzum köré építette át márkáját. A Meta szerint a metaverzum a társadalmi kapcsolatok következő evolúciója, ahol a felhasználók egy teljesen magával ragadó, megosztott környezetben élhetnek át élményeket munkára, játékra és társadalmi interakciókra vonatkozóan. A Meta ezt egy olyan testet öltött internetként képzelel el, ahol az emberek 3D terekben léphetnek kapcsolatba egymással, mintha fizikailag együtt lennének. Ezek a definíciók tükrözik a metaverzum fogalmának sokrétű és folyamatosan fejlődő természetét, amelyet a technológia, a kultúra és a gazdaság fejlődése formál.

A metaverzum fogalma jelenleg nem csupán a szó köznapi értelmében nem rendelkezik egyértelmű, tudományosan elfogadott definícióval [10]. A tudományos közösségben sincs egyetértés abban, hogy pontosan milyen lesz a metaverzum, azonban két átdolgozott definíciót is javasoltak a szakirodalomban. Az első definíció [11] egyszerűbb, átfogó módon írja le a metaverzumot mint egy háromdimenziós online környezetet, ahol a felhasználók, akiket avatárak képviselnek, interakcióba lépnek egymással olyan virtuális terekben, amelyek függetlenek a valós fizikai világtól. A második definíció [12] részletesebb, és mélyebb elemzést is tartalmaz.

Hogy kissé segítsük a sokrétű és más tudományos területeken történő más és más definíciók közötti eligazodást [10] alapján egy táblázatban gyűjtöttük össze.



Ábra 1: Az ábrán a Google keresésekben a metaverzum kifejezés népszerűsége látszik. A felső ábra az angol nyelvű kifejezést (metaverse) mutatja. Jól látható az ábrából, hogy a metaverzum, mind kifejezés a Facebook átnevezésével került be a köztudatba és az emberek nagy része ehhez kapcsolja a szó definícióját is. Az alsó ábrán ugyanezen adat látható a magyar metaverzum kifejezésre. Megfigyelhető, hogy a keresésekben való megjelenés ugyanúgy október 28-hoz köthető (itt található az ábra első csúcsa). Azonban a legnagyobb csúcs néhány hónapos késéssel Januárban látható, amikor magyar hírportálok is részleteiben foglalkoztak a Facebook nevű cég átnevezésével. Forrás: [9] a metaverzum különböző területen való definícióit:

Tudományterület	Forrás	Definíció (Eredeti Angol)	Definíció (Magyar)
Bölcseztudomány	13	What makes the metaversal worlds different from the other online environments and graphically similar—even better—online games is the idea of the user-created content. The inhabitants are not presented with a ready-made world, but they can design and possess the real world copyrights of their designs; they can construct their identities from scratch, study or work to earn real money, and socialise by participating in any kind of group activities. Thus, they create collaboratively not only the graphical and interactive content but also the economical and social structures in these 3-D worlds.	A metaverzumot a felhasználó által létrehozott tartalom ötlete különbözteti meg a többi online környezettől és a grafikaiailag hasonló - sőt jobb - online játékoktól. A résztvevők nem egy kész világgal találkoznak, hanem ők tervezhetik meg és birtokolhatják a valós világbeli szerzői jogokat; megépíthetik a saját identitásukat a semmiből, tanulhatnak vagy dolgozhatnak, valódi pénzt kereshetnek, és bármilyen formában részt vehetnek a szocializációban. Csoportos tevékenységekben vehetnek részt, így nemcsak a grafikus és interaktív, hanem a közösségi alkotásokon keresztül nem csak tartalmakat, hanem a gazdasági és társadalmi struktúrákat is létrehozhatnak ezekben a háromdimenziós világokban.
Közgazdaságtan	14	There were four emerging technologies that make up the so-called Metaverse—a digital domain equivalent to the atom based domain of our physical lives. These technologies are: Mirror worlds—digital representations of our own atom based world, such as Google Earth, Google Maps, and Microsoft Virtual Earth 3D; Virtual worlds—digital representations of any space, imagined or real, such as Second Life; Lifelogging—the digital capture of information about people and objects in the real (or digital) worlds; and Augmented reality—sensory overlays of digital information on the real (or even virtual) world, e.g., using headup displays (HUDs).	Négy újonnan megjelenő technológia az úgynevezett metaverzumot alkotják - egy digitális tartományt, amely fizikai életünk atomi tartományának felel meg. Ezek a technológiák a következők: Tükörvilágok - saját atomjaink digitális reprezentációi, mint például a Google Earth, a Google Maps és a Microsoft Virtual Earth 3D; virtuális világok - bármely elképzelt vagy valós tér digitális reprezentációi, mint például a Second Life; Lifelogging - a valós (vagy digitális) világokban élő emberekről és tárgyokról szóló információk digitális rögzítése; és a kiterjesztett valóság - a digitális információk érzékszervi átfedése a valós (vagy akár virtuális) világgal, pl. headup displayek (HUD) segítségével.
Közgazdaságtan	15	In this positioning paper we will focus on the business activities and commercial applications that virtual worlds can host, and examine the wider implications of these virtual environments, often referred to as 'metaverses'.	Ezen tanulmányban azokra az üzleti tevékenységekre és kereskedelmi alkalmazásokra összpontosítunk, amelyeknek a virtuális világok otthont adhatnak, és megvizsgáljuk e virtuális környezetek - amelyeket gyakran metaverzumoknak neveznek - tágabb értelemben vett következményeit.
Informatika	16	The objective of our Metaverse is to provide users with an open, untethered, immersive environment that fools their visual senses into believing that the traditional barriers of time and space have been removed. Users access this meta-world through an interface called a Metaverse Display Portal that is (1) visually immersive, (2) self-configuring and monitoring, (3) interactive, and (4) collaborative.	A metaverzum célja, hogy a felhasználók számára egy nyitott, független, magával ragadó környezetet adjon, amely megtéveszti a vizuális érzékszerveiket, hogy azt higgyék, hogy az idő és a tér hagyományos korlátai megszűntek. A felhasználók egy interfészen, a Metaverse Display Portal-on keresztül, férnek hozzá ehhez a meta-világhoz, amely (1) vizuálisan magával ragadó, (2) önkonfiguráló és monitorozó, (3) interaktív és (4) együttműködő.
Informatika	17	Second Life is a three dimensional metaverse that is visualized graphically, where individuals are represented by avatars, and interact with other avatars and their environment.	A Second Life egy háromdimenziós metaverzum, amely grafikusán kerül megjelenítésre, ahol az egyéneket avatárok képviselik, és kölcsönhatásba lépnek más avatárokkal és a környezetükkel.

Informatika	18	Beyond the entertainment and game-play features, virtual worlds are evolving toward Stephenson's concept of a metaverse in which social and economic interactions are the main drivers. Currently, one of the best examples of this evolution is Second Life (www.secondlife.com), an SVW in which people (called residents) can communicate, collaborate, and buy and sell not only virtual goods and services (such as clothes and real estate) but also real products through their customized virtual spaces and avatars.	A szórakoztatáson és a játékon túli funkciók mellett a virtuális világok fejlődése Stephenson koncepciója, a metaverzum felé halad, amelyben a társadalmi és gazdasági interakciók a főszereplők mozgatórugói. Jelenleg az egyik legjobb példa a Second Life (www.secondlife.com), egy SVW, amelyben az emberek (az úgynevezett lakosok) kommunikálhatnak, együttműködhetnek és vásárolhatnak. Eladni nemcsak virtuális javakat és szolgáltatásokat (például virtuális ruhákat és ingatlanokat), hanem valós termékeket is lehet a személyre szabott virtuális térünkön és avatárjainkon keresztül.
Informatika	19	Three-dimensional virtual worlds can be broadly classified into online games and metaverses. Meta-universes, or metaverses, are fully immersive virtual spaces that significantly differ from online games in several ways. Key characteristics are: Seamless persistent world, user generated content and massive and dynamic content.	A háromdimenziós virtuális világok az online játékok és metaverzumok kategóriáira oszthatók. A meta-univerzumok vagy metaverzumok teljesen magával ragadó virtuális terek, amelyek több szempontból is jelentősen különböznek az online játékoktól. A legfontosabb jellemzőik a következők: folytonos, tartós világ; felhasználó által generált tartalom, valamint masszív és dinamikus tartalom.
Informatika	20	These virtual worlds or metaverses are in fact true social networks and they are useful for interaction between people in different locations.	Ezek a virtuális világok vagy metaverzumok valójában valódi társadalmi hálózatok, és ezek hasznosak a különböző helyeken élő emberek közötti interakcióhoz.
Informatika	21	Until now such theories had to primarily deal with two spaces, the physical 'offline' one and the online one. This has been true even in the information age as the world's institutional and legal structures are largely still geographically based. However, new technologies made it possible to add new virtual spaces and environments, often referred to as metaverses, within which economic and social activities can take place	Eddig az ilyen elméleteknek elsősorban két dologgal kellett foglalkozniuk: a fizikai (offline) és az online térrel. Ezen állítás (az offline terek dominanciája) még az információs korszakban is meghatározó volt, mivel a világ intézményi és jogi struktúrái még mindig nagyrészt földrajzi alapúak. Az új technológiák azonban új virtuális tereket és környezeteket tettek lehetővé, amelyeket gyakran metaverzumoknak neveznek, és amelyekben belül a gazdasági és társadalmi tevékenységek zajlanak.
Informatika	22	Metaverses are immersive three-dimensional virtual worlds (VWs) in which people interact as avatars with each other and with software agents, using the metaphor of the real world but without its physical limitations. This broad concept of a metaverse builds on and generalizes from existing definitions of VWs (e.g., Bainbridge, 2007). Metaverses provide virtual team members with new ways of managing and overcoming geographic and other barriers to collaboration. These environments have potential for rich and engaging collaboration, but their capabilities have yet to be examined in depth.	A metaverzumok olyan magával ragadó háromdimenziós virtuális világok, amelyekben az emberek avatárként lépnek kapcsolatba és szoftver ügensekkel, a valós világ metaforáját használva, de annak fizikai világa és korlátai nélkül. A metaverzum e tág fogalma a következő fogalmak meglévő definícióira épül és azokat általánosítja (pl. Bainbridge, 2007). A metaverzumok a virtuális csapattagok számára új lehetőségeket biztosítanak az irányításhoz és az együttműködés földrajzi és egyéb akadályainak leküzdésére. Ezekben a környezetekben komoly potenciál rejlik a gazdag és vonzó együttműködések kialakításához, de ezen képességeket még nem vizsgálták meg mélyen és alaposan.
Informatika	23	A virtual world is an instantiation of a metaverse – a fully immersive 3-dimensional virtual space in which people interact with each other through the use of avatars and software agents. This virtual space resembles the real world, or first life, but is without its physical limitations.	A virtuális világ a metaverzum egy példánya - egy teljesen magával ragadó, 3 dimenziós virtuális tér, amelyben az emberek avatárak és szoftverek segítségével lépnek kapcsolatba egymással. Ez a virtuális tér hasonlít a valós világra, vagyis az első életre, de nem rendelkezik annak fizikai korlátaival.

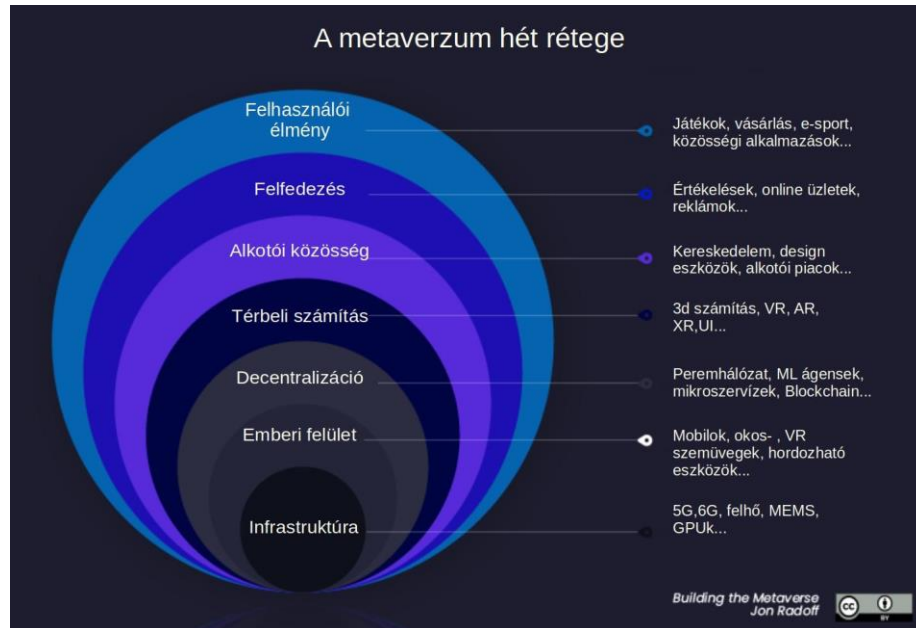


Informatika	24	These virtual worlds, or metaverses, are in fact true social networks, and they are useful for interaction between people in different locations.	Ezek a virtuális világok, vagy metaverzumok valójában szociális hálózatok, és lehetővé teszik különböző helyeken élő emberek közötti interakciókat.
Informatika	25	Metaverses are immersive three-dimensional virtual worlds (VWs) where people interact with each other and their environment, using the metaphor of the real world but without its physical limitations.	A metaverzumok olyan magával ragadó háromdimenziós virtuális világok, ahol az emberek kölcsönhatásba lépnek egymással és a környezetükkel, a valós világ metaforáját használva, de annak fizikai korlátai nélkül.
Informatika	26	Metaverses use the metaphor of the real world but without its physical limitations. A virtual world is a specific instantiation of a metaverse, also referred to as a virtual space or virtual world environment. Virtual worlds provide virtual team members with new ways of managing and overcoming geographic and other barriers to collaboration. These types of environments allow for rich and engaging collaboration among team members.	A metaverzumok a valós világ metaforáját használják, de a annak fizikai korlátai nélkül. A virtuális világ a metaverzum egy speciális példánya, amelyet virtuális térnek is neveznek. A virtuális világok a virtuális csapattagok számára új módokat biztosítanak a földrajzi és egyéb együttműködési akadályok leküzdésére. Az ilyen típusú környezetek lehetővé teszik a gazdag és magával ragadó együttműködést a csapatok és azok tagjai között.
Informatika	27	The word Metaverse is a portmanteau of the prefix “meta” (meaning “beyond”) and the suffix “-verse” (shorthand for “universe”). Thus it literally means a universe beyond the physical world. More specifically this “universe beyond” refers to a computer-generated world, distinguishing it from metaphysical or spiritual conceptions of domains beyond the physical realm. In addition, the Metaverse refers to a fully immersive three dimensional digital environment in contrast to the more inclusive concept of cyberspace that reflects the totality of shared online space across all dimensions of representation. The progression of development culminates in a complete Metaverse that involves multiple MetaGalaxies and MetaWorld systems. A standardized protocol and set of abilities would allow users to move between virtual worlds in a seamless manner regardless of the controlling entity for any particular virtual region.	A metaverzum szó a görög meta előtag (jelentése túl) és a verzum utótag (az univerzum rövidítése) szóból képzett szóösszetétel. Így szó szerint azt jelenti, hogy egy univerzum a világegyetemen túl. Konkrétabban ez a túlvilági univerzum egy számítógép által generált világot jelent, megkülönböztetve azt a metafizikai vagy spirituális elképzelésektől és a fizikai birodalmon túli tartományoktól. Ezen túlmenően a metaverzum egy teljesen magával ragadó, háromdimenziós digitális környezetre utal, szemben a kibetér átfogóbb fogalmával, amely a megosztott online tér összességét tükrözi a reprezentáció minden dimenziójában. A fejlődés előrehaladása egy teljes metaverzumban csúcspontot ér el, amely több MetaGalaxist és MetaVilágot foglal magában. Egy szabványosított protokoll és képességek összessége lehetővé tenné a felhasználók számára, hogy zökkenőmentesen mozogjanak a virtuális világok között függetlenül attól, hogy melyik virtuális régiót melyik entitás irányítja.
Informatika	28	A future topology for multiple virtual worlds metagalaxies or the Metaverse. The key difference between the Internet and the Metaverse, is that the Metaverse would support real time operation. Because the Internet is already mixed reality (e.g., with video conferencing, web cameras depicting a live video feed of cities in the physical world, tele-operations, and projections from the net onto buildings), it is possible to conclude that the Metaverse will be necessarily mixed as well.	A jövő topológiája lehetőséget nyújt majd több virtuális világ metagalaxisai vagy a Metaverse számára. Az Internet és a Metaverse közötti legfontosabb különbség az, hogy a Metaverse támogatná a valós idejű működést. Mivel az Internet már most is vegyes valóság (pl. videokonferenciák, webes konferenciák) webkamerák segítségével, amelyek a fizikai világban lévő városok élő videóközvetítését, távműveleteket és a hálózatról épületekre történő kivetítést mutatnak), arra lehet következtetni, hogy a metaverzum szükségszerűen vegyes lesz.

Informatika	29	Metaverse is a combination of meta (meaning beyond) and the stem verse from universe, denoting the next-generation Internet in which the users, as avatars, can interact with each other and software applications in a three dimensional virtual space.	A metaverzum a meta (jelentése túl) és az univerzum szóból származó szótörredék kombinációja, amely a következő generációs internetet jelöli, amelyben a felhasználók avatárként, háromdimenziós virtuális térben léphetnek kapcsolatba egymással és a szoftveralkalmazásokkal.
Informatika	5	Metaverse, combination of the prefix meta (implying transcending) with the word universe, describes a hypothetical synthetic environment linked to the physical world.	A metaverzum, a meta előtag és az univerzum szó kombinációja, egy hipotetikus szintetikus környezetet ír le, amely a fizikai világhoz kapcsolódik.
Informatika	30	When the metaverse is brought to life as it was designed, it will be possible to perform many daily activities such as working, traveling, shopping, going to school, having fun by creating a 3d avatar in a digital universe. Any change users make in the metaverse will be permanently visible to almost everyone, thus providing users with greater identity and continuity of experience.	Ha a metaverzum a terveknek megfelelően életre kel, akkor egy 3D-s avatár létrehozásával egy digitális univerzumban számos mindennapi tevékenységet lehet majd elvégezni, például dolgozni, utazni, vásárolni, iskolába járni, szórakozni. A felhasználók által a metaverzumon belül végrehajtott bármilyen változás szinte mindenki számára állandóan látható lesz, így a felhasználók számára nagyobb identitást és a tapasztalatok folytonosságát biztosítja.
Informatika	12	Metaverse is a compound word of transcendence meta and universe and refers to a three-dimensional virtual world where avatars engage in political, economic, social, and cultural activities.	A metaverzum a transzcendencia, meta és univerzum összetett szava, és egy háromdimenziós virtuális világra utal, ahol az avatárok politikai, gazdasági, társadalmi és kulturális tevékenységet folytathatnak.
Környezettudomány	31	There is no single, unified entity called the metaverse. Rather, there are multiple mutuallyreinforcing ways in which virtualization and 3D web tools and objects are being embedded everywhere in our environment and becoming persistent features of our lives.	Nem létezik egyetlen, egységes definíció a metaverzumra. Sokkal inkább több, egymást erősítő mód van arra, hogy a virtualizáció és a 3D-s webes eszközök és tárgyak mindenütt beágyazódjanak a környezetünkbe, és életünk állandó jellemzőivé váljanak.
Orvostudomány	32	The most representative definition of the metaverse is that the metaverse is a virtual world parallel to and independent from the real world. Metaverse is also considered as an online virtual world which mirrors the real physical world.	A metaverzum legjellemzőbb meghatározása szerint a metaverzum a valós világgal párhuzamos és attól független létező virtuális világ. A metaverzumot olyan online virtuális világnak is tekintik, amely a valós fizikai világot tükrözi.
Társadalomtudomány	33	In this world individuals interact through a perceived threedimensional landscape by creating avatars-artistically created virtual representations of individual users-that need a limited connection to the appearances of the people they represent. Each avatar is visible to all other users, and avatars interact with each other in this communal virtual space through software-specified rules. Although the Metaverse was complete fiction at the time of its invention, models of it now exist and can be browsed on the Web.	Ebben a világban az egyének egy érzékelt háromdimenziós téren keresztül interakcióba léphetnek egymással azáltal, hogy avatárokat - az egyes felhasználók művésziileg létrehozott virtuális reprezentációit - hoznak létre, amelyeknél nem szükséges, hogy kapcsolatban álljanak az általuk képviselt személyek megjelenésével. Minden avatár látható az összes többi felhasználó számára, és az avatárok a szoftver által meghatározott szabályok segítségével lépnek kapcsolatba egymással ebben a közösségi virtuális térben. Bár a metaverzum kitalálása idején teljes fikció volt, ma már léteznek modelljei, és a világhálón böngészhetőek.

Társadalomtudomány	34	The metaverse, a kind of cyberspace world that could be considered a glorified chat room with total-body surround made possible by sophisticated system of earphones and goggles that allowed individuals to live and act in a cyberspace peopled by iconic representations known as 'avatars,' a term that Stephenson coined to denote the self-selected images people could select or create to represent their personae and enact their deeds in the cyberspace of the metaverse. These avatars could be crude artifacts with little reality, rented by the hour. In appearance these downmarket avatars are somewhat wooden icons like those we use today. They could also run all the way up to dramatically realistic or specially constructed representations created by talented hackers either for their own use or for sale to wealthy clients.	A metaverzum, egyfajta kibertér-világ, amely egy megdicsőült csevegőszobának tekinthető, teljes testet körülvevő, kifinomult fülhallgató- és szemüvegrendszerrel, amely lehetővé tette az egyének számára, hogy egy olyan kibertérben éljenek és cselekedjenek, amelyet avatok néven ismert ikonikus ábrázolások népesítenek be - ez a Stephensonnak köszönhető kifejezés az emberek által kiválasztott vagy létrehozott, saját maguk által kiválasztott képeket jelöli, amelyek a metaversum kibertérében személyiségüket és tetteiket képviselik. Ezek az avatok durva, kevés valóság tartalommal rendelkező, óránként bérelhető műalkotások lehetnek. Megjelenésüket tekintve ezek az alantas avatok olyan fából faragott ikonok, mint amilyeneket ma is használunk. Eljuthatnak egészen a drámaian valóság-hű vagy speciálisan konstruált, tehetséges hackerek által saját használatra vagy gazdag ügyfeleknek történő eladásra készített, drámaian valóság-hű vagy speciálisan konstruált ábrázolásokig is.
Társadalomtudomány	35	Technological advances in three-dimensional graphics, network connectivity, and bandwidth have just begun to enable online spaces that embody the Metaverse concepts of user creation and broad use. Conventional MMORPGs are demonstrating the desire for online worlds that are economically linked to the real world, and also that social interaction is the dominant reason for users to spend time in-world.	A technológiai fejlődés a háromdimenziós grafika, a hálózati csatlakoztathatóság és a sávszélesség terén csak most kezd lehetővé tenni olyan online terek létrehozását, amelyek a felhasználói alkotás és a széleskörű használat metaverzum koncepcióját testesítik meg. A hagyományos MMORPG-k bizonyítják a valós világhoz gazdaságilag kapcsolódó online világok iránti vágyat, valamint azt, hogy a társadalmi interakció a domináns oka annak, hogy a felhasználók időt töltsenek a világban.
Társadalomtudomány	36	The Second Life system by Linden Lab is a persistent 3D world, or metaverse. Users access the online system with a proprietary client and interact with content and other "residents." Unique features include simple tools for constructing 3D objects and scripting tools for interactive content - including connectivity with external web-pages and internet resources.	A Linden Lab által létrehozott Second Life rendszer egy állandó 3D-s világ, vagy más néven metaverzum. A felhasználók egy saját fejlesztésű klienssel lépnek be az online rendszerbe, és interakcióba lépnek a tartalommal és más lakókkal. Az egyedülálló funkciók közé tartoznak a 3D objektumok építésének egyszerű eszközei és az interaktív tartalmakhoz szükséges szkriptkészítő eszközök - beleértve a külső weboldallal és internetes forrásokkal való kapcsolódást.
Társadalomtudomány	37	In particular, we consider the role of a Metaverse, understood as a globally accessible 3D virtual space and computing infrastructure—and today still a conceptual vision—as a mediator between technology trends and societal and business applications.	Különösen a globálisan elérhető 3D virtuális térként és számítástechnikai infrastruktúráként értelmezett metaverzum - amely ma még csak koncepcionális vízió - szerepét vizsgálhatjuk, mint a technológiai trendek, valamint a társadalmi és üzleti alkalmazások közötti közvetítő szerepet.

Mindenképpen el kell ismernünk, hogy a fejlődés eddigi leggyorsabb és emiatt egyben legkaotikusabb szakaszában tartunk, ahol bizonyos technológiák már elkezdtek működni és ennek hála számos új keretrendszer és környezet ütötte fel a fejét. Azonban még nem található egy átfogó megoldást és ennek köszönhetően a standardizáció, a fejlődés letisztulása sem indult meg. Emiatt a metaverzum definíciója is napról napra alakul és ahogy a szakirodalomból származó definíciók is, nagyon sokrétűek és eltérőek lehetnek. Ennek összefoglalásaként és leegyszerűsítéseként inkább az alábbi 2. ábrára hivatkoznánk, amely a metaverzum hét egymásra épülő rétegét mutatja be. A definíciók is, ha nem is teljes mértékben, de nagyban korrelálnak ezen rétegekkel, és az adott rétegekben található technológiák vagy szolgáltatások meglététől teszik függővé, hogy valami megfelel-e az adott szempontból való metaverzum definíciónak és kritériumoknak.



Ábra 2: A metaverzum hét rétege Jon Radoff megosztásában. Az eredeti ábra forrása: [38].

## 2 A Metaverzum jelenlegi állapota

### 2.1 Miért időszerű a Metaverzum?

A metaverzum koncepciója, valamint a virtuális háromdimenziós világok gondolata már évtizedek óta jelen van a technológiai diskurzusban. Az 1990-es években, amikor az internet egyre szélesebb körben vált elérhetővé, gyakran használták az "adat-autópályák" és a kibertér kifejezéseket. A kibertér már ekkor is egyfajta virtuális 3D tér képét idézte fel, amely a digitális környezetben történő interakciók új dimenzióját jelentette. A 3D világok megvalósításához szükséges technológiai eszközök is már egy ideje léteztek, ám a technológia fejlődése és az alkalmazások elterjedése hosszú időt vett igénybe. Azóta jelentős technológiai és társadalmi fejlődésen mentünk keresztül, amely lehetővé tette a metaverzum modern koncepciójának megjelenését és a kiterjesztett és virtuális valóság eszközeinek széles körű alkalmazását. Az a kérdés, hogy ha sem a metaverzum kifejezés, sem a virtuális világok létrehozásához szükséges technológia nem új keletű, miért vált hirtelen ennyire központi témává a metaverzum koncepciója, különösen a gazdasági és társadalmi diskurzusban? Miért lett a metaverzum releváns a mai világban? Több tényező is hozzájárult ahhoz, hogy a metaverzum ekkora figyelmet kapjon, és mindezek együttesen megteremtették az optimális feltételeket a metaverzum fejlesztéséhez és népszerűségének növekedéséhez.

- *Piaci időzítés* - A COVID-19 világvárvány hatásai jelentős mértékben hozzájárultak a metaverzum térnyeréséhez. A világvárvány következtében a munkahelyek egyre inkább a felhő alapú szolgáltatások felé tolódtak, és a virtuális munkahelyek gondolata elfogadottá vált. A munka már nem kötődik egy adott fizikai helyhez, és ez a rugalmasság elősegítette a virtuális világokban való munka lehetőségének elfogadását. A metaverzum fejlesztésében ez a változás hatalmas lendületet adott, mivel a távoli munkavégzés és a virtuális interakciók iránti igények egyre növekedtek.

- *Generációs felkészültség* - A jelenlegi fiatalabb generációk, különösen a Z generáció és az Alpha generáció, már alapvetően másként viszonyulnak a digitális világhoz, mint elődeik. Számukra a virtuális világokban történő interakciók szerves részei az identitásuknak és mindennapi életüknek. Ezek a generációk már a digitális világban nőttek fel, ahol az online közösségek és a digitális tartalom létrehozása és megosztása alapvető elemei lettek a társadalmi interakcióiknak. Az úgynevezett alkotó közösség (creator community) tagjai már régóta aktívan részt vesznek a digitális tartalmak létrehozásában és megosztásában, ami előkészítette a terepet a metaverzum számára.
- *A tartalom értéke* - A digitális tartalom, amely a 2000-es évek elején még nem rendelkezett akkora értékkel, ma már hatalmas gazdasági potenciállal bír. A digitális eszközök, mint például a virtuális ruházat, virtuális világok és digitális műalkotások, napjainkban milliárdokat érnek. A számítógépes játékok felhasználói már hozzászoktak ahhoz, hogy valódi pénzt költenek virtuális tárgyakra, így a digitális áruk értéke jelentős mértékben megnőtt.
- *Technikai követelmények* - A kiterjesztett és virtuális valóság technológiák elérték azt a technológiai érettséget, amely szükséges a széles körű alkalmazáshoz. Például az Oculus, amely 2021 karácsonyának idején az Apple Store alkalmazásboltban az ingyenes alkalmazások között az első helyen állt, jól mutatja, hogy ezek a technológiák egyre inkább beépülnek a mindennapi életbe. Ezenkívül az olyan új technológiák, mint a blokklánc és a nem helyettesíthető tokenek, amelyek elengedhetetlenek a digitális identitás fenntartásához, szintén egyre elterjedtebbé válnak. A blokklánc technológia lehetővé teszi a digitális gazdaság működését a metaverzum-ban azáltal, hogy biztosítja a digitális eszközök tulajdonjogát és azok interoperabilitását. Így a vásárlás, eladás és egyéb pénzügyi tranzakciók könnyedén replikálhatók és alkalmazhatók különböző metaverzumokban.

A fenti tényezők együttes hatása révén a piaci erők jelentősen felgyorsították a metaverzum fejlődését, és annak társadalmi és gazdasági jelentőségét a jelenlegi digitális világban. Ahogy a technológia tovább fejlődik, a metaverzum valószínűleg még inkább központi szerepet fog játszani a társadalmi, gazdasági és kulturális interakciók új formáinak kialakításában.

## **2.2 A Metaverzum jelenlegi állapota és jövője**

A metaverzum jelenlegi fejlődése még korai szakaszban van, de a benne rejlő lehetőségek és ígéretek már most is jelentősek. Jövőbeli alakulását azonban nehéz pontosan előre jelezni, mivel számos tényező befolyásolhatja, akár csak az internet korai időszakában. A 1990-es évek végén az internet még egy kiforratlan technológiai innováció volt, bár a szükséges hardverek, szoftverek és infrastruktúra már rendelkezésre álltak. Ennek ellenére, akkor még senki sem látta teljes mértékben előre, hogy az internet milyen mértékben fogja átalakítani a mindennapi életünket. Az internet fejlődése során számos váratlan áttörés történt, amelyek végül a mai globális és szerves részévé tették az életünknek.

Hasonlóképpen a metaverzum is az internet következő evolúciós lépcsőfokának tekinthető, amely egy folyamatosan elérhető, háromdimenziós, valós idejű virtuális világgént működik. Ezekben a virtuális terekben a felhasználók teljesen virtuális formában élhetik meg az élményeiket, miközben az immerzív technológiák révén a fizikai és a digitális világ egyre inkább összefonódik. A kiterjesztett valóság segítségével a digitális tartalmakat valós környezetünkben tudjuk megtapasztalni, amely új dimenziókat nyit a mindennapi életben és a munkafolyamatokban. A jövőben például a ruházati cikkek digitális megfelelői is rendelkezésre állnak majd, és ezeket a virtuális térben is használhatjuk. Az avatárunk viselheti ugyanazt a ruhát, mint amit a valóságban mi is viselünk, ezzel még szorosabbra

fűzve a valós és a virtuális világ közötti kapcsolatot. Továbbá, a digitális ikrek révén lehetőség nyílik valós gépek és épületek működési módjainak virtuális megjelenítésére, ezáltal lehetővé téve azok távoli irányítását és felügyeletét.

A metaverzumban új típusú tartalmak is megjelennek, amelyeket a felhasználók hoznak létre, különösen háromdimenziós tárgyak formájában. Ezek a tárgyak a virtuális térben szabadon mozgathatók, szállíthatók, és kereskedni is lehet velük. Az ideális metaverzum koncepciója szerint mind a virtuális, mind a valós áruk birtokolhatók és bárhol használhatók lesznek. Ebben a folyamatban a nem helyettesíthető tokenek (NFT-k) és a blokklánc technológia kiemelkedő szerepet játszanak, mivel ezek biztosítják a virtuális tárgyak tulajdonjogának hitelesítését és védelmét. E technológiák révén a metaverzum egy decentralizált környezetként valósulhat meg, ahol a felhasználók saját maguk birtokolják a virtuális javakat, anélkül, hogy a központi platformok korlátozásai alatt kellene állniuk.

A metaverzum fejlődése tehát egy új korszak kezdetét jelzi az internet történetében, ahol a digitális és fizikai valóság közötti határok fokozatosan elmosódnak. A metaverzum ígéretes lehetőségei és a mögötte álló technológiai innovációk (mint a blokklánc és az NFT-k) megnyithatják az utat egy olyan világ felé, ahol a digitális eszközök valódi értéket képviselnek és a felhasználók nagyobb kontrollt gyakorolhatnak a saját digitális életük felett. Ahogy a technológia fejlődik, a metaverzum fokozatosan alakítja át a társadalmi, gazdasági és kulturális interakciókat, új lehetőségeket teremtve a kreativitás, a kereskedelem és a kommunikáció számára.

### **2.3 A Metaverzum mint az internet következő evolúciós szakasza?**

A metaverzumot az internet következő evolúciós szakaszaként említik, amely szorosan kapcsolódik a Web 3.0 [39, 40] koncepciójához. A Web 3.0 megjelenése jelentős technológiai áttörést hoz a Web 2.0 [41] korlátainak leküzdésében és egy hosszú, évtizedekig tartó átmenetet indít el a jelenlegi internetes infrastruktúrától a Web 3.0 irányába. Ez a folyamat alapvetően megváltoztatja majd az internethez való viszonyunkat és a most meghozott döntések hosszú távú hatással lesznek a jövő generációira. A Web 3.0 forradalma elkerülhetetlen és fokozatosan fog kibontakozni.

A Web 3.0 lehetőséget teremt a gazdag interakciókra és globálisan elérhető tranzakciós modellekre, amelyek hatékony gépi tanulási algoritmusok révén titkosított módon kapcsolják össze az adatokat egyének, vállalatok és gépek között, ezzel támogatva a metaverzum világának működését. A metaverzum megvalósítása történelmünk legnagyobb és folyamatos számítási kapacitását igényli majd.

A metaverzum végső formája decentralizált lesz, azonban a jelenlegi webes ökoszisztéma nem teljes mértékben felel meg e decentralizált világ igényeinek. Sokan úgy vélik, hogy a közelgő Web 3.0 korszak és a metaverzum szoros összefonódást igényelnek és a Web 3.0 elengedhetetlen lépés lehet a metaverzum felé vezető úton. A Web 3.0 olyan új technológiákon keresztül válik megvalósíthatóvá, mint a kriptovaluta, a virtuális és kiterjesztett valóság, valamint a mesterséges intelligencia. Ezek az új technológiák az emberek által és az emberekért működő internet létrehozására irányulnak. Amennyiben ezek a projektek sikeresek, új piacokat és üzleti modelleket hozhatnak létre, amelyek védik a felhasználók magánéletét és lehetővé teszik a vállalatok számára, hogy kifinomultabb alkalmazásokat fejlesszenek, amelyek előmozdítják a Web 3.0 fejlődését. A Web 3.0 Ethernet rendszere gazdag és megbízható interakciós modelleket fog biztosítani számos decentralizált szektorban.

A World Wide Web alapítója szerint a Web 1.0, Web 2.0 és Web 3.0 közötti átmenet különböző fázisokra osztható: a Web 1.0 az olvasható web volt, ahol a felhasználók közötti interakció korlátozott volt; a Web 2.0 az interaktív web, amely lehetővé tette a felhasználók számára az oldalakkal és egymással való interakciót; míg a Web 3.0 a végrehajtható web, ahol a számítógépek képesek lesznek az információk értelmezésére, hasonlóan az emberekhez, és személyre szabott tartalmat fognak generálni a felhasználók számára.

### **2.3.1 Az internet evolúciója**

#### **2.3.1.1 Web 1.0**

Az internet első szakasza, amelyet Web 1.0-nak [42] nevezünk, a 1990-es évektől 2005-ig terjedt és a világháló eredeti formáját képviselte. Ebben az időszakban az internet főként statikus weboldalakból állt, amelyek alapvetően egyszerű, információközlő felületek voltak. Ezek az oldalak szöveges tartalmakat, képeket és esetenként linkeket tartalmaztak, de interaktivitást nem biztosítottak a felhasználók számára. A felhasználók ezen időszakban alapvetően passzív információfogyasztók voltak, mivel az internet akkor még nem tette lehetővé számukra, hogy aktívan részt vegyenek a tartalom létrehozásában vagy megosztásában.

A Web 1.0 technológiai alapjai nyílt forráskódú szoftverekre (mint például a Linux), licenctmentes fejlesztési környezetekre, valamint nyílt szabványokra (például HTML/HTTP) épültek. Ezek az alapelvek tették lehetővé, hogy az internet gyorsan elterjedjen és növekedjen, megteremtve a feltételeket a nagy internetes vállalatok, mint az Amazon és a Google fejlődéséhez. Ezek a cégek, kihasználva az új ökoszisztéma lehetőségeit, jelentős növekedést értek el és mára a globális gazdaság meghatározó szereplőivé váltak.

A Web 1.0 korszakában az oldalak tartalmait a szerverek fájlrendszere szolgáltatta és ezek a tartalmak statikusak voltak, azaz a felhasználók számára nem volt lehetőség arra, hogy bármilyen módon interakcióba lépjenek velük. A felhasználók nem tudtak hozzászólni a bejegyzésekhez, nem "lájkolhatták" azokat, és nem is oszthatták meg másokkal közvetlenül az interneten keresztül. Minden tartalom előre meghatározott és változatlan volt, amit a látogatók egyszerűen csak megtekinthettek. Ebben az értelemben a Web 1.0 korszakát a passzív információfogyasztás jellemezte, amely éles ellentétben áll a későbbi internetes szakaszok, különösen a Web 2.0 által kínált interaktív lehetőségekkel.

#### **2.3.1.2 Web 2.0**

A 2000-es évek elején az internet fejlődése új szakaszba lépett, amelyet Web 2.0-nak [41, 43] nevezünk. Ez a korszak az internet interaktívvá válását hozta el, jelentősen megváltoztatva a felhasználók szerepét és a webes tartalmak kezelésének módját. A Web 2.0 technológiai alapjai nagyrészt a Web 1.0 technológiáira épültek, azonban ebben az új szakaszban az internetes vállalatok teljesen új környezetet hoztak létre, amely lehetővé tette a felhasználók számára, hogy ne csak fogyasszák, hanem aktívan létrehozzák, megosszák és kommentálják is a tartalmakat.

A Web 2.0 legnagyobb újítása az volt, hogy az addig statikus és passzív tartalomfogyasztásra épülő webet dinamikus, interaktív platformmá alakította. Ez a változás olyan technológiai fejlesztések bevezetésével vált lehetségessé, mint a JavaScript, a HTML és a Cascading Style Sheets (CSS). Ezek a technológiák lehetővé tették a fejlesztők számára, hogy interaktív webalkalmazásokat hozzanak létre, ahol a felhasználók valós időben léphettek kapcsolatba a tartalommal, például hozzászólások írásával, "lájkok" küldésével vagy tartalmak megosztásával.

Az internetes vállalatok, mint például a Facebook, a YouTube, és később az Instagram és WeChat, új ökoszisztémákat alakítottak ki, amelyek lehetővé tették a közösségi kapcsolatok építését és a felhasználói tartalom létrehozását. Ezek az ökoszisztémák, amelyeket zárt rendszereknek neveznek, arra törekedtek, hogy a felhasználókat az adott platformon belül tartsák. Az ilyen zárt rendszerekben a felhasználók számára biztosított közösségi kapcsolatok és tartalom- megosztási lehetőségek az adott vállalat platformjának keretein belül maradtak, korlátozva az információ és a felhasználói adatok szabad áramlását más platformok felé. Ez a stratégia lehetővé tette az ilyen vállalatok számára, hogy növeljék felhasználói bázisukat és bevételeiket, mivel a felhasználók egyre inkább függővé váltak a platformon elérhető szolgáltatásoktól és közösségi hálózatoktól. A Web 2.0 korszakát három fő innovációs réteg hajtotta: a mobil technológia, a közösségi hálózatok és a felhőszolgáltatások. Az okostelefonok, például az iPhone megjelenése, valamint a mobilinternet elterjedése drasztikusan megnövelte az internethez való hozzáférést, lehetővé téve, hogy a felhasználók bárhol, bármikor csatlakozhassanak a világháléhoz. Ezáltal az internetes szolgáltatások, amelyek korábban asztali számítógépekhez voltak kötve, mostantól elérhetővé váltak a felhasználók zsebében lévő mobiltelefonokon keresztül is. A Web 2.0-ban a közösségi média, a blogok, a podcastok és egyéb interaktív platformok uralkodóvá váltak, és a felhasználók aktívan részt vettek a tartalom előállításában és megosztásában.

A közösségi hálózatok nemcsak a felhasználók szokásait formálták át, hanem új lehetőségeket teremtettek a tartalmak egyszerű megosztására, például szövegek, képek és zenék formájában. A Web 2.0 korszakában létrejött híres alkalmazások, mint a Weibo, Instagram, YouTube, Facebook és WeChat, mind hozzájárultak ahhoz, hogy ezt a webes korszakot gyakran a közösségi hálózatok korszakának nevezzük.

### **2.3.1.3 Web 3.0**

A Web 3.0, amelyet gyakran szemantikus webként [44] is emlegetnek, az internet következő evolúciós lépcsőfokát jelenti, mely fokozatosan bontakozik ki a jelenleg domináns Web 2.0 mellett. A Web 2.0 korszakot a mobil eszközök, a közösségi média platformok és a felhőalapú technológiák határozták meg, amelyek radikálisan átalakították az internet használatát és a felhasználói interakciókat. Ezzel szemben a Web 3.0 célja, hogy az internetet intelligensebbé, autonómabbá és nyitottabbá tegye, egy újfajta online környezetet teremtve, amely jelentős mértékben eltér az előző generációtól.

A Web 3.0 forradalmi változást hoz az internetes alkalmazásokban és szolgáltatásokban azáltal, hogy decentralizált technológiákra, például blokkláncra és kriptovalutákra épül. Ezek a technológiák lehetővé teszik, hogy a felhasználók és a szolgáltatók engedély nélkül, harmadik fél közvetítése nélkül kapcsolódjanak egymáshoz, ami egy nyitottabb és bizalomra épülő webes környezet kialakulásához vezet. E decentralizált platformok egyik legfontosabb jellemzője, hogy a felhasználók megtarthatják tulajdonjogukat a saját adataik felett, és lehetőségük nyílik arra, hogy ezen adataikat anélkül cseréljék vagy értékesítsék, hogy adatvédelmi szempontból kiszolgáltatottá válnának, vagy harmadik félre kellene bízniuk az adatkezelést.

A Web 3.0 másik lényeges eleme a szemantikus web fogalma, amelynek lényege, hogy a webes tartalmak ne csak egyszerűen kulcsszavak alapján kereshetők legyenek, hanem a mesterséges intelligencia (Artificial Intelligence, AI) segítségével mélyebb jelentéstartalmakat is felismerjünk és értelmezzünk. Az AI és a gépi tanulás egyre fejlettebb algoritmusai révén lehetővé válik, hogy a webes tartalmakat emberi módon értelmezzük, így pontosabb, relevánsabb és összetettebb információkat találjunk és osszunk meg a felhasználók között. Ezáltal a szemantikus web hozzájárul ahhoz, hogy az információszerezés és megosztás folyamata sokkal hatékonyabbá és célzottabbá váljon, mint korábban.



A Web 3.0 technológiai alapjainak egyik legfontosabb összetevője az edge computing, amely az adatok feldolgozásának decentralizálását és a feldolgozási sebesség jelentős növelését célozza meg. Az edge computing technológia lényege, hogy az adatközpontok kapacitásai az internetes hálózatok szélére kerülnek, azaz közelebb a felhasználókhöz és a felhasználói eszközökhöz. Ez különösen fontos a metaverzum, vagyis az internet következő generációs, 3D-s virtuális terei számára, ahol az adatforgalom és az adatigény exponenciálisan megnő. Az edge computing lehetővé teszi, hogy ezek az adatok valós időben, rendkívül gyorsan kerüljenek feldolgozásra, ami alapvető fontosságú a metaverzum gördülékeny működéséhez és a felhasználói élmény optimalizálásához.

A decentralizált hálózati struktúrák szintén kulcsszerepet játszanak a Web 3.0-ban. Ezek a hálózatok lehetővé teszik a személyes adatok, például az egészségügyi adatok, a mezőgazdasági termelési adatok vagy akár a járművek teljesítményadatai cseréjét anélkül, hogy az adatok tulajdonjoga vagy adatvédelmi biztonsága veszélybe kerülne. A blokklánc technológia révén olyan alkalmazások építhetők, amelyek nem függenek centralizált platformoktól, így a felhasználók nincsenek kiszolgáltatva az internetes zárt modelljeinek, ahol egyes vállalatok monopóliumot élveznek az adatok felett.

A mesterséges intelligencia és a gépi tanulás további fontos szerepet kapnak a Web 3.0-ban, hiszen ezek a technológiák nem csupán a webes tartalmak értelmezését segítik elő, hanem lehetővé teszik új, forradalmi alkalmazások fejlesztését is. Ezek közé tartozik például a precíziós anyagfejlesztés, a gyógyszerfejlesztés vagy a klímamodellezés, amelyek mind olyan területek, ahol az adatok mélyebb és pontosabb értelmezése alapvető jelentőségű.

Végül, a Web 3.0 jelentős mértékben támaszkodik a 3D grafika és a virtuális valóság, valamint a kiterjesztett valóság technológiákra, hogy a webes élményt még inkább magával ragadóvá tegye. A metaverzum, mint a Web 3.0 egyik legizgalmasabb aspektusa, olyan virtuális tér, ahol a felhasználók interaktív módon léphetnek kapcsolatba a tartalommal, nem csupán kétdimenziós felületeken, hanem háromdimenziós objektumokon keresztül is. Ez a térbeli hálózat egyesíti a fizikai, a digitális információs és a térbeli interakciós rétegeket, lehetővé téve az internet használatát új, nem szövegalapú módon, amely forradalmasíthatja a felhasználói élményt és a digitális interakciókat.

### **2.3.2 A Metaverzum és a Web 3.0 közötti kapcsolat**

A metaverzum, mint háromdimenziós virtuális világ, kiemelkedő potenciállal rendelkezik ahhoz, hogy a Web 3.0 következő fejlődési fázisává váljon. Ahhoz azonban, hogy a metaverzum ne csupán egy tőkepiaci spekuláció által felfújt koncepció maradjon, hanem valósággá váljon, elengedhetetlen, hogy nyílt forráskódú, interoperábilis és a felhasználói közösségek által irányított legyen, ahelyett, hogy csupán néhány nagyvállalat kontrollálná az internet ökoszisztémáját.

A Web 2.0 második iterációja által előidézett problémák, valamint a nyilvános blokklánc technológia megjelenése lehetővé tették, hogy az internet egy decentralizáltabb irányba mozduljon el. Ez az új, decentralizált irányvonal képezi a Web 3.0 ökoszisztémájának alapját, amely az internet és a metaverzum közötti kapcsolatot is meghatározza. A Web 3.0, az elődeivel ellentétben, egy teljesen nyílt forráskódú architektúrára épül, amelyet nem egyetlen szervezet vagy kis csoport irányít, hanem a blokklánc technológia révén teljesen decentralizált. Ez a decentralizáció lehetőséget biztosít arra, hogy bárki korlátozás nélkül használhassa, módosíthassa és bővíthesse az interneten található adatokat és alkalmazásokat.

Ez a decentralizációs elv a metaverzumban is meghatározó szerepet játszik. A metaverzum világában a felhasználói tulajdonjog és a decentralizált platformok jelentősége kiemelkedő, mivel ezek biztosítják, hogy a felhasználók megarthassák a kontrollt a saját adataik és tartalmaik felett. Ez szemben áll a Web 2.0 által képviselt központosított platformokkal, ahol a felhasználók gyakran kiszolgáltatottak a nagy technológiai vállalatok által irányított adat- infrastruktúrájának. A Web 3.0 és a metaverzum közötti kapcsolat ezen decentralizált megközelítésben rejlik, ahol a felhasználók nagyobb kontrollt gyakorolhatnak az általuk létrehozott és megosztott digitális tartalmak felett.

Az interoperabilitás a Web 3.0 egyik központi célkitűzése, amely szintén megvalósul a metaverzumban. Az interoperabilitás azt jelenti, hogy különböző virtuális világok és platformok közötti zökkenőmentes átjárhatóság biztosított, lehetővé téve a felhasználóknak, hogy digitális eszközeiket és tartalmaikat több különböző környezetben is használhassák. Például egy virtuális ruházati cikk nem korlátozódik egyetlen platformra, hanem több különböző virtuális térben is viselhető, ami növeli a digitális eszközök értékét és rugalmasságát.

Az AI és a 3D technológiák szintén központi szerepet játszanak a Web 3.0 ökoszisztémájában, különösen a metaverzum kontextusában. Ezek a technológiák nemcsak a webes tartalmak szemantikus értelmezéséhez járulnak hozzá, hanem lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy virtuális identitásukat egyedi módon fejezzék ki, és egy rendkívül élethű térbeli környezetben lépjenek interakcióba másokkal. Az AI és a 3D technológiák kombinációja lehetővé teszi új, innovatív online élmények létrehozását, például virtuális játékok, zenei események, színházi előadások és egyéb metaverzum alkalmazások formájában. Ezek az élmények mélyebb szintű önkifejezést tesznek lehetővé a felhasználók számára, és hozzájárulnak ahhoz, hogy a metaverzum a digitális interakciók új színterévé váljon.

A digitális tulajdonjog kérdése szintén alapvető fontosságú a Web 3.0 és a metaverzum összefüggésében. A blokklánc technológia és az NFT-k lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy valódi tulajdonjogot szerezzenek virtuális tárgyak és ingatlanok felett. Ez a tulajdonjog biztonságos és decentralizált módon valósul meg, ami garantálja, hogy a virtuális javak valódi értéket képviselnek. A digitális tulajdonjog ilyen módon történő biztosítása alapvetően új gazdasági modelleket tesz lehetővé a metaverzumban, ahol a felhasználók saját digitális eszközeikből és tartalmaikból gazdasági hasznot húzhatnak.

Végül, a Web 3.0 célja a kreatív gazdaság megerősítése is, különösen a "Play-to-Earn" (P2E) modell révén, ahol a felhasználók pénzt kereshetnek online tevékenységeik révén. Az elmúlt években egyre több ember szerzett jövedelmet e-sportokkal, élő közvetítésekkel vagy más játékokkal. A Web 3.0 arra törekszik, hogy jobb egyensúlyt teremtsen a tartalomkészítők gazdaságában és egyértelműbbé tegye a felhasználói ösztönzőket, például tokenek vagy kriptovaluták formájában. Ezek az ösztönzők a Web 3.0 élményének alapvető részét képezik majd, és hozzájárulnak a decentralizált és nyílt internet jövőjéhez, amely a metaverzum-ban ölthet testet.

### 3 Metaverzumot építő technológiák

A metaverzum, mint egy komplex és folyamatosan fejlődő digitális ökoszisztéma, számos alapvető technológiai összetevőre támaszkodik, amelyek együttesen képesek egy elmerülő, interaktív és összekapcsolt virtuális környezetet létrehozni. Ezen technológiák egymással szoros együttműködése nélkülözhetetlen ahhoz, hogy a metaverzum valósággá váljon és a felhasználók számára élménydús és folyamatosan bővülő lehetőségeket biztosítson.

A metaverzum ökoszisztéma központi eleme maga a tartalom komponense. Ez a komponens magában foglalja a virtuális világokat, amelyek számos különböző élményt kínálnak a felhasználóknak, beleértve a játékokat, különféle eseményeket, társadalmi interakciókat, akár sportokat is. A tartalom részét képezik továbbá a digitális avatárok, amelyek a felhasználók virtuális megjelenítésére szolgálnak, valamint a háromdimenziós alapú javak, amelyek a metaverzumban valódi értékkel bírnak és tulajdonjogot biztosítanak a digitális eszközök felett. Ahhoz, hogy a felhasználók hozzáférhessenek ehhez az ökoszisztémához és interakcióba léphessenek vele, elengedhetetlen a megfelelő hardver megléte. Ez magában foglalja a VR headseteket, az AR szemüvegeket, valamint a mobil eszközöket, amelyek lehetővé teszik a metaverzumban való részvételt. Ezen eszközökön túl szükség van olyan bemeneti eszközökre is, amelyek biztosítják az ökoszisztémán belüli interakciót, mint például a mozgáskövetési rendszerek, amelyek lehetővé teszik a felhasználók mozgásának és cselekedeteinek valós idejű követését és feldolgozását.

A hardveres háttér mellett a szoftver komponens is kiemelkedő fontosságú a metaverzum működésében. A szoftveres réteg biztosítja a felhasználói felületet és a szükséges interfészeket (API-kat), amelyek lehetővé teszik a hardverek és tartalmak közötti kompatibilitást. Ezen túlmenően a szoftverek biztosítják az ökoszisztéma működésének átfogó logikáját, beleértve az AI komponenseket és ügynököket, amelyek képesek valós idejű döntéshozatalra és interakcióra a felhasználókkal.

A metaverzum ökoszisztéma egyik alapvető elképzelése az interoperábilis, decentralizált és biztonságos működés. Ezen elképzelés megvalósításához szükséges, hogy különböző kiterjesztett szolgáltatásokat is figyelembe vegyünk, amelyek a metaverzum működésének szerves részei. Ide tartoznak a mikroszolgáltatások, amelyek kisebb, önállóan működő komponensek, a virtuális javak piacerei, valamint a hozzájuk kapcsolódó kereskedési mechanizmusok, mint például a fizetési és tranzakciós rendszerek, reklámhálózatok, társadalmi kuráció, értékelési rendszerek és egyéb biztonsági alkalmazások. Ezen kívül ide tartoznak a decentralizált felhasználói fiókok kezelése, az elosztott fájl tárolás NFT-k és kriptotokenek számára, valamint az alapvető programozási és 3D motorok, amelyek nélkülözhetetlenek a virtuális környezetek létrehozásához és működtetéséhez.

Végül, a metaverzum ökoszisztéma működésének alapját képezik az informatikai infrastruktúra és az azt támogató hálózat. Ezek a kulcsfontosságú komponensek magukban foglalják a metaverzum működéséhez szükséges alapvető architektúrát, a számítási teljesítményt, valamint a tárolási kapacitást, amelyeket esetenként élvonalbeli számítástechnikai megoldások is támogathatnak. A decentralizált hálózatok, beleértve a konszenzus mechanizmusokat, a kapcsolódási technológiákat, mint például az 5G, 6G és a Wi-Fi, valamint a hálózat virtualizációja mind hozzájárulnak a metaverzum zavartalan és megbízható működéséhez. A hálózati részvétel és az átviteli protokollok szintén létfontosságúak ahhoz, hogy a metaverzum infrastruktúrája skálázható legyen és képes legyen alkalmazkodni a növekvő felhasználói igényekhez.

Összefoglalva, egy robusztus IT infrastruktúra és egy megbízható hálózat megléte nélkülözhetetlen a metaverzum működéséhez. Ezek nélkül a technológiai komponensek nem lennének képesek megfelelően működni, és a metaverzum nem lenne képes elérni azt a méretet és hatékonyságot, amely szükséges ahhoz, hogy valódi, globális digitális ökoszisztémává váljon. Az alábbiakban részletesen bemutatjuk a metaverzum alapját képező kulcsfontosságú technológiákat.

### 3.1 Mesterséges intelligencia (AI)

Az AI alapvető szerepet játszik a metaverzumban, amely egy virtuális tér, ahol a fizikai és digitális világok egyesülnek, és ahol a felhasználók különböző interakciókat végezhetnek. Az AI fejlesztése és alkalmazása jelentős hatással van az interakciók és intelligens viselkedés fokozására. Az AI fejlődése 1956-ban [45] kezdődött és azóta jelentős előrelépéseket tett különböző alkalmazási területeken, mint például a természetes nyelvi feldolgozás, a számítógépes látás és az ajánlórendszerek. Az AI technológiák fejlődése során a gépi tanulás technikái, a konvolúciós [46, 47, 48], rekurrens neurális hálózatok [49, 50, 51, 52], a transzformer hálózatok [53], mint például a Generative Pretrained Transformer (GPT) [54] (amelyek korábban 110 millió paramétert kezeltek, most már több mint 1 trillió paraméterrel működnek), egyre fejlettebb alkalmazásokat valósítanak meg.

*A természetes nyelv feldolgozása (NLP)* [55, 56, 53] az AI egyik kulcsfontosságú ága, amely lehetővé teszi a virtuális karakterek és chatbotok számára, hogy értelmezzék és reagáljanak az emberi nyelvre. Az NLP technológiák révén a metaverzumban résztvevő felhasználók természetes módon kommunikálhatnak digitális entitásokkal. Az NLP lehetővé teszi a természetes, beszélgető interakciókat, amelyek során a felhasználók életszerű élményeket tapasztalhatnak. Az NLP technológiák, mint például a nyelvi modellek és a dialógus rendszerek, lehetővé teszik a virtuális karakterek számára, hogy megértsék a felhasználók szándékait és azokra releváns válaszokat adjanak.

*A gépi tanulás (ML)* a mesterséges intelligencia egyik alapvető technikája, amely az adatok elemzésével és az ezekből szerzett tapasztalatok alapján való alkalmazkodással foglalkozik. A metaverzumban a gépi tanulás képes személyre szabott élményeket nyújtani, például a felhasználói preferenciák alapján történő ajánlások formájában. Az ML algoritmusok, mint például a döntési fák [57, 58], véletlen erdők [59, 60] és a regressziós modellek [61], lehetővé teszik, hogy a virtuális karakterek intelligens viselkedést mutassanak és adaptálódjanak a felhasználók igényeihez.

*A számítógépes látás (Computer Vision, CV)* az AI azon ága, mely a vizuális adatok automatikus értelmezésére és feldolgozására összpontosít. Célja, hogy lehetővé tegye a számítógépek számára, hogy "lássanak" és "értsenek" a képekkel és videókkal kapcsolatos információkat, hasonlóan, ahogy az emberek érzékelik és értelmezik a vizuális világot.

A számítógépes látás alapvetően három fő lépésből áll:

- *Képgyűjtés és előfeldolgozás:* A számítógépes látás első lépése a képek vagy videók gyűjtése és előfeldolgozása. Ez magában foglalja a képek tisztítását, zajcsökkentést, színcorrekciót és a kép méretének optimalizálását. A cél az, hogy a képek és videók tisztábbak legyenek és a további feldolgozás számára jobban alkalmazhatóak legyenek.
- *Kép- és objektumfelismerés:* Ez a lépés magában foglalja a képek tartalmának azonosítását és értelmezését. A gépek azonosítják a képeken található objektumokat, mint például embereket, állatokat, tárgyakat vagy szövegeket. A technikák, mint a mélytanulás (deep learning), különösen a konvolúciós neurális hálózatok (CNN-ek), kiemelkedően teljesítenek az objektumok és minták felismerésében.

- *Képertelmezés és reakció:* Miután az objektumok azonosításra kerültek, a következő lépés az információk értelmezése és a megfelelő reakciók generálása. Ez magában foglalhatja az objektumok követését, helyzetének meghatározását a térben, vagy a felhasználói interakciók elemzését. Az AI rendszerek ezen a ponton tudják alkalmazni a tanult mintákat és döntéseket hozni a felhasználói igények alapján.

A számítógépes látás fejlődése során számos technológia és algoritmus jött létre, amelyek alapvetően formálják a területet:

- *Mély és Konvolúciós Neurális Hálózatok (Convolutional Neural Networks, CNN-ek)* - A mély neurális hálózatok, azokon belül is különösen CNN-ek [62, 46, 63, 64] és a manapság egyre általánosabbá váló transzformer hálózatok [65, 53] a legelterjedtebb mélytanulási architektúrák a számítógépes látás területén. Ezek a hálózatok képesek azonosítani és kiemelni a képekben található jellemzőket, mint például élek, textúrák és formák. Ezen architektúrák hatékonysága különösen a képosztályozás, az objektum detektálás és a képfeldolgozás terén jelentős.
- *Generatív AI és Generatív Adverszariális Hálózatok (Generative Adversarial Networks, GAN-ek):* A generatív AI technológiák, ezeken belül is a legkorábban megjelent GAN-ek hálózatok [66, 67, 68, 69], a képgeneráló algoritmusok, mint például a stable diffusion [70, 71, 72] vagy a nagy nyelvi modellek [73, 74, 75, 76], mára olyan technológiává váltak, amelyek alkalmasak képek, szövegek vagy egyéb digitális tartalmak generálására és validálására. Ezek a hálózatok képesek rendkívül élethű képek és vizuális elemek létrehozására, amelyek hasznosak lehetnek a metaverzumban történő tartalomkészítés során.

A metaverzumban a számítógépes látás technológiák különböző alkalmazási területeken segíthetnek:

- *Valós idejű képkövetés:* A számítógépes látás lehetővé teszi a felhasználók mozgásának és tevékenységeinek valós idejű követését a virtuális térben. Ez fontos az interaktív élmények, mint például a VR játékok és az online rendezvények során.
- *Avatárok és virtuális karakterek:* Az AI által vezérelt avatár- és karaktergenerálás a felhasználók valódi megjelenésének pontos ábrázolására összpontosít. Az ilyen technológiák képesek az avatárok kifejezéseit és mozgását a felhasználók tényleges arckifejezéseivel és testmozgásaival szinkronizálni, növelve ezzel a beleélés élményét.
- *Biztonsági és felügyeleti rendszerek:* A számítógépes látás alkalmazható biztonsági rendszerekben is, például arcfelismerő rendszerekben, amelyek azonosítják a felhasználókat vagy azonosítanak fenyegetéseket a virtuális térben.
- *Képkalkotás és vizualizáció:* A számítógépes látás segítségével a metaverzumban létrehozott vizuális tartalmak, például épületek és tájak, pontosabban és élethűbben modellezhetők. Ez különösen fontos a virtuális világok tervezésénél és fejlesztésénél, ahol a vizuális részletek alapvető fontosságúak.

A számítástechnikai teljesítmény fejlődése, különösen a tranzisztorok számának növekedése, jelentős szerepet játszik az AI technológiák fejlődésében. Moore törvénye szerint a tranzisztorok száma a számítógépes chipekben körülbelül két évente megduplázódik. Azonban a tranzisztorok méretének csökkentése egyre nehezebb és a növekvő számítási teljesítmény iránti igények miatt a tradicionális CPU-k fejlődése lassul. A növekvő kereslet az AI alkalmazások iránt és a Moore törvénye alapján bekövetkező lassulás miatt a speciális AI chippek, mint például az AI feldolgozó egységek (AI

Processing Unit, AIPU) egyre fontosabbá válnak. Ezek a processzorok kifejezetten AI algoritmusok végrehajtására optimalizáltak, és jelentősen növelhetik a gépi tanulási feladatok számítási sebességét, miközben csökkentik az energiafogyasztást. Az AIPU-k, mint például a neurális feldolgozó egységek (NPU) [77, 78], a tensor feldolgozó egységek (TPU) [79] és a speciális feldolgozó egységek (SPU), képesek hatékonyan kezelni a prediktív modelleket, mint például a mesterséges neurális hálózatokat.

A metaverzumban az AI rendszerek képesek lesznek a virtuális világok önálló generálására a múltbeli adatok és új bemenetek alapján. A magas szintű személyre szabhatóság révén az AI lehetővé teszi, hogy a felhasználók számára személyre szabott kampányok és élmények jöjjenek létre. Az AI rendszerek képesek rendkívül élethű avatárok létrehozására, amelyek a felhasználók képeit vagy 3D szkennelését elemzik, és dinamikus arckifejezéseket és érzelmeket tartalmaznak. Az AI által vezérelt automatikus nyelvi fordítás is elősegítheti a nyelvi akadályok leküzdését, lehetővé téve a természetes beszélgetéseket különböző nyelveken.

Az AI rendszerek fejlődése mellett fontos figyelembe venni az etikai és biztonsági kérdéseket is. Az AI rendszerek, amelyek nem rendelkeznek központi irányítással vagy etikai normákkal, potenciálisan negatív hatással lehetnek a felhasználók életére és az interakciók minőségére. Az AI rendszereknek biztosítaniuk kell a megbízhatóságot, a biztonságot és az etikai normák betartását a metaverzumban való alkalmazás során. Azonban sajnos ezen irányban jelenleg mind technológiai, mind szabályozási tekintetben számos megoldandó feladat van. Jelenleg főleg a kérdések felvetésénél tartunk is napjainkban formálódnak szabályozások, amelyek igyekeznek szembenézni az előttünk álló feladatokkal. A későbbi fejezetekben igyekszünk ebből néhányat bemutatni.

A mesterséges intelligencia és a kapcsolódó technológiák alapvető szerepet játszanak a metaverzumban, különösen az interakciók életszerűségének és intelligenciájának fokozásában. Az AI technológiák, mint a természetes nyelv feldolgozás, gépi tanulás és számítógépes látás, hozzájárulnak a metaverzumban tapasztalható élmények gazdagításához. Az AI által vezérelt virtuális világok létrehozása és a személyre szabott tartalomkészítés jövőbeli lehetőségeket nyújt, ugyanakkor az etikai és biztonsági kihívások kezelésére is nagy figyelmet kell fordítani. Az AI és a számítástechnikai teljesítmény jövője kulcsszerepet játszik a metaverzumban való alkalmazás fejlődésében, és az AIPU-k és más specializált chipek fejlődése segíthet megfelelni a növekvő igényeknek.

### **3.2 Immerzív technológiák**

Az immerzív technológiák [80] napjainkban egyre nagyobb figyelmet kapnak, különösen a metaverzum koncepciójának terjedésével. Ezek a technológiák kulcsszerepet játszanak abban, hogy a metaverzum valóságosabbá váljon, ezáltal lehetővé téve az emberek számára, hogy mélyebben beleéljék magukat a digitális világokba. Az immerzív technológiák tehát a metaverzum alapvető elemeinek tekinthetők, mivel ők biztosítják az interakciók és élmények magas szintű megvalósítását.

Az immerzív technológiák olyan fejlett digitális eszközök csoportját jelentik, amelyek célja az érzékszervi élmények fokozása, gyakran a fizikai és virtuális világok összefonódásával. Ezek a technológiák lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy olyan digitális környezetekben lépjenek interakcióba, amelyek valóságosak, így magas szintű elmélyülést és részvételt eredményeznek.

Az immerzív technológiák legfontosabb típusai a következők:

- *Virtuális Valóság (Virtual Reality, VR)*: A VR [81] technológia egy teljesen digitális környezetet hoz létre, amelyben a felhasználók teljesen elmerülhetnek. Ez a technológia általában VR headsetek és mozgáskövetők segítségével működik, és gyakran használják játékokban, szimulációkban és képzési programokban.
- *Kiterjesztett Valóság (Augmented Reality, AR)*: Az AR [82, 83] technológia digitális tartalmat vetít a valós világra, amely fokozza a felhasználók környezetének érzékelését. Az AR-t leggyakrabban okostelefonokon, táblagépeken vagy speciális AR szemüvegeken keresztül használják és elterjedt a mobiljátékokban, a navigációban, valamint az interaktív marketingben.
- *Vegyes Valóság (Mixed Reality, MR)*: Az MR [84] ötvözi a VR és az AR elemeit, lehetővé téve a digitális és fizikai objektumok valós idejű interakcióját. Ezt a technológiát széles körben alkalmazzák a tervezés, az oktatás és az összetett szimulációk területén.
- *Extended Reality (Extended Reality, XR)*: Az XR [85] egy gyűjtőfogalom, amely magában foglalja a VR-t, az AR-t és az MR-t, és mindenféle immerzív digitális környezetet és élményt jelent.

Az immerzív technológiák számos iparágban gyökeresen átalakítják a működést, új lehetőségeket teremtve a felhasználók számára, hogy interaktív és valóság-hű élményeket szerezzenek. Az alábbiakban a legfontosabb alkalmazási területek találhatók:

- *Oktatás és képzés*: Az immerzív technológiák forradalmasítják az oktatást, mivel lehetővé teszik a valóság-hű szimulációkat és az interaktív tanulási környezeteket. Például a VR segítségével az orvosi képzés vagy a repülési szimuláció biztonságos, de valóság-hű körülmények között valósítható meg, így a tanulók kockázatmentesen gyakorolhatnak.
- *Egészségügy*: Az egészségügy területén az immerzív technológiák szerepe egyre jelentősebb, különösen a sebészeti képzésben, a beteg terápiában és a kezelési tervek kialakításában. A VR és az AR lehetőséget nyújtanak a komplex orvosi adatok vizualizálására, ami új perspektívákat biztosít a diagnózis és a kezelés terén.
- *Szórakoztatás*: A szórakoztatóipar széles körben alkalmazza a VR-t és az AR-t, hogy interaktív és személyre szabott élményeket kínáljon a felhasználóknak videojátékokban, filmekben és élő eseményeken. Az immerzív technológiák lehetővé teszik, hogy a felhasználók mélyebben belemerüljenek a tartalmakba, így a szórakozás új dimenzióit nyitják meg.
- *Kiskereskedelem és marketing*: A kiskereskedők és a marketingesek az AR-t használják, hogy javítsák a vásárlási élményt, lehetővé téve a vásárlók számára, hogy virtuálisan próbáljanak ki termékeket, vagy vizualizálják, hogyan illeszkednének bizonyos tárgyak az otthonukba a vásárlás előtt.
- *Építészet és tervezés*: Az építészek és tervezők VR és MR technológiákat használnak, hogy virtuális sétákat hozzanak létre épületekről és terekről. Ezáltal javítható a tervek vizualizálása, és szorosabb együttműködés valósítható meg az ügyfelekkel az építkezés megkezdése előtt.

- *Ipari alkalmazások:* Az ipari szektorban az immerzív technológiák kulcsfontosságú szerepet játszanak a tervezés, a gyártás és a karbantartás terén. A VR és AR lehetővé teszi a mérnökök számára, hogy virtuális prototípusokat hozzanak létre és valós időben végezzenek módosításokat. Az AR technológia továbbá segíthet a szerelési folyamatokban, mivel a munkások valós idejű útmutatást kaphatnak a készülékek összeszereléséhez. A távoli karbantartásban pedig a szakértők AR segítségével vezérelhetik a terepen dolgozó technikusokat, növelve ezzel a hatékonyságot és a pontosságot.

Az immerzív technológiák tehát számos iparágban jelentős előnyökkel járnak, új lehetőségeket teremtve a felhasználók számára, hogy valóságosabb és interaktívabb élményeket szerezzenek. Ezek a technológiák új utakat nyitnak meg az oktatásban, az egészségügyben, a szórakoztatásban, a kereskedelemben és az ipari folyamatokban, átalakítva ezzel a digitális és fizikai világok közötti határokat.

### 3.2.1 Virtuális valóság (VR)

A VR olyan élvonalbeli technológia, amely lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy teljesen elmerüljenek egy mesterséges, háromdimenziós környezetben. A VR használata során a felhasználó egy speciális fejre szerelhető kijelzőt (Head- Mounted Display, HMD) visel, amely lefedi a szemét és a fülét, így kizárva a valós világ ingerét, és helyettük egy digitálisan létrehozott világot mutatva. A VR célja, hogy a felhasználóknak olyan érzést nyújtson, mintha fizikailag jelen lennének ebben a virtuális világban, amelyet a kézi vezérlők vagy kesztyűk segítségével a mozgásaiknak megfelelően manipulálhatnak.

A virtuális valóság koncepciója több évtizedre nyúlik vissza, a kezdeti kísérletek az 1960-as és 1970-es években történtek. Az egyik első próbálkozás a Sensorama volt, amelyet Morton Heilig hozott létre 1962-ben, és amely vizuális, hang- és szaglási élményeket kombinálva próbált meg egy elmerülést nyújtó élményt létrehozni. A VR technológia az 1980-as és 1990-es években újabb lendületet kapott a fejlettebb számítástechnikai technológiák megjelenésével, de igazán csak a 2010-es években vált széles körben ismertté. Az Oculus Rift 2012-es megjelenése, majd más jelentős szereplők, mint a HTC Vive és a PlayStation VR belépése a piacra, egy új korszak kezdetét jelezte a VR technológia számára.

Egy tipikus VR rendszer több kulcsfontosságú komponensből áll, amelyek mindegyike elengedhetetlen a teljes élmény megteremtéséhez:

- A VR *fejre szerelhető kijelzők* (Head Mounted Displays, HMD-k) a legfontosabb elem, amely a vizuális és auditív élményt nyújtja. Ezek az eszközök általában magas felbontású kijelzőket tartalmaznak, amelyek sztereoszkopikus képeket jelenítenek meg így 3D hatást keltve. A headsetek érzékelőkkel is rendelkeznek, amelyek követik a felhasználó fejmozgásait, biztosítva, hogy a nézet a felhasználó pillantásainak megfelelően változzon.
- A kézi *vezérlők* eszközök lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy interakcióba lépjenek a virtuális környezettel. Gyakran gombokat, ravaszokat és mozgásérzékelőket tartalmaznak, amelyek követik a kéz mozdulatait.
- A *követőrendszerek* a felhasználó helyzetét figyelik a fizikai térben, lehetővé téve a természetesebb interakciót a virtuális környezettel.



- A VR élményt egy összetett *szoftver* vezérli, amely létrehozza a 3D környezetet, szimulálja a fizikai törvényeket, és feldolgozza a felhasználói bemeneteket, hogy zökkenőmentes élményt nyújtson.

Annak ellenére, hogy a VR technológiát jelentős potenciállal rendelkezik, számos kihívással is szembesül:

- A magas minőségű VR rendszerek *költségesek* lehetnek, ami korlátozza azok hozzáférhetőségét a fogyasztók és kisebb vállalkozások számára. Ez nemcsak a headseteket és vezérlőket jelenti, hanem a VR alkalmazások futtatásához szükséges erőteljes számítógépeket is.
- Néhány felhasználó *mozgási betegséget* tapasztal a VR használata közben, ami korlátozza, hogy mennyi ideig képesek elmerülni a virtuális környezetben. Ezt az okozza, hogy eltérés van a virtuális környezetben látott mozgás és a valós fizikai mozgás hiánya között.
- A magas minőségű VR *tartalom fejlesztése* erőforrásigényes folyamat, amely képzett tervezőket, animátorokat és programozókat igényel. Ennek eredményeként a VR tartalom korlátozott lehet.

A VR jövője ígéretes, a technológiai fejlődés várhatóan megoldja a jelenlegi korlátokat. Ahogy a hardverek egyre megfizethetőbbé, és a tartalomfejlesztési eszközök egyre kifinomultabbá válik, a VR valószínűleg egyre inkább elterjed majd. Emellett az AI és a haptikus visszajelzés integrálása növelheti a VR élmények valóságosságát és interaktivitását. A VR nemcsak a szórakoztatásban és a szakmai alkalmazásokban játszhat fontos szerepet, hanem a társadalmi interakciók terén is, a virtuális közösségi platformok fejlesztésével, ahol az emberek találkozhatnak, interakcióba léphetnek és együttműködhetnek egy virtuális térben. A metaverzum koncepciója - egy teljesen elmerülő, tartós virtuális világ - jól illusztrálja a VR hosszú távú hatását arra, hogyan élünk, dolgozunk és lépünk kapcsolatba másokkal. A VR átalakító technológia, amely képes megváltoztatni a mindennapi élet számos aspektusát, beleértve azt is, hogyan szórakozunk, tanulunk, dolgozunk és lépünk kapcsolatba a világgal. Bár számos kihívás áll még előttünk, a VR technológia folyamatos fejlődése és alkalmazása reménytelien jövőt ígér, ahol a virtuális és valós világok zökkenőmentesen integrálódnak és soha nem látott lehetőségeket nyitnak meg az innováció és az élmények terén.

### 3.2.2 Kiterjesztett valóság (AR)

Az AR egy olyan forradalmi technológia, amely a fizikai világot digitális információk rétegével gazdagítja, ezáltal egy kibővített valóság élményt hoz létre. Ellentétben a VR-al, amely teljesen szintetikus környezetbe meríti a felhasználót, az AR a valós világot és a számítógép által generált képeket, hangokat és egyéb szenzoros inputokat integrálja, így egy egyesített élményt biztosít. Ez az integráció általában okostelefonok, táblagépek vagy speciális AR szemüvegek segítségével történik, amelyek fejlett szenzorok és kamerák használatával rögzítik és elemzik a fizikai környezetet valós időben.

Az AR sikeres megvalósítása több kulcsfontosságú technológia kombinációját igényli, amelyek mind hozzájárulnak ahhoz, hogy a digitális tartalom zökkenőmentesen illeszkedjen a fizikai világba.

### 3.2.2.1 *Kijelző technológiák*

Az okostelefonok és táblagépek szolgálnak az AR élmények leggyakoribb platformjaként, mivel képernyőik segítségével digitális tartalmat jelenítenek meg, amely rávetül a kamera által közvetített valós képre. Ezen eszközök hordozhatósága és elterjedtsége ideálissá teszi őket az AR széleskörű elterjedésére.

A fejlettebb AR élményeket hordható eszközökkel, például *AR szemüvegekkel*, mint: a Microsoft HoloLens [86] a Google Glass [87], az Apple Vision Pro [88] és a Meta Quest segítségével lehet megvalósítani. Ezek a szemüvegek átlátszó vagy féltátlátszó kijelzőket használnak, amelyek a digitális képeket közvetlenül a felhasználó látóterébe vetítik, így lehetővé téve a kéz nélküli interakciót a kibővített környezettel.

### 3.2.2.2 *Szenzorok és kamerák*

A valós környezet rögzítéséhez kamerák szükségesek, amelyek vizuális bemenetet biztosítanak az AR rendszer számára, lehetővé téve a digitális információk pontos rétegezését. A fejlett kamerák magas felbontással és mélységérzékelő képességekkel rendelkeznek, amelyek növelik az AR élmények pontosságát a fizikai tér pontos feltérképezésével.

Az *inerciális mérőegységek* (Inertial Measurement Unit, IMU-k) [89], amelyek magukban foglalják az accelerométereket, giroszkópokat és magnetométereket, a készülék orientációjának és mozgásának követésére szolgálnak. Ez az adat kulcsfontosságú a digitális tartalom valós világhoz történő igazításához, ahogy a felhasználó mozog vagy változtatja perspektíváját.

A *mélységérzékelők* mérik a távolságot az eszköz és a valós tárgyak között, lehetővé téve az AR rendszer számára, hogy pontosan elhelyezze és méretezze a digitális tartalmat a fizikai tárgyakhoz képest. Az ilyen célú technológiák közé tartozik a LiDAR (Light Detection and Ranging) [90] és a time-of-flight (ToF) [91] szenzorok.

### 3.2.2.3 *Feldolgozó egységek*

A központi feldolgozó egység (Compute Processing Unit, CPU) és a grafikus feldolgozó egység (Graphical Processing Unit, GPU) felelősek a komplex számítások elvégzéséért, amelyek az AR tartalmak rendereléséhez szükségesek. A CPU kezeli a rendszer általános működését, míg a GPU kifejezetten a 3D grafikák létrehozásáért felel, amelyek rávetülnek a valós világra. Néhány fejlettebb AR eszköz, például az AR szemüvegek, specializált processzorokat tartalmazhatnak, amelyek optimalizálják az AR teljesítményét, lehetővé téve az olyan feladatok hatékonyabb kezelését, mint a képfelismerés, a valós idejű követés és a térbeli feltérképezés.

### 3.2.2.4 *Számítógépes látás és gépi tanulás*

A számítógépes látás *objektumfelismerő* algoritmusai [92, 93] lehetővé teszik az AR rendszerek számára, hogy felismerjék és kövessék a tárgyakat a fizikai környezetben. Ezek az algoritmusok élek, textúrák és minták azonosításával segítik az AR rendszer számára a digitális tartalom rögzítését a valós tárgyakhoz.

Az *Egyidejű Lokalizáció és Térképezés (SLAM)* [94] algoritmusok egy kulcsfontosságú technológia, amely lehetővé teszi az AR rendszerek számára, hogy egy ismeretlen környezet térképét építsék fel, miközben egyidejűleg követik az eszköz pozícióját ezen a környezeten belül. Ez a technológia kritikus a digitális rétegek pontosságának és stabilitásának fenntartásához, ahogy a felhasználó mozog.

A *gépi tanulás* algoritmusait egyre inkább használják az AR élmények fokozására azáltal, hogy javítják az objektumfelismerés pontosságát, előrejelzik a felhasználói viselkedést, és lehetővé teszik a természetesebb interakciókat a felhasználó és a digitális tartalom között.

### 3.2.2.5 *Szoftveres keretrendszerek*

Számos szoftveres keretrendszer és fejlesztési platform, például az ARKit (Apple), ARCore (Google) és a Unity AR Foundation, biztosítja azokat az eszközöket és könyvtárakat, amelyek szükségesek az AR élmények létrehozásához. Ezek a platformok előre elkészített funkciókat kínálnak az olyan feladatokhoz, mint az objektumkövetés, a környezeti feltérképezés és az interakciók kezelése, lehetővé téve a fejlesztők számára, hogy a tartalom létrehozására összpontosítsanak.

### 3.2.2.6 *Felhasználói felület és interakció tervezés*

A fejlettebb AR rendszerekben a felhasználók természetes *gesztusok* [95], például csippentés, suhintás vagy középre koppintás segítségével léphetnek interakcióba a digitális tartalommal. A gesztusfelismerő algoritmusok feldolgozzák a szenzorok és kamerák bemeneteit, hogy észleljék és értelmezzék ezeket a gesztusokat, lehetővé téve az intuitív és elmerülő interakciókat.

Néhány AR eszköz támogatja a *hangvezérlést* [96], lehetővé téve a felhasználók számára, hogy beszédparancsok segítségével lépjenek interakcióba a rendszerrel. Az NLP algoritmusok használatosak a parancsok értelmezésére és a megfelelő műveletek elindítására az AR környezetben.

Bár kevésbé gyakori az AR-ben, mint a VR-ben, a *haptikus visszajelzés* néha használatos az AR élmények valóság-hűségének fokozására, tapintható érzéseket biztosítva a digitális tárgyakkal való interakciók során.

Az AR technológia hatalmas potenciállal rendelkezik, de számos kihívással is szembe kell néznie a teljes körű megvalósítás érdekében:

- *Feldolgozási teljesítmény és akkumulátor élettartam* - Az AR élmények, különösen azok, amelyek komplex grafikákat és valós idejű követést igényelnek, jelentős számítási kapacitást igényelnek. Ez a feldolgozási igény gyorsan lemerítheti a mobil eszközök akkumulátorát, korlátozva az AR alkalmazások időtartamát és gyakorlati használatát.
- *Követési és térképezési pontosság* - A digitális tartalom valós világhoz való pontos rögzítése a felhasználó mozgása közben jelentős kihívást jelent. A különböző fényviszonyok, a valós tárgyak által okozott eltakarások és a jelenlegi szenzortechnológiák korlátai mind befolyásolhatják az AR élmények pontosságát.
- *Késleltetés* - A felhasználói műveletek és a rendszer válaszüzeje közötti időbeli késés (latency) megzavarhatja az elmerülő élményt. Az alacsony késleltetés elengedhetetlen a valós és a virtuális világ közötti zökkenőmentes interakció fenntartásához.

- *Látómező (Field of View, FOV)* - Az AR eszközök, különösen az AR szemüvegek látómezeje gyakran korlátozott, ami szűkítheti a felhasználó lehetőségét a digitális tartalom látására és interakciójára. A FOV kibővítése, miközben megőrizzük a képminőséget és minimalizáljuk a torzítást, továbbra is kulcsfontosságú fejlesztési terület.
- *Felhasználói élmény és kényelem* - Az AR eszközök, különösen a hordható eszközök hosszan tartó használata kényelmetlenséget vagy fáradtságot okozhat. Az ergonomikus kialakítás biztosítása és a mozgásbetegség vagy szemfáradás minimalizálása elengedhetetlen a széles körű elterjedéshez.

Az AR jelentős előrelépést képvisel abban, hogyan lépünk interakcióba a digitális információkkal, egyedülállóan ötvözve a valós és virtuális világokat. A technológia a hardverkomponensek, a fejlett algoritmusok és a kifinomult szoftveres keretrendszerek összetett kölcsönhatására épül, hogy elmerülő és interaktív élményeket nyújtson. Azonban a feldolgozási teljesítménnyel, pontossággal, késleltetéssel és felhasználói kényelemmel kapcsolatos kihívásokat meg kell oldani annak érdekében, hogy az AR teljes potenciálját ki lehessen aknázni. Ahogy a kutatás és fejlesztés tovább folytatódik, az AR valószínűleg mindennapi életünk szerves részévé válik, átalakítva iparágakat és javítva azt, ahogyan érzékeljük és interakcióba lépünk a körülöttünk lévő világgal.

### **3.3 Térbeli számítástechnika és 3D rekonstrukció**

A térbeli számítástechnika a számítástechnika azon ága, amely forradalmasítja a fizikai és digitális világ közötti interakciót, integrálva a térbeli adatokat, hogy interaktív környezeteket hozzon létre, ahol a digitális elemek valós idejű válaszreakciókat adnak a fizikai környezetre. Ez a terület magában foglalja az olyan technológiákat, mint az AR, a VR és az MR, amelyek mind a fizikai világ pontos és dinamikus 3D rekonstrukciójára építenek.

A 3D rekonstrukció a térbeli számítástechnika alapvető eleme, amelynek során valós tárgyak és környezetek alakját és megjelenését rögzítik, hogy digitális modelleket hozzanak létre. Ezek a modellek elengedhetetlenek különféle alkalmazásokhoz, beleértve a szimulációkat, navigációt és az elmerülő élményeket. Ez a tanulmány három kulcsfontosságú elemet vizsgál a modern 3D rekonstrukcióban: Egyidejű Lokalizáció és Térképezés (Simultaneous Localization and Mapping, SLAM), Neurális Sugármezők (Neural Radiance Fields, NeRF) és a 3D Gaussian Splatting, 3DGS. Ezen technológiák mindegyike meghatározó szerepet játszik a térbeli számítástechnikai alkalmazások pontosságának, hatékonyságának és valóságosságának növelésében.

#### **3.3.1 Egyidejű Lokalizáció és Térképezés (SLAM)**

A SLAM [\[97, 98\]](#) egy olyan technika, amelyet a robotikában és a számítógépes látásban alkalmaznak, hogy ismeretlen környezet térképét hozzák létre, miközben egyidejűleg nyomon követik az eszköz helyzetét ebben a környezetben. A SLAM elengedhetetlen az olyan alkalmazásokban, ahol autonóm navigációra van szükség, például a robotikában, az autonóm járművekben és a kiterjesztett valóságban.

A SLAM algoritmusok az érzékelők (például kamerák, LiDAR vagy IMU-k) adatainak kombinációját használják a környezetben található jellemzők felismerésére és az eszköz mozgásának becslésére. Ahogy az eszköz mozog, a SLAM frissíti a környezet térképét, és finomítja az eszköz helyzetének becslését. Ez a kettős folyamat a térképezés és a lokalizáció között kihívást jelent, mivel magas pontosságot és valós idejű feldolgozást igényel.

A SLAM rendszerek általában több kulcsfontosságú elemet foglalnak magukban:

- Jellemzők felismerése és illesztése: A SLAM a környezetben található jellemzők, például sarkok, élek vagy textúrák felismerésével kezdődik, amelyek megbízhatóan azonosíthatók több képkockán keresztül. Ezeket a jellemzőket követik az eszköz mozgása során, lehetővé téve a rendszer számára a helyzetváltozás becslését.
- Pozícióbecslés: Az észlelt jellemzők segítségével a SLAM megbecsléli az eszköz pozícióját és orientációját a térképezett környezethez képest. Ezt olyan algoritmusok segítségével valósítják meg, mint az Extended Kalman Filter (EKF) [99] vagy részecskeszűrők [100], amelyek frissítik a pozícióbecslést, ahogy új érzékelési adatok érkeznek.
- Térképkészítés: Ahogy az eszköz felfedezi a környezetet, a SLAM folyamatosan frissíti a környező terület térképét. Ez a térkép különböző formákban jeleníthető meg, beleértve a pontfelhőket, foglaltsági rácsokat vagy összetettebb 3D modelleket.
- Hurokzárás (Loop closure): A hibák felhalmozódásának korrigálására a SLAM rendszerek tartalmazzák a hurokzárást, amelynek során a rendszer felismeri egy korábban meglátogatott helyet, és ennek megfelelően beállítja a térképet és a pozícióbecsléseket. Ez különösen fontos a nagy vagy összetett környezetekben a pontosság fenntartásához.

A SLAM több kihívással is szembesül, különösen a számítási komplexitás, az érzékelési zaj és a valós idejű feldolgozási igények terén. A pontos jellemzők felismerése és illesztése kritikus fontosságú, de nehéz lehet gyenge megvilágítású vagy ismétlődő textúrájú környezetekben. Ezenkívül az időbeli pontosság fenntartása az érzékelési sodródás és más hibaforrások kezelése mellett igényes feladat.

A SLAM legújabb fejlesztései a robusztusság és a skálázhatóság javítására összpontosítanak. Például a Visual-Inertial SLAM (VI-SLAM) [101] kombinálja a kamerák és az IMU-k adatait, hogy javítsa a pontosságot dinamikus környezetekben. Ezenkívül a mélytanulás terén elért eredmények lehetővé tették olyan SLAM rendszerek kifejlesztését, amelyek jobban kezelik a kihívást jelentő forgatókönyveket, például a gyenge fényviszonyokat vagy a kevés megkülönböztethető jellemzővel rendelkező környezeteket.

### 3.3.2 Neurális sugármezők (NeRF)

A Neurális Sugármezők (NeRF) [102] áttörést jelentenek a 3D rekonstrukció és megjelenítés terén. 2020-ban mutatták be, a NeRF a mélytanulás erejét használja arra, hogy fotorealistikus 3D jeleneteket állítson elő ritka 2D képekből. Ellentétben a hagyományos 3D rekonstrukciós módszerekkel, amelyek geometriai modellezésre vagy térfogati reprezentációkra támaszkodnak, a NeRF egy neurális hálózatot használ a térfogati jelenet reprezentáció implicit modellezésére. A NeRF úgy működik, hogy egy neurális hálózat megtanulja egy folyamatos térfogati jelenet függvényét. Ez a függvény kódolja a 3D tér bármely pontjának színét és sűrűségét annak helyzete és nézeti iránya alapján. A hálózat betanítása után új nézeteket képes generálni a jelenetről úgy, hogy sugarakat vetít keresztül a virtuális kamera által a jelenetre.

A NeRF modell egy jelenetet 5D függvényként ábrázol, amely a térbeli helyet és a nézeti irányt egy színértékre (RGB) és átlátszatlanságra képezi le. A betanítás során a neurális hálózat megtanulja közelíteni ezt a függvényt azáltal, hogy minimalizálja a különbséget a megjelenített képek és a különböző nézőpontokból rögzített valós képek között. A betanítási folyamat magában foglalja a jelenet több nézőpontból történő megjelenítését, és a hálózati paraméterek beállítását a megjelenített képek hibájának csökkentése érdekében. Miután a hálózat betanult, képes magas fokú valóságshűséggel szintetizálni a jelenet nézeteit új szögekből, amelyek nem voltak részei az eredeti betanítási adatoknak.

A NeRF kiemelkedő eredményeket mutatott a kiváló minőségű 3D rekonstrukciók létrehozásában, különösen hasznos a virtuális valóságban, vizuális effektekben és a játékefejlesztésben. Képessége, hogy összetett fényhatásokat, visszatükröződések és finom részleteket ragadjon meg, felülmúlja a hagyományos módszereket. A NeRF azonban korlátokkal is rendelkezik. A betanítási folyamat számításigényes, és több órát is igénybe vehet, így nem alkalmas valós idejű alkalmazásokhoz. Ezenkívül a NeRF viszonylag sűrű bemeneti képkészletet igényel a kiváló minőségű eredmények eléréséhez, ami korlátozó lehet olyan forgatókönyvekben, ahol korlátozott adatok állnak rendelkezésre.

A NeRF bevezetése óta számos fejlesztést végeztek a hatékonyság és az alkalmazhatóság javítása érdekében. Például a NeRF-W [103] kibővíti a NeRF-et, hogy kezelje a változó fényviszonyokat és a strukturálatlan környezeteket, míg más technikák a megjelenítési folyamat gyorsítására összpontosítanak, hogy a NeRF használhatóbbá váljon valós idejű alkalmazásokhoz.

### 3.3.3 Gaussian splatting (3DGS)

A 3DGS [104] egy technika, amelyet a 3D rekonstrukcióban és megjelenítésben használnak, amely a felületeket Gauss-függvények gyűjteményeként ábrázolja a hagyományos poligonok vagy hálók helyett. Minden Gauss "splat" a felület egy kis részét reprezentálja, amely a 3D térben helyzetével, méretével és orientációjával jellemezhető. Ez a megközelítés lehetővé teszi a sima, folytonos felületek ábrázolását, amely különösen előnyös lehet összetett vagy organikus anyagok, mint például lombkoronák, szörzet vagy textúrázott felületek megjelenítésénél.

A 3DGS úgy működik, hogy a megjelenítés során a Gauss-függvényeket vetíti a képsíkra. A vetítés során több "splat" hozzájárulását összekeverik, figyelembe véve azok közelségét és befolyását az egyes képpontokra. Az eredmény egy sima és folytonos felületi ábrázolás, mentes a poligonális hálókval gyakran társított éles szélektől és műtermékektől. Ez a technika különösen hatékony olyan esetekben, ahol a hagyományos háló alapú módszerek nehezen boldogulnának, például rendkívül részletes vagy szabálytalan felületek megjelenítésénél. A Gaussian splatting más megjelenítési technikákkal, például sugárkövetéssel is kombinálhatják, hogy fokozzák a végső kép realizmusát és vizuális hűségét. A 3DGS-et széles körben használják vizuális effektekben, tudományos vizualizációban és más olyan területeken, ahol a kiváló minőségű felületi megjelenítés elengedhetetlen. Képessége, hogy sima, hibamentes felületeket hozzon létre, ideálissá teszi összetett jelenetek, részletes felületek megjelenítésére.

A 3DGS egyik legfontosabb előnye a rugalmassága. Mivel nem támaszkodik előre meghatározott hálókra, könnyen alkalmazkodik a felület típusok és geometriák széles köréhez. Ez különösen hasznos olyan alkalmazásokban, ahol a felületeket nem lehet könnyen leírni hagyományos poligonális modellekkel, például orvosi képalkotásban vagy terepmodellezésben.

Míg a 3DGS számos előnnyel rendelkezik, kihívásokat is támaszt. A 3DGS-sel történő megjelenítés számítási igénye magas lehet, különösen nagy jelenetek vagy összetett geometriák esetén. Ezenkívül a Gauss-függvények definiálásának és kezelésének folyamata összetett lehet, speciális eszközöket és algoritmusokat igényelve. A 3DGS jövőbeli kutatási irányai közé tartozik a megjelenítési folyamat hatékonyságának javítása, jobb módszerek kifejlesztése a Gauss-függvények nyers adatokból történő automatikus generálására, valamint a 3DGS más megjelenítési technikákkal való integrációjának feltárása a realizmus és teljesítmény további növelése érdekében.

Ezeknek a technológiáknak az integrációja számos kihívást jelent, beleértve a magas számítási igényeket, a valós idejű feldolgozási képességeket és a nagy és összetett adathalmazok kezelésének szükségességét. A jövőbeli kutatások valószínűleg ezeknek a kihívásoknak a leküzdésére összpontosítanak, hogy ezek a technológiák hozzáférhetőbbé és praktikusabbá váljanak szélesebb körű alkalmazások számára.

### 3.3.4 Összegzés

A térbeli számítástechnika és a 3D rekonstrukció gyorsan fejlődő területek, amelyek új határokat feszegetnek a digitális interakciók és vizualizáció terén. Az olyan technológiák, mint a SLAM, a Neurális Sugármezők és a 3DGS mind egyedi előnyöket és képességeket kínálnak, amelyek együttesen rendkívül részletes, valóság-hű és interaktív 3D környezeteket hozhatnak létre.

A SLAM biztosítja az alapot a valós idejű térképezéshez és lokalizációhoz, lehetővé téve az eszközök számára a környezetük megértését és navigálását. A NeRF új szintekre emeli a 3D rekonstrukciót, lehetővé téve a fotorealistikus jelenetek létrehozását korlátozott adatokból. A 3DGS rugalmas és hatékony módszert kínál az összetett felületek megjelenítésére, fokozva a 3D modellek vizuális hűségét.

Ezek a technológiák együttesen képviselik a térbeli számítástechnika jövőjét, olyan alkalmazásokkal, amelyek iparágak széles skálájára terjednek ki, az autonóm járművektől és a virtuális valóságtól az orvosi képalkotásig és azon túl. Ahogy a kutatás és a fejlesztés folytatódik, ezek az eszközök egyre erőteljesebbé válnak, lehetővé téve új és innovatív módokat a digitális és fizikai világokkal való interakcióra.

## 3.4 Blokklánc és kriptovaluta

### 3.4.1 Blockchain technológia működése és alapvető jellemzői

A blockchain technológia [105] egy forradalmi koncepció, amely lehetővé teszi a tranzakciók biztonságos, decentralizált rögzítését egy számítógépek hálózatán keresztül. Ellentétben a hagyományos adatbázisokkal, amelyeket egyetlen entitás irányít, a blockchain egy elosztott főkönyvi rendszeren működik, ahol az adatok több csomópont között oszlanak meg. Minden tranzakció blokkokba csoportosul, és összekapcsolódik az előző blokkal, egy folyamatos láncot képezve, innen ered a "blockchain" elnevezés. Ez a struktúra biztosítja, hogy amint egy adatot rögzítenek, az változtathatatlaná válik, vagyis nem módosítható vagy törölhető, ami magas szintű biztonságot és bizalmat nyújt.

A blockchain decentralizált jellege kiküszöböli a közvetítőket, például a bankok vagy más pénzügyi intézmények szükségességét, ami gyorsabbá és olcsóbbá teszi a tranzakciókat. A technológia eredetileg a Bitcoin [106] az első kriptovaluta alapjául szolgált 2008-ban, de azóta alkalmazásai messze túlmutatnak a kriptovalutákon és számos iparágban, például a pénzügy, az egészségügy és az ellátási lánc menedzsment területén is megjelentek.

A blockchain technológia működése több kulcsfontosságú folyamatból áll. Először egy felhasználó kezdeményezi a tranzakciót, például kriptovaluta átvitelét, amelyet ezután egy számítógépekből álló hálózatra (csomópontok) továbbítanak. Ezek a csomópontok egy konszenzusos mechanizmus segítségével érvényesítik a tranzakciót. A legelterjedtebb módszer a Proof of Work (PoW) [107], ahol a bányászok összetett matematikai problémákat oldanak meg a tranzakciók ellenőrzéséhez.

Az érvényesített tranzakciókat blokkokba csoportosítják és ezeket a blokkokat az időrendi sorrendben már létező lánchoz adják. A hálózatnak konszenzusra kell jutnia abban, hogy a tranzakció érvényes, mielőtt a blokkot hozzáadják a blokklánchoz. Ez a konszenzus biztosítja a blockchain integritását és biztonságát. Miután egy blokkot hozzáadtak, az elosztásra kerül a hálózat összes csomópontjára, ami szinte lehetetlenné teszi a blokklánc bármely részének megváltoztatását anélkül, hogy az összes későbbi blokkot is megváltoztatnák, ami a hálózat többségének egyetértését igényelné.

A blockchain technológia legfontosabb jellemzői közé tartozik a decentralizáció, a változtathatatlanosság, az átláthatóság és a biztonság. A decentralizáció biztosítja, hogy egyetlen entitás sem rendelkezik irányítással, ami a rendszert ellenállóbbá teszi a csalásokkal és támadásokkal szemben. A változtathatatlanosság azt jelenti, hogy ha egy adatot rögzítenek a blokkláncon, az nem módosítható, ami biztosítja az adatok integritását. Az átláthatóság lehetővé teszi, hogy minden résztvevő megtekinthesse a blokkláncon rögzített tranzakciókat, ami magas szintű elszámoltathatóságot nyújt. Végül, az előrehaladott kriptográfiai technikák biztosítják az adatok biztonságát, ami a blockchain-t rendkívül ellenállóvá teszi a hackeléssel és az illetéktelen hozzáférésekkel szemben.

### **3.4.2 A kriptovaluták, NFT-k és a digitális tulajdonjog szerepe a Metaverzumban**

A kriptovaluták a metaverzum gazdasági rendszerének alapját képezik, mivel lehetővé teszik a virtuális javak és szolgáltatások vásárlását, eladását és kereskedelmét egy decentralizált, biztonságos és átlátható módon. A Bitcoin [106] és az Ethereum [108] például olyan digitális pénznemek, amelyek lehetővé teszik a tranzakciókat a metaverzumban, anélkül, hogy közvetítők beavatkozása szükséges lenne. Ez a decentralizált pénzügyi rendszer kulcsfontosságú a metaverzum működésének szempontjából, mivel biztosítja a gazdasági tevékenységek folyamatos áramlását és a résztvevők közötti értékátvitelt.

Az okos szerződések [109], amelyek blokklánc alapú automatikus szerződések, szintén kritikus szerepet játszanak a metaverzumban. Ezek a szerződések közvetítők nélkül hajtják végre és érvényesítik a megállapodások feltételeit, ami különösen fontos a virtuális ingatlanok tulajdonjogának kezelésében és a decentralizált alkalmazások létrehozásában. Az okos szerződések átláthatóvá és megbízhatóvá teszik a tranzakciókat, ami elengedhetetlen a metaverzum stabil működéséhez.

A nem helyettesíthető tokenek (Non-Fungible Token, NFT-k) [110] szintén kiemelkedő szerepet játszanak a metaverzum gazdaságában. Az NFT-k olyan egyedi digitális tokenek, amelyek egyedi virtuális eszközök tulajdonjogát képviselik, mint például műalkotások, gyűjthető tárgyak vagy virtuális ingatlanok. Ezeket a tokeneket blokklánc hálózatokon hozzák létre és kereskednek velük, ami biztosítja ritkaságukat és hitelességüket. Az NFT-k lehetővé teszik a felhasználók számára, hogy valódi tulajdonjogot gyakoroljanak digitális eszközeik felett és ezeket az eszközöket átvihetik a metaverzum különböző részein, növelve a digitális gazdaság interoperabilitását.

A blockchain technológia három kritikus aspektust kezel a metaverzumban: értékteremtés, tulajdonjog és átvihetőség; interoperabilitás; és hitelesség és nyomonkövethetőség. A kettős költés problémájának megoldásával a blockchain lehetővé teszi, hogy a digitális javak ne legyenek szabadon másolhatók központi ellenőrzés nélkül. Ezáltal a metaverzumban lévő digitális javak, például játékon belüli eszközök, digitális művészet vagy digitális ruházat, függetlenné válhatnak a kibocsátó féltől, és csak a tulajdonos által irányíthatók és átvihetők.



Az interoperabilitás a blockchain technológia egyik legfontosabb előnye, mivel egy közös infrastruktúra használatával lehetővé teszi a fejlesztők számára, hogy meglévő funkciókat és digitális eszközöket használjanak és integráljanak. A blockchain változtathatlansága emellett auditálási nyomvonalat teremt, biztosítva, hogy minden eszköz története nyomon követhető legyen, ami különösen fontos a digitális művészet vagy egyéb értékes digitális javak esetében.

A blockchain és a kriptovaluták alapvető elemeket biztosítanak a metaverzum számára, lehetővé téve egy virtuális gazdaság kialakulását. A digitális eszközök előállíthatók, értékesíthetők és birtokolhatók, és a metaverzumban nyújtott szolgáltatásokért is lehet fizetni. Ezek az új gazdasági lehetőségek ösztönözhetik a metaverzum gyors fejlődését, mivel egyre több felhasználó és vállalkozás kapcsolódik be a digitális világba, kihasználva a blockchain által nyújtott biztonságot, átláthatóságot és decentralizációt.

### **3.5 Hálózati infrastruktúrák**

A metaverzum egy átfogó, digitális univerzum, amelyben a felhasználók valós időben léphetnek kapcsolatba egymással és különféle digitális tartalmakkal. Ahhoz, hogy ez a virtuális tér elérje teljes potenciálját, elengedhetetlen egy fejlett és robusztus hálózati infrastruktúra, amely biztosítja a szükséges adatátviteli sebességet, alacsony késleltetést, nagy megbízhatóságot és széles körű elérhetőséget. Ebben az összefüggésben a legnagyobb szerepet az 5G [111] és 6G [112] mobilhálózati technológiák, a felhőalapú szolgáltatások, valamint az edge computing technológiák töltik be.

Az 5G technológia már most is fontos alapot nyújt a metaverzum számára. Az 5G nemcsak az adatátviteli sebességet növeli, hanem a hálózati kapacitást is jelentősen megnöveli, miközben a késleltetést drasztikusan csökkenti. Az 5G legnagyobb előnye, hogy lehetővé teszi az ultraalacsony késleltetést, amely akár egy milliszekundumra is csökkenhet. Ez kulcsfontosságú a metaverzumban történő valós idejű interakciókhoz, például a virtuális és kiterjesztett valóság alkalmazásokban. Az 5G alacsony késleltetése biztosítja, hogy a felhasználók zökkenőmentes, valós idejű élményben részesüljenek, amely szinte megkülönböztethetetlen a fizikai valóságtól.

Az 5G másik fontos tulajdonsága a megnövekedett sáv szélesség, amely lehetővé teszi a nagy mennyiségű adat egyidejű átvitelét. Ez alapvető fontosságú a metaverzumban, ahol nagy felbontású virtuális környezetek és számos eszköz egyidejű kapcsolata szükséges. Az 5G hálózatok lehetővé teszik, hogy több ezer felhasználó egy időben csatlakozzon és lépjen interakcióba a virtuális térben anélkül, hogy bármilyen késést vagy minőségromlást tapasztalnának. Az 5G által biztosított stabil és kiterjedt lefedettség lehetővé teszi a metaverzumhoz való folyamatos hozzáférést, függetlenül a földrajzi elhelyezkedéstől vagy az eszköz típusától.

Míg az 5G már most is jelentős előrelépéseket biztosít, a 6G technológia kifejlesztése várhatóan még tovább növeli a metaverzum lehetőségeit. A 6G, amely jelenleg fejlesztés alatt áll, várhatóan még nagyobb sebességet, alacsonyabb késleltetést és fejlettebb hálózati képességeket kínál majd, amelyek forradalmasíthatják a digitális világot.

A 6G egyik leginkább várt tulajdonsága az, hogy akár 1 terabit per másodperces adatátviteli sebességet is elérheti, ami messze meghaladja az 5G képességeit. Ez az óriási sebességnövekedés lehetővé teszi a hiperrealisztikus, teljesen elmerülő virtuális környezetek létrehozását. A 6G ezen túlmenően lehetővé teszi a szubmilliszekundum késleltetést, ami gyakorlatilag azonnali interakciókat tesz lehetővé a metaverzumban. Ez különösen fontos azoknál az alkalmazásoknál, amelyek valós idejű reakciót igényelnek, mint például a távoli sebészet vagy az autonóm járművek irányítása. A 6G várhatóan integrálni fogja az mesterséges intelligenciát és a gépi tanulást is, amelyek intelligens hálózati menedzsmentet biztosítanak, optimalizálva a metaverzum élményét. Ez a fajta hálózati intelligencia lehetővé teszi a személyre szabott, interaktív és valós idejű élményeket minden egyes felhasználó számára.

Az edge computing és a felhőalapú szolgáltatások szoros kapcsolatban állnak az 5G és 6G technológiákkal, mivel ezek az új generációs hálózatok olyan sebességet, kapacitást és alacsony késleltetést biztosítanak, amelyek lehetővé teszik ezeknek a számítástechnikai modelleknek a hatékonyabb működését és alkalmazását. Az edge computing, amely az adatfeldolgozást közelebb viszi a felhasználókhöz, kihasználja az 5G és 6G hálózatok által biztosított alacsony késleltetést és nagy sebességet. Az 5G, 6G hálózatok képességei lehetővé teszik, hogy az edge eszközök gyorsan kommunikáljanak a központi felhővel, miközben valós idejű adatfeldolgozást és gyors válaszidőket biztosítanak a felhasználók számára. Ez különösen fontos az olyan alkalmazásoknál, mint az autonóm járművek, az ipari automatizálás és a virtuális valóság, ahol a késleltetés minimalizálása kritikus fontosságú.

A felhőalapú szolgáltatások jelentős adatfeldolgozási és tárolási kapacitást biztosítanak, de a távoli adatközpontokhoz való hozzáférés gyakran jelentős késleltetéssel jár. Az 5G technológia azonban csökkenti ezt a késleltetést, gyorsabb hozzáférést biztosítva a felhőalapú erőforrásokhoz. Ez lehetővé teszi a felhasználók számára, hogy a felhőben tárolt adatokat és alkalmazásokat gyorsabban elérjék, és hatékonyabban használják őket. Az 5G továbbá lehetővé teszi a felhőalapú szolgáltatások elérését olyan területeken is, ahol korábban a hálózati kapacitás korlátozott volt.

A metaverzum egy olyan összetett technológiai ökoszisztémán alapul, amely kombinálja az elmerülő, interaktív és összekapcsolt digitális élményeket. A virtuális és kiterjesztett valóság biztosítja az alapvető elmerülési élményeket, míg a blokklánc és kriptovaluta technológiák támogatják a digitális tranzakciókat és tulajdonjogot. Az AI fokozza az interakciókat és személyre szabott élményeket nyújt, míg a hálózati, felhő számítástechnika és térbeli számítástechnika biztosítja a skálázhatóságot, a reagálóképességet és a fizikai világgal való integrációt. Az IoT eszközök tovább hidat képeznek a fizikai és digitális világok között, létrehozva egy átfogó és dinamikus metaverzum ökoszisztémát.

## **4 Metaverzum jogi, szabályozási kérdései**

A metaverzum, mint a digitális tér legújabb és legkomplexebb formája, jelentős kihívásokat állít a jogi szabályozás elé. Mivel a metaverzum lényegében egy virtuális világ, ahol a felhasználók avatárokon keresztül lépnek interakcióba egymással és a környezettel, a hagyományos jogi keretek nem mindig alkalmazhatók egyértelműen. Ez a komplexitás számos kérdést vet fel, amelyek még megoldásra várnak, és amelyek megválaszolása alapvető fontosságú lesz a metaverzum jövőbeli fejlődése szempontjából.

A metaverzum egy annyira immerzív élményt nyújtó tér, hogy kétféleképpen is lehet rá tekinteni, ami jelentős kihívásokat jelent a jogi szabályozás terén. Jelenleg kérdéses, hogy melyik irány lesz mérvadó, mivel mindkettő párhuzamosan létezik. Az egyik megközelítés a metaverzumban egy új technológiát lát, amelyben tartalmakat sugároznak és ezt a hagyományos médiatartalmakhoz, például a televízióhoz és rádióműsorokhoz hasonlítva próbálják szabályozni. Ebben a kontextusban a metaverzumot inkább egy médiumként kezelik, ahol a tartalom előállítás és terjesztése áll a középpontban.

A másik oldal viszont a metaverzumot olyan immerzív térnek tekinti, amelyben egy virtuális valóság teljesebbé válik, és egy virtuális élet valósul meg. Ebben az esetben a felhasználók tulajdonolhatnak dolgokat, üzleteket köthetnek, és emiatt olyan komplex jogi szabályozásra van szükség, mint a valós életben. Ez magában foglalhatja a tulajdonjogokat, a szerződéseket, valamint az adatvédelem és a magánélet védelmét is, figyelembe véve a metaverzum és a mögötte álló technológia sajátosságait.

Alapvetően ezen két megközelítés határozza meg a jogalkotás szándékát és ez a két eltérő iskola a meglévő szabályozásokban is megfigyelhető.

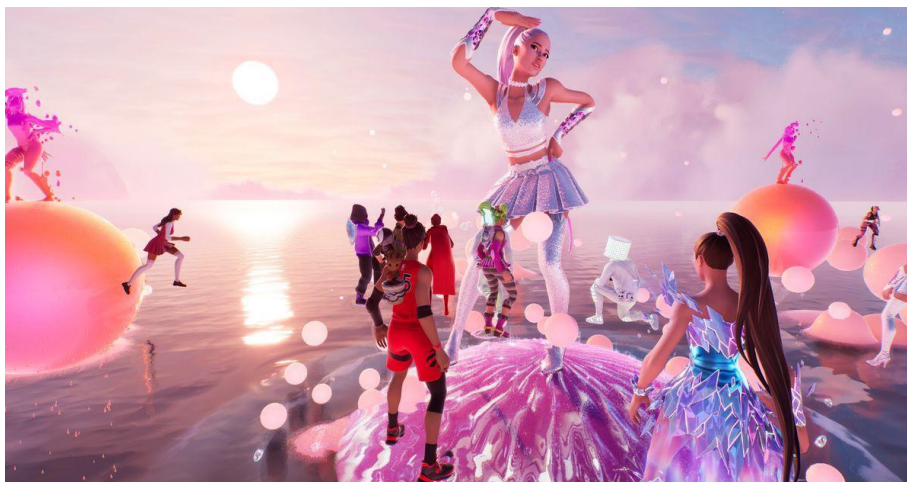
A metaverzumhoz kapcsolódó jogi szabályozások még kialakulóban vannak, mivel a technológia új, és a hagyományos jogi keretek nem mindig alkalmazhatók rá egyértelműen. Azonban már vannak példák arra, hogy különböző országok és szervezetek hogyan próbálják meg szabályozni a metaverzumot és a hozzá kapcsolódó tevékenységeket.

A legtöbbször a metaverzumban a privacy és adatvédelem kérdését tartják a legnagyobb kihívásnak. A metaverzumban ugyanis rengeteg adatot gyűjtenek a felhasználókról, beleértve a személyes adatokat, a viselkedési mintákat és a digitális identitásokat. Ez komoly aggályokat vet fel azzal kapcsolatban, hogy hogyan lehet ezeket az adatokat megfelelően védeni és hogyan lehet biztosítani, hogy a felhasználók magánéletét tiszteletben tartásuk.

Emellett megjelennek a zaklatás és a metaverzumhoz kapcsolódó bűnözői tevékenységek is. Ahogy a metaverzum egyre szélesebb körben elterjed, valószínű, hogy a kiberbűnözők célpontjává válik. Erős kiberbiztonsági intézkedésekre lesz szükség a felhasználók és digitális eszközeik védelme érdekében, hogy megakadályozzák a lopásokat és egyéb rosszindulatú tevékenységeket. Felmerül a kérdés, hogy hogyan alkalmazható a büntetőjogi felelősség virtuális terekben. Például, ha bűncselekmény történik a metaverzumban, hol történt meg az eset, mely ország jogrendszere vonatkozik rá? A szenvedő fél, az elkövető fizikai helye vagy IP címe alapján dől el, vagy esetleg a nemzetiség kérdése határozza meg a joghatóságot, esetleg a szolgáltató lokációja meghatározó?

A metaverzum olyan bűncselekményekkel is szembesülhet, mint a pénzügyi visszaélések, zaklatás és identitáslopás. A digitális tulajdonjogok, mint például az NFT-k (non-fungible tokens) esetében is felmerülnek jogi kérdések. Ezek a digitális eszközök és a hozzájuk kapcsolódó tranzakciók adózási és szabályozási kihívásokat is felvetnek. Ennek eddigi legvalóságosabb példája, amikor Ariana Grande 2021. augusztus 6-8. között virtuális koncerteket tartott a Fortnite nevű online játékban és ez 78 millió fogyasztót vonzott, felmerült a kérdés, hogy az ilyen virtuális eseményeket és az ezekből származó jövedelmeket hogyan kellene adóztatni. A [3](#) képen ezen virtuális koncert egy részlete látható. Ezen esetekre jelenleg nem találunk precedenst és a szabályozás sem tudja egyértelműen eldönteni, mely országok érintettek az adózási folyamatban. A Fortnite concert nem egy egyszeri esemény volt, számos ismert zenész és zenekar (például: Billie Eilish, The Cranberries, vagy az idei évben Snoop Dog) tartott már koncertet és jelenleg online fesztiválok szervezésén dolgoznak a játék készítői.

Ezek az esetek rávilágítanak arra, hogy egyelőre nem világos, melyik ország vagy hatóság jogosult adót kivetni a virtuális tranzakciókra és jövedelmekre, miként lehet szabályozni a metaverzumban zajló tevékenységeket és hogyan lehet ezeket a jogszabályokat nemzetközi szinten érvényesíteni. A metaverzum így a világ akár legnagyobb adóparadicsomává válhat, ha nem találnak hatékony megoldást ezekre a problémákra.



Ábra 3: A képen Ariana Grande virtuális koncertjének egy részlete látható. A koncert felvételekre került és a felhasználók három nap során bármikor beléphettek és több felhasználóval együtt aktív részesei lehettek az éppen akkor induló koncertnek. A három napban több mint 78 millió felhasználó vett részt a koncerten.

#### 4.1 Adatvédelem a Metaverzumban

Az egyik legnagyobb kihívás, amellyel a metaverzum szabályozása során szembesülünk, az adatvédelem és a privacy kérdése. A metaverzumban a felhasználókról rendkívül sok adatot gyűjtenek, beleértve a személyes adatokat, a viselkedési mintákat és a digitális identitásokat. Ezek az adatok hatalmas értéket képviselnek, ugyanakkor komoly kockázatot jelentenek a felhasználók magánéletére nézve.

A metaverzum szabályozása során elengedhetetlen lesz olyan adatvédelmi szabályok kialakítása, amelyek biztosítják a felhasználók adatainak biztonságát és megakadályozzák azok illetéktelen felhasználását. Ez magában foglalja az adatgyűjtés, -tárolás és -feldolgozás szigorú szabályozását, valamint a felhasználók beleegyezésének biztosítását az adataik felhasználásához.

Az Európai Unió általános adatvédelmi rendelete, a GDPR (General Data Protection Regulation), az egyik legszigorúbb adatvédelmi törvény a világon, ennek ellenére szakértők szerint sem minden esetben alkalmazható a metaverzumra is. A GDPR előírja, hogy a felhasználók személyes adatait csak megfelelő beleegyezéssel lehet gyűjteni és kezelni. Mivel a metaverzumban nagy mennyiségű adatot gyűjtenek a felhasználókról, a platformoknak biztosítaniuk kell, hogy megfeleljenek ezeknek az adatvédelmi előírásoknak. Például, ha egy metaverzum platformot egy EU-s országban üzemeltetnek, vagy EU-s állampolgárok adatait kezelik, akkor a GDPR szabályai érvényesek rájuk.

Azonban sok esetben GDPR kiegészítésére lehet szükség a digitális szolgáltatások és a mesterséges intelligencia szabályozásának bővítése érdekében, különösen az Európai Unió új jogszabályainak fényében. Például a Digitális Szolgáltatásokról szóló rendelet (Digital Services Act) előírja az adathasználati korlátozások egyértelmű megemlítését, míg a Digitális Piacokról szóló rendelet (Digital Markets Act) szigorúan szabályozza azokat a szervezeteket, amelyek 'kapuőr' szerepet tölthetnek be a digitális piacokon.

Az Európai Unió mesterséges intelligenciára vonatkozó törvénye (AI Act) várhatóan jelentős szerepet játszik majd az avatarok identitásának és a hozzájuk kapcsolódó tartalmak szabályozásában is. Továbbá, a GDPR lehetővé teszi, hogy bármely, az Európai Unió területén kívül elhelyezkedő vállalkozás is a szabályozás hatálya alá essen, ha árukat vagy szolgáltatásokat kínál az EU-ban, vagy figyelemmel kíséri az uniós állampolgárok viselkedését (GDPR 3. cikk 2. szakasz).

Ez a különböző joghatóságok közötti szabályozási követelmények közötti konfliktusokhoz vezethet, különösen az adatvédelmi incidensek bejelentésének kötelezettsége terén. Emiatt csábító lehet egy "adatvédelmi jog választási záradékot" beilleszteni egy adott metaverzum szolgáltatási feltételeibe, ahol a metaverzum szolgáltatója a felhasználói szerződésben elfogadtatja a felhasználóval, hogy mely ország(ok) szabályozása és törvényei vonatkoznak rá a metaverzumban. Bár valószínűleg nincs közvetlen büntetés egy ilyen záradék beillesztéséért, az adatvédelmi jogszabályok jellemzően kevés érvényességet tulajdonítanak ennek a megközelítésnek. Például a Kaliforniai Fogyasztóvédelmi Törvény (California Consumer Protection Act, CCPA) természetes személyekre vonatkozik, akik Kalifornia lakosai, a Kaliforniai Szabályzat 18. címének 17014. szakasza szerint. A törvény nem biztosít lehetőséget a fogyasztóknak a védelem elutasítására és nincs mód arra sem, hogy mások (Kalifornián kívülről) csatlakozzanak a védelemhez. Ehelyett a 1798.192 szakasz kimondja, hogy a CCPA jogainak lemondási kísérletei ellentétesek a közrenddel és érvénytelenek.

Emellett egyre nagyobb hangsúlyt kap az adatvédelem direkt beépítése a tervezésbe, azaz a "Data Privacy by Design" elv. Ezen elv a GDPR-ban is kiemelt fontosságú, különösen a 25. cikkben foglaltak alapján. Ezen elv betartása megköveteli, hogy a vállalkozások már a tervezési folyamat során figyelembe vegyék a felhasználók adatvédelmi jogait, és alapértelmezés szerint csak azokat a személyes adatokat dolgozzák fel, amelyek szükségesek a nyújtott szolgáltatás céljainak teljesítéséhez. Az ISO 27701 szabvány szintén ezt az elvet támogatja, így biztosítva, hogy a személyes adatok kezelése már a kezdetektől megfelelően történjen. Természetesen más országok nem feltétlenül vannak kötelezve rá, hogy az ISO 27701 szabványnak megfeleljenek, vagy a GDPR elveit kövessék.

Az Egyesült Államokban az adatvédelem tervezésbe való beépítése (Privacy by Design) eddig lassabban haladt, de az újabb törvények már tartalmazznak kockázatértékelési követelményeket. Még nem világos, hogy ezek a kockázatértékelések mennyire hasonlítanak az EU-s "Data Protection by Design" megközelítéshez. Mindazonáltal az amerikai szabályozó hatóságok valószínűleg figyelembe veszik majd, hogy egy vállalkozás szoftverfejlesztési életciklusa magában foglalja-e az adatvédelem tervezési szempontjait az ellenőrzési döntéseik során. Ha egy vállalkozás nem követi ezt a megközelítést, az vakon hagyja a lehetséges adatvédelmi problémákkal szemben és növeli a peres ügyek és a szabályozási beavatkozások kockázatát.

Bár hosszabb távon jóval fontosabb az adatvédelem, a gyakorlati tapasztalat azonban az, hogy személyes adataik tekintetében sokkal jobban érdekli a felhasználókat az adatportabilitás és az interoperabilitás. Szerencsére ezen kérdések is kulcsfontosságúak a GDPR 20. cikkének (1) bekezdése szerint, s megfelelően szabályozásra is kerültek, amely biztosítja az érintettek számára a jogot, hogy a rájuk vonatkozó személyes adatokat strukturált, általánosan használt és géppel olvasható formátumban megkapják, valamint jogot biztosít ezen adatok továbbítására egy másik adatkezelőhöz. Mivel a szabályozás általánosan vonatkozik digitális adatokra, így a metaverzumot is érinti.

Az eddig megjelent szabályozások többnyire jó irányt mutatnak és a felhasználók szintjén és üdvözölve lettek, azonban egy ennyire gyorsan fejlődő infrastruktúrában a különböző adatvédelmi törvények átfedése különösen nehezíti a megfelelést egy élő, szinkronizált környezetben, mint a metaverzum. Az adatvédelmi jogszabályok világszerte eltérőek és nem kevés van belőlük: az Egyesült Nemzetek Kereskedelmi és Fejlesztési Konferenciája (UNCTAD) szerint 194 országból 137 rendelkezik adatvédelmi és magánélet-védelmi jogszabályokkal.

Az USA-ban, különösen Kaliforniában, a CCPA (California Consumer Privacy Act) szabályozza a nagyvállalatokat, mint például a Meta, a Microsoft és az Apple, különös tekintettel a 2018-ban elfogadott Kaliforniai Adatvédelmi Jogok Törvényére (CPRA), amely a kaliforniai lakosok adatait védi. Az Egyesült Államok többi részén azonban nincsenek olyan átfogó adatvédelmi szabványok, amelyek megfelelően védenék a polgárok digitális magánéletét szövetségi szinten. Ez kétségtelenül lehetőséget teremtett az amerikai kormány adatmegfigyelési gyakorlataira, amelyek továbbra is aggodalomra adnak okot.

A Schrems II határozat az EU-USA "Adatvédelmi Pajzsot" érvénytelenítette, amely lehetővé tette az európai és amerikai állampolgárok adatai közötti könnyű adatátvitelt az EU és az USA között, anélkül hogy hosszas formális engedélyekre lett volna szükség. Az Európai Unió Bírósága 2020 júliusában megszüntette ezt a szabad adatáramlási megállapodást, mivel az Egyesült Államok és annak bűnüldöző szervei általi megfigyelési aggályok miatt ezt érvénytelennek nyilvánították.

## **4.2 Tulajdonjog a Metaverzumban**

A metaverzum egyik legérdekesebb aspektusa a digitális tulajdonjogok kérdése. Az NFT-k (non-fungible tokens) révén a felhasználók digitális eszközöket tulajdonolhatnak a metaverzumban, legyen szó virtuális ingatlanokról, műalkotásokról vagy akár virtuális ruházatról. A tulajdonjog igazolása technológiailag biztosított, ez a fajta digitális tulajdonjog azonban még még a virtuális tulajdon lemásolása esetén is azonban számos jogi kérdést vet fel.

Az egyik legfontosabb kérdés az, hogy hogyan lehet szabályozni és védeni a digitális tulajdonjogokat a metaverzumban. Az NFT-k által nyújtott digitális tulajdonjogok ugyanúgy védelmet igényelnek, mint a fizikai világban lévő tulajdonjogok, ugyanakkor figyelembe kell venni a technológia sajátosságait és a virtuális világ komplexitását. Az Egyesült Államokban például a szerzői jogi törvények védelmet biztosítanak a virtuális alkotások számára, ugyanúgy, mint a fizikai világban létrehozott művek esetében. Ez azt jelenti, hogy ha valaki létrehoz egy műalkotást a metaverzumban, akkor szerzői jogi védelmet élvezhet és jogi lépéseket tehet, ha valaki jogtalanul másolja vagy használja fel az alkotását.

A virtuális tulajdon egyedi jogi kihívásokat vet fel. Bár a hagyományos tulajdonjogi törvények közvetlenül nem vonatkoznak a virtuális eszközökre, jogi kereteket kell kialakítani a virtuális tulajdonosok jogainak védelme érdekében. Olyan kérdéseket kell megoldani, mint a tulajdonjog, az átruházhatóság és a tulajdonjogok érvényesítése, hogy biztosítsák a méltányos és működőképes virtuális tulajdon piacot.

A szellemi tulajdonjogok a metaverzumban magukban foglalják a szerzői jogokat, védjegyeket és szabadalmakat. Ugyanakkor ezeknek a hagyományos törvényeknek a virtuális világra való alkalmazása számos kihívást rejt magában. Például hogyan lehet érvényesíteni a szerzői jogokat egy olyan környezetben, ahol a felhasználók könnyen másolhatják és terjeszthetik a digitális tartalmat? Ahogy a metaverzum fejlődik, új jogi keretekre és technológiai megoldásokra lesz szükség a teremtők szellemi tulajdonjogainak védelme érdekében.

Az egyik legjelentősebb kihívás a virtuális tulajdon piacon a joghatóság meghatározása és a szabályozási keretek kialakítása. A való világban az ingatlanjogi törvények és szabályozások országonként eltérőek. Ezeknek a törvényeknek a virtuális világba való átültetése összetett feladat. Joghatósági problémák merülnek fel, amikor különböző országokból származó felhasználók virtuális tulajdon tranzakciókban vesznek részt. Melyik ország törvényei alkalmazandók? Hogyan lehet feloldani a különböző jogrendszerek közötti konfliktusokat? Ezekre a kérdésekre választ kell találni ahhoz, hogy egy egy méltányos és átlátható virtuális tulajdon piac működhessen.

Eddig nem sok jogi vitára került sor a virtuális térben, azonban már vannak precedensek olyan helyzetekre, amikor a virtuális tulajdonokból eredő viták valós bíróságokig jutottak el: 2010-ben egy virtuális földtulajdon vitára került sor a Second Life nevű virtuális világban.

Carl Evans, Donald Spencer, Valerie Spencer and Cindy Carter beperelte a játékot készítő Linden Research nevű céget, miután a játékban található accountjuk, a nem megfelelő használat miatt felfüggesztésre került. A felperesek a felfüggesztéssel egyetértettek, azonban igényt tartottak a játékban addig elért tulajdonukra, amit a cég is, mint virtuális tulajdont hirdetett. Miután keresetüket elsőfokon elutasították, egy második módosított csoportos keresetet nyújtottak be, amelyben Naomi Hemingway is felperesként szerepelt. Ebben a módosított panaszban azzal vádolták a Linden Research-t, hogy hamis állításokat tettek a virtuális tulajdonjogokkal kapcsolatban és azt állították, hogy a vállalat jogtalanul kobozta el tőlük a virtuális tulajdont. A pereskedés végül mediációval zárult 2013 májusában és a cég vállalta, hogy a felperesek minden játékban található tulajdonát, virtuális pénzét (Linden dollár) valós dollárra (USD) konvertálja és annak értékét a felpereseknek 100%-ban megfizeti.

Ez az eset rávilágított arra, milyen nehézségek merülnek fel a tulajdonjog meghatározásában és a tulajdonjogok érvényesítésében a metaverzumban.

Egy másik figyelemre méltó eset a Decentraland nevű virtuális tulajdon platformhoz kapcsolódik. 2019-ben vita alakult ki, amikor egy felhasználó engedély nélkül építette meg a Notre-Dame székesegyház virtuális másolatát. Mivel a katedrális a francia állam tulajdona, az alkotónak saját döntéseként eltávolította a virtuális építményt, mielőtt a francia állam jogi útra terelte volna az esetet. Azonban a döntést többen megkérdőjelezték, mivel többek szerint a virtuális építmény a francia állam tulajdonjogát nem sértette, legfeljebb szellemi tulajdoni kérdések merülhetnek fel. Ez az eset komoly kérdéseket vetett fel a szellemi tulajdonjogok és a szerzői joggal védett tartalmak virtuális világban történő felhasználásával kapcsolatban.

Azonban ellenkező irányú kezdeményezések is történtek ugyanezen platformon. Szaúd-Arábia ősi és távoli városában, Hegrában 2022 novemberében jelentették be, mint az első UNESCO-emlékművet, amely megjelenik a virtuális térben és nyitva áll a felfedezés előtt a világ minden tájáról érkező látogatók számára és mostantól lehetőség nyílik arra is, hogy hőléggalonnal repüljenek Hegra fölött Decentralandban. Azok a helyek, ahol a turizmus történelmileg alacsony vagy fejletlen szinten áll, szintén profitálhatnak az új technológiákból, különösen ott, ahol az élményeket a helyi tudás felhasználásával közösen hozzák létre.

Ezek az esettanulmányok jól mutatják azokat a bonyolult jogi vitákat, amelyek a virtuális tulajdon piacon felmerülhetnek. Kiemelik a világos jogi keretek és a vitás kérdések rendezésére szolgáló mechanizmusok szükségességét a metaverzumban.

Egy másik fontos trend a határokon átnyúló jogi keretek kialakítása. Mivel különböző országok felhasználói vesznek részt virtuális tulajdon tranzakciókban, az nemzetközi együttműködés kulcsfontosságú lesz ahhoz, hogy egységes és beartható jogi normák jöjjenek létre.

A metaverzumbeli ingatlanjog jövője ígéretesnek tűnik. 2023 során A Counter Strike nevű játékban a felhasználók összesen több, mint egymilliárd dollárt költöttek a kinézetüket befolyásoló ruhadarabok, kiegészítők (úgynevezett skin-ek) vásárlására. Ahogy a virtuális tulajdon piac érik, a jogi szakemberek kiemelt szerepet fognak játszani a jogi környezet kialakításában. A jogi szakértők, technológusok és politikai döntéshozók közötti együttműködés elengedhetetlen lesz a jogi kihívások kezeléséhez és a méltányos, működőképes virtuális tulajdon piac biztosításához.

### **4.3 Bűncselekmények a Metaverzumban**

A metaverzum, mint új digitális tér, a kiberbűnözés új formáit is magával hozza. Ahogy a felhasználók egyre inkább belépnek ezekbe a virtuális világokba, a kiberbűnözők is egyre nagyobb érdeklődést mutatnak a metaverzum iránt. A virtuális valóságban olyan bűncselekmények fordulhatnak elő, mint az identitáslopás, a pénzügyi csalások vagy akár a szexuális zaklatás.

Ezek szabályozás azért is különösen érdekes, mivel ami a fizikai világban bűncselekménynek minősülne, az a virtuális világban nem feltétlenül számít annak. Ahogy a videojátékok példája is mutatja, néhány virtuális környezet kifejezetten úgy van kialakítva, hogy lehetővé tegye, jutalmazza, sőt még akár bátorítsa is az erőszakot, a vagyoni elleni bűncselekményeket és más illegális vagy normál esetben elfogadhatatlan viselkedéseket. A résztvevők általános beleegyezése ezeknek a viselkedéseknek a virtuális térben való elfogadását eredményezheti, ami a hagyományos kontextusokban nem lenne lehetséges. Mindazonáltal szükség van jogszabályokra, amelyek meghatározzák és irányítják ezt a beleegyezést annak érdekében, hogy megakadályozzák a valódi károkat, például a zaklatás és a gyűlöletkeltés formájában, amelyeket a jelenlegi jogrendszerek talán nem képesek megfelelően kezelni.

Ezek a bűncselekmények különösen nehezen kezelhetők, mivel a metaverzum nem rendelkezik egyértelmű fizikai helyszínnel, ahol a bűncselekmények megtörténnének. Ez felveti a kérdést, hogy a joghatóság melyik országban vagy régióban lenne érvényes, ha egy bűncselekmény a metaverzumban történik. Az is kérdéses, hogy a virtuális bűncselekmények esetén hogyan lehet érvényesíteni a büntetőjogi felelősséget, különösen nemzetközi szinten.

Az Egyesült Királyságban például már léteznek törvények az online zaklatás és kiberbűnözés ellen, amelyek kiterjeszthetők a metaverzumra is. Az Online Safety Bill, amely jelenleg tárgyalás alatt áll, célja, hogy megerősítse a kiberbűnözés elleni védekezést és biztosítsa, hogy a digitális platformok felelősséget vállaljanak a felhasználók biztonságáért. Ez a törvény kötelezná a metaverzum platformokat is arra, hogy tegyenek lépéseket a felhasználókat érő zaklatások, csalások és más bűncselekmények ellen.



#### 4.4 Adózási kérdések a Metaverzumban

A metaverzumban végrehajtott tranzakciók, például az NFT-k vásárlása vagy virtuális szolgáltatások nyújtása, szintén adózási kérdéseket vetnek fel. A kérdés az, hogy az ilyen virtuális tranzakciókat hogyan kellene adóztatni, és melyik ország jogosult adót kivetni ezekre a tranzakciókra. Az adózási kérdések különösen fontosak, mivel a metaverzum egy globális tér, ahol a felhasználók a világ bármely részéről beléphetnek és tranzakciókat végezhetnek. Ez jelentős kihívást jelent a nemzetközi adózási szabályok alkalmazása szempontjából, és valószínűleg új szabályozásokra lesz szükség ahhoz, hogy az ilyen virtuális tranzakciókat hatékonyan lehessen adóztatni.

Az Egyesült Államokban az adóhatóság, az IRS (Internal Revenue Service), már elkezdte szabályozni a kriptovalutákkal kapcsolatos tranzakciókat. Az IRS előírja, hogy a kriptovaluta tranzakciókat jelenteni kell, és adóköteles eseményként kell kezelni. Hasonló módon, az NFT-k vásárlása és eladása is adóköteles lehet, különösen, ha ezek jelentős értéket képviselnek.

A jelenlegi szabályozások érdekessége, hogy a kiskereskedelmi márkák a valós világban általában fizikai termékeket értékesítenek ügyfeleiknek; azonban az olyan digitális termékek, mint az NFT-k, skinek és avatar kiegészítők az EU áfa szempontjából elektronikus szolgáltatásnyújtásnak minősülhetnek, ami eltérő Áfa szabályokat hozhat magával. Ezért a vállalatoknak figyelembe kell venniük, hogy a fizikai nagykereskedelmi tevékenységek átalakulhatnak digitális kiskereskedelmi műveletté a metaverzumban. Például, ahelyett, hogy egy ország helyi fizikai boltjaiba juttatnának el termékeket nemzetközi nagykereskedelmi csatornákon keresztül, a virtuális vásárlók fizikai helyének azonosítása válik fontossá. Ennek oka, hogy minden eladás potenciálisan Áfa fizetési kötelezettséget vonhat maga után abban a joghatóságban, ahol az adott vásárló található.

Emellett az olyan új üzleti koncepciók, mint a virtuális metaverzumbeli piacterek, olyan adójogi szabályozásokkal kell, hogy szembenézzenek, amelyek még nem kerültek frissítésre ezeknek a fejleményeknek a figyelembevételével. Ennek eredményeként nemkívánatos következmények, például az Áfa felhalmozódásának kockázata is felmerülhet, ha magánfelhasználók közötti tranzakciók zajlanak ezeken a platformokon. Ez előfordulhat például akkor, amikor egyedi "használt" digitális termékeket adnak el újra, ezen koncepció, korábban nem létezett, mielőtt az NFT-k megjelentek volna.

A jelenlegi Áfa viszonteladói szabályok (amelyeket az EU 2011/282 számú Áfa végrehajtási rendeletének 9a. cikke tartalmaz) továbbra is alkalmazhatók a digitális javak újbóli értékesítésére, ahol ezeket korábban magánfelhasználók vásárolták meg, és azokat ilyen virtuális piactereken értékesítik tovább. Jelenleg az Áfa felhalmozódása nem kerülhető el a használt cikkekre vonatkozó árrés-rendszer alkalmazásával, mivel az Áfa irányelv 316. cikkének (1) bekezdése szerint az árrés-rendszer nem alkalmazható szolgáltatások értékesítésére és ezért digitális termékekre sem.

Egy vállalatnak, amely a metaverzumba lép, tisztában kell lennie azzal, hogy tevékenységeinek közvetlen adózási következményei is lehetnek. Például: egy vállalat kriptovalutáért cserébe virtuális ingatlant vásárol vagy bérel a metaverzumban, adóköteles nyereséget realizálhat a kriptovalután, attól függően, hogy a cég mely adóügyi illetősége mely joghatósághoz tartozik. Ha egy vállalat saját NFT-eket fejleszt és azokat a metaverzumban értékesíti - Például egy divatcég, amely egyedi, márkás ruhákat ad el, amelyeket avatárok viselhetnek -, az NFT értéknövekedéséből származó nyereséget, valamint a kriptovalutákat, amelyeket cserébe kap, szintén adóztathatják.

Fontos kérdés, hogy ezek a nyereségek mikor válnak adókötelessé. A virtuális tranzakció pillanatában? Vagy akkor, amikor a kriptovalutát euróra vagy dollárra váltják? Lehet, hogy az értéknövekedést évente adóztatják egy adott időpontban fennálló érték alapján, vagy az év során átlagolt érték alapján.

Ezért az adóztatás időpontja teljes mértékben attól függ, hogy az entitás hol adórezidens.

A gyakorlatban alaposan meg kell fontolni, hogy hol alapítsák meg azt az üzleti entitást, amely a metaverzumban tevékenykedik és ezt még az üzleti tevékenység megkezdése előtt meg kell határozni, hogy elkerüljék a hosszadalmas adóvitákat az adóhatóságokkal.

Az entitást azonban nemcsak ott adóztathatják, ahol adórezidens. A nyereség egy része azon joghatóságokban is adóztatható, ahol az alkalmazottak végzik tevékenységüket, attól függően, hogy a fejlesztők vagy alkalmazottak hol végzik ezeket. Ezért alaposan mérlegelni kell, milyen tevékenységeket végeznek az alkalmazottak külföldön az entitás számára.

Végül figyelmet érdemelnek az árazási kérdések is, ha kombinált termékeket értékesítenek, például olyan valós ruhákat, amelyekhez egy digitális változat, NFT kapcsolódik, amelyet egy avatar használhat a metaverzumban. Ilyen esetekben előfordulhat, hogy a tényleges értékesítést egy amerikai adórezidens vállalat végzi, míg az NFT-t fejlesztő cég az Egyesült Arab Emírségek adórezidense. Ilyen esetekben meg kell határozni, hogy a profit mekkora részét kell az amerikai adórezidens vállalatnak, és mekkora részét az Egyesült Arab Emírségek adórezidens vállalatának allokálni.

Természetesen a kombinált termékek értékesítése jelentős közvetett adóhatásokat is hordozhat, nemcsak az értékesítés helyének szempontjából, hanem annak megítélésében is, hogy egyetlen vagy több eladás történik-e.

#### **4.4.1 Munkajog és foglalkoztatás**

A metaverzumban végzett munka, például virtuális szolgáltatások nyújtása vagy virtuális termékek értékesítése, új kihívásokat jelent a munkajog terén is. Ezen a területen még nem igazán léteznek precedens értékű szabályozások, azonban Németországban már életbe lépett egy szabályozás, amely a távmunkára és az online platformokon végzett munkára vonatkoznak ("Mobile-Arbeit-Gesetz"). Ezek a szabályok kiterjeszthetők és értelmezhetőek a metaverzumban végzett munkára is, hogy biztosítsák a munkavállalók jogainak védelmét, beleértve a minimálbérhez való jogot, a munkakörülményekre vonatkozó előírásokat és a munkáltatói felelősség kérdését.

## **5 Hasznos és kifogásolható gyakorlatok, káros társadalmi jelenségek**

A metaverzum, mint az online interakciók új és fejlődő formája, számos hasznos gyakorlatot kínál, ugyanakkor olyan kifogásolható és káros társadalmi jelenségeket is hordozhat magában, amelyek hatással vannak a felhasználókra és a társadalom egészére. Ebben az írásban megvizsgáljuk a metaverzum pozitív és negatív vonatkozásait, példákkal alátámasztva.

### **5.1 Hasznos aspektusok**

#### **5.1.1 Virtuális oktatás és tanulás**

A metaverzum egyik legnagyobb előnye az oktatásban rejlik. A virtuális világok lehetőséget nyújtanak interaktív és elmélyült tanulási élményekre, amelyek túllépnek a hagyományos oktatási módszereken. Például a diákok egy virtuális osztályteremben részt vehetnek történelmi események rekonstruálásában, vagy egy virtuális laboratóriumban kísérletezhetnek, anélkül, hogy a fizikai tér korlátai befolyásolnák őket. Az ilyen típusú oktatási élmények növelhetik a tanulók motivációját és megértését, különösen olyan tantárgyak esetében, amelyek gyakorlati tapasztalatot igényelnek.

Néhány példa metaverzumot érintő oktatásra:

- Virtuális tanulmányi kirándulások - Google Expeditions  
<https://artsandculture.google.com/project/expeditions>  
A Google Expeditions lehetővé teszi a diákok számára, hogy múzeumokat, történelmi helyszíneket és természeti csodákat fedezzenek fel valóság-hű virtuális valóság élmények segítségével. Ez a platform több mint 900 VR és AR túrát kínál, amelyek révén a tanulás első kézből szerzett tapasztalatokkal gazdagodik, anélkül, hogy el kellene hagyni az osztálytermet.
- Együttműködésre épülő tanulási környezetek - VirBELA  
<https://www.virbela.com>  
A VirBELA egy virtuális világ platform, amely lehetővé teszi a diákok és tanárok számára, hogy valós időben együttműködjenek egy 3D környezetben. Testre szabható avatarokkal, hangkommunikációval és interaktív eszközökkel a VirBELA elősegíti a globális kapcsolatok kialakítását és a közös tanulást.
- Nyelvtanulás - Mondly  
<https://www.mondly.com>  
A Mondly VR nyelvtanuló alkalmazása a virtuális valóságot használja arra, hogy a diákokat valós élethelyzetekbe tegye, ahol anyanyelvi beszélőkkel folytathatnak interaktív beszélgetéseket és kulturális élményeket szerezhetnek, ezáltal javítva a nyelvtanulás hatékonyságát.
- Gamifikáció - Classcraft  
<https://www.hmhco.com/programs/classcraft>  
A Classcraft egy oktatási platform, amely a tanulási élményt játékosítja szerepjátékokkal, küldetésekkel és együttműködési feladatokkal. A diákok fejlesztik a csapatmunkát, a problémamegoldást és a kritikai gondolkodást, miközben motiváltak maradnak.
- Virtuális munkahelyi gyakorlatok - ImmerseMe  
<https://immerseme.co>  
Az ImmerseMe összeköti a diákokat különböző iparágak virtuális gyakorlási lehetőségeivel, értékes tapasztalatokat és betekintést nyújtva a lehetséges karrierutakba.
- Távoktatás - Brainly  
<https://brainly.com>  
A Brainly egy globális tanulási közösség, amely összekapcsolja a diákokat oktatókkal és szakértőkkel a világ minden tájáról. Ez a platform személyre szabott támogatást és útmutatást kínál valós idejű együttműködési és kommunikációs eszközök révén.
- Készségfejlesztő szimulációk - Osso VR  
<https://www.ossovr.com>  
Az Osso VR valóság-hű, gyakorlati sebészeti képzési szimulációkat biztosít, amelyek lehetővé teszik az orvostanhallgatók számára, hogy kockázatmentes környezetben gyakorolják az eljárásokat, ezáltal javítva készségeik fejlődését és a betegellátás minőségét.

- Interaktív tankönyvek és tananyagok - Top Hat  
<https://tophat.com>

A Top Hat egy aktív tanulási platform, amely interaktív, multimédiával gazdagított tankönyveket és tananyagokat kínál. Ezek a digitális források alkalmazkodnak az egyéni tanulási preferenciákhoz és azonnali visszajelzést biztosítanak, javítva ezzel a tanulási élményt.

- Kiterjesztett valóság laborok - Labster  
<https://www.labster.com>

A Labster virtuális tudományos laborjai lehetővé teszik a diákok számára, hogy kísérleteket végezzenek és digitális objektumokat manipuláljanak egy valósághű, kockázatmentes környezetben. Ez a platform több mint 150 virtuális laboratóriumot kínál különböző tudományos területeken, elősegítve a komplex fogalmak mélyebb megértését.

- Szociális-érzelmi tanulás - Harmony SEL  
<https://harmony-academy.org>

A Harmony SEL egy átfogó szociális-érzelmi tanulási program, amely immerszív szimulációkat és szerepjátékokat használ, hogy a diákok fejlesszék érzelmi intelligenciájukat, empátiájukat és konfliktuskezelési képességeiket.

- Személyre szabott tanulási utak - DreamBox  
<https://www.dreambox.com>

A DreamBox egy AI-alapú adaptív tanulási platform, amely a matem- atikai oktatást az egyéni diákok igényeihez, preferenciáihoz és haladásához igazítja. A személyre szabott tanulási utak révén a DreamBox növeli a diákok elkötelezettségét és teljesítményét.

- Szakmai fejlődés oktatók számára - Teachable  
<https://teachable.com>

A Teachable egy online platform, amely lehetőséget biztosít az oktatók számára a szakmai fejlődésre virtuális konferenciák, workshopok és tanfolyamok révén. A tanárok hozzáférhetnek a legújabb trendekkel, kutatásokkal és legjobb gyakorlatokkal kapcsolatos számos forráshoz, ezáltal folyamatosan fejleszthetik oktatási készségeiket.

- Projekt alapú tanulás - CoSpaces Edu  
<https://www.cospaces.io>

A CoSpaces Edu egy virtuális munkaterület, amely lehetővé teszi a diákok számára, hogy tervezzék, építsék és bemutassák projektjeiket egy együttműködő 3D környezetben. Ez a platform támogatja a STEAM oktatást, a kreativitást és a problémamegoldó készségeket.

### **5.1.2 Táv munka és kollaboráció**

A metaverzum egyedülálló lehetőségeket kínál a távoli munka és a globális kollaboráció számára. Az emberek virtuális irodákban találkozhatnak, és valós idejű interakciók révén dolgozhatnak együtt, mintha egy helyen lennének. Ez nem- csak a munkafolyamatok hatékonyságát növeli, hanem lehetővé teszi a cégek számára, hogy globális szinten működjenek, anélkül, hogy a földrajzi korlátok akadályoznák őket. Például a Microsoft Mesh nevű platformja lehetővé teszi a virtuális együttműködést holografikus megjelenítéssel, amely növeli az élmény valósághűségét és interaktivitását.

### **5.1.3 Közösségépítés és szociális interakció**

A metaverzum egy újfajta közösségépítési eszközt kínál, amely lehetővé teszi, hogy az emberek a világ minden tájáról összekapcsolódjanak közös érdeklődési területeik mentén. Virtuális rendezvények, koncertek, vagy egyszerűen csak baráti találkozók szervezhetők, amelyek révén a felhasználók új emberekkel ismerkedhetnek meg, és tartós kapcsolatokra tehetnek szert. Például a Fortnite-ban rendezett virtuális koncertek, mint amelyet Ariana Grande adott, több millió embert vonzottak, akik így közös élményeket élhettek át a digitális térben. Mielőtt a potenciális negatív szocializációs hatásokat tárgyalnánk, fontos megemlíteni, hogy a VR használata bizonyos körülmények között pozitív hatással is lehet a mentális egészségre. A VR terápiás célú alkalmazása például bizonyítottan hatékony eszköz a szorongásos rendellenességek kezelésében, különösen a fóbiák esetében. A virtuális környezetek lehetővé teszik a fokozatos expozíciót olyan helyzetekre, amelyek a valóságban túl félelmetesek vagy elérhetetlenek lennének a betegek számára. Ez a módszer, az úgynevezett expozíciós terápia, sikeresen alkalmazható például a magasságtól, repüléstől vagy szociális helyzetektől való félelem kezelésére.

Emellett a VR lehetőséget kínál a meditációra és a relaxációra is, amely segíthet a stressz csökkentésében. Virtuális környezetekben a felhasználók elvonulhatnak a valóság nyüzsgésétől, és nyugodt, békés helyeken tölthetnek időt, amelyek elősegítik a mentális relaxációt és a belső béke megteremtését.

## **5.2 Káros aspektusok**

### **5.2.1 Adatvédelem és személyes adatok kihasználása**

A metaverzum egyik legnagyobb veszélye az adatvédelem kérdése. A platformok hatalmas mennyiségű személyes adatot gyűjtenek a felhasználókról, beleértve biometrikus adatokat is, amelyek érzékenyek és könnyen visszaélésre adhatnak lehetőséget. A felhasználók mozgásmintáit, hangját, arckifejezéseit és más személyes információkat gyűjtő technológiák komoly adatvédelmi aggályokat vetnek fel. Az ilyen adatok kiszolgáltatottsága növelheti az identitáslopás és más kiberbűnözési tevékenységek kockázatát.

### **5.2.2 Digitális függőség és szociális izoláció**

A korábban említett hasznos tulajdonságoknál a szocializáció terén sajnos sokkal meghatározóbb, hogy a metaverzum intenzív használata hozzájárulhat a digitális függőség kialakulásához. A virtuális világok annyira elragadóak lehetnek, hogy a felhasználók könnyen elveszhetnek bennük, elhanyagolva a valós életbeli kapcsolataikat és kötelezettségeiket. Ez szociális izolációhoz vezethet, mivel a valós világban való kapcsolattartás helyett az emberek inkább a virtuális kapcsolatokra támaszkodnak. A túlzott metaverzum-használat különösen a fiatalabb generációkat veszélyezteti, akik hajlamosabbak lehetnek a digitális függőségre.

### **5.2.3 Online zaklatás és kiberbűnözés**

A metaverzumban való anonim jelenlét és az identitás elrejtése lehetőséget ad arra, hogy egyesek visszaéljenek ezzel a szabadsággal és zaklató, agresszív viselkedést tanúsítsanak. Az online zaklatás egyre súlyosabb probléma a metaverzum-ban, ahol a felhasználók szóbeli bántalmazástól kezdve akár virtuális szexuális zaklatásig is áldozatává† válhatnak. Ezen túlmenően a metaverzum a kiberbűnözők számára is vonzó célponttá válhat, akik kihasználhatják a platform sebezhetőségeit pénzügyi csalások vagy identitáslopás céljából.

### 5.2.4 Szellemi tulajdonjogok megsértése

A metaverzumban létrehozott tartalmak, mint például digitális műalkotások, virtuális ingatlanok vagy avatarok, gyakran szellemi tulajdonjogokat érintenek. Azonban a virtuális térben könnyen előfordulhat, hogy ezeket a jogokat megsértik, például mások alkotásainak engedély nélküli másolásával vagy felhasználásával. A szellemi tulajdonjogok megsértése nemcsak az alkotók érdekeit sérti, hanem a platformok megbízhatóságát és hitelességét is alááshatja.

## 6 Metaverzumot használók tapasztalatai - Kutatás

### 6.1 Bevezető

A metaverzum jelenleg nem képezi a mindennapi életünk szerves részét és széles körben nem terjedt el a használata. Míg nemzetközi szinten már egyre több figyelmet kap és komoly társadalmi, gazdasági, valamint technológiai kérdéseket vet fel, addig Magyarországon még nem született átfogó társadalmi felmérés a témában. Ennek egyik oka lehet, hogy a metaverzum jelenleg még inkább a jövő technológiájának tekinthető, amely csak később válhat a mindennapok meghatározó részévé. Másik ok az elsőbből eredeztethető, ugyanis mivel szűkebb körben terjedt el egyelőre maga a fogalom is, valamint a gyakorlati alkalmazásai is, jóval kisebb társadalmi csoportot lehet felkeresni és megkérdezni a témát illetően. Ennek ellenére a technológiai fejlődés gyors üteme és a digitális világ egyre növekvő szerepe miatt fontos, hogy azért elkezdjük feltérképezni a társadalmi vélekedéseket, ismereteket azzal kapcsolatban, hogy hogyan is látják az emberek ezt az új virtuális térbeli környezetet.

Számos tanulmány rámutat arra, hogy a fiatalabb generációnak mekkora szerepe lehet a metaverzum széleskörű elterjedésében. A Z generáció tagjai (1995-2009 között születettek) sokkal nyitottabbak az új platformok iránt, az online és offline identitásuk nem különül el egymástól [113]. Ezt szem előtt tartva a kutatásunk fókuszába is elsősorban a Z generáció fiataljait, közülük is a 18/19 - 25 éves generációt helyeztük. Továbbá fontosnak tartottuk, hogy az általunk kiemelt, fiatal felnőtt életkori csoportot tovább bontsuk és olyan speciális tudással rendelkezőket keressünk fel, akik kérdéseinkre megbízhatóbb válaszokat adhatnak.

- **Fiatalok:**

A fiatalok digitális kompetenciája és napi szintű technológia használata miatt várhatóan nagyobb ismerettel rendelkeznek a metaverzum fogalmáról, és valószínűbb, hogy kialakult véleményük is van róla. Az ő megkérdezésük lehetővé teszi, hogy pontosabb képet kapjunk arról, hogy a társadalomnak mely szegmensei lesznek a metaverzum korai adaptálói, illetve hogyan viszonyulnak a technológia elterjedéséhez és annak jövőbeli hatásaihoz.

- **Informatikai pályát választók:**

Az informatikával foglalkozó személyek azok közé tartoznak, akik közvetlenül részt vesznek az ilyen technológiák fejlesztésében vagy alkalmazásában. Ők mélyebb technológiai ismeretekkel rendelkeznek, és nagyobb eséllyel használnak vagy követnek olyan fejlesztéseket, amelyek a metaverzum alapját is képezik. Az ő visszajelzésük alapvető fontosságú lehet annak megértéséhez, hogy a metaverzum milyen technológiai, adatvédelmi, biztonsági és etikai kihívásokkal nézhet szembe. Az informatikai közösség azon képessége, hogy felismerje és megértse a metaverzum komplexitásait, különösen fontos, mivel ez a csoport lesz az, amely a legvalószínűbben közvetlen hatással lesz a technológia fejlődésére és társadalmi integrációjára. Az ő véleményük ezért nemcsak a jelenlegi állapotot tükrözi, hanem segíthet előre jelezni a metaverzum jövőbeni alakulását is.

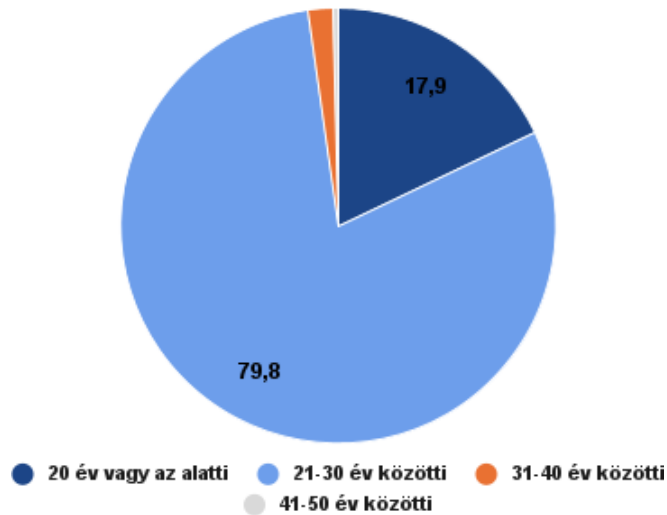
Így esett a választásunk az informatikai pályát választott fiatalokra azzal a feltételezéssel élve, hogy az ő esetükben a legnagyobb az esélye, hogy ismerettel rendelkeznek és így kialakult véleményük is van a metaverzummal kapcsolatban.

A kutatás alapjául szolgáló kérdőívvel a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Karának hallgatóit kerestük meg. A vizsgálatot online kérdőív formájában végeztük. A kutatás lebonyolítására 2024 nyarán, augusztusban került sor. A kérdőív kitöltésére közel két hét (2024. augusztus 2 - 18.) állt rendelkezésre. A választott "populációba" a 2023/2024-es tanév 2. szemeszterében (avagy 2024. februárjától a Karon) aktív hallgatói jogviszonnal rendelkező, magyar nemzetiségű, alapképzésre vagy mesterképzésre és szakirányú továbbképzésre járó hallgatók kerültek be. Így összesen 475 fő kapta meg felhívásunkat a kérdőív kitöltésére vonatkozóan. Közülük 36% (171 fő) nő és 64% (304 fő) férfi. Korcsoportok szerint nézve (4. ábra) a választott "populációnkat", 20 év vagy az alatti kategóriába tartozik 17,9% (85 fő), 21-30 év közötti korcsoportba tartozik 79,8% (379 fő), illetve 2,3% (11 fő) a 31-50 éves korcsoportba sorolta magát. A "populációból" általunk kiemelt korcsoport a 18/19 - 25 éveseké, akik a felkeresettek nagy részét alkották ténylegesen. Összesen a 475 fős "populációnak" a 88,4%-a (420 fő) esik ebbe a korosztályba.

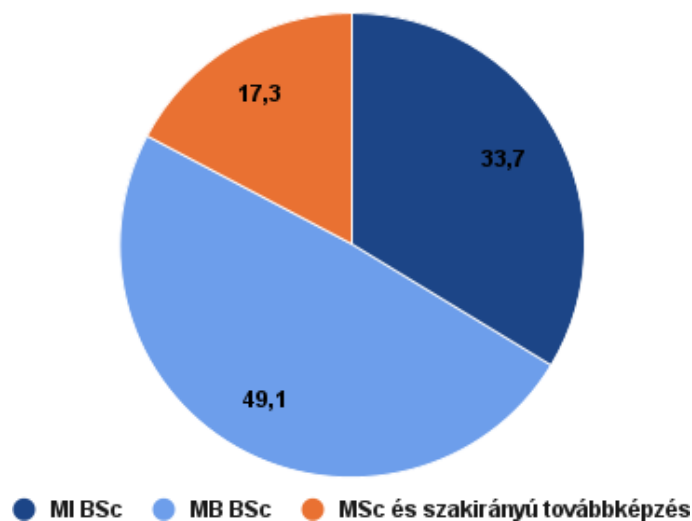
A Pázmány ITK-n több alapképzésen és mesterképzésen tanulhatnak hallgatók. Alapképzések közé sorolhatjuk a Mérnökinformatikus BSc-t (MI BSc), a Molekuláris bionika mérnöki BSc-t (MB BSc). Az Alapképzések ugyan elsőre különbözőnek tűnnek, azonban az első 2-3 félévet illetően, mivel mérnöki pályára kezdik az oktatók felkészíteni a hallgatókat, sok hasonló alapozó tárgyat tartalmaznak. Vagyis aki bionikára jelentkezik, ugyanúgy sok matematikával, fizikával és programozással találkozik az első 2-3 félév során, mint egy mérnökinformatikára érkező személy. Úgy gondoljuk, hogy mivel hasonló alapokkal ismerkednek meg a Kar hallgatói, így kellően tájékozottak információs technológiát érintő kérdésekben a bionikus hallgatók is, emiatt ők is a felkeresett "populációnk" tagjai.

Mesterképzések közé sorolható a Mérnökinformatikus MSc (MI MSc), az Info-bionika mérnöki MSc (IB MSc), az Orvosi biotechnológia MSc (OB MSc) és az Image Processing Computer Vision MSc (IPCV MSc). Szakirányú továbbképzések közül a Biológiai adatelemző (Biodata) képzésen tanulók kerültek be a "populációba". Az említett félév során a Karon tanulók közül 6 fő sorolható ebbe a kategóriába.

Látható a 5. ábrán, hogy a Karon az alapképzésre járók vannak többségben. MI BSc-re 2023/2024-es tanév 2. félévében 160 fő járt, MB BSc-re 233 fő. Alapképzésekre tehát összesen a választott "populáció" 82,8%-a járt. Mesterképzéseket tekintve MI MSc-re 24 fő, IB MSc-re 27 fő, IPCV MSc-re 6 fő járt, összesen tehát a hallgatók 17,3%-a járt mesterképzésre vagy az említett szakirányú továbbképzésre a félév során.



Ábra 4: “Populáció” megoszlása korcsoport szerint, N=475, %



Ábra 5: “Populáció” megoszlása szakok szerint, N=475, %

## 6.2 A kérdőív

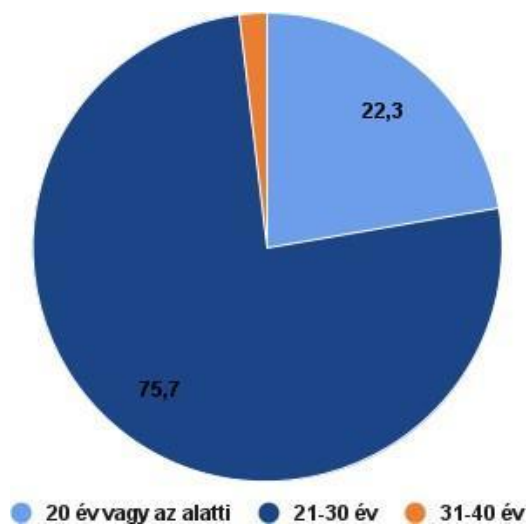
A kérdőív kialakításához szakirodalmi áttekintést végeztünk, számba vettük a téma szempontjából releváns tanulmányokat és kutatásokat. A kérdőíves kutatás egyik fő célja, hogy a válaszadók metaverzumról alkotott általános vélekedéseit, tapasztalatait megismerjük. Ennek megfelelően a kérdőív legnagyobb blokkja is ezt a témát járja körül. Különböző kérdésekkel és állításokkal vizsgáljuk azt, hogy mennyire rendelkeznek ismeretekkel a kitöltők a metaverzumról, illetve, hogy mennyire mutatnak érdeklődést, nyitottságot a használata iránt. Továbbá kitérünk a válaszadók metaverzummal kapcsolatos jövőképeire is néhány erre vonatkozó kérdés segítségével. E kérdések vizsgálatát többnyire zárt kérdésekkel vizsgáltuk, de több nyitott, szöveges választ igénylő kérdés is helyet kapott a téma mélyebb feltárása érdekében.



A kutatás fontos részét képezi, hogy megismerjük a metaverzum mely felhasználási területe iránt érdeklődnek a válaszadók, mire használják jelenleg, illetve a jövőben mire fogják terveik szerint használni. A kérdőív harmadik blokkjában a metaverzum veszélyeit, a felhasználói aggodalmakat járjuk körül. Számos elérhető szakirodalom tárgyalja a metaverzum veszélyeit, lehetséges negatív hozadékait. A szakirodalom áttekintése alapján az alábbi problémakörök fogalmazódnak meg a metaverzummal kapcsolatban. Bojic rámutat tanulmányában arra, hogy a metaverzum magában hordozza a függőség kockázatát, a korábbi médiaeszközöknél addiktívabbnak tekinthető [114]. De a mentális egészség egyéb területeire is negatív hatást gyakorolhat. A metaverzum használata növelheti az elmagányosodás kockázatát, csökkentheti a képzelőerőt, kreativitást. Illetve a metaverzum a bűnözés számára is új platformot kínálhat, a cyberbullying formájában [113]. A kérdőív veszélyekre vonatkozó blokkjánál figyelembe vettük a PwC idevágó kérdőíves kutatásának kérdéseit is. Ezek alapján kutatásunkban a szabályozási bizonytalanságok, szellemi tulajdonjogi aggályok, technológia korlátok, a technológia költségessége és az egészségre gyakorolt káros hatás dimenzióban vizsgáltuk a felhasználói aggodalmakat [115]).

A kérdőívben kitértünk a szabályozási kérdésekre is. A kérdések a szabályozás szükségességét vizsgálták, illetve, hogy kinek a jogkörébe tartoz(hat)na a metaverzum szabályozása. A metaverzum megkerülhetetlen részét képezik a használatához szükséges VR eszközök és platformok. Jobbágy Szabolcs 2022-es tanulmánya jó kiindulópontot jelentett számunkra a kérdőív ezen részéhez. Ebben a cikkében összefoglalót ad a releváns platformokról és a rendelkezésre álló VR eszközökről is [116].

A kérdőív záró része a kriptovaluta és a blokklánc technológia ismeretének vizsgálatára irányult.



Ábra 6: Válaszadók megoszlása korcsoport szerint, N=103, %

## 6.3 Elemzés

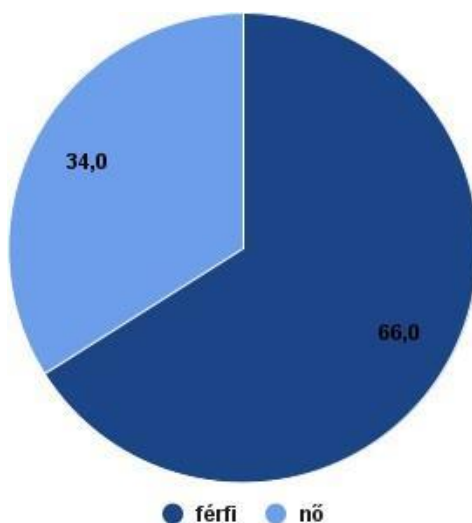
### 6.3.1 Minta összetétele, demográfiai eredmények

A kiküldött kérdőívet 103 hallgató töltötte ki. A metaverzum vizsgálata szempontjából a válaszadók kora igen jelentős, ahogy azt fentebb már kifejtettük. A kitöltők háromnegyede, azaz jelentős többsége 21 és 30 év közötti korcsoportba tartozik. A válaszadók 22%-a 20 év vagy az alatti, a korát tekintve (6. ábra).

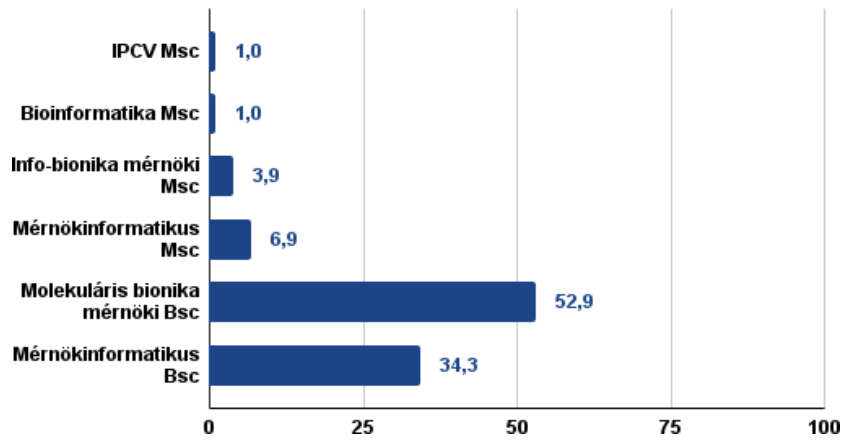
A mintát képzők kétharmada férfi, egyharmada nő (7. ábra). Ezt a megoszlást nagyban magyarázza, hogy a kérdőívet kitöltők körét a Pázmány ITK hallgatói alkotják, avagy eleve a választott "populáció" is hasonló eloszlást mutat.

A mintában a vizsgált egyetemi kar összes szakja képviselve van. A kutatásba bevont hallgatók fele Molekuláris bionika mérnöki alapképzési szakon folytatja tanulmányait, míg a válaszadók egyharmada Mérnökinformatikus alapképzésen tanul. Az mesterképzések tekintetében a Mérnökinformatikus szakosok közül érkezett a legtöbb válasz (8. ábra). Összességében a minta legjelentősebb hányadát, 87%-át az alapképzés hallgatóik teszik ki, a mesterszakosok aránya csupán 12,7%. Ez a megoszlás nagyjából követi az alappopuláció képzési szint szerinti megoszlását, avagy a minta e szempontból megfelelően reprezentálja a vizsgált "populációt" (9. ábra).

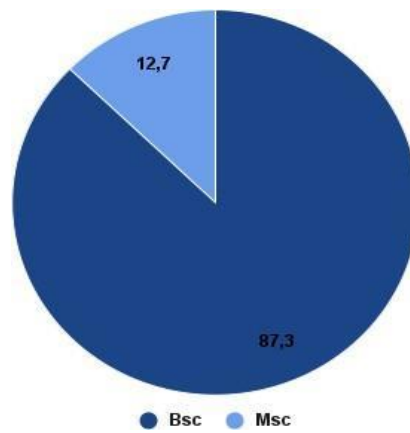
A kutatásban résztvevő hallgatók egyharmada dolgozik is az egyetemi tanulmányai mellett (10. ábra). A szöveges válaszokból az is kiderült, hogy milyen munkát végeznek. Általánosságban elmondható, hogy a többség szakmájába vágó munkát végez, mint szoftverfejlesztő vagy data scientist. Volt, aki a karon belül talál gyakornoki vagy kutatói munkát. Ezen kívül diákmunkák szerepeltek még a válaszok között, mint a futárkodás vagy az irodai adminisztrációs munka.



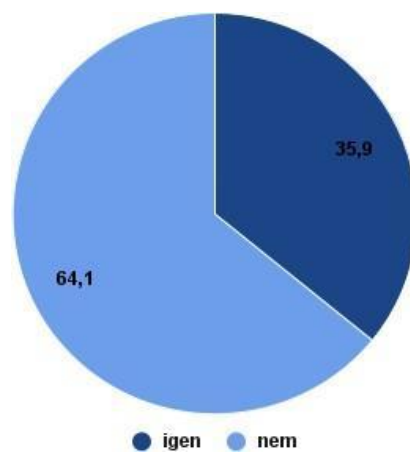
Ábra 7: Válaszadók megoszlása nemek szerint, N=103, %



Ábra 8: Válaszadók megoszlása képzési szak szerint, N=103, %



Ábra 9: Válaszadók megoszlása BSc és MSc szerint, N=103, %



Ábra 10: Válaszadók megoszlása aszerint, hogy dolgoznak-e tanulmányaik mellett, N=103, %

### 6.3.2 Metaverzumról alkotott ismeretek általában

A kérdőív legfőbb egysége a metaverzumról alkotott ismeretek vizsgálatára irányult. Olyan kérdéseket jártunk körbe, minthogy hallott-e már a metaverzumról, hogyan definiálná vagy mennyire tartja érdekesnek a metaverzumot. Ebben a blokkban szöveges kifejtést igénylő kérdések is helyet kaptak annak érdekében, hogy átfogóbb képet kapjunk a válaszadók ismereteiről, illetve arról mit gondolnak a metaverzumról.

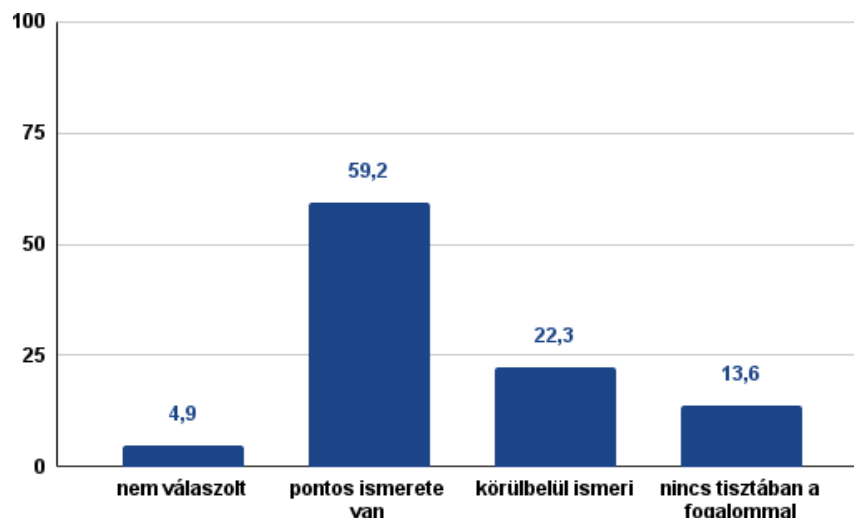
Az eredmények alapján a kérdőívet kitöltő hallgatók kétharmada hallott már a metaverzumról. Ez azt eredmény jól mutatja, hogy a kiválasztott vizsgálati populáció megfelelő volt. Körükben többnyire releváns eredményekhez juthatunk. De még a hallgatók körében is egyharmad arányban nem ismert a metaverzum. A kutatásban résztvevőktől a metaverzum fogalmának definiálását is kértük. A szöveges válaszok igen sokszínűek. Megállapítható, hogy majdnem 60% azon válaszadók aránya, akik pontos definíciót adtak a metaverzumra vonatkozóan. Kevesebb, mint egynegyedük pedig körülbelüli fogalmi definíciót adott (11. ábra). Ahogy az már a tanulmány első fejezetében kifejtésre került, különféle definíciók léteznek a metaverzum tekintetében. Az adatok elemzése alapján kijelenthető, hogy a válaszokban többnyire a virtuális valóság, illetve az alternatív univerzum definíció jelenik meg. A többi fajta meghatározás, mint a blokklánc alapú definíció vagy társadalmi és gazdasági definíció nem köszön vissza a válaszokban. Eszerint arra következtethetünk, hogy a metaverzumot leginkább a virtuális valósággal hozzák kapcsolatba.

A válaszadókat ezt követően arra kértük, hogy soroljanak fel 3 szót, ami a metaverzumról eszükbe jut. Kíváncsian vártuk erre a kérdésre a válaszokat, mivel úgy gondoltuk sokan fogják megemlíteni a Metához (mint céghez) kapcsolódó kulcsszavakat. Összességében nézve, a megadott szavak közt számos visszatérő szó található. A válaszok mintegy harmadában szerepel a Facebook, Meta, Zuckerberg vagy az Insta kifejezés egyike. Illetve többen a virtuális szót adták meg válaszként, ami már a definíció esetében is gyakran előfordult. Továbbá az avatar szó is megjelent néhány válaszban.

A metaverzum ismeretere vonatkozó utolsó kérdés arra vonatkozott, hogy saját bevallásuk szerint mennyire ismerik a metaverzumot. Ötfokú skálán mérve az átlag értéke 2,3. Azaz közepesnél alacsonyabb szintűnek tekinthető a vizsgált minta ismerete a metaverzumról.

### 6.3.3 Metaverzumról konkrétan

A metaverzumnak számos definíciója létezik, jelen tanulmány is több szemszögből vizsgálta már meg a megközelítéseit. A témához kapcsolódó sokféle komponensből, alkotóelemből kiindulva hívtuk végül segítségül a fogalom megmagyarázása a Chat GPT-t, mely végül ezt a leírást adta nekünk: *A metaverzumot gyakran egy közös virtuális térként írják le, amely a fizikai és a virtuális világok összefonódása révén jön létre. Ez egy olyan hely, ahol a felhasználók zökkenőmentesen és elmélyülten léphetnek kapcsolatba egymással és digitális tárgyakkal, különféle eszközök és platformok segítségével. A metaverzum nem csupán egyetlen platform vagy alkalmazás, hanem összekapcsolt virtuális világok hálózata, amely világok mindegyike saját egyedi jellemzőkkel és tulajdonságokkal rendelkezik.*



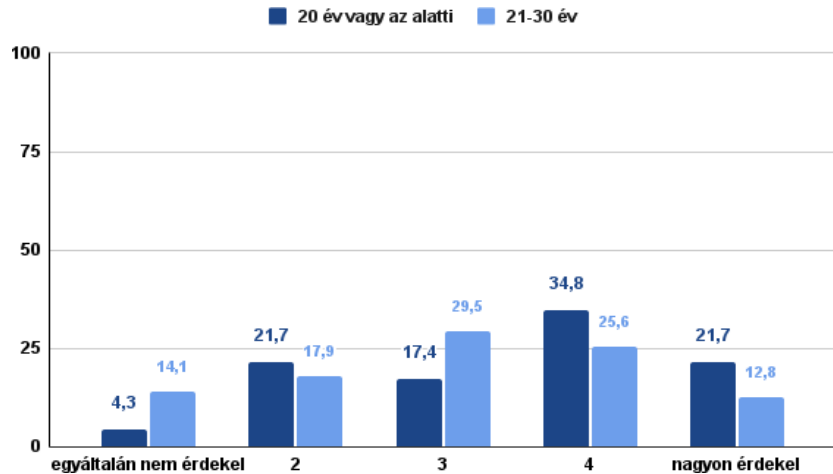
Ábra 11: Válaszok megoszlása aszerint, hogy a metaverzum fogalmát mennyire pontosan definiálta, N=103, %

Az alábbi fogalmat kérdőívünk 3. blokkjának (Metaverzumról konkrétan) elejére szántuk. Úgy gondoltuk, hogy amennyiben a megkérdezettek nem rendelkeznek biztos vagy megbízható elképzeléssel, fogalommal a Metaverzumról, támpontot adunk Nekik, hogy soron következő válaszaik már megbízhatóbbak legyenek.

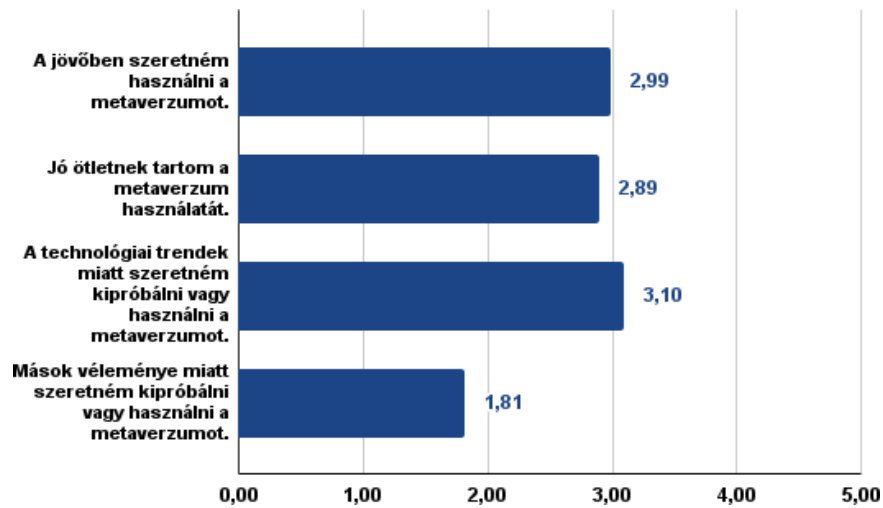
A válaszadók többsége, mintegy háromnegyedük érdekesnek találja a metaverzumot. Továbbá közepes mértékben érdekli a hallgatókat a metaverzum megismerése és használata. Ez ötfokú skálán mérve átlagosan 3,1-es értéket jelent.

Ha a válaszadók korát is figyelembe vesszük, azt látható, hogy a legfiatalabb, azaz a 20 év vagy az az alatti korosztály mutatja a legnagyobb érdeklődést a metaverzum iránt. A 20 év alattiak mintegy fele 4-re vagy 5-re értékelte az érdeklődését. Ez az arány a 21 és 30 év közti korosztálynál 38% körül alakul. Ennél a korosztálynál a leggyakrabban közepesre értékelték érdeklődési szintüket. A 31-40 korosztály elhanyagolható mértékben van jelen a mintánkban (2 fő), ezért esetükben ez a fajta összefüggés statisztikailag nem vizsgálható. Emiatt nem kapott helyet az eredményeket ábrázoló diagramon a 31-40 korosztály (12. ábra).

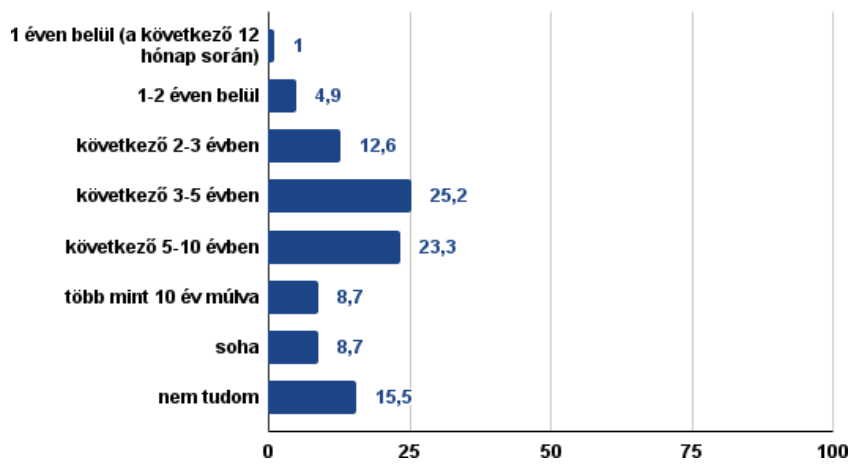
A metaverzum használata mögött meghúzódó motivációkat is vizsgáltuk. A 13. ábrán látható, hogy a különböző, metaverzumra és annak használatára vonatkozó állításokkal átlagosan mennyire értenek egyet a válaszadók. A technológiai trendek esetében a legmagasabb az átlagos egyetértési szint, de ez is csak közepesnek tekinthető. Közepes az átlagos értékelése a "jó ötletnek tartom a metaverzum használatát és a jövőben szeretném használni a metaverzumot" állítás esetében is. Legkevésbé azzal az állítással értenek egyet, mely szerint mások véleménye a meghatározó a metaverzum használatában.



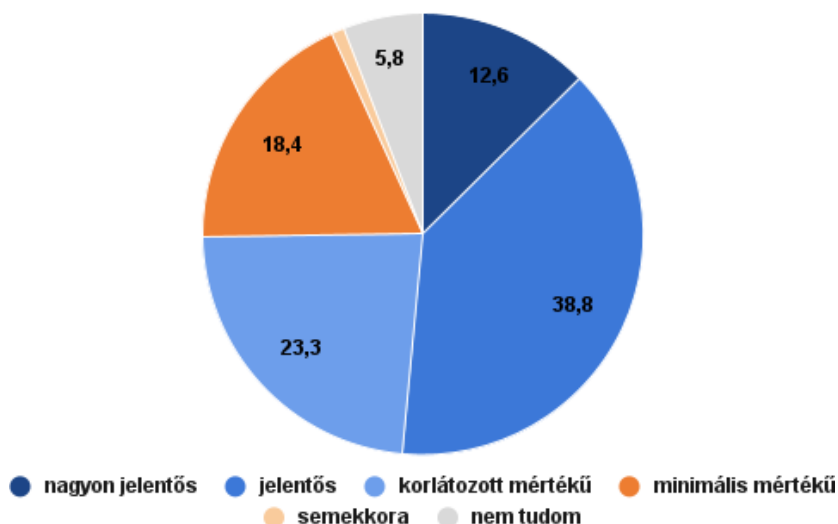
Ábra 12: Mennyire érdeklí Önt a metaverzum? - kérdésre adott válaszok korcsoport szerinti megoszlása, N=103, %



Ábra 13: Mennyire ért egyet a metaverzumra vonatkozó állításokkal 5 fokú skálán mérve, N=103, %



Ábra 14: Mit gondol, mikorra válik széles körben elterjedté a metaverzum használata kérdésre adott válaszok %-os megoszlása, N=103, %



Ábra 15: Mit gondol mekkora befolyással lesz a társadalomra a metaverzum a következő 10 évben, N=103, %

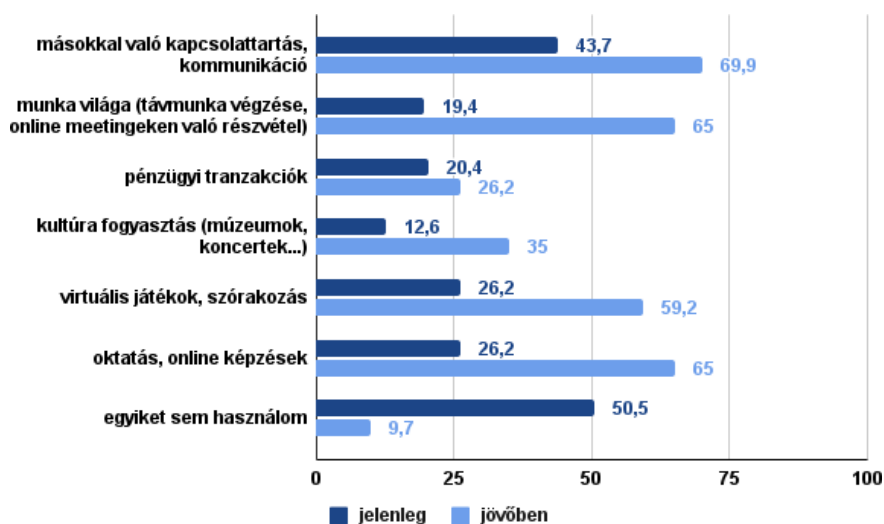
Arra is kíváncsiak voltunk, hogy a megkérdezettek miként látják a metaverzum jövőbeli alakulását, elterjedését. A válaszadók többsége szerint az elkövetkező 10 évben fog széles körben elterjedtté válni a metaverzum használata. Negyedük 3 és 5 év közé teszi az elterjedését, míg 23,3%-uk gondolja úgy, hogy 5-10 éven belül széles körben használttá válik (14. ábra). Az adatok alapján nem valószínűsítik az 1-2 éven belüli elterjedését. A megkérdezettek mintegy fele szerint nagyon jelentős vagy jelentős befolyással fog bírni a következő 10 évben a metaverzum a társadalomra (15. ábra).

#### 6.3.4 Metaverzum használati területei, veszélyei, kockázatai

A metaverzum számos felhasználási területet kínál. A kutatásban azt vizsgáltuk, hogy mire használják már most is a felhasználók a metaverzumot és a jövőben mire tervezik használni. Összességében megállapítható, hogy jelenleg kis mértékben fordulnak a metaverzum felé, csupán néhány okból használják, melyek közül kiemelkedik a kommunikációs cél. A válaszadók fele egyáltalán nem használja, ami alátámasztja a korábbi kérdések eredményeit. Napjainkban a megkérdezettek leginkább kapcsolattartásra veszik igénybe, ezt a válaszadók 43%-a jelölte. Illetve a kitöltők egynegyede oktatási célra használja jelenleg. A virtuális játékok és egyéb szórakozás céljából a megkérdezettek esetén a metaverzumban jelenlévők aránya szintén 25%.

Az eredmények szerint a jövőben egyértelműen nagyobb mértékben használnák a metaverzumot, de felhasználási területenként ennek mértéke eltérő. A legnagyobb arányban a jövőben is kommunikációs célokra vennék igénybe, azonban a megkérdezettek 65%-a tervezi a munka területén, illetve az oktatásban is a metaverzum lehetőségeit alkalmazni. A kitöltők mintegy harmada kultúrafogyasztási lehetőségként is használná. Legkevésbé pedig pénzügyi tranzakciók esetén tervezik a jövőben a metaverzum adta lehetőségeket kihasználni. Ezt a területet a válaszolók negyede jelölte csupán. A legnagyobb különbség a jelenlegi gyakorlat és a jövőbeni felhasználás közt a munka területén mutatkozik. Itt a legnagyobb az eltérés. A válaszok alapján a munka és az oktatás területén várható az, hogy a metaverzum széles körben elterjedtté válik körükben (16. ábra).

A kérdőívben rákérdeztünk az aggályokra is. Arra az egyszerű, eldöntendő kérdésre, hogy (egyáltalán) vannak-e aggályai a metaverzummal kapcsolatban. 79,8%-a a megkérdezetteknek igennel felelt. Az előbbi kérdést szerettük volna jobban árnyalni, és Gagandeep Kaur és társai cikkét valamint a PwC kutatását hívtuk segítségül az aggályok részletesebb megfogalmazása érdekében. Fontosnak tartottuk megkérdezni, hogy a metaverzumhoz kapcsolódó aggályok közül, az átlagnál jobban melyekkel kapcsolatban várnak negatív hozadékok a hallgatók és melyekkel kapcsolatban kevésbé. Az átlagok megtekintése mellett pedig a medián és módusz értékeket is meghatároztuk, hiszen ez a három érték a statisztikai adatok jellemző középértékei, de különbözőképpen számítják ki őket és különböző szempontból jellemzik az adathalmazt.



Ábra 16: Melyik felhasználási területét használják a metaverzumot jelenleg és a jövőben, N=103, %

Az átlag avagy számtani közép értékét úgy kapjuk meg, ha egy adathalmaz összes elemének összegét elosztjuk az elemek számával. Gyakran használt, széles körben alkalmazott statisztikai mutató, hiszen minden értéket figyelembe vesz, és a megkapott eredmény tükrözi az adatok teljes mintáját. Azonban, negatívumának tekinthető, hogy érzékeny a szélsőértékekre. Ha van egy kiugróan magas vagy alacsony érték az adatok között, az jelentősen torzíthatja az átlagot. Emiatt gondoltuk, hogy érdemes az aggályok esetén a medián és módusz értéket is megtekinteni.

A medián az adatok középső eleme, miután az értékeket nagyság szerint sorba rendeztük. Ha az elemek száma páros, akkor a két középső érték átlaga adja a mediánt. Nem érzékeny a szélsőértékekre, így robusztusabb mutató az eloszlás közepének meghatározásában. Emellett jobban reprezentálja a középső értéket szélsőséges adatok esetén, mint az átlag. Negatívumai közé sorolható, hogy csak a középső értékre fókuszál, így figyelmen kívül hagyja az adatok többi részét, nem tükrözi a teljes adathalmazt, emiatt (is) kevésbé ismert vagy használt, mint az átlag, így gyakran nehezebb interpretálni.



A módusz az adathalmaz leggyakrabban előforduló eleme. Kiszámítása egyszerű, megkeressük azt az értéket, amely a legtöbbször szerepel az adathalmazban. Pozitívumai közé sorolható, hogy hasznos diszkrét adatoknál, vagyis amikor egyes értékek gyakran ismétlődnek, a módusz jó jelzője lehet az "átlagos" értéknek. Emellett nem érzékeny az outlierekre, mivel csak az ismétlődő értékeket veszi figyelembe. Negatívumai közé sorolható, hogy nem mindig "létezik". Ha egyes adathalmazokban nincs kiemelkedően gyakori érték, akkor a módusz nem számítható. Emellett előfordulhat az is, hogy több módusz létezik. Ha az adathalmazban több különböző érték is ugyanolyan gyakorisággal fordul elő, az eredmény nehezebben értelmezhető. Végül, korlátozott az alkalmazhatósága, hiszen folytonos adatoknál kevésbé használható.

Összességében tehát:

- Az átlag a teljes adathalmazt figyelembe veszi, de érzékeny a szélsőértékekre.
- A medián robusztusabb az outlierekkel szemben és jobban tükrözi a középső értéket, de kevésbé reflektál a teljes eloszlásra.
- A módusz hasznos diszkrét adatoknál, de nem mindig létezik és néha több is lehet.

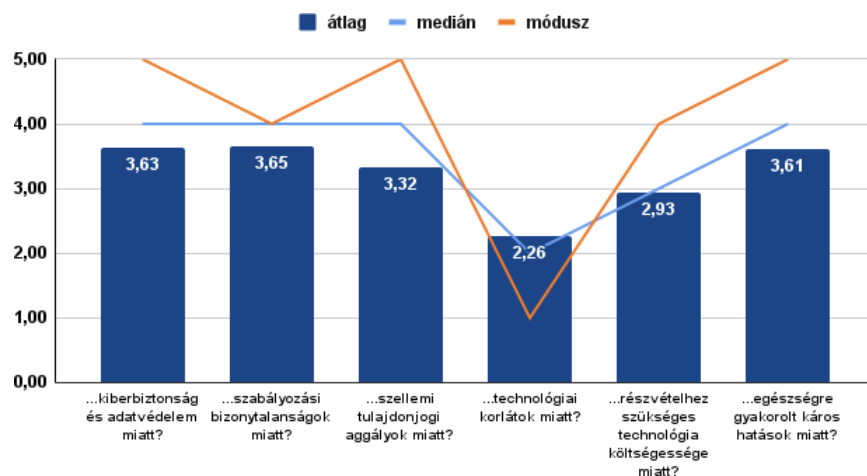
Szerencsénkre a mi adathalmazunknál, az aggályok megvizsgálása esetén értelmezhető mindhárom érték. A [17.](#) ábra mutatja, hogy a meghatározott félelmek esetén a válaszadók az 5 fokú skálán adott jelöléseket figyelembe véve hogyan reagáltak átlagosan. Továbbá, hogy a skála mely értéke az adatok középső eleme valamint, hogy melyik számot választották legtöbbször. Az 1-es érték jelentette, hogy "egyáltalán nem aggódik" az adott kérdést illetően, az 5-ös érték ezzel szemben "nagyon aggódik" jelentéssel bír.

A PwC kutatásában megfogalmazott aggályokra kérdeztünk mi is rá. A kiberbiztonság és az adatvédelemtől való félelem esetén 3,63 az átlag érték, a medián 4, míg a módusz 5. Látható, hogy a medián értéke közelít az átlaghoz, azonban úgy gondoljuk sokat jelent, hogy a legtöbbször 5-ös értéket jelöltek ezen félelemmel kapcsolatban. Szabályozási bizonytalanságokkal kapcsolatos aggályok értékei "kiegyensúlyozottnak" mondhatók, mindhárom érték 4 vagy akörüli. Érdekesebb adatoknak tekinthető a szellemi tulajdonjogi aggályoktól való félelemmel kapcsolatos értékek. Mondható, hogy a válaszadók átlagosan közepesen tartanak a metaverzumban létező szellemi tulajdon elsajátításával kapcsolatban, a gyakoriságokat is megnézve, a válaszadók viszonylag kiegyenlítettten jelölték az 5 értéket, azonban a legtöbbször az 5-ös értéket kattintották be ennél az aggálynál. Következő félelem a technológiai korlátokkal kapcsolatos, melytől láthatóan kevésbé tartanak a megkérdezett mérnöknek tanuló hallgatók. Közepesen értékelték továbbá a technológia költségességével kapcsolatos aggályt is. Végül, de nem utolsó sorban rákérdeztünk az egészségre gyakorolt káros hatásokra is, mely esetén a válaszok átlaga 3,61, a medián 4, a módusz 5-ös értéket mutat. Elmondható, hogy inkább tartanak ettől az aspektustól is, mint nem. Úgy gondoltuk, hogy az aggályokat érdemes lehet megvizsgálni a nem, a kor vagy a tanult szak függvényében és úgy láttuk a nem esetén értelmezhető összefüggés. A [18.](#) ábrán látható, hogy alapvetően mindegyik aggály esetén a válaszadók közül a nők jelöltek magasabb értéket.

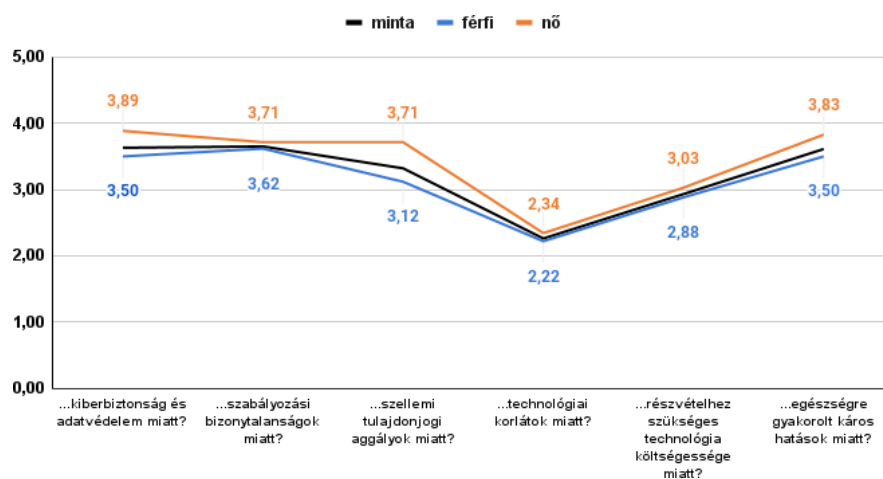
A kérdőívben rákérdeztünk arra is, hogy szükségesnek tartják-e, hogy törvényekkel szabályozzák a metaverzum használatát? Erre az egyszerű, eldöntendő kérdésre 82,5%-a a válaszadóknak igennel válaszolt, avagy a mintánk nagy része szeretné, hogy valamilyen regularizáció legyen, létezzen a metaverzumot illetően.

Érdekelt minket, hogy a válaszadók milyen döntési szintre helyeznék a metaverzummal kapcsolatos szabályok meghozatalát. A válaszok között szerepelt a nemzeti szint/kormány jogköre, a nemzetek feletti szint/(mivel EU tagállam vagyunk, így) az EU jogköre valamint bent hagytunk egy egyéb kategóriát is.

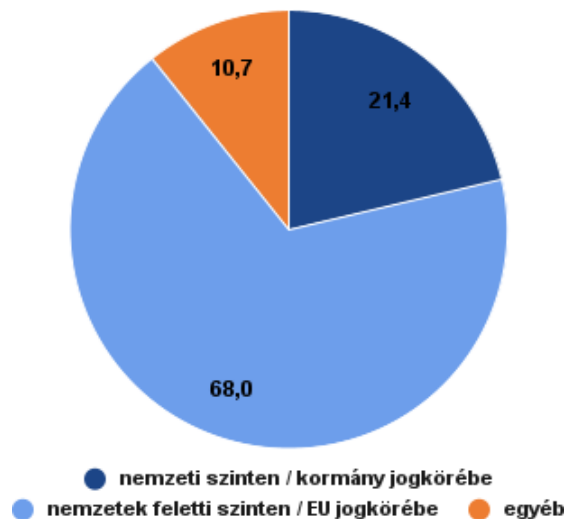
A 19. ábrán látható, hogy 21,4%-a a válaszadóknak a kormány kezébe, 68%-uk azonban magasabb szintre helyezné a metaverzummal kapcsolatos törvényhozatali jogkört. Az egyéb kategóriát jelölők közül 4 fő globális szintre helyezné, 2 fő a szolgáltató jogkörébe illetően a metaverzummal kapcsolatos szabályok meghozatalát valamint 2 fő a szabad piac és szabályozás nélküli használatot írta.



Ábra 17: A metaverzumot illetően mennyire aggódik Ön... állítások 5 fokú skálán mérve, N=103, átlag, medián, módusz



Ábra 18: A metaverzumot illetően mennyire aggódik Ön. Az állítások 5 fokú skálán mérve férfiak és nők esetén is, N=103, átlag



Ábra 19: Ön szerint kinek a jogkörébe tartozna a szabályok meghozatala, N=103, %

Nagyon beszédes és bő magyarázatokat kaptunk, ezekből emelnénk ki párat:

- Globális jogkör: 1. “Jobb lenne, ha világszinten lennének szabályozva ezek (+ szigorítás megengedhető kormányok által, de ezt is világosan megfogalmazva a többi ország felé).” 2. “Közös, együttműködő világtörvények kellenének, mint a Genfi egyezmény. Szerintem, ha a metaverzum egy olyan világban terjed el, mint a mai, akkor több kárt hozhat, mint hasznot.” 3. “Kormányoktól, állami, céges és magán érdekektől független döntéshozói testület kellene.”
- Szolgáltató jogköre: “Az emberek akkor használják, ha elfogadják a cég szolgáltatásait. Felesleges ezt egy harmadik félnek szabályoznia.”
- Egyéb válaszok: 1. “A szabad piacnak kellene meghatároznia a szükséges szabályokat a felhasznált algoritmusok nyílt forráskódúvá bocsájtásával, hogy az emberek kellően megvizsgálhassák mivel lépnek interakcióba, ezáltal a legjobb megoldások fognak létezni.” 2. “Ha ez a jövőben elsődleges kommunikációs módszerré válik, a legtöbb szabályozó hatóság számomra a szólásszabadság lehetséges megsértésének forrásának tűnik.”

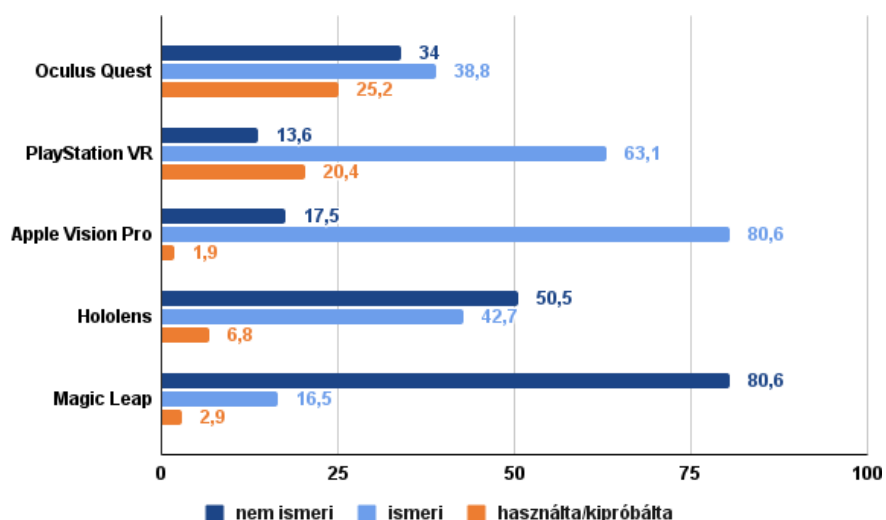
### 6.3.5 Eszközök és platformok, kriptovaluta és bloklánc

A fentebb részletezett szakmai leíró tartalomhoz kapcsolódóan összegezhető, hogy a metaverzumban való részvételhez szükséges néhány lépést követni:

1. Manapság már van lehetőség arra, hogy a felhasználó VR (virtuális valóság) eszközt válasszon vagy használjon, melyek segítik és fokozhatják az élményt. Bármilyen VR headset használata lehetővé teszi, hogy teljesen elmerüljön a felhasználó a virtuális világban. (A PC vagy okostelefon is abszolút alkalmas erre a célra, de a VR eszközökkel az interakció és a vizuális élmény mélyebb lesz.)
2. Szükséges kiválasztani egy platformot, melyeken keresztül könnyebben elérhetővé válik a “Metaverzum”.

3. A legtöbb metaverzum platformon avatárt lehet/kell létrehozni, amely képviseli az adott személyt a virtuális térben. Az avatár testreszabható, egyfajta digitális személyiség.
4. A lelkes vállalkozó ezután csatlakozhat közösségekhez, részt vehet rendezvényeken, virtuális találkozókra, vagy akár virtuális ingatlanokat is vásárolhat. A metaverzum lehetőséget ad arra, hogy különböző tevékenységekben vegyen részt az adott illető, például munkavégzésre, oktatásra, játékokra és szórakozásra használt platformokon.
5. Sok metaverzum platform kriptovalutákra épül. A felhasználó a platformokon való részvétel mellett vásárolhat virtuális ingatlanokat, ruházatokat, művészeti alkotásokat vagy egyéb digitális eszközöket, amelyek gyakran NFT-k (nem helyettesíthető tokenek) formájában léteznek.
6. A metaverzumban mindemellett lehetőség van saját világokat, játékokat, művészeti alkotásokat és egyéb digitális tartalmakat létrehozni és megosztani másokkal.

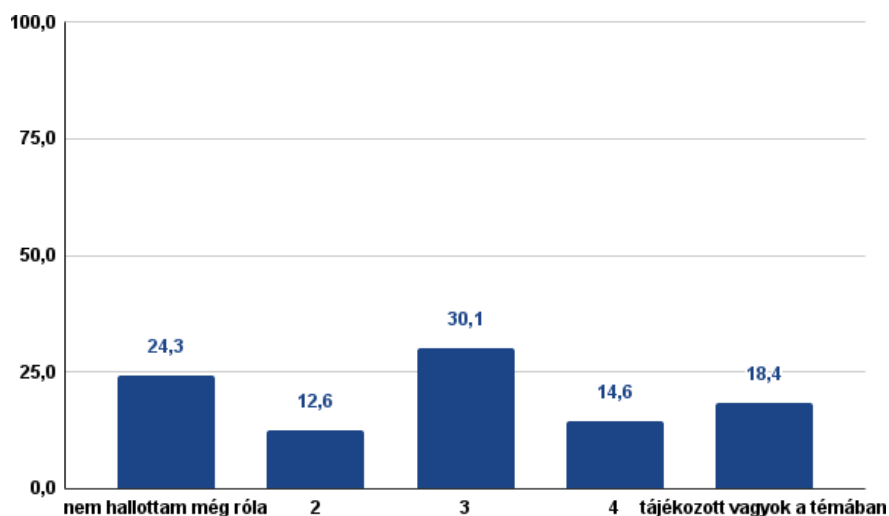
Összegezve tehát, a metaverzumban való részvételhez szükség van egy megfelelő platformra, esetleg VR eszközre, digitális avatárra és ha szeretne a felhasználó, akár kriptovalutákra is. Virtuális közösségekhez lehet csatlakozni, eseményeken lehet részt venni, és kreatív tartalmakat lehet létrehozni a digitális térben. Ezen lépésekhez kapcsolódóan kérdeztünk rá a kérdőívben VR eszközökre és használt, ismert platformokra, kriptovaluta használatára, birtoklására. A kérdőív következő blokkjában, a 22. és 23. kérdése a VR és AR eszközökkel és azok használatával, birtoklásával volt kapcsolatos.



Ábra 20: Az alábbi felsorolásból válassza ki, hogy mely eszközöket ismeri (hallott róla), melyeket használta már vagy melyik eszköz van a tulajdonában, N=103, %

Megkérdeztük egyrészt, hogy használ-e egyáltalán a válaszadó ilyen eszközt. A kitöltők 9,7%-a jelölte be itt az igen választ. A következő kérdés pedig egyes, kiemelt, ismertebb vagy könnyebben elérhető eszközökkel kapcsolatban kérdezett arra rá, hogy ismeri-e, kipróbálta-e már vagy rendelkezik-e ilyen alkalmatossággal (egy adott eszköz esetén többet bejelölhetett). Az első kérdésre igennel válaszolók voltak azok, akik a második kérdésben egy-két eszköz esetében jelezték, hogy rendelkeznek ilyennel otthon (Meta Oculus Quest 2 főnek, Playstation VR 3 főnek, HTC Vive szintén 3 főnek van). Számuk elenyésző, így a [20.](#) ábra nem is tartalmazza ezt a csoportot. Az eredmények értelmezése kapcsán még fontos megnevezni, hogy aki a “használta már/kipróbálta” válaszlehetőséget jelölte, az nagy valószínűséggel az “ismeri” választ is bejelölte (nem törvénytörően).

Rákérdeztünk metaverzumos platformokra is. Érdekes módon a válaszadók csupán 9,7%-a jelezte, hogy használ, vagy fent van bizonyos platformokon. Arra a kérésünkre pedig, hogy sorolja fel, hogy melyeket használja, az alábbi válaszokat kaptuk: Facebook, Instagram, Messenger, Zoom, Teams, egyéb kommunikációhoz használható appok, Meta felületei, Khan Academy, BeReal, TikTok, Youtube.



Ábra 21: Mennyire ismeri Ön a blokklánc technológiát, N=103 %

A kriptovalutával kapcsolatosan két kérdést tettünk fel. Egyrészt hogy hallott-e már a kriptovalutáról, másrészt, hogy rendelkezik-e ilyen “eszközzel”. A megkérdezettek 98,1%-a hallott már róla, 26,2%-uk pedig birtokol kriptovalutát. Az utolsó kérdésünk a blokklánc technológiára kérdezett rá. A “Mennyire ismeri Ön...” kérdéseinkre adott válaszokat a [21.](#) ábra mutatja. A fenti szakmai blokkban részletezve van ugyan, de itt is fontosnak tartjuk kiemelni, hogy a metaverzum és a blokklánc technológia szorosan kapcsolódnak egymáshoz, mert a blokklánc biztosítja a metaverzum alapvető infrastruktúráját, különösen a tulajdonjogok és a digitális eszközök hitelesítésében. Ez a technológia lehetővé teszi a metaverzumban a decentralizált, biztonságos és átlátható működést. Mivel a választott “populációnk” mérnöki képzésen tanuló hallgatókból tevődik össze, úgy gondoltuk ők ismerhetik már ezt a technológiát, ugyanis ennek a terminusnak az ismerete például hatással lehet az aggályokra adott válaszokra is.

Az ábrán látható, hogy saját bevallásuk szerint a válaszadók 36,9%-a inkább nem ismeri ezt a kifejezést és a mögötte húzódó tartalmat, 30,1%-uk némi forgalommal rendelkezik róla, 33%-uk pedig nagyrészt tisztában van és tájékozott a blokklánc technológiát illetően.

## 6.4 Összegzés

Az eredmények fényében összegzésként elmondható, hogy sikerült megfelelő "populációt" választanunk a kérdőíves kutatáshoz. Az alapvető feltevésünk, hogy a Z generáció tagjai és közülük is azok, akik informatikai pályát választottak maguknak, jobban megért(het)ik vagy átlát(hat)ják a metaverzumot, beigazolódtak.

A kutatást számos irányba érdemes lenne folytatni. Jelenleg adataink csupán az egyik magyar egyetemről származnak, avagy még számos más intézményben mérnöknek, informatikusnak tanuló fiatal felnőttet fel lehetne keresni akár ugyanezzel a kérdőívvel is. Számos izgalmas eredményt adhat csupán az a tény, hogy a minta több egyetemet (nyilván bizonyos szakokat nézve) reprezentál. Esetleg lehetne a kutatással felkeresett korosztályt is szélesíteni és a fiatalabb, középiskolás generációt bevonni, amennyiben a feltevésünknek igazat adunk, miszerint a Z generáció mellett az Alfa lesz az, mely a metaverzum fő felhasználójává válik. Mindemellett igazán izgalmas lenne, ha évek múltán, újra fel lehetne keresni ugyanezen személyeket avagy a kiválasztott "populáció" és minta tagjait, panelkutatás keretében.

Továbbá megfontolandó, hogy kvantitatív módszerek használata mellett a kvalitatív csoportba tartozó opciókat is kipróbálva, a téma mélyére ássunk-e. A metaverzummal kapcsolatos pozitív vagy negatív érzéseket, akár félelmeket, illetve tényleges, a kérdőív számai mögött létező gondolatokat, benyomásokat interjú vagy fókuszcsoportos beszélgetés során lehet igazán feltárni.

Ezen gondolatmeneten felbuzdulva, úgy véltük, érdemes lenne legalább egy fókuszcsoportos beszélgetésen részt venni a témát illetően.

## 7 Fókuszcsoportos kutatás

A metaverzumra vonatkozó vélekedések, ismeretek minél mélyrehatóbb feltárása érdekében a kérdőíves vizsgálaton túl fókuszcsoportos beszélgetésre is sor került. A fókuszcsoport témái összhangban voltak a kérdőív blokkjaival. A beszélgetés négy fő téma köré szerveződött. Az interjú kezdetén a metaverzumra vonatkozó általános ismereteket, benyomásokat gyűjtöttük össze a résztvevők segítségével. Ezt követően a beszélgetés fókuszába a metaverzum lehetséges felhasználási területeit helyeztük. A résztvevők ezzel kapcsolatos ötleteire, ismereteire voltunk kíváncsiak. A fókuszcsoport vége felé pedig a metaverzum előnyeiről, hátrányairól kérdeztük az interjúalanyokat. Külön időt szántunk a metaverzum lehetséges veszélyeiről alkotott gondolatok kifejtésére is.

A fókuszcsoportos beszélgetésre 2024. szeptember első hetében került sor. Az időpont előtt nagyjából két héttel lett meghirdetve a fókuszcsoport felhívása a Pázmány Péter Katolikus Egyetem Információs Technológiai és Bionikai Kar hallgatói számára online formában. A csoportos interjúra 7 hallgató jelentkezett. A beszélgetésre pedig végül 5 fő érkezett, akik közül 4 fő BSc-re (3 személy mérnökinformatikus képzésre jár, 1 fő bionikus hallgató volt), 1 fő mérnökinformatikus MSc-re jár jelenleg. Az interjú körülbelül másfél óra időtartamot vett igénybe. A beszélgetés helyszínéül a Pázmány ITK épületét választottuk. A résztvevő hallgatók számára vízzel és rágcsálnivalókkal készültünk. Erőfeszítéseiket pedig kis ajándécsomaggal és ajándékutalvánnyal háláltuk meg. A fókuszcsoportról a könnyebb feldolgozhatóság és elemzés érdekében hangfelvétel is készült.

## 7.1 Metaverzummal kapcsolatos ismeretek, vélekedések

Rövid bevezetőt követően, a beszélgetés elején ismertettük a fókuszcsoporthoz tartozó beszélgetés kereteit, szabályait. A beszélgetést rövid bemutatkozással indítottuk. Majd rátértünk a csoportos interjú lényegi részére. Bemelegítésként, a témára hangolódás jegyében először arra kértük a résztvevőket, hogy gyűjtsenek össze szavakat, ami először eszükbe jut a metaverzum szó hallatán. Az elhangzottakat egy szófelhőbe gyűjtöttük. Mint ahogy a [22.](#) képen is látható, számos releváns, témához kapcsolódó szó került elő, ami azt feltételezi, hogy a fókuszcsoporthoz tartozó hallgatók rendelkeznek információkkal, vannak benyomásaik a metaverzumból. Sokan említették itt a virtuális valóságot, valamint a Facebook is gyakran előkerült. Ezekkel a szavakkal sokszor találkoztunk a kérdőíves vizsgálatban is, az erre vonatkozó egység elemzése során. A fókuszcsoporthoz tartozó beszélgetésben a szavak egy része, például az “összeköt” vagy a “kommunikáció”, “játék”. a metaverzum funkcióira irányult. Ezen kívül azonban a VR eszközök nevei, mint a MetaQuest is előkerült, továbbá felmerült még egy film is, a Ready Player One, amire a metaverzumból asszociált az egyik résztvevő. A Ready Player One a beszélgetés során többször előkerült, ehhez a filmbéli valósághoz hasonlították leginkább a metaverzumot.

Ezt követően azt a témát jártuk körbe, hogy hallottak-e már a metaverzumból, érdekesnek találják-e. A beszélgetésen jelen lévő hallgatók mindegyike hallott már a metaverzumból, összességében elmondható, hogy igyekeznek nyomon követni a témába vágó újdonságokat, technikai újításokat. A résztvevők kiemelték a VR eszközöket (Például Oculus), melyek jobban fókuszban voltak a beszélgetés során mint például a metaverzum platformjai. Egyedül egy résztvevő kérte, hogy definiáljuk számára a metaverzumot.



Ábra 22: Résztvevők által említett szavak

A közös gondolkodás eredményeként, alkottak is egy rövid definíciót: “Virtuális környezet, amelyben cselekvőként létező avatárok (emberi modellek) révén.”

Többen beszámoltak róla, hogy a fókuszcsoportos felhívás olvasását követően, a beszélgetésre készülvén utánanéztek a metaverzum témájának. Volt, aki Zuckerberg 2021-es Meta bejelentését követően ásta bele magát mélyebben a témába. Az érdeklődés szintjét jól mutatja az, hogy ez egyik résztvevő arról számolt be, hogy ő már a számítógépét is úgy állította össze, hogy az VR eszközök kezelésére is alkalmas legyen.

Egybehangzóan érdekesnek találják a metaverzumot. Izgalmasnak tartják, hogy újfajta dolgokat lehet kipróbálni. Példaként a játékokat említették, ahol VR eszközök segítségével például futni lehet.

*“Beszereztem egy Metaquest szemüveget. Bevallom tők érdekes vele így játszadózni, amikor így egy mixelt környezetben meg tudok fogni egy dolgot és arrébb tudom rakni a saját szobámban. Ez nagyon furcsa, egyben tők jó érzés, hogy . . . Szóval ez a mixelt valóság tőkre bejött.”*

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy a megkérdezett hallgatók mit gondolnak arról, létezik-e már olyan virtuális környezet, ami metaverzumnak nevezhető. A jelenlévők egyetértettek abban, hogy még egyelőre egy komplex metaverzum világ nincs, csak külön-külön léteznek platformok, de olyan felület, aminek használata széles körben elterjedt, az még nem létezik, erre még várni kell.

*“Vannak, de úgy szétszórtan egy-két cég, ami külön csinál magának ilyen kis virtuális valóság teret, de így hogy ilyen nagy, össznépi, amit mindenki használna olyan nincsen, max a VR Chat.”*

Arról viszont megoszlanak a vélemények, hogy mennyi idő szükséges ahhoz, hogy széles körben elterjedt legyen. Volt, aki szerint még sok idő kell, de akadt olyan résztvevő is, aki szerint már nem kell túl sokat várni erre. Az egyik megszólaló szerint még technikai akadályai vannak, ott van például az internetelés, mely nem elég jó. úgy vélik a programozó szakembereken múlik, hogy mikor válik elterjedtté. Tehát a metaverzum elterjedését a résztvevők főként a technológiai felkészültség függvényének tekintik. Illetve ezzel kapcsolatban felmerült a jogi szabályozás szükségessége is.

## **7.2 Felhasználási területek**

Egy metaverzumról szóló rövid videó megtekintését követően a metaverzum felhasználási területeire tértünk át. Az interjúalanyok egybehangzó véleménye szerint a metaverzumot szórakozásra használnák, röviden kipróbálnák.

*“Én körülbelül 10-15 percig szívesen kipróbálnám, nagyon vicces lehet így hanging out, szórakozni, de nem tovább. Ha beszélgetni akarok valakivel, természetesen azt nem tudok találkozni a barátnőmmel, mert mondjuk messze van ilyesmi, akkor a videóhívás pont az, amin még el lehet érni, de így megjelenünk avatárokként, az már nem helyettesíti azt, hogy megölelem, ilyesmi.”*

A felhasználási területek közt a szórakozás és kommunikáció mellett még a munkában való alkalmazási lehetőségek merültek fel, az ipari felhasználásra például a gyárak vagy tárgyak beszkenelése hangzott el.

*“Építkezéseknél volt egy nagyon jó, hogy az épületet látta rétegről rétegre, még nem volt meg a fal, csak a kiszögellések és VR szemüveggel látja hova kell húzni a kábelt, csöveket.”*



Továbbá felmerült az, hogy miképp lehet a metaverzumot mindennapi életben hasznosítani. Példaként említették azt, hogy termékeket virtuálisan meg lehet fogni, vagy ki lehet próbálni, vagy hogy egy adott bútort meg lehet nézni virtuálisan, hogyan fér el a lakásban. Utazásra, új helyek felfedezésére és kommunikációra is használható a metaverzum a résztvevők szerint, de ezzel kapcsolatban fenntartásaik vannak, amik főként arra vonatkoznak, hogy a valóságot nem tudja leképezni a virtuális tér.

*“Az biztos, hogy kapcsolattartásra, ami személyesen az igazi, meg utazásra, hogy most valóban csak a sava-borsát nem kapja meg az ember, látni látja, meg hallja, de az illatokat meg minden azt nem érzi.”*

*“Nem VR szemüvegen mennék el az Eiffel toronyhoz.”*

Egyelőre a jelenlévő hallgatók nem annyira használják a metaverzumot. A technikai eszközök még nagyon drágák, nem könnyen hozzáférhetőek. Még csak játékokra használják, illetve szórakozásra.

A látvány és a felbontás kérdését is vizsgáltuk. A válaszadók szerint nem annyira szükséges a nagy felbontás, ha nem tökéletes a kép, akkor is élvezhető, “be tudja szippantani az embert”. Amennyiben már elterjedté válik és az eszközök is könnyen hozzáférhetőek lesznek, akkor szívesen használnák mindannyian. A résztvevők alapinformációk beszerzésére használnák és szerintük bizonyos feladatokhoz is segítséget nyújthat a metaverzum. Azonban ezt inkább, mint kiterjesztett valóság (AR), avagy, mint egy plusz monitor használnák. Mikor megérdeklődtük, hogy melyik típusú eszközt preferálják, az AR-t vagy a VR-t, 4-en az AR-t választották. Egyikük viszont épp a virtuális valóságot helyezte előtérbe a kiterjesztett valósággal szemben.

*“Amit meg még a jövőben látok, én szeretem a latin életérzést meg ilyesmi és akkor elugranék mondjuk Spanyolországba vagy az olaszokhoz kicsit dumálgatni, így a nyelvemet fejleszteni vagy ilyen közösségeket keresni. Szerintem erre tök jó dolog tud lenni egy ilyen platform.”*

Az interjú végéhez közeledve a beszélgetést a jó és rossz gyakorlatok összegyűjtése felé tereltük. A jó gyakorlat között elsőként a játékok kerültek elő. Véleményük szerint egyelőre a játékokat fejlesztik leginkább, mert ezzel könnyen lehet bevonni új felhasználókat. További jó gyakorlatként előkerült az orvosi területen történő alkalmazás. Képzőművészeti eljárásokról, 3D modellezésről, sebészeti eljárásokról hallottak már a résztvevő hallgatók.

Rossz gyakorlatként a bullying jelensége került elő a beszélgetésben. Illetve negatívumként az eszközök túlstimuláló hatását hozták még elő. Egy játékot említettek ezzel kapcsolatban, amiben folyamatos új ingert kap a felhasználó.

*“Tökre rá lehet függni, mint amikor dallamtapadás van a zenében, akkor órákig is benne marad az ember fejében és képi világban ez még durvább lehet. Egy játékban, ahol folyamatos inger van és nem lehet tudni az elejét és a végét, az nagy megterhelést okozhat.”*

Ezzel kapcsolatban felmerült ez egyik hallgatóban az a kérdés, hogy léteznek virtuális térben elkövetett bűncselekmények, azok hogyan vannak szabályozva, létezik-e virtuális rendőrség.

### 7.3 Metaverzum veszélyei, negatív hozadékai

Ez a gondolat átvezette a beszélgetést a szabályozással összefüggő kérdésekre. A beszélgetés során több helyen felmerült a szabályozás kérdésköre, illetve a privacy problematika is. A résztvevők abban egyetértettek, hogy szabályozásra szükség van. Azonban bizonytalanok a tekintetben, hogy ez kinek a dolga lenne. Volt, aki szerint EU szinten kell szabályozni.

*“EU-ban jók vagyunk szerintem. Mármint az EU sokszor ezekre a modern dolgokra gyorsan reagál. Most is például az AI szabályozás az ilyen történelmi jogi szabályozás volt, amit elsőként az Európai Bizottság adott ki.”*

Míg más szerint tagállamok szintjén szükséges a szabályokat megalkotni. De olyan vélemény is elhangzott, mely szerint egy független szervezetnek kéne a szabályozási feladatot ellátni. De ez is felvet aggályokat, mert az túl nagy hatalmat jelenthet.

Érdekes felvetés volt, hogy a szabályozásnak nem csak a metaverzumban folytatott cselekvésekre, hanem eszközökre is ki kell térni, hogy azok egészségre ne legyenek ártalmasak. Gondolva itt a fényerőre, vagy a villogó fényekre.

A beszélgetésben résztvevők egyetértettek abban, hogy a szabályozás kérdése akkor lesz aktuális, ha szélesebb körben elterjed a használata, ha már problémát okoz. A metaverzum veszélyei a fókuszcsoportos beszélgetésben gyakran előkerült, így külön egységként nem foglalkoztunk vele. A metaverzummal kapcsolatban a résztvevők főként az adataik védelme miatt aggódnak. Illetve még a metaverzum okozta függőség foglalkoztatja őket. A metaverzum negatív egészségügyi hatásait is fontosnak tartják a megkérdezett hallgatók. Itt a fejfájás, szemproblémák, vagy a VR szemüveg okozta különféle fájdalmak kerültek megfogalmazásra. További veszélynek tekintik a felhasználók lehetséges agresszív viselkedését, ami a virtuális világban folytatott játék hozadéka lehet.

### 7.4 Összegzés

A fókuszcsoportos beszélgetés sikeres volt. Sok plusz információhoz, meglátáshoz jutottunk a beszélgetés révén. A résztvevők aktívak voltak a beszélgetésben, minden egyes interjúalany hozzátette a saját gondolatait. A beszélgetésből kiderült, hogy a résztvevők alapvetően jártasak a metaverzum világában, viszonylag sok ismerettel rendelkeznek a témában. A virtuális világ foglalkoztatja őket, nyomon követik a trendeket, érdeklődéssel fordulnak a metaverzum iránt és számos egyedi meglátással, ötlettel színesítették a kutatást.

## 8 Összefoglalás

Tanulmányunkban bemutattuk a "Metaverzum" szó eredetét, amelyből világosan kiderül, hogy nem egy szigorúan meghatározott fogalomról beszélünk, hanem egy absztrakt, virtuális világról. Ennek megfelelően napjainkban sincsen egyetlen átfogó vagy teljes definíciója a metaverzumnak, mivel ezt különböző területeken különböző módon értelmezik.

Tagadhatatlan ugyanakkor, hogy a metaverzumhoz szükséges technológiák jelentős fejlődésen mentek keresztül az elmúlt években. Ezért rendkívül aktuális, hogy foglalkozunk a metaverzum kérdésével, hiszen egyre inkább a figyelem középpontjába kerül.

A metaverzum alkalmazási lehetőségei számos területen segíthetik az emberiséget, például az orvostudományban, ahol virtuális valóság használatával új diagnosztikai és terápiás módszerek válhatnak elérhetővé, vagy az oktatásban, ahol interaktív tanulási környezetek hozhatók létre. Ugyanakkor a metaverzumnak vannak potenciális káros hatásai is, mint például a szociális elszigetelődés, hiszen a virtuális világ túlságosan beszippanthatja a felhasználókat, akik így kevesebb időt tölthetnek a való világban fenntartott kapcsolataik ápolásával.

Mivel a metaverzum jelenleg még formálódik, a szabályozása sincsen kidolgozva. A jogalkotóknak számos kérdést kell megoldaniuk, különösen a munkajog, az adózás és az adatbiztonság területén. Ezek az új kihívások megkövetelik a nemzetközi együttműködést, hogy a technológiai fejlődés ne okozzon jelentős jogi vagy etikai problémákat.

Kutatásunk rávilágított, hogy a hazai felhasználók is ismerik a metaverzum fogalmát, azonban a pontos definícióval kevesen vannak tisztában. Szívesen kipróbálnák a metaverzumot bizonyos területeken, de inkább rövid időt töltenének benne és ideiglenes szórakozásként tekintenek rá, semmint a mindennapi életük szerves részeként. A megkérdezettek ugyanakkor úgy vélik, hogy a metaverzum a következő 5-10 évben valósággá válik és egyre elterjedtebb lesz.

Ezek alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy a metaverzum kérdésével mindenképpen foglalkozni kell, hiszen hatalmas technológiai és gazdasági fejlődés várható ezen a területen a következő években. A metaverzum nemcsak a szórakozás és a kommunikáció új platformjaként jelenhet meg, hanem alapvetően átforgalmazhatja a munka világát, az oktatást és számos más területet is.

## Referenciák

- [1] N. Stephenson, Snow crash. Penguin UK, 1994.
- [2] M. Y. Almoqbel, A. Naderi, D. Y. Wohn, and N. Goyal, "The metaverse: a systematic literature review to map scholarly definitions," in Companion Publication of the 2022 Conference on Computer Supported Cooperative Work and Social Computing, 2022, pp. 80–84.
- [3] A. George, M. Fernando, A. S. George, T. Baskar, and D. Pandey, "Meta-verse: The next stage of human culture and the internet," International Journal of Advanced Research Trends in Engineering and Technology (IJARTET), vol. 8, no. 12, pp. 1–10, 2021.
- [4] W. J. Au, Making a Metaverse That Matters: From Snow Crash & Second Life to A Virtual World Worth Fighting For. John Wiley & Sons, 2023.
- [5] L.-H. Lee, T. Braud, P. Zhou, L. Wang, D. Xu, Z. Lin, A. Kumar, C. Bermejo, and P. Hui, "All one needs to know about metaverse: A complete survey on technological singularity, virtual ecosystem, and re- search agenda," arXiv preprint arXiv:2110.05352, 2021.
- [6] "Decentraland," <https://decentraland.org/>.
- [7] "The sandbox," <https://www.sandbox.game/>.
- [8] B. Flachner, Telex:Mégis mi az a metaverzum, amibe hirtelen szerelmes lett az összes milliárdos tech-óriáscég?. Accessed August 18, 2024. [Online]. Available: <https://telex.hu/komplex/2022/02/10/metaverzum-nft-blokkklanc-kriptoaluta-microsoft-meta-videojatek-next-earth-1>
- [9] Google Trends. "Metaverse" Accessed August 16, 2024. [Online]. Available: <https://trends.google.com/trends/explore?date=today%205-y&geo=HU&q=metaverzum&hl=en>
- [10] G. D. Ritterbusch and M. R. Teichmann, "Defining the metaverse: A systematic literature review," Ieee Access, vol. 11, pp. 12 368–12 377, 2023.
- [11] D. T. K. Ng, "What is the metaverse? definitions, technologies and the community of inquiry," Australasian Journal of Educational Technology, vol. 38, no. 4, pp. 190–205, 2022.
- [12] S.-M. Park and Y.-G. Kim, "A metaverse: Taxonomy, components, ap- plications, and open challenges," IEEE access, vol. 10, pp. 4209–4251, 2022.
- [13] U. B. Tasa and T. Görgülü, "Meta-art: art of the 3-d user-created virtual worlds," Digital creativity, vol. 21, no. 2, pp. 100–111, 2010.
- [14] M. N. K. Boulos and D. Burden, "Web gis in practice v: 3-d interactive and real-time mapping in second life," pp. 1–16, 2007.

- [15] S. Papagiannidis, M. Bourlakis, and F. Li, "Making real money in virtual worlds: Mmorpgs and emerging business opportunities, challenges and ethical implications in metaverses," *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 75, no. 5, pp. 610–622, 2008.
- [16] C. Jaynes, W. B. Seales, K. Calvert, Z. Fei, and J. Griffioen, "The meta-verse: a networked collection of inexpensive, self-configuring, immersive environments," in *Proceedings of the workshop on Virtual environments 2003*, 2003, pp. 115–124.
- [17] M. Wasko, R. Teigland, and B. Donnellan, "Creating innovation systems through virtual communities," 2007.
- [18] A. Hendaoui, M. Limayem, and C. W. Thompson, "3d social virtual worlds: research issues and challenges," *IEEE internet computing*, vol. 12, no. 1, pp. 88–92, 2008.
- [19] S. Kumar, J. Chhugani, C. Kim, D. Kim, A. Nguyen, P. Dubey, C. Bi- enia, and Y. Kim, "Second life and the new generation of virtual worlds," *Computer*, vol. 41, no. 9, pp. 46–53, 2008.
- [20] A. Arroyo, F. Serradilla, and O. Calvo, "Multimodal agents in second life and the new agents of virtual 3d environments," in *Methods and Models in Artificial and Natural Computation. A Homage to Professor Mira's Scientific Legacy: Third International Work-Conference on the Interplay Between Natural and Artificial Computation, IWINAC 2009, Santiago de Compostela, Spain, June 22-26, 2009, Proceedings, Part I 3*. Springer, 2009, pp. 506–516.
- [21] M. Bourlakis, S. Papagiannidis, and F. Li, "Retail spatial evolution: paving the way from traditional to metaverse retailing," *Electronic com- merce research*, vol. 9, pp. 135–148, 2009.
- [22] A. Davis, J. Murphy, D. Owens, D. Khazanchi, and I. Ziguers, "Avatars, people, and virtual worlds: Foundations for research in metaverses," *Jour- nal of the Association for Information Systems*, vol. 10, no. 2, p. 1, 2009.
- [23] D. Owens, A. Davis, J. D. Murphy, D. Khazanchi, and I. Ziguers, "Moving first life into secondlife: Real world opportunities for virtual teams and virtual world project management," *IT professional*, vol. 11, no. 2, p. 34, 2009.
- [24] A. Arroyo, F. Serradilla, and O. Calvo, "Adaptive fuzzy knowledge-based systems for control metabots' mobility on virtual environments," *Expert Systems*, vol. 28, no. 4, pp. 339–352, 2011.
- [25] D. Owens, A. Mitchell, D. Khazanchi, and I. Ziguers, "An empirical inves- tigation of virtual world projects and metaverse technology capabilities," *ACM SIGMIS Database: the DATABASE for Advances in Information Systems*, vol. 42, no. 1, pp. 74–101, 2011.
- [26] A. Mitchell and D. Khazanchi, "Ethical considerations for virtual worlds," 2012.
- [27] J. D. N. Dionisio, W. G. B. Iii, and R. Gilbert, "3d virtual worlds and the metaverse: Current status and future possibilities," *ACM computing surveys (CSUR)*, vol. 45, no. 3, pp. 1–38, 2013.

- [28] K. J. Nevelsteen, “Virtual world, defined from a technological perspective and applied to video games, mixed reality, and the metaverse,” *Computer animation and virtual worlds*, vol. 29, no. 1, p. e1752, 2018.
- [29] H. Duan, J. Li, S. Fan, Z. Lin, X. Wu, and W. Cai, “Metaverse for social good: A university campus prototype,” in *Proceedings of the 29th ACM international conference on multimedia*, 2021, pp. 153–161.
- [30] N. G. Narin, “A content analysis of the metaverse articles,” *Journal of Metaverse*, vol. 1, no. 1, pp. 17–24, 2021.
- [31] F. Li, S. Papagiannidis, and M. Bourlakis, “Living in ‘multiple spaces’: extending our socioeconomic environment through virtual worlds,” *Environment and Planning D: Society and Space*, vol. 28, no. 3, pp. 425–446, 2010.
- [32] D. Chen and R. Zhang, “Exploring research trends of emerging technologies in health metaverse: A bibliometric analysis,” Available at SSRN 3998068, 2022.
- [33] J. Taylor, “The emerging geographies of virtual worlds,” *Geographical Review*, vol. 87, no. 2, pp. 172–192, 1997.
- [34] K. Friedman, “Building cyberspace: Information, place and policy,” *Built Environment (1978-)*, pp. 83–103, 1998.
- [35] C. Ondrejka, “Escaping the gilded cage,” Retrieved July, vol. 12, p. 2005, 2004.
- [36] J. Kemp and D. Livingstone, “Putting a second life “metaverse” skin on learning management systems,” in *Proceedings of the Second Life education workshop at the Second Life community convention*, vol. 20. The University of Paisley San Francisco, 2006.
- [37] S.-V. Rehm, L. Goel, and M. Crespi, “The metaverse as mediator between technology, trends, and the digital transformation of society and business,” *Journal For Virtual Worlds Research*, vol. 8, no. 2, 2015.
- [38] J. Radoff, *Metaverse 101: Understanding the Seven Layers of the Metaverse* -. Accessed August 18, 2024. [Online]. Available: <https://holonext.com/metaverse-101-understanding-the-seven-layers/>
- [39] S. Wan, H. Lin, W. Gan, J. Chen, and P. S. Yu, “Web3: The next internet revolution,” 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2304.06111>
- [40] W. Gan, Z. Ye, S. Wan, and P. S. Yu, “Web 3.0: The future of internet,” in *Companion Proceedings of the ACM Web Conference 2023*, ser. WWW ’23 Companion. New York, NY, USA: Association for Computing Machinery, 2023, p. 1266–1275. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3543873.3587583>
- [41] P. Anderson, “What is web 2.0? ideas, technologies and implications for education,” 2007. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:150541594>

- [42] T. Berners-Lee, “Information management: A proposal,” 1990. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:1156486>
- [43] T. O’Reilly, “What is web 2.0: Design patterns and business models for the next generation of software,” University Library of Munich, Germany, MPRA Paper, vol. 65, 2007.
- [44] A. Bernstein, J. Hendler, and N. Noy, “A new look at the semantic web,” *Communications of the ACM*, vol. 59, pp. 35–37, 08 2016.
- [45] J. Moor, “The dartmouth college artificial intelligence conference: The next fifty years.” *AI Magazine*, vol. 27, pp. 87–91, 01 2006.
- [46] A. Krizhevsky, I. Sutskever, and G. E. Hinton, “Imagenet classification with deep convolutional neural networks,” in *Advances in Neural Information Processing Systems*, F. Pereira, C. Burges, L. Bottou, and K. Weinberger, Eds., vol. 25. Curran Associates, Inc., 2012. [Online]. Available: [https://proceedings.neurips.cc/paper\\_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf](https://proceedings.neurips.cc/paper_files/paper/2012/file/c399862d3b9d6b76c8436e924a68c45b-Paper.pdf)
- [47] K. He, X. Zhang, S. Ren, and J. Sun, “Deep residual learning for image recognition,” 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1512.03385>
- [48] C. Szegedy, W. Liu, Y. Jia, P. Sermanet, S. Reed, D. Anguelov, D. Erhan, V. Vanhoucke, and A. Rabinovich, “Going deeper with convolutions,” 2014. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1409.4842>
- [49] A. Graves, A. rahman Mohamed, and G. Hinton, “Speech recognition with deep recurrent neural networks,” 2013. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1303.5778>
- [50] K. Cho, B. van Merriënboer, C. Gulcehre, D. Bahdanau, F. Bougares H. Schwenk, and Y. Bengio, “Learning phrase representations using rnn encoder-decoder for statistical machine translation,” 2014. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1406.1078>
- [51] I. Sutskever, O. Vinyals, and Q. V. Le, “Sequence to sequence learning with neural networks,” 2014. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1409.3215>
- [52] R. Józefowicz, W. Zaremba, and I. Sutskever, “An empirical exploration of recurrent network architectures,” in *International Conference on Machine Learning*, 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:9668607>
- [53] A. Vaswani, N. Shazeer, N. Parmar, J. Uszkoreit, L. Jones, A. N. Gomez, L. Kaiser, and I. Polosukhin, “Attention is all you need,” 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
- [54] G. Yenduri, R. M, C. S. G, S. Y, G. Srivastava, P. K. R. Maddikunta, D. R. G, R. H. Jhaveri, P. B, W. Wang, A. V. Vasilakos, and T. R. Gadekallu, “Generative pre-trained transformer: A comprehensive review on enabling technologies, potential applications, emerging challenges, and future directions,” 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2305.10435>

- [55] T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, and J. Dean, “Efficient estimation of word representations in vector space,” 2013. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1301.3781>
- [56] D. Bahdanau, K. Cho, and Y. Bengio, “Neural machine translation by jointly learning to align and translate,” 2016. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1409.0473>
- [57] G. Ke, Q. Meng, T. Finley, T. Wang, W. Chen, W. Ma, Q. Ye, and T.-Y. Liu, “Lightgbm: A highly efficient gradient boosting decision tree,” in Neural Information Processing Systems, 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:3815895>
- [58] T. Chen and C. Guestrin, “Xgboost: A scalable tree boosting system,” Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:4650265>
- [59] L. Breiman, “Random forests,” Machine Learning, vol. 45, pp. 5–32, 2001. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:89141>
- [60] G. Biau and E. Scornet, “A random forest guided tour,” 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1511.05741>
- [61] S. Lundberg and S.-I. Lee, “A unified approach to interpreting model predictions,” 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1705.07874>
- [62] K. O’shea and R. Nash, “An introduction to convolutional neural networks,” arXiv preprint arXiv:1511.08458, 2015.
- [63] K. Simonyan and A. Zisserman, “Very deep convolutional networks for large-scale image recognition,” 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1409.1556>
- [64] J. Long, E. Shelhamer, and T. Darrell, “Fully convolutional networks for semantic segmentation,” 2015. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1411.4038>
- [65] D. Alexey, “An image is worth 16x16 words: Transformers for image recognition at scale,” arXiv preprint arXiv: 2010.11929, 2020.
- [66] I. J. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, “Generative adversarial networks,” 2014. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1406.2661>
- [67] M. Mirza and S. Osindero, “Conditional generative adversarial nets,” 2014. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1411.1784>
- [68] P. Isola, J.-Y. Zhu, T. Zhou, and A. A. Efros, “Image-to-image translation with conditional adversarial networks,” 2018. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1611.07004>
- [69] I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, “Generative adversarial networks,” Communications of the ACM, vol. 63, no. 11, pp. 139–144, 2020.



- [70] J. Ho, A. Jain, and P. Abbeel, “Denoising diffusion probabilistic models,” ArXiv, vol. abs/2006.11239, 2020. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:219955663>
- [71] P. Dhariwal and A. Nichol, “Diffusion models beat gans on image synthesis,” 2021. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2105.05233>
- [72] R. Rombach, A. Blattmann, D. Lorenz, P. Esser, and B. Ommer, “High-resolution image synthesis with latent diffusion models,” in Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition, 2022, pp. 10 684–10 695.
- [73] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, “Bert: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding,” 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1810.04805>
- [74] T. B. Brown, B. Mann, N. Ryder, M. Subbiah, J. Kaplan, P. Dhariwal, A. Neelakantan, P. Shyam, G. Sastry, A. Askell, S. Agarwal, A. Herbert-Voss, G. Krueger, T. Henighan, R. Child, A. Ramesh, D. M. Ziegler, J. Wu, C. Winter, C. Hesse, M. Chen, E. Sigler, M. Litwin, S. Gray, B. Chess, J. Clark, C. Berner, S. McCandlish, A. Radford, I. Sutskever, and D. Amodei, “Language models are few-shot learners,” 2020. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2005.14165>
- [75] R. Thoppilan, D. D. Freitas, J. Hall, N. Shazeer, A. Kulshreshtha, H.-T. Cheng, A. Jin, T. Bos, L. Baker, Y. Du, Y. Li, H. Lee, H. S. Zheng, A. Ghafouri, M. Menegali, Y. Huang, M. Krikun, D. Lepikhin, J. Qin, D. Chen, Y. Xu, Z. Chen, A. Roberts, M. Bosma, V. Zhao, Y. Zhou, C.-C. Chang, I. Krivokon, W. Rusch, M. Pickett, P. Srinivasan, L. Man, K. Meier-Hellstern, M. R. Morris, T. Doshi, R. D. Santos, T. Duke, J. Soraker, B. Zevenbergen, V. Prabhakaran, M. Diaz, B. Hutchinson, K. Olson, A. Molina, E. Hoffman-John, J. Lee, L. Aroyo, R. Rajakumar, A. Butryna, M. Lamm, V. Kuzmina, J. Fenton, A. Cohen, R. Bernstein, R. Kurzweil, B. Aguera-Arcas, C. Cui, M. Croak, E. Chi, and Q. Le, “Lamda: Language models for dialog applications,” 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2201.08239>
- [76] W. X. Zhao, K. Zhou, J. Li, T. Tang, X. Wang, Y. Hou, Y. Min, B. Zhang, J. Zhang, Z. Dong et al., “A survey of large language models,” arXiv preprint arXiv:2303.18223, 2023.
- [77] Y. H. Chen, T. Krishna, J. S. Emer, and V. Sze, “Eyeriss: An energy-efficient reconfigurable accelerator for deep convolutional neural networks,” IEEE Journal of Solid-State Circuits, vol. 52, pp. 127–138, 2016. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:207882941>
- [78] S. Han, X. Liu, H. Mao, J. Pu, A. Pedram, M. A. Horowitz, and W. J. Dally, “Eie: Efficient inference engine on compressed deep neural network,” 2016. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1602.01528>

- [79] N. P. Jouppi, C. Young, N. Patil, D. Patterson, G. Agrawal, R. Bajwa, S. Bates, S. Bhatia, N. Boden, A. Borchers, R. Boyle, P. luc Cantin, C. Chao, C. Clark, J. Coriell, M. Daley, M. Dau, J. Dean, B. Gelb, T. V. Ghaemmaghami, R. Gottipati, W. Gulland, R. Hagmann, C. R. Ho, D. Hogberg, J. Hu, R. Hundt, D. Hurt, J. Ibarz, A. Jaffey, A. Jaworski, A. Kaplan, H. Khaitan, A. Koch, N. Kumar, S. Lacy, J. Laudon, J. Law, D. Le, C. Leary, Z. Liu, K. Lucke, A. Lundin, G. MacKean, A. Maggiore, M. Mahony, K. Miller, R. Nagarajan, R. Narayanaswami, R. Ni, K. Nix, T. Norrie, M. Omernick, N. Penukonda, A. Phelps, J. Ross, M. Ross, A. Salek, E. Samadiani, C. Severn, G. Sizikov, M. Snelham, J. Souter, D. Steinberg, A. Swing, M. Tan, G. Thorson, B. Tian, H. Toma, E. Tuttle, V. Vasudevan, R. Walter, W. Wang, E. Wilcox, and D. H. Yoon, “In-datacenter performance analysis of a tensor processing unit,” 2017. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1704.04760>
- [80] P. Ciproso, I. A. C. Giglioli, M. L. A. Raya, and G. Riva, “The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature,” *Frontiers in Psychology*, vol. 9, 2018. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:53216108>
- [81] C. Anthes, R. J. García-Hernández, M. Wiedemann, and D. Kranzlmüller, “State of the art of virtual reality technology,” in 2016 IEEE Aerospace Conference, 2016, pp. 1–19.
- [82] M. Billinghamurst, A. Clark, and G. A. Lee, “A survey of augmented reality,” *Found. Trends Hum. Comput. Interact.*, vol. 8, pp. 73–272, 2015. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:63352914>
- [83] D. Chatzopoulos, C. Bermejo, Z. Huang, and P. Hui, “Mobile augmented reality survey: From where we are to where we go,” *IEEE Access*, vol. 5, pp. 6917–6950, 2017. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:1119376>
- [84] S. Rokhsaritalemi, A. Sadeghi-Niaraki, and S.-M. Choi, “A review on mixed reality: Current trends, challenges and prospects,” *Applied Sciences*, vol. 10, no. 2, 2020. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/2/636>
- [85] A. Becker and C. M. D. S. Freitas, “Evaluation of xr applications: A tertiary review,” *ACM Comput. Surv.*, vol. 56, no. 5, nov 2023. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1145/3626517>
- [86] H.-J. Guo and B. Prabhakaran, “Hololens 2 technical evaluation as mixed reality guide,” 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2207.09554>
- [87] H. Ali A., S. U. Rao, S. Ranganath, T. S. Ashwin, and G. R. M. Reddy, “A google glass based real-time scene analysis for the visually impaired,” *IEEE Access*, vol. 9, pp. 166 351–166 369, 2021.
- [88] J. Egger, C. Gsaxner, X. Chen, J. Bian, J. Kleesiek, and B. Puladi, “Apple vision pro for healthcare: ”the ultimate display”? – entering the wonderland of precision medicine,” 2023. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2308.04313>
- [89] G. Samatas and T. Pachidis, “Inertial measurement units (imus) in mobile robots over the last five years: A review,” *Designs*, vol. 6, p. 17, 02 2022.

- [90] J. Zhou, “A review of lidar sensor technologies for perception in automated driving,” *Academic Journal of Science and Technology*, vol. 3, pp. 255–261, 11 2022.
- [91] R. Horaud, M. Hansard, G. Evangelidis, and C. M  n  rier, “An overview of depth cameras and range scanners based on time-of-flight technologies,” *Machine Vision and Applications*, vol. 27, no. 7, p. 1005–1020, Jun. 2016. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1007/s00138-016-0784-4>
- [92] H. Zhang, F. Li, S. Liu, L. Zhang, H. Su, J. Zhu, L. M. Ni, and H.-Y. Shum, “Dino: Detr with improved denoising anchor boxes for end-to-end object detection,” 2022. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/2203.03605>
- [93] J. Redmon, S. Divvala, R. Girshick, and A. Farhadi, “You only look once: Unified, real-time object detection,” 2016. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
- [94] X. Sheng, S. Mao, Y. Yan, and X. Yang, “Review on slam algorithms for augmented reality,” *Displays*, vol. 84, p. 102806, 2024. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0141938224001707>
- [95] N. Mohamed, M. Mustafa, and N. Jomhari, “A review of the hand gesture recognition system: Current progress and future directions,” *IEEE Access*, vol. PP, pp. 1–1, 11 2021.
- [96] N. Chandolikor, C. Joshi, P. Roy, A. Gawas, and M. Vishwakarma, “Voice recognition: A comprehensive survey,” in 2022 International Mobile and Embedded Technology Conference (MECON), 2022, pp. 45–51.
- [97] R. Mur-Artal, J. M. M. Montiel, and J. D. Tardos, “Orb-slam: A versatile and accurate monocular slam system,” *IEEE Transactions on Robotics*, vol. 31, no. 5, p. 1147–1163, Oct. 2015. [Online]. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/TRO.2015.2463671>
- [98] H. Durrant-Whyte and T. Bailey, “Simultaneous localization and map- ping: part i,” *IEEE robotics & automation magazine*, vol. 13, no. 2, pp. 99–110, 2006.
- [99] F. E. Daum, *Extended Kalman Filters*. London: Springer London, 2015, pp. 411–413. [Online]. Available: [https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5058-9\\_62](https://doi.org/10.1007/978-1-4471-5058-9_62)
- [100] L. Marchetti, G. Grisetti, and L. Iocchi, “A comparative analysis of particle filter based localization methods,” 06 2006, pp. 442–449.
- [101] C. Chang, H. Zhu, M. Li, and S. You, “A review of visual-inertial simultaneous localization and mapping from filtering-based and optimization- based perspectives,” *Robotics*, vol. 7, p. 45, 08 2018.
- [102] B. Mildenhall, P. P. Srinivasan, M. Tancik, J. T. Barron, R. Ramamoorthi, and R. Ng, “Nerf: Representing scenes as neural radiance fields for view synthesis,” *Communications of the ACM*, vol. 65, no. 1, pp. 99–106, 2021.

- [103] R. Martin-Brualla, N. Radwan, M. S. M. Sajjadi, J. T. Barron, A. Dosovitskiy, and D. Duckworth, “NeRF in the Wild: Neural Radiance Fields for Unconstrained Photo Collections,” in CVPR, 2021.
- [104] B. Kerbl, G. Kopanas, T. Leimkühler, and G. Drettakis, “3d gaussian splatting for real-time radiance field rendering.” ACM Trans. Graph., vol. 42, no. 4, pp. 139–1, 2023.
- [105] G. Tripathi, M. A. Ahad, and G. Casalino, “A comprehensive review of blockchain technology: Underlying principles and historical background with future challenges,” Decision Analytics Journal, vol. 9, p. 100344, 2023. [Online]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772662223001844>
- [106] S. Nakamoto, “Bitcoin : A peer-to-peer electronic cash system,” 2009. [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:213739669>
- [107] S. Lin, “Proof of work vs. proof of stake in cryptocurrency,” Highlights in Science, Engineering and Technology, vol. 39, pp. 953–961, 04 2023.
- [108] V. Buterin, “Ethereum: A next-generation smart contract and decentralized application platform,” <https://ethereum.org/en/whitepaper/>, 2014.
- [109] H. Taherdoost, “Smart contracts in blockchain technology: A critical review,” Information, vol. 14, no. 2, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2078-2489/14/2/117>
- [110] ———, “Non-fungible tokens (NFT): A systematic review,” Information, vol. 14, no. 1, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2078-2489/14/1/26>
- [111] Z. S. Attarbashi, A. E. Altaieb, A. H. Mohd Aman, A. Hassan Abdalla Hashim, and S. Eker, “A review of 5g technology: Architecture and challenges,” in 2022 IEEE 8th International Conference on Computing, Engineering and Design (ICCED), 2022, pp. 1–4.
- [112] S. Kamath, S. Anand, S. Buchke, and K. Agnihotri, “A review of recent developments in 6g communications systems,” Engineering Proceedings, vol. 59, no. 1, 2023. [Online]. Available: <https://www.mdpi.com/2673-4591/59/1/167>
- [113] G. Kaur, R. Pande, R. Mohan, S. Vij, and P. Agrawal..., “Comprehensive review of metaverse: Taxonomy, impact, and the hype around it.” Eng. Proc., vol. 62, no. 9, 2024.
- [114] L. Bojic, “Metaverse through the prism of power and addiction: what will happen when the virtual world becomes more attractive than reality?” European Journal of Futures Research, 2022.
- [115] PwC, “Pwc 2022 us metaverse survey,” 2022. [Online]. Available: <https://www.pwc.com/us/en/tech-effect/emerging-tech/metaverse-survey.html>
- [116] J. Szabolcs, “Metaverzum, a virtuális univerzum, világunk digitális kivetülése. utópia vagy kézzelfogható valóság a digitális jövőben?” Had tudományi Szemle, vol. 15, no. 2, 2022.