

# Metaverse prostor i virtualne tehnologije kod interakcije čovjeka i računala

---

**Ugrešić, Nikola**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet strojarstva i brodogradnje**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:235:649384>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-19**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

**Nikola Ugrešić**

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

# DIPLOMSKI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Tomislav Stipančić, dipl. ing.

Student:

Nikola Ugrešić

Zagreb, 2023.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći znanja stečena tijekom studija i navedenu literaturu.

Zahvaljujem se mentoru prof.dr.sc. Tomislavu Stipančiću, te asistentu Leonu Korenu na pomoći i savjetima tokom izrade ovog rada.

Nikola Ugrešić



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE**



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite  
Povjerenstvo za diplomske ispite studija strojarstva za smjerove:  
Proizvodno inženjerstvo, inženjerstvo materijala, industrijsko inženjerstvo i menadžment,  
mehatronika i robotika, autonomni sustavi i računalna inteligencija

Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje	
Datum	Prilog
Klasa: <b>602 - 04 / 24 - 06 / 01</b>	
Ur.broj: <b>15 - 24 -</b>	

## DIPLOMSKI ZADATAK

Student: **Nikola Ugrešić** JMBAG: 0035207144

Naslov rada na hrvatskom jeziku: **Metaverse prostor i virtualne tehnologije kod interakcije čovjeka i računala**

Naslov rada na engleskom jeziku: **Metaverse space and virtual technologies in human-computer interaction**

Opis zadatka:

Metaverse prostor je hipotetska iteracija interneta kao jedinstvenog, univerzalnog i sveobuhvatnog virtualnog svijeta koji je primarno omogućen upotrebom naočala za virtualnu (VR), proširenu (AR) i miješanu (MR) stvarnost. U kolokvijalnoj upotrebi, metaverse je mreža 3D virtualnih svjetova usmjerenih na društvene i ekonomske veze. U znanstvenim istraživanjima definira se kao trodimenzionalno online okruženje u kojem korisnici koji su predstavljeni avatarima međusobno komuniciraju u virtualnim prostorima odvojenim od fizičkog svijeta.

Interakcija čovjeka i računala (HCI) je znanstvena disciplina koja se u kontekstu virtualne stvarnosti (VR) može definirati kao istraživanje i evaluacija interaktivnih i virtualnih sustava te sučelja koja omogućuju uranjajuća i angažirajuća iskustva za korisnike. Ona obuhvaća stvaranje, analizu i implementaciju tehnologija prilagođenih korisniku, s ciljem poboljšanja upotrebljivosti, učinkovitosti i zadovoljstva.

U radu je potrebno:

- objasniti metavers koncepte te koncepte novih tehnologija kao sredstva za ostvarivanje interakcije čovjeka i računala,
- izraditi 3D model laboratorija te koristeći Unreal Engine (UE) programsku podršku primijeniti tehnologiju virtualne stvarnosti,
- koristeći primjer virtualnog laboratorija istražiti dodatne mogućnosti i primjenu novih tehnologija u područjima kao što su medicina, inženjerstvo ili edukacija.

U radu je potrebno navesti korištenu literaturu i eventualno dobivenu pomoć.

Zadatak zadan:	Datum predaje rada:	Predviđeni datumi obrane:
16. studenoga 2023.	18. siječnja 2024.	22. – 26. siječnja 2024.
Zadatak zadao:		Predsjednik Povjerenstva:
Izv. prof. dr. sc. Tomislav Stipančić		Prof. dr. sc. Ivica Garašić

**SADRŽAJ**

SADRŽAJ .....	I
POPIS SLIKA .....	II
POPIS KRATICA .....	IV
SAŽETAK .....	V
SUMMARY .....	VI
1. UVOD .....	1
2. POVIJEST METAVERZUMA I PRIPADAJUĆE TEHNOLOGIJE .....	3
2.1 Virtualna i proširena stvarnost.....	10
2.2 Umjetna inteligencija .....	12
2.3 Blockchain, NFT i Kriptovalute .....	13
2.4 3D Skeniranje .....	15
2.5 Internet stvari, 5G i rubno računalstvo .....	17
2.6 Digitalni blizanci .....	19
3. PODRUČJA PRIMJENE METAVERZUM TEHNOLOGIJA.....	20
3.1 Igrača industrija .....	20
3.2 Društvena interakcija i komunikacija .....	24
3.3 Trgovina i gospodarstvo.....	25
3.4 Kreativno izražavanje i umjetnost .....	26
3.5 Pametni domovi i zgrade.....	27
3.6 Prometna i automobilska industrija .....	28
3.7 Energetska industrija.....	32
3.8 Logistika.....	34
3.9 Zdravstvo i edukacija .....	35
3.10 Vojna industrija .....	37
4. IZAZOVI PRI REALIZACIJI METAVERZUMA .....	39
4.1 Hardver i softver .....	39
4.2 Sigurnost i privatnost .....	41
4.3 Interoperabilnost .....	42
4.4 Mrežne mogućnosti.....	42
4.5 Jednakost pristupa i upravljanje .....	43
4.6 Zakonski problemi .....	44
5. INTERAKCIJA ČOVJEKA I RAČUNALA .....	45
5.1 Sučelje čovjek-računalo .....	46
5.2 Principi i metodologije dizajna.....	49
5.3 Područja istraživanja.....	50
6. IZRADA VIRTUALNOG LABORATORIJA.....	55
6.1 Modeliranje unutrašnjosti laboratorija .....	55
6.2 Ubacivanje 3D modela u Unreal Engine 5.....	57
7. ZAKLJUČAK.....	63

**POPIS SLIKA**

Slika 2.1 Wheatstonov stereoskop.....	3
Slika 2.2 Sensorama uređaj.....	4
Slika 2.3 Aspen Movie Map .....	5
Slika 2.4 SEGA VR-1.....	7
Slika 2.5 Oculus VR .....	8
Slika 2.6 Microsoft Hololens .....	8
Slika 2.7 Apple-ov Lidar .....	9
Slika 2.8 Ray-Ban pametne naočale .....	9
Slika 2.9 Samsung VR.....	11
Slika 2.10 Oculus Mobile .....	11
Slika 2.11 MR uređaj Meta Quest 3 .....	12
Slika 2.12 detekcija objekata kompjuterskom vizijom.....	13
Slika 2.13 Osnove Blockchain tehhnologije .....	14
Slika 2.14 NFT "Bored Ape" prodan za par milijuna dolara .....	15
Slika 2.15 3D rekonstrukcija unutrašnjosti sobe .....	16
Slika 2.16 3D rekonstrukcija automobila .....	17
Slika 2.17 IOT.....	18
Slika 3.1 Pokemon GO .....	21
Slika 3.2 Roblox.....	22
Slika 3.3 Decentraland prostor.....	23
Slika 3.4 Decentraland zajednica .....	23
Slika 3.5 Meta Horizon Worlds .....	25
Slika 3.6 AltspaceVR .....	25
Slika 3.7 H&M virtualna trgovina.....	27
Slika 3.8 Gucci i Roblox.....	27
Slika 3.9 Pametni dom.....	28
Slika 3.10 Mobilna aplikacija tvrtka "RelayCars" .....	30
Slika 3.11 Acura Integra u Decentralandu .....	30
Slika 3.12 Gravity Sketch .....	31
Slika 3.13 Nvidia "Drive Sim" .....	32
Slika 3.14 Digitalni blizanac energetskeg sustava .....	33
Slika 3.15 Digitalni blizanac strojeva.....	33

---

Slika 3.16 Virtualni elementi u skladištu.....	35
Slika 3.17 Surgical AR .....	36
Slika 3.18 VR simulacije leta.....	38
Slika 3.19 Lockheed Martin simulacijski labos .....	38
Slika 4.1 Nvidia Omniverse platforma .....	40
Slika 4.2 NVIDIA Digital Twin .....	41
Slika 5.1 Interakcija čovjek-računalo .....	45
Slika 5.2 Detekcija karakteristika lica .....	47
Slika 5.3 Detekcija pokreta.....	48
Slika 5.4 Plea.....	52
Slika 5.5 BCI u medicinske svrhe .....	54
Slika 5.6 CTRL-Labs.....	54
Slika 5.7 Emotiv .....	54
Slika 6.1 3D model krafne .....	55
Slika 6.2 Unutrašnjost labosa 1 .....	56
Slika 6.3 Unutrašnjost labosa 2 .....	56
Slika 6.4 Arhitektonska vizualizacija u UE5 .....	57
Slika 6.5 Sučelje i jednostavna scena UE5 programa .....	58
Slika 6.6 Blueprintovi jednostavne funkcionalnosti.....	58
Slika 6.7 Sastavnica za virtualnu stvarnost.....	59
Slika 6.8 labos 1 .....	60
Slika 6.9 labos 2 .....	60
Slika 6.10 okolina labosa .....	61
Slika 6.11 Upravljanje VR-om.....	61
Slika 6.12 Navigacija u VR-u .....	62



---

**POPIS KRATICA**

<b>Oznaka</b>	<b>Opis</b>
VR	Virtual Reality
AR	Augmented Reality
MR	Mixed Reality
AI	Artificial Intelligence
NFT	Non-Fungible Token
XR	Extended Reality
IoT	Internet of Things
USD	Universal Scene Description
HCI	Human-Computer Interaction
BCI	Brain-Computer Interaction
GPU	Graphics Processing Unit
CPU	Central Processing Unit
DAO	Decentralized Autonomous Organization
UCD	User-Centered Design
VSD	Value-Sensitive Design
UE5	Unreal Engine 5

---

**SAŽETAK**

U radu je detaljno opisan koncept *metaverzuma* kao budućnost interakcije u virtualnom svijetu u svim aspektima života, od igranja do istraživanja i razvoja. Predstavljene su sve značajne virtualne tehnologije koje su ključne za njegovu realizaciju, a nakon toga opisana su područja primjene ovih tehnologije. Zatim su objašnjeni izazovi pri samoj realizaciji *metaverzuma*, te je potom predstavljeno područje zvano interakcija čovjek-računalo (HCI). Konačno, u praktičnom dijelu rada izrađen je virtualni laboratorij na fakultetu Strojарstva i Brodogradnje gdje je cilj bio testirati nove tehnologije kao što je virtualna stvarnost čiji je cilj uronjivost i interaktivnost, te vizualizacija u stvarnom vremenu koje stavlja naglasak na realističnosti sustava.

Ključne riječi: metaverzum, virtualna stvarnost, proširena stvarnost, umjetna inteligencija, Unreal Engine 5

---

**SUMMARY**

The paper describes in detail the concept of the metaverse as the future of interaction in the virtual world in all aspects of life, from gaming to research and development. All significant virtual technologies that are key to its realization are presented, as well as the fields of their applications. Then the challenges in the realization of the metaverse were explained, and later the human-computer interaction (HCI) was presented. Finally, in the practical part of the work, virtual laboratory was created at the Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, where the goal was to test new technologies such as virtual reality that focuses on immersion and interactivity, as well as real-time visualization, which emphasizes the realism of the system.

Key words: metaverse, virtual reality, augmented reality, artificial intelligence, Unreal Engine

5

## 1. UVOD

*Metaverzum* prostor hipotetska je iteracija interneta kao jedinstvenog, univerzalnog i sveobuhvatnog virtualnog svijeta koji je primarno omogućen upotrebom naočala za virtualnu (VR), proširenu (AR) i miješanu (MR) stvarnost. U kolokvijalnoj upotrebi, to je mreža 3D virtualnih svjetova usmjerenih na društvene i ekonomske veze. U znanstvenim istraživanjima definira se kao trodimenzionalno online okruženje u kojem su korisnici predstavljeni avatarima i međusobno komuniciraju u virtualnim prostorima odvojenim od fizičkog svijeta. [1]

Prema Matthevu Ballu, autoru knjige "The Metaverse", definicija *metaverzuma* je da je to kompleksni, višedimenzionalni prostor koji integrira virtualnu stvarnost, stvarni svijet i mnoštvo virtualnih svjetova koji omogućavaju korisnicima da sa digitalnim entitetima međusobno interagiraju u stvarnom vremenu. Ovaj prostor je obično potpomognut raznim tehnologijama poput proširene stvarnosti (AR), virtualne stvarnosti (VR), te metapodataka koji omogućavaju korisnicima da stvaraju, doživljavaju i dijele sadržaj na način koji nadmašuje granice fizičkog svijeta. *Metaverzum* predstavlja konceptualni spoj različitih virtualnih svjetova u jedinstvenu, povezanu, i proširenu digitalnu stvarnost koja se neprekidno razvija i raste.

Još jedna definicija *metaverzuma* je da je to uranjajući trodimenzionalni virtualni svijet u kojem ljudi mogu upravljati putem avatara kako bi obavljali svoje svakodnevne aktivnosti, otključavajući potencijal za komunikaciju, transakcije i doživljavanje novih prilika na globalnoj razini i uključuje spajanje nekoliko naprednih tehnologija poput umjetne inteligencije (AI), digitalnih blizanaca, proširene stvarnosti (AR), virtualne stvarnosti (VR), *blockchain* tehnologije, nezamjenjivih tokena (NFT), 3D modeliranja i simulacija, računarstva u oblaku te obrade podataka na rubu mreže. Ključan je i koncept „avatara“ jer označava alter ego stvarne osobe u virtualnom svijetu, te predstavlja društvenu ulogu u kojoj osoba živi i radi u *metaverzumu*. [2]

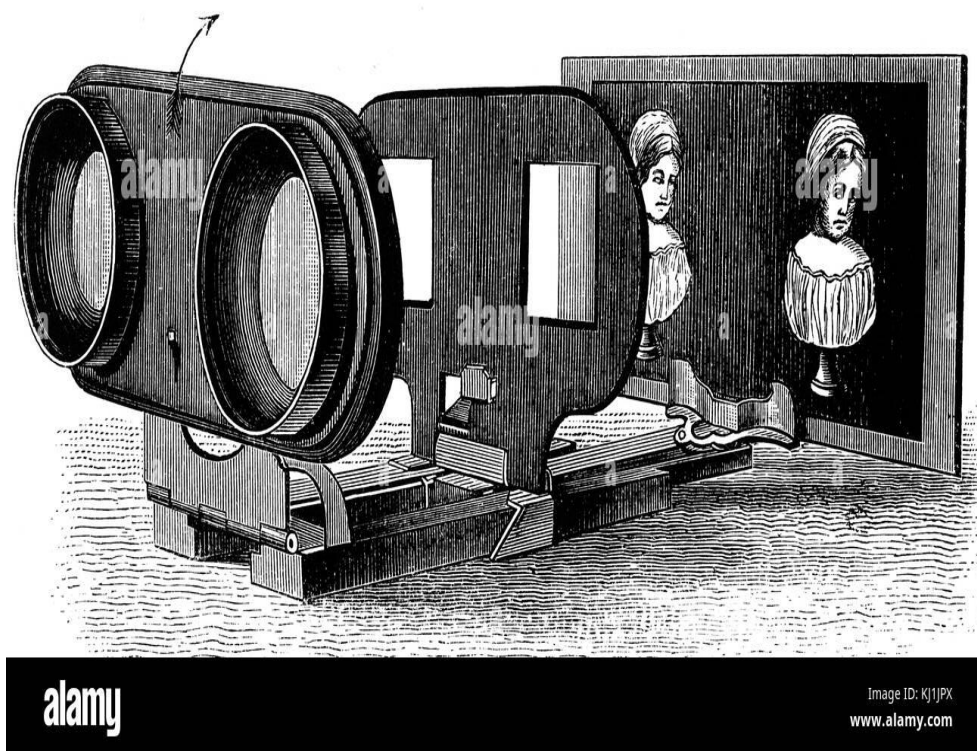
Od *metaverzum* tehnologija velike koristi imati će ne samo tehnološka područja, kao što su automobilska, vojna i medicinska industrija, već i područja poput trgovine, gospodarstva i umjetnosti. Privatnost, sigurnost i interoperabilnost jedni su od ključnih izazova prilikom ostvarivanja *metaverzuma* i detaljno su objašnjeni zbog njihove važnosti. Područje istraživanja zvano „interakcija čovjek-računalo“ (engl. Human-Computer Interaction), ključno je za ostvarivanje dosljednog *metaverzum* iskustva iz razloga što stavlja naglasak na društveni aspekt čovjeka prilikom interakcije s tehnologijom što je od iznimne važnosti. HCI je predmet

multidisciplinarnog istraživanja koji se fokusira na dizajn računalne tehnologije, posebno na interakciju između ljudi (korisnika) i računala. Uređaji i proizvodi virtualne stvarnosti (VR), proširene stvarnosti (AR) i miješane stvarnosti (MR) koji koriste tehnologiju praćenja mogu korisnicima pružiti gotovo prirodno i zadovoljavajuće iskustvo. Trenutačno se na VR i AR zasloni koji se montiraju na glavu gleda kao na ulaz u *metaverzum*, a na inteligentne nosive naprave i sučelja između mozga i računala kao na tehnologiju koja poboljšava uronjivost. [3]

U praktičnom dijelu rada, izrađen je virtualni laboratorij na fakultetu Strojarsstva i Brodogradnje na način da se unutrašnji dio modelirao u Blender softveru i potom ubacio u softver za izradu video igara (eng. Game Engine) zvan Unreal Engine 5 (UE5). Potom se spojio uređaj za virtualnu stvarnost (VR) proizvođača HTC, modela „Cosmos Elite“ i povezo sa Unreal Engine 5 softverom i jednostavnom naredbom Play Game pokrenuo sustav u kojem smo se stvorili u virtualnom prostoru laboratorija. Model je dodatno doraden dodavanjem materijala i osvjetljenja, u cilju što realističnijeg iskustva.

## 2. POVIJEST METAVERZUMA I PRIPADAJUĆE TEHNOLOGIJE

Godine 1838. znanstvenik Sir Charles Wheatstone objasnio je koncept "binokularnog vida", spajajući dvije slike, jednu za svako oko, kako bi se formirala jedna 3D slika. Ovaj princip poslužio je kao temelj za stvaranje stereoskopa, tehnologije koja stvara dojam dubine u slici. Danas se ovaj princip primjenjuje u suvremenim VR headsetima. 1935. godine američki pisac znanstvene fantastike Stanley Weinbaum objavio je knjigu "Pygmalion's Spectacles", koja priča o profesoru koji je izumio naočale nevjerojatnih sposobnosti. Naočale prenose nositelja u detaljan virtualni svijet koji ne samo da pruža vizualna i auditivna iskustva, već i osjetilne dojmove poput dodira, okusa i mirisa. Glavni lik započinje duboko uronjeni put unutar ovog virtualnog svijeta, susrećući krajolike i scenarije izvan granica stvarnosti i priča istražuje duboko bježanje od stvarnosti i mogućnosti koje tehnologija pruža, izazivajući granice između opipljivog i zamislivog.



Slika 2.1 Wheatstonov stereoskop

1956. godine Morton Heilig stvorio je prvi VR uređaj, "Sensorama Machine", koji je korisnicima omogućavao potpuno senzorno iskustvo. Uređaj je simulirao vožnju motocikla kroz Brooklyn kombinirajući 3D video, zvuk, mirise i vibrirajuće sjedalo, te je iskustvo za to

vrijeme bilo revolucionarno jer je omogućavalo korisnicima da se potpuno urone u simulirano okruženje, pružajući im multisenzorno iskustvo. Heilig je također patentirao prvi prikaz s glavom u računalu 1960., koji je kombinirao stereoskopske 3D slike sa stereo zvukom. 1978. MIT je stvorio "Aspen Movie Map" koji je korisnicima omogućio da virtualno istraže grad Aspen u državi Colorado i bio je jedan od prvih primjera korištenja tehnologije virtualne stvarnosti (VR) kako bi se korisnike prenijelo na drugo mjesto. Uporabom računalom generiranih slika, korisnici su mogli virtualno prošetati ulicama grada Aspena u Coloradu i istražiti okolinu, pružajući osjećaj stvarnog putovanja kroz taj grad, te se smatra jednim od ranijih eksperimenata u korištenju VR tehnologije za stvaranje virtualnih tura i prostornih iskustava.



**Slika 2.2 Sensorama uređaj**



**Slika 2.3 Aspen Movie Map**

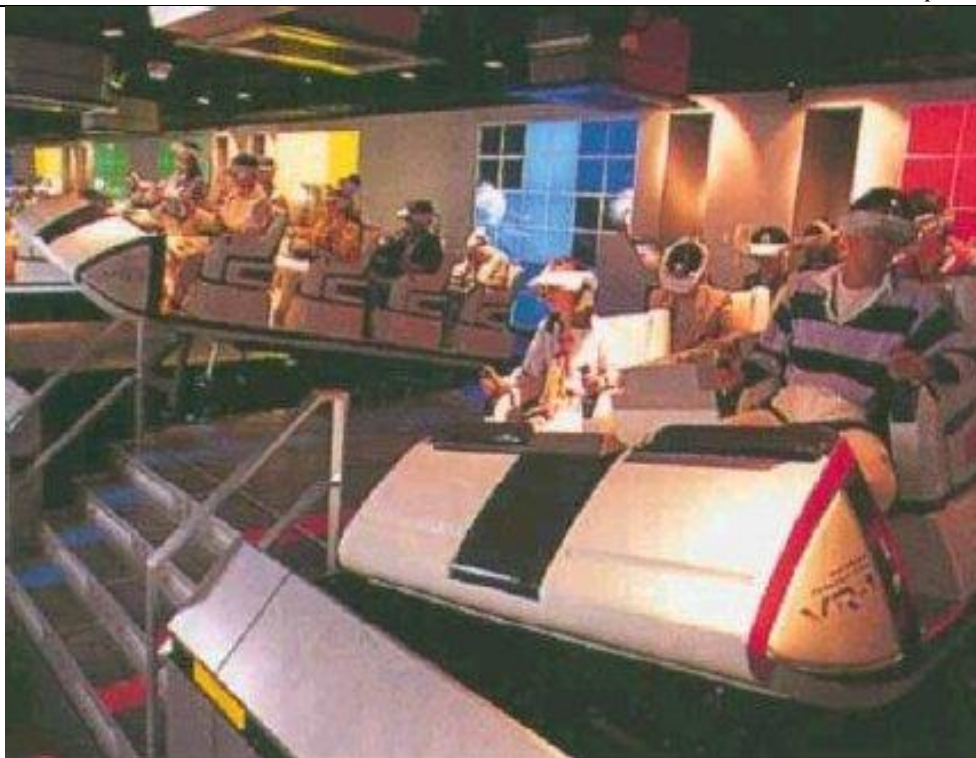
Pojam "*metaverzum*" dobio je značajnu pažnju i prepoznavanje putem znanstveno-fantastičnog romana Neala Stephensona pod nazivom *Snow Crash*, objavljenog 1992. godine. U ovom romanu, koncept *metaverzuma* predstavljen je kao virtualni prostor stvarnosti gdje korisnici interagiraju i sudjeluju u različitim aktivnostima, podsjećajući na današnje online virtualne okoline. *Snow Crash* prikazuje svijet u budućnosti u kojem ljudi koriste avatare za navigaciju i sudjelovanje u digitalnom prostoru. Iako je djelo fikcije, roman je znatno popularizirao koncept *metaverzuma*, te potaknuo razvoj i maštu o virtualnim svjetovima i proširenim stvarnostima. Utjecaj Neala Stephensona seže i izvan književnosti, a primjer toga su razgovori sa Jeff Bezosom, koji su ga inspirirali da 2000. godine osnuje Blue Origin, tvrtku za proizvodnju svemirskih letjelica i suborbitalnih letova, te je Stephenson tamo djelomično radio do 2006. godine gdje je i dalje savjetnik tvrtke. Blue Origin smatra se drugom najvrijednijom tvrtkom svoje vrste, iza SpaceX-a, vlasnika Elona Muska.

Platforma virtualnog svijeta Second Life iz 2003. često se opisuje kao prvi *metaverzum* jer je uključila mnoge aspekte društvenih medija u trajni trodimenzionalni svijet s korisnikom predstavljenim kao avatarom. Popularne igre opisane kao dio metaversa uključuju Habbo Hotel, World of Warcraft, Minecraft, Fortnite, VRChat, i platforma za kreiranje igrica Roblox.



Stephensonov utjecaj dotaknuo je i osnivače tvrtke Keyhole, poznate po Google Earth aplikaciji inspirirana konceptom njegovog romana "Snow Crash", te su čak pokušali regrutirati Stephensona ali bezuspješno. Nadalje, njegove ideje potaknule su viziju iza Magic Leap, tvrtke za mješovitu stvarnost u kojoj je bio glavni futurist od 2014. do 2020. godine. Iako je Magic Leap privukao značajne investicije od kompanija kao što su Google, Alibaba i AT&T, suočavao se s izazovima ostvarivanja svojih ambicioznih ciljeva, što je rezultiralo restrukturiranjem i odlaskom osnivača. Stephensonova književnost nadilazi samu zabavu, te je potaknula i druge ambiciozne projekte kao što su projekti vezani za kriptovalute, te izgradnja decentraliziranih računalnih mreža. Isto tako, njegov je rad utjecao na stvaranje filmova s računalno generiranim slikama koji se stvaraju uživo putem snimanja pokreta glumaca s udaljenih lokacija, mijenjajući način na koji se filmovi stvaraju i uživaju kod kuće.

Početakom 1990-ih tvrtka SEGA predstavila je VR-1, arkadni stroj za virtualnu stvarnost koji je korisnicima omogućavao uranjanje u virtualni svijet s dinamičkim senzacijama pokreta. Igrači bi se smjestili u kabinu s pričvršćenim VR headsetom te bi doživljavali simulirane vožnje i avanture s intenzivnim senzacijama kretanja, pružajući im iskustvo koje je pokušavalo odvesti arkadne igre na višu razinu kroz upotrebu rane VR tehnologije. SEGA VR-1 bio je jedan od prvih pokušaja korištenja VR-a u arkadnom okruženju te je privukao pažnju igrača u to vrijeme.



**Slika 2.4 SEGA VR-1**

2011. godine, Ernest Cline objavio je knjigu "Ready Player One", znanstveno-fantastičnu avanturu smještenu u distopijsko društvo budućnosti dajući nam uvid u potpuno uronjeni svijet u koji možemo ući kako bismo pobjegli od stvarnosti. Radnja prati mladog protagonista Wadea Wattsu u potrazi za Oasisom, virtualnim svijetom kreiranim genijalnim programerom. Oasis je mjesto gdje ljudi bježe od stvarnog svijeta i traže avanture, bogatstvo i slobodu, a glavni zaplet pokreće potraga za skrivenim nasljedstvom, što dovodi do uzbuđljivog putovanja kroz izazove, reference na pop-kulturu i virtualne avanture. Knjiga je privukla pažnju široke publike i kasnije je adaptirana u film 2018. godine pod režijom Stevena Spielberga. Ready Player One ostaje važan primjer spoja tehnologije, nostalgije i pustolovine unutar književnog i filmskog svijeta.

2012. Američki poduzetnik Palmer Luckey kao tinejdžer stvorio je prototip Oculus Rift VR headseta u svojoj garaži i headset je donio revolucionarne promjene u svijet VR tehnologije zbog svoje široke vidne perspektive od 90 stupnjeva i visokokvalitetnog doživljaja virtualnog okruženja. Njegov uspjeh bio je izuzetno značajan jer je potaknuo novi val interesa za VR tehnologiju koja je dotad bila manje razvijena i prisutna samo u eksperimentalnim krugovima. Oculus Rift privukao je pažnju zajednice i investitora te je kasnije 2014. godine Oculus VR bio preuzet od strane Facebooka u transakciji vrijednoj dvije milijarde dolara. Iste godine Sony i

Samsung objavili su da stvaraju vlastite VR headsete, a Google je izdao svoj prvi Cardboard uređaj, jeftini kartonski VR prikazivač za pametne telefone i Google Glass, naočale proširene stvarnosti.



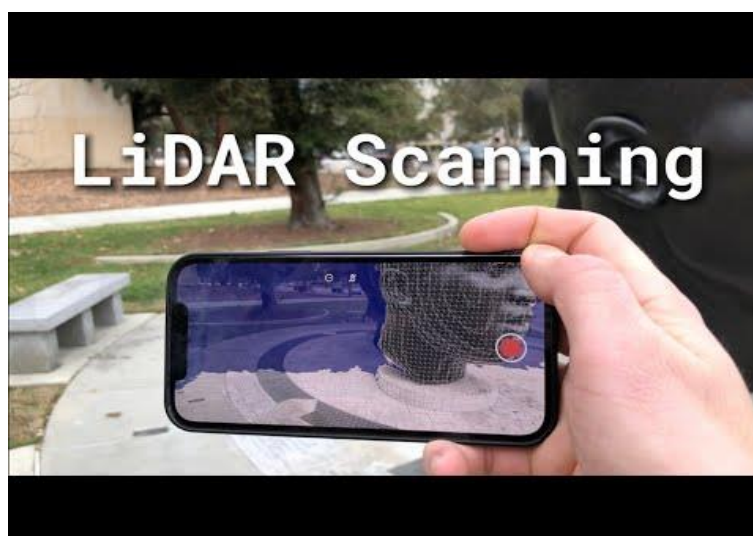
**Slika 2.5 Oculus VR**

2016. godine na scenu je stupio Microsoftov HoloLens uređaj. To je uređaj proširene stvarnosti (AR) koji kombinira stvarni svijet s digitalnim elementima, omogućujući korisnicima da vide virtualne objekte u stvarnom okruženju u vidu holograma, te isto tako da sa njima interagiraju. HoloLens koristi posebne senzore, kamere i holografski zaslon koji korisnicima omogućuje interakciju s digitalnim objektima. Osim što je korišten za zabavu i igre, HoloLens je pronašao primjenu i u profesionalnim područjima kao što su inženjerstvo, medicina, obrazovanje, dizajn i proizvodnja, stručna obuka, te čista vizualizacija.

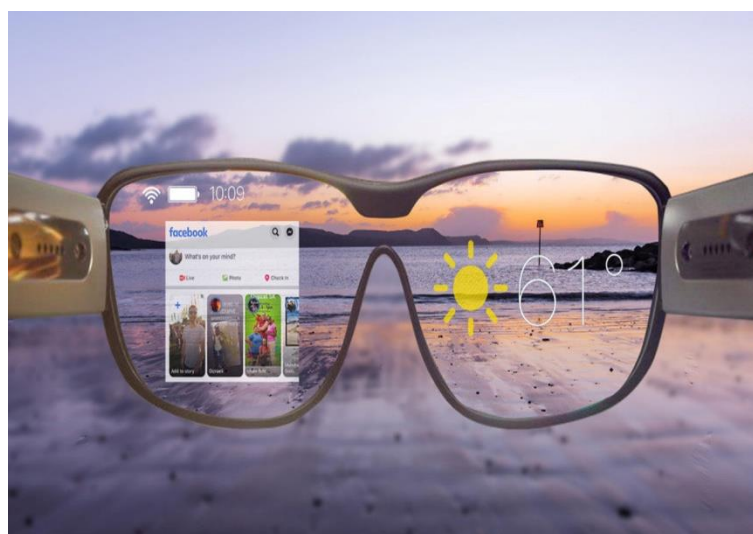


**Slika 2.6 Microsoft HoloLens**

2020. Apple je dodao Lidar (Light Detection and Ranging) na iPhoneove i iPade, stvarajući bolje skeniranje dubine za bolje fotografije i AR, te također otvarajući put za uređaje s miješanom stvarnošću u budućnosti, a Facebook je 2021. godine Facebook promijenio ime u Meta kako bi odražavao širu viziju tvrtke i njezine ambicije izvan samog društvenog medija, te naglašava težnje prema proširivanju u *metaverzum*. Dvije tvrtke lansirale su pametne naočale (Ray-Ban Stories) ili vrlo prijenosne VR headsete koji izgledaju kao sunčane naočale (HTC-ov Vive Flow) u cilju što praktičnijeg i jednostavnijeg uranjajućeg iskustva. [4]



Slika 2.7 Apple-ov Lidar



Slika 2.8 Ray-Ban pametne naočale

## 2.1 Virtualna i proširena stvarnost

Virtualna stvarnost (VR), proširena stvarnost (AR), mješovita stvarnost (MR) i proširena stvarnost (XR), tehnologije su koje će biti jezgra za povezivanje između stvarnog i virtualnog svijeta u *metaverzumu* i pružati će vrhunska uranjajuća iskustva. Virtualna stvarnost (VR) je upotreba računalnog modeliranja i simulacija koja omogućuje osobi interakciju s umjetnim trodimenzionalnim (3D) vizualnim ili drugim osjetilnim okruženjem. Aplikacije virtualne stvarnosti (VR) uranjaju korisnika u računalno generirano okruženje koje simulira stvarnost putem interaktivnih uređaja koji šalju i primaju informacije te se nose kao naočale, slušalice, rukavice ili odijela. U tipičnom formatu VR-a, korisnik koji nosi kacigu s stereoskopskim ekranom gleda animirane slike simuliranog okruženja. Iluzija "biti tamo" (teleprisutnost), postiže se pomoću senzora pokreta koji registriraju korisnikove pokrete i prilagođavaju prikaz na ekranu sukladno tome obično u stvarnom vremenu (trenutak kad se dogodi korisnikovo kretanje). Na taj način korisnik može obići simulirani set prostoriya, doživljavajući promjene gledišta i perspektiva koje uvjerljivo odgovaraju vlastitom okretanju glave i koracima. Nošenjem rukavica s opremom za povratnu informaciju o sili, korisnik čak može uzeti i manipulirati predmetima koje vidi u virtualnom okruženju. Izraz "virtualna stvarnost" skovao je 1987. godine Jaron Lanier, čiji su istraživački rad i inženjering doprinijeli nizu proizvoda u tada mladoj industriji VR-a. Zajednička nit koja je povezivala rani istraživački rad i razvoj tehnologije u području VR-a u Sjedinjenim Američkim Državama bila je uloga savezne vlade, posebno Ministarstva obrane, Nacionalne zaklade za znanost i Nacionalne uprave za aeronautiku i svemir (NASA). Projekti koje su financirale te agencije, a koje su provodili istraživački laboratoriji na sveučilištima, stvorili su veliki broj talentiranih stručnjaka u područjima kao što su računalna grafika, simulacija i mrežna okruženja te uspostavili veze između akademske, vojne i komercijalne djelatnosti. [5]

VR tehnologija često uključuje slušalice i periferne uređaje poput kontrolera i senzora za praćenje pokreta. Osim kroz posebno razvijene softvere, tehnologija je također dostupna putem web preglednika i može se pokrenuti preko preuzetih aplikacija ili web baziranih VR rješenja. Senzorski uređaji poput kontrolera, slušalice, senzora za praćenje pokreta ruku, traka za trčanje i 3D kamere dio su hardvera virtualne stvarnosti i postoje dva glavna tipa VR uređaja:

- Samostalni uređaji - uređaji s svim potrebnim komponentama za pružanje iskustava virtualne stvarnosti u samom uređaju. Oculus Mobile , proizveden od strane Oculus VR za svoje samostalne uređaje, i Samsung Gear VR dvije su popularne samostalne VR platforme.

- Povezani uređaji - uređaji koji se spajaju na drugi uređaj poput računala ili video igraće konzole kako bi pružili iskustvo virtualne stvarnosti. SteamVR, dio Valvinog Steam servisa, popularna je povezana VR platforma. Za podršku uređajima različitih proizvođača poput HTC-a, Windows Mixed Reality headsetova i Valva, koristi se OpenVR SDK kao sučelje između hardvera i softvera virtualne stvarnosti.



**Slika 2.9 Samsung VR**



**Slika 2.10 Oculus Mobile**

Proširena stvarnost (AR) (engl. Augmented Reality), predstavlja informacije stvarnog svijeta u stvarnom vremenu koristeći tekst, zvuk, video i virtualne objekte, te postoje dvije vrste: temeljena na markiranju i bez markiranja. AR temeljen na markiranju identificira objekte i određuje položaj i orijentaciju kamere putem prepoznavanja slika. S druge strane, AR bez

markiranja koristi algoritme prepoznavanja i podatke s akcelerometra, GPS-a i kompasa za preklapanje AR slika na objekte identificirane u stvarnom vremenu. Postoje pet komponenti AR-a: AI, AR softver, procesorska snaga, leće i senzori. AI se koristi za glasovne upute i obradu informacija, dok se AR softver može izraditi po narudžbi. Potrebna je procesorska snaga da bi AR funkcionirao, a leće su potrebne za pregled sadržaja. Senzori pomažu usklađivanju stvarnog i digitalnog svijeta obradom podataka s kamere. Miješana stvarnost (MR) (engl. Mixed reality) je naziv za kombinaciju VR i AR i omogućuje interakciju u stvarnom vremenu sa stvarnim i digitalnim objektima, te zahtijeva više procesorske snage nego VR ili AR. Microsoftov HoloLens je primjer ove tehnologije koji kroz ugrađene kamere vrlo visoke rezolucije pruža jedinstvena uranjajuća iskustva u igrama, te se najčešće primjenjuje u područjima kao što su proizvodna industrija, edukacija i medicina. Za stvaranje autentičnih MR iskustava, potrebne su tri ključne komponente: računalna obrada u oblaku, unaprijeđene metode unosa i prepoznavanje okoline. Uranjajuće tehnologije, uključujući VR, AR i MR, zajednički se nazivaju XR (engl. Extended Reality). [2]

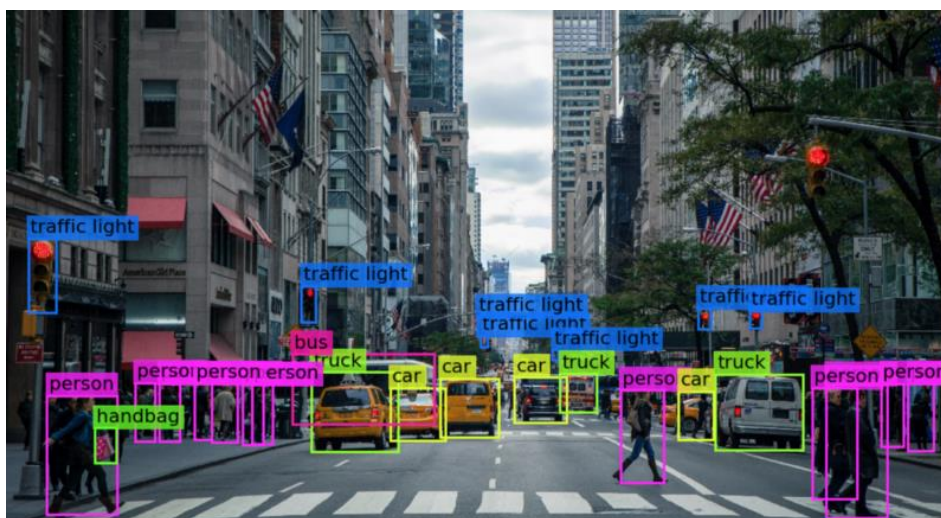


Slika 2.11 MR uređaj Meta Quest 3

## 2.2 Umjetna inteligencija

Umjetna inteligencija (AI), pokreće *metaverzum* koristeći kombinaciju tehnika obrade prirodnog jezika (NLP) i računalnog vida. NLP i računalni vid imaju ključnu ulogu u poboljšanju razumijevanja i obrade kako prirodnog jezika tako i vizualnih informacija. Algoritmi strojnog učenja automatiziraju donošenje odluka u NLP-u i računalnom vidu,

omogućujući sustavima da autonomno analiziraju podatke, izvlače obrasce i donose informirane predikcije, te se NLP primarno fokusira na obradu jezika, dok se računalni vid specijalizira za analizu slika i videozapisa, izvlačeći vrijedne uvide iz neuređenih podataka. *Metaverzum* se oslanja na AI kako bi generirao većinu svojih 3D slika, animacija i govora, kao za i provođenje virtualnih transakcija. Osim toga, AI ga unaprjeđuje poboljšanjem renderiranja, detekcije objekata i kontrole virtualne bolesti, te razvitkom AI-a digitalni avatari imaju autonomiju i sposobnosti samoučenja i sa svojim motivacijama, pričama i ciljevima i mogu interagirati s korisnicima kao i sa drugim AI bićima. Stvaranje virtualnih sredstava također može biti optimizirano pomoću AI-a, a mogu biti stvoreni i digitalni ljudi. AI može obraditi prirodne jezične ulaze poput engleskog jezika u djeliću sekunde pretvarajući ih u strojno čitljiv format, analizirajući ih i vraćajući rezultate korisniku, replicirajući stvaran razgovor a isto tako može generirati nove podatke učeći iz povijesnih podataka i novo generirani podaci potiču inovacije uvodeći nove scenarije i objekte, rezultirajući većom raznolikošću, točnošću, prilagodljivošću i poticanjem inovacija. [2]



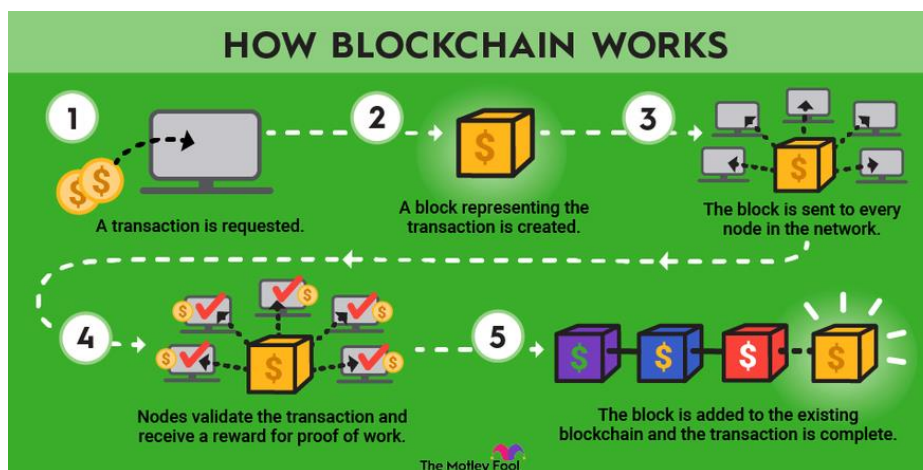
Slika 2.12 detekcija objekata kompjuterskom vizijom

### 2.3 Blockchain, NFT i Kriptovalute

*Blockchain* je decentraliziran, transparentan, pratljiv, revizibilan, siguran i pouzdan digitalni registar transakcija koji može zaštititi digitalna sredstva. *Metaverzum* mora funkcionirati kao usklađeni virtualni svijet, što se može postići korištenjem decentraliziranog ekosustava na temelju *blockchain* tehnologije. *Blockchain* je zajednička, nepromjenjiva knjiga



transakcija koja olakšava proces bilježenja transakcija i praćenje imovine u poslovnoj mreži. Imovina može biti opipljiva (kuća, automobil, novac, zemljište) ili neopipljiva (intelektualno vlasništvo, patenti, autorska prava, brendiranje). Gotovo sve što ima vrijednost može se pratiti i trgovati na *blockchain* mreži, smanjujući rizik i troškove za sve uključene. Poslovanje se temelji na informacijama i bitno je da se što brže i točnije primaju, te je blockchain tehnologija idealna za dostavu takvih informacija jer pruža trenutne, zajedničke i potpuno transparentne informacije pohranjene na nepromjenjivoj knjizi koju mogu pristupiti samo članovi mreže s odobrenjem. *Blockchain* mreža može pratiti narudžbe, plaćanja, račune, proizvodnju i mnogo više i zbog toga što članovi dijele jedan pogled na istinu, sve pojedinosti transakcije su vidljive od početka do kraja što rezultira većim povjerenjem.



Slika 2.13 Osnove Blockchain tehnologije

Jedan od ključnih aspekata koji je nastao iz ove tehnologije su takozvani „pametni ugovori“, najobičniji kompjuterski programi pohranjeni na *blockchainu* koji se izvršavaju kada se ispune unaprijed određeni uvjeti i obično se koriste za automatizaciju izvršenja sporazuma kako bi svi sudionici odmah bili sigurni u ishod, bez sudjelovanja posrednika ili gubitka vremena. Uloga im je automatizacija radnog tijeka na način da se sljedeća akcija pokreće točno u trenutku kada se ispune određeni uvjeti što omogućuju sudionicima u ekosustavu da učinkovito reguliraju svoje ekonomske, pravne i društvene odnose. Također, omogućuju *metaverzumu* da razvije i implementira osnovna pravila gdje se korisnici mogu družiti, zabavljati i trgovati u stvarnom vremenu. Kripto sredstva će se koristiti za olakšavanje razmjene između tih aktivnosti jer one zahtijevaju zajedničku valutu, te će biti vrlo korisni za prakticiranje stvarnih i virtualnih kupovina. Uključivanje NFT-ova, *blockchain* baziranih kripto

tokena, moći će se olakšati trgovanjem digitalnim proizvodima i stvaranjem jedinstvenih avatara jer pružaju neizbrisiv dokaz vlasništva zabilježen na *blockchainu*. [6]

Nefungibilni token (NFT) jedinstveni je digitalni identifikator zabilježen na *blockchainu* i koristi se za certificiranje vlasništva i autentičnosti. Ne može biti kopiran, zamijenjen ili podijeljen i vlasništvo nad NFT-om je zabilježeno u *blockchainu* i može biti preneseno od vlasnika, omogućavajući prodaju i trgovinu NFT-ovima. NFT-ove može stvoriti bilo tko, a za njihovo stvaranje obično su potrebne malo ili nimalo vještine kodiranja. NFT-ovi obično sadrže reference na digitalne datoteke poput umjetničkih djela, fotografija, videozapisa i audiozapisa. Budući da su NFT-ovi jedinstveno identificirani, razlikuju se od kriptovaluta koje su fungibilne, te zasigurno mogu doprinijeti rastu i razvoju *metaverzuma* stvarajući digitalnu ekonomiju unutar njega, te su zato vrlo bitan faktor u evoluciji *metaverzuma*, osiguravajući transparentno i sigurno okruženje za korisnike. [7]



Slika 2.14 NFT "Bored Ape" prodan za par milijuna dolara

## 2.4 3D Skeniranje

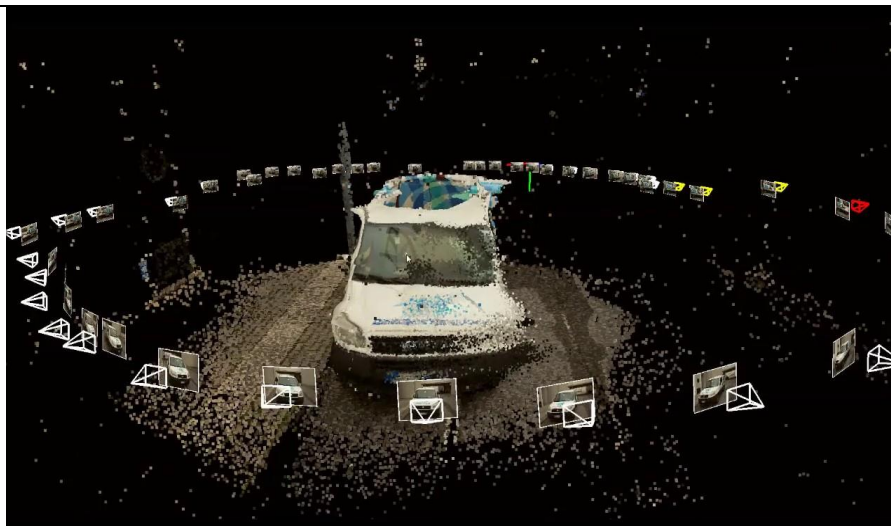
Postojanje *metaverzuma* znatno ovisi o 3D okoliša, te jedan od načina njegovog dobivanja je skeniranje stvarnog svijeta i pretvaranje u virtualni. U računalnom vidu i računalnoj grafici, 3D rekonstrukcija je proces snimanja oblika i izgleda stvarnih objekata pri čemu se stvaraju trodimenzionalni objekti u virtualnim prostorima, te je istraživanje 3D rekonstrukcije uvijek je bio izazovan cilj. Korištenjem 3D rekonstrukcije moguće je odrediti trodimenzionalni profil bilo kojeg objekta te saznati trodimenzionalne koordinate bilo koje točke na tom profilu i općenito predstavlja znanstveni i tehnološki problem u kojem su potrebne napredne tehnologije kao što su računalno potpomognuti geometrijski dizajn (CAGD),

računalna grafika, računalna animacija, računalni vid, medicinsko slikanje, računalna znanost i virtualna stvarnost.

Dvije su glavne metode skeniranja, a to su fotogrametrija i lasersko skeniranje. Fotogrametrija je proces dobivanja prostornih podataka i mjerenja iz fotografija. Koristi se za stvaranje trodimenzionalnih modela ili mapa pomoću fotografija koje su snimljene iz različitih kutova. Softveri za fotogrametriju analiziraju ove fotografije, pronalaze zajedničke točke i koriste informacije o perspektivi kako bi rekonstruirali trodimenzionalne oblike ili stvorili precizne karte terena. Lasersko 3D skeniranje je tehnika koja koristi laserske zrake za prikupljanje podataka o obliku i površini objekata ili okoline. U ovom postupku, laserski skener emitira laserske zrake prema objektu ili prostoru, a zatim mjeri vrijeme koje je potrebno da se zrake reflektiraju natrag. Na temelju vremena povratka zraka i kutova pod kojima se reflektiraju, skener stvara trodimenzionalni model visoke preciznosti. Ovi skeneri mogu prikupljati velike količine detaljnih podataka brzo i precizno. Softveri kao što su RealityCapture, Metashape, Pix4D, Meshroom, Zephyr i COLMAP imaju vrlo razvijenu tehnologiju 3D rekonstrukcije sa intuitivnim sučeljem i jednostavnošću uporabe. [8]



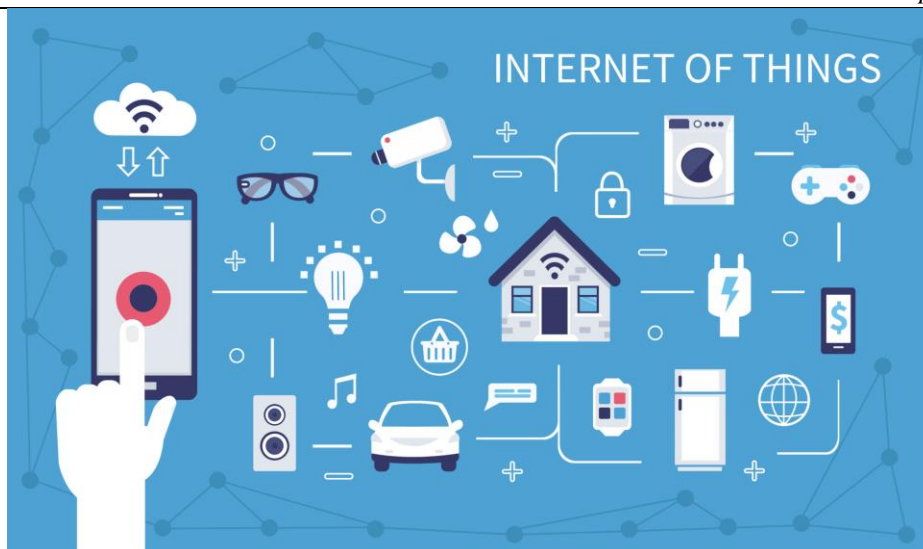
**Slika 2.15 3D rekonstrukcija unutrašnjosti sobe**



Slika 2.16 3D rekonstrukcija automobila

## 2.5 Internet stvari, 5G i rubno računalstvo

Internet stvari (IoT) predstavlja infrastrukturu koja povezuje različite fizičke uređaje ili objekte s internetom, omogućujući im da međusobno komuniciraju i dijele podatke. Ova tehnologija uključuje uređaje opremljene senzorima, softverom i povezane su s mrežom kako bi prikupljali, analizirali i razmjenjivali informacije. Primjena IoT-a je široka i obuhvaća različita područja, uključujući pametne kuće, industriju, zdravstvo, transport i poljoprivredu. Primjer su pametne kuće u kojima IoT uređaji poput pametnih termostata, svjetala i sigurnosnih sustava omogućuju udobnost, energetska učinkovitost i nadzor kućanstva putem pametnih telefona. U industriji, senzori na strojevima prikupljaju podatke o performansama i održavanju kako bi se poboljšala učinkovitost proizvodnje. U zdravstvu, medicinski uređaji mogu prikupljati vitalne znakove pacijenata te ih dijeliti s medicinskim osobljem radi bolje brige. Transportna industrija koristi IoT za praćenje i upravljanje vozilima putem senzora i GPS tehnologije, omogućavajući optimizaciju rute, smanjenje vremena putovanja i poboljšanje sigurnosti. Bitna prednost IoT-a leži u njegovoj sposobnosti prikupljanja podataka iz stvarnog svijeta, analize tih podataka i omogućavanja donošenja informiranih odluka temeljenih na tim informacijama. To omogućuje poboljšanje učinkovitosti, smanjenje troškova, poboljšanje iskustava korisnika i otvara put novim inovacijama na mnogim područjima. Budući da IoT uspostavlja veze između fizičkog i digitalnog svijeta, potrebna je sofisticirana infrastruktura kako bi podržala rastuću složenost digitalnog okruženja. Digitalni avatari pokretani IoT-om ključna su komponenta interneta sljedeće generacije. [9]



Slika 2.17 IOT

Tehnologija 5G predstavlja petu generaciju mobilne mreže koja pruža znatno poboljšane performanse u usporedbi s prethodnim generacijama. Ključne karakteristike 5G tehnologije uključuju veću propusnost podataka, nižu latenciju i veću pouzdanost. Veća propusnost omogućuje brži prijenos podataka, što rezultira većom brzinom internetskog protoka podataka za korisnike. Niža latencija, tj. manje vremena potrebnog za prijenos podataka od uređaja do mreže i obrnuto, omogućuje gotovo trenutne odgovore na zahtjeve i interakcije korisnika što je ključno za aplikacije poput virtualne stvarnosti, pametnih gradova i autonomnih vozila gdje su brzi odgovori esencijalni. [10]

Računalstvo na rubu (engl. Edge computing) je tehnološki koncept koji podrazumijeva procesiranje i pohranu podataka bliže samim izvorima, odnosno tamo gdje se podaci stvaraju ili koriste. Umjesto da se podaci šalju u centralizirane podatkovne centre za obradu, računalstvo na rubu omogućuje obradu podataka na samom rubu mreže, bliže krajnjim korisnicima ili uređajima. Ova tehnologija omogućuje brži odgovor i obradu podataka, što je ključno za aplikacije koje zahtijevaju nisku latenciju, poput internetskih igara u stvarnom vremenu, autonomnih vozila ili pametnih uređaja. Umjesto slanja podataka na daljinu za obradu, računalstvo na rubu omogućuje lokalnu obradu podataka, čime se smanjuje kašnjenje i osigurava brzi odgovor. Osim toga, ovaj koncept pruža veću privatnost i sigurnost podataka jer se manje oslanja na slanje osjetljivih informacija na velike udaljenosti. Također, smanjuje opterećenje na glavnim mrežnim infrastrukturama jer se dio obrade podataka obavlja lokalno. [11]

## 2.6 Digitalni blizanci

Jedna od potencijalno važnih tehnologija za realizaciju *metaverzuma* su digitalni blizanci. Digitalni blizanci virtualne su kopije fizičkih objekata, sustava ili procesa. Oni nastaju integriranjem stvarnih podataka s digitalnom platformom kako bi se stvorila precizna digitalna reprezentacija. Ovi digitalni modeli odražavaju stvarne objekte ili sustave u stvarnom vremenu ili u njihovom kontekstu. To omogućuje analizu, simulaciju, predviđanje i optimizaciju na temelju stvarnih podataka.

Primjena digitalnih blizanaca je široka. Koriste se za praćenje performansi, predviđanje kvarova, testiranje novih ideja ili proizvoda, optimizaciju rada sustava ili poboljšanje dizajna. Svoju primjenu nalaze u različitim sektorima, uključujući industriju, energetiku, graditeljstvo, zdravstvo i druge područja gdje je potrebno dublje razumijevanje ili unapređenje fizičkih entiteta ili procesa i pružaju mogućnost detaljnih analiza i predviđanja ponašanja stvarnih objekata ili sustava bez potrebe za fizičkim eksperimentima ili intervencijom. Kada su međusobno povezani unutar jednog sustava, digitalni blizanci mogu formirati ono što je poznato kao poslovni *metaverzum*, a to uključuje digitalno i često impresivno okruženje koje replicira i povezuje svaki aspekt organizacije radi optimizacije simulacija, planiranja scenarija i donošenja odluka.

Postoji nekoliko različitih vrsta digitalnih blizanaca. Prvo, postoji proizvod blizanac, koji je prikaz proizvoda. Ovaj digitalni blizanac može uključivati proizvode u različitim fazama životnog ciklusa, od početnog dizajna koncepta i inženjeringa do pune funkcionalnosti, što znači da se dobivaju podaci uživo o proizvodu u stvarnom vremenu. Primjer proizvoda blizanca je „Google Maps“, digitalni blizanac zemljine površine. Povezuje podatke o prometu u stvarnom vremenu kako bi optimizirao putovanje na posao. Ostale vrste blizanaca uključuju blizance proizvodnih pogona, koji predstavljaju cijeli proizvodni pogon, ili blizance lanca nabave i opskrbe, koji se nazivaju i mrežni blizanci, a infrastrukturni blizanci predstavljaju fizičku infrastrukturu poput autoceste, zgrade ili čak stadiona. [12]

### 3. PODRUČJA PRIMJENE METAVERZUM TEHNOLOGIJA

Gotovo svako područje u budućnosti beneficirati će od novih tehnologija, a potencijalno i potpuno prihvatiti koncept *metaverzuma* gdje će razvoj i primjena tehnologija sve više kombinirati stvarni i virtualni svijet. Neka od tih područja su pametni domovi, prometna i automobilska industrija, energetska industrija, upravljanje lancem opskrbe i logistika, vojna industrija, zdravstvo, te obrazovanje. Međutim, danas još najveću korist *metaverzum* tehnologija ima igračka industrija u kojoj su razne tehnologije već razvijene kao što su VR, 3D grafika i interaktivnost.

#### 3.1 Igračka industrija

*Metaverzum* svojim kombiniranim elementima proširene stvarnosti (AR), virtualne stvarnosti (VR) i drugih tehnologija, revolucionizira igračku industriju pružajući novu razinu interaktivnosti, uronjivosti i društvenosti. Igre u *metaverzumu* postaju multidimenzionalna iskustva koja prelaze granice konvencionalnih igara, omogućujući igračima da istražuju, stvaraju, te se povezuju s drugim igračima na načine koji su nezamislivi u tradicionalnim igrama. Platforma virtualnog svijeta Second Life iz 2003. često se opisuje kao prvi *metaverzum* jer je uključila mnoge aspekte društvenih medija u trajni trodimenzionalni svijet s korisnikom predstavljenim kao avatar.

"VR i AR Gaming" predstavljaju revolucionarni korak naprijed u igranju, gdje igrači postaju središte iskustva. Virtualna stvarnost (VR) i proširena stvarnost (AR) transformiraju način na koji igrači doživljavaju igre, pružajući im uranjajuće iskustvo. VR tehnologija, kroz uređaje poput Oculus Rift, HTC Vive, ili PlayStation VR, omogućuje igračima da u potpunosti zarone u virtualni svijet igre. Igrači dobivaju osjećaj stvarnosti tako da su okruženi 360-stupanjskim okruženjem koje reagira na njihove pokrete i radnje. Half-Life: Alyx odličan je primjer VR igre koja stavlja igrača u središte radnje, gdje se osjeća kao da je dio svijeta igre, dok AR igranje donosi elemente virtualnog svijeta u stvarni svijet igrača. Primjerice, Pokémon GO koristi AR kako bi igračima omogućio da lov na Pokémona bude interaktivno iskustvo u stvarnom svijetu. Kombinirajući stvarni svijet s digitalnim elementima, AR igranje omogućuje igračima da istražuju i igraju se izvan okvira tradicionalnih igračih prostora.



**Slika 3.1 Pokemon GO**

Nadalje, značajnu ulogu imaju socijalne platforme koje unapređuju interakciju igrača, pružajući im priliku za stvaranje zajednica, suradnju i razmjenu iskustava, a najznačajnije platforme su Discord i Reddit koje služe kao epicentri gdje se igrači okupljaju kako bi dijelili taktike, savjete, ili jednostavno raspravljali o igrama. Roblox je izvrstan primjer socijalne igraće platforme koja omogućuje igračima stvaranje vlastitih igara i doživljaja kao i dijeljenje tih iskustava s drugima. Roblox je platforma za internetske igre i sustav za stvaranje igara koje je razvila Roblox Corporation koja korisnicima omogućuje programiranje igara i igranje igara koje su kreirali drugi korisnici, te platforma ugošćuje igre koje su kreirali korisnici više žanrova kodiranih u programskom jeziku Lua. Tijekom većeg dijela povijesti Roblox je bio relativno mali, i kao platforma i kao tvrtka. Igra je besplatna za igranje, a kupnja unutar igre dostupna je putem virtualne valute Robux. Od kolovoza 2020, imao je više od 164 milijuna aktivnih korisnika mjesečno, uključujući više od polovice sve američke djece mlađe od 16 godina i omogućuje igračima da kreiraju vlastite igre pomoću svog vlastitog programa zvanog Roblox Studio, koje zatim mogu igrati drugi korisnici. Roblox omogućuje igračima kupnju, prodaju i stvaranje virtualnih predmeta koji se mogu koristiti za ukrašavanje njihovog virtualnog lika koji im služi kao avatar na platformi i samo administratori mogu prodavati dodatke, dijelove tijela, opremu i pakete pod službenim korisničkim računom. Roblox povremeno ugošćuje stvarne i virtualne događaje, a u prošlosti su bili domaćini događaja kao što je BloxCon, konvencije za obične igrače na platformi, a isto tako upravlja godišnjim lovom na uskrasna jaja i domaćin je



godišnjeg događaja pod nazivom Bloxy Awards, ceremonije dodjele nagrada koja također funkcionira kao prikupljanje sredstava. Izdanje Bloxy Awards 2020, koje je održano virtualno na platformi, privuklo je 600 000 gledatelja, te svake godine ugošćuje Roblox Developers Conference, trodnevni događaj samo s pozivnicom u San Franciscu gdje vrhunski kreatori sadržaja na web mjestu uče o nadolazećim promjenama na platformi. [13]



**Slika 3.2 Roblox**

Isto tako, veliku ulogu ima socijalna platforma Twitch, američka usluga video prijenosa (streaminga) koja se fokusira na „live streaming“ videoigara, uključujući prijenose *esports* natjecanja, uz ponudu glazbenih prijenosa, kreativnog sadržaja i *streamova* u stvarnom životu. Platforma omogućuje interaktivno iskustvo gdje se igrači mogu povezati sa svojom publikom, dijeliti svoje igračko iskustvo i stvarati zajednice oko određenih igara ili interesa. Socijalna dimenzija igranja postaje sve važnija jer igrači žele više od samog igranja. Traže iskustva koja su povezana s ljudima, gdje mogu dijeliti strasti, usavršavati svoje vještine i čak stvarati zajednice s ljudima koji dijele iste interese. Kroz ove platforme, igranje postaje mnogo više od samog natjecanja ili igranja igara; postaje prostor za izgradnju prijateljstava, suradnju i društvene interakcije.

Konačno, veliku ulogu u igračkoj industriji imaju će *blockchain* tehnologija koja mijenja način na koji igrači posjeduju i trguju virtualnim objektima unutar igara. Kroz koncept NFT-ova (non-fungible tokens), igrači mogu posjedovati digitalne artefakte, likove ili imovinu unutar igara dajući im pravo vlasništva nad tim digitalnim sadržajem izvan samog igrališta. Primjerice, Axie Infinity koristi *blockchain* kako bi omogućio igračima vlasništvo nad svojim digitalnim likovima i drugim resursima. Također, igrači mogu trgovati ovim NFT-ovima izvan igre, stvarajući pravi ekonomski sustav unutar virtualnog svijeta igre što omogućuje stvaranje vrijednosti unutar igara koje igrači mogu iskoristiti izvan same igre. NFT-evi također

omogućuju razvoj kreativnog igračkog sadržaja gdje umjetnici i dizajneri mogu stvarati jedinstvene digitalne objekte, poput kozmetičkih dodataka, koji postaju jedinstveni i kolekcionarski predmeti unutar igara. Decentraland je još jedan primjer gdje se koristi *blockchain* za stvaranje virtualnog svijeta gdje igrači posjeduju i trguju zemljištima, stvarajući vlastite digitalne imovine. Ova tehnologija omogućuje igračima da imaju stvarni utjecaj na ekonomiju unutar igara, potičući ih da sudjeluju i ulože u virtualni svijet. [14]



Slika 3.3 Decentraland prostor



Slika 3.4 Decentraland zajednica

### 3.2 Društvena interakcija i komunikacija

*Metaverzum* revolucionizira društvenu interakciju i komunikaciju stvaranjem impresivnih digitalnih okruženja koja oponašaju društvene scenarije iz stvarnog života, a istovremeno nude poboljšane alate i iskustva. Korisnici se uključuju u društvene interakcije unutar virtualnih prostora, poznate kao „virtualni hangouti“, gdje mogu upoznati prijatelje, obitelj ili nove poznanike. Ovi prostori dopuštaju prilagodljive avatare, omogućujući raznoliko samoizražavanje i predstavljanje identiteta. Komunikacijski alati nadilaze tradicionalne metode, uključujući prostorni zvuk za realistične razgovore i geste/emocije za izražavanje emocija putem avatara. Korisnici sudjeluju u zajedničkim iskustvima poput igranja, posjećivanja događaja uživo (poput koncerata ili konferencija), nadilazeći geografska ograničenja što stvara iskustva koja potiču osjećaj zajedništva i uključenosti. Nadalje, kolaborativni radni prostori nude virtualne urede za udaljene timove i kreativna središta za umjetnike u kojima surađuju, dijele ideje i izlažu svoje radove. Dodatno, interoperabilnost omogućuje besprijekoran prijelaz između različitih virtualnih prostora i iskustava, omogućujući kretanje kroz platforme bez napora.

Tvrtka „Meta“ putem Meta Quest naočala, nudi okruženja Horizon Worlds i Horizon Workrooms. Ove platforme omogućuju socijalizaciju, igranje i suradnju u prilagodljivim virtualnim prostorima. Microsoftov AltspaceVR pruža društvenu platformu za sastanke, igranje i dijeljenje iskustava u personaliziranim virtualnim okruženjima. Dodatno, VRChat se ističe sadržajem koji generiraju korisnici, potičući društvenu interakciju kroz prilagodljive avatare, svjetove i raznolika iskustva. [1]



Slika 3.5 Meta Horizon Worlds



Slika 3.6 AltspaceVR

### 3.3 Trgovina i gospodarstvo

*Metaverzum* transformira trgovinu i ekonomiju uspostavljanjem dinamičnog digitalnog tržišta u kojima virtualna tržišta služe kao središta za kupnju, prodaju i trgovanje različitim digitalnim sredstvima kao što su kolekcionarski predmeti, umjetnička djela, virtualne nekretnine i predmeti za igru. Porast nezamjenjivih tokena (NFT-ova) omogućuje jedinstveno digitalno vlasništvo, autentificirano putem *blockchaina*, povećavajući vrijednost i oskudicu ove virtualne imovine. Štoviše, prisutno je tržište virtualnih nekretnina, omogućujući korisnicima stjecanje digitalnih svojstava kao što su zemljišta, zgrade ili prostori za osobnu ili komercijalnu upotrebu. Vlasnici mogu unovčiti svoje virtualne nekretnine razvojem, iznajmljivanjem ili prodajom stvarajući nove tokove prihoda. Tvrtke uspostavljaju virtualne izloge i iskustva, integrirajući e-trgovinu za prodaju proizvoda ili usluga. Ekskluzivni virtualni događaji,

ograničena izdanja i lansiranja proizvoda privlače potrošače, potičući dinamično tržište. Različite digitalne ekonomije napreduju s jedinstvenim valutama za različita virtualna okruženja i ekonomije sadržaja koje generiraju korisnici, dok kreatori unovčavaju svoj sadržaj prodajom virtualne robe, dizajna ili iskustava drugim korisnicima. Isto tako, potiče se poduzetništvo, omogućujući *startupovima* da uspostave tvrtke koje nude virtualne usluge, zabavu, iskustva ili tehnološke inovacije. Osim toga, pojedinci mogu ponuditi slobodne usluge, kao što je virtualno planiranje događaja, stvaranje digitalne umjetnosti ili prilagođeni dizajn avatara. [15]

### 3.4 Kreativno izražavanje i umjetnost

Kreativni izraz i umjetnost napreduju kroz različite platforme i alate, potičući živopisan umjetnički krajolik: Virtualne umjetničke galerije i izložbeni prostori pružaju umjetnicima globalnu pozornicu za izlaganje digitalnih umjetničkih djela, impresivnih instalacija i interaktivnih iskustava. Ovi prostori nude neusporedivu pristupačnost, omogućujući umjetnicima da dosegnu svjetsku publiku bez fizičkih ograničenja. Alati za stvaranje sadržaja unutar *metaverzuma* osnažuju korisnike za stvaranje različitih oblika digitalne umjetnosti, od virtualnih skulptura do impresivnih iskustava pripovijedanja. Ove platforme daju prednost pristupačnosti, omogućujući korisnicima različitih razina vještina da se uključe u kreativne napore. Prostori za suradnju služe kao središta za umjetnike, dizajnere i kreatore za suradnju na projektima, razmjenu ideja i zajednički rad bez obzira na geografske granice. Interakcija u stvarnom vremenu potiče neposrednu povratnu informaciju i razmjenu ideja među sudionicima. Nezamjenjivi tokeni (NFT) će i ovdje biti glavno sredstvo trgovanja pružajući autentičnost i vlasništvo virtualnih autorskih djela. Poznati brend odjeće H&M lansirao je virtualnu inačicu trgovine pokazujući interes za budućnost u vidu *metaverzum* tehnologija, a Gucci je uspostavio suradnju sa Robloxom na lansiranju ograničene kolekcije digitalnih dodataka i odjevnih predmeta za avatare unutar platforme Roblox, spajajući luksuznu modu s igrama. [16]



Slika 3.7 H&amp;M virtualna trgovina



Slika 3.8 Gucci i Roblox

### 3.5 Pametni domovi i zgrade

Pametni domovi unutar *metaverzuma* predstavljaju revolucionarnu interakciju tehnologije pametnih uređaja s virtualnim prostorom. U ovom digitalnom svijetu, korisnici mogu interagirati i upravljati svojim stvarnim domovima kroz virtualno sučelje. To znači kontrolu nad raznim uređajima poput pametnih termostata, pametne rasvjete, sigurnosnih kamera, pametnih utičnica, ali i glasovnih asistenata poput Alexe ili Google Assistant. Putem

svojih avatara ili virtualnih reprezentacija, korisnici mogu pristupiti ovim uređajima, kontrolirati ih i prilagođavati postavke, sve unutar virtualnog okruženja. Osim simulacije postojećih pametnih uređaja iz stvarnog doma, korisnici će moći kreirati virtualne replike svojih domova te eksperimentirati s različitim konfiguracijama uređaja ili postavkama kao što su isprobavanje različitih rasporeda osvjetljenja ili podešavanja temperature, te čak virtualne implementacije novih uređaja da bi se vidjelo kako bi to funkcioniralo u stvarnom svijetu. Ovakav pristup omogućuje korisnicima eksperimentiranje i planiranje unaprijed, pružajući im mogućnost optimizacije svog doma prije nego što naprave bilo kakve promjene u stvarnom okruženju. Ukupno gledano, pametni domovi u *metaverzumu* nude korisnicima prostor za interaktivno istraživanje i upravljanje svojim stvarnim domom na virtualnoj platformi, stvarajući priliku za bolje razumijevanje i iskustvo pametne tehnologije prije nego što se primjeni u stvarnom okruženju. [2]



Slika 3.9 Pametni dom

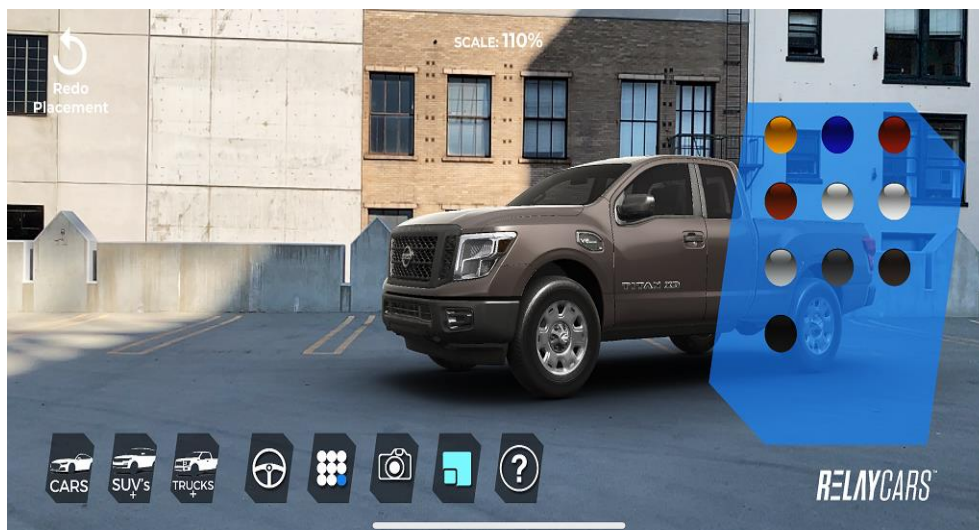
### 3.6 Prometna i automobilska industrija

Vožnja automobilom pruža intenzivan fizički doživljaj, od hvatanja upravljača do pritiskanja papučice gasa te osjećaja trzaja ako se vozilo iznenada zaustavi. U budućnosti, ljudi bi mogli doživjeti slične senzacije putem virtualne vožnje u *metaverzumu* - sljedećem koraku interneta koji omogućuje ljudima da se urone u digitalni svijet koji vjerno simulira stvarnost. Potpuni razvoj *metaverzuma* vjerojatno će zahtijevati najmanje pet do deset godina, no

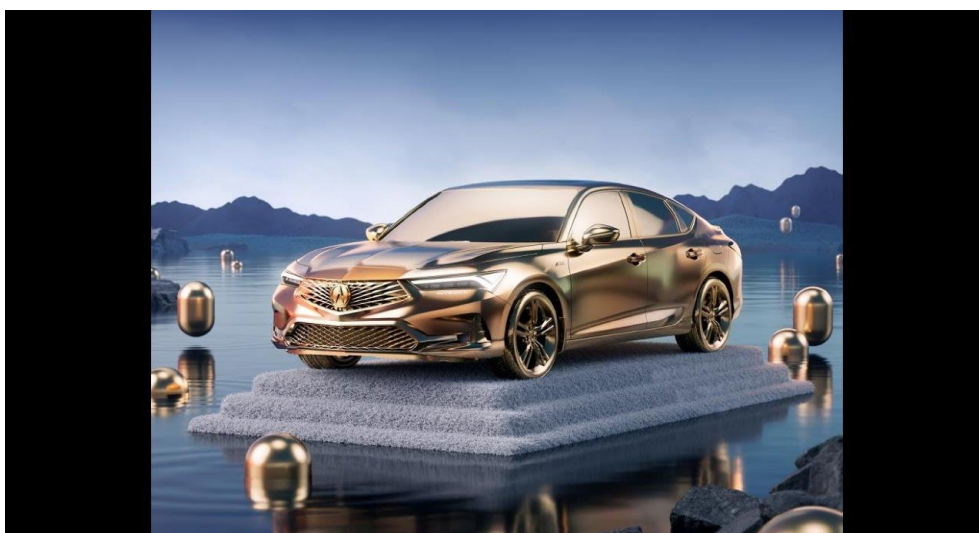
sudionici u području mobilnosti već sada mogu vidjeti stvarnu poslovnu vrijednost kroz "proto-metaverzum". Ova rana inačica temelji se na prostornom računalstvu i proširenoj stvarnosti (XR), što obuhvaća proširenu stvarnost (AR), virtualnu stvarnost (VR) i miješanu stvarnost (MR). *Proto-metaverzum* već je unaprijedio prodaju i operacije unutar sektora mobilnosti, dok mnogi vodeći proizvođači originalne opreme (OEM) i drugi sudionici pokreću svoje inicijative kako bi istražili njihove prednosti za osnovno poslovanje.

Mnogi potencijalni kupci automobila sada istražuju vozila online prije nego što se odluče na kupnju, a pandemija je dodatno otežala potragu za željenim vozilom zbog poremećaja u opskrbnom lancu i da bi djelomično nadoknadili manjak inventara, proizvođači originalne opreme koriste virtualna iskustva kako bi pomogli potencijalnim kupcima da vizualiziraju i prilagode svoja buduća vozila. Novi alati daleko nadilaze obične web stranice koje omogućuju korisnicima da klikću na različite značajke vozila radi prikupljanja informacija ili pregledavanja prilagođenih opcija. Primjerice, RelayCars nudi mobilnu aplikaciju s proširenom stvarnošću (AR) i 3D prikazima koji korisnicima omogućuju istraživanje tisuća automobila. Unatoč sofisticiranim online alatima, prosječan kupac automobila još uvijek preferira vidjeti stvarno vozilo prije kupnje budući da čak ni najbolje online slike možda ne pružaju potrebnu jasnoću i detalje. Osim prodaje, nekoliko proizvođača originalne opreme stvara digitalne svjetove kako bi privukli pažnju zajednice marki umjesto da nude iskustvo vožnje i kupovine slično stvarnom. Na primjer, Acura je otvorila virtualni izložbeni prostor u Decentralandu kako bi predstavila model Integra iz 2023. Potencijalni kupci mogu istražiti prostor i sudjelovati u interaktivnim iskustvima, uključujući virtualne utrke automobila. Prvih 500 kupaca koji su rezervirali Acura Integru iz 2023. imali su priliku dobiti nezamjenjivi token (NFT) vozila. Slično tome, Škoda je stvorila iskustvo nazvano Skodaverse, omogućavajući korisnicima probne vožnje slične onima u videoigrama ili posjet njihovoj NFT galeriji koja sadrži različite naručene umjetničke radove.





Slika 3.10 Mobilna aplikacija tvrtka "RelayCars"



Slika 3.11 Acura Integra u Decentralandu

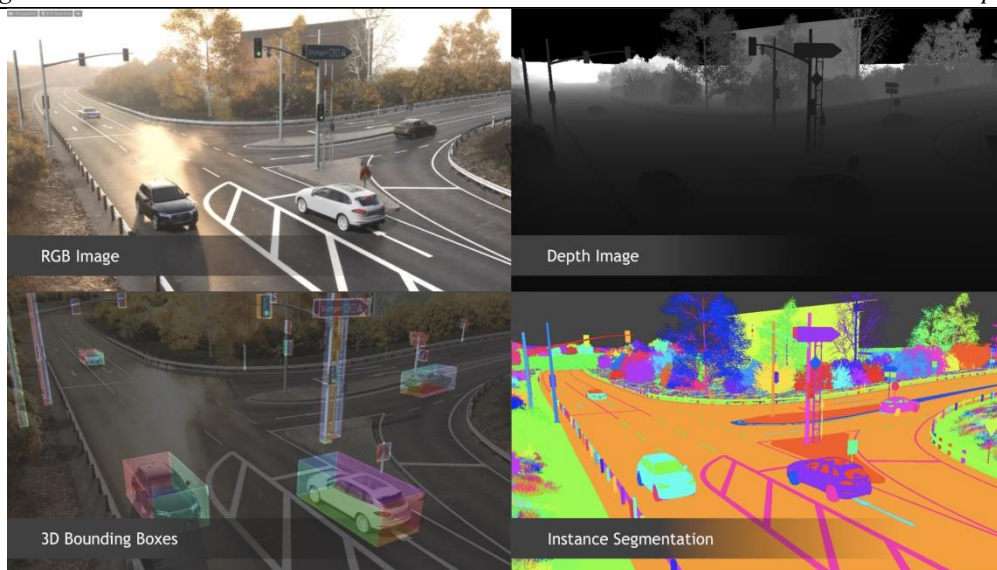
Osim povećanja prodaje i korisničkog iskustva, *metaverzum* već omogućuje proizvođačima originalne opreme da poboljšaju dizajn, proizvodnju i servisiranje vozila. Tradicionalni proces dizajniranja automobila obično započinje 2D skicama vozila, a proizvođači originalne opreme kasnije koriste softvere potpomognute računalom kako bi stvorili visokokvalitetne 3D modele temeljene na tim skicama. Međutim, odmak od ovog procesa se događa kako bi se pojednostavio dizajn i smanjili problemi s kvalitetom, te se koriste XR alati. Na primjer, u Fordu dizajneri eksperimentiraju s Gravity Sketch alatom za stvaranje 3D prikaza vozila koji se mogu pregledati putem slušalica. [17]



**Slika 3.12 Gravity Sketch**

Hyundai je također transformirao svoj proces dizajniranja koji je ranije trajao između četiri tjedna i dva mjeseca, koristeći softvere za 3D dizajn i AR alate kako bi olakšali suradnju. Nakon što dizajneri budu zadovoljni svojim početnim dizajnom, stvaraju model i započinju rad na unutrašnjosti vozila. Noseći posebne VR uređaje, dizajneri također mogu promatrati vozila u različitim okruženjima, od pustinje do mokrih cesta.

Osim online dizajniranja automobila, tvrtke koriste virtualne svjetove za unaprijeđeno testiranje vozila. Nvidijina platforma DRIVE Sim evaluira autonomna vozila stvaranjem simulacija različitih okruženja poput autocesta ili prometnih gradskih ulica. Te simulacije testiraju sustave percepcije vozila, sposobnosti donošenja odluka i logiku upravljanja. Ova platforma ne samo da smanjuje troškove testiranja, već i omogućuje Nvidiji istraživanje performansi autonomnih vozila u različitim situacijama i okruženjima koje bi bilo teško reproducirati i procijeniti u stvarnom svijetu.



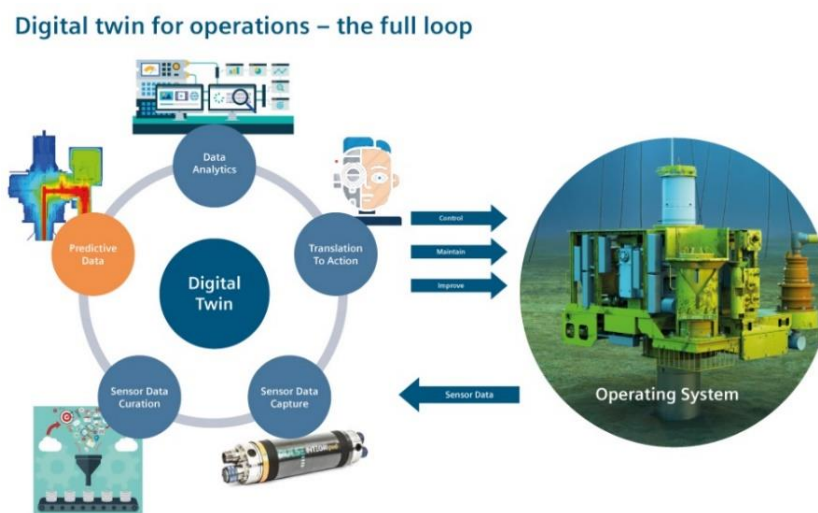
Slika 3.13 Nvidia "Drive Sim"

### 3.7 Energetska industrija

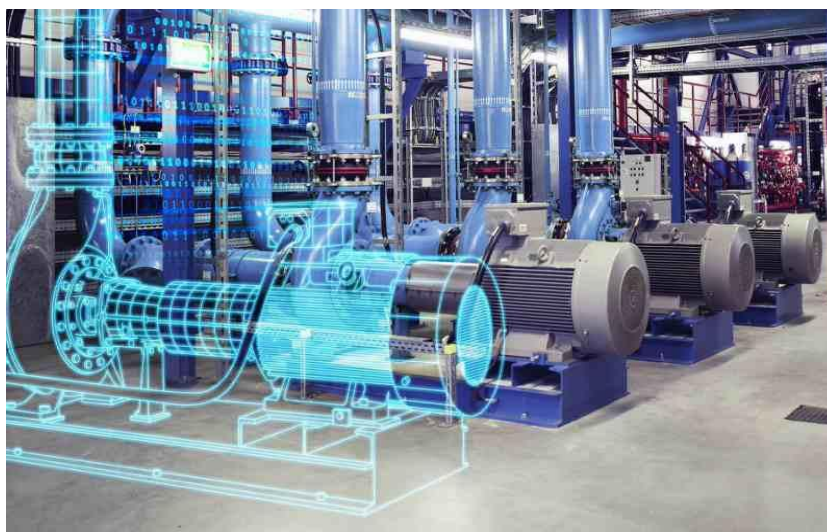
Energetski sektor konstantno traži inovativne pristupe kako bi zadovoljio globalnu potražnju za energijom. Tehnološki napredak nastoji promicati praktičnije, učinkovitije i ekološki prihvatljivije infrastrukture, što će promijeniti pejzaž energetskog sektora u budućnosti. Sustavi za proizvodnju i korištenje energije s kojima smo trenutno upoznati svakako će proći kroz značajne promjene u narednim godinama. Energetski *metaverzum*, nova koncepcija u energetskom sektoru, ima potencijal da značajno poboljša i transformira način na koji se energija generira i koristi. Cilj je stvaranje digitalne replike stvarnog energetskog okruženja kroz virtualne simulacije koje omogućuju online interakciju između proizvođača i potrošača energije kao i istraživanje digitalnih sadržaja i novih metoda upravljanja resursima. Kao rezultat, električna energija i resursi na temelju goriva mogu se proizvoditi, distribuirati, pohraniti i učinkovitije koristiti.

Integracija IoT uređaja i AI-a u virtualnu stvarnost pruža priliku za detaljnije razumijevanje potrošnje energije i njezine učinkovitosti. Različite tehnologije poput AR, VR, MR, IoT, AI, 3D rekonstrukcije i *blockchaina* mogu se iskoristiti kako bi se energetski sektor i komunalne usluge integrirali u *metaverzum*. Primjena ovih naprednih tehnologija omogućuje daljinsko održavanje, virtualne posjete lokacijama, obuku na terenu, praćenje imovine u stvarnom vremenu te transparentno i učinkovito energetsko računovodstvo. Osim toga, korištenje virtualnih simulacija omogućuje obuku radnika za upravljanje turbinama i vjetroelektranama, što smanjuje rizike, štedi vrijeme i povećava učinkovitost. Pametna mreža

pruža mogućnost stvaranja virtualnih elektrana s distribuiranim izvorima energije, poput vjetroelektrana, solarnih panela i baterijskih sustava, koji su upravljani softverskim platformama, te simulacija i optimizacija može značajno poboljšati upravljanje energijom. Vizualizacija potrošnje energije u stvarnom vremenu omogućuje potrošačima i pružateljima usluga bolje informirane odluke, a primjer toga je korištenje sučelja virtualne stvarnosti za vizualizaciju obrazaca potrošnje energije koje može dovesti do smanjenja potrošnje energije tijekom vršnih sati.



**Slika 3.14 Digitalni blizanac energetskog sustava**



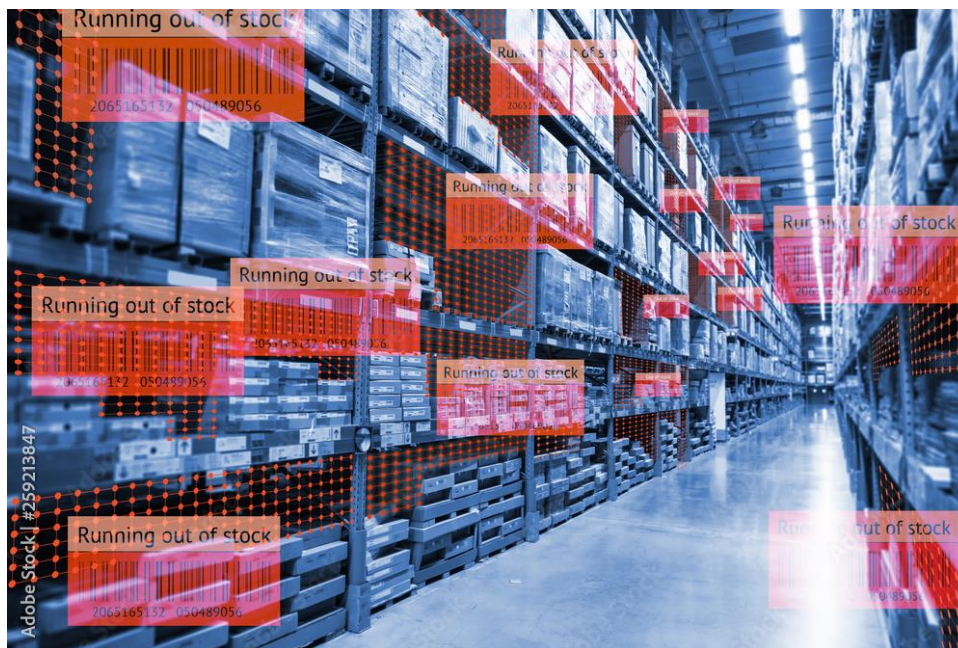
**Slika 3.15 Digitalni blizanac strojeva**

### 3.8 Logistika

*Metaverzum* može unaprijediti transparentnost opskrbnog lanca mapiranjem cijele mreže, pružajući podatke u stvarnom vremenu o vremenima isporuke proizvoda, logističkim troškovima i mogućim kašnjenjima. Moguće je pratiti čitav opskrbni lanac putem virtualnog okruženja, simulirajući potencijalne probleme poput vremenskih nepogoda, nedostatka komponenti ili poteškoća u transportu kako bi se identificirale slabe točke što omogućava poboljšanje performansi opskrbnog lanca kroz testiranje različitih scenarija i ispravljanje pogrešaka. Također je moguće optimizirati planiranje najopterećenijih i najzahtjevnijih elemenata testiranjem različitih scenarija, od upravljanja narudžbama do distribucije i ispunjenja, identificirajući područja koja zahtijevaju dodatno jačanje tijekom razdoblja velike potražnje i kada povijesni podaci nisu dostupni ili nisu relevantni i umjetna inteligencija može pružiti precizne prognoze i donijeti relevantne odluke. Kreativnost i brzo prilagođavanje personaliziranim stavkama potaknuto je kroz masovnu prilagodbu koju olakšava realizaciju logističkog *metaverzuma*. Digitalna replikacija proizvoda može poboljšati raspodjelu resursa na različitim točkama opskrbnog lanca, omogućujući alternativne scenarije proizvodnje, što može poboljšati otpornost i učinkovitost proizvodnih pogona, smanjujući zastoje i omogućujući češće usvajanje alternativnih proizvodnih metoda. Kroz simulacije moguće je postaviti virtualne katastrofe koje pomažu u identifikaciji praznina ili slabih točaka u dizajnu opskrbnog lanca, što rezultira robusnijim i otpornijim lancem. Korištenje virtualnog svijeta kao simulacije vršnih uvjeta moguće je poboljšati izvođenje stvarnog opskrbnog lanca tijekom razdoblja visokog prometa, poput Crnog petka i Cyber ponedjeljka u sektorima e-trgovine i maloprodaje.

U virtualnoj stvarnosti logističke tvrtke mogu koristiti nove tehnologije za obuku zaposlenika, te virtualne simulacije omogućuju stvaranje realističnih scenarija skladišta, transporta ili rukovanja robom, pomažući zaposlenicima da steknu vještine i iskustvo prije nego što se susretnu s pravim okruženjem, a praćenje i upravljanje uz pomoć virtualnih alata mogući su na način da se stvaraju virtualne mape koje omogućuju praćenje u stvarnom vremenu i upravljanje logističkim operacijama, te pružaju informacije o statusu pošiljaka, stanju vozila, ruti transporta i mogućim preprekama, što olakšava upravljanje lancem opskrbe. Nadalje, moguće su virtualne konferencije i suradnja među različitim partnerima u lancu opskrbe što dovodi do smanjenja potrebe za putovanjima i omogućava brže donošenje odluka, poboljšavajući komunikaciju i suradnju među uključenim stranama, a korištenjem podataka iz

virtualnih okruženja omogućuje se analiza podataka i predviđanje ponašanja lanca opskrbe i biti će ključno kod optimizacija ruta, upravljanja zalihama i prilagodba na promjeni tržišta. Konačno, kroz NFT-ove i *blockchain* tehnologije, pružati će mogućnost stvaranja digitalnih pečata za svaku pošiljku ili proizvod što će omogućiti transparentnost i verifikaciju svake stavke u lancu opskrbe, poboljšavajući pouzdanost i sigurnost procesa. [2]



Slika 3.16 Virtualni elementi u skladištu

### 3.9 Zdravstvo i edukacija

Pandemija COVID-19 virusa istaknula je značajna ograničenja u postojećim digitalnim zdravstvenim sustavima te postavila ozbiljne izazove. Primjerice, usluge telemedicine i e-zdravstva oslanjale su se na manjkave metode poput online intervjuja, kućnih medicinskih testova, online ljekarni te razmjene osnovnih bioloških podataka i fotografija prikupljenih putem mobilnih aplikacija. Digitalno zdravlje općenito nije uspjelo pružiti sveobuhvatan, realan, točan i inteligentan daljinski pristup dijagnostici, praćenju pacijenata i učinkovitim liječenju. [2]

*Metaverzum* može donijeti značajna poboljšanja i inovacije u trenutne zdravstvene sustave pružajući superiornu zdravstvenu uslugu koja je sigurna, zaštićena, personalizirana i prilagođena korisnicima. Pruža učinkovita rješenja za predkiruršku simulaciju, posebno kod pacijenata s kardiovaskularnim bolestima i tumorima mozga, osiguravajući sigurno i precizno predkirurško mapiranje. Upravo su neurokirurgija i kardiokirurgija jedne od ključnih područja

gdje će tehnologije poput proširene stvarnosti (AR) i virtualne stvarnosti (VR) značajno unaprijediti ta područja. Neurokirurzima će biti omogućen pristup detaljnim 3D modelima pacijentove anatomije. To će rezultirati preciznijim planiranjem operacija i proučavanjem unutarnjih struktura mozga. Također, imat će mogućnost simuliranja kirurških zahvata u virtualnom okruženju što će omogućiti medicinskim studentima i kirurzima stjecanje vještina prije nego što obave stvarne operacije.

Tijekom samih zahvata, ove tehnologije omogućuju praćenje važnih anatomskih struktura u stvarnom vremenu te pomažu neurokirurzima u navigaciji kroz kompleksne moždane strukture, a kroz razne simulacije moći će isprobati različite scenarije i pristupe operacijama, što može smanjiti rizike tijekom stvarnih zahvata. Osim toga, ove tehnologije mogu poboljšati pacijentovo razumijevanje stanja i očekivanih postupaka liječenja te omogućiti suradnju neurokirurga s drugim stručnjacima na daljinu radi dijeljenja informacija i savjeta u stvarnom vremenu. Tvrtka koja radi značajan doprinos u ovom području je Medivis, tehnološka tvrtka koja se bavi razvojem softverskih rješenja za medicinsku primjenu, posebice u području proširene stvarnosti (AR) u kirurgiji. Njihovo glavno područje rada obuhvaća stvaranje AR aplikacija i alata koji pomažu kirurzima u planiranju operacija, pružajući im preciznije informacije o anatomiji pacijenta prije samog zahvata. Medisov proizvod SurgicalAR omogućuje kirurzima da pomoću AR tehnologije vizualiziraju unutar kirurškog polja informacije dobivene iz medicinskih skenova i prikazuju ih u stvarnom vremenu što im omogućuje bolje razumijevanje i planiranje zahvata, te pružanje preciznije i personaliziranije zdravstvene skrbi. [19]



**Slika 3.17 Surgical AR**

Korištenjem pripadajućih tehnologija, kardiovaskularni intervencijski postupci mogu se izvoditi s poboljšanom učinkovitošću i preciznošću sa minimalnim komplikacijama što omogućuje jasniju vizualizaciju srčanih šupljina, koronarne anatomije i vaskularnog sustava, osiguravajući poboljšanu operabilnost kroz vođenje u stvarnom vremenu i kirurške navigacijske sustave. Kirurzi kardiovaskularne kirurgije mogu surađivati diljem svijeta te obučavati buduće generacije liječnika, što značajno transformira pametni sektor zdravstvene skrbi.

### 3.10 Vojna industrija

*Metaverzum* ima opsežne primjene unutar vojnih konteksta, utječući na kritična područja ključna za operativnu učinkovitost i spremnost. Ove aplikacije obuhvaćaju različite domene kao što je simulacija obuke gdje su omogućeni realistični scenariji za borbu, strateško planiranje i simulacije više jedinica koje pružaju vojnicima kontrolirano okruženje za poboljšanje vještina bez rizika u stvarnom svijetu, te planiranje misija u kojima je moguće dubinsko planiranje stvaranjem virtualnih prostora u kojima vojno osoblje može izraditi strategiju, analizirati terene i simulirati scenarije misije, poboljšavajući donošenje odluka u stvarnom vremenu. Nadalje, kroz virtualnu suradnju vojnici i zapovjednici mogu virtualno koordinirati s različitih lokacija, potičući bolju komunikaciju i planiranje, bez obzira na zemljopisne udaljenosti. Još jedna prednost je napredne mogućnosti testiranja i razvoja opreme gdje je olakšano digitalno testiranje novih vojnih sredstava, dopuštajući precizno usavršavanje i testiranje prije fizičke proizvodnje, potencijalno štedeći resurse i vrijeme, a obuka o kibernetičkoj sigurnosti beneficira kroz simulirane kibernetičke prijetnje koje pružaju ključnu obuku za obranu od kibernetičkih napada, vitalne komponente u modernom ratovanju.

Lockheed Martin, istaknuta zrakoplovna i obrambena tvrtka koja je jedna od vodećih u svijetu po razvoju modernih tehnologija, pokazala je snažan interes za istraživanje *metaverzum* tehnologija za razne vojne primjene. Njihov fokus uključuje korištenje ovih tehnologija za napredne simulacije obuke, omogućujući vojnom osoblju da uroni u realne scenarije za usavršavanje vještina i strategija. Dodatno, Lockheed Martin koristi nove tehnologije za virtualnu izradu prototipova, omogućujući simulaciju i testiranje obrambenih sustava i opreme prije fizičke proizvodnje. [20]





**Slika 3.18 VR simulacije leta**



**Slika 3.19 Lockheed Martin simulacijski labos**

## 4. IZAZOVI PRI REALIZACIJI METAVERZUMA

Realizacija *metaverzuma*, unatoč obećavajućim mogućnostima, suočava se s nizom izazova. Tehnološki aspekti, kao ključni dio, zahtijevaju stabilne, skalabilne tehnološke resurse za integraciju različitih VR/AR sustava i izgradnju platformi koje mogu podržati velik broj korisnika te pružiti visokokvalitetne virtualne doživljaje. Standardizacija i interoperabilnost predstavljaju izazov zbog raznolikosti tehnoloških platformi i operativnih sustava, te je potrebno osigurati da se korisnici slobodno kreću i komuniciraju. Također, sigurnost i zaštita privatnosti podataka korisnika jedni su od ključnih izazova iz razloga što će *metaverzum* sadržavati obilje osjetljivih osobnih podataka, zbog čega je nužno osigurati sigurnost podataka i spriječiti zlouporabe i krađu identiteta. Etička pitanja poput ponašanja, komunikacije, manipulacije sadržajem te upravljanja zajednicom postaju važna u ovom potpuno novom digitalnom prostoru, kao i regulacija i pravni okviri koji će stvarati pravila igre i biti će nužno definirati nova pravila koja će regulirati intelektualno vlasništvo, odgovornost za sadržaj, financijske transakcije i druge aspekte.

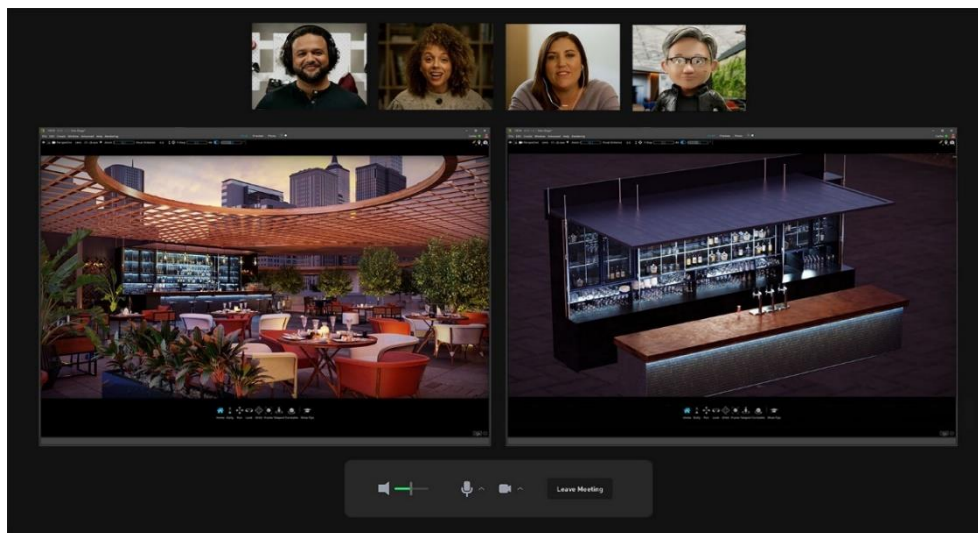
### 4.1 Hardver i softver

Trenutno trajanje baterije VR slušalica ograničava vrijeme koje korisnici mogu ostati na platformama kao što je VRChat, dok platforme Web 3 *metaverzuma* kao što je Decentraland zahtijeva računala s određenim računalnim sposobnostima za glatko pokretanje platformi, te bez pravih grafičkih kartica (GPU) i procesora (CPU), nemoguće je pokrenuti 3D tehnologije na AR/VR naočalama. Bez obzira na to koliko su softverske aplikacije dobro izgrađene, ako hardverske tehnologije nisu prisutne, korisnici ne mogu doživjeti puni potencijal *metaverzuma*. Kao rezultat toga, poboljšanje hardverske tehnologije sada je ključno pitanje za mnoge tvrtke.

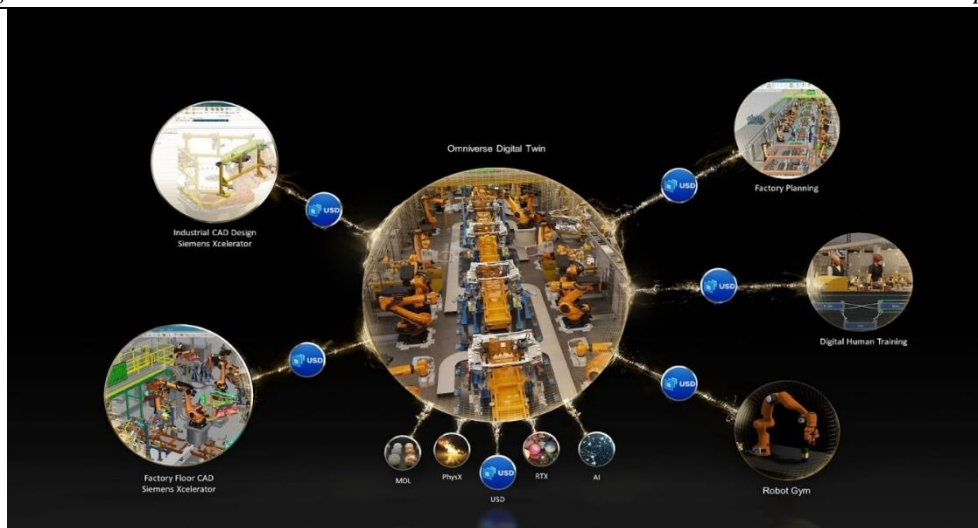
Mnogi hardversku tehnologiju smatraju velikim nedostatkom. Za razliku od softvera, koji može stvoriti nekoliko programera, inovacije u hardveru zahtijevaju znatan kapital, ljudske resurse i opsežne vremenske rokove. Konstruiranje hardvera složeno je i dugotrajno jer tvrtke trebaju više inženjera za dizajn proizvoda, uključujući komponente i nadgledanje proizvodnje. Nadalje, moraju upravljati opskrbnim lancem, povezivati se s dobavljačima tehnologije i tvornicama za prototipove i nakon izrade prototipa, tvrtke moraju rigorozno testirati kako bi osigurale usklađenost s propisima ciljnog tržišta. Nakon što su detalji postavljeni, masovna proizvodnja može započeti, a sve zahtijeva kapitalna ulaganja. Što je hardver noviji, njegov razvoj postaje skuplji. Tvrtke imaju značajne jednokratne troškove inženjeringa za istraživanje, dizajn, razvoj i testiranje. Štoviše, korištenje neuobičajenih tržišnih komponenti dodatno

povećava troškove. Ovo bi moglo objasniti ulaganje tvrtke „Meta“ od 10 milijardi dolara u Reality Labs za razvoj tehnologije AR/VR, naglašavajući složenost i troškove uključene u hardverske inovacije. Glavni dobavljači tehnologije razvijaju i unaprjeđuju proizvodnju korištenjem modernih tehnologija zbog neizbježnog porasta potražnje za robom visokih performansi poput zaslona, kamera i GPU-a. Qualcomm, gigant u proizvodnji čipova, pokrenuo je *metaverzum* fond od 100 milijuna dolara, koncentrirajući se na tehnologije proširene stvarnosti (XR), a Samsung se upustio u *metaverzum* s 837X na Decentralandu.

Tvrtka koja predvodi razvojem univerzalnog softverskog standarda za kreiranje *metaverzuma* je Nvidia svojim takozvanim „Universal Scene Description“ (USD) oblikom formata. USD je otvoreni standard za razmjenu 3D scena i podataka o animaciji koji omogućuje bolju suradnju između alata za stvaranje sadržaja, poput 3D modeliranja, animacije i vizualizacije. Svojom podrškom za USD, posebno kroz svoje grafičke kartice i tehnologije, omogućili su stvaranje kompleksnih 3D scena, simulacija i vizualizacija koje su ključne za *metaverzum*. Omniverse je platforma za suradnju 3D grafike u stvarnom vremenu koju je stvorila Nvidia. Koristi se za aplikacije u industriji vizualnih efekata i industrijskih simulacija "digitalnih blizanaca", te koristi USD format. [21]



Slika 4.1 Nvidia Omniverse platforma



Slika 4.2 NVIDIA Digital Twin

## 4.2 Sigurnost i privatnost

VR i AR, glavne tehnologije *metaverzuma*, predstavljaju značajne sigurnosne rizike, posebno u pogledu privatnosti korisnika. Rješavanje tih rizika uključuje odgovore na ključna pitanja o utjecaju kompromiziranih AR uređaja na privatnost, kako AR tvrtke obrađuju i štite podatke korisnika te mogućem dijeljenju podataka s trećim stranama. Ti su problemi važni jer ukazuju na različite sigurnosne prijetnje, uključujući napade socijalnog inženjeringa, krađu osobnih podataka i napade uskraćivanjem usluge. Korisnici u ovom digitalnom prostoru koriste značajke prepoznavanja glasa, videozapisa i lica za provjeru identiteta, ali ta ovisnost otvara puteve za krađu identiteta i napade socijalnog inženjeringa.

Krađa identiteta, omogućena manipulacijom VR tehnologija pomoću algoritama strojnog učenja, također predstavlja značajan izazov. Hakiranje podataka o praćenju pokreta s VR naočala omogućuje hakiranje korisničkih iskustava te potencijalne napade socijalnog inženjeringa i kompromitiranje osobnih i finansijskih podataka. Osim toga, uranjajuća priroda VR tehnologije udaljava korisnike od njihovog fizičkog okruženja, povećavajući podložnost fizičkim sigurnosnim rizicima. „Cyberbullying“, „trolling“ i uznemiravanje privatni su i sigurnosni problemi proizašli iz polarizacije i radikalnog ponašanja u ovom zajedničkom digitalnom prostoru, te rješavanje ovih složenih sigurnosnih izazova ključno je za široko prihvaćanje *metaverzuma*. [22]

### 4.3 Interoperabilnost

Nastanak *metaverzuma* donio je značajne izazove u interoperabilnosti, ključne za besprijekorno povezivanje virtualnih svjetova kreiranih od različitih programera s korištenjem raznolike hardverske i softverske opreme. Ti izazovi obuhvaćaju tehničke, praktične i pravne aspekte. Tehničke zapreke uključuju rješavanje mrežnih ograničenja, vlasništvo nad resursima, zaštitu intelektualnog vlasništva, plaćanja, verifikaciju identiteta te zabrinutosti za sigurnost i privatnost, i u hardverskim i u softverskim aspektima. Praktični izazovi fokusiraju se na stvaranje *metaverzuma* koji je usmjeren na korisnika i pristupačan svima globalno, osiguravajući jednakost u iskustvima. Naposljetku, pravni izazovi interoperabilnosti uključuju usklađivanje praksi i standarda među različitim industrijama, lokacijama i državama.

Tehnički problemi proizlaze iz razlika u hardveru, softveru i protokolima mreže, što otežava komunikaciju između raznolikih virtualnih svjetova i platformi. Također, izazovi vezani uz vlasništvo i kontrolu nastaju zbog suprotstavljenih prava na podatke, intelektualno vlasništvo i upravljanje. Pravne razlike među regijama i zemljama predstavljaju dodatne prepreke interoperabilnosti, kao što su varijacije u ponašanju korisnika na različitim platformama, što može ograničiti praktičnu interoperabilnost i sudionici u razvoju *metaverzuma* moraju uzeti u obzir ove složene izazove. Ključno je postići ravnotežu između interoperabilnosti, privatnosti, sigurnosti, zaštite identiteta te zahtjeva za sigurnošću. Rješenje leži u razvoju standarda i najboljih praksi orijentiranih prema korisniku, kroz suradnju svih sudionika. To uključuje prioritet stavljanja dobrobiti korisnika kroz dizajn usmjeren prema korisniku, promicanje digitalne pismenosti, uspostavljanje relevantnih standarda i propisa te poštivanje socijalnih ugovora pri donošenju odluka. [22]

### 4.4 Mrežne mogućnosti

*Metaverzumu* su potrebne mrežne sposobnosti koje se mjere propusnošću i latencijom, a ključne su za besprijekorne virtualne doživljaje u stvarnom vremenu i zahtijevati će brzu odzivnost i visokopropusne veze zbog ogromne količine podataka koje generiraju korisnici. Simetrična, visokobrzinska širokopolasna veza s niskom latencijom ključna je za optimalno kretanje u *metaverzum* prostorima. Industrijska izvješća sugeriraju da napredni VR zahtijeva propusnost od 1–2,35 gigabajta po sekundi (Gb/s), sa latencijom od 10 milisekundi za uživanje u potpunoj virtualnoj stvarnosti, te ispunjenje ovih zahtjeva zahtijeva skalabilne širokopolasne i kućne mreže. Pružatelji usluga uvode 5G fiksni bežični pristup kako bi pružili višegigabitne

širokopojasne usluge i postizanje niske latencije s 5G tehnologijom izazov je koji može utjecati na podršku uranjajućim okruženjima. Također, 4K video rezolucija nije dovoljna za prikaz potrebne razine detalja, što rezultira velikim datotekama, dok je tehnologija kompresije videa u stvarnom vremenu neophodna za smanjenje veličine datoteka bez kašnjenja signala. Unatoč napretku bežičnih mreža, potrebna su daljnja poboljšanja kako bi se zadovoljili zahtjevi *metaverzuma*, te bi postojeće mreže mogle imati problema s iznenadnim porastom korisničke aktivnosti, što ga može usporiti i ugroziti njegov realizam. [2]

#### 4.5 Jednakost pristupa i upravljanje

*Metaverzum* se suočava sa značajnim izazovima pristupačnosti, prije svega zbog visokih troškova i fizičke nelagode povezane s njegovim hardverom, što dovodi do problema poput umora očiju i bolesti kretanja. Nadalje, ovisnost o internetskoj povezanosti stvara ograničenja, posebno u regijama s ograničenim pristupom. Čak i na područjima s naprednom 5G infrastrukturom, ulazak u virtualne svjetove ostaje ograničen na tehnološki osviještene pojedince. Postizanje njegove globalne uporabe zahtijeva poboljšanu financijsku i fizičku dostupnost. Trenutni troškovi predstavljaju značajnu prepreku, pogotovo uzimajući u obzir značajan kapital potreban za izgradnju decentraliziranog *metaverzuma*. Nadalje, osiguravanje inkluzivnosti zahtijeva da su svi poslovi i transakcije dostupni putem kriptovaluta, čime se u jednadžbu uvodi stabilnost digitalnih valuta.

Također, pojavljuju se izazovi u upravljanju gdje postoje centralizirane zone poput Meta od Facebooka, dok je ključno da u budućnosti velike kompanije nemaju monopol, već da i pojedinci i manje organizacije sudjeluju u izgradnji i upravljanju. Jedno od mogućih rješenja su „decentralizirane autonomne organizacije“ (DAO). Decentralizirana autonomna organizacija ili DAO je organizacija ili tvrtka u vlasništvu članova koja radi bez centraliziranog vodstva koristeći *blockchain* tehnologiju. DAO-i mogu djelovati preko granica bez poteškoća, okupljajući članove preko geografskih granica i umjesto da predsjednik ili izvršni direktor upravlja stvarima, kao što je to slučaj u tradicionalnim tvrtkama, članovi DAO-a glasuju o operacijama. To je omogućeno korištenjem samoizvršnih pametnih ugovora koji mogu izvršavati unaprijed određene funkcije, te svi zapisi i programska pravila DAO-a potpuno su decentralizirani i održavaju se na javnoj mreži, kao što je Hedera. Članovi organizacije vjerojatno se nikad ne sastaju osobno, ali rad grupe transparentan je svakom sudioniku. Ljudi su osnovali DAO-ove za prikupljanje sredstava u dobrotvorne svrhe, kupili originalni primjerak Ustava SAD-a (pokušaj koji nije uspio), ulagali u NFT-ove i osnovali tvrtke koje članovima

omogućuju razmjenu sredstava za dionice. Primjeri dobro poznatih DAO-ova uključuju Dash, Augur, Steem, Uniswap, Synthetix i ConstitutionDAO.

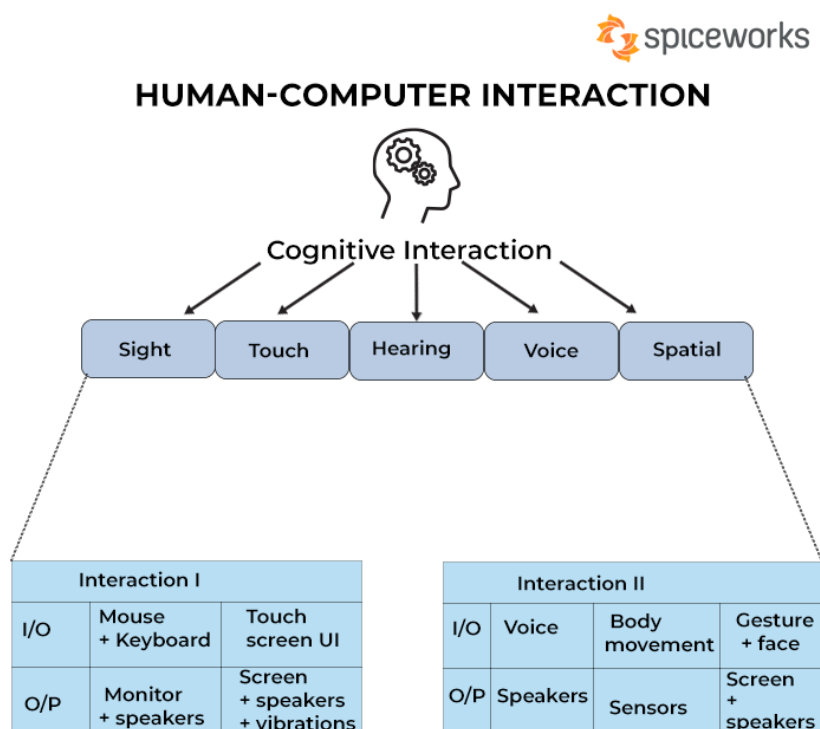
Međutim, DAO-ovi nose vlastite rizike. Moraju prikupiti dovoljno sredstava, a ponekad se to može dogoditi većinom ili malom skupinom korisnika, te takva koncentracija moći nije u skladu s konceptom decentralizacije i može dovesti do različitih vrsta prijevara. Nadalje, pravna pitanja s DAO-ovima su kompleksna i vlade još uvijek nisu sigurne kako primijeniti zakone, ali veliki napori se već zadnjih nekoliko godina ulažu po tom pitanju [22]

#### 4.6 Zakonski problemi

Zakonski problemi koji proizlaze iz implementacije *metaverzuma* mogu biti izuzetno kompleksni i variraju ovisno o različitim aspektima ovog digitalnog prostora. Ključne poteškoće uključuju pitanja međunarodnog prava i nadležnosti s obzirom na njegovu virtualnu prirodu što može stvarati izazove u rješavanju pravnih pitanja i sporova o vlasništvu, intelektualnom vlasništvu te virtualnim zločinima. Nedostatak pravne regulative i zaštite potrošača zbog odsustva tradicionalnih institucija moglo bi rezultirati problemima u zaštiti potrošača, rješavanju pritužbi te sprječavanju neautoriziranih transakcija i prijevara. Zaštita privatnosti i sigurnosti podataka predstavlja još jedan izazov, budući da se koriste različite vrste podataka, uključujući osjetljive informacije korisnika. Također, upotreba kriptovaluta i drugih digitalnih valuta postavlja pitanja o legalnosti i regulativi tih transakcija, posebno s obzirom na anonimnost i šifrirane aspekte digitalnih valuta. Postavljanje standarda i zakona za virtualne prostore zahtijeva pažljivo usklađivanje kako bi se podržala zakonitost transakcija, osigurala zaštita podataka i prava korisnika te osigurala sigurnost u virtualnom okruženju. [22]

## 5. INTERAKCIJA ČOVJEKA I RAČUNALA

Interakcija čovjek-računalo (engl. Human-computer interaction - HCI) istražuje dizajn i korištenje računalne tehnologije, fokusirajući se na sučelja između ljudi (korisnika) i računala. Istraživači HCI-a promatraju načine na koje ljudi interagiraju s računalima te razvijaju tehnologije koje omogućuju jedinstvene oblike interakcije između njih. Skup tehnologija koje omogućuju interakciju između čovjeka i računala poznat je kao sučelje čovjek-računalo (engl. Human-Computer Interface - HCI)".



**Slika 5.1 Interakcija čovjek-računalo**

Kao polje istraživanja, interakcija čovjek-računalo smještena je na spoju računalnih znanosti, bihevioralnih znanosti, dizajna, medijskih studija i raznih drugih disciplina. Pojam je postao popularan zahvaljujući knjizi "Psihologija interakcije čovjek-računalo" (engl. The Psychology of Human-Computer Interaction) iz 1983. godine koju su napisali Stuart K. Card, Allen Newell i Thomas P. Moran. Prvi poznati spomen ovog pojma datira iz 1975. godine i pripisan je Carlisleu. Cilj mu je prenijeti ideju da računala, za razliku od alata s određenom i ograničenom namjenom, imaju mnoge upotrebe koje često uključuju otvoreni dijalog između korisnika i računala. Koncept dijaloga uspoređuje interakciju čovjek-računalo s ljudskom interakcijom: analogija koja je ključna za teorijska razmatranja u ovom polju.



Ljudi komuniciraju s računalima na mnogo načina, a sučelje između njih ključno je za olakšavanje te interakcije. HCI se ponekad naziva i interakcija čovjek-stroj (HMI), interakcija čovjek-stroj (MMI) ili interakcija računalno-čovjek (CHI). Dostupna grafička korisnička sučelja (GUI) danas se široko koriste u sustavima poput aplikacija na računalu, internetskih preglednika, prijenosnih računala i računalnih kioska. Razvijena su glasovna korisnička sučelja za prepoznavanje govora, a nova multimodalna i grafička sučelja omogućuju interakciju s karakternim agentima na načine koje druge paradigme sučelja ne mogu postići. Proširenje područja ljudsko-računalne interakcije podiglo je kvalitetu interakcije i otvorilo nove istraživačke domene. Loše oblikovana sučelja čovjek-stroj mogu uzrokovati neočekivane probleme, kao što je slučaj s nesrećom na Three Mile Islandu, gdje je dizajn sučelja djelomično bio odgovoran za nuklearnu katastrofu.

U kontekstu *metaverzuma*, HCI postaje ključan. *Metaverzum* se oslanja na besprijeorne i intuitivne interakcije između korisnika i digitalnih okruženja u kojima su načela HCI ključna za dizajniranje sučelja, navigacijskih sustava i interakcija kako bi se osiguralo da korisnici lako mogu kretati, komunicirati i sudjelovati u virtualnom svijetu, te njihovom primjenom, dizajneri i programeri mogu unaprijediti korisnička iskustva, čineći virtualno okruženje pristupačnijim, uranjajućim i jednostavnijim za korištenje. To uključuje razmatranje korisničkih sučelja, značajki dostupnosti, intuitivnih kontrola i odzivnih sustava povratne informacije. [23]

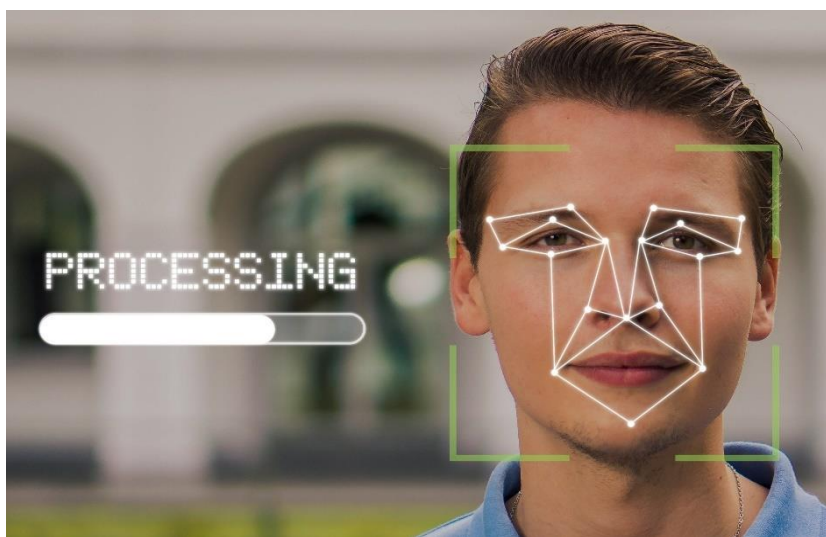
## 5.1 Sučelje čovjek-računalno

Sučelje „čovjek-računalno“ služi kao ključna točka na kojoj korisnici komuniciraju s računalima. Ova komunikacijska točka određuje protok informacija, zatvarajući ono što je poznato kao "petlja interakcije". Unutar ove petlje, različiti bitni aspekti dolaze u igru, kao što je korisnički unos, obrada sustava i rezultirajući izlaz koji se vraća korisniku. Nadalje, dizajn sučelja značajno utječe na učinkovitost, lakoću i djelotvornost ove interakcije. Jasnoća u dizajnu, intuitivna navigacija i odziv ključni su elementi koji osiguravaju besprijekoran angažman između korisnika i sustava. Petlja interakcije ne obuhvaća samo fizičko sučelje već i čimbenike poput korisničkog iskustva, dovršetka zadatka i ukupnog zadovoljstva, naglašavajući dubinu i složenost svojstvenu tim interakcijama. Petlja interakcije ima nekoliko aspekata:

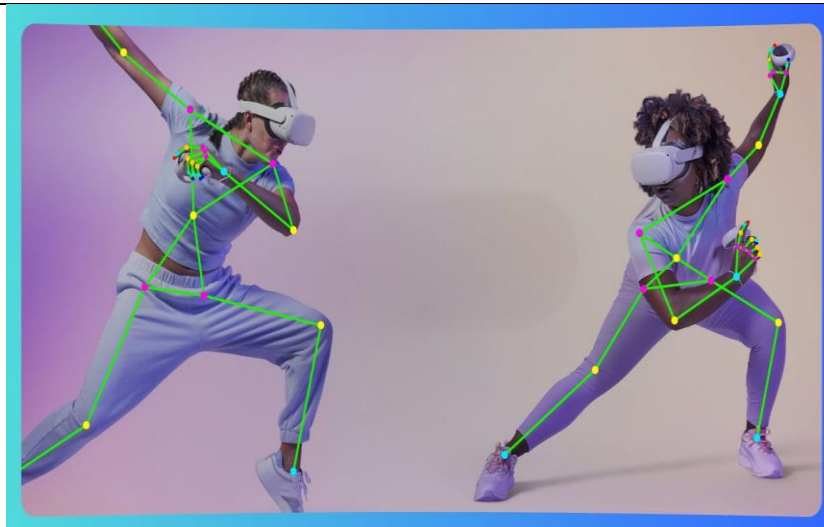
- Vidni aspekt
- Slušni aspekt
- Okruženje zadatka

- Okruženje stroja
- Područja sučelja
- Ulazni protok
- Izlazni protok
- Povratna veza

Vidni aspekt vjerojatno je najvažniji element koji obuhvaća analizu izraza lica, usmjerenu na prepoznavanje i analizu emocija prenesenih izrazima lica, te praćenje pokreta tijela velikih razmjera, ispitivanje i tumačenje opsežnih pokreta tijela. Nadalje, element prepoznavanja gesti identificira i tumači geste korisnika bitne za izravnu interakciju računala u scenarijima temeljenim na naredbama, dok detekcija pogleda uključuje praćenje pokreta očiju korisnika i pomaže u razumijevanju pažnje i fokusa u situacijama osjetljivim na kontekst. Iako se ciljevi svakog područja razlikuju ovisno o primjeni, oni zajedno jačaju interakciju između čovjeka i računala. Vizualne metode su se pojavile kao komplementarni ili alternativni pristupi interakcijama temeljenim na zvuku i sensorima. Na primjer, čitanje s usana i praćenje pokreta ispravili su pogreške u prepoznavanju govora, ističući utjecaj vizualnih znakova.



**Slika 5.2 Detekcija karakteristika lica**



**Slika 5.3 Detekcija pokreta**

Zvučni aspekt unutar interakcije između čovjeka i računala (HCI) fokusiran je na obradu informacija izvedenih iz različitih audio signala, iako su manje raznoliki od vizualnih signala, ti zvukovi nose pouzdane i vrijedne informacije. Ključna područja istraživanja u ovoj domeni obuhvaćaju prepoznavanje govora za tumačenje govornog jezika, prepoznavanje govornika za identifikaciju različitih govornika, analizu slušnih emocija koja uključuje emocije u HCI putem zvučnih znakova, otkrivanje šuma/znakova koje stvara čovjek i identificiraju emocionalne slušne znakove i glazbenu interakciju, novije područje koje obuhvaća audio i vizualne HCI sustave relevantne za umjetničku industriju. Ovi aspekti obogaćuju spektar metoda interakcije u HCI, pri čemu audio signali služe kao značajan izvor vrijednih podataka.

Konačno, ključni aspekt su sučelja bazirana na sensorima i uključuje razna područja koja koriste fizičke senzore za olakšavanje interakcije između korisnika i stroja, u rasponu od osnovnih do sofisticiranih sustava. Ključna područja pokrivaju interakciju temeljenu na olovci koja su vrlo bitna u mobilnim uređajima s fokusom na pokrete olovkom i prepoznavanje rukopisa, miš i tipkovnicu, „joysticke“ za interaktivnu kontrolu, još jedan poznati ulazni uređaj za interaktivnu kontrolu koji se često koristi u igrama i simulacijama, te senzore za praćenje pokreta i digitalizatore koji transformiraju industrije poput filma i igara. Konačno, tu su senzori dodira koji su ključni u robotici i VR-u, te senzori pritiska za taktilnu povratnu informaciju i senzori okusa/mirisa, novo područje u istraživanju senzora. Ove raznolike senzorske aplikacije služe različitim domenama, od konvencionalnog računalstva do najsuvremenijih polja poput robotike, virtualne stvarnosti i medicinske tehnologije, proširujući spektar mogućnosti interakcije između korisnika i strojeva.

## 5.2 Principi i metodologije dizajna

Prilikom ocjenjivanja ili dizajniranja novog korisničkog sučelja, poštivanje ključnih načela eksperimentalnog dizajna je ključno. Proces uključuje fokusiran pristup korisnicima i zadacima u ranoj fazi, određivanje pravog korisničkog profila i zadataka potrebnih za interakciju sučelja, te se izbjegava uključivanje korisnika koji nemaju ulogu ili buduću upotrebu sučelja, a isto tako vrlo bitan element su empirijska mjerenja u kojima sudjeluju stvarni korisnici koji redovito koriste sučelje. Ovaj pristup bilježi tipične interakcije između čovjeka i računala, nudeći kvantitativne uvide u upotrebljivost kao što su vrijeme dovršetka zadatka, stope pogrešaka i angažman korisnika. Zatim počinje iterativni proces dizajna, koji uključuje višestruke cikluse dizajna sučelja, testiranja, analize rezultata i usavršavanja. Ovaj ciklus se nastavlja sve dok se kroz stalna poboljšanja i prilagodbe ne postigne koherentno sučelje prilagođeno korisniku.

Kada se razmatra rano fokusiranje na korisnike i zadatke, važnost nije samo u razumijevanju koliko je korisnika potrebno, već i u definiranju učestalosti i prirode zadataka koje obavljaju. Ovaj proces osigurava prikladnost dizajna sučelja za namjeravane korisnike i njihove redovite aktivnosti. Štoviše, u fazi empirijskog mjerenja ključno je uzeti u obzir različite razine performansi korisnika jer se interakcija može razlikovati ovisno o stručnosti korisnika. Dodatno, prihvaćanje povratnih informacija korisnika i njihovo uključivanje u iterativni proces dizajna dodatno poboljšava sučelje, povećavajući njegovu jednostavnost za korištenje i ukupnu upotrebljivost.

Što se tiče metodologija prilikom dizajna sučelja, evolucija strategija dizajna interakcije između čovjeka i računala (HCI) dovela je do njihovih pojavljivanja početkom 1980-ih. Rani pristupi tretirali su kognitivne procese korisnika kao mjerljive, fokusirajući se na područja kao što su pamćenje i pažnja u dizajnu korisničkog sučelja. Moderni modeli naglašavaju stalnu razmjenu između korisnika, dizajnera i stručnjaka, zagovarajući tehničke sustave koji su usklađeni sa željenim iskustvima korisnika, a ne prilagođavanje korisničkih iskustava oko već postojećih sustava.

Teorija aktivnosti koristi se za definiranje i analizu konteksta u kojem se odvijaju interakcije između čovjeka i računala, pružajući okvir za razumijevanje radnji u tim specifičnim situacijama, usmjeravajući dizajn interakcije iz perspektive vođene akcijom. Dizajn usmjeren na korisnika (UCD), prevladavajući i suvremeni pristup, postavlja korisnike na čelo dizajna sustava. Uključuje suradnju između korisnika, dizajnera i tehničkih stručnjaka kako bi se

identificirale potrebe i ograničenja korisnika i razvio sustav koji zadovoljava te aspekte, često uključujući etnografske studije.

Tijekom dizajna sučelja razmatraju se principi dizajna korisničkog sučelja kao što su otpornost, jednostavnost, vidljivost, pristupačnost, dosljednost, struktura i povratne informacije. Osim toga, „Value Sensitive Design“ (VSD) je metodologija koja se fokusira na tehnologiju koja uzima u obzir izravne i neizravne utjecaje na korisnike. Primjenom iterativnog procesa planiranja, VSD provodi teorijska, empirijska i tehnička ispitivanja kako bi razumio različite aspekte dizajna, njegove vrijednosti, potencijalne sukobe i utjecaje korisnika, integrirajući subjektivna i kvantitativna istraživanja kako bi informirao razumijevanje dizajna o korisničkim vrijednostima, potrebama i ponašanju.

### 5.3 Područja istraživanja

Najvažnija područja istraživanja u interakciji čovjeka i računala su:

- Društveno računalstvo
- Emocije u interakciji čovjek-računalo
- Interakcija čovjeka i računala vođena znanjem
- Sučelja mozak-računalo

Društveno računalstvo unutar interakcije između čovjeka i računala (HCI) istražuje kako se tehnologija i društvene interakcije isprepliću. Usredotočuje se na to kako digitalni sustavi omogućuju, posreduju ili utječu na društveno ponašanje i suradnju. Ova grana HCI-ja bavi se razumijevanjem dinamike online zajednica, društvenih mreža i virtualnih okruženja. Istražuje dizajn, razvoj i korištenje digitalnih platformi i sustava koji olakšavaju ili oponašaju društvene interakcije, potičući komunikaciju, suradnju i kolektivnu inteligenciju. Istraživanje društvenog računalstva razmatra različite aspekte, uključujući formiranje online zajednica, ponašanje, norme, upravljanje, društveni utjecaj, povjerenje, privatnost i etičke implikacije u društvenim okruženjima na mreži. Cilj je stvoriti sustave koji poboljšavaju društvene interakcije, podržavaju kolektivno donošenje odluka i osnažuju korisnike unutar digitalnih društvenih prostora. Obuhvaća različite platforme i mreže dizajnirane za poticanje društvene interakcije i suradnje, a to su platforme poput Facebooka, Twittera, LinkedIna i Instagrama i glavni su primjeri društvenih mreža koje korisnicima omogućuju povezivanje, dijeljenje sadržaja i sudjelovanje u razgovorima na temelju osobnih ili profesionalnih interesa. Online

forumi poput Reddita i Quore, zajedno sa specijaliziranim zajednicama, olakšavaju rasprave i razmjenu znanja unutar specifičnih interesnih skupina. Dodatno, virtualni svjetovi kao što je Second Life i online igre za više igrača kao što je World of Warcraft stvaraju digitalne prostore za druženje i suradničke aktivnosti. Alati za suradnju kao što su Google Docs, Trello i Slack pomažu daljinski timski rad i komunikaciju u stvarnom vremenu. Štoviše, „crowdsourcing“ i građanske znanstvene platforme poput Zooniverse potiču korisničke doprinose znanstvenim istraživanjima ili rješavanju problema. Ove platforme naglašavaju važnost razumijevanja ponašanja korisnika, poticanja angažmana zajednice, osiguravanja privatnosti i upravljanja društvenom dinamikom unutar digitalnih prostora i zato je društveno računalstvo jedno od ključnih područja za daljnje istraživanje za ostvarivanje dosljednog *metaverzum* prostora.

Emocije igraju ključnu ulogu u interakciji između čovjeka i računala (HCI), utječući na korisničko iskustvo i dizajn sustava. Razumijevanje i odgovaranje na emocije korisnika može poboljšati učinkovitost i upotrebljivost računalnih sustava. Jedno područje je afektivno računalstvo, koje se fokusira na prepoznavanje, tumačenje i reagiranje na ljudske emocije. Tehnologija prepoznavanja lica, primjerice, omogućuje sustavima otkrivanje izraza lica, dopuštajući uređajima da prilagode svoje odgovore na temelju emocionalnog stanja korisnika, dok prepoznavanje emocija u glasovnim sučeljima ili analiza sentimenta u tekstu također pridonosi razumijevanju emocija korisnika. U igricama su emocionalni odgovori integrirani u iskustvo igranja u kojima igre prilagođavaju svoju težinu ili narativ na temelju emocija igrača, pružajući impresivnije i privlačnije iskustvo. Nadalje, chatbotovi i virtualni pomoćnici dizajnirani su za prepoznavanje emocija u korisničkim interakcijama kako bi ponudili empatične odgovore i povećali zadovoljstvo korisnika. Principi emocionalnog dizajna u dizajnu sučelja imaju za cilj izazvati specifične emocije ili stvoriti određeni ambijent. Sheme boja, vizualni elementi i animacije korisničkog sučelja odabrani su kako bi izazvali određene emocionalne reakcije, povećavajući angažman korisnika. [23]

Jedan od naprednih projekata razvijen upravo za to područje je PLEA, afektivna robotska glava koja je razvijena za analizu i korištenje ponašanja koristeći oblik biomimikrije. PLEA analizira različite izvore društvenih signala od onih koji su s njim u interakciji, uključujući emocije na licu, razine glasnoće u prostoriji, intenzitet pokreta tijela onih koji se kreću oko instalacije i također analizu sentimenta govora koji čuje. Na taj način sustav tumači društvene signale kako bi generirao hipoteze i proizveo neverbalne izraze koristeći tehnike vizualizacije informacija., te može razmišljati o emocionalnim tragovima osobe koja je u interakciji s njim i reagirati u skladu s tim, ali trenutno još nije u stanju govoriti što se u budućnosti planira promijeniti. [24]



**Slika 5.4 Plea**

Znanjem vođena interakcija između čovjeka i računala uključuje iskorištavanje korisničkog znanja i konteksta za poboljšanje interakcije između ljudi i računala. Ovaj pristup integrira korisničku stručnost, preferencije i namjere u dizajn i funkciju računalnih sustava. Kroz HCI vođen znanjem, sustavi se mogu prilagoditi, personalizirati i pružiti prilagođene odgovore na temelju unosa korisnika i povijesnih podataka. Jedan od primjera su sustavi personaliziranih preporuka koje koriste usluge strujanja poput Netflix-a ili glazbene platforme poput Spotifyja koji analiziraju korisnikovu povijest gledanja ili slušanja kako bi predložili sadržaj koji je u skladu s njihovim preferencijama. Drugi primjer su pametni pomoćnici kao što su Google Assistant ili Amazon Alexa, koji koriste obradu prirodnog jezika i strojno učenje za razumijevanje korisničkih naredbi i pružanje relevantnih informacija ili obavljanje zadataka. Sustavi svjesni konteksta, poput aplikacija za GPS navigaciju, prilagođavaju svoje preporuke na temelju lokacije korisnika, uvjeta u prometu i preferencija. Dodatno, u zdravstvu, HCI vođen znanjem podržava personalizirane planove liječenja i dijagnostičke alate koji uzimaju u obzir pacijentovu povijest bolesti, simptome i genetske podatke. Integriranjem korisničkog znanja i konteksta u dizajn i funkcionalnost računalnih sustava, HCI vođen znanjem ima za cilj stvoriti intuitivnije, učinkovitije interakcije usmjerene na korisnika.

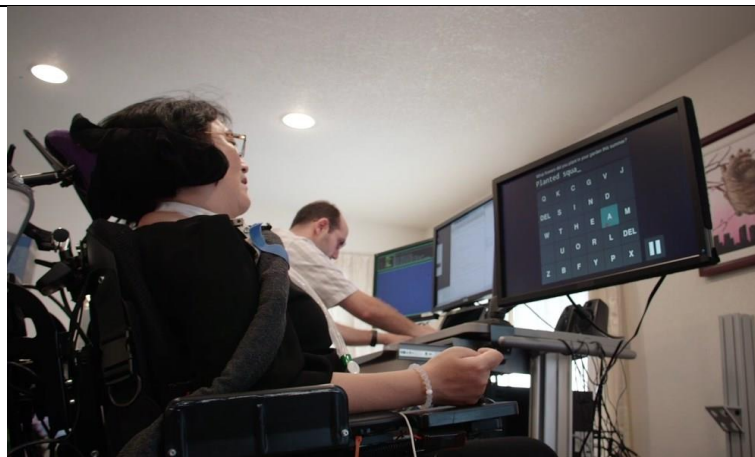
Sučelja mozak-računalo (BCI), inovativne su tehnologije koje uspostavljaju izravnu komunikaciju između mozga i vanjskih uređaja ili softvera, zaobilazeći tradicionalne

neuromuskularne putove. Ova sučelja omogućuju korisnicima kontrolu uređaja ili interakciju sa softverom putem aktivnosti mozga. Postoji nekoliko vrsta BCI-a, a neki su usmjereni na pomoćne tehnologije za osobe s invaliditetom. Na primjer, u medicinskim primjenama, BCI omogućuju osobama s paralizom da kontroliraju robotsku protetiku ili komuniciraju pomoću svojih misli. U istraživačkim i eksperimentalnim okruženjima, BCI olakšavaju kontrolu računalnih aplikacija, poput pomicanja pokazivača ili tipkanja, pomoću moždanih signala. Tehnologija koja stoji iza BCI-a često uključuje elektrode postavljene na tjeme ili izravno implantirane u mozak kako bi se detektirala moždana aktivnost, te se ta aktivnost zatim dekodira i prevodi u naredbe ili akcije za vanjske uređaje. Napredni BCI koriste algoritme strojnog učenja kako bi poboljšali točnost i prilagodili se obrascima mozga korisnika. Iako BCI imaju veliki potencijal u zdravlju, rehabilitaciji i zabavi, i dalje postoje izazovi kao što je potreba za poboljšanim tehnikama obrade signala, osiguravanje sigurnosti korisnika i rješavanje etičkih pitanja u vezi s privatnošću i upotrebom podataka o mozgu.

Stalni napredak u neuroznanosti, obradi signala i tehnologiji pokreću evoluciju BCI-a, otvarajući vrata novim mogućnostima u interakciji između čovjeka i računala i zdravstvenoj skrbi. Nekoliko pionirskih tvrtki aktivno je uključeno u razvoj i unapređenje sučelja mozak-računalo (BCI). Neuralink, predvođen Elonom Muskom, nastoji spojiti AI s ljudskim mozgom fokusirajući se na sučelja mozak-stroj velike propusnosti za pomoć osobama s neurološkim stanjima. Tvrtka Emotiv proizvodi neinvazivne EEG slušalice koje korisnicima omogućuju kontrolu aplikacija i provođenje istraživanja putem aktivnosti mozga, a kompanija Kernel posvećena je poboljšanju ljudskih kognitivnih sposobnosti korištenjem neinvazivnih moždanih sučelja, dok je Guger Technologies specijaliziran za medicinske i istraživačke BCI-ove, omogućujući motoričku rehabilitaciju, komunikaciju i kontrolu uređaja putem moždanih signala. Konačno, CTRL-labs (sada dio Meta, bivši Facebook) fokusiran je na uređaje koji se nose na zapešću i koji tumače moždane signale, osnažujući korisnike da upravljaju digitalnim sučeljima putem misli. Ove tvrtke predstavljaju mali uzorak inovativnih pothvata na čelu BCI istraživanja i razvoja, oblikujući obećavajuću budućnost za tehnologije sučelja mozak-računalo.

[23]





Slika 5.5 BCI u medicinske svrhe



Slika 5.6 CTRL-Labs



Slika 5.7 Emotiv

## 6. IZRADA VIRTUALNOG LABORATORIJA

Kao praktični dio ovog rada napravljena je virtualna inačica unutrašnjeg dijela laboratorija za projektiranje izradbenih i montažnih sustava (LAPIS) u cilju testiranja ključne tehnologije za ostvarivanje *metaverzuma*, a to je virtualna stvarnost. Za modeliranje korišten je besplatni program Blender, te je model potom prebačen u program Unreal Engine 5 za vizualizaciju i interaktivnost u virtualnoj stvarnosti.

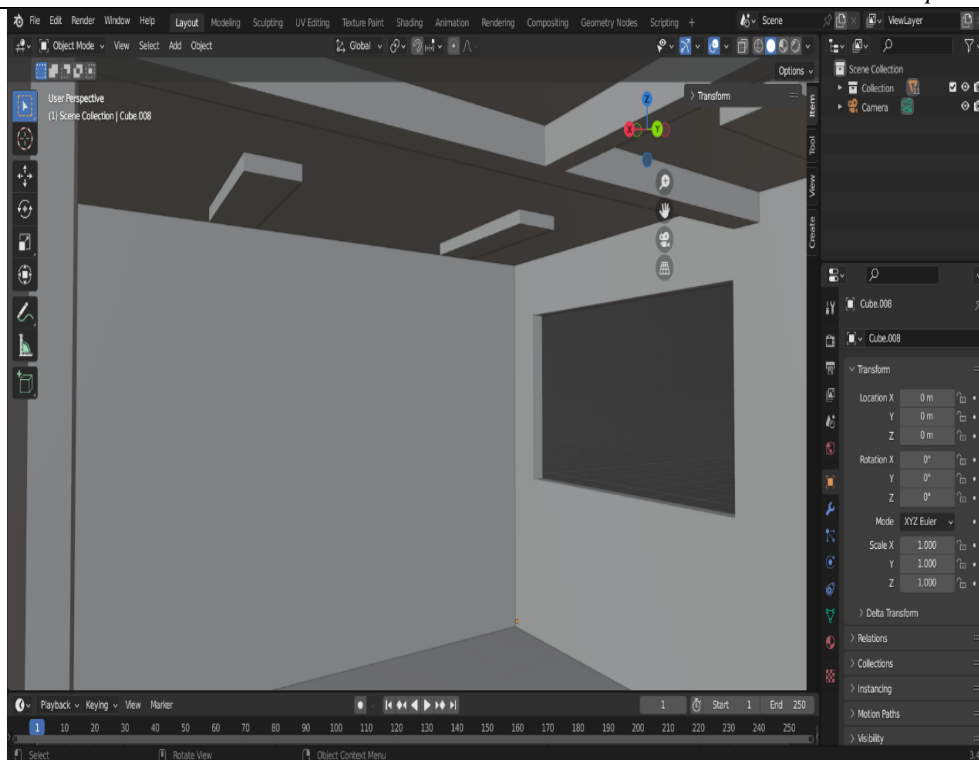
### 6.1 Modeliranje unutrašnjosti laboratorija

Blender je moćan 3D program koji sadrži veliki broj mogućnosti kao što su 3D modeliranje, animacija, renderiranje, digitalno kiparstvo, simulacije i kreiranje vizualnih efekata. Opsežno se koristi u raznim industrijama kao što su arhitektura, automobilska industrija, te industrija za razvoj igara. Na slici 6.1 prikazan je gotov 3D model krafne, zajedno sa naprednim materijalima i tehnikama vizualizacije koje uključuju sjene i refleksije u cilju dobivanja vrhunskog 3D modela.

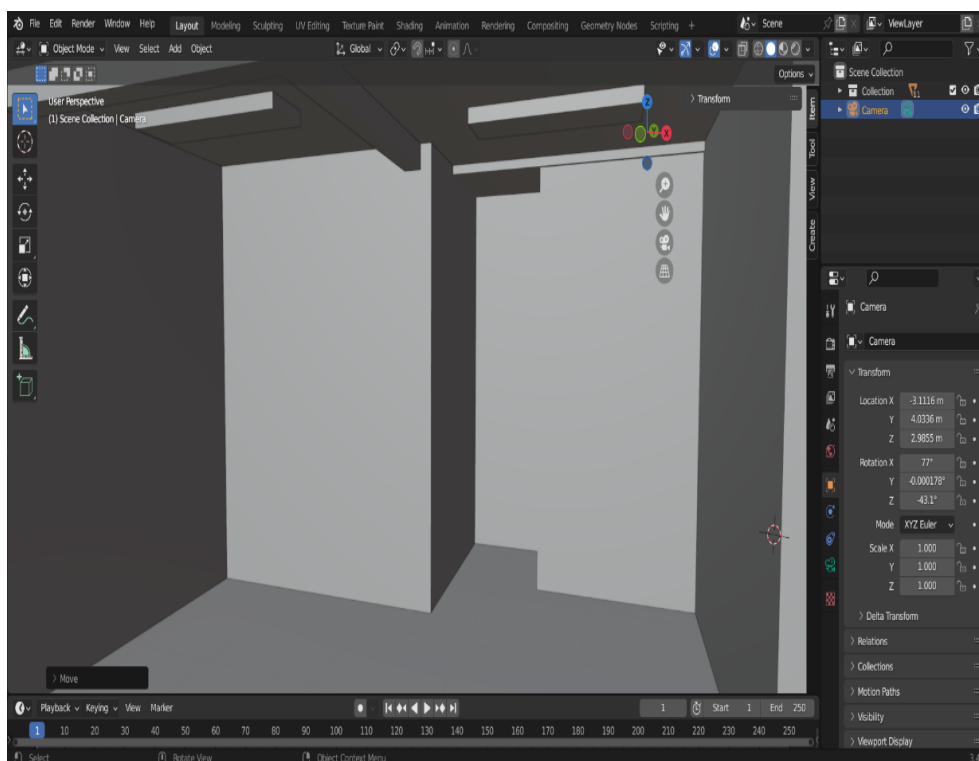


Slika 6.1 3D model krafne

Virtualni laboratorij izrađen je na način da su prvo izmjerene njegove dimenzije, a zatim se nacrt kao slika ubacio u Blender prema kojem se modeliranje odradilo.



Slika 6.2 Unutrašnjost labosa 1



Slika 6.3 Unutrašnjost labosa 2

## 6.2 Ubacivanje 3D modela u Unreal Engine 5

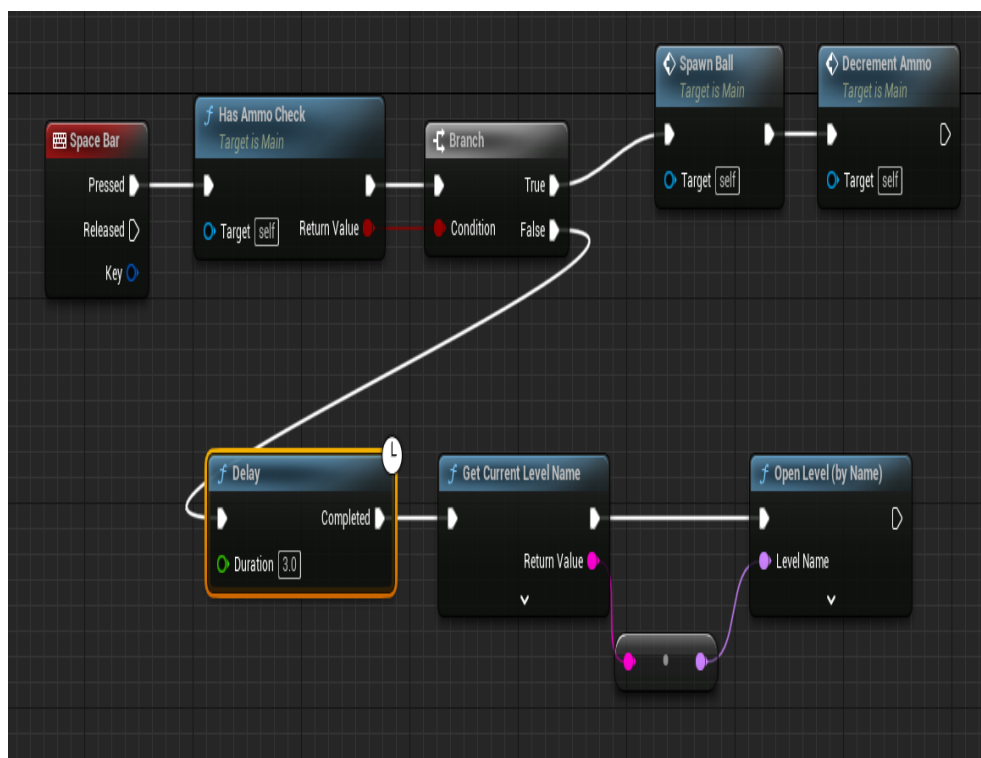
Unreal Engine 5 (UE5) softver je kreiran od kompanije Epic Games za 3D računalne grafičke igre i alat za kreiranje pomoću kojeg programeri videoigara imaju mogućnost stvaranja igara i različitih virtualnih okruženja. Osim u igračkoj industriji koristi se u arhitekturi, automobilskoj industriji, filmu i televiziji, te općenito za potrebe vrhunske vizualizacije zajedno sa naprednom interaktivnošću i funkcionalnošću. Program je napisan u jeziku C++, a funkcionalnost je omogućena korištenjem grafičkog programiranja pomoću sličica „blueprintova“, što omogućuje ljudima koji nisu programeri da na jednostavniji i intuitivniji način stvaraju razne sadržaje, jednostavnih ali i složenih mogućnosti.



Slika 6.4 Arhitektonska vizualizacija u UE5

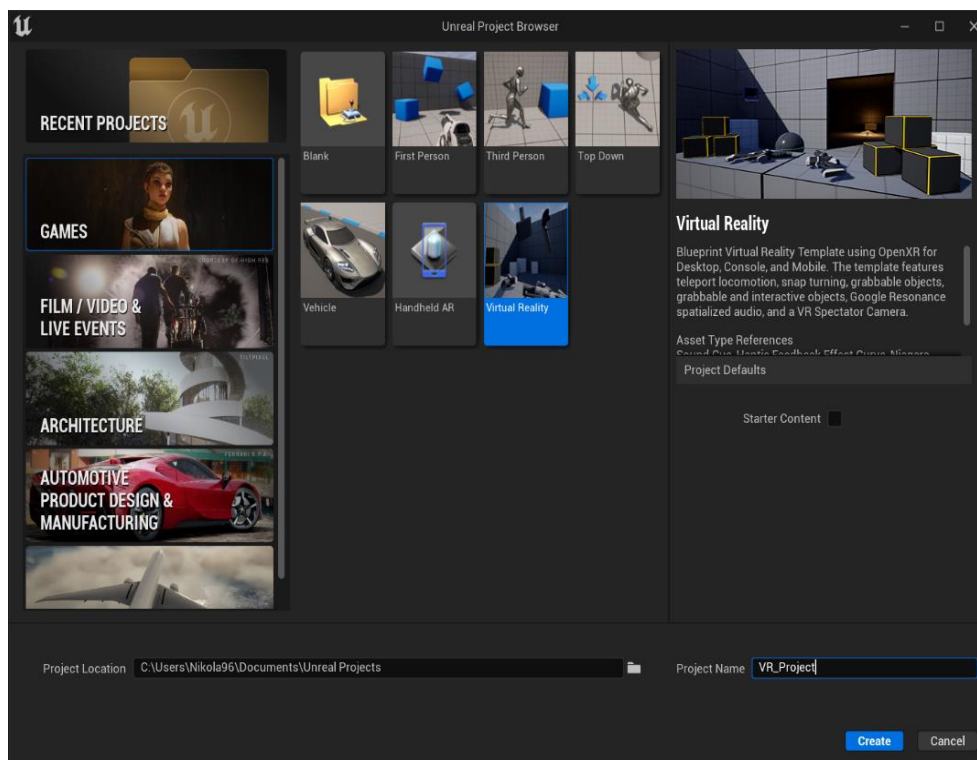


Slika 6.5 Sučelje i jednostavna scena UE5 programa



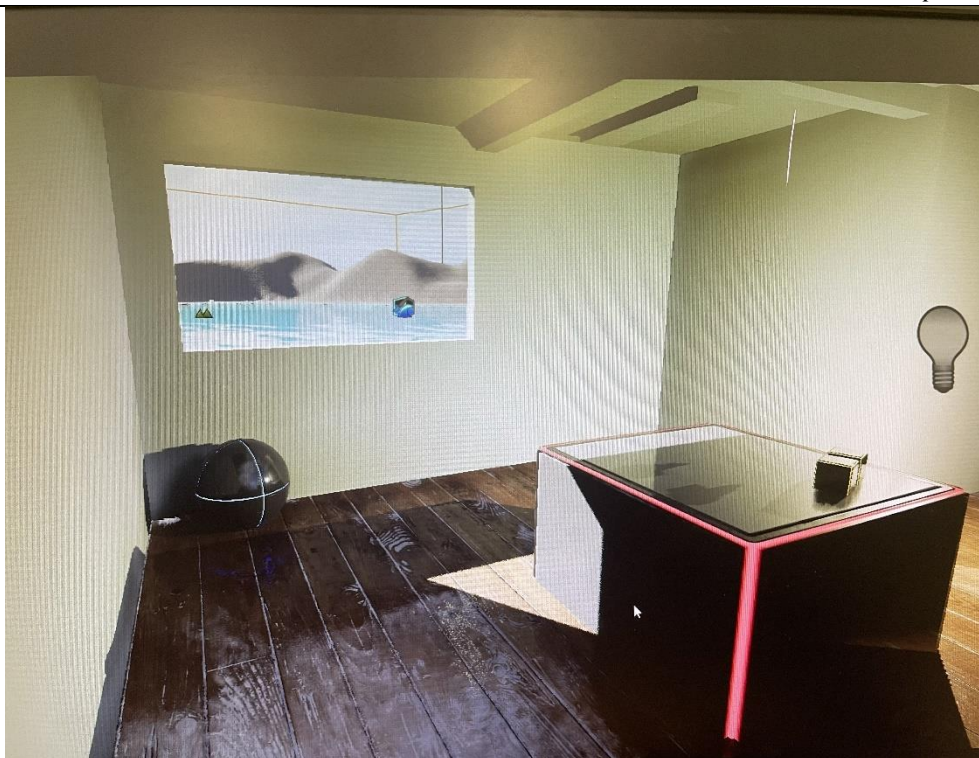
Slika 6.6 Blueprintovi jednostavne funkcionalnosti

Modeliran i dorađen 3D model, ubačen je u UE5 jednostavnom naredbom „import“ prilikom čega su sve karakteristike modela sačuvane. Kao sastavnica odabrana je „Virtual reality“ sastavnica koja sadrži sve potrebne ugrađene funkcionalnosti za opremu virtualne stvarnosti, kao što je upravljanje i pokret rukama, hvatanje objekata, kretanje u prostoru, te kamera koja sve prati, takozvana „spectator camera“.

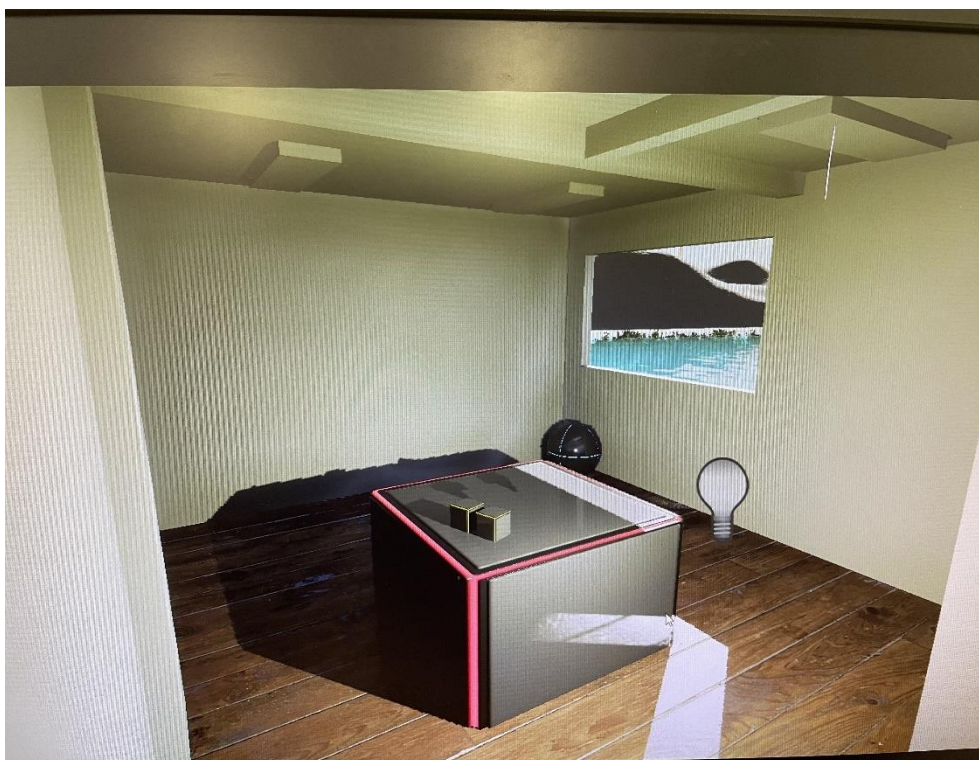


Slika 6.7 Sastavnica za virtualnu stvarnost

Na slikama 6.8, 6.9 i 6.10 prikazan je labos sa vrhunskom vizualizacijom koja uključuje napredne materijale, te sjene i osvjetljenja, zajedno sa realističnom okolinom i dodanim elementima kao što su puške i kocke za mogućnost upravljanja u virtualnoj stvarnosti. Na slikama 6.11 i 6.12 prikazano je upravljanje u VR-u, kao i sustav navigacije u virtualnoj okolini.



Slika 6.8 labos 1



Slika 6.9 labos 2



Slika 6.10 okolina labosa



Slika 6.11 Upravljanje VR-om





Slika 6.12 Navigacija u VR-u

## 7. ZAKLJUČAK

Primjena *metaverzuma* u različitim područjima poput igranje industrije, zdravstva, obrazovanja, pametnih domova i zgrada te energetske industrije otvara nevjerojatne mogućnosti i transformira način na koji se ovi sektori funkcioniraju. U igranje industriji predstavlja revolucionarni skok, donoseći neusporediva uranjajuća iskustva i redefinirajući način interakcije igrača s virtualnim svjetovima, te se prelaze tradicionalne granice nudeći prostrane virtualne okoline koje besprijekorno spajaju stvarnost i digitalne svjetove. Ove okoline koriste tehnologije poput virtualne stvarnosti (VR), proširene stvarnosti (AR) i mješovite stvarnosti (MR), omogućujući igračima da se urone u dinamične, interaktivne svjetove. Društvena interakcija postaje ključna, omogućavajući mogućnost višekorisničkog igranja koja potiče zajednice i suradnju preko različitih žanrova igara, te korisnički generirani sadržaj omogućuje igračima stvaranje „in-game“ resursa, svjetova i iskustava. Nadalje, uvodi se nova paradigma ekonomije gdje virtualni resursi imaju stvarnu vrijednost, trgujući unutar i izvan igranje ekosustava. Spajanje ovih elemenata dovodi do krajolika koji nisu samo uranjajući i povezani, već je i prisutna kreativnost, društvena interakcija i ekonomska prilika kako za igrače tako i za kreatore.

Osim igranje industrije, veliku korist od *metaverzuma* i pripadajućih tehnologija imati će ostale grane industrije. Primjer je zdravstvo, gdje *metaverzum* donosi revoluciju u pristupu pacijentima kroz korištenje VR-a za terapije ili simulacije operacija, što će pružiti nevjerojatne mogućnosti edukacije i liječenja. Također, može potaknuti daljnje istraživanje i dijagnostiku pomoću simulacija i analiza velikih podataka. U edukaciji, virtualne učionice, interaktivni digitalni nastavni materijali i simulacije omogućiti će studentima učenje na potpuno nov i uranjajući način, proširujući granice tradicionalnog obrazovanja. U području pametnih domova i zgrada, otvoriti će se vrata za upravljanje objektima na daljinu, prilagođavanje okoliša i interakciju s kućanskim uređajima ili sigurnosnim sustavima na potpuno nov način.

U praktičnom dijelu, prikazane su trenutne mogućnosti jednih od ključnih tehnologija prilikom ostvarivanja *metaverzum* iskustva, a to su virtualna stvarnost i vrhunska vizualizacija sustava. Daljnje mogućnosti su korištenje umjetne inteligencije u vidu pametnih ljudi, te korištenje senzora za ostvarivanje digitalnih blizanaca prilikom čega bi se ostvario jedan izuzetno pametan i napredan sustav budućnosti.

**LITERATURA**

- [1] Metaverse, <https://en.wikipedia.org/wiki/Metaverse>, 1. 12. 2023.
- [2] Yaqoob.I, Salah.K, Jayaraman.R, Omar.M, Metaverse applications in smart cities: Enabling technologies, opportunities, challenges, and future directions, 2023., <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S254266052300207X>, 1.12.2023.
- [3] Lyu.Z, State-of-the-Art Human-Computer-Interaction in Metaverse, 2022., <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10447318.2023.2248833>, 1.12.2023.
- [4] A short history of the metaverse, <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2022/03/21/a-short-history-of-the-metaverse/?sh=456c88345968>, 2.12.2023
- [5] Living in Virtual Worlds, <https://www.britannica.com/technology/virtual-reality/Living-in-virtual-worlds>, 3.12.2023.
- [6] Gadekallu, T.R., Wang.W, Yenduri.G, Pham.Q, Blockchain for the metaverse: A Review, 2023, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167739X23000493>, 3.12.23.
- [7] NFT's, explained, <https://www.theverge.com/22310188/nft-explainer-what-is-blockchain-crypto-art-faq>, 3.12.2023.
- [8] How does 3D scanning work?, <https://www.sculpteo.com/en/3d-learning-hub/basics-of-3d-printing/what-is-3d-scanning/>, 4.12.2023
- [9] Internet of Things, [https://en.wikipedia.org/wiki/Internet\\_of\\_things](https://en.wikipedia.org/wiki/Internet_of_things), 4.12.2023.
- [10] Everything you need to know about 5G, <https://www.qualcomm.com/5g/what-is-5g>, 6.12.2023.
- [11] What Is Edge Computing and Why is it Important for the Metaverse?, <https://www.xrtoday.com/mixed-reality/what-is-edge-computing-and-why-is-it-important-for-the-metaverse/>, 6.12.2023.
- [12] What is digital twin technology? <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-digital-twin-technology>, 6.12.2023.
- [13] Roblox, <https://en.wikipedia.org/wiki/Roblox>, 7.12.2023.
- [14] Decentraland, <https://en.wikipedia.org/wiki/Decentraland>, 7.12.2023.
- [15] Revolutionizing E-commerce: The Fusion of Metaverse and Live Commerce, <https://www.linkedin.com/pulse/revolutionizing-e-commerce-fusion-metaverse-live-commerce-umra-khan/>, 7.12.2023.

- [16] A metaverse design story,  
[https://www2.hm.com/en\\_us/life/culture/inside-h-m/metaverse-design-story.html](https://www2.hm.com/en_us/life/culture/inside-h-m/metaverse-design-story.html),  
9.12.2023
- [17] Ford collaboration with gravity sketch introduces co-creation feature, allowing designers across globe to work in same virtual reality space,  
<https://media.ford.com/content/fordmedia/fna/us/en/news/2019/05/06/ford-collaboration-gravity-sketch-co-creation.html>, 9.12.2023.
- [18] Ma. Z, Energy metaverse: the conceptual framework with a review of the state-of-the-art methods and technologies, 2023.,  
<https://energyinformatics.springeropen.com/articles/10.1186/s42162-023-00297-w>,  
9.12.2023.
- [19] Medivis, <https://www.delltechnologies.com/asset/en-id/products/ready-solutions/customer-stories-case-studies/dell-medivis-case-study.pdf>, 11.12.2023.
- [20] Meeting Military Training Needs in the Metaverse, <https://www.lockheedmartin.com/en-us/news/features/2023/meeting-military-training-needs-in-the-metaverse.html>,  
11.12.2023.
- [21] Hardware: the bottleneck and accelerant of Metaverse,  
[https://metaresearch.substack.com/p/hardware-the-bottleneck-and-accelerant?subscribe\\_prompt=free](https://metaresearch.substack.com/p/hardware-the-bottleneck-and-accelerant?subscribe_prompt=free), 11.12.2023.
- [22] Metaverse Challenges: Identifying and Overcoming Them,  
<https://hedera.com/learning/metaverse/metaverse-challenges>, 12.12.2023
- [23] Human-computer Interaction, [https://en.wikipedia.org/wiki/Human%E2%80%93computer\\_interaction](https://en.wikipedia.org/wiki/Human%E2%80%93computer_interaction),  
12.12.2023.
- [24] PLEA, <https://www.art-ai.io/programme/plea/>, 12.12.2023.