

# Primjena proširene stvarnosti u obrazovanju

---

**Kurevija, Ivan**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2023**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Split, Faculty of Science / Sveučilište u Splitu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:166:366305>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-07-13**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of Faculty of Science](#)



SVEUČILIŠTE U SPLITU

**PRIRODOSLOVNO MATEMATIČKI FAKULTET**

DIPLOMSKI RAD

**PRIMJENA PROŠIRENE STVARNOSTI U  
OBRAZOVANJU**

Ivan Kurevija

Split, prosinac 2023.

# Temeljna dokumentacijska kartica

Diplomski rad

Sveučilište u Splitu  
Prirodoslovno-matematički fakultet  
Odjel za informatiku  
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Hrvatska

## PRIMJENA PROŠIRENE STVARNOSTI U OBRAZOVANJU

Ivan Kurevija

**Sažetak:** U zadnjih nekoliko godina možemo primijetiti ubrzan napredak u svijetu tehnologije. Proširena stvarnost i njen razvoj je uvelike pridonio tome. Naime on mijenja način na koji komuniciramo sa računalima i otvara nove mogućnosti rada i učenja. Ovaj rad je koncipiran da preko povijesti i proširene stvarnosti općenito, dolazimo do glavnih tema a to su proširena stvarnost temeljena na markerima i proširena stvarnost bez markera. Njihove značajke, upotreba, princip rada te ono najvažnije primjena, bit će nam za svaku od tema podloga za usporedbu njih samih te prednosti i mana jedne i druge. Kroz razvijanje dviju prototipa aplikacija, sagledat ću upotrebu ovih tehnologija u obrazovnom sustavu.

**Ključne riječi:** proširena stvarnost, markeri, obrazovanje, projekcija, bez markera

**Rad sadrži:** 57 stranica, 26 slika i 49 literaturnih navoda. Izvornik je na hrvatskom jeziku.

**Mentor:** **Doc. dr. sc. Divna Krpan**, docent Prirodoslovno matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Ocjenjivači:** **Doc. dr. sc. Divna Krpan**, docent Prirodoslovno matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Dino Nejašmić**, predavač Prirodoslovno matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

**Antonela Prnjak mag.educ. inf.**, asistent Prirodoslovno matematičkog fakulteta, Sveučilišta u Splitu

Rad prihvaćen: Prosinac, 2023.

# Basic documentation card

Graduation Thesis

University of Split  
Faculty of Science  
Department of informatics  
Ruđera Boškovića 33, 21000 Split, Croatia

## APPLICATION OF AUGMENTED REALITY IN EDUCATION

Ivan Kurevija

**Abstract:** In the last few years, we can notice accelerated progress in the world of technology. Augmented reality and its development has greatly contributed to this. Namely, it changes the way we communicate with computers and opens up new possibilities for work and learning. This work is designed so that through history and augmented reality in general, we come to the main topics and that augmented reality is based on markers and augmented reality without markers. Their features, use, principle of operation and the most important thing, will be the basis for comparing them and the advantages and disadvantages of each of the topics. Through the development of two application prototypes, I will look at the use of these technologies in the educational system.

**Key words:** augmented reality, markers, education, projection, markerless

**Thesis consists of:** 57 pages, 26 figures and 49 references. Original language: Croatian.

**Mentor:** **Divna Krpan, Ph.D.**, Assistant professor of Faculty of Science, University of Split

**Reviewers:** **Divna Krpan, Ph.D.**, Assistant professor of Faculty of Science, University of Split

**Dino Nejašmić**, Lecturer of Faculty of Science, University of Split

**Antonela Prnjak mag.educ. inf**, Instructor of Faculty of Science, University of Split

Thesis accepted: December, 2023.

## Sadržaj

1	UVOD.....	1
2	PROŠIRENA STVARNOST .....	2
2.1	Povijesni pregled proširene stvarnosti .....	3
2.2	Tipovi proširene stvarnosti .....	6
2.2.1	AR temeljen na markerima.....	6
2.2.2	AR bez markera .....	7
2.2.3	Četiri vrste proširene stvarnosti bez markera .....	7
2.3	PROŠIRENA STVARNOST TEMELJENA NA MARKERIMA.....	10
2.3.1	Radni principi proširene stvarnosti temeljene na markerima .....	10
2.3.2	Primjene proširene stvarnosti temeljene na markerima.....	11
2.3.3	Utjecaj na naš svakodnevni život .....	12
2.3.4	Prednosti proširene stvarnosti temeljene na markerima .....	13
2.3.5	Nedostaci proširene stvarnosti temeljene na markerima .....	14
2.4	PROŠIRENA STVARNOST BEZ MARKERA .....	16
2.4.1	Radni principi proširene stvarnosti bez markera .....	18
2.4.2	Najvažniji tipovi proširene stvarnosti bez markera .....	21
2.4.3	Prednosti proširene stvarnosti bez markera .....	27
2.4.4	Nedostaci proširene stvarnosti bez markera .....	28
3	PROŠIRENA STVARNOST U OBRAZOVANJU .....	30
3.1	Proširena stvarnost bez markera u nastavi .....	31
3.1.1	Pregled istraživanja.....	31
3.1.2	Ideja, struktura i izrada aplikacije.....	33
3.1.3	Osvrt na izradu i testiranje aplikacije .....	37
3.2	Proširena stvarnost temeljena na markerima u nastavi.....	40

3.2.1	Pregled istraživanja.....	40
3.2.2	Ideja, struktura i izrada aplikacije.....	41
3.2.3	Osvrt na izradu i testiranje aplikacije .....	44
3.3	Usporedba izvedbi aplikacija i njihovih primjena u obrazovanju .....	46
3.3.1	Izazovi kod uvođenja proširene stvarnosti kao metode učenja .....	48
4	ZAKLJUČAK.....	50
5	LITERATURA .....	52
6	TABLICA SLIKA .....	57

# 1 UVOD

Proširena stvarnost (AR) impresionira kao tehnologija koja besprijekorno integrira digitalne informacije u naše fizičko okruženje, poboljšavajući naša iskustva u stvarnom svijetu. Sveobuhvatno istraživanje AR-a počinje s pregledom njegove povijesne evolucije i napredujući do njegovih primarnih tipova: AR-a temeljenog na markerima i AR-a bez markera. Svaki od ova dva različita pristupa donosi svoje prednosti i izazove kroz koje će biti detaljno proučeni i uspoređeni.

AR temeljen na markerima oslanja se na prepoznatljive vizualne markere, poput QR kodova ili specifičnih uzoraka. S druge strane, AR bez markera ima za cilj eliminirati potrebu za takvim markerima, dopuštajući digitalnim elementima prirodnu interakciju sa stvarnim svijetom. Svaki pristup ima svoje prednosti, uključujući preciznost i pristupačnost za AR temeljen na markerima, te bolje iskustvo u onom bez markera. Međutim, suočeni su s ograničenjima, kao što je ovisnost o markeru i računalna složenost. Provođen će se i usporedna analiza kako bi se uočili scenariji u kojima je jedan pristup superiorniji od drugog.

Osim teoretskog istraživanja, AR je pronašao praktične primjene u raznim područjima, od obrazovanja do zdravstvene zaštite. Ove implementacije u stvarnom svijetu mijenjaju način na koji se uči, dijagnosticira i liječi, čineći AR privlačnim područjem proučavanja. Proučavanjem znanstvene literature i članaka u tim područjima, cilj je steći uvide u to kako se AR učinkovito koristi za rješavanje složenih izazova.

AR nije samo tehnološka inovacija, on predstavlja kulturni i društveni pomak. Ima potencijal za redefiniranje načina na koji se komunicira sa svijetom, a već je počeo remetiti industrije i preoblikovati konvencionalne prakse. Ovaj rad nastoji razotkriti višestranu prirodu proširene stvarnosti, pružajući dublje razumijevanje njezine povijesti, njezinih raznolikih manifestacija i praktičnih implikacija u našem digitalnom dobu koje se neprestano razvija.

## 2 PROŠIRENA STVARNOST

Proširena stvarnost (AR) predstavlja inovativnu tehnologiju koja se razvija s ciljem stvaranja obogaćenog perceptivnog iskustva korisnicima. U osnovi, AR kombinira stvarni svijet, tj. fizički okoliš u kojem se korisnik nalazi, s virtualnim svijetom, što stvara jedinstvenu interakciju između stvarnosti i digitalnih elemenata. AR se oslanja na različite tehnološke komponente, uključujući računalni vid, zvuk, senzore i uređaje za prijenos podataka kako bi spojio ova dva svijeta i omogućio korisnicima da vide, čuju i imaju interakciju s virtualnim objektima ili informacijama u stvarnom vremenu.

Proširena stvarnost definira se kao tehnologija i metode koje omogućuju prekrivanje predmeta i okruženja iz stvarnog svijeta s 3D virtualnim objektima pomoću AR uređaja i omogućuju virtualnu interakciju sa stvarnim objektima kako bi stvorila željena značenja. Za razliku od virtualne stvarnosti koja pokušava ponovno stvoriti i zamijeniti cjelokupno okruženje iz stvarnog života virtualnim, proširena stvarnost odnosi se na obogaćivanje slike stvarnog svijeta računalno generiranim slikama i digitalnim informacijama. Nastoji promijeniti percepciju dodavanjem videozapisa, infografika, slika, zvuka i drugih detalja.

Unutar uređaja koji stvara AR sadržaj virtualne 3D slike prekrivaju se objektima iz stvarnog svijeta na temelju njihovog geometrijskog odnosa. Uređaj mora moći izračunati položaj i orijentaciju predmeta koji se tiču drugih. Kombinirana slika projicira se na mobilne zaslone, AR naočale itd.

S druge strane, postoje uređaji koje korisnik nosi kako bi omogućio pregledavanje AR sadržaja od strane korisnika. Za razliku od slušalice za virtualnu stvarnost koji potpuno uranjaju korisnike u simulirane svjetove, AR naočale ne. Naočale omogućuju dodavanje, prekrivanje virtualnog objekta na stvarni svijet, na primjer, postavljanje AR markera na strojeve za označavanje područja popravka. Korisnik koji koristi AR naočale može vidjeti stvarni objekt ili okolinu oko sebe, ali obogaćen virtualnom slikom.

Iako je prva primjena bila u vojsci i na televiziji od nastanka tog izraza 1990. godine, AR se danas primjenjuje u igrama, obrazovanju i obuci i drugim poljima. Većina se primjenjuje kao AR aplikacije koje se mogu instalirati na telefone i računala. Danas je poboljšana tehnologijom mobilnih telefona kao što su GPS, 3G i 4G, te daljinskim otkrivanjem (Slika 1).



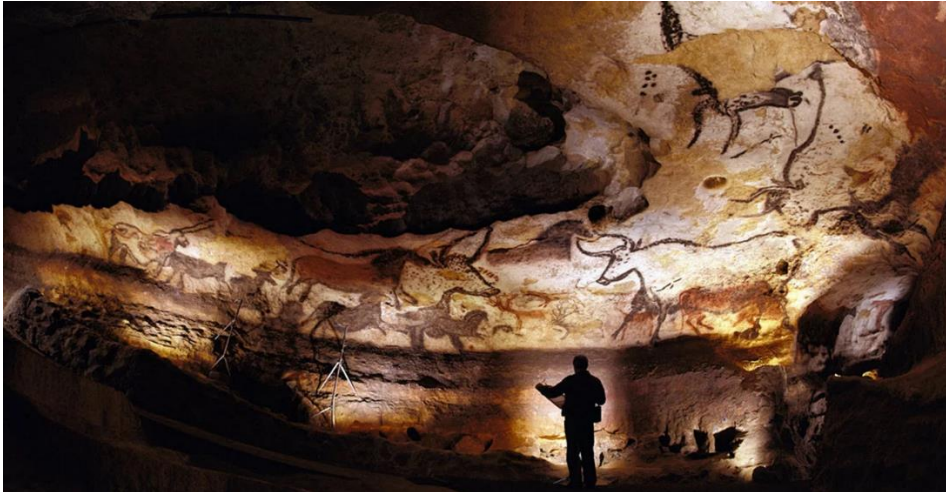


Slika 1 Google maps je iskoristio AR da doda strelice i ikone lokacija za navođenje [1]

## 2.1 Povijesni pregled proširene stvarnosti

Ljudi su kroz čitavu svoju povijest tražili načine vizualnog prikazivanja svoje mašte, kreativnosti i želje da nadiđu fizički svijet. Cilj je predstaviti prizore, trenutke i iskustva tako da ih drugi mogu iskusiti svim svojim osjetilima, omogućujući im time ostvarenje snova, ambicija i vizija – ili čak život u imaginarnim svjetovima.

U povijesti su prisutni brojni primjeri ljudske želje za vizualnim predstavljanjem i doživljavanjem stvari. Započnimo naše putovanje u prapovijesnom dobu i vratimo se oko 15 000 godina u prošlost, u pećinu Lascaux (koja se nalazi na prostoru sadašnje Francuske). Tadašnji su ljudi u prostoriji koja je poznata kao „Dvorana bikova“ naslikali približno 600 zidnih slika velikih životinja. To je jedan od prvih sačuvanih prikaza ljudske sposobnosti projiciranja stvarnosti koje su izvan osobnog iskustva, omogućujući tako drugima da iskuse stvarnosti uranjanjem u slike koje su izradili drugi(Slika 2).



**Slika 2 Pećina Lascaux [2]**

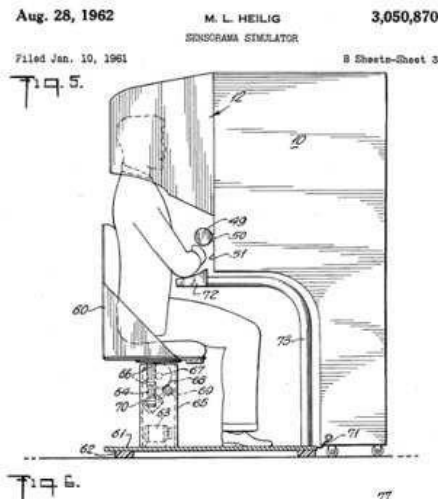
Možemo pronaći mnoge druge primjere kroz povijest, ali izum stereoskopa 1838. (Charles Wheatstone) predstavlja ključan trenutak u primjeni tehnologije za izradu uređaja koji je posebno namijenjen za uranjanje korisnika u virtualno iskustvo. Stereoskop(Slika 3) kombinira dvije fotografije istog predmeta, pri čemu korisnici svakim okom mogu vidjeti po jednu sliku, dobivajući tako osjećaj jedinstvene 3D slike. To je bila prekretnica u stvaranju prijenosnog i personaliziranog iskustva virtualne stvarnosti. Mnogi će se još i danas prisjetiti igračke iz djetinjstva, View-Master, što je zapravo izmijenjena verzija stereoskopa.



**Slika 3 Francuski stereoskop [3]**

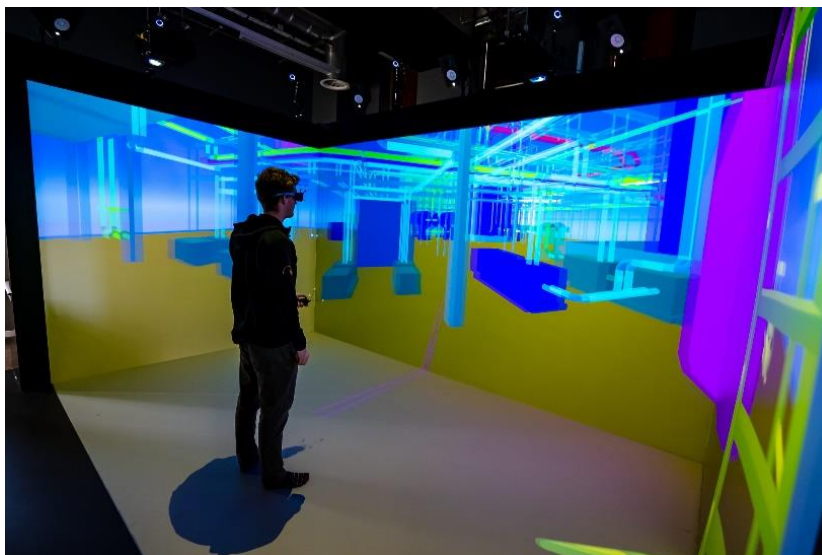
U ovom je kontekstu također važno spomenuti stroj Sensorama (Slika 4). To je bio jedan od prvih uređaja koji primjenjuje imerzivnu multisenzornu tehnologiju. Sensoramu je 1962.

konstruirao Morton Heilig, a uređaj je projicirao slike u stereoskopskom 3D formatu, kombinirajući stereozvuk, pomično sjedalo, vjetar i mirise. To je bio prvi sustav virtualne stvarnosti.



Slika 4 Sensorama [4]

Kasnije, početkom 1990-tih, na Sveučilištu u Illinoisu razvijen je sustav CAVE (engl. Cave Automatic Virtual Environment). U tom je imerzivnom okruženju nekoliko projektora usmjereno prema zidovima u prostoru veličine sobe, u kojemu korisnik nosi 3D naočale kako bi iskusio virtualnu stvarnost. Ovaj skok u simulirana okruženja još se i dan-danas upotrebljava u proizvodnom inženjeringu, simulatorima leta, građevinskom planiranju itd.



Slika 5 CAVE(Igloo vizija) [5]

Danas se razvojni skokovi u području AR-a/VR-a/MR-a kreću prema tome da se povećava prenosivost, realističnost, personaliziranost i isplativost pružanja virtualne stvarnosti kako bi postala sveprisutan alat za široku paletu primjene u industrijske i osobne svrhe. Ti će alati i tehnologije u budućnosti biti jednako rasprostranjeni kao što su to osobna računala i drugi pametni uređaji danas. Uskoro će biti teško zamisliti naš svijet prije virtualne stvarnosti [6].

## **2.2 Tipovi proširene stvarnosti**

Proširena stvarnost (AR) više nije znanstvena fantastika i nije samo za igrače. Nudeći interaktivno iskustvo u stvarnom okruženju, tehnologija u biti dodaje (ili povećava) vaše neposredno okruženje virtualnim elementima. Ona postavlja digitalne slike u vaše vidno polje, što znači da djelomično ili u potpunosti zamjenjuje vaš neprošireni prikaz. Unutar ovog osnovnog tumačenja postoji nekoliko različitih vrsta proširene stvarnosti.

Proširena stvarnost superimpozicijom koristi prepoznavanje objekata za stvaranje virtualnog iskustva. Proširena slika djelomično ili u potpunosti zamjenjuje izvornu sliku. Dvije osnovne vrste proširene stvarnosti superimpozicije su na temelju markera i bez markera, od kojih potonja uključuje četiri glavne kategorije (Slika 6).

### **2.2.1 AR temeljen na markerima**

AR temeljen na markerima oslanja se na vizualne markere kako bi aktivirao izmijenjeno, interaktivno iskustvo. Najčešći markeri koji se koriste su dvodimenzionalni QR kodovi. Skraćeno za brzi odgovor, kamera uređaja prepoznaje strojno čitljiv crtični kod i odgovara stvaranjem vizualnih efekata. Iako je proširena stvarnost temeljena na markerima nekada bila revolucionarna, ima neka ograničenja. Tehnologija se obično može koristiti samo s mobilnim uređajima, poput pametnog telefona ili tableta. Također, korisnici moraju preuzeti aplikaciju ili softver kako bi iskusili sadržaj, tako da on nema onu trenutnu privlačnost na koju smo toliko navikli u današnjem digitalnom dobu.



Slika 6 Podjela superpozicijske proširene stvarnosti [7]

### 2.2.2 AR bez markera

Proširena stvarnost bez markera ne zahtijeva prepoznavanje slike za stvaranje vizualnih efekata. Umjesto toga, tehnologija koristi kameru uređaja, softver za lokaciju i akcelerometar za otkrivanje informacija o položaju, uključujući orijentaciju različitih objekata i prostor između njih. Odatle, poziva na simultanu lokalizaciju i mapiranje (SLAM) za tumačenje okolnog trodimenzionalnog okruženja. Zatim se AR sadržaj prikazuje na vrhu fizičkog pogleda na svijet i može se promatrati iz bilo kojeg položaja ili kuta.

### 2.2.3 Četiri vrste proširene stvarnosti bez markera

Dvije primarne vrste AR-a bez markera uključuju projekciju i lokaciju, ali također možete naići na preklapanje i konture.

- **Proširena stvarnost temeljena na projekciji:**

Kao što mu ime govori, AR temeljen na projekciji projicira impresivno svjetlo na ravnu površinu kako bi stvorio 3D slike. Zatim koristi SLAM za otkrivanje ljudske interakcije s



povećanjem. Na primjer, AR temeljen na projekciji može se koristiti za izradu holograma koji se mogu koristiti u poslovne svrhe ili samo za zabavu.



Slika 7 Primjer projekcijske proširene stvarnosti: "hologramska" tipkovnica [8]

- **Proširena stvarnost temeljena na lokaciji:**

Uz AR koji se temelji na lokaciji, sadržaj je fiksiran na određeni fizički prostor. Kartira stvarno okruženje i definira vizualne položaje u vašem okruženju. Nakon što vaš uređaj detektira podudaranje s kartiranom lokacijom, u skladu s tim postavlja digitalne slike. Pokémon GO(Slika 8) je najpoznatiji primjer proširene stvarnosti temeljene na lokaciji.



Slika 8 Primjer lokacijske proširene stvarnosti: Pokemon GO igra [9]

- **Proširena stvarnost temeljena na prekrivanju**

Prekrivajuća proširena stvarnost(Slika 9) bez markera zamjenjuje neprošireni prikaz objekta s poboljšanom virtualnom slikom iste stavke, zajedno s višestrukim vizualnim perspektivama. Nextech Configurator izvrstan je primjer ove tehnologije. Alat za konfiguraciju proizvoda omogućuje korisnicima promjenu boje 3D modela proizvoda kao i

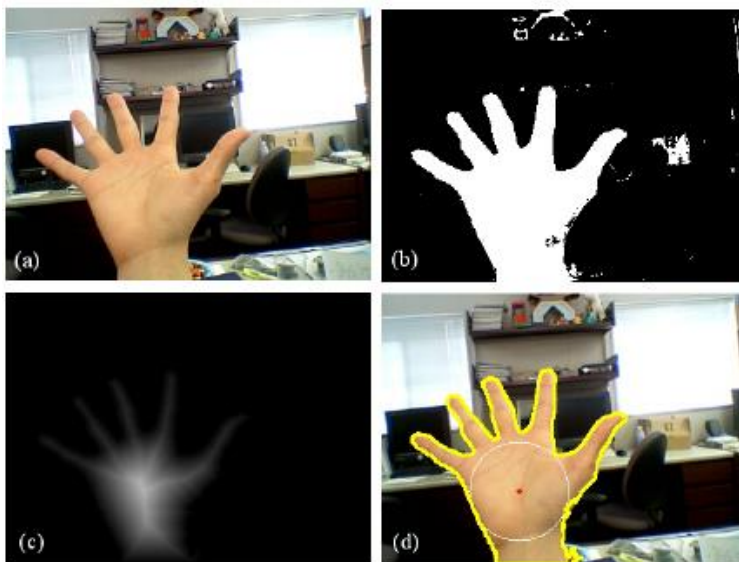
njegov raspored. To omogućuje kupcima da prilagode kako vizualno izgleda i zatim ga postave u svoju sobu da vide kako se uklapa u njihov prostor.



Slika 9 Primjer prekrivanja kod proširene stvarnosti [10]

- **Proširena stvarnost temeljena na konturama:**

Tu je i proširena stvarnost temeljena na konturama (ili AR s obrisima), koja koristi SLAM za ocrtavanje silueta objekata i simulaciju realne ljudske interakcije (Slika 10). Na primjer, može se koristiti za razvoj aplikacije za sigurnu vožnju za noćne, slabo osvijetljene ceste, jake oborine i druge situacije slabe vidljivosti. [11]



Slika 10 Primjer proširene stvarnosti temeljene na konturama: Otsak prsta i obrisi ruke [12]

## **2.3 PROŠIRENA STVARNOST TEMELJENA NA MARKERIMA**

Proširena stvarnost temeljena na markerima koristi kamere i senzore u uređajima poput pametnih telefona, tableta ili AR naočala kako bi detektirala i prepoznala posebno označene objekte ili površine. Markeri su obično vizualni obrasci, poput QR kodova, crno-bijelih oblika ili jednostavno prepoznatljivih slika koje AR sustavi mogu identificirati. Kada korisnik usmjeri svoj uređaj prema markeru, AR sustav ga prepoznaje i na temelju toga generira digitalne elemente, poput 3D modela, animacija, informacija ili zvuka, te ih stvara unutar stvarnog okoliša korisnika. To stvara doživljaj proširene stvarnosti, gdje digitalni svijet koegzistira s fizičkim svijetom, stvarajući potpuno novu i obogaćenu interakciju

### **2.3.1 Radni principi proširene stvarnosti temeljene na markerima**

Radni principi (Slika 12) proširene stvarnosti temeljene na markerima zasnivaju se na integraciji stvarnog svijeta s digitalnim sadržajem putem upotrebe vizualnih oznaka ili markera. Evo glavnih komponenata i radnih principa ove tehnologije:

**Detekcija markera:** Prvi korak u AR temeljenoj na markerima je detekcija markera u stvarnom svijetu. To se obično postiže pomoću kamere i senzora na uređaju, poput pametnih telefona, tableta ili AR naočala. Kamere snimaju okolinu i traže vizualne obrasce koji odgovaraju prepoznatljivim markerima.

**Prepoznavanje i praćenje:** Kada se markeri identificiraju, AR sustav ih prepoznaje i prati njihov položaj i orijentaciju u stvarnom vremenu. Ovo je ključno za održavanje stabilnog i preciznog doživljaja proširene stvarnosti.

**Generiranje digitalnog sadržaja:** Nakon prepoznavanja markera, AR sustav generira digitalne elemente, kao što su 3D modeli, animacije, informacije, ili zvukovi. Ti digitalni elementi se zatim integriraju u stvarni svijet korisnika.

**Prikaz digitalnog sadržaja:** Digitalni sadržaj se prikazuje na ekranu uređaja korisnika, bilo putem pametnog telefona, tableta ili AR naočala. Digitalni elementi se usklađuju s pozicijom i orijentacijom markera, stvarajući dojam da su dio stvarnog okoliša.

**Interakcija korisnika:** Korisnici mogu interagirati s generiranim digitalnim sadržajem putem svojih uređaja. To može uključivati dodatne geste, kao što su tapkanje, povlačenje ili zumiranje, kako bi se kontrolirao AR sadržaj ili dobivali dodatne informacije.

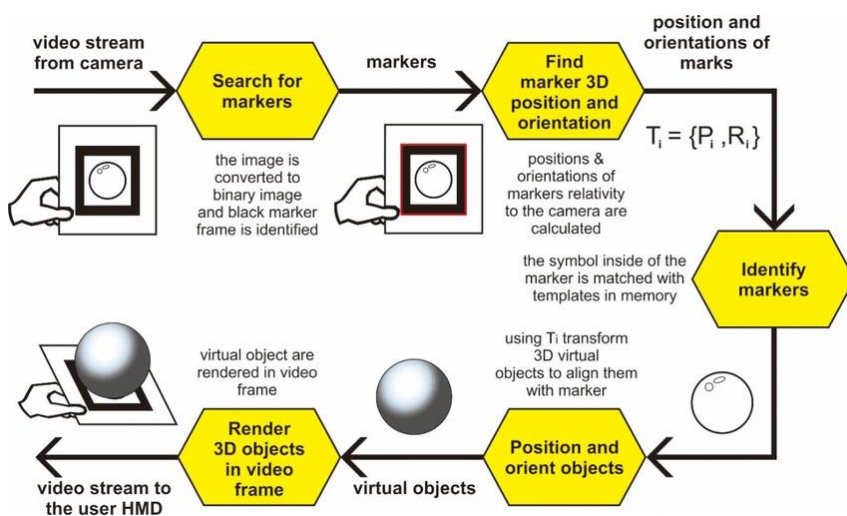


Kombiniranje stvarnog i digitalnog svijeta: Konačni cilj proširene stvarnosti temeljene na markerima je stvaranje doživljaja gdje digitalni elementi koegzistiraju s fizičkim objektima i okolinom. Ovo stvara potpuno novi kontekst za interakciju i obogaćuje percepciju korisnika.

Poboljšanje korisničkog iskustva: AR sustavi često prate i prilagođavaju se korisničkom okolišu kako bi pružili bolje iskustvo. To može uključivati prilagodbu svjetline, kontrasta i drugih parametara kako bi se digitalni sadržaj bolje uklopio s okolinom.

Održavanje stabilnosti i preciznosti: AR sustavi temeljeni na markerima moraju održavati stabilnost i preciznost kako bi osigurali da digitalni sadržaj ostane usklađen s markerima tijekom korisnikove interakcije. To zahtijeva brzu obradu slika i informacija te korekciju za promjene u položaju markera ili uređaja.

Radni principi proširene stvarnosti temeljene na markerima omogućuju korisnicima da stvaraju bogata i interaktivna AR iskustva u stvarnom svijetu. Ova tehnologija ima mnoge primjene u obrazovanju, zabavi, medicini, marketingu i drugim industrijama, a njezin daljnji razvoj obećava još naprednije i zanimljivije AR iskustvo za korisnike.



Slika 11 Radni principi proširene stvarnosti temeljene na markerima [13]

### 2.3.2 Primjene proširene stvarnosti temeljene na markerima

#### 1. Obrazovanje

Proširena stvarnost temeljena na markerima ima ogroman potencijal u obrazovanju. Učitelji i studenti mogu koristiti AR kako bi unaprijedili učenje i razumijevanje kompleksnih

konceptata. Primjerice, povijesne knjige mogu sadržavati markere koji omogućuju korisnicima da vide povijesne događaje rekonstruirane pred njihovim očima ili da istraže unutarnje strukture ljudskog tijela kroz interaktivne modele.

## 2. Turizam i putovanja

U industriji turizma, proširena stvarnost temeljena na markerima može pružiti turistima bogatiji doživljaj destinacija. Kada turisti posjete muzeje, povijesne lokacije ili prirodne ljepote, mogu koristiti svoje uređaje kako bi dobili dodatne informacije, priče i virtualne vodiče koji će im pomoći da bolje razumiju i cijene svoju okolinu.

## 3. Marketing i oglašavanje

Markeri se često koriste u marketinške svrhe. Tvrtke mogu postaviti markere na svoje proizvode ili ambalažu, kako bi korisnicima omogućile pristup dodatnim informacijama, video sadržaju ili ekskluzivnim ponudama. Ovo povećava angažman korisnika i omogućava tvrtkama bolje povezivanje s ciljnom publikom.

## 4. Medicina i zdravstvo

U medicini, proširena stvarnost temeljena na markerima može biti korisna za obuku kirurga, dijagnozu bolesti i praćenje pacijenata. Kirurzi mogu koristiti AR za navigaciju tijekom operacija, a liječnici za prikaz informacija o pacijentima ili medicinskim slikama na stvarnom tijelu pacijenta.

## 5. Industrija zabave i igara

AR igre su postale izuzetno popularne. Koristeći markere, igrači mogu interagirati s virtualnim svjetovima i likovima u stvarnom okruženju. Ovo stvara jedinstvenu igračku iskustvo koje kombinira stvarnost i fikciju.

### **2.3.3 Utjecaj na naš svakodnevni život**

Proširena stvarnost temeljena na markerima mijenja način na koji doživljavamo svijet oko sebe. Omogućuje nam da bolje razumijemo i interagiramo s fizičkim objektima i okolinom te nam pruža priliku za obogaćivanje iskustava u različitim industrijama. No, s obzirom na sve veću upotrebu AR tehnologije, postavlja se i pitanje privatnosti i sigurnosti podataka, te je važno razmotriti ove aspekte dok se AR tehnologija dalje razvija.

Proširena stvarnost temeljena na markerima je tehnološka inovacija koja ima širok spektar primjena i potencijala. Njezina sposobnost da spoji digitalni i stvarni svijet otvara vrata brojnim mogućnostima u obrazovanju, turizmu, marketingu, medicini i zabavi. Dok AR tehnologija nastavlja napredovati, možemo očekivati da će postati još prisutnija u našem svakodnevnom životu, transformirajući način na koji doživljavamo svijet oko sebe.

### **2.3.4 Prednosti proširene stvarnosti temeljene na markerima**

AR temeljen na markerima pristup je povećanom angažmanu korisnika. Jednostavnim usmjeravanjem uređaja na marker, korisnici mogu aktivirati dinamičke 3D objekte, videozapise ili informacije. Ovo interaktivno i zadivljujuće iskustvo može se iskoristiti u raznim sektorima, od obrazovanja do oglašavanja, stvarajući nezaboravnije i dojmljivije interakcije. Za razliku od drugih AR tehnologija koje zahtijevaju zamršene sustave praćenja, AR temeljen na markerima pojednostavljuje interakciju. Markeri djeluju kao jasne sidrišne točke za digitalni sadržaj, olakšavajući korisnicima da shvate gdje i kako se angažirati s proširenim elementima. Ova jednostavnost smanjuje krivulju učenja za korisnike, poboljšavajući pristupačnost.

Implementacija AR-a temeljenog na markerima često je isplativija od drugih AR pristupa koji zahtijevaju napredni hardver ili složene algoritme računalnog vida. Marker se mogu ispisati na papiru, naljepnicama ili prikazati na zaslonima, smanjujući potrebu za skupom infrastrukturom i specijaliziranom opremom. AR temeljen na markerima koristi široko dostupnu tehnologiju, prvenstveno pametne telefone i tablete, čineći je dostupnom širokoj publici. Budući da većina ljudi već posjeduje ove uređaje, nema potrebe za dodatnim ulaganjima u hardver, čime se povećava potencijalni doseg AR aplikacija.

Jedna od ključnih prednosti AR-a temeljenog na markerima je njegova fleksibilnost u stvaranju sadržaja. Programeri mogu prilagoditi markere za pokretanje određenog sadržaja, osiguravajući da je AR iskustvo usklađeno s namjeravanom porukom ili ciljem. Nadalje, ovaj je pristup vrlo skalabilan, što omogućuje integraciju brojnih markera u različitim okruženjima. Obrazovni sektor će značajno dobiti od AR-a temeljenog na markerima. Poboljšava tradicionalne metode učenja nudeći interaktivne i sveobuhvatne obrazovne sadržaje. Učenici mogu vizualizirati složene koncepte, istraživati povijesne događaje ili secirati virtualne organizme, čineći učenje zanimljivijim i učinkovitijim.

AR temeljen na markerima mijenja pravila u marketingu i oglašavanju. Robne marke mogu kreirati interaktivne kampanje koje korisnicima omogućuju da dožive proizvode u virtualnom okruženju prije donošenja odluke o kupnji. To ne samo da potiče angažman već i povećava povjerenje potrošača i stope konverzije.

Industrija zabave u potpunosti je prihvatila AR temeljen na markerima kroz mobilne igre i iskustva. Igre poput Pokémon GO i AR escape room osvojile su publiku diljem svijeta, pokazujući potencijal AR-a temeljenog na markerima u zabavi.

AR temeljen na markerima pruža inovativan način vizualizacije podataka. Složeni skupovi podataka mogu se predstaviti kao interaktivni 3D modeli, omogućujući korisnicima prostorno istraživanje informacija. Ovo je osobito vrijedno u industrijama kao što su arhitektura, urbano planiranje i analiza podataka.

Zaključno, proširena stvarnost temeljena na markerima spremna je promijeniti način na koji učimo, radimo i komuniciramo sa svijetom oko nas. Njegova sposobnost da poveća angažman korisnika, pojednostavi interakciju i ostane isplativ čini ga uvjerljivim izborom za tvrtke, edukatore, zdravstvene djelatnike, marketinške stručnjake i druge. Kako se tehnologija nastavlja razvijati, AR temeljen na markerima trebao bi otključati još veći potencijal, oblikujući budućnost raznih industrija.

### **2.3.5 Nedostaci proširene stvarnosti temeljene na markerima**

Proširena stvarnost (AR) temeljena na markerima nedvojbeno je moćna tehnologija, ali nije bez nedostataka. Ključno je istražiti ta ograničenja kako biste stekli cjelovito razumijevanje ovog pristupa. Jedan od primarnih nedostataka AR-a koji se temelji na markerima je njegova ovisnost o markerima, također poznatim kao fiducijalni markeri. Bez ovih markera, AR iskustvo se ne može pokrenuti, što ograničava spontanost interakcija i uzrokuje probleme u scenarijima u kojima markeri nisu dostupni. Štoviše, AR temeljen na markerima zahtijeva od korisnika da se usredotoče na markere kako bi aktivirali digitalni sadržaj. To može ograničiti mobilnost i slobodu korisnika jer moraju točno poravnati svoje uređaje s oznakama za pristup proširenom sadržaju. Nasuprot tome, AR sustavi bez markera nude veću slobodu kretanja.

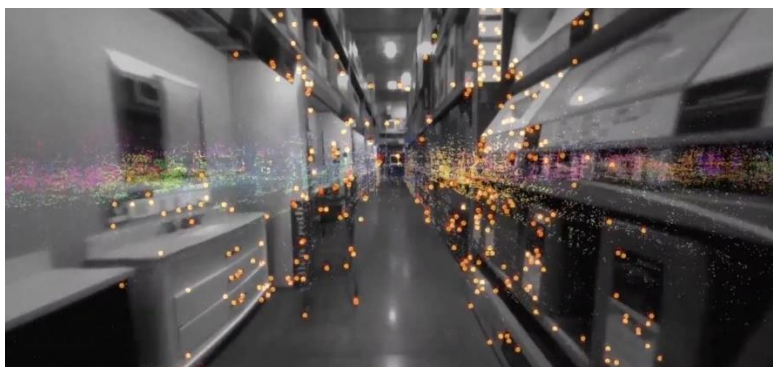
Područje praćenja u AR-u temeljenom na markerima ograničeno je na prostor koji pokrivaju markeri. Izvan ovog područja, AR iskustvo možda neće funkcionirati ispravno, što će dovesti do poremećaja u korisničkom iskustvu. Ovo ograničenje može biti problematično u primjenama velikih razmjera. Osim toga, kvaliteta ispisanih markera ključna je za optimalno funkcioniranje AR-a temeljenog na markerima. Markeri niske kvalitete, oštećeni markeri ili markeri podložni habanju mogu rezultirati pogreškama praćenja i smanjenim AR iskustvom, što zahtijeva pažljivo rukovanje i održavanje markera. Nadalje, AR temeljen na markerima može biti osjetljiv na smetnje u stvarnom svijetu. Promjene u uvjetima osvjetljenja, okluzije ili zapreke markera mogu poremetiti proces praćenja, uzrokujući greške ili netočnosti u proširenom sadržaju.

U usporedbi s AR-om bez markera, AR temeljen na markerima može ponuditi ograničenu interakciju s fizičkim objektima ili okruženjima. Interakcija je primarno usredotočena na same markere, što može biti nedostatak u aplikacijama u kojima je bitna besprijekorna integracija sa stvarnim svijetom. U scenarijima koji uključuju brojne markere, njihovo upravljanje i koordinacija može postati složeno. Svaki marker može pokrenuti drugačiji sadržaj ili radnje, što dovodi do potencijalne zabune za korisnike i programere. Dok je AR temeljen na markerima općenito isplativ, kvalitetan ispis markera može dovesti do dodatnih troškova. Visokokvalitetni markeri ključni su za glatko AR iskustvo, a troškovi ispisa ovih markera mogu se povećati, posebno u implementacijama velikih razmjera.

Na kraju, iako je AR koji se temelji na markerima osmišljen kako bi pojednostavio interakciju, korisnici koji su novi u tehnologiji još uvijek se mogu suočiti s krivuljom učenja. Moraju razumjeti kako svoje uređaje uskladiti s markerima i učinkovito pokrenuti AR iskustvo. Dok proširena stvarnost temeljena na markerima nudi brojne prednosti, bitno je prepoznati njezina ograničenja. Ovisnost o markerima, ograničena pokretljivost, ograničenja područja praćenja, osjetljivost na smetnje u stvarnom svijetu i drugi nedostaci moraju se uzeti u obzir pri ocjenjivanju prikladnosti ove tehnologije za određene primjene.

## 2.4 PROŠIRENA STVARNOST BEZ MARKERA

Kao što naziv sugerira, proširena stvarnost bez markera ne koristi marker za prekrivanje 3D slika. Koristi SLAM(Slika 12), što znači "istodobna lokacija i mapiranje". Omogućuje nam da svoje AR iskustvo postavimo gdje god želimo, sve dok je na relativno ravnoj površini. Umjesto upotrebe markera, AR iskustvo pokreće se odabirom određene AR značajke u aplikaciji. To se čak može učiniti klikom na vezu.



Slika 12 SLAM [14]

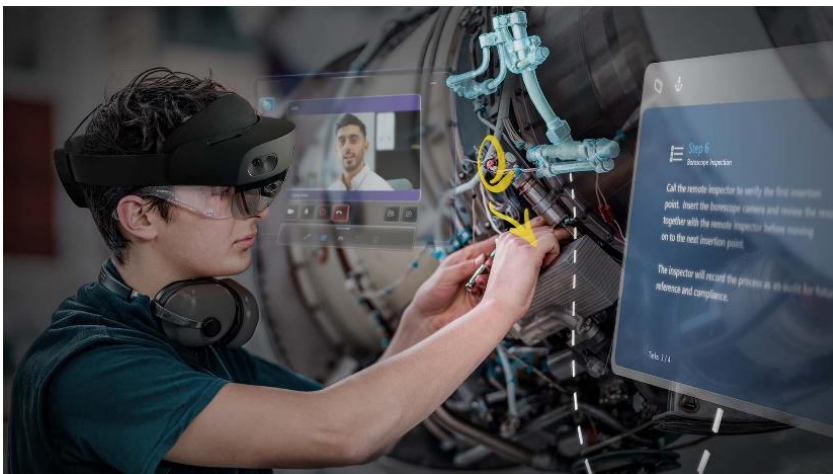
Proširena stvarnost bez markera skenira stvarni svijet i prekriva digitalne elemente na lako prepoznatljivim značajkama. Digitalne komponente temelje se na geometriji, a ne na markeru. Zahvaljujući igrama kao što je Pokémon Go, AR bez markera postao je iznimno popularan. Također se često koristi za virtualno pozicioniranje proizvoda i nastupe uživo. Proširena stvarnost bez markera ostavila je traga na popularnim platformama društvenih medija kao što je Snapchat(Slika 21). Ovdje višestruki filtri na kameri omogućuju postavljanje AR avatara, također poznatih kao Bitmoji, na bilo koju površinu i obavljanje bilo koje određene aktivnosti virtualno na zaslonu vašeg pametnog telefona.



Slika 13 Snapchat filteri: Primjer proširene stvarnosti bez markera [15]

Besprijekoran AR bez markera osnažuje tehnološku inovaciju situacije ili okoline vizualnim pregledom bez potrebe za okidačkom slikom za učitavanje AR sadržaja. Kao rezultat toga, možemo eksperimentirati s različitim kombinacijama artefakata, formata i lokacija. AR bez markera kombinira digitalne podatke s osobnim unosima u stvarnom vremenu snimljenim u fizičko područje. Za registraciju 3D slika u stvarnom okruženju, tehnologija spaja softver i zvuk. Također koristi vizualnu grafiku s kamerama, akcelerometrom, žiroskopom i uslugama lokacije pametnih telefona ili slušalica. AR bez markera otkriva stavke ili prepoznatljive značajke u sceni bez znanja o okolini. To uključuje zidove ili točke raskrižja. Vizualni učinak koji spaja računalne slike sa slikama stvarnog svijeta često je povezan s tehnologijom.

AR bez markera postavlja virtualne objekte na stacionarnu, prethodno snimljenu 2D sliku u svom najjednostavnijem obliku. Naravno, ovo nije najsuvremenija metoda. Briše granice između proširene stvarnosti i uređivanja fotografija. Međutim, za aplikacije koje žele ponuditi izvanmrežni AR umjesto iskustava uživo, to je osnovno i jednostavno za uključivanje. Na drugom kraju spektra su AR sustavi bez markera. Koriste RGB-D SLAM i tehnike senzorske tehnologije. Najistaknutiji primjer je HoloLens iz Microsofta (Slika 14). Ovi sustavi kombiniraju podatke s osnovnih RGB kamera s infracrvenim kamerama kako bi stvorili 3D kartu okruženja korisnika dok koriste aplikaciju. Ova je značajka važan dio SLAM okvira za praćenje. To je zato što omogućuje aplikacijama koje rade na tim uređajima da konkretno smjeste digitalne informacije u prostor [16].



Slika 14 Microsoft HoloLens [17]

### **2.4.1 Radni principi proširene stvarnosti bez markera**

Proširena stvarnost funkcionira prekrivajući digitalne objekte, informacije ili druge senzorne elemente na vrhu fizičkog svijeta kako bi korisnicima pružila korisno, informativno ili zabavno iskustvo, ovisno o aplikaciji. AR se može koristiti na nizu uređaja, uključujući pametne telefone ili tablete, slušalice ili naočale.

AR treba specifične komponente za stvaranje istinski realističnog i impresivnog iskustva. Uključujući (ali ne ograničavajući se na):

Ulazni uređaji: ulazni uređaji uključuju kamere i senzore, koji se koriste za snimanje stvarnog okruženja, ti se podaci zatim šalju na obradu.

Računalni procesori: ovisno o uređaju procesor(i) će se razlikovati. Podaci koje šalju ulazni uređaji zatim se obrađuju pomoću algoritama za praćenje lokacije, orijentacije i objekata u stvarnom okruženju, omogućujući precizno postavljanje digitalnih objekata. Objekti se također prikazuju prije integracije u fizičko okruženje.

Izlazni uređaji: također poznati kao zaslone, projektori ili drugi zaslone prikazuju kombinirani digitalni i fizički svijet za besprijekorno iskustvo proširene stvarnosti.

Najčešći AR uređaji su mobilni telefoni, poznajete stvar u ruci ili džepu 90% vremena? Mobilni telefoni imaju sve potrebne komponente za omogućavanje AR iskustava, one nipošto nisu najzanimljivije, ali su još uvijek nevjerovatno moćne, i da ne zaboravimo, široko dostupne [18].

Upoznajmo i načela rada AR-a bez markera.

#### **1. Prepoznavanje scene:**

Putovanje AR-a bez markera počinje prepoznavanjem scene, gdje kamera uređaja postaje leća kroz koju se promatra stvarno okruženje. Ovaj live video feed služi kao platno na kojem će se slikati virtualni sadržaj.

#### **2. Otkrivanje i ekstrakcija značajki:**

U središtu AR-a bez markera nalazi se sposobnost uočavanja karakterističnih vizualnih značajki unutar okoline. Ove značajke mogu uključivati rubove, kutove, teksture, gradijente



boja ili bilo koje druge jedinstvene vizualne elemente. Napredni algoritmi za otkrivanje značajki pomno analiziraju video feed uživo i izdvajaju ključne točke iz ovih značajki.

### **3. Praćenje značajki:**

Kako se kamera ili korisnik pomiču, AR sustav marljivo prati kretanje i promjene u otkrivenim značajkama u stvarnom vremenu. Ovo kontinuirano praćenje omogućuje sustavu da razumije kako se scena u stvarnom svijetu razvija, čime se osigurava precizno poravnanje virtualnih objekata.

### **4. Podudaranje značajki:**

Otkrivene značajke zatim se uspoređuju s bazom podataka unaprijed naučenih ili mapiranih značajki, koja se često naziva baza podataka značajki ili karta. Ova baza podataka sadrži informacije o 3D položaju i orijentaciji ovih značajki u stvarnom svijetu. Uspoređujući otkrivene značajke s onima u bazi podataka, AR sustav uspostavlja korespondenciju i otkriva relativni položaj i orijentaciju kamere.

### **5. Procjena poze:**

Koristeći usklađene značajke i njihove poznate 3D položaje, AR sustav orkestrira zamršeni ples procjene položaja u stvarnom vremenu. Ovaj proces uključuje izračun precizne pozicije i orijentacije kamere te kamen temeljac za osiguranje točnog postavljanja virtualnih objekata unutar scene stvarnog svijeta.

### **6. Povećanje i postavljanje predmeta:**

S položajem i orijentacijom kamere sada u svom repertoaru, AR sustav vješto postavlja virtualne objekte ili informacije u video prijenos uživo. Ovi virtualni entiteti prikazani su s preciznom pažnjom posvećenom detaljima, stvarajući iluziju da harmonično postoje unutar istog fizičkog prostora kao i stvarni svijet. Čimbenici kao što su osvjetljenje, sjene i perspektiva pomno se razmatraju kako bi se osigurala besprijekorna integracija.

### **7. Renderiranje u stvarnom vremenu:**

AR softver je u stalnom stanju renderiranja, kontinuirano prilagođavajući izgled i položaj virtualnih objekata kako se kamera ili korisnik pomiču. Ovo prikazivanje u stvarnom vremenu obuhvaća održavanje pravilne okluzije (gdje se virtualni objekti pojavljuju iza

stvarnih objekata) i osiguranje dosljedne brzine kadrova, što je bitno za glatko i impresivno korisničko iskustvo.

## 8. Interakcija:

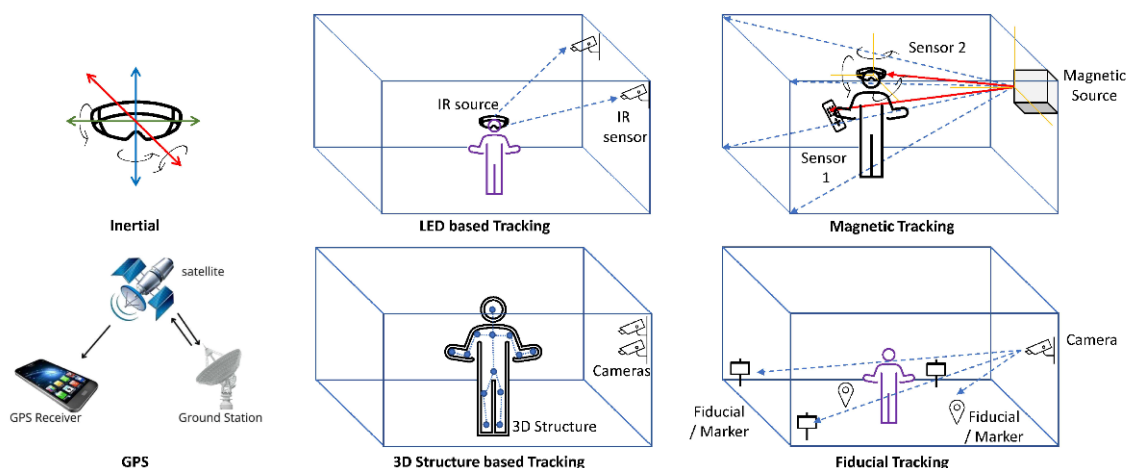
AR bez markera nije samo promatranje; radi se o interakciji. Korisnici mogu raditi s proširenim elementima na različite načine, uključujući dodir, geste, glasovne naredbe ili druge metode unosa. AR sustav ostaje na oprezu, neprestano ažurirajući virtualni sadržaj kako bi odgovorio na radnje korisnika i prilagodio se promjenama u stvarnom okruženju.

## 9. Praćenje i kalibracija:

Kako bi se održala delikatna ravnoteža usklađivanja između stvarnog i virtualnog svijeta, AR sustavi bez markera implementiraju kontinuirano praćenje i kalibraciju. Ovaj proces koji je u tijeku uključuje ponovnu procjenu položaja kamere i precizne prilagodbe virtualnih objekata kako se korisnik kreće ili kako scena prolazi kroz transformacije.

## 10. Razumijevanje okoliša:

Kako bi podigli AR iskustvo na nove visine, neki sustavi bez markera integriraju mogućnosti razumijevanja okoline. To podrazumijeva prepoznavanje i identifikaciju objekata u stvarnom svijetu, razlikovanje prikladnih površina za postavljanje predmeta i prilagodbu promjenjivim uvjetima osvjetljenja kako bi se osiguralo živopisno prikazivanje.



Slika 15 Tehnologija praćenja u proširenoj stvarnosti [19]

AR bez markera svjedoči o konvergenciji naprednog računalnog vida, strojnog učenja i obrade u stvarnom vremenu. Njegove aplikacije obuhvaćaju različite domene, od igara i navigacije do obrazovanja, pomoći na daljinu i industrijske obuke. Nudeći korisnicima besprijekoran spoj stvarnog i virtualnog svijeta, AR bez markera uveo je novu eru impresivnih i interaktivnih iskustava, a sve bez potrebe za fizičkim markerima ili QR kodovima.

## **2.4.2 Najvažniji tipovi proširene stvarnosti bez markera**

### **1. Proširena stvarnost temeljena na lokaciji**

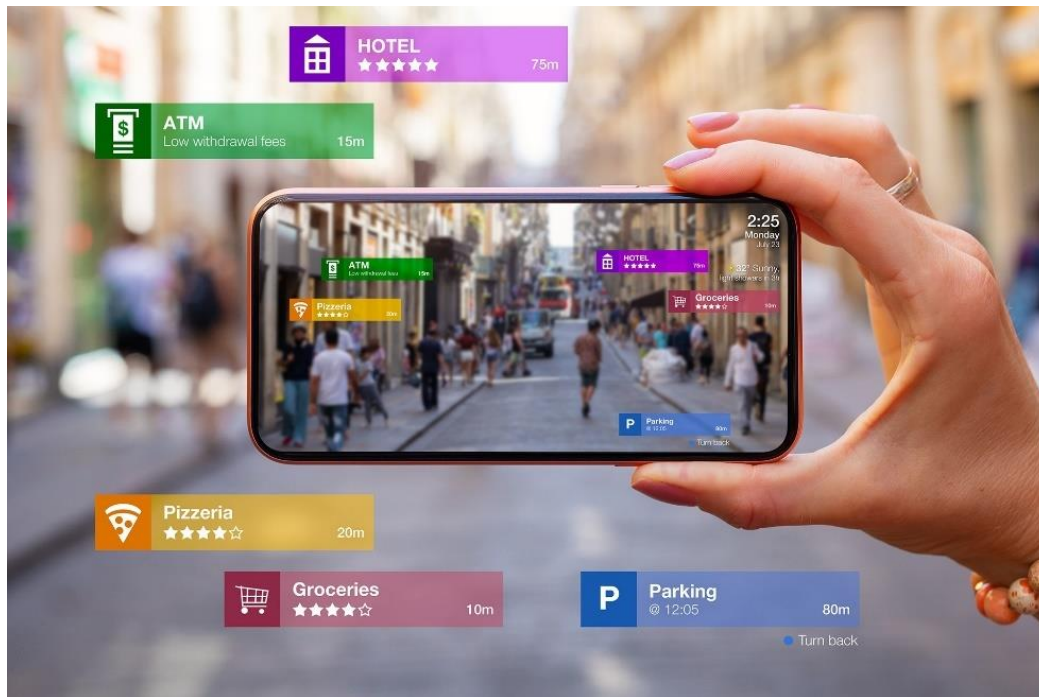
AR koji se temelji na lokaciji je proširena stvarnost koja ne koristi oznake i temelji se na tome gdje se nalazite. S ovim rješenjem ne trebate nikakve jedinstvene značajke da biste otkrili gdje se nalaze virtualni objekti. Ona koristi GPS, akcelerometre, digitalne kompase i druge tehnologije za određivanje gdje se uređaj nalazi i gdje se nalazi u prostoru. Većina modernih mobitela ima potrebne senzore, tako da svatko tko posjeduje mobilni telefon može koristiti ovu moćnu tehnologiju.

AR aplikacije koje se temelje na lokaciji mogu funkcionirati samo ako se tehnologije geopozicioniranja i proširene stvarnosti koriste ispravno i prikazuju točne podatke. Ova vrsta AR aplikacije koristi ono što se naziva "točkama interesa", koje su posebne geo oznake.

Prvo, aplikacija mora otkriti što su ti geo markeri. To znači otkriti gdje je telefon upravo sada. GPS je jedna od najpoznatijih tehnologija za to, ali postoje i druge, uključujući one koje se mogu koristiti u zatvorenom prostoru. AR aplikacije koriste podatke s digitalnog kompasa i akcelerometara te GPS-a. Kada aplikacija pronađe određenu točku interesa, čini da se elementi proširene stvarnosti pojavljuju na vrhu stvarnog svijeta. Ovi elementi uključuju glazbu, animacije, videozapise, slike i tekst. Neke aplikacije dopuštaju korisnicima pomicanje virtualnih objekata, ali neke ne.

Korištenje aplikacija proširene stvarnosti koje se temelje na lokaciji bez markera može biti izvrstan način da putovanje učinite zabavnijim. Dakle, sada se mnogo koristi, posebno u ovom području. Pomaže turistima da pronađu nova mjesta na koja mogu otići i pronađu najpopularnije stvari koje mogu brzo vidjeti na svojim telefonima u stvarnom vremenu. Proširena stvarnost temeljena na tome gdje se nalazite može se koristiti u aplikacijama za

navigaciju kako bi bile mnogo korisnije. Na primjer, putnik može usmjeriti kameru prema ulici kako bi pronašao najbliži restoran(Slika 16) [20].



Slika 16 Korištenje AR-a povezanog s geolokacijom [21]

## 2. Proširena stvarnost temeljena na projekciji

Proširena stvarnost temeljena na projekciji koristi projektore za prekrivanje AR sadržaja izravno preko stvarnih objekata koristeći tehnike mapiranja projekcije. To omogućuje korisnicima gledanje AR sadržaja golim okom bez potrebe za vanjskim AR naočalama za glavu ili ručnim uređajima s omogućenom AR (pametnim telefonima). U usporedbi s AR-om koji se temelji na slušalicama ili pametnom telefonu, – Projicirani AR koristi slične principe, tj. mapiranje i praćenje objekata, ali ima drugačiji pristup pri preklapanju sadržaja. Velika prednost za korisnike ove vrste proširene stvarnosti je da ne osjećaju nikakav umor jer nema dodatne opreme koja vas opterećuje. Zajedničko AR iskustvo još je jedna velika prednost projekcijskog AR-a jer omogućuje grupi ljudi da gleda AR sadržaj odjednom.

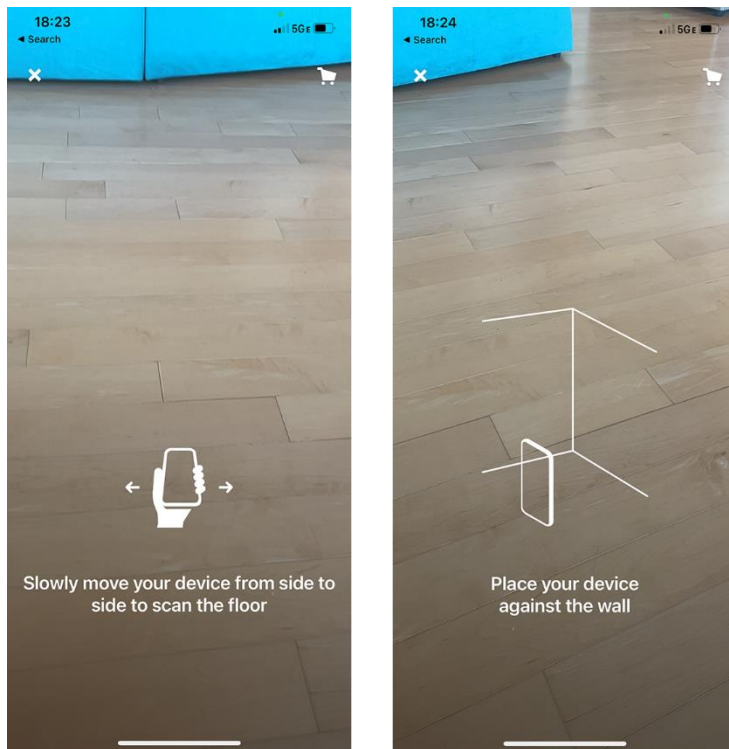
Četiri su koraka uključena u projektiranu proširenu stvarnost

1. Kalibriranje
2. Procjena dubine i rubova

### 3. Oblikovanje

### 4. Projektiranje

Kalibracija – Objektiv projektora i kamera za mapiranje dva su različita objekta s različitim točkama gledišta. U fazi kalibracije, projektor se kalibrira prema kameri kako bi se osiguralo da su projicirana slika i kamera zajedno sinkronizirani (Slika 17).



Slika 17 Kalibracija [22]

Procjena dubine i rubova – Najčešća metoda detekcije rubova koristi niz vodoravne i okomite strukturirane svjetlosti. To omogućuje kameri izdvajanje informacija o dubini i rubovima površine za projekciju. U sustavu dinamičke AR projekcije (gdje se površina projekcije pomiče) koristi se kamera za praćenje položaja i sustav projekcije.

Dizajn – U ovoj fazi, animirani dizajn i uzorci pripremaju se u softveru za dizajn kao što je After-Effects. Tu je i prilagođeni softver za AR projekcije kao što je Lightform Creator, koji dolazi s unaprijed ugrađenim efektima i nizom naprednih alata koji olakšavaju dizajniranje stvari za AR.

Projekcija – Nakon što je kamera kalibrirana na projektor, generiraju se mapa dubine i mapa rubova, zatim se definira područje projekcije i odabiru animirani dizajni – jedino što preostaje je projicirati AR sadržaj na površinu.

Imamo dva tipa ove proširene stvarnosti a to su statička i dinamička. U statičkoj AR projekciji projekcijska površina je statična, kao i projicirani sadržaj. Možda ćete vidjeti upotrebu animacija i digitalnih efekata, ali nema promjena koje se temelje na okidaču ni u digitalnom sadržaju ni u površini za projekciju.

Kod dinamičke proširene stvarnosti temeljene na projekciji dinamičko projekcijsko mapiranje AR je interaktivne prirode gdje se površina projekcije može pomicati, a sam AR sadržaj je dinamičan i u interakciji je s fizičkim okidačima.

Neka od ograničenja projektirane stvarnosti: zahtijeva tamno (zatamnjeno) okruženje – Drugim riječima, ne može se koristiti na svijetlim mjestima ili na otvorenom danju. Nadalje zahtijeva skupo postavljanje, te s obzirom da se temelji na projekciji, prilikom interakcije s rukama baca sjene [23].

### 3. Proširena stvarnost temeljena na prekrivanju

Prekrivanja proširene stvarnosti (AR) predstavljaju transformativnu tehnološku granicu s potencijalom preoblikovanja brojnih industrija i poboljšanja ljudskih iskustava na duboke načine. Kada se učinkovito implementiraju, ova preklapanja postaju neprocjenjivi alati, pružajući organizacijama obilje informacija i situacijsku svijest što može dovesti do donošenja odluka na više informacija i poboljšanih rezultata. Međutim, izazov leži u pronalaženju delikatne ravnoteže između korisnosti i upotrebljivosti, budući da loše izvedeni AR slojevi mogu rezultirati tuneliranjem pažnje i kognitivnim preopterećenjem.

Primjene AR-a bez markera nevjerojatno su svestrane i obuhvaćaju različite sektore. Razmotrite medicinsko područje, gdje liječnici mogu neprimjetno pristupiti informacijama o pacijentu koji se nalaze na njihovom vidnom polju, dok održavaju kontakt očima, eliminirajući potrebu za preusmjerenjem svoje pažnje na elektroničke zdravstvene kartone na prijenosnim računalima. Kirurzi imaju koristi od podataka u stvarnom vremenu i uputa prilagođenih specifičnoj operaciji, pacijentu i trenutku, što omogućuje neometane postupke.

U obrazovnim postavkama, nastavnici naoružani AR slojevima, u kombinaciji s IoT sensorima poput biometrijskih uređaja, dobivaju dragocjene uvide u podatke učenika, omogućujući im da učinkovitije prilagode svoje interakcije. Učenici, zauzvrat, dobivaju sveobuhvatne i kontekstualno relevantne informacije, poboljšavajući kvalitetu svog obrazovanja.

U području građevinarstva, radnici opremljeni AR-om mogu identificirati opasnosti i pristupiti vodičima za specifične zadatke bez ruku, osiguravajući sigurnije i učinkovitije operacije. Za potrošače, AR omogućuje vizualizaciju proizvoda u njihovim domovima, nudeći jedinstveno iskustvo kupnje. Klijenti u raznim industrijama mogu vizualizirati svoje projekte i komunicirati s njima, bilo da se radi o zgradi, dizajnu prostorija ili novom proizvodu, mnogo prije nego što započne bilo kakav fizički rad.

Čini se da je potencijal proširene stvarnosti temeljene na prekrivanju neograničen, ali ostaje kritičan čimbenik: kvaliteta samog iskustva proširene stvarnosti. Iako tehnologija može pružiti mogućnosti, stvaranje iskustva koje duboko rezonira s ljudskim bićima složen je pothvat. Ljudi, u osnovi analogna bića, nisu inherentno predisponirani za uključivanje u digitalno područje. Stoga je izazov učiniti digitalne interakcije sveobuhvatnima i istinski korisnima za ljude.

U tom se kontekstu pripovijedanje pojavljuje kao ključni element, slično vezivnom sredstvu u receptu. Baš kao što žumanjak stabilizira emulziju ulja i octa za stvaranje majoneze, pripovijedanje služi kao ljepilo koje usklađuje različitost između analogne prirode ljudskog postojanja i digitalnog svijeta AR-a. Učinkovito pripovijedanje unutar AR iskustva premošćuje jaz, čineći tehnologiju besprijekornom i relevantnom za ljudske živote.

Ukratko, prekrivanja proširene stvarnosti imaju ogroman potencijal za revoluciju u industriji i poboljšanje ljudskih iskustava. Međutim, uspjeh u ovom nastojanju ovisi o sposobnosti stvaranja AR iskustava koja nisu samo tehnološki napredna, već su i duboko privlačna i značajna za pojedince. Pripovijedanje se pojavljuje kao vitalna komponenta, olakšavajući integraciju analognog i digitalnog područja i osiguravajući da AR postane transformativna sila na bolje [24].

#### 4. Proširena stvarnost temeljena na konturama

AR temeljen na konturama vrhunski je pristup proširenoj stvarnosti koji se fokusira na prepoznavanje i interakciju s konturama ili obrisima fizičkih objekata. Za razliku od AR-a temeljenog na markerima, koji se oslanja na unaprijed definirane markere ili uzorke, AR temeljen na konturama koristi računalni vid i algoritme strojnog učenja za prepoznavanje i praćenje rubova i oblika objekata iz stvarnog svijeta u stvarnom vremenu.

AR temeljen na konturama ima potencijal poremetiti brojne industrije i poboljšati različite aspekte naših života. Može pomoći kirurzima tijekom složenih zahvata prekrivanjem vitalnih informacija, poput 3D rekonstrukcija unutarnjih organa, izravno na tijelo pacijenta. Arhitekti i dizajneri interijera mogu koristiti AR temeljen na konturama za točnu vizualizaciju svojih dizajna unutar fizičkih prostora. U obrazovanju studenti mogu istraživati detaljne 3D modele povijesnih artefakata, bioloških uzoraka ili matematičkih pojmova. U maloprodaji kupci mogu vizualizirati kako će se namještaj, odjeća ili drugi proizvodi uklopiti u njihove domove ili živote prije kupnje. Navigacijske aplikacije mogu imati koristi od AR-a temeljenog na konturama prekrivajući intuitivne upute na korisnikov pogled iz stvarnog svijeta. [25]

Dok AR temeljen na konturama ima golemo obećanja, također se suočava s izazovima koje je potrebno riješiti kako bi se široko usvojio. Ovi izazovi uključuju brigu o privatnosti podataka, računalnu snagu potrebnu za otkrivanje i praćenje obrisa u stvarnom vremenu, integraciju tehnologije u postojeće sustave i aplikacije te osiguravanje korisničkog iskustva koje poboljšava, a ne komplicira dnevne aktivnosti.

U ovoj se tehnologiji koriste posebne kamere za ljudsko oko u određenim uvjetima. Primjerice, u automobilskim navigacijskim sustavima ova se tehnologija koristi za sigurnu vožnju u uvjetima slabe vidljivosti. U proširenoj stvarnosti temeljenoj na konturama (ili crtanju proširene stvarnosti), SLAM se koristi za crtanje pogleda na objekte i simulaciju stvarne ljudske interakcije. Na primjer, može se koristiti za razvoj softvera za sigurnu vožnju noću, slabo osvijetljenim cestama, jakim kišama i drugim situacijama slabe vidljivosti [25].

AR temeljen na konturama predstavlja uzbudljivu granicu u evoluciji tehnologije proširene stvarnosti. Koristeći računalni vid i strojno učenje, obećava premošćivanje jaza između digitalnog i fizičkog svijeta na inovativne načine. Kako ova tehnologija sazrijeva i postaje



pristupačnija, njezine će se primjene u različitim industrijama nastaviti širiti, mijenjajući način na koji radimo, učimo, kupujemo i komuniciramo s okolinom. Međutim, bitno je riješiti izazove povezane s privatnošću, računalnom snagom i korisničkim iskustvom kako bi se otključao puni potencijal AR-a koji se temelji na konturama. Uz stalna istraživanja i razvoj, AR temeljen na konturama spreman je oblikovati budućnost proširene stvarnosti, čineći naše živote impresivnijim i međusobno povezanim nego ikad prije.

### **2.4.3 Prednosti proširene stvarnosti bez markera**

Proširena stvarnost bez markera nudi nekoliko prednosti u odnosu na AR temeljen na markerima, što je čini svestranom tehnologijom prilagođenom korisniku. Besprijekorno integrira virtualni sadržaj u stvarni svijet, eliminirajući potrebu za fizičkim markerima ili QR kodovima. Korisnici mogu uživati u intuitivnijem i sveobuhvatnijem iskustvu jer ne moraju točno postavljati oznake. AR bez markera vrlo je prilagodljiv različitim okruženjima i scenarijima, što ga čini prikladnim za različite primjene. Ova tehnologija često uključuje napredne tehnike računalnog vida za prepoznavanje i praćenje objekata, omogućujući AR aplikacijama prepoznavanje i interakciju s objektima iz stvarnog svijeta. Korisnici mogu prirodnije komunicirati s AR sadržajem bez markera, postavljajući virtualne objekte na stvarne površine bez potrebe za markerima. AR bez markera je skalabilan i može se implementirati na širok raspon uređaja i platformi, od pametnih telefona do pametnih naočala.

U nekim slučajevima AR bez markera može biti manje vizualno nametljiv jer ne zahtijeva fizičke markere u okruženju. Našao je primjenu u obrazovanju, zdravstvu, marketingu, arhitekturi, industrijskoj obuci itd. AR sustavi bez markera mogu prilagoditi sadržaj na temelju stvarnog okruženja i interakcije korisnika, što dovodi do dinamičnog AR iskustva svjesnog konteksta. Kako tehnologija napreduje, AR bez markera vjerojatno će postati još svestraniji i rašireniji u raznim industrijama i svakodnevnim aplikacijama.

Kada Ikea postavi komad namještaja ili kada igrate Pokemon Go da stavite pokemona u prikaz kamere uživo na vašem uređaju, tada možemo vidjeti kako radi AR-a bez markera. Besprijekoran AR bez markera omogućuje digitalnu transformaciju putem skeniranja scenarija ili okruženja bez potrebe za okidačkom slikom za učitavanje AR sadržaja. Tako možemo isprobati razne kombinacije objekata i stilova te lokacija.

Kao što već znamo, AR bez markera koristi koncept koji se zove SLAM — istodobna lokacija i mapiranje koji pomaže postaviti AR sloj gdje god želimo sve dok je površina ravna površina. Stoga bi nam trebao naš fotoaparati da bismo mogli prepoznati ravnu površinu. Dakle, da bi računalni vid pomogao bolje identificirati ravnu površinu, ona bi trebala imati malo teksture. Stoga obično ne možemo koristiti AR bez markera na monokromatskim površinama. Vossle omogućuje stvaranje bogatog AR iskustva korištenjem tehnologije bez markera. Omogućuje vam učitavanje 3D objekta preklapanja koji vam pomaže da generirate vezu do iskustva ili QR koda koji se može skenirati pomoću kamere.

AR aplikacije bez markera mogu slobodno premještati digitalne objekte u fizičkom prostoru. Nema potrebe za skeniranjem slike okidača/oznake. U AR-u bez markera, AR objekt možda nema smisla uvijek lebdjeti u zraku u bilo kojoj specifičnoj postavci. Za besprijeckorno iskustvo, AR bez markera treba površinu s teksturom da bi je računalni vid prepoznao. U slučaju da se ravna površina ne razlikuje od okolnog područja, to bi moglo utjecati na renderiranje AR sloja.

AR bez markera ne zahtijeva učinkovit sustav praćenja objekata i pruža stabilno AR iskustvo. Bogato AR iskustvo bez markera sada se može stvoriti zahvaljujući velikom napretku u kamerama, algoritmima, senzorima i procesorima mobilnih telefona i tableta [26].

#### **2.4.4 Nedostaci proširene stvarnosti bez markera**

Proširena stvarnost bez markera (AR) je tehnologija s raznim prednostima, ali dolazi i sa svojim udjelom nedostataka.

S pozitivne strane, AR bez markera besprijeckorno integrira digitalni sadržaj u stvarni svijet bez potrebe za fizičkim markerima ili QR kodovima. Ova integracija poboljšava korisničko iskustvo, omogućujući intuitivniju i sveobuhvatniju interakciju. Vrlo je prilagodljiv različitim okruženjima i svestran u raznim primjenama, od igara do industrijske obuke. AR bez markera često koristi napredne tehnike računalnog vida za prepoznavanje i praćenje objekata, omogućujući interakciju s objektima iz stvarnog svijeta. Korisnici mogu prirodno komunicirati s virtualnim sadržajem, povećavajući osjećaj prisutnosti.

Međutim, treba uzeti u obzir neke nedostatke. Razvoj AR aplikacija bez markera može biti složen i zahtijevati mnogo resursa, zahtijevajući stručnost u računalnom vidu. Hardverska ograničenja na nekim uređajima mogu dovesti do neoptimalnih AR iskustava. Čimbenici okoline poput rasvjete i nereda mogu utjecati na performanse. Zabrinutost u vezi s privatnošću može se pojaviti zbog stalne analize korisnikovog okruženja, što potencijalno može dovesti do problema sa sigurnošću podataka. AR aplikacije bez markera mogu zahtijevati velike resurse, trošiti bateriju i procesorsku snagu. Programeri se mogu suočiti s krivuljom učenja kako bi svladali potrebne tehnologije.

Točnost u prepoznavanju i praćenju objekata ne mora uvijek biti savršena, što dovodi do povremenih grešaka. Nedostatak standardizacije u AR-u bez markera može otežati stvaranje univerzalno kompatibilnih aplikacija. Privatnost podataka još je jedna briga jer te aplikacije mogu zahtijevati pristup korisničkim podacima, uključujući slike i videozapise svog okruženja. Konačno, možda će biti potrebno početno postavljanje ili postupak kalibracije, što bi moglo biti prepreka za neke korisnike.

### 3 PROŠIRENA STVARNOST U OBRAZOVANJU

Tehnologija proširene stvarnosti je tehnologija učenja koja proces učenja čini interaktivnim, povećavajući stupanj vidljivosti i uključenosti učenika. Primjena tehnologije proširene stvarnosti pretvara proces korištenja vizualnih pomagala i maketa na kvalitativno novu razinu. Rad sa sveučilišta u Sankt Petersburgu tvrdi da će tehnologija u bliskoj budućnosti postati sastavni dio obrazovnog procesa, zajedno s kompetentno kreiranim sadržajem suvremenih multimedijских nastavno-metodičkih kompleksa koji se koriste u suvremenim sustavima e-učenja, obrazovnom laboratorijskom opremom i tradicionalnim nastavnim i metodičkim materijalima.

Pregledom literature naišao sam na istraživanje provedeno u Turskoj na Gazi sveučilištu 2019. godine. U ovom istraživanju procijenjena je učinkovitost aplikacija Mobile Augmented Reality (MBAR) u obrazovanju. Ispitanici su bili podvrgnuti predtestovima prije primjene MBAR-a, nakon čega su uslijedili testovi postignuća i postojanosti kao post-testovi. Analiza je pokazala da nema značajne razlike u rezultatima postignuća prije testiranja između eksperimentalne i kontrolne skupine. Međutim, eksperimentalna skupina pokazala je značajan napredak u posttestnim rezultatima i rezultatima testa trajnosti u usporedbi s kontrolnom skupinom. Studija sugerira da su MBAR aplikacije pozitivno utjecale na postignuća učenika u prirodoslovlju. I eksperimentalna i kontrolna skupina iskusile su bolje rezultate, pri čemu je eksperimentalna skupina bila bolja od kontrolne skupine. Unatoč značajnom pozitivnom utjecaju na akademska postignuća, rezultati trajnosti su se smanjili u obje skupine, što ukazuje na pad u zadržanom znanju. Druge studije spomenute u tekstu također podupiru ideju da aplikacije proširene stvarnosti poboljšavaju razumijevanje i doprinose boljem akademskom uspjehu. Zaključak naglašava potrebu za daljnjim detaljnim studijama kako bi se istražili dugoročni učinci primjene MBAR-a. Sveukupno, studija sugerira da dobro osmišljene MBAR aplikacije imaju pozitivan učinak na različita nastavna područja, te njihovu implementaciju treba podržati i proširiti, s fokusom na detaljan dizajn i kontinuirano praćenje za sveobuhvatno razumijevanje njihovih učinaka. [27]

Jedno istraživanje provedeno u Turskoj se bavilo utjecajem aplikacija proširene stvarnosti (AR) na znanje iz predmeta s područja prirodnih znanosti u sedmom razredu, procjenjujući

stavove učenika i akademske rezultate. Eksperimentalna skupina pokazala je značajan pozitivan stav(4,67/5) prema korištenju AR aplikacija. Suprotno tome, negativan stav prema korištenju istih, pojavio se kod izrazito malog broja ispitanika iz eksperimentalne skupine (1,14/5). Spremnost za prihvaćanje AR-a za buduće lekcije bila je visoka (4,76/5), što označava pozitivnu sklonost prema uključivanju AR-a u šire obrazovne kontekste. Učenici su pokazali poboljšano razumijevanje i angažman kada su korištene AR aplikacije, unatoč tehničkim problemima poput ponovnog pokretanja videa i problema s povezivanjem.

Akademski je eksperimentalna skupina pokazala bolje rezultate motivacije u polju znanosti, ističući pozitivan utjecaj AR-a na ishode učenja. Skala materijalne motivacije otkrila je snažne pozitivne reakcije i odgovore (4,49 i 4,48/5) u smislu pažnje, praktičnosti, povjerenja i zadovoljstva materijalima koji se koriste uz AR aplikacije. Studija je pružila značajne dokaze koji ističu povoljan utjecaj AR-a na stavove učenika, akademski uspjeh i motivaciju u učenju predmeta iz područja prirodnih znanosti. Preporuke su uključivale rješavanje tehničkih izazova i proširenje istraživanja AR aplikacija na različite obrazovne kontekste. [28]

### **3.1 Proširena stvarnost bez markera u nastavi**

Putem izrade i testiranja mobilne aplikacije pokazat ću neke osnovne ideje korištenja aplikacija ovog tipa. Opisat ću metodologiju rada, što je sve korišteno za izradu(programi, tehnologije), proći kroz strukturu aplikacije, korake pri izradi i na kraju je i testirati. Radi se o prototipu aplikacije za proučavanje planeta(u ovom slučaju Mars i Zemlja).

#### **3.1.1 Pregled istraživanja**

U istraživanju provedenom 2023. se opisuje razvoj aplikacije proširene stvarnosti (AR) pomoću Unity Enginea, namijenjene mobilnim platformama. Primarni fokus je na stvaranju obrazovnog alata s dinamički optimiziranim AR iskustvima usmjerenim na poboljšanje procesa učenja. Aplikacija prikazuje prototip koji sadrži četiri kategorije - životinje, voće, sport i cvijeće - svaka s tri različita 3D modela koje korisnici mogu postaviti i komunicirati s njima u svom okruženju. Korisničko sučelje dizajnirano je tako da bude intuitivno, što omogućuje učinkovitu interakciju s različitim modelima. Značajno, aplikacija je optimizirana kako bi osigurala glatko i impresivno iskustvo čak i na uređajima niže klase. Ova optimizacija odražava se u smanjenom korištenju hardvera, rješavajući uobičajene probleme kao što je pregrijavanje pametnog telefona tijekom korištenja AR-a.

Interaktivnost na razini pokreta ključna je značajka koja korisnicima omogućuje manipuliranje 3D modelima putem radnji poput povlačenja za pomicanje, uvijanja za rotiranje i stiskanja prstiju za smanjivanje. Ovaj interaktivni element ima za cilj produbiti korisnikovo razumijevanje predmeta i dodati motivaciju procesu učenja. Administrativna funkcija je integrirana, što administratorima omogućuje dodavanje novih 3D modela u oblak. Ti se modeli zatim mogu prikazati u stvarnom vremenu, pružajući instruktorima fleksibilnost da dinamički uvode određeni obrazovni sadržaj. Tekst uključuje tablicu koja prikazuje metriku potrošnje resursa prije i poslije optimizacija. Poboljšanja su očita u smanjenoj upotrebi CPU-a i GPU-a, smanjenoj potrošnji memorije i bržim brzinama učitavanja. Ove optimizacije doprinose impresivnijem dizajnu koji je lakši za korištenje. Zaključno, AR aplikacija pozicionirana je kao vrijedan dodatak tradicionalnom obrazovanju, nudeći interaktivni način učenja. Budući planovi uključuju stvaranje zajedničkog iskustva suradnje pohranjivanjem metapodataka i modela u oblak, omogućujući korisnicima da dijele svoja AR iskustva. Istaknut je potencijal aplikacije za obrazovne ustanove, naglašavajući njezinu sposobnost dinamičkog renderiranja 3D modela iz oblaka radi poboljšanja mobilnih AR performansi. [29]

U studiji provedenoj u Danskoj, istraživači su razvili aplikaciju za učenje proširene stvarnosti (AR) za cvjećarsku industriju, primjenjujući različita načela i teorije dizajna. Proveli su kontrolirani laboratorijski eksperiment uspoređujući učinkovitost AR-a s tradicionalnim, papirnatim materijalima za učenje u učionici. AR aplikacija koristila je strojno učenje za prepoznavanje i prijevod slika u stvarnom vremenu kako bi naučila imena cvijeća.

U potrazi za rješavanjem svojih istraživačkih pitanja, tim je razvio aplikaciju proširene stvarnosti (AR) bez markera dizajniranu za olakšavanje identifikacije objekata i učenja u okruženjima stvarnog svijeta. Aplikacija, koja uranja korisnike u izmišljeni scenarij učenja, korištena je u laboratorijskom eksperimentu koji uključuje dvije različite skupine. Jedna skupina koristila je alat temeljen na AR-u, dok je druga koristila tradicionalni alat temeljen na papiru. Ono što je važno, studija nije imala za cilj izravnu usporedbu AR tehnologija bez markera i onih koje se temelje na markerima. Istraživanje je usvojilo dizajn statične grupe, fokusirajući se na procjenu razlika u zadatku i uspješnosti učenja između dviju grupa mjerenjem vremena izvršenja zadatka i procjenom odgovora na upitnik nakon testiranja. Ostatak rada slijedi strukturirani format, koji obuhvaća povezani rad, teoretsku pozadinu,

pojediniosti o razvoju aplikacija, integraciju načela dizajna temeljenih na teoriji, korištenje skupa podataka, postavljanje eksperimenta i izvođenje. Istraživanje je ocijenilo upotrebljivost, učinkovitost i potencijal za poučavanje i učenje AR aplikacije. Mjerenje je uključivalo percipiranu korisnost, percipirano učenje, motivaciju, objektivnu izvedbu i skalu upotrebljivosti sustava. Dizajn aplikacije integrirao je principe iz kognitivne teorije, mobilnog učenja i učenja temeljenog na igrama. Dizajn istraživanja imao je za cilj eliminirati razlike u ekvivalentnosti informacija i kontrolirati ključne elemente istraživanja. Eksperiment je uključivao skupljanje cvijeća na temelju oblaka riječi, pri čemu su sudionici u AR grupi koristili aplikaciju, a kontrolna grupa koristila je papirni katalog.

Rezultati su pokazali da, u smislu objektivne izvedbe zadatka, AR skupina nije nadmašila kontrolnu skupinu i nižu je percipirala korisnost alata. Međutim, AR skupina pokazala je značajno bolje objektivno učenje u upitniku nakon testiranja. Studija sugerira da iako AR možda neće poboljšati izvedbu zadataka, može biti učinkovit za poboljšanje objektivnih ishoda učenja. [30]

Rad je strukturirao istraživački tim kako bi predstavio kontekst, obuhvaćajući povezani rad i teoretsku pozadinu implementacije proširene stvarnosti (AR) bez markera. Tim pruža detaljan uvid u proces razvoja aplikacije, naglašavajući ugradnju načela dizajna ukorijenjenih u teorijama učenja. Dodatno, oni predstavljaju skup podataka koji se koristi za prepoznavanje slike i precizno opisuju postavku i izvođenje eksperimenta.

U vezi s prototipom aplikacije usmjerene na obrazovanje, koja prikazuje planete Mars i Zemlju, aplikacija je usklađena s ciljevima istraživačkog tima za unaprjeđenje učenja putem AR-a. Prototip se može shvatiti kao primjena AR tehnologije bez markera skrojena u obrazovne svrhe, pružajući korisnicima interaktivnu i privlačnu platformu za istraživanje i učenje o nebeskim tijelima. Načela dizajna ugrađena u aplikaciju mogu pridonijeti vrijednim uvidima u širi diskurs o utjecaju AR-a bez markera na učenje i izvedbu zadataka, kao što je navedeno u studiji istraživačkog tima.

### **3.1.2 Ideja, struktura i izrada aplikacije**

Za izradu ove aplikacije koristio sam program Unity. Unity je popularni razvojni okvir (game engine) koji se koristi za stvaranje raznolikih interaktivnih sadržaja, prvenstveno video igara, ali i simulacija, obrazovnih aplikacija, virtualne stvarnosti (VR) i drugih interaktivnih iskustava, među kojima je i proširena stvarnost. Uz Unity koristio sam i Visual

Studio za pisanje dviju skripti u C# programskom jeziku. U projektu se koristi i skup alata koji se zove AR Foundation. On omogućava detekciju objekata, praćenje površina i interakciju s okolinom, što je ključno za razvoj realističnih AR iskustava.

Aplikacija koju sam izradio omogućuje u stvarnom okruženju pobliže vidjeti dva planeta: Mars i Zemlju. Zbog toga su mi bili potrebni materijali, sjene, ikone, scene, odnosno osnovni grafički materijali za vjeran prikaz planeta.

Da bi mogao iskoristiti sav hardver koje jedan pametni telefon u sebi, također sam dodao i ARCore u svoj projekt. ARCore koristi kombinaciju senzora pametnih telefona, poput kamere i akcelerometra, kako bi prepoznao okolinu i integrirao virtualne objekte u stvarni svijet i tako pomogao planetima da se korisnicima prikažu u njima poznatom okruženju.

Aplikacija je zamišljena kao pomoć u nastavi geografije, konkretno prilikom učenja planeta. Prototip sadrži dva planeta koja se pojavljuju u početnom izborniku. Korisnik bira koji planet želi promotriti i kad ga odabere pojavljuje se u realnom vremenu na zaslonu, dok je u pozadini prostor kojeg snima kamera mobitela. Sama ideja aplikacije je proširiva, u prototipu možemo samo vidjeti planete i njihovu rotaciju, no bila bi primjenjiva za mnoge dijelove gradiva. Mogla bi se dodati kemijska struktura svakog planeta, presjek planeta sa sastavom svakog sloja itd. Zemlju bi se moglo proširiti da se vide sve vremenske zone ili nadodati i Mjesec u kombinaciju pa pokazati kako utječe na pojave plime i oseke. Mogućnosti su jako široke, ne samo za područje geografije, no fokusirati ću se na to pošto je to tema aplikacije.

Vizualno, aplikacija se sastoji od glavnog izbornika, gdje imamo tipku za Zemlju i Mars. Klikom na jedan od njih otvara se AR prikaz planete i tu nam se nudi tipka za povratak u glavni izbornik.

Prvo sam morao instalirati Unity i potrebnu verziju uređivača. Nakon toga sam u projekt dodao prethodno opisane ARFoundation i ARCore. Prije svega odlučio sam se programirati za android operacijski sustav, zbog puno lakšeg postupka instalacije aplikacije. Potrebno je bilo podesiti postavke kako bi aplikacija imala što manje grešaka. Pa je jedna od tih postavki bila da je aplikacija isključivo u portretu, dakle ako bi dopustio vodoravno korištenje aplikacije, došlo bi do problema sa 3D modelima, koji nisu prilagođeni za takvu vrstu korištenja.



U unity-ju postoji dio programa koji se zove scena. Scena omogućuje različite ekrane, na kojima se događaju različite stvari, pa je idealna za kreiranje igara, mobilnih aplikacija itd.

Moj projekt sadrži 3 scene i one su:

- Home
- Mars
- Earth

Struktura Mars i Earth scena:

- AR Session je ključni element u ARKit i ARCore okvirima, koji se koriste za razvoj proširene stvarnosti (AR) aplikacija na iOS (ARKit) i Android (ARCore) uređajima. Ovaj objekt predstavlja sesiju proširene stvarnosti koja upravlja prikupljanjem podataka iz okoline i upravljanjem AR iskustvom. Omogućava pokretanje i zaustavljanje sesije(početak i završetak AR iskustva), praćenje: objekata, površina, položaja, rotacije uređaja.
- AR Session Origin u Unityju je transformacija koja predstavlja "ispravno" ili "referentno" položaj i orijentaciju AR svijeta unutar AR aplikacije. Koristi se referentnom točkom, pa tako određuje početnu točku u prostoru u kojoj se AR iskustvo temelji. Svi virtualni objekti i stvarni objekti unutar aplikacije postavljeni su u odnosu na nju.

Struktura home scene:

- Main camera koristim je u izborniku pošto mi ne treba nikakva augmentacija, pa su AR kamere suvišne
- Canvas je komponenta u koju sam dodao slike koje sam prethodno unutar Unity-ja pretvorio u 2D modele u svrhu korisničkog iskustva. Dakle sa običnim slikama ne bi bilo moguće raditi, već ih se mora pretvoriti u pripadajuće objekte.
- Directional light u Unityju predstavlja vrstu svjetla koja simulira paralelne sunčeve zrake. Ova vrsta svjetlosti ne dolazi iz određene točke u prostoru, već se širi u jednom smjeru, stvarajući efekt svjetlosti sličan sunčevim zrakama. Služi za simulaciju svjetla koje dolazi iz jednog smjera, poput sunčevih zraka.

Postavio sam planete na odvojene ekrane te im pridodao grafičke elemente, a njih sam našao besplatno za preuzeti preko interneta.

Da bi pridonio realističnosti odlučio sam napraviti malu skriptu koja će iskoristiti elemente koje nudi Unity i njegove biblioteke, te planetima dati rotaciju. (Slika 26)

```
1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4
5  public class RotationController : MonoBehaviour
6  {
7      // Start is called before the first frame update
8      public GameObject PlanetObject;
9      public Vector3 RotationVector;
10
11     private void Update()
12     {
13         PlanetObject.transform.Rotate(RotationVector * Time.deltaTime);
14     }
15 }
16
```

Slika 18 Skripta za rotaciju planeta unutar aplikacije

Može se zaključiti po viđenom na slici 18 da sam iskoristio neke ugrađene Unity elemente da bi postigao rotaciju planeta.

Nakon postavljanja planeta njihove rotacije, veličine i izgleda potrebno je omogućiti korisniku da koristi izbornik odnosno otvara planet koji želi vidjeti. Za to također mi je bila potrebna skripta pisana u C# kao i prethodna.(Slika 19)

```
1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.SceneManagement;
5
6  public class SceneController : MonoBehaviour
7  {
8      public void SwitchScenes(string sceneName)
9      {
10         SceneManager.LoadScene(sceneName);
11     }
12 }
13
```

Slika 19 Skripta za navigaciju između ekrana

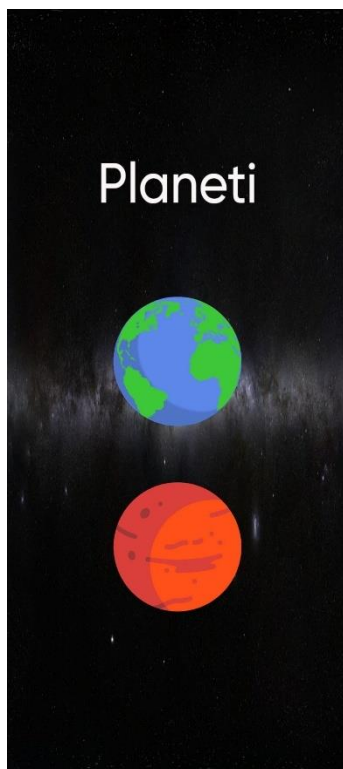
U ovom kodu, definirao sam klasu nazvanu SceneController koja nasljeđuje od MonoBehaviour. U njoj imam javnu metodu nazvanu SwitchScenes. Ova metoda prima ime scene (string sceneName) koju želim učitati. Unutar te metode, koristim SceneManager klasu iz Unityja. Pozivam metodu LoadScene(sceneName) kako bih učitao novu scenu koja je definirana prema predanom imenu. Ova skripta može biti korisna za implementaciju prijelaza između različitih dijelova moje aplikacije. Na primjer, mogao bih je povezati s gumbom kako bih omogućio korisnicima da lako istraže različite dijelove mog projekta.

Nadalje tu skriptu dodam u glavni izbornik, te na dugme za povratak kako bi se mogli vratiti u glavni izbornik i izabrati drugu planetu.

### 3.1.3 Osvrt na izradu i testiranje aplikacije

Aplikacija je testirana na Google Pixel 7 pametnom telefonu, kojeg pogoni Android 14 sustav. Aplikacija je prilagođena za sve uređaje koje pogoni Android 8 ili noviji.

Prilikom pokretanja aplikacije otvara nam se izbornik.(Slika 20)



**Slika 20** Izbornik aplikacije(Markerless AR)

Kao što vidimo na slici 28 izbornik je jasan i prikazuje dva planeta između kojih korisnik bira koji želi vidjeti u proširenoj stvarnosti. Izbornik je samo sa slikama i bez teksta najviše iz razloga što se radi o dva najprepoznatljivija planeta: onaj na kojem živimo, tj. Zemlja i

Mars, odnosno crveni planet. Ukoliko bi se ova aplikacija proširila da sadrži sve planete, potrebno bi bilo dodati i tekst uz slike.

Prvo ću iz izbornika odabrati Zemlju pa ćemo dobiti rezultat prikazan na slici 29.



**Slika 21 AR Zemlja**

Slika 21 prikazuje snimku zaslona nakon odabira Zemlje iz izbornika. 3D model zemlje je pozicioniran na jednom mjestu – na onom gdje smo kameru prvo postavili i ako okrenemo mobitel na drugi kraj prostorije, nećemo je vidjeti. Naravno kako bi je opet vidjeli samo je opet moramo naći kamerom. Zemlja se rotira uz pomoć prije spomenute skripte. (Slika 26)

Sve ovo vrijedi i za drugi dio aplikacije a to je prikaz Marsa. (Slika 22)



**Slika 22 AR Mars**

Aplikacija se pokazala pouzdanom i brzom i u uvjetima lošijeg osvjetljenja. U slučaju ovakve aplikacije koja ne koristi markere svjetlost ne može utjecati na učitavanje modela, pa je pogodna za sve svjetlosne uvjete. Aplikacije proširene stvarnosti bez markera mogu puno doprinijeti učenju i vizualizaciji nastavnog sadržaja. Na primjer ove naše planete bi mogli presjeći i prikazati sastav svake od njih. Mislim da bi učenici jako puno profitirali od ovakvog načina usvajanja gradiva pogotovo iz područja koja im ne idu i koja su im apstraktnija. S aplikacijama proširene stvarnosti bez markera bi se mogle ukloniti neke apstraktnosti i približiti učenicima sadržaj njima manje omiljenih predmeta.

Tako bi ova aplikacija koristila kao podrška nastavi i omogućila učenicima da u poznatom okruženju svoje sobe ili učionice promatraju planete i njihove značajke.

## **3.2 Proširena stvarnost temeljena na markerima u nastavi**

Značajka tehnologije proširene stvarnosti temeljene na markerima je mogućnost njezine učinkovite primjene s tradicionalnim nastavnim sredstvima (udžbenici, plakati, laboratorijski štandovi) koja su nastala bez razmišljanja o korištenju ove tehnologije. Maksimalna učinkovitost primjene tehnologija proširene stvarnosti može se postići u obrazovnim materijalima razvijenim s obzirom na njezinu upotrebu, postojeći materijali također se mogu lako prilagoditi primjeni ove tehnologije.

### **3.2.1 Pregled istraživanja**

Prilikom pregleda istraživačkih radova, posebno zanimljivim istakao se jedan koji prikazuje korištenje proširene stvarnosti temeljene na markerima u nastavi matematike. Većina članaka (89%) o proširenoj stvarnosti (AR) za učenje matematike usredotočena je na AR temeljen na markerima. Razne studije istraživale su upotrebu AR-a temeljenog na markerima za poboljšanje vještina 3D geometrijskog razmišljanja kod učitelja matematike, poboljšanje razumijevanja matematike među učenicima osnovnih škola i podučavanje geometrijskih lekcija osnovnoškolskoj djeci. AR temeljen na markerima korišten je za razvoj prostorne vizualizacije i vještina rješavanja problema rješavanjem problema iz stvarnog svijeta. Osim toga, studije su procijenile učinkovitost AR-a temeljenog na markerima u podučavanju specifičnih matematičkih koncepata, kao što su Euklidovi vektori i statistika. AR temeljen na markerima također je primijenjen u kontekstu obrazovanja s invaliditetom i posebnim potrebama. Istraživači su razvili AR okvire koji se temelje na markerima kao nastavne alate za srednjoškolce s invaliditetom, koristeći AR kao nastavni alat za podučavanje matematike ovoj skupini. Izvedivost korištenja multi-touch stolnog sustava s AR-om za učenje matematike u osnovnom obrazovanju, posebno za učenike s posebnim potrebama, također je istražena u određenim studijama. Sve u svemu, čini se da je AR temeljen na markerima svestran i učinkovit alat za poboljšanje iskustva učenja matematike u različitim obrazovnim kontekstima. Studija je provela sustavni pregled literature o obrazovnoj upotrebi proširene stvarnosti (AR) u učenju matematike. Analiza je bila ograničena na članke objavljene u Scopusu od 2015. do 2019., a autori su priznali moguće varijacije u rezultatima na temelju pojmova pretraživanja i korištenih baza podataka. Studija je provela sustavni pregled literature o obrazovnoj upotrebi proširene stvarnosti (AR) u učenju matematike. [31]

U ovom radu je spomenuta i proširena stvarnost temeljena na markerima, no autor je pronašao samo dva istraživačka članka vezano za taj AR i podučavanje matematike.

U studiji provedenoj u srednjoj školi u Tabuku, u Saudijskoj Arabiji, korištena je polueksperimentalna metoda za procjenu utjecaja korištenja QR kodova i interaktivne obrazovne mreže (iEN) na učenje učenika. [32] Eksperiment je uključivao kontrolnu skupinu podučavanu tradicionalnim metodama i eksperimentalnu skupinu koja je koristila QR kodove za pristup obogaćujućem sadržaju na portalu iEN.

Prije eksperimenta, obje su grupe napravile predtest, ne otkrivajući nikakve značajne razlike u njihovom početnom znanju. Međutim, nakon eksperimenta, rezultati nakon testiranja pokazali su statistički značajan napredak u izvedbi eksperimentalne skupine u usporedbi s kontrolnom skupinom. Utvrđeno je da korištenje QR kodova i portala iEN poboljšava učenje učenika, usklađujući se s prethodnim studijama koje podržavaju prednosti takvih tehnologija u obrazovanju. Nadalje, eksperimentalna skupina aktivno se uključila u portal iEN, dovršavajući zadatke i aktivnosti sa stopom sudjelovanja od 91%. Učenici su izrazili zadovoljstvo tehnologijom, smatraju je korisnom, jednostavnom za korištenje i poželjnom za buduće učenje. Pozitivni rezultati, poput povećane motivacije, fokusa i znanja, poduprli su opći zaključak da integracija proširene stvarnosti (AR) u obrazovanje može ponuditi značajne prednosti, kao što je primijećeno i u prethodnim istraživanjima. [32]

### **3.2.2 Ideja, struktura i izrada aplikacije**

Aplikacija je zamišljena tako da korisnik skenira točno određenu sliku i nakon skeniranja pojavljuje se 3D vuk s kojim je moguće upravljati pomoću ugrađenog joysticka. Kao i za prethodnu aplikaciju koristio sam Unity okruženje te C# za pisanje skripti. Opet sam koristio Unity-jeve pakete ARFoundation i ARCore, tako da i ova aplikacija ima iste temelje. Postavke aplikacije su također iste, no značajna je promjena u vrsti proširene stvarnosti tako da ovaj put moram postaviti marker.

Korisnik otvara aplikaciju i otvori mu se kamera. Kad skenira točno određenu sliku pojavljuje se model vuka s kojim je moguće upravljati. Uzeo sam model vuka kao tematiku za niže razrede iz područja prirode i društva. Ovaj prototip predstavlja iskoristivost aplikacija proširene stvarnosti temeljene na markerima u školstvu tako što će učenicima vizualizirati određene nastavne sadržaje. To upravo čini i proširena stvarnost bez markera, no u čemu je onda razlika? Razlika je u tome što ovakav tip aplikacije može biti odlična digitalna dopuna

nastavnom sadržaju poput učenika. Uče se divlje životinje i u udžbeniku imamo sliku vuka, učenik je skenira i pojavi mu se vjerni 3D model životinje te tako može uz sami izgled upoznati i kretanje i osnovna ponašanja životinje. Mogućnost interakcije, odnosno upravljanja istom doprinosi učenikovo pažnji te mu omogućava da bolje promotri sami model.

Nakon pokretanja novog projekta i instaliranja potrebnih paketa, preuzeo sam potrebne materijale: sliku koju ću skenirati i 3D modele. Osim već spomenutih paketa preuzeo sam i Joystick paket, da bi mogao upravljati kretanjem modela u aplikaciji. U projekt uključujem prethodno objašnjeni ARSession i ARSession Origin. Nakon toga radim skriptu koja će očitati točno određenu sliku i nakon toga prikazati model. (Slika 23)

```
1 using System.Collections;
2     using System.Collections.Generic;
3     using UnityEngine;
4     using UnityEngine.XR.ARFoundation;
5
6 public class PrefabCreator : MonoBehaviour
7 {
8     [SerializeField] private GameObject wolfPrefab;
9     [SerializeField] private Vector3 prefabOffset;
10
11     private GameObject wolf;
12     private ARTrackedImageManager arTrackedImageManager;
13
14     private void OnEnable()
15     {
16         arTrackedImageManager = gameObject.GetComponent<ARTrackedImageManager>();
17
18         arTrackedImageManager.trackedImagesChanged += OnImageChanged;
19     }
20
21     private void OnImageChanged(ARTrackedImagesChangedEventArgs obj)
22     {
23         foreach (ARTrackedImage image in obj.added)
24         {
25             wolf = Instantiate(wolfPrefab, image.transform);
26             wolf.transform.position += prefabOffset;
27         }
28     }
29 }
30
```

Slika 23 Skripta za skeniranje slike i prikaz modela

Ova skripta u Unity-u, nazvana "PrefabCreator", ima zadatak stvaranja 3D objekta (vuka) kad god se pojavi nova slika u proširenoj stvarnosti (AR). Evo ključnih dijelova:

1. Prefabi i Pomak:



- wolfPrefab je unaprijed izrađeni model vuka.
- prefabOffset je pomak koji se primjenjuje na položaj stvorenog vuka.

## 2. OnEnable():

- Aktivira se kad se skripta uključi.
- Postavlja referencu na upravitelja praćenja AR slika.
- Registrira se za događaj promjene praćenih slika.

## 3. OnImageChanged(ARTrackedImagesChangedEventArgs obj):

- Poziva se kad se pojave nove AR slike.
- Stvara vuka na poziciji i orijentaciji nove slike.
- Dodaje pomak da bi se prilagodila konačna pozicija vuka.

Nakon pisanja te skripte prilagodio sam dimenzije i početnu poziciju vuka pomoću vrlo jednostavnog prozora sa svojstvima u Unity-ju.

Potrebna mi je još jedna skripta koja će omogućiti upravljanje vukom.(Slika 24)

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4
5  public class WolfController : MonoBehaviour
6  {
7      [SerializeField] private float speed;
8
9      private FixedJoystick fixedJoystick;
10     private Rigidbody rigidBody;
11
12     private void OnEnable()
13     {
14         fixedJoystick = FindObjectOfType<FixedJoystick>();
15         rigidBody = gameObject.GetComponent<Rigidbody>();
16     }
17
18     private void FixedUpdate()
19     {
20         float xVal = fixedJoystick.Horizontal;
21         float yVal = fixedJoystick.Vertical;
22
23         Vector3 movement = new Vector3(xVal, 0, yVal);
24         rigidBody.velocity = movement * speed;
25
26         if (xVal != 0 && yVal != 0)
27             transform.eulerAngles = new Vector3(transform.eulerAngles.x, Mathf.Atan2(xVal, yVal) * Mathf.Rad2Deg, transform.eulerAngles.z);
28     }
29 }
30

```

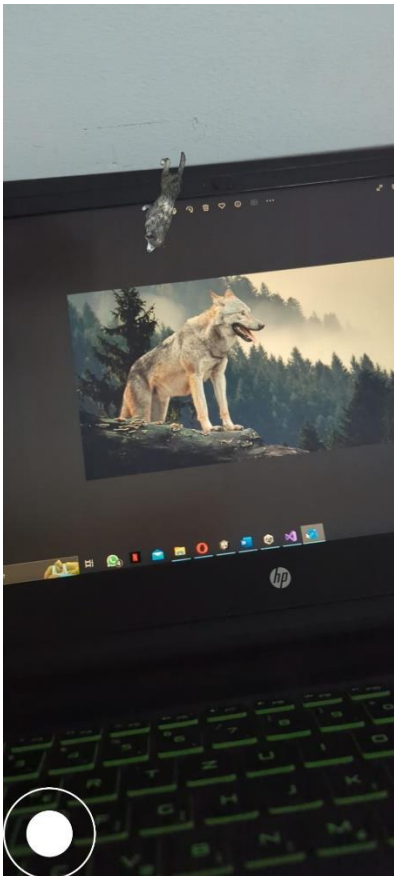
**Slika 24** Skripta za upravljanje 3D modelom

Skripta "WolfController"(Slika 24) upravlja kretanjem vuka u igri korištenjem joysticka. Definira brzinu kretanja vuka prema postavkama, koristi referencu na joystick i rigidbody komponente, te prilagođava poziciju vuka prema vrijednostima horizontalne i vertikalne osi joysticka. Ako je joystick aktivan, rotira vuka prema smjeru kretanja na temelju tih

vrijednosti. Za kraj razvoja aplikacije dodajem i prilagođavam joystick, učitavam sve skripte te u AR Session Origin dodajem sliku koju aplikacija treba skenirati, te sam spreman za testiranje.

### 3.2.3 Osvrt na izradu i testiranje aplikacije

Aplikaciju sam testirao na Google Pixel 7 uređaju, pogonjenim Android 14 operacijskim sustavom. Prilikom pokretanja aplikacije otvara se kamera i test je mogao početi. Doveo sam mobitel ispred ekrana od laptopa, na kojem sam prethodno otvorio sliku koju ću skenirati. (Slika 33) Prilikom prvog skeniranja primijetio sam da je potrebno par sekundi za prvo skeniranje. Tu se aplikacija proširene stvarnosti temeljene na markerima dosta razlikuje u odnosu na one koje ne koriste markere. To je naravno i očekivano pošto aplikacije bez markera ne iziskuju nikakvo senzorsko očitavanje da bi se glavni dio aplikacije pokrenuo. Također je postojalo malo kašnjenje u uvjetima lošije svjetlosti ili smanjenja svjetlosti ekrana laptopa.



Slika 25 Aplikacija AR temeljena na markerima odmah nakon pokretanja

Model vuka ima kretnju cijelo vrijeme, odnosno specifičan hod za vuka, a nakon pomicanja joysticka model možemo pomicati po želji kao što se vidi na slici 25.



**Slika 26 Pomicanje vuka(modela)**

Također slika 26 je nastala nakon skeniranja pri slabijim uvjetima osvjetljenja gdje se ovakva vrsta proširene stvarnosti pokazala pouzdana ali sa malo sporijim vremenom reakcije.

Mislim da je ovakav tip aplikacija jako koristan u modernom školstvu, pogotovo kao dopuna udžbenicima. Široka je primjena ovakvog tipa aplikacija, ali tu su i neki izazovi koje treba savladati da bi škole mogle uključiti ovo u široku upotrebu. O tome nešto opširnije u sljedećem poglavlju.

### 3.3 Usporedba izvedbi aplikacija i njihovih primjena u obrazovanju

Kroz rad na ovim dvjema aplikacijama puno sam promišljao kroz koju prizmu da ih usporedim. Što se tiče performansi tu aplikacije proširene stvarnosti odnose malu prednost u smislu brzine, reaktivnosti u lošijim uvjetima itd. No ta se prednost na novijim uređajima s jakim procesorima čini čak i neznatnom. Cijelo ovo vrijeme promišljao sam kako je moguće nadograditi ove prototipe da budu efikasni u nastavi. Oba prototipa su jako jednostavna ali su mi dali uvid u jako široku sliku iskorištavanja istih kako bi iskustvo učenja podigli na jednu višu razinu. Predstavit ću neke ideje korištenja i kroz njih pokušati napraviti usporedbu

Aplikacije proširene stvarnosti bez markera bi bile jako korisne za nastavu koja zahtjeva više kretanja npr terenski tip nastave ili u radu s kompleksnijim modelima gdje ih treba sagledati iz više kutova . Recimo u poučavanju biologije, u aplikaciju bi se moglo staviti jako puno modela dijelova ljudskog tijela. Pošto živimo u vizualnom dobu, a kod ovog primjera jako je bitno vidjeti točan i nepogrešiv prikaz, proširena stvarnost nudi odlično sredstvo vizualizacije. Slika možda govori tisuću riječi, ali 3D model na vašem ekranu može reći još i više. Učenici bi na primjer mogli vidjeti presjek ljudskog srca uz nazive sa pokazivačima prema svim dijelovima srca.

Odlično bi se AR bez markera uklopio i u tehničku kulturu. Mnogi učenici izađu iz osnovne škole, bez da su ikada vidjeli kako zapravo radi motor s unutrašnjim izgaranjem, a morali su učiti proces napamet. Doduše danas mnogi predavači koriste videozapise sa prikazanim simulacijama, što je jako dobro. No mislim da dobro razvijena aplikacija proširene stvarnosti koja će učeniku „staviti motor na stol“ omogućiti mu pokretanje i zaustavljanje simulacije, pregled presjeka svakog dijela tog sustava i nazive koje može vidjeti kako plutaju u zraku, sasvim sigurno će privući više pažnje i ostati bolje urezano u učenikov um.

Za terensku nastavu ću opet povući korelaciju s biologijom. Na primjer odlazak u prirodu uz interaktivnu aplikaciju digitalnog herbarija. Takva bi aplikacija ostavila određeni utjecaj na učenike te bi boravak u prirodi učinio „usputno“ edukativnim. U takvom slučaju je dobro postaviti aplikaciju kao igru sa nekim malim uspjesima koji se broje i daju nekakav konačan rezultat. Dogodilo bi se i to da bi se određeni učenici i zainteresirali za to područje prirodnih znanosti, a za ostale bi godio boravak u prirodi, a stečeno znanje bi im sigurno donijelo i bolju ocjenu i bolje razumijevanje svijeta oko sebe.

Svaki ovaj slučaj je na kraju poveziv sa informatikom, jer iz nje proizlazi ovakav tip nastave. Informatika bi u nekim višim razredima trebala uključivati upoznavanje sa okruženjima u kojima se ovakve aplikacije programiraju. Mali prototipi i male aplikacije su itekako izvedive, bar na nekoj vrsti izborne nastave ili kao vannastavni sadržaj, jer je lako započeti i lako se zaintrigirati za ovo sve popularnije područje informatike i programiranja.

Kod aplikacija proširene stvarnosti temeljenih na markerima glavna odlika je stabilnost iskustva i veća preciznost nego kod aplikacija bez markera. Zbog toga su idealne za laboratorijske vježbe, kao dopuna udžbenicima itd.

Moj prototip je pokazao sadržaj kakav bi se našao u nekim nižim razredima, a to je divlja životinja, kako se ponaša i koje su joj kretnje. Na neki način je postavljena kao i igrica što bi dodatno zaintrigiralo učenike, jer im se daje kontrola nad onim što vide i automatski im se plijeni pažnja i pozornost. No s tim primjerom sam pokrio samo jedan dio mogućnosti proširene stvarnosti, kao dopunu udžbenicima, prezentacijama, panoima i slično.

Pošto mu je odlika preciznost AR sa markerima je dobrodošao u poučavanju matematike, s naglaskom na geometriju. Umjesto crtanja po ploči i hvatanja samo dijela pozornosti, učenicima bi bilo dobro predstaviti tu geometriju kroz proširenu stvarnost. Prije lekcije se mogu postaviti markeri po učionici ili ih isprintati na papir i dopustiti učenicima da promotre i donesu zaključke. Psihologija iza korištenja digitalnih alata na nastavi, kakve učenici vole koristiti van nastave, nije za zanemariti. Neke kompleksnije geometrijske oblike puno će lakše shvatiti u poznatijem okruženju, a to što takve oblike mogu vidjeti u 3D-u i sagledati iz više kutova apsolutno doprinosi usvajanju sadržaja. Na papiru također možemo nacrtati 3D predmet i podijeliti učenicima, no ta mogućnost sagledavanja objekta sa svih strana sigurno više koristi u procesu učenja.

Osim matematike mogu zamisliti korištenje ovakvog tipa učenja i na nastavi kemije. Apstrakcija ostvarivanja kemijskih veza, ponašanja atoma, izmjene elektrona i slično, puno će se lakše razbiti uz AR. Tada bi one učenike koji i nisu ljubitelji te znanosti, mogli zaintrigirati.

Već sam spomenuo ljudsko tijelo i biologiju kod proširene stvarnosti bez markera, ali i markeri bi se jako dobro mogli iskoristiti u tom području. Ako škola posjeduje ljudski skelet ili model ljudskog tijela, na njega bi se mogli nalijepiti markeri i da skeniranjem svakog

učenici mogu vidjeti i istražiti točno taj dio. Navikli smo svugdje gledati markere u vidu qr kodova, takvi bi se mogli postaviti po ustanovi škole na zemljovide, modele ljudskog tijela, prikaza arhitekture računala, na periodne sustave elemenata i dopustiti učenicima da ih skeniraju iz čiste znatiželje, a to tek dovodi do pobuđivanja znatiželje i želje za učenjem.

### **3.3.1 Izazovi kod uvođenja proširene stvarnosti kao metode učenja**

Kao i kod svake inovacije vezane za škole prva prepreka su financije. Kad bi škole krenule u osiguravanje tableta ili pametnih telefona koje će učenici koristiti isključivo na nastavi tu bi nastao problem. Neke privatne ili popularnije škole si to mogu priuštiti, ali ako sagledamo situaciju u nekoj prosječnoj školi, već je teže izvedivo. Doticanjem ove teme ulazimo i u samu politiku gradova, općina i županija na koje ne možemo utjecati. Na ono što ipak možemo utjecati je omogućiti učenicima bilo kakvo upoznavanje s ovim tipom učenja. Možemo i pretpostaviti da većina populacije, bez obzira radilo se o siromašnjoj ili bogatijoj, posjeduje pametne telefone. U tom slučaju bi nam za ovakav tip nastave bio potreban dobar softver. Naravno da tu isto postoji financijska prepreka, jer bolje aplikacije ovakvog tipa se naplaćuju. Takav trošak bi već bilo lakše riješiti jer većina aplikacija nisu preskupe jer ciljaju na kvantitetu. Ukoliko bi se radilo o skupljoj uvijek ju može nastavnik instalirati na svoj uređaj i dijeliti po razredu. To nije baš najbolji način zbog tzv „praznog hoda“ većine učenika dok čekaju, pa mogu stvoriti nemir u razredu.

Ako bi i pretpostavili da svi učenici posjeduju pametni telefon, javljaju se novi izazovi. Prvi i najveći je što sve više škola u svijetu razmišlja o zabrani upotrebe mobitela u školama. Naravno za te rigorozne korake ima povoda, pošto u ovom digitalnom dobu ništa ne može pobjeći oku kamere, a ni široj javnosti na internetu. Tako da se nekim ekstremnim slučajevima pojedincu može puno naštetiti, što u toj dobi nije nikako dobro. Ukoliko bi se dozvolila upotreba osobnih pametnih telefona u svrhu podršci nastavi, opet bi se javio novi izazov. Nemaju svi učenici mobitele istih performansi i tu može doći do softverskih problema, no u usporedbi s ostalim izazovima ovaj je najlakše rješiv.

Osim socijalnih i tehničkih izazova, moramo promisliti i o učenicima s određenim zdravstvenim problemima koji uključuju prije svega epilepsiju ali isto tako i disleksiju, disgrafiju i ostalo. Navedeni problemi, ali i oni koje nisam spomenuo, su uvijek poznati učitelju prije i mora se prilagoditi. Tako bi trebao pomno birati aplikacije(npr za učenike s

epilepsijom treba paziti da nema jarkih boja i „flashanja“ ekrana) koje mogu nesmetano koristiti svi učenici i da svi dožive ovakvo iskustvo učenja. Neki učenici će možda preferirati klasičnije metode učenja, ali će vizualnijim tipovima sigurno donijeti novi i zanimljiviji način usvajanja gradiva. Svaki učenik mora naći metodu koja mu najviše odgovara, a na nastavnicima je da eksperimentiraju i prikažu učenicima što više načina. Takva dinamika će pomoći i održati pažnju učenika na satima i održati sate svježima i zanimljivima.

Ovisnost o tehnologiji je nešto na što treba paziti, a to podržava ovu tezu o izmjenjivanju nastavnih metoda. Potrebno je osvijestiti učenike da tehnologiju koriste odgovorno i umjereno. Privatnost i sigurnost su teme koje se povlače oko bilo koje informatičke tehnologije pa i kod AR-a treba obratiti pažnju na to koje dozvole traži aplikacija i koje podatke uzima od korisnika. Edukacija o navedenim temama je važna i mora se primjenjivati i ponavljati u svakom slučaju. Virtualni svijet je jako koristan i moćan, ali podložan zloupotrebama, a nastavnici imaju moć odgojiti generacije odgovornih korisnika tehnologije.

## 4 ZAKLJUČAK

Ovaj diplomski rad obuhvaća ključne spoznaje iznesene tijekom istraživanja proširene stvarnosti (AR). U radu su dublje istražene AR tehnologije u obliku temeljenom na markerima i bez markera, s naglaskom na njihove karakteristike, primjene, prednosti i nedostatke.

Proširena stvarnost predstavljena je kao sveprisutna tehnologija s značajnim implikacijama u mnogim sektorima, od edukacije i zabave do medicine i industrije. Analizirane su razlike između proširene stvarnosti temeljene na markerima i proširene stvarnosti bez markera. Proširena stvarnost temeljena na markerima koristi vizualne oznake za praćenje objekata, dok se markerless AR koristi različitim tehnikama, uključujući prepoznavanje lokacije, projekciju, prekrivanje i prepoznavanje kontura. Primjene AR-a su raznolike, a istraženo je kako se tehnologija može koristiti u obrazovanju i knjižnicama. Marker-based AR može poboljšati navigaciju i pristup informacijama, dok markerless AR omogućava bogatije iskustvo učenja i istraživanja.

Prednosti i nedostaci oba pristupa su očiti. Marker-based AR pruža preciznije praćenje objekata, dok se markerless AR donosi fleksibilnost i spontanost u korištenju tehnologije. Osim toga, naglašeno je da će budućnost AR-a obilježiti daljnji razvoj tehnologije i širenje njezine primjene u različitim sektorima.

U radu sam detaljno razmotrio potencijal upotrebe aplikacija proširene stvarnosti u obrazovanju, istražujući kako bi se ova tehnologija mogla integrirati u nastavu i unaprijediti iskustvo učenja. Analizirao sam prednosti AR-a bez markera, ističući primjere u biologiji i tehničkoj kulturi, te prednosti AR-a s markerima u kontekstu geometrije, matematike i kemije. Osvrnuo sam se i na izazove uvođenja AR-a u obrazovni sustav, uključujući financijske prepreke, tehničke probleme te socijalne i zdravstvene aspekte. Naglasio sam važnost odgovornog korištenja tehnologije te potrebu za kontinuiranom edukacijom učenika o sigurnosti i privatnosti u virtualnom svijetu.

U konačnici, unatoč izazovima, smatram da je integracija AR-a u obrazovanje izuzetno vrijedna. Tehnologija pruža inovativne metode učenja koje mogu poboljšati razumijevanje kompleksnih pojmova, potaknuti znatiželju učenika te ih motivirati za daljnje istraživanje i učenje. Važno je raditi na prevladavanju prepreka kako bi se omogućila pristupačnost ove



tehnologije svim učenicima, čime bi se postigao značajan napredak u modernizaciji obrazovnog sustava.

## 5 LITERATURA

- [1] »CNN,« [Mrežno]. Available: <https://edition.cnn.com/2019/02/11/tech/google-maps-ar/index.html>.
- [2] »Advisor.Travel,« [Mrežno]. Available: <https://bs.advisor.travel/poi/Pecina-Lascaux-3256>.
- [3] »Proantic,« [Mrežno]. Available: <https://www.proantic.com/en/692756-stereoscopic-viewer-brewster-stereoscope.html#>.
- [4] »Research Gate,« [Mrežno]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/The-Sensorama-machine-was-the-first-virtual-reality-machine-1957\\_fig4\\_354496091](https://www.researchgate.net/figure/The-Sensorama-machine-was-the-first-virtual-reality-machine-1957_fig4_354496091).
- [5] »Igloo Vision,« [Mrežno]. Available: <https://www.igloovision.com/products/technology/igloo-caves>.
- [6] »Minnalearn,« [Mrežno]. Available: <https://courses.minnalearn.com/hr/courses/emerging-technologies/extended-reality-vr-ar-mr/introduction-to-extended-reality-ar-vr-and-mr/>.
- [7] »Next Tech AR,« [Mrežno]. Available: <https://www.nexttechar.com/blog/what-are-the-different-types-of-augmented-reality>.
- [8] »Pixel Inc,« [Mrežno]. Available: <https://www.pixelinc.co.za/what-is-augmented-reality/>.
- [9] »Unity.hr,« [Mrežno]. Available: <https://unity.hr/unity-i-ar-izrada-prosirene-stvarnosti-igara-koristeci-unity-alat/>.
- [10] »Execon Partners,« [Mrežno]. Available: <https://www.execon-partners.com/oe-4-0-with-predictive-maintenance/>.
- [11] »Nextech3D.ai,« [Mrežno]. Available: <https://www.nexttechar.com/blog/what-are-the-different-types-of-augmented-reality>.

- [12] T. H. Taehee Lee, »University of California, Santa Barbara,« 11 2007. [Mrežno]. Available: <https://sites.cs.ucsb.edu/~holl/pubs/Lee-2007-ISWC.pdf>.
- [13] »Research Gate,« [Mrežno]. Available: [https://www.researchgate.net/figure/System-diagram-of-how-Augmented-Reality-works\\_fig1\\_372560550](https://www.researchgate.net/figure/System-diagram-of-how-Augmented-Reality-works_fig1_372560550).
- [14] »Next Reality News,« [Mrežno]. Available: <https://next.reality.news/news/google-unveils-visual-positioning-service-for-tango-0177615/>.
- [15] »Medium,« [Mrežno]. Available: [https://medium.com/@manishi\\_72547/gamification-in-snapchat-how-playfulness-drives-user-engagement-5f8add7a567](https://medium.com/@manishi_72547/gamification-in-snapchat-how-playfulness-drives-user-engagement-5f8add7a567).
- [16] »Arcard,« [Mrežno]. Available: <https://www.arcad.co/pros-cons-markerless-augmented-reality/>.
- [17] »Hoc Marketing,« [Mrežno]. Available: <https://en.hocmarketing.org/unleashing-the-power-of-hololens-experience-windows-11-and-stunn-4104>.
- [18] »Reydar,« [Mrežno]. Available: <https://www.reydar.com/how-does-augmented-reality-work/>.
- [19] »Scholarly Community Encyclopedia,« [Mrežno]. Available: <https://encyclopedia.pub/entry/39656>.
- [20] »Itechnolabs,« [Mrežno]. Available: <https://itechnolabs.ca/guide-to-location-based-augmented-reality-based-app/>.
- [21] »Freepik,« [Mrežno]. Available: [https://www.freepik.com/premium-photo/augmented-reality-technology-being-used-mobile-phone-navigation-location-based-services\\_33749023.htm](https://www.freepik.com/premium-photo/augmented-reality-technology-being-used-mobile-phone-navigation-location-based-services_33749023.htm).
- [22] »Nielsen Norman Group,« [Mrežno]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/ar-calibration/>.

- [23] »Essential Picks,« [Mrežno]. Available: <https://essentialpicks.com/projected-augmented-reality/>.
- [24] »Tech Target,« [Mrežno]. Available: <https://www.techtarget.com/iotagenda/answer/What-are-examples-of-augmented-reality-overlays>.
- [25] »Arlive,« [Mrežno]. Available: <https://arlive.me/en/2023/06/10/what-is-markerless-augmented-reality/>.
- [26] »Medium,« [Mrežno]. Available: <https://vossle.medium.com/the-difference-between-marker-based-markerless-augmented-reality-5d294ebccb76>.
- [27] D. Özerbaş, »The Effect of Marker-Based Augmented Reality (MBAR) Applications on Academic Achievement and Permanence,« *Universal Journal of Educational Research*, pp. 1926-1932, 2019..
- [28] H. Hüseyin Kul i A. Berber, »The Effects of Augmented Reality in a 7th Grade Science Lesson on Students' Academic Achievement and Motivation,« *Journal of Science Learning*, pp. 193-203, 2022.
- [29] S. Rakshit, I. A., R. S. R., E. S. i V. A., »Augmented Reality For Education Based On Markerless Dynamic Rendering,« u *International Conference on Networking and Communications (ICNWC)*, Chennai, 2023..
- [30] P. Sommerauer, O. Müller, L. Maxim i N. Østman, »The Effect of Marker-less Augmented Reality on Task,« 2019..
- [31] N. I. N. Ahmad i S. N. Junaini, »Augmented Reality for Learning Mathematics,« Universiti Malaysia Sarawak, Sarawak, 2020..
- [32] S. M. AlNajdi, »The effectiveness of using augmented reality (AR) to enhance student performance: using quick response (QR) codes in student textbooks in the Saudi education system.,« *Educational technology research and development*, p. 1105–1124, 2022..

- [33] G. J. Hwang i C. C. Tsai, »Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010.,« *Bjet*, pp. 65-70, 2011.
- [34] M. Akçayır i G. Akçayır, »Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature.,« *Educational Research Review*, pp. 1-11, 2017.
- [35] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, S. Graf i Kinshuk, »International Forum of Educational Technology & Society Augmented Reality Trends in Education : A Systematic Review of Research and Applications,« *Educational Technology*, pp. 133-149, 2014.
- [36] K. E. Chang, C. T. Chang, H. T. Hou, Y. T. Sung, H. L. Chao i C. M. Lee, »Development and behavioral pattern analysis of a mobile guide system with augmented reality for painting appreciation instruction in an art museum.,« *Computers and Education*, p. 185–197, 2014.
- [37] H. K. Wu, S. W. Y. Lee, H. Y. Chang i J. C. Liang, »Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education,« *Computers and Education*, p. 41–49, 2013.
- [38] C. M. Chen i Y. N. Tsai, »Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools,« *Computers and Education*, p. 638–652, 2012.
- [39] M. B. Ibáñez i C. Delgado-Kloos, »Augmented reality for STEM learning: A systematic review,« *Computers and Education*, pp. 109-123, 2018.
- [40] S. J. Lu i Y. C. Liu, »Integrating augmented reality technology to enhance children’s learning in marine education,« *Environmental Education Research*, p. 525–541, 2015.
- [41] J. M. Zydney i Z. Warner, »Mobile apps for science learning: Review of research,« *Computers and Education*, pp. 1-17, 2016.
- [42] H. Hidayat, S. Sukmawarti i S. Suwanto, »The application of augmented reality in elementary school education,« *RSD*, vol. 10, 2021.

- [43] Verkhova, G. V., S. V. Akimov i M. M. Kotelnikov, »Markerless augmented reality technology in modern education,« *Problems of Information Technology*, pp. 29-35, 2019.
- [44] M. S, Smart City Roadmap, 2019.
- [45] J. P, Implementing Virtual 3D Model and Augmented Reality Navigation for Library in University, 2019.
- [46] L. Y, »Appreal VR,« 2019. [Mrežno]. Available: <https://appreal-vr.com/blog/markerless-vs-marker-basedaugmented-reality/>.
- [47] S. Fleck, M. Hachet i J. M. C. Bastien, »Marker-based augmented reality,« p. 21–28, 2015.
- [48] R. Romli, A. F. Razali, N. H. Ghazali, N. A. Hanin i S. Z. Ibrahim, »Mobile augmented reality (AR) marker-based for indoor library navigation.,« u *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020.
- [49] »Dev,« [Mrežno]. Available: <https://dev.to/david405/virtual-reality-and-augmented-reality-different-or-similar-45kl>.

## 6 TABLICA SLIKA

Slika 1 Google maps je iskoristio AR da doda strelice i ikone lokacija za navođenje [1] ...	3
Slika 2 Pećina Lascaux [2] .....	4
Slika 3 Francuski stereoskop [3] .....	4
Slika 4 Sensorama [4].....	5
Slika 5 CAVE(Igloo vizija) [5] .....	5
Slika 6 Podjela superpozicijske proširene stvarnosti [7] .....	7
Slika 7 Primjer projekcijske proširene stvarnosti: "hologramska" tipkovnica [8] .....	8
Slika 8 Primjer lokacijske proširene stvarnosti: Pokemon GO igra [9] .....	8
Slika 9 Primjer prekrivanja kod proširene stvarnosti [10].....	9
Slika 10 Primjer proširene stvarnosti temeljene na konturama: Otisak prsta i obrisi ruke [12] .....	9
Slika 11 Radni principi proširene stvarnosti temeljene na markerima [13] .....	11
Slika 12 SLAM [14] .....	16
Slika 13 Snapchat filteri: Primjer proširene stvarnosti bez markera [15].....	16
Slika 14 Microsoft HoloLens [17].....	17
Slika 15 Tehnologija praćenja u proširenoj stvarnosti [19].....	20
Slika 16 Korištenje AR-a povezanog s geolokacijom [21] .....	22
Slika 17 Kalibracija [22].....	23
Slika 18 Skripta za rotaciju planeta unutar aplikacije .....	36
Slika 19 Skripta za navigaciju između ekrana.....	36
Slika 20 Izbornik aplikacije(Markerless AR) .....	37
Slika 21 AR Zemlja .....	38
Slika 22 AR Mars .....	39
Slika 23 Skripta za skeniranje slike i prikaz modela .....	42
Slika 24 Skripta za upravljanje 3D modelom.....	43
Slika 25 Aplikacija AR temeljena na markerima odmah nakon pokretanja.....	44
Slika 26 Pomicanje vuka(modela).....	45