

**IZRADA APLIKACIJE MEŠOVITE STVARNOSTI****THE DEVELOPMENT OF MIXED REALITY APPLICATION**Goran Poletanović, Neda Milić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U okviru rada date su teorijske osnove tehnologije i primene mešovite stvarnosti, kao i poređenje sa proširenom i virtuelnom stvarnosti. Rezultat rada predstavlja funkcionalna aplikacija mešovite stvarnosti sa namenom prezentovanja određene kompjuterski generisane prostorije (stvarne ili imaginarne) unutar realnog okruženja. Razvijena aplikacija omogućava da se na skeniranu ravnu površinu postavi prolaz koji vodi u digitalni svet. Postupak izrade aplikacije detaljno je opisan u praktičnom delu, uz opis razvojnog okruženja (Unity) i softverskih dodataka korišćenih za izradu aplikacije (ARCore SDK, Android SDK). Za potvrdu ispravnosti, aplikacija je testirana na različitim uređajima pri različitim uslovima osvetljenja i na otvorenom i u zatvorenom prostoru.

**Ključne reči:** mešovita stvarnost, proširena stvarnost, aplikacija, Android, ARCore, Unity

**Abstract** – Within the framework of the thesis, the basic definition of technology and application of mixed reality is given, as well as comparison with augmented and virtual reality. The result of the work is a functional mixed reality application for the purpose of presenting specific computer-generated room (real or imaginary) inside the real surrounding. The developed application projects a portal on the scanned flat surface leading to the digital world. Application development steps are described in detail in the practical part, along with a description of the development environment (Unity) and software add-ons used to create the application (ARCore SDK, Android SDK). In order to verify its functionality, the application has been tested on different devices under different lighting conditions both outdoors and indoors.

**Keywords:** mixed reality, augmented reality, application, Android, ARCore, Unity

**1. UVOD**

Mešovita stvarnost (engl. *Mixed Reality, MR*) nastala je spajanjem tehnologije proširene (engl. *Augmented Reality, AR*) i virtuelne stvarnosti (engl. *Virtual Reality, VR*). Termin *mešovita stvarnost* se prvi put spominje u naučnom radu iz 1994. godine „*Taksonomija vizuelnih prikaza mešovite stvarnosti*“ autora Pola Milgrama i saradnika [1].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Neda Milić, docent.

**2. MEŠOVITA STVARNOST**

Definicijom mešovite stvarnosti u užem smislu bi se mogao smatrati delimično virtuelni svet u kojem su dinamički integrisani objekti ili ljudi iz stvarnog okruženja kako bi se proizvela nova okruženja i vizuelizacije gde digitalni i fizički objekti koegzistiraju i komuniciraju u realnom vremenu [2]. Prema ovoj definiciji, za razliku od VR, MR nije potpuno virtualni svet, dok je, za razliku od AR, u mešovitoj realnosti veća kompleksnost kompjuterskih generisanih objekata. Milgram i saradnici [3] ovu oblast nazivaju proširena virtualnost (engl. *Augmented Virtuality, AV*). Digitalni sloj koji fizičkom svetu dodaje aplikacija mešovite realnosti ne ograničava se samo na 3D modele, već to mogu biti i slike, video i audio snimci, interaktivne forme i slično.

Mešovita stvarnost u širem smislu obuhvata sve varijacije i kompozicije virtualnih i realnih objekata [2] što kompanija Majkrosoft ilustruje kontinualnim spektrom čije polarne krajeve predstavljaju stvarno fizičko okruženje i potpuno digitalni svet [4] (Slika 1). U ovom smislu, MR je šira kategorija koja obuhvata oblasti i AR i VR (kao i AV).



Slika 1. Spektar mešovite stvarnosti

**2.1. Hardverska komponenta mešovite stvarnosti**

Uređaji za prikazivanje mešovite realnosti se mogu podeliti na dve osnovne kategorije (ista podela se može napraviti i za proširenu realnost) [3]:

1. Mešovita realnost uz pomoć transparentnih ekrana (engl. „*see-through display*“) - direktna mešovita realnost. Ovu klasu displeja karakteriše sposobnost da se kroz ekran vidi direktno okruženje posmatrača, postižući tako maksimalni mogući stepen prisutnosti i krajnji nivo „slike u stvarnom prostoru“. U ovim sistemima mešovite stvarnosti, zajednička okluzija stvarnog i virtuelnog okruženja pojačava korisnikova čula tako da ima osećaj da virtuelni objekti zaista postoje u stvarnom svetu. Transparentni displeji su kao paneli ili kao HMD. Prednost displeja na HMD uređajima, tehnološki i perceptivno, predstavlja sistem kamera kod kojih je efektivna tačka gledanja identična onoj u posmatračevim očima.

Iako tehnologija transparentnih displeja postoji više od 20 godina, i dalje na globalnom nivou nema puno proizvođača koji isporučuju ovakve displeje. Projektovanje digitalnih objekata postignuto je hologramskom tehnologijom. Poznati uređaji ove kategorije su *Microsoft HoloLens*

(Slika 2), *Magic Leap*, *DAQRI Smart Glasses*, *Lenovo Mirage* i drugi.

Pored ovih hologramskih uređaja, na tržištu se pojavljuju i HMD uređaji sa neprozirnim ekranima koji se prvenstveno koriste za VR, ali kako poseduju odgovarajuće kamere, mogu se koristiti i za mešovitu realnost. Takvi uređaji su *Acer Windows MR Headset*, *Lenovo Explorer*, *HTC Vive Pro*, *Oculus Rift S* i drugi [5].



Slika 2. HMD uređaj *Microsoft HoloLens 2*

2. Mešovita realnost uz pomoć klasičnih ekrana/monitora - indirektna mešovita realnost

Za ovu vrstu displeja često se koristi termin „WoW“ (engl. „*window-on-the world*“) – „prozor u svet“. Ovakvi displeji predstavljaju sisteme u kojima slike generisane računarom prekrivaju trenutni ili uskladišteni video prikaz. Prikaz AR i MR aplikacija preko ovakvih displeja je zastupljeniji nego „*see-through*“ displeji zbog jednostavnije izrade i nižih eksploatacionih troškova. Najčešći uređaji ove kategorije su mobilni telefoni, tableti, simulatori, virtualne pećine (engl. *Cave Automatic Virtual Environment*, *CAVE*) i slično.

Mobilni telefon je najzastupljeniji predstavnik ove kategorije uređaja. Komponente koje mobilni telefon treba da poseduje za adekvatno prezentovanje aplikacija mešovite stvarnosti su displej, kamera, procesor, MEMS senzori - magnetometar, akcelerometar i žiroskop, GPS, audio senzori, senzor svetlosti.

### 2.2. Softverska komponenta mešovite stvarnosti

Svaki hardver zahteva softver koji ga pokreće. Takav je slučaj i sa uređajima za mešovitu stvarnost. Zbog otvorenog koda, za operativni sistem *Android* se može pronaći najviše razvijenih aplikacija mešovite realnosti. Situacija sa HMD uređajima je drugačija jer njihovi proizvođači nemaju sopstveni operativni sistem. Predviđa se da će u narednim godinama biti napravljen prvi operativni sistem za proširenu i mešovitu stvarnost [5]. Takođe naglašava da je *Microsoft Holo UI* (interfejs za *HoloLens*) „stepenik“ u kreiranju prvog operativnog sistema za HMD uređaje mešovite i proširene stvarnosti. Kompanija *Microsoft* u sklopu svog operativnog sistema *Windows 10* nudi platformu *Windows Mixed Reality* koja programerima olakšava posao kreiranja aplikacija za mešovitu stvarnost.

Među poznatije kompanije koje se bave razvojem softvera za MR i AR aplikacije spadaju *Unity*, *Microsoft*, *Meta*, *Jaunt*, *HoloLamp*, *eonreality*, *Daqri*, *Blippar*, *Avegant*, *Augment*.

### 2.5. Fotogrametrija

Fotogrametrija je nauka i tehnologija dobijanja kvantitativnih informacija o fizičkim objektima procesima snimanja, merenja i interpretiranja fotografija i prikaza elektromagnetnog zračenja dobijenih uz pomoć senzora

[6] i za cilj ima vernu rekonstrukciju snimljenog 3D prostora. Kako bi se dobio 3D objekat uz pomoć fotogrametrije, objekat se snima iz različitih uglova, zatim dobijene slike se spajaju u jednu datoteku koja sadrži sve podatke o objektu. Zahvaljujući postupku fotogrametrije, moguće je dobiti precizne mere objekata i prepoznavanje ravnih površina (zida, poda, plafona) čime 3D modeli u aplikacijama mešovite stvarnosti postižu novi nivo realističnosti i interaktivnosti [7].

## 3. PRAKTIČNI DEO

### 3.1. Odabir za izradu aplikacije mešovite stvarnosti

Kao dominantno razvojno okruženje trenutno se izdvaja *Unity* - čak 60% ukupnog broja aplikacija za proširenu, mešovitu i virtualnu realnost je kreirano upravo u ovom softveru. *Unity* je inicijalno korišćen kao *game engine*, odnosno razvojno okruženje koje programerima omogućava alate za razvoj 2D i 3D kompjuterskih igara. Danas se, osim za produkciju igara, koristi i za kreiranje 2D/3D animiranih filmova i arhitektonskih vizuelizacija, ali i aplikacija proširene, virtualne i mešovite stvarnosti. Fleksibilnost *Unity* okruženja programerima olakšava prilagođavanje i optimizaciju sadržaja za čak 28 platformi (*Windows*, *Linux*, *Android*, *iOS*, *WebGL*, *Steam VR*, *Windows MR*, *PS4*, *PSVR*, *ARKit*, *Xbox One* i druge) u saradnji sa kompanijama kao što su *Google*, *Facebook*, *Microsoft* i *Oculus*.

Softver nudi širok spektar funkcija, a postoji i veliki broj dodataka koji se lako mogu implementirati. Neki od dodataka koji se često koriste u *Unity* okruženju za mešovitu i proširenu stvarnost, a imaju primenu na android mobilnim telefonima su:

1. *ARCore* – funkcioniše tako što u osnovi radi dve stvari, a to su praćenje položaja mobilnog telefona/tableta u toku kretanja i izgradnja sopstvenog digitalnog sveta, a pored toga. procenjuje i trenutne uslove osvetljenosti okruženja date slike na kameri uređaja;

2. *Vuforia* - zahvaljujući integrisanosti u *Unity* okruženje od svoje sedme verzije, predstavlja najkorišćeniji alat za kreiranje AR i MR aplikacija koji nudi razne opcije od prepoznavanja 2D markera do prepoznavanja objekata;

3. *Mapbox* - nudi platformu za prikazivanje lokacija u realnom vremenu, a specijalizovan je za mobilne aplikacije, navigaciju, proširenu i mešovitu stvarnost.

### 3.2. Idejno rešenje aplikacije

Idejno rešenje predstavlja aplikacija mešovite stvarnosti koja će biti razvijena u *Unity* programskom okruženju uz dodatak alata *ARCore*. Aplikacija treba da bude dostupna svim mobilnim telefonima koje pokreće *Android* operativni sistem verzije 7.0 ili noviji, a da taj mobilni uređaj ima sertifikat za korišćenje servisa *Google ARCore* preko svojih MEMS senzora.

Sadržaj aplikacije predstavlja 3D portal sa ulazom u virtualnu štampariju koja je kreirana u programima za 3D grafiku (*Autodesk 3ds Max*). Izgled postavke portala i 3D štamparije u *Unity* softveru prikazan je na Slici 3.



Slika 3. *Virtuelna štamparija u Unity okruženju*

Nakon učitavanja aplikacije i početnih ekrana informativnog karaktera, pokreće se kamera mobilnog telefona ili tableta. Laganim pomeranjem mobilnog telefona, malom rotacijom ka ravnim površinama kao što je pod ili sto, *ARCore* će skenirati prostor, prepoznati ravnu površinu i prikazati mrežu poligona. Klikom na mrežu dolazi do pojavljivanja portala koji će predstavljati vrata u virtualni svet, u ovom slučaju štampariju. Štampariji će se pristupati samo kroz vrata, odnosno pored vrata neće biti vidljiv zid, i prolaskom pored portala korisnik će i dalje ostajati u stvarnom svetu. Iz štamparije će korisnik kroz portal imati pogled na stvarni svet, i biće moguće, takođe kroz portal, vratiti se u njega.

U okviru virtuelne štamparije prezentovana su četiri 3D modela mašina: *Foliant gemini compressor 400A*, *Epson StylusPro 7800*, *Ricoh Aficio MP 7500* i *Xerox DocuColor 252*.

### 3.3. Postavka Unity projekta

Pre nego što se započne razvoj aplikacije, potrebno je odraditi nekoliko koraka prilikom kreiranja 3D programa u *Unity* softveru kako bi se kasnije, nakon glavne produkcije aplikacije, mogla dobiti instalaciona datoteka. Ono što predstavlja osnovni korak za kreiranje *Android* aplikacije (.apk datoteke) je instalacija i postavljanje putanja za *Android SDK*, *NDK* i *JDK*.

Kao sledeći korak potrebno je integrisati paket *ARCore-SDK* u projekat, podesiti *AR* kameru, kao i modifikovati osnovnu skriptu paketa *ARController.cs*. Funkcionalnosti softverskog dodatka *ARCore SDK* omogućavaju prepoznavanje ravnih površina (tlo), kreiranje mreže poligona ravne površine i pozicioniranje uvezenih 3D modela u adekvatnoj srazmeri i perspektivi na toj ravnoj površini.

### 3.4. Testiranje aplikacije

Testiranje je vršeno na otvorenom i u zatvorenom prostoru, zatim pri normalnom (dnevnom) i pri slabom osvetljenju. Osim prethodnih testova, aplikacija je testirana u horizontalnoj i u vertikalnoj orijentaciji telefona. Test uređaji su bili Samsung Galaxy modeli S8, S9 i S9+ svi opremljeni Android 9 Pie operativnim sistemom.

Kada se aplikacija učita, uključuje se kamera telefona i prvo što korisnik vidi je normalan prikaz klasične kamere bez ikakvog digitalnog sadržaja. Za postavljanje virtuelnog portala potrebno je prvo skenirati površine laganim pomeranjem telefona tako da njegova kamera polako prepozna ono što je ispred nje. Kada prepozna površinu (tlo) pojavljuje se bela mreža poligona na koje se klikom

postavlja portal. Ukoliko aplikacija prepozna još neku površinu, tada dolazi do ukrštanja mreže poligona i ta mreža će biti prikazana druge boje (ljubičasta, plava, žuta). Portal se postavlja klikom na mrežu poligona i u zavisnosti koji poligon je dodirnut, takva će biti i orijentacija portala.

Prilikom postavljanja portala na scenu, on ostaje na zadatom mestu sve dok ga korisnik ne postavi na neko drugo mesto.

Prilikom testa na otvorenom prostoru (Slika 4), bilo je moguće odraditi opširniji test nego u zatvorenom prostoru (Slika 5), jer nije bilo ograničenja u prostoru. U ovom slučaju portal je postavljen na udaljenost od 3 metra od korisnika, a zatim se korisnik udaljio više od 10 metara od portala i prikazivanje je bilo bez poteškoća.

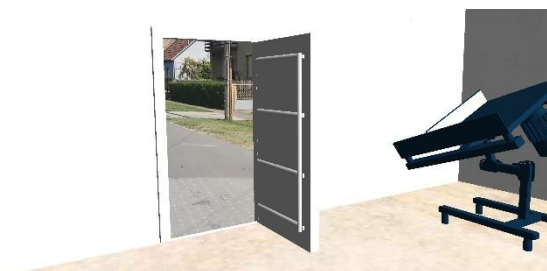


Slika 4. *Test na otvorenom prostoru*



Slika 5. *Test u zatvorenom prostoru*

Pri horizontalnoj orijentaciji (Slika 6) sadržaj aplikacije je lakši za prikaz i više sadržaja je moguće prikazati u poređenju sa vertikalnom orijentacijom.



Slika 6. Horizontalni prikaz iz virtuelne štamparije

Pri slabom osvetljenju dolazi do težeg prepoznavanja tla od strane aplikacije i, ukoliko dođe do prepoznavanja, lako se može desiti da se portal izgubi prilikom pomeranje pozicije na kojoj se korisnik nalazi. Slične greške se mogu pojaviti i usled senki objekata u stvarnom okruženju.

#### 4. ZAKLJUČAK

Cilj ovog rada je prezentacija idejnog rešenja, razvoja i primene mobilne aplikacije mešovite stvarnosti. Namena razvijene aplikacije je primer prezentovanja određene stvarne ili imaginarne prostorije na jedan interesantan i upečatljiv način. Kroz praktičan deo rada demonstriran je napredak industrije mešovite stvarnosti, kao i aktuelni softverski alati za kreiranje mobilnih MR aplikacija sa integrisanom funkcijom prepoznavanja ravnih površina u realnom okruženju.

Prema očekivanjima, profit mešovite stvarnosti preteći će profit proizvoda virtuelne stvarnosti zahvaljujući delimičnom zasićenju tržišta VR proizvodima sa jedne strane, i podržanosti dodatka za MR i AR mobilne aplikacije sa druge strane (*ARKit* dodatak koji se nalazi u svakom novijem telefonu sa operativnim sistemom *iOS* i *ARCore* za *Android* platformu). Korišćenjem funkcionalnosti *ARCore* dodatka, korisnik nije u obavezi da koristi HMD uređaj, nego je dovoljan samo mobilni telefon. Trenutni porast prisutnosti primene tehnologije mešovite stvarnosti u svakodnevno životu se primećuje kod aplikacija i mobilnih igra koje pored svog primarnog sadržaja koji ne koristi kameru telefona, ubacuju opciju skeniranja markera ili korišćenja lokacije radi dobijanja određenih beneficija.

Primenom fotogrametrije i/ili veštačke inteligencije u aplikacije mešovite stvarnosti, popularnost, korisnost i, naravno, profit ove industrije će svakako biti neuporedivo veći.

#### 5. LITERATURA

- [1] P. Milgram, F. Kishino, "A taxonomy of mixed reality visual displays", *IEICE (Institute of Electronics, Information and Communication Engineers) Transactions on Information and Systems, Special issue on Networked Reality*, Dec. 1994.
- [2] RealityTechnologies, *Mixed Reality Definition*, Anon. [Online]. Dostupno na: <https://www.realitytechnologies.com/mixed-reality/> [Pristupljeno: 15.07.2019.]
- [3] P. Milgram, H. Takemura, A. Utsumi, F. Kishino, "Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum", 1994. [online]. Dostupno na: [http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram\\_Takemura\\_SPIE1994.pdf](http://etclab.mie.utoronto.ca/publication/1994/Milgram_Takemura_SPIE1994.pdf) [Pristupljeno: 19.07.2019.]
- [4] Microsoft, "The mixed reality spectrum", 2018. [Online]. Dostupno na: <https://docs.microsoft.com/en-us/windows/mixed-reality/mixed-reality> [Pristupljeno: 23.07.2019.]
- [5] W. Barfield, "Fundamentals of Wearable Computers and Augmented Reality", 2nd Ed. Boca Raton, FL, Taylor & Francis Group, 2016.
- [6] J.S. Aber, J.B. Ries, "Small-Format Aerial Photography", 2010. [online]. Dostupno na: <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/photogrammetry> [Pristupljeno: 10.09.2019.]
- [7] E.V. Rees, "Why AR and VR need photogrammetry", 2018. [online]. Dostupno na: <https://www.spar3d.com/blogs/all-over-the-map/why-ar-and-vrneed-photogrammetry/> [Pristupljeno: 11.09.2019.]

#### Kratka biografija:



**Goran Poletanović** rođen je u Novom Sadu 1994. godine. Diplomski rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranio je 2017.godine.  
kontakt: poletanovicjon@gmail.com

**dr Neda Milić, docent**  
kontakt: milicn@uns.ac.rs