



PREZENTACIJA I OČUVANJE
KULTURNOG NASLIJEĐA
POMOĆU

**VIRTUALNE I PROŠIRENE
REALNOSTI**



Selma Rizvić, Vensada Okanović,
Dušanka Bošković, Ivona Ivković-Kihić

Selma Rizvić, Vensada Okanović, Dušanka Bošković, Ivona Ivković-Kihić

PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĐA
POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI

Selma Rizvić, Vensada Okanović, Dušanka Bošković, Ivona Ivković-Kihić
PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĐA POMOĆU
VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI

Izdavač
TDP Sarajevo

Za izdavača
Narcis Pozderac

Recenzenti
Prof. dr. Domen Mongus
Dr. Jelena Anđelković Grašar

Dizajn korica
Selma Rizvić
Aida Sadžak

Tehničko uređenje i računarska obrada
TDP, Sarajevo

Izdanje
Prvo

Sarajevo, 2023.

Elektronsko izdanje:
https://people.etf.unsa.ba/~srizvic/Prezentacija_i_ocuvanje_kulturnog_naslijedja.pdf

ISBN 978-9958-553-65-3

CIP zapis dostupan u COBISS sistemu Nacionalne i univerzitetske biblioteke BiH
pod ID brojem 55845382

Selma Rizvić, Vensada Okanović,
Dušanka Bošković, Ivona Ivković-Kihić

PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĐA POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI

Sarajevo, 2023.

SADRŽAJ

1. Uvod	5
2. Virtualna i proširena realnost	7
3. Pregled oblasti	13
4. Interaktivno digitalno pripovijedanje	15
5. Web bazirane aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa	38
6. Case studije	41
6.1. Virtuelna prezentacija podvodnog kulturnog naslijeđa – H2020 iMARECULTURE projekat	41
6.2. Devet disidenata	47
6.3. Virtuelni skok sa Starog Mosta u Mostaru	51
6.4. Sarajevski ratni tunel	58
6.5. Sarajevo 5D	68
6.6. Rimsko naslijeđe Balkana	71
6.7. Rimsko naslijeđe Sarajeva	76
6.8. Virtuelni muzej starih zanata	79
6.9. Bitka na Neretvi VR	82
6.10. Underground	91
6.11. Crvena stijena VR	97
6.12. Da Vinci effect – zajedničko VR iskustvo za više korisnika	100
6.13. Ilhamija – prvi bosanski disident	114
6.14. Džamija u Logu pod Mangartom	116
6.15. Trebinjske tvrđave VR	122
6.16. Bitka na Kozari VR	126
7. 3D zvuk	135
8. Evaluacija korisničkog iskustva	144
9. Zaključak	170
Linkovi	172
Reference	174
Bilješka o autorima	184

1. UVOD

Digitalne tehnologije nastavljaju svoj prodor u sve sfere naših života. Virtualna i proširena stvarnost zadnjih godina približavaju nam život iz prošlosti u muzejima i na arheološkim lokalitetima. Digitalno pripovijedanje postaje novi medij kroz streaming platforme i društvene mreže. Bosna i Hercegovina nimalo ne zaostaje za ovim trendovima, naprotiv, zahvaljujući našim istraživanjima, ima vodeću ulogu u regionu.

Knjiga "Digitalna prezentacija kulturnog naslijeđa Bosne i Hercegovine" opisuje projekte istraživačke grupe Sarajevo Graphics Group sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Sarajevu od njenog osnivanja 2004. godine pa sve do dana objavljivanja 2010. godine. Knjiga koja je pred vama je nastavak publiciranja metodologije i tehnika kompjuterske grafike koje je za potrebe digitalizacije kulturnog naslijeđa razvila i primijenila ista ekipa, proširena sa multidisciplinarnim timom pisaca, reditelja, glumaca, arheologa, historičara, scenografa, kostimografa, muzičkih umjetnika, montažera, snimatelja, make-up artista i dizajnera, okupljenim u Udruženje za digitalizaciju i informatizaciju kulturne baštine DIGI.BA.

Prezentiraćemo projekte digitalnog kulturnog naslijeđa koje smo radili od 2010-2022. godine tehnikama virtualne i proširene stvarnosti. Opisaćemo naše učešće u H2020 projektu iMARECULTURE, produkciju prvih VR filmova u Bosni i Hercegovini, razvoj multiplayer VR aplikacije u okviru Creative Europe projekta Real Heroes, te veliki broj lokalnih i međunarodnih projekata u kojima smo učestvovali. Istraživački rezultati mnogih od ovih projekata su objavljivani tokom godina na naučnim konferencijama i u časopisima na engleskom jeziku, ali ovo je prva publikacija tih istraživanja na bosanskom jeziku, čime se daje prilika BH javnosti da se upozna sa rezultatima digitalizacije i multimedijalne prezentacije kulturnog naslijeđa koje je naš tim postigao.

Interaktivno digitalno pripovijedanje i 3D zvuk, opisani u poglavljima ove knjige, predstavljaju naš originalni doprinos istraživanju metodologija prezentacije kulturnog naslijeđa putem digitalnih tehnologija. Pokazaćemo da ove metodologije uspješno funkcioniraju u različitim projektima, od virtuelnih rekonstrukcija kulturnih spomenika, preko prezentacija nematerijalnog kulturnog naslijeđa, digitalizacije i modernizacije muzejskih zbirki, do virtuelne prezentacije arhivske građe iz oblasti digitalne humanistike. Web tehnologije koje smo koristili za razvoj naših aplikacija, kao i analiza korisničkog iskustva biće detaljno opisani.

Kao i prethodna, i ova knjiga je multimedijalna i sadrži linkove na video prezentacije spomenutih projekata, kao i web stranice na kojima se može skinuti njihov sadržaj. Pisana je na popularan način sa ciljem da upozna što širu populaciju čitalaca sa mogućnostima i rezultatima upotrebe digitalnih tehnologija u prezentaciji i očuvanju kulturnog naslijeđa.

2. VIRTUALNA I PROŠIRENA REALNOST

Virtualna realnost (Virtual Reality - VR) je tehnologija kreiranja kompjuterski generisanog okruženja koje omogućava korisniku da ga iskusi kao da je njegovo stvarno okruženje (Kussmaul, 2017). Okruženje se simulira pomoću digitalnog sadržaja (slika i zvuk), koji se korisniku emituju kroz specijalizirani hardver. Hardver ujedno služi i kao ulazni uređaj za pokrete i akcije korisnika, koji se dalje softverski obrađuju kako bi se sadržaj prikazao na ispravan način i registrovale interakcije sa okruženjem.

Proširena realnost (Augmented Reality - AR) je tehnologija dodavanja kompjuterski generisanih elemenata i digitalnih informacija u realni svijet. Ova tehnologija koristi senzore, kamere i kompjuterski generisane slike da upotpune korisnikovo fizičko okruženje. Danas primarno korišteni uređaji za proširenu realnost su mobilni uređaji zbog njihove dostupnosti.

Osnovna razlika između dvije tehnologije je u tome da je u virtualnoj realnosti korisnik potpuno okružen digitalno kreiranim digitalnim sadržajem, dok je kod proširene realnosti korisniku i dalje vidljiv realni, fizički svijet oko njega, samo upotpunjen dodatnim sadržajima.

Historija virtualne i proširene realnosti

Koncepti virtualne i proširene stvarnosti postoje već desetljećima, a prvi prototipi su kreirani u 1960-tim godinama. Međutim, tehnologija je postala komercijalno dostupna tek krajem 20-tog stoljeća.

Virtualna realnost se prvi put spominje 1935. godine u "Pygmalion's Spectacles" (Weinbaum, 2016), kratkoj naučno-fantastičnoj priči koju je napisao Stanley G. Weinbaum. Radnja priče se fokusira na profesora koji je izumio par specijalnih naočara koje omogućavaju korisniku da doživi potpuno imerzivnu virtualnu stvarnost. 1957. godine, kinematorgraf Morton Heilig

je izumio multimedijalni uređaj (kabinu) zvanu Sensorama (Mahmood et al., 2018), koja korisniku pruža interaktivno iskustvo. Prvi Head Mounted Display je proizveden 1961. godine i nazvan je Headsight (Steinicke&Steinicke, 2016). Ovaj displej je imao dva video ekrana, svaki za jedno oko, i magnetni uređaj koji je pratio pokrete. Headsight je ujedno i prvi uređaj za praćenje pokreta. Pet godina kasnije je napravljena prva simulacija letenja za američke zračne snage (Perry et al., 1966), što je izazvalo veliko interesovanje za virtualnu realnost i njenu primjenu u simulacijama.

1978. godine MIT¹ razvija Aspen Movie Map, koji koristi fotografije uslikane iz automobila kako bi korisniku prikazao iskustvo putovanja, dok se 1986. godine pojavljuje Visually Coupled Airbone System Simulator, koji predstavlja dalji razvoj simulacija za zračne snage. Međutim, virtualna realnost prvi put dobija ovaj naziv u 1987. godini, kada ga je osmislio kompjuterski stručnjak, istraživač i umjetnik John Lanier (Lanier, 1988). Proširena realnost kao izdvojena tehnologija se spominje tek u 1990-tim godinama, kada je i uveden naziv ("Augmented Reality").

U 90-tim godinama prošlog stoljeća na tržištu se prvi put pojavljuju igre i arkadne mašine koje su virtualnu realnost približile generalnoj publici. Prva virtualna soba je kreirana 2001. godine pod nazivom SAS cube (Kohut, 2018), a 2007. godine na tržištu se pojavio i Google street view, koji je omogućio 360° pregled raznih lokacija širom svijeta.

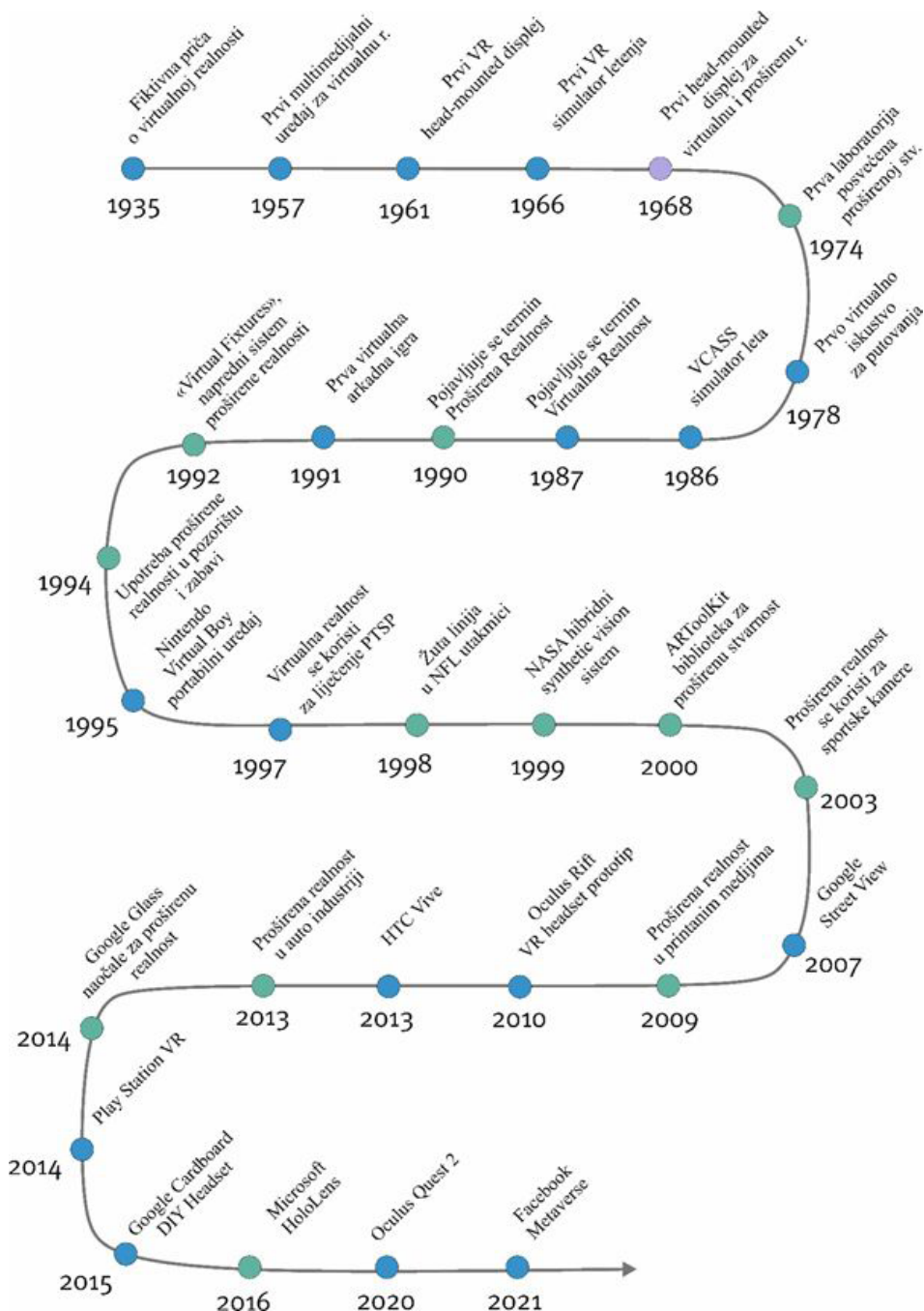
U 1992. godini napravljen je jedan od prvih funkcionalnih sistema proširene realnosti korišten za vojne treninge US Air Force (Rosenberg, 2002). Proširena realnost se prvi put u zabavnoj industriji koristi 1994. godine, a 1998. godine postaje popularnija kroz korištenje "žute linije" na utakmicama NFL-a.

Danas je tehnologija virtualne realnosti mnogo napredovala u odnosu na njene začetke. Tehnologija je postala pristupačna i dostupna širim masama zahvaljujući masovnoj proizvodnji uređaja poput Oculus Quest, HTC Vive i PlayStation VR. Virtualna realnost također je pronašla mnoge primjene u raznim oblastima nauke i industrije, uključujući igre, zdravstvo, edukaciju i trening. Jedan od najnovijih napredaka ove tehnologije je korištenje haptičkih povratnih informacija, koje omogućavaju korisniku da osjeti dodir, pritisak i teksturu u virtualnoj realnosti. Ovo je otvorilo mnoge nove mogućnosti poput medicinskih terapija i simulacijskih treninga.

Tehnologija proširene realnosti je danas sve dostupnija, te su biblioteke za razvoj jednostavnih aplikacija sve pristupačnije. Iako se proširena realnost može

¹ Massachusetts Institute of Technology, SAD

gledati i kroz specijalni hardver – naočale za proširenu realnost, zbog dostupnosti i jednostavnosti korištenja, uglavnom je prikazana kroz mobilne uređaje.



Slika 2.1: Historija virtualne i proširene realnosti

Kako radi virtualna realnost?

Virtualna realnost korisniku prikazuje sadržaj i simulira stvarnost kombinujući specijalni hardver i softver u cilju kreiranja imerzije. Važni segmenti prikaza virtualne realnosti su realizam prostora i odgovor sistema na kretanje korisnika. Da bi se digitalni sadržaj prikazao na realističan način, on se emituje pomoću stereoskopskog displeja koji svakom oku prikazuje različit pogled na scenu. Rezultat ovoga je da korisnik ima osjećaj da su neki objekti više udaljeni od drugih. Također, koriste se i tehnike prikaza nivoa dubine objekata, npr. udaljeni objekti su mutni i sporije se kreću od onih koji se nalaze bliže korisniku. Da bi se korisnik osjećao da pripada digitalnom prostoru, pokreti korisnika se bilježe i prikaz prostora se mijenja, odnosno prilagođava, korisnikovom kretanju.

Tipičan uređaj virtualne realnosti se sastoji od VR Headset-a i kontrolera. U nekim verzijama potreban je i računar koji renderuje sadržaj i senzori koji prate pokrete headset-a, dok je u modernijim verzijama oboje integrisano u headset (slika 2.2). Headset koji se koristi i kao ulazni i izlazni uređaj, istovremeno prikazuje sadržaj korisniku kroz displeje i bilježi kretanje glave korisnika, što omogućava softveru da pravilno odabere sliku koja će se prikazivati u svakom trenutku. Kontroleri kroz registrovanje dodira tipki omogućavaju interakciju sa virtualnim svijetom, poput kretanja ili pomjeranja objekata. Umjesto kontrolera se mogu koristiti i drugi ulazni uređaji, poput haptičkih rukavica, koje umjesto dugmadi imaju senzore za praćenje pokreta prstiju korisnika. Virtualna realnost također koristi i napredno prostorno emitovanje



Slika 2.2. VR Headset Oculus Quest 2

zvuka da bi se stvorio osjećaj dubine prostora i prezentovao odgovor prostora na kretanje ili akcije korisnika. Mikrofoni za reprodukciju zvuka su obično integrisani u VR Headset.

Kako radi proširena realnost?

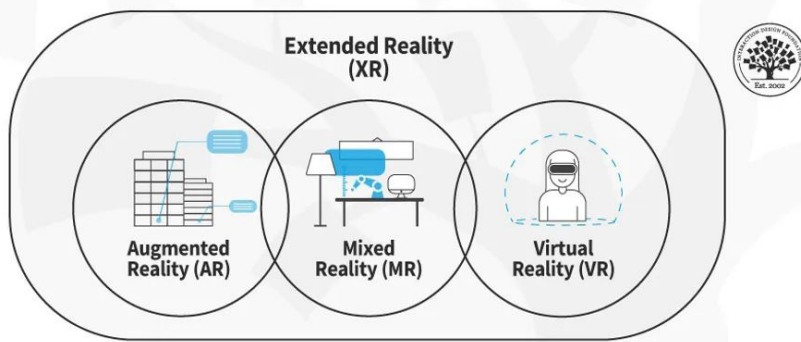
Proširena realnost radi na principu dodavanja digitalnih informacija u prikaz realnog svijeta. Za ovo se koriste senzori, kamere i kompjuterski generisane slike kako bi se proširila korisnikova realnost. Proširena realnost se može gledati kroz različite uređaje, poput mobinih telefona (slika 2.3), pametnih naočala i tableta. Položaj korisnika se registruje pomoću senzora koji su ugrađeni u ovim uređajima. Proširena realnost onda koristi algoritme kompjuterske vizije da bi analizirala sliku koju dobije kroz kameru uređaja, te detektovala već postojeće objekte i površine. Ovo je važno kako bi se mogle izračunati pozicije i način prikaza digitalnih objekata.

Softver za proširenu realnost nakon toga renderuje digitalni sadržaj poput 3D objekata, teksta ili slika i prikazuje ih preko slike koja se vidi kroz kameru uređaja. Danas je ova tehnologija toliko napredovala da aplikacije proširene realnosti mogu procijeniti dubinu prostora i položaj objekata, tako da se digitalni sadržaj može renderovati djelimično iza postojećih realnih objekata, u njihovoj sjeni i slično. Korisniku je obično omogućena interakcija sa ovim dodatnim virtualnim objektima pomoću različitih metoda, kao što su dodir ekrana mobilnog uređaja ili pritisak na dugme na pametnim naočalama.



Slika 2.3. Uvećana realnost na mobilnom uređaju

Istegnuta realnost (eXtended Reality – XR) je naziv kojim se obuhvataju i tehnologije virtuelne i proširene realnosti. Termin pomiješana realnost (Mixed Reality – MR) se nekad koristi za tehnologije proširene realnosti koje su interaktivne. Odnos ovih termina prikazan je na slici 2.4.



Slika 2.4. Terminologija (Interaction Design Foundation)

Imerzija

Glavni cilj aplikacija koje implementiraju spomenute tehnologije u oblasti prezentacije kulturnog naslijeđa je postizanje imerzije korisnika u virtuelno okruženje. Imerzija je osjećaj potpunog uživanja u virtuelnu stvarnost i doživljavanje iskustva veoma sličnog realnosti. Jedna od naučnih definicija imerzije je “angažman korisnika u VR sistemu koji rezultira osjećanjem pripadnosti virtuelnom svijetu”. Imerzija u VR sisteme uglavnom zavisi od senzorne imerzije, koja se definiše kao “stepen u kome je opseg senzornog kanala uključen virtuelnom simulacijom” (Berkman&Akan, 2019). U ovoj knjizi često ćemo kvalitet VR aplikacija mjeriti stepenom imerzije korisnika.

Edutainment

Faktor kojim se mjeri uspjeh VR i AR aplikacija naziva se edutainment. To je kombinacija edukativnog i zabavnog elementa aplikacije (education + entertainment = edutainment). U nastavku ćemo često spominjati ovaj faktor kod evaluacije korisničkog iskustva prilikom upotrebe ovih aplikacija.

3.

PREGLED OBLASTI

Virtualna realnost je doživjela značajne napretke u posljednjih nekoliko godina, posebno po pojavi cijenom pristupačnih uređaja poput Oculus Quest. Većina trenutnih istraživanja nastoji unaprijediti korisničko iskustvo i povećati stepen imerzije korisnika u virtualni svijet. Neka od osnovnih novijih dostignuća su:

- Displeji visoke rezolucije: VR headseti danas imaju integrisane displeje visoke rezolucije koji prikazuju izuzetno jasnu sliku.
- Unaprijeđeno praćenje pokreta: Praćenje pokreta je sve preciznije, te su radnje korisnika veoma vjerno prenesene u virtualni svijet.
- Haptička povratna informacija: U aplikacijama virtualne realnosti se sve više koristi haptička povratna informacija, kroz kontrolere ili specijalne rukavice. Korisniku se prenosi vibracija ili pritisak kako bi se simulirao dodir sa digitalnim objektima ili određeni pokreti.
- Bežični VR uređaji: Noviji VR headseti su sada bežični, što omogućava veću slobodu kretanja i jednostavnije korištenje.
- Praćenje očiju: Neki VR headset uređaji imaju mogućnost praćenja pogleda korisnika, te pomoću te informacije unaprjeđuju prikaz virtualnog svijeta i omogućavaju prirodniju interakciju sa objektima.
- Fenomen poznat kao "Social VR" (Društvena virtuelna realnost): Social VR omogućava korisnicima da komuniciraju sa drugim korisnicima u virtualnom okruženju, te na taj način stvaraju osjećaj prisutnosti i zajednice.

Općenito, virtualna realnost se konstantno razvija i unaprjeđuje te postaje sve više dostupna korisnicima. Sa daljim poboljšanjima hardvera i softvera za virtualnu realnost, očekivati je i sve imerzivnija i realističnija virtualna iskustva u budućnosti.

Kao i virtualna, proširena realnost također proživljava konstantan razvoj i unaprjeđenja u posljednjim godinama. Neka od najznačajnijih dostignuća tehnologije proširene realnosti su:

- Povećana preciznost: Tehnologija proširene realnosti je napredovala u smislu njene preciznosti i mogućnosti praćenja korisničkih pokreta. Ovo rezultira većim realizmom i imerzijom.
- Mapiranje u realnom vremenu: Proširena realnost sada može mapirati realno okruženje u realnom vremenu, što omogućava precizniju i gotovo neprimjetnu integraciju digitalnog sadržaja u fizički svijet.
- Prirodna interakcija: Tehnološki napreci su omogućili intuitivnu i prirodnu interakciju sa digitalnim sadržajem. Korisnici mogu koristiti pokrete ruku, govorne naredbe, pa čak i pokrete očiju za interakciju sa digitalnim objektima.
- Nosivi uređaji proširene stvarnosti: Sve napredniji nosivi uređaji koji mogu prikazivati proširenu stvarnost, poput naočala, čine proširenu realnost dostupnijom korisniku i praktičnijom, jer korisnik može vršiti interakcije sa digitalnim sadržajem i bez upotrebe ruku.
- Kreiranje 3D sadržaja: Mogućnost kreiranja i integracije visokokvalitetnog 3D sadržaja u proširenu realnost je sve jednostavnije.
- Integracija sa drugim tehnologijama: Proširena realnost se sada integriše sa drugim tehnologijama kao što su vještačka inteligencija i internet stvari (Internet of Things), što vodi ka sve naprednijim i personalizovanim iskustvima.

Istraživanja iz polja virtualne i proširene realnosti su veoma popularna te su rezultati obećavajući i mogu nagovijestiti dalja unaprjeđenja tehnologija. Ekstenzivna istraživanja se sprovode u cilju poboljšanja mogućnosti prepoznavanja objekata (Rupa et al., Hameed et al., 2022) pomoću tehnologije proširene realnosti, te integrisanja haptičke povratne informacije (Wang et al., Dorzhieva et al., 2022). Ovo ima za cilj povećanje preciznosti dodavanja digitalnih objekata i povećanje realizma interakcije korisnika sa ovakvim objektima. Također, interesantna tema je i mogućnost interakcije među korisnicima (Miranda et al., Wang&Qi, 2022) u proširenoj realnosti, odnosno iskustva proširene realnosti koja uključuju više korisnika.

4.

INTERAKTIVNO DIGITALNO PRIPOVIJEDANJE

4.1. Uvod

U doba Interneta i društvenih mreža percepcija informacija je promijenjena. Korisnici su svake sekunde bombardovani djelićima informacija. Nemaju više strpljenja da čitaju dugačak tekst ili da gledaju dugačak video. Vrijeme koje su spremni posvetiti jednoj temi ubrzano se smanjuje.

Stoga se mijenjaju i metode prezentacije informacija. Sadržaj je podijeljen u hiperlinkovane strukture, dajući korisnicima na prvi pogled pregled onoga što mogu pronaći unutra. Digitalno pripovijedanje slijedi ovu metodologiju. Danas postoje online aplikacije koje sadržaj predstavljaju kao niz kratkih priča, omogućavajući gledaocu da odabere koliko duboko želi zaroniti u informacije. Ipak, ne postoji univerzalno rješenje za sva moguća područja prezentacije.

Iako se područje upotrebe interaktivnog digitalnog pripovijedanja brzo širi, u našem istraživanju fokusiramo se na njegovu primjenu u virtualnoj prezentaciji kulturnog naslijeđa i edukativnim igrama. Proučavamo načine kako se dokumentovane historijske informacije o kulturnom spomeniku mogu prenijeti na privlačan i impresivan način široj publici u muzejima i na Internetu.

Handler Miller definiše digitalno pripovijedanje kao korištenje digitalnih medijskih platformi i interaktivnosti u narativne svrhe, bilo za fiktivne ili nefiktivne priče (Miller, 2004). Interaktivno digitalno pripovijedanje (Interactive Digital Storytelling - IDS) omogućava korisniku da utiče na tok, a ponekad čak i na sadržaj priče. Ovaj novi oblik prenošenja informacija uključuje profesionalce iz više disciplina u proces kreacije priče.

U pokušaju da razvijemo novu metodu za interaktivno digitalno pripovijedanje: hiper-pripovijedanje, angažovali smo stručnjake iz informatike, vizualnih

umjetnosti, filmske režije, književnosti, psihologije, komunikologije i interakcije ljudi s računarom. Oni su analizirali jednostavnu interaktivnu aplikaciju za digitalno pripovijedanje i ponudili svoje zaključke i preporuke koje će se ugraditi u novu metodologiju. Ovdje prezentiramo zaključke istraživanja u formi smjernica prema kojima će metoda hiper-pripovijedanja biti zasnovana.

4.2. Vezana istraživanja

Kalifornijski državni univerzitet, Chico, je generisao peto-dijelnu definiciju digitalnih priča, prema kojoj, u svrhu procjene, bi trebalo: uključiti uvjerljivu naraciju priče; pružiti smislen kontekst za razumijevanje priče koja se priča; koristiti slike da uhvatite i/ili proširite emocije koje se nalaze u narativu; koristiti muziku i druge zvučne efekte za isticanje ideja; pozvati publiku na razmišljanje (Alexander, 2011). Ova definicija uvodi neke ključne riječi za naše istraživanje: naracija, slike, muzika, emocije. To pokazuje da samo multidisciplinarni timovi mogu kombinovati sve ove pojmove u interaktivnu aplikaciju.

Svi autori u literaturi slažu se da je temelj uspješnih IDS aplikacija vješto korištenje opštih principa pripovijedanja definisanih kroz historiju u svim vrstama medija. Aristotelovih sedam zlatnih pravila (zaplet, lik, tema, dijalog, muzika, dekor, spektakl) lako se prepoznaju u zanimljivim i impresivnim interaktivnim digitalnim pričama (Aristotle, 384 to 322 B.C.E.).

Herojevo putovanje je još jedna struktura pripovijedanja koja se koristi ili bi se mogla koristiti u IDS-u. To je obrazac naracije koji je identifikovao američki učenjak Joseph Campbell i koji se pojavljuje u drami, pripovijedanju, mitovima, vjerskim ritualima i psihološkom razvoju (Campbell, 1949). Opisuje tipičnu avanturu arhetipa poznatog kao Heroj, osobe koja izlazi i postiže velika djela u ime grupe, plemena ili civilizacije. Predložena struktura sastoji se od 12 faza, počevši od uvođenja Herojevog svijeta, opisivanja poziva na avanturu i praćenja kroz različite prepreke do ispunjenja željenog cilja. Ova struktura je prikladnija za avanturističke filmove i romane nego za dokumentarne naracije, ali bi se neki elementi mogli primijeniti.

Kako je fokus našeg istraživanja IDS na aplikacijama virtuelne kulturne baštine i edukativnim igrama, ovdje predstavljamo neke primjere takvih projekata i raspravljamo o njihovim prednostima i nedostacima.

Etruscanning 3D projekat (Pietroni et al., 2013) je IDS aplikacija kreirana da predstavi nalaze iz etruščanske grobnice Regolini-Galassi kroz zanimljivu kombinaciju pripovijedanja s 3D okruženjem grobnice i interaktivnim modelima artefakata pronađenih tamo. Korisnik stoji ispred ekrana na kojem se

projektuje virtuelno okruženje grobnice i komunicira sa aplikacijom koristeći interfejs za interakciju zasnovan na pokretima detektovanim Kinect senzorom pokreta. Ovaj projekat je odličan primjer kako pomoću pripovijedanja korisniku prenijeti historijske informacije i važnost arheoloških nalaza. Međutim, interfejs baziran na pokretima ograničava njegovu upotrebljivost u muzejskim postavkama.

Aplikacija Admotum kreirana u okviru izložbe "Ključevi Rima" posvećene rimskoj kulturi za vrijeme vladavine cara Augusta, edukativna je igra koja uključuje korisnika u potragu za predmetima iz 4 uključena muzeja (Pagano et al., 2015). Izložba je održana 2014. godine u isto vrijeme u Rimu, Aleksandriji, Amsterdamu i Sarajevu, s ciljem da se kroz kombinaciju muzejskih zbirki i digitalnog sadržaja predstave različiti dijelovi Rimskog carstva tog vremena. Aplikacija Admotum osmišljena je kao potraga za blagom, gdje korisnici prvo istražuju virtualna okruženja rimskih objekata sa svoje lokacije, a nakon pronalaska svih objekata mogu otključati virtualna okruženja sa preostale tri lokacije i tražiti njihove objekte. Pripovijedanje igra značajnu ulogu u ovoj aplikaciji, jer se svaka virtualna rekonstrukcija i pojedini objekti opisuju kroz naracije virtualnih likova. Međutim, korisnici su toliko zaokupljeni nejednostavnom navigacijom baziranom na pokretima, da većina njih ne obraća mnogo pažnje na priče koje čuju.

Navedeni projekti otvaraju nova istraživačka pitanja koja će biti obrađena u okviru našeg istraživanja za novu IDS metodologiju. Prvo pitanje je kako postići maksimalno uživanje (imerziju) korisnika u virtuelnu prezentaciju kulturne baštine. Drugo, važno je izgraditi aplikaciju sa visokim nivoom edukacije, npr. da prenese dovoljno informacija za edukaciju korisnika o historijskom kontekstu objekta kulturne baštine ili lokaliteta, dok ga prezentacija zabavlja i zaokuplja. Virtuelna okruženja sa interaktivnim pripovijedanjem omogućavaju korisniku da gleda priče na zahtjev. Ova prednost bi se mogla pretvoriti u nedostatak ako korisnici ne gledaju sav ponuđeni sadržaj. U literaturi se to naziva rješavanjem "narativnog paradoksa". To je sukob između unaprijed napisanih narativnih struktura, posebno zapleta, i slobode koju virtuelno okruženje (VE) nudi korisniku u fizičkom kretanju i interakciji, sastavni dio osjećaja fizičkog prisustva i uaranjanja (Schoenau-Fog, 2015). Nova IDS metoda bi trebala uvesti faktor motivacije za korisnike da pogledaju cijeli ponuđeni sadržaj.

4.3. Stručna korisnička evaluacija jednostavne IDS aplikacije

Kako bi se olakšao rad interdisciplinarnih stručnjaka na razvoju nove IDS metode hiper-pripovijedanja, pojavila se potreba da se upoznaju sa tipičnim zahtjevima IDS aplikacija za prezentacije kulturnog naslijeđa i edukativnih (ozbiljnih) igara. Takve aplikacije obično se sastoje od priča, interaktivnih 3D modela artefakata kulturne baštine (CH) i interaktivnih virtuelnih okruženja (IVE) koja predstavljaju rekonstrukcije originalnog izgleda spomenika kulture. Korisnici mogu virtuelno istraživati IVE, gledati ili slušati priče i naučiti o namjeni i historijskom kontekstu odabranih objekata. Aplikacije su obično online ili dostupne za mobilno preuzimanje, ali se mogu postaviti i u muzeju. Neke od njih uvode elemente proširene stvarnosti za kombinovanje digitalnog sadržaja sa znamenitostima i elementima na lokaciji.

Studije evaluacije korisničkog iskustva postojećih IDS aplikacija pokazale su sljedeće glavne nedostatke:

- priče su preduge da bi zadržale pažnju korisnika
- korisnici imaju problema sa navigacijom u IVE i ne pronalaze trigere za sve priče
- sadržaju nedostaje motivacijski faktor koji bi korisnika držao angažiranim dok se sve ne istraži
- ima previše informacija koje nisu dobro strukturirane i dosađuju korisnicima
- aplikacija ne pruža zadovoljavajuće korisničko iskustvo svim ciljnim grupama publike
- ozbiljne igre za kulturnu baštinu su previše lake ili preteške za igranje

A. Jednostavna IDS aplikacija – Bijela tabija

Bijela tabija je tvrđava s pogledom na grad Sarajevo. Od srednjeg vijeka čuva prilaz gradu. Kroz svoju historiju nekoliko puta je mijenjala izgled. Projekat 4D virtuelne prezentacije (Rizvić, 2016) upoznaje korisnike Interneta sa historijom tvrđave, njenim izgledom od srednjovjekovnog, osmanskog i austro-ugarskog perioda do danas, kroz interaktivne digitalne priče. Ova aplikacija (Rizvić & Muftarević, 2017) odabrana je kao primjer IDS aplikacije za upoznavanje interdisciplinarnog tima stručnjaka sa glavnim karakteristikama i ciljevima IDS-a za kulturnu baštinu.

Struktura aplikacije Bijela tabija je prikazana na slici 4.1. Korisnik može na zahtjev gledati 10 digitalnih priča i istražiti 6 interaktivnih virtuelnih modela tvrđave. Uvodna priča predstavlja pregled sadržaja implementiranog unutar aplikacije. Priče o srednjovjekovnom, osmanskome i austrougarskom periodu nude više detalja o događajima i likovima vezanim za tvrđavu u to doba. Neka od interaktivnih virtuelnih okruženja sadrže i priče o pojedinim dijelovima tvrđave i njenim stanovnicima. Sadrže i modele digitalizovanih arheoloških nalaza sa lokaliteta sa njihovim virtuelnim rekonstrukcijama. Ova aplikacija se lako može postaviti u muzeju, eventualno pored artefakata pronađenih na stranici, što će samo doprinijeti iskustvu posjetitelja i neće utjecati na njihovu percepciju same aplikacije, niti predloženih smjernica.



Slika 4.1. Struktura projekta Bijela tabija

Inicijalna studija evaluacije korisničkog iskustva pokazala je neke nedostatke u konceptu IDS aplikacije Bijela tabija. Većina korisnika nije vidjela sve digitalne priče. Neki od njih nisu se mogli orijentisati u interaktivnim virtuelnim okruženjima i pronaći priče u njima. Iako je većina učesnika cijenila predstavljeni koncept IDS-a, a posebno lik naratora, vječnog vojnika sa tvrđave, skrenuli su nam pažnju na moguća poboljšanja. Kako je početna korisnička evaluacija provedena sa različitim ciljnim grupama korisnika (Bosanci,

nebosanci, različita informatička pismenost, različita dob i stručna sprema), smatrali smo korisnim ocijeniti istu aplikaciju sa interdisciplinarnim stručnjacima. Ova evaluacija će identifikovati nedostatke koncepta i doprinijeti razvoju nove IDS metode.

B. Interdisciplinarni tim

Uobičajeni problem u novim online medijskim istraživanjima je da su ona ograničena na samo jednu naučnu oblast. Interaktivno digitalno pripovijedanje, kao novi oblik medijske komunikacije, potrebno je razmotriti od strane stručnjaka iz svih relevantnih oblasti kako bi se razvila nova metodologija koju cijene sve ciljne grupe korisnika. Ovdje predstavljamo argumente za angažovanje određenih multidisciplinarnih stručnjaka u našem istraživačkom timu.

1. Računarstvo

Računarstvo je tačka sinteze doprinosa svih članova tima. Informatičari će implementirati novu IDS metodu na Internet mediju. U fazi razvoja metode oni prikupljaju informacije i preporuke od preostalih članova tima i zajedno s njima odlučuju koje njihove preporuke treba ugraditi u konačni istraživački proizvod.

2. Psihologija

Jedan od glavnih ciljeva nove IDS metode je prenošenje znanja do korisnika. Kognitivna psihologija nudi veliki skup alata koji se koriste u ovom istraživanju kako bi se postigao najviši nivo učenja predstavljenih informacija. Metoda hiper-pripovijedanja će se razvijati i evaluirati prema sugestijama ovog stručnjaka koji će identifikovati njene prednosti u odnosu na postojeće IDS metode.

3. Komunikologija

Internet mediji imaju svoja pravila i zakone prezentovanja informacija. Komunikolog doprinosi ovom istraživanju predlažući najprikladnije načine prilagođavanja IDS-a ovom mediju, s ciljem maksimalnog uživanja korisnika u priču/aplikaciju. Nova IDS metoda bi trebala proizvesti obrazovne, zabavne i jednostavne za korištenje IDS aplikacije. Komunikolog će ponuditi obrasce za postizanje ovog cilja na nov način.

4. Filmska umjetnost – režija

Interaktivne digitalne priče kreirane novom metodom sadrže veliku količinu filmskih formi. U stvari, one su kombinacija filmova i interaktivnih virtuelnih

okruženja kao što su kompjuterske igre. Reditelj ima vodeću ulogu u kreiranju ovih filmova, kao i režiranju interakcije u VE, kako bi se dobila kombinacija koja je najprijatnija za korisnika i omogućava mu/joj da nauči prezentirane informacije.

5. Književnost – pripovijedanje

Pisac scenarija interaktivnih digitalnih priča prilagođava svoju metodologiju pripovijedanja Internetkim medijima. Sada ima na raspolaganju poboljšani skup alata, umjesto čistog teksta, da ispriča priču. U saradnji sa rediteljem i ostalim članovima tima odlučuje se za narativni metod, likove i interakciju, kako bi povećao atraktivnost za korisnike.

6. Likovna umjetnost - grafički dizajn

Stručnjak za grafički dizajn je zadužen za vizuelni izgled IDS aplikacije, počevši od korisničkog interfejsa, do distribucije elemenata slike i kompozicije kadra. On treba da definiše skup pravila koja će se primijeniti na IDS aplikaciju kako bi ona bila vizuelno privlačna za korisnika, koji bi trebalo da komunicira sa njom na lak i prirodan način.

7. Interakcija čovjeka i računara (Human Computer Interaction - HCI)

Već dugo se uspjeh proizvoda koji uključuju interakciju mjeri kvalitetom korisničkog iskustva. Postoje različite metode i pristupi za procjenu korisničkog iskustva, neki od njih opšti, neki povezani s određenim domenom aplikacije. Ekspert iz ove oblasti će razviti i primijeniti novu metodu za evaluaciju korisničkog iskustva posvećenu IDS-u. Kroz niz korisničkih studija procijenit ćemo prednosti predloženih metoda. Evaluacija će obuhvatiti kvalitet interakcije i percepcije informacija i fokusirati se na sljedeće heuristike važne za digitalno pripovijedanje: imerzija korisnika i vrijednost faktora edutainmenta.

C. Studija evaluacije korisničkog iskustva

Proveli smo nekoliko studija evaluacije korisničkog iskustva aplikacije Bijela tabija. Inicijalni rezultati evaluacije korisničkog iskustva (Rizvic, 2016) pokazali su da korisnici više cijene interaktivno pripovijedanje nego linearno, da suosjećaju s likom naratora i da su saznali informacije o ovom spomeniku kulture na atraktivan i impresivan način. Glavni nedostatak aplikacije je, prema njihovim riječima, teška navigacija u IVE-ima koja ih je spriječila da pronađu trigere za sve digitalne priče.

U ovom radu predstavljamo rezultate iste korisničke studije provedene na stručnjacima iz interdisciplinarnog IDS razvojnog tima. Od njih je zatraženo

da posjete web stranicu projekta (4D Tabija, 2016), istraže njegov sadržaj i zatim popune upitnik za online anketu. Pitanja u anketi o evaluaciji korisnika pokrivala su sljedeće teme, koje predstavljaju ciljeve naše evaluacije:

- Percepcija informacija: saznati koliko su korisnici naučili o Bijeloj tabiji iz naše aplikacije;
- Interaktivno digitalno pripovijedanje: procijeniti koncept;

Pitanja u ovom dijelu bila su usmjerena na procjenu broja priča koje su korisnici vidjeli, korisničku ocjenu naracije, likova naratora, muzike, grafike i kompjuterske animacije u pričama.

- Evaluacija IVE: utvrditi kvalitet prezentacije, navigacije i interakcije; da otkrijemo jesu li naši trigeri (dugmad za aktivaciju) za unutrašnje priče i rekonstrukcije arheoloških nalaza bili dovoljno intuitivni da korisnici pronađu i istraže ovaj sadržaj;
- Sveukupno zadovoljstvo korisnika: identificirati prednosti i slabosti u razvoju aplikacije.

Psiholog je procijenio aplikaciju Bijela tabija sa aspekta teorije kognitivnog opterećenja (Sweller et al., 2011), integracije teorije kognitivnog opterećenja i koncepata interakcije s ljudskim računarom (Hollender et al., 2010) i procesnog modela čitanja hiperteksta (DeStefano & LeFevre, 2017) primijenjenog na hipermediju. Svoja zapažanja je podijelio na makro i mikro nivoe. Cijeneci početnu stranicu kao "organizator" koji bi smanjio kognitivno opterećenje kao što je preporučeno u (Chalmers 2003), primijetio je mogućnost estetskih i funkcionalnih poboljšanja koja bi stranicu učinila dinamičnijom i privlačnijom. Mogućnost da korisnici izaberu svoj put kroz prezentirane informacije prepoznata je kao poštovanje principa segmentacije koji doprinosi optimizaciji unutrašnjeg opterećenja. Prilično dugo vrijeme učitavanja interaktivnih virtualnih okruženja kvalifikuje kao smanjenje upotrebljivosti prezentacije. Na nivou digitalnih priča, cijenio je mogućnost da korisnici kontroliraju prezentaciju. Konačno, primijetio je suvišnost u prezentaciji informacija u slučajevima kada se iste informacije istovremeno prikazuju vizuelno i u naraciji. Ove istovremene prezentacije se takmiče i povećavaju kognitivno opterećenje.

Komunikolog je naveo da u američkom modernom novinarstvu postoje dvije vrste žanrova: vijest i priča. Prema (Quintilian, 2006), da bi bila prenosiva, prezentacija informacija treba da sadrži tri elementa: da ima logičku osnovu, da bude privlačna i da bude etična. Otkrio je da Bijela tabija, kao nov način

prezentiranja informacija, izaziva radoznalost zasnovanu na poznatim denotacijama i motivira korisnike da pri tome ostanu do kraja. Prezentacija bi se mogla obogatiti dodavanjem legendi ili ličnih iskustava lika naratora-vojnika, poput ljubavi, molitve ili osjećaja. On preporučuje dodavanje interfejsa znakovnog jezika za osobe sa posebnim potrebama.

Grafički dizajner je uočio nedostatak jedinstvenog vizuelnog stila za korisnički interfejs web stranice i dizajn elemenata digitalnih priča. Cijela prezentacija je trebala imati logo, koherentan odabir fonta, navigaciju i elemente ekrana. Cijenio je estetiku video produkcije. Trebalo je dodati uvodnu rečenicu ili kratku sekvencu kako bi se korisnicima predstavilo šta mogu očekivati od prezentiranog sadržaja. Virtualna okruženja su mogla biti realističnija sa boljim osvjetljenjem i kvalitetom renderovanja.

Pisac priče navodi da je glavni kvalitet interaktivne prezentacije informacija u aplikaciji Bijela tabija ulazak u kreativno polje mogućnosti, što nam omogućava da pratimo već uspostavljene reflekse primaoca koji je iskusan potrošač cyber sadržaja i interaktivne komunikacije i ponudimo mu da stekne znanje na tako poznat način. Nedostaci su u nerealizovanoj mogućnosti daljeg korištenja kreativnih alata za nametanje različitih situacija od priče preko filma ili vizuelne umjetnosti.

HCI stručnjak je izvršio heurističku evaluaciju aplikacije Bijela tabija na osnovu (Borovina et al., 2014). Napomenuo je da objekti na koje se može kliknuti u VE nisu dovoljno naglašeni i da navigacija u VE nije intuitivna. Bilo bi korisno uvesti odjeljak za pomoć gdje bi se korisnik mogao upoznati sa najvažnijim karakteristikama korisničkog interfejsa.

Filmski reditelj smatra da to što je Bijela tabija realizovana sa minimalnim budžetom nije primjetno na realizaciji projekta. Sadržaj je zanimljiv, koherentan i sistematičan. Digitalne priče cijeni kao poetski i stilski odličnu predstavu glumca naratora koji je prezentirao historijske činjenice na stvarnoj lokaciji. Treba cijiniti sve elemente koji doprinose kvalitetu aplikacije kao što su tekst, kostim i ritam. Aplikacija je uspjela rekreirati atmosferu prošlih vremena na način privlačan savremenom gledaocu. Opšta napomena je odsustvo stilskog jedinstva "geštalta", posebno vizuelnog, budući da je on osnova medija kojim se bavimo. Vizuelni aspekt na nivou teorije informacija je prvi korak u zadržavanju potrošača, jer stvara odlučujući prvi utisak.

4.4. Smjernice za interaktivno digitalno pripovijedanje

Kako je Denard u (Denard, 2012) uspostavio Londonsku povelju, međunarodno priznate principe za korištenje kompjuterske vizualizacije od strane istraživača, edukatora i organizacija za kulturnu baštinu, u ovom radu ćemo predstaviti temelje za "Sarajevsku povelju" (Sarajevo charter) - skup smjernica za interaktivno digitalno pripovijedanje kulturnog naslijeđa. Ove smjernice daju interdisciplinarni stručnjaci iz informatike, vizuelnih umjetnosti, književnosti, filmske režije, psihologije, društvenih nauka i interakcije čovjek-računar nakon evaluacije jednostavne IDS aplikacije Bijela tabija. Web portal "Sarajevo charter" sadrži ciljeve, smjernice, linkove na projekte i bibliografiju interaktivnog digitalnog pripovijedanja za primjenu u digitalizaciji kulturnog naslijeđa (Sarajevo Charter, 2019).

Psiholog zaključuje: da bi IDS ispunio kriterije upotrebljivosti, moramo smanjiti nepotrebno kognitivno opterećenje, prilagoditi unutrašnje i povećati relevantno opterećenje. Prema principima učenja izvedenim iz teorije kognitivnog opterećenja, digitalna priča će biti obrazovno efikasnija ako:

- se koriste i tekst i slike, umjesto samo tekst (multimedijalni princip)
- tekst i slike su privremeno integrisani (princip podijeljene pažnje)
- grafički sadržaj se koristi uz naraciju umjesto pisanog teksta (princip modalnosti)
- jedna informacija nije predstavljena u dva ili više oblika (princip redundantnosti)
- ključne informacije su naglašene unutar informacijske organizacione strukture (princip signalizacije)
- nepotreban materijal je isključen (princip koherentnosti)
- materijal je predstavljen u segmentima i korisnik ima kontrolu nad njima, umjesto linearne strukture (princip segmentacije)
- za korisnike početnike obezbijedene su sve vrste podrške
- aplikacija je jednostavna za korištenje

Komunikolog ima drugačije mišljenje o višku informacija. On navodi da u IDS treba uvesti kvalitativnu redundantnost, kao jedan od 3 glavna zajednička elementa žanrova prezentacije informacija (novum, redundantnost i vrijednost) (Čengić, 2007). On preporučuje strukturu naracije pješčanog sata

za pripovijedanje. Informacije treba segmentirati u kratke strukturne cjeline, povezane na sličan način kao priče iz "1001 noći", neprestano zadržavajući pažnju korisnika, čak ga privlačeći da se vrati na priču. Ključne riječi za novi IDS koncept trebaju biti privlačnost i obrazovna vrijednost. Osim narativa, veoma su bitni i bogatstvo slike (boja) i zvuka, koji značajno doprinose atraktivnosti aplikacije.

Grafički dizajner ističe važnost kvaliteta korisničkog iskustva. Korisnički interfejs treba da sadrži pokrete i animacije kako bi obogatio sveukupno zadovoljstvo. Trendove i tehnologije dizajna treba pratiti i primjenjivati. U posljednje vrijeme efekat paralakse je pokazao odlične rezultate za interaktivne aplikacije za pripovijedanje. Korisnici cijene vođenje kroz prezentaciju bez ulaganja puno truda, ali moramo ostaviti detalj ili dva za one koji vole istraživati. Historijsko pripovijedanje treba biti obogaćeno ljudskim elementom (na primjer crtanje rukom) kako bi se stvorila toplina i podstakla komunikacija. Jedinstveni vizuelni stil svih korištenih elemenata (web stranica, pojedinačne priče, direktni snimci, tekst i ilustracije) povećava zadovoljstvo korisnika.

Pisac priča je opisao perspektive interaktivnog digitalnog pripovijedanja kroz sljedeće elemente:

Pripovijedanje: Umjetnost pripovijedanja prati socio-kulturne i tehno-estetske promjene. Digitalna revolucija je otvorila nove mogućnosti za tehnike pripovijedanja. Digitalno pripovijedanje postaje kreativna kombinacija pristupačnih tehnologija koja unaprjeđuje tradicionalni pristup kroz jedinstvo slike, zvuka i pokreta s narativom, kako bi se prenijela poruka priče.

Multimedijalni narativ: Multimedija je rezultat kombinacije teksta, slike, zvuka, fotografije, animacije, filma i drugih vrsta novih medija, u cyber prostoru i hiperteksta. Izuzetno je važno složiti narativni aspekt sa vizuelnim, interaktivnim i kompozicionim elementima u funkcionalnu cjelinu. Sadržaj ne bi trebao imati jedinstven tok čitanja/gledanja/slušanja, ali bi korisnik trebao biti u mogućnosti da ga dinamički odredi.

Procesni model: Narativni sadržaj je otvoren za interakciju i povezivanje različitih medijskih elemenata u jednu cjelinu. Najvažniji zadatak u razvoju ovog novog medijskog i pripovjedačkog izraza je definisanje efikasnog modela procesa.

Vizualizacija naracije: Proces dizajna nikada nije ideja samo jednog od njegovih strukturnih elemenata, već proces, skup, koherentna misao o spoljašnjem i unutrašnjem, detalj kao i cjelina. Digitalni idejni dizajn znači koncepciju komponenti sadržaja vizuelnog stila, proisteklih iz zahtjeva

naracije. Vizuelna komponenta je danas temelj ljudske komunikacije, isto, pa čak i više od teksta.

Interaktivna naracija: Cilj interaktivne naracije nije da autor priča, već da ponudi kontekstualne građevne blokove i okruženje u kojem korisnik može otkriti ili izgraditi naraciju. Ključni koncept interaktivnog narativa je sposobnost korisnika da donose odluke o narativu.

Ciljevi interaktivnog narativa: Uspješna interaktivna naracija je dizajnirana prema potrebama korisnika kako bi mu pružila ugodno i inspirativno iskustvo. Ovo uključuje sve aspekte iskustva (fizički, senzualni, kognitivni, emocionalni i estetski). Prvi korak u kreiranju ovakvog narativa je jasno definisanje glavne poruke i emocije priče, kao često zanemarene kategorije narativnog aspekta.

Struktura interaktivnog narativa: Interaktivni projekat počinje razvojem koncepta koji povezuje korisničko iskustvo i intelektualnu uključenost sa korisničkim interfejsom i sadržajem. Priča se doživljava kroz svoje sadržajne elemente umjesto kao linearni narativ. Ovo uključuje stvaranje strukture u kojoj će komponente sadržaja biti raspoređene tako da formiraju kompletno narativno korisničko iskustvo.

Motivacija u interaktivnom narativu: radoznalost korisnika je pokretačka snaga kroz interaktivnu priču. To ga motiviše da prođe sve korake interakcije.

Dizajn interakcije: Korisničko iskustvo se može podijeliti u 3 aspekta: forma - obrađuje se grafičkim dizajnom kroz kreiranje vizuelnog jezika za komuniciranje sadržaja; ponašanje - oblikovanje ponašanja korisnika prema priči, njenoj formi i sadržaju; sadržaj – kojeg su kreirali animatori, umjetnici zvuka i arhitekti informacija.

HCI stručnjak navodi da bi, na osnovu 10 Nielsenovih heuristika upotrebljivosti (Nielsen, 1995), IDS aplikacije trebale pružiti korisnicima osjećaj kontrole i posljedično: sadržavati informacije o navigaciji u IVE-ima, naglašavati objekte trigeru za određene radnje i poboljšati integraciju interaktivne 3D geometrije i narativni sadržaj. Za uspješnu korisničku evaluaciju IDS aplikacija, Nielsenovu heuristiku treba proširiti procjenom iskustva vezanog za sadržaj (sam sadržaj, personalizacija, strategija, međupovezanost načina prezentacije), kao i iskustvo vezano za navigaciju kroz priču i unutar interaktivnih virtualnih okruženja.

Filmski režiser

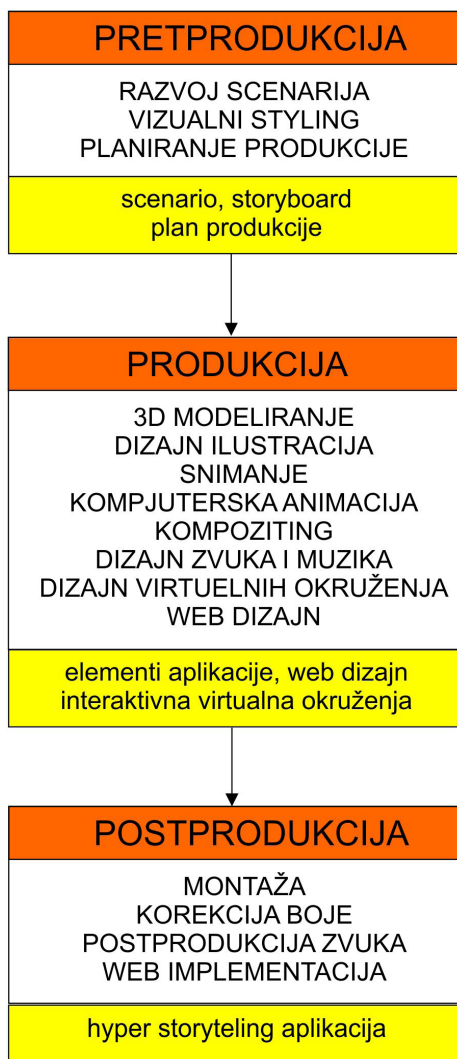
Od otkrića prve kamere, filmska umjetnost je utemeljena na tradiciji romana, drame i izvedbene umjetnosti. Nakon toga je uveden zvuk, a potom i muzika. Razvojem filmske tehnologije spojili su se različiti elementi, ali je filmska umjetnost ostala ista kao na početku - pričati priču. Interaktivno digitalno pripovijedanje treba naslijediti sve elemente preuzete iz filma, pratiti sintaksu i gramatiku filmskog jezika, cijeliti scenarij kao film na papiru, poštovati unutrašnju logiku filma i prenijeti njegovu poruku. Kada bi filmskog reditelja pitali koja je razlika između filmske i pozorišne režije, rekao bi da su iste, osim što su alati različiti, navode mediji. Ovo se odnosi i na IDS. Nadalje, ovakav nov medij nam donosi priliku i izazov da postanemo pioniri njegove poetike.

Posebne preporuke za novu IDS metodu bi bile sljedeće: priče moraju biti kratke, informativne i dinamične; strukturu treba definisati urednik sadržaja umjesto režisera; glumce treba koristiti za obogaćivanje dokumentarnih informacija i dodavanje emocija.

Stručnjaci za računarstvo istakli su važnost mjerenja imerzije i obrazovne vrijednosti IDS aplikacija, kao kvantitativnog parametra za njihovu evaluaciju. Oni navode da je ključni element za IDS aplikacije, posebno one koje sadrže interaktivna virtuelna okruženja, rješavanje narativnog paradoksa i motivisanje korisnika da istraže sav ponuđeni sadržaj koji upotpunjuje priču. Interaktivna virtuelna okruženja uvode dodatni imerzivni aspekt interaktivnim digitalnim pričama, jer korisnici imaju mogućnost pregledavanja rekreiranih spomenika kulture i gledanja povezanih priča unutar njih. IDS aplikacije moraju biti prenosive na sve platforme, desktop i mobilne uređaje.

Zbrajajući sva iznijeta razmatranja, možemo ih sažeti u sljedeće smjernice za IDS prezentacije kulturnog naslijeđa:

- angažovati profesionalce za sva polja kreiranja sadržaja
- sav sadržaj mora imati jedinstveni vizuelni identitet
- koristiti multimediju i virtuelnu stvarnost
- podijeliti sadržaj u podpriče koje se mogu gledati samostalno
- priče treba da budu kratke, dinamične i informativne
- koristiti simbole za prenošenje emocija i podizanje obrazovne vrijednosti
- uvesti faktor motivacije za rješavanje narativnog paradoksa
- kreirati IDS aplikaciju da bude nezavisna od platforme



Slika 4.2. Dijagram toka hiper-pripovijedanja

Prema ovim smjernicama, proces razvoja IDS aplikacije hiper-pripovijedanja može se opisati dijagramom toka na slici 4.2.

Dijagram pokazuje da se razvoj aplikacije hiper-pripovijedanja sastoji od pretprodukcijских, produkcijских i postprodukcijских faza. Ovo je uobičajeni tok rada za digitalni proizvodni proces (Kerlow, 2009), ali smo ga proširili nizom elemenata specifičnih za IDS. U pretprodukciji producent, režiser i vizuelni umjetnik treba da se dogovore oko scenarija i vizuelnog stila aplikacije. Sve aktivnosti planiranja produkcije (casting glumaca, izviđanje lokacije, odabir članova tima, planiranje budžeta) obavljaju se u ovoj fazi. Produkcija će se izvoditi prema scenariju i storyboardu, glavnim rezultatima ove faze. Faza proizvodnje uključuje kreiranje svih elemenata (muzika, ilustracije, snimci, kompjuterske animacije, 3D modeli), web dizajn i dizajn interaktivnih virtuelnih okruženja. U fazi postprodukcije svi rezultati prethodne faze se objedinjuju kroz softverski razvoj aplikacije i implementiraju na web stranicu.

4.5. Pilot aplikacija - Kyrenia

Brod je potonuo oko 288. p.n.e. u blizini mjesta Kyrenia na Kipru. Njegove ostatke je 1967. godine pronašao ronilac koji je tražio spužve. Izvršena je velika operacija spašavanja. Ostaci broda konzervirani su posebnim hemijskim postupcima. Proučavajući ih, arheolozi su otkrili detalje iz prošlosti broda, života na brodu i druge zanimljive elemente pomorstva na Mediteranu tokom tog historijskog perioda (Katzev), (Demesticha, 2013). Napravljeno je

nekoliko replika broda, od kojih je jedna izložena u Thalassa muzeju na Kipru (slika 4.3).



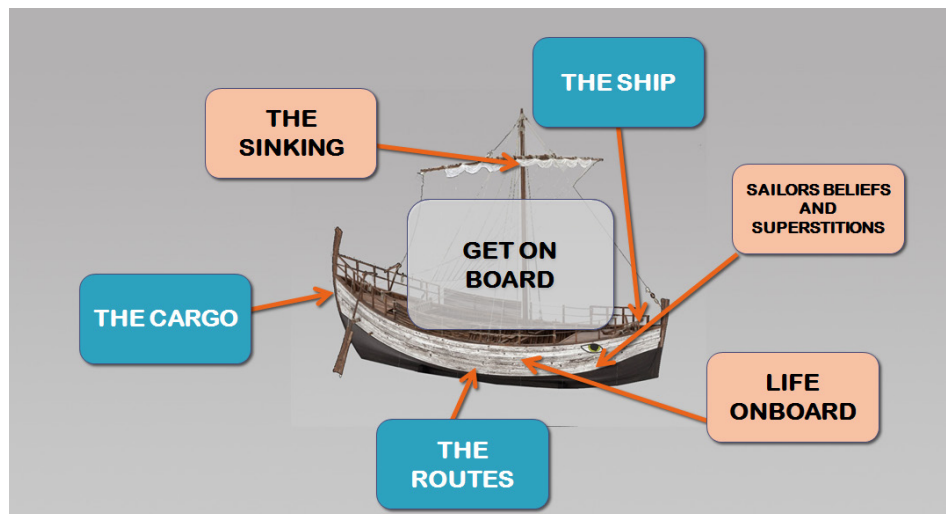
Slika 4.3. Replika broda Kyrenia

Kyrenia interaktivna digitalna priča ima za cilj da kroz niz kratkih priča upozna korisnike Interneta sa ovim brodom, kao važnim objektom kulturne baštine. Nakon gledanja svih priča korisniku se pruža prilika da se virtuelno ukrca na brod, pregledavajući interaktivno virtuelno okruženje njegove 3D rekonstrukcije. Ova aplikacija bi trebala poslužiti kao potvrda koncepta za IDS metodu hiper-pripovijedanja koju smo razvili. Kreirana je u skladu sa smjernicama opisanim u prethodnom odjeljku. Kao naratori u pričama angažovana su dva glumca. Faktor motivacije za korisnike da vide sve priče je mogućnost pregleda interaktivnog modela broda. Ovdje će biti opisan radni tok projekta kroz njegove tri glavne faze: preprodukciju, produkciju i postprodukciju.

4.5.1. Preprodukcija

Prema radnom toku kreiranja aplikacija za hiper pripovijedanje (Rizvic et al., 2017), implementacija Kyrenia aplikacije je započela razvojem scenarija, definicijom vizualnog stila i planiranjem proizvodnje. Nakon što smo od

arheologa dobili osnovne istorijske informacije, angažovali smo filmskog reditelja i scenaristu da rade na strukturi aplikacije (slika 4.4) i scenarijima za digitalne priče. Odlučeno je da se aplikacija sastoji od 6 digitalnih priča i IVE broda.



Slika 4.4. Struktura Kyrenia aplikacije

Priče su podijeljene u dvije grupe: tehničke i umjetničke. Tehničke priče upoznaju gledaoce sa:

- tehničkim karakteristikama broda
- teretom koji se prevozi brodom i
- rutama kojima je možda plovio.

Umjetničke priče se bave sljedećim temama:

- vjerovanja i praznovjerja mornara
- život na brodu
- pretpostavke kako je potonuo

Vizuelni umjetnik je predložio angažovanje ilustratora za izradu crteža koji će definisati glavni pravac vizuelnog oblikovanja. Crteži su zasnovani na motivima sa drevnih grčkih vaza. Umjetničke priče zamišljene su kao kombinacija kadrova snimljenih na prirodnim lokacijama i animacija crteža ilustratora, dok su tehničke priče kombinacija glumca snimljenog na zelenom ključu i

nacrta broda i njegovih pojedinih dijelova, plovnih puteva i objekata pronađenih u brodolomu.

Reditelj je predložio da se za naratorske likove angažuju dva glumca. Glumica igra ulogu supruge kapetana broda koja priča priče o svom mužu i njegovoj posadi, njihovim vjerovanjima i životu na brodu, kao i o onome što je čula o tragičnoj sudbini broda. Glumac igra ulogu kustosa muzeja, iz modernog doba, koji na prirodan i pomalo komičan način govori o temama iz tehničkih priča. Nakon što korisnici vide sve priče, otvara se virtuelno okruženje i oni se postavljaju u 3D model broda. Mogu ga istraživati i ploviti po virtuelnom morskome pejzažu.

Planiranje produkcije uključivalo je izbor glumaca, planiranje lokacije i snimanja na zelenom ključu, sastavljanje produkcijskog tima (odabir snimatelja, ilustratora, web dizajnera, animatora, montažera, muzike i zvuka) i kreiranje rasporeda produkcije.

4.5.2. Produkcija

Glavni dizajnerski elementi projekta su ilustracije zasnovane na motivima sa grčkih vaza. Koriste se za animacije u umjetničkim pričama i kao pozadinska slika za web stranicu (slika 4.5). Nakon što je ilustrator postavio vizuelni izgled projekta, ostatak produkcije je rađen na slijedeći način.



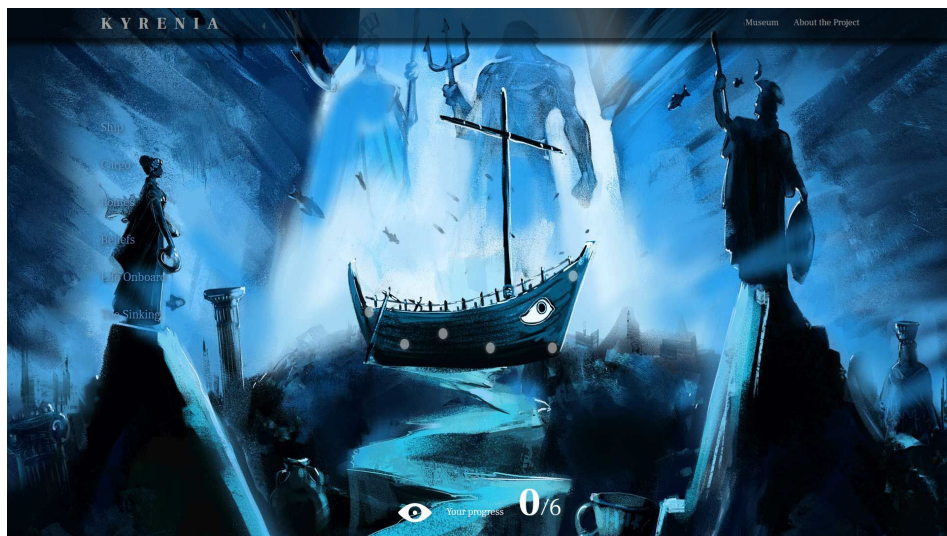
Slika 4.5. Ilustracije za digitalne priče

Kompozitor muzike je dobio zadatak da kreira muziku vezanu za odgovarajuću historijski period, snimanje je izvedeno na lokaciji sličnoj mediteranskim ostrvima (slika 4.6).



Slika 4.6. Kapetanova žena govori priču

UX/UI dizajner kreirao je intuitivni korisnički interfejs web stranice (slika 4.7), studijsko snimanje na zelenom ključu je rađeno za tehničke priče i dopunsko zvučno snimanje za dijelove umjetničkih priča sa ilustracijama.



Slika 4.7. Kyrenia web stranica

Prema scenarijima tehničkih priča i snimcima sa zelenog ključa, animatori su pripremili pozadinu s pokretnim elementima iz naratorovog teksta i preko njih postavili glumca, kako bi stvorili vizuelno zanimljiv efekat i uključili gledatelja u priču (slika 4.8).



Slika 4.8. Glumac postavljen na animiranu pozadinu

Interaktivno virtuelno okruženje rekonstruisanog broda kreirano je u Unity 3D softveru (slika 4.9).



Slika 4.9. Interaktivno virtuelno okruženje broda

Partneri iz konzorcijuma su nam ustupili 3ds max model broda. Uvezli smo ga u Unity 3D i dodali realistično nebo s osvjetljenjem, vodom i terenom. Za korisnika smo osmislili dva tipa interakcije s brodom: voziti brod u virtualnom okruženju iz perspektive trećeg lica ili kretati se po brodu i detaljno ga istražiti iz perspektive prvog lica. Virtualno okruženje je izvezeno u Unity WebGL Player i ugrađeno u Kyrenia web stranicu.

4.5.3. Postprodukcija

U postprodukciji sastavljamo sve elemente pripremljene u fazi produkcije. Umjetničke priče su montirane iz živih snimaka i animacija elemenata ilustracije, dok su tehničke priče kombinacija snimaka sa zelenog ključa i pozadinskih animacija. Svi elementi su spojeni u uvodni video koji će se reproducirati na početku posjete korisnika. Uvod ima ulogu da pobudi interes korisnika za gledanje svih 6 priča, kako bi se on/ona mogli ukrcati na virtualni model broda.

Dizajner zvuka je muzici i glasovima glumaca dodao zvukove okruženja kako bi stvorio atmosferu koja odgovara videu. Izvršena je određena korekcija boje snimljenog materijala. Konačni video zapisi se prikazuju u H264 formatu, srednje brzine prenosa za Internetske svrhe. Svi kreirani elementi povezani su unutar web stranice. Ukupno trajanje priča je oko 20 minuta. Korisnici mogu gledati priče nasumičnim redoslijedom. Nakon gledanja svih 6 priča otvara se interaktivno virtualno okruženje i oni se mogu virtualno ukrcati na brod.

Kyrenia interaktivnu digitalnu priču (Rizvic et al., 2017) kreiralo je 20 ljudi različitih profesija iz različitih zemlja (Slika 4.10). Vjerujemo da je to jedini način da se kreira uspješan proizvod i postigne maksimalno zadovoljstvo korisnika. Ono što korisnici misle bit će predstavljeno u sljedećem odjeljku.



Slika 4.10. Kyrenia produkcijski tim

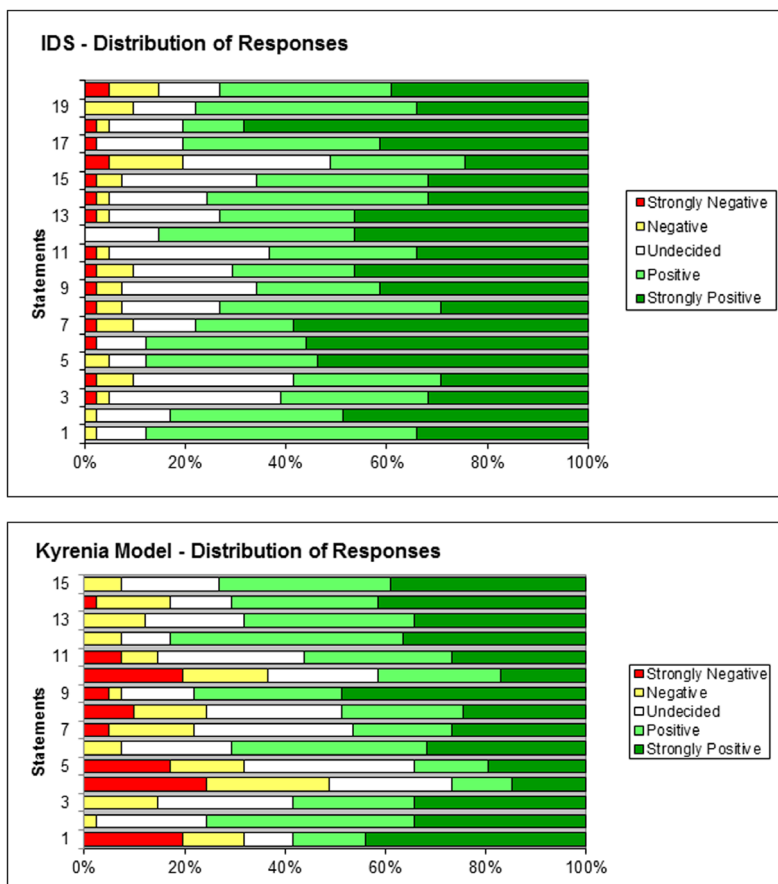
4.5.4. Početna procjena korisničkog iskustva

Kako bismo ocijenili pilot aplikaciju za hiper-pripovijedanje Kyrenia, osmislili smo anketu o korisničkom iskustvu. Korisnici su pozvani da pogledaju digitalne priče i ukrcaju se u virtualni model Kyrenie, a nakon toga da popune Internet anketu. Odabrali smo različite tipove korisnika s obzirom na njihovu profesionalnu pozadinu (umjetnost, inženjering, historija) i poznavanje rada na računaru (osnovno, srednje i profesionalno). Pristupi evaluaciji IDS-a se razlikuju u odnosu na primarni cilj: pronalaženje nedostataka i pomoć programerima da poboljšaju interakciju (Lazar et al., 2010) ili sticanje standardizovanih podataka za sistematsko testiranje hipoteza istraživanja (Vermeulen, 2010). U ovoj pilot fazi naš primarni cilj je bio testiranje upotrebljivosti s ciljem poboljšanja pilot aplikacije. U isto vrijeme, željeli smo ocijeniti naš pristup evaluaciji, kao prvi korak u razvoju generalnog instrumenta za mjerenje karakteristika kao što su edutainment i imerzija.

Anketa je sadržavala sljedeće odjeljke: pozadina korisnika, evaluacija digitalnih priča i virtualnog modela Kyrenia, te pitanja vezana za opšte karakteristike zadovoljstva korisnika kao što su vidljivost i kontrola nad aplikacijom.

Procjena je zasnovana na ocjenjivanju skupa izjava na Likertovoj skali od 5 tačaka u rasponu od "Uopšte se ne slažem" do "Potpuno se slažem". Izjave su bile pomiješane, pozitivne i negativne, a odgovori su prevedeni u jedinstvenu skalu u rasponu od jako negativnih do izrazito pozitivnih. Anketa je uključivala otvorena pitanja za komentare korisnika. U evaluaciji je učestvo- vao 41 učesnik.

Distribucija odgovora za interaktivne digitalne priče i Kyrenia model prikaza- na je na slici 4.11, ukazujući na slabe i jake strane pilot aplikacije. Preovlađu- jući jako pozitivni i pozitivni odgovori lako se primjećuju, a ovaj trend sličan je i kada se ocjenjuju i edutainment i imerzija. Veći procenat negativnih od- govora za virtuelni model bio je i očekivan za pilot verziju aplikacije. Zani- mljivo je primijetiti da sudionici nisu bili tako strogi kada su ocjenjivali svoje iskustvo kretanja na brodu, iako su imali poteškoća. Međutim, ove poteško- će izazvale su nižu ocjenu izjava koje se odnose na imerziju.



Slika 4.11. Distribucija evaluacijskih odgovora

Na kraju, važno je navesti izjave s najvećom pozitivnom ocjenom: "Život mornara bio je vrlo težak i opasan.", i "Volio bih vidjeti još priča o drevnom Mediteranu", ilustrirajući empatiju i radoznalost izazvanu interakcijom s aplikacijom Kyrenia.

4.5.5. Zaključak

Kyrenia pilot aplikacija za interaktivno digitalno pripovijedanje, osim što prenosi informacije o jednom od najstarijih potonulih brodova, ima za cilj poslužiti i kao potvrda našeg novog IDS koncepta. U poređenju sa srodnim istraživanjima i našim prethodnim IDS projektima, možemo zaključiti da je najveći doprinos ove metode motivacijski faktor koji rješava problem narativnog paradoksa. Čak i kada imaju izbor gledanja priča na zahtjev, korisnici se ipak odlučuju pogledati sve kako bi se mogli ukrcati na interaktivni model broda. Na taj način se percipira sav prezentirani sadržaj.

Inicijalna korisnička evaluacija pokazuje da smo postigli visok nivo edutainmenta, jer korisnici navode da su o brodu učili na privlačan i zabavan način. Naravno, primijetili su i neke nedostatke, uglavnom vezane za interaktivno virtuelno okruženje broda, ali taj dio aplikacije ionako treba još doraditi.

Zaključujemo da bi interaktivno digitalno pripovijedanje moglo postati glavni alat za komunikaciju kulturnog naslijeđa, budući da slijedi logiku Interneta i novih medija, nudeći dijelove informacija i cijeneći nedostatak vremena i strpljenja korisnika. Predviđamo da će se većina medijske komunikacije u budućnosti kretati u tom smjeru.

5.

WEB BAZIRANE APLIKACIJE DIGITALNOG KULTURNOG NASLIJEĐA

U masovnom prihvatanju 3D aplikacija zasnovanih na webu, pojava WebGL-a bila je ključna. Prije WebGL-a, aplikacije su bile napravljene za vlasničke 3D web dodatke, koji su često imali kratak vijek trajanja i visoke troškove održavanja. Danas većina modernih igara podržava WebGL razvoj. Postojanje ove tehnologije je omogućilo programerima da ponude bogate 3D aplikacije korisnicima bez potrebe za instalacijom, konfiguracijom ili nekim dodatnim hardverom. Ova osobina je neophodna za aplikacije kulturnog naslijeđa, jer omogućava pristup baštini većem broju ljudi, ne samo posjetiteljima muzeja, već i korisnicima interneta. U pandemiji COVID-19, ovo je bilo posebno korisno tokom izolacije, omogućavajući ljudima da iz svojih domova posjete lokalitete kulturne baštine.

Iako je WebGL riješio neke probleme, još uvijek postoje problemi s ograničenim mogućnostima web-baziranog 3D renderovanja. Autori u (Chávez et al., 2013) su opisali metodu smanjenja kompleksnosti geometrije kako bi se ubrzalo učitavanje i brzina renderovanja.

Web-bazirana rješenja mogu biti praktična, jer sama po sebi podržavaju multimediju putem HTML5. Uključivanje i kombinovanje različitih vrsta sadržaja istovremeno je jednostavno. Jedno rješenje koje kombinuje video zapise, web stranice i 3D scene na web-baziranoj aplikaciji predstavljeno je u (Rizvic, 2016).

Web tehnologije u kombinaciji sa AR ili XR aplikacijama za stvaranje pristupačnijih rješenja opisane su u mnogim radovima. Neki od ovih radova su navedeni u nastavku.

Unity3D je korišten u (Fleck et al., 2020) za kreiranje web aplikacije u mješovitoj stvarnosti. Autori su zaključili da korištenje web jezika (HTML, CSS i

JavaScript) smanjuje probleme za kreatore sadržaja. Problemi koji i dalje postoje jesu da proizvođači hardvera riješe neka ograničenja hardverske konfiguracije i prilagodljivosti različitim softverskim tehnologijama.

Razvoj nekih VR karakteristika na web-baziranoj aplikaciji za online laboratoriju za kontrolu virtualne stvarnosti predstavljen je u (Ye et al., 2018). U laboratoriji su učenici i nastavnici imali impresivna iskustva koristeći VR headsete. To je povećalo angažman, motivaciju i osjećaj prisustva učenika. Aplikacija je bazirana na biblioteci Tree.js koja koristi WebGL.

Virtuelna stvarnost u web tehnologijama istražuje se u kliničkoj slici i 3D vizualizaciji podataka u (Trelease & Nieder, 2012). Ovdje su autori opisali transformaciju QuickTime VR formata, koji je vlasnički format u 3D modelima koji se može prikazati u HTML5, ali ga ne podržavaju svi uređaji. Autori su koristili softver Object2VR kako bi uspješno pretvorili objekte u format koji je pogodniji za HTML5.

Upotreba web tehnologija u digitalnom pripovijedanju za očuvanje i prezentaciju kulturne baštine često je obavezna. Sadržaj implementiran na webu dostupan je široj publici, a ne samo ljudima koji se nalaze na lokalitetu kulturne baštine, muzeju ili sličnoj ustanovi. U većini slučajeva korisnici ovih vrsta aplikacija su vrlo raznoliki. Mogu biti različite dobi i različitog obrazovanja i nivoa informatičke pismenosti, stoga interakcija korisnika na ovim aplikacijama mora biti jednostavna i intuitivna (što često nije lako).

Sadržaj ovih aplikacija je također raznolik. U jednoj web aplikaciji korisnici mogu vidjeti tekstualni sadržaj, video sadržaj, interaktivni video sadržaj, slike, 3D objekte, 3D scene, 360° videa, interaktivne kvizove i igre, te mnoge varijacije i kombinacije istih. Kontrole i interakcije za različite sadržaje mogu varirati; za dio sadržaja dovoljan je samo kompjuterski miš, a ove kontrole mogu biti poznate većini korisnika, jer su vrlo slične interakcijama s uobičajenim web stranicama. Za neke sadržaje kao što su 3D scene, korisnik treba da koristi više kontrola za kretanje avatara kroz 3D scenu, što može biti komplikovano za korisnike koji nisu upoznati sa video igrama. Prelazak sa jednostavnog sadržaja web stranice na potpuno interaktivne 3D scene može biti zbunjujući za korisnike. U tranziciji korisnici često ne vide isti kursor miša, a scena se ne prikazuje na cijelom ekranu, tako da neće biti vidljive poznate kontrole web pretraživača. To može zbuniti korisnike i izazvati dileme kao što su "gdje je dugme za povratak?", "kako izaći iz ovoga i vratiti se na web stranicu?", "gdje je kursor miša?", "koje su kontrole?". Veoma je važno korisnicima dati dovoljno informacija, onih vidljivih i onih koje su potrebne, a da pritom ne smetaju iskusnim korisnicima. Očekivanja korisnika također mogu

varirati. Mlađi korisnici i igrači mogu očekivati iskustvo poput igre s izazovima i traženjem, ali za korisnike bez iskustva u igranju, čak i kretanje kroz 3D scenu može biti izazovno. Skriptovano kretanje 3D kamere ili ograničeno i fokusirano kretanje kamere moglo bi pomoći neiskusnim korisnicima. Međutim, ovo bi trebalo biti urađeno imajući na umu ravnotežu imerzije, kontrole i upotrebljivosti.

6. CASE STUDIJE

U ovom poglavlju ćemo prezentirati projekte koje je razvila istraživačka laboratorija Sarajevo Graphics Group u saradnji sa Udruženjem DIGI.BA, tehnikama virtuelne i proširene stvarnosti i pomoću metodologije interaktivnog digitalnog pripovijedanja. Pokazaćemo proces rada na ovim aplikacijama, koji se može replicirati na bilo koje druge objekte i lokacije kulturnog naslijeđa, kao i na digitalizaciju nematerijalnog naslijeđa.

6.1. Virtuelna prezentacija podvodnog kulturnog naslijeđa – H2020 iMARECULTURE projekat

Horizont 2020 projekat “Advanced VR, iMmersive serious games and Augmented REality as tools to raise awareness and access to European underwater CULTURal heritagE iMARECULTURE” (napredna virtuelna realnost, imerzivne edukativne igre i proširena stvarnost kao alatke za povećanje popularnosti i pristupačnosti evropskog podvodnog kulturnog naslijeđa) je prvi istraživački projekat iz H2020 granta Evropske Komisije na Univerzitetu u Sarajevu. Od 95 aplikacija pristiglih na poziv za projektne prijedloge, samo četiri su prihvaćene, od kojih je jedna iMARECULTURE. Sarajevo Graphics Group sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Sarajevu je pozvana u ovaj konzorcijum zbog svoje već priznate ekspertize u oblasti interaktivnog digitalnog pripovijedanja, potvrđene u velikom broju domaćih i međunarodnih projekata.

Projekat iMARECULTURE je trajao od 2016-2019. godine i njegov ukupni budžet je bio oko 2,6 miliona eura. Kroz aktivnosti projekta se omogućilo evropskoj i svjetskoj javnosti da otkrije ljepote objekata kulturnog naslijeđa koji se nalaze pod vodom i dosada su bili pristupačni samo ronionicima. Pomoću tehnika virtuelne realnosti posjetiocima Interneta je omogućeno da pogledaju artefakte sa 3 izabrane podvodne lokacije: Mazotos na Kipru,

Xlendi na Malti i Baiae u Italiji. Mazotos i Xlendi čuvaju ostatke potonulih brodova, a Baiae je podvodni arheološki park u kome se nalaze ostaci čitavog antičkog grada i luke sa zgradama, mozaicima i statuama.

U okviru ovog projekta saradnici laboratorije Sarajevo Graphics Group (SGG) su razvili novi metod interaktivnog digitalnog pripovijedanja prezentiran u poglavlju 4. Ovdje ćemo opisati u kojim aktivnostima projekta je učestvovala ova istraživačka grupa i kakve rezultate je postigla.

Seafaring game

Kroz personalizovana iskustva prije i nakon posjete muzeju, koja se mogu pružiti javnosti putem odgovarajućih digitalnih tehnologija, posjetioci mogu saznati više o artefaktima izloženim u muzeju i steći cjelovitiji uvid u pomorstvo i trgovačke prakse u historiji. Korištenjem pre- i post-digitalnih iskustava koja se pružaju putem medija kompjuterske igre sa elementima opsežnog pripovijedanja o trgovini, lukama, brodogradnji, plovidbi, itd., javnost može biti upoznata s vrstama brodova, brodskim rutama i trgovini na Mediteranu u doba stare Grčke. "The Seafarers" je jedna takva digitalna tehnologija u obliku edukativne igre koja se može igrati s ciljem dobivanja ove vrste informacija, stjecanja iskustva prije i/ili naknadnog iskustva i na taj način dopuniti posjetu muzeju (slika 6.1.1). Sadržaj u ovoj pomorskoj igri je stoga potpuno autentičan, a temelji se na geoprostorno analiziranim podacima koji dolaze iz otvorenog GIS arhiva arheoloških pomorskih podataka.



Slika 6.1.1. Screen shot-ovi iz edukativne igre Seafarers

Pripovijedanje u Seafaring game sastoji se od dvije vrste narativa: razgranatih narativa i cut scena. Narativi u granama pojavljuju se kao tekstualni okviri kako bi igraču ponudili neke savjete o navigaciji brodom i trgovini robom

koja se prevozi na brodu. Sadrže tačke odlučivanja koje mijenjaju način igre. Ovo je primjer takvog narativa:

“Postojala je gusarska posada iz Efesa kojom je komandovao arhi gusar Andron. Osmatrač uočava njihov brod i obavještava vas. Naređujete posadi vašeg broda da:

a) Započne bitku sa gusarima

b) Pokušate pobjeći”

Cut scene su tematske priče o odabranim temama iz pomorstva i trgovine na Mediteranu u klasičnom grčkom periodu. Pokrivamo sljedeće teme: navigacijske tehnike, banke i bankarski sistem, pirati, trgovina robljem, roba, sezone plovidbe, brodovi, život na brodu, trgovina i krijumčarenje i kovanice i valute.

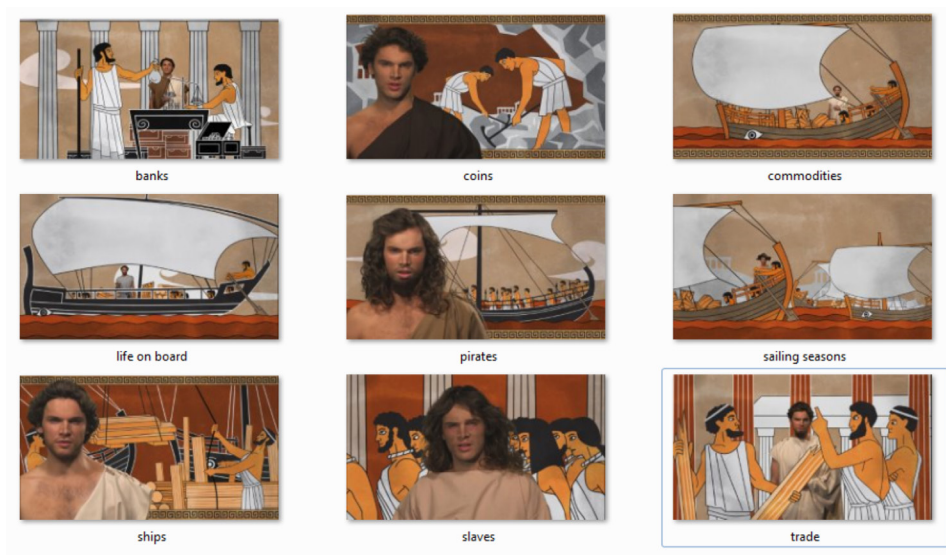
Ove priče su kreirane kao kombinacije ručno nacrtanih pozadina koje sadrže objekte koji simboliziraju historijski period o kojem je riječ (hramovi, brodovi, trgovi, enterijeri s tipičnim namještajem, obala, luke itd.) i superponiranih glumaca u tipičnoj odjeći koji pričaju o određenoj temi (slika 6.1.2).

Aplikacija o podvodnoj arheologiji

U okviru projekta razvijena je VR aplikacija “Underwater excavation game”, koja služi za upoznavanje korisnika sa metodima podvodne arheologije i trening studenata. U okviru ove aplikacije uradili smo niz priča o podvodnim formacijama, njihovim karakteristikama i načinima iskopavanja potonulih objekata (slika 6.1.3). Nakon pregleda ovih priča korisnik dobija priliku da proba koristiti tzv. air lift, podvodnu sisaljku kojom se usisava pijesak sa artefakata prije iskopavanja.

Priče o Mazotos i Xlendi podvodnim arheološkim sajtovima

Mazotos je referenca na olupinu broda koji je pronađen u blizini mjesta Mazotos na Kipru. Pretpostavlja se da je brod pripadao starim Grcima i da je prenosio amfore sa vinom. Cijeli podvodni sajt digitaliziran je tehnikom fotogrametrije i korisnik ga može posjetiti u VR te tako otkriti šta vide ronionci arheolozi na dubini od 40m. Mi smo uradili priču o trgovini vinom, koja se odvijala širom Mediterana u grčkom periodu i o različitim vjerovanjima starih Grka vezanim za vino (slika 6.1.4).



Slika 6.1.2. Cut scenes za Seafaring game



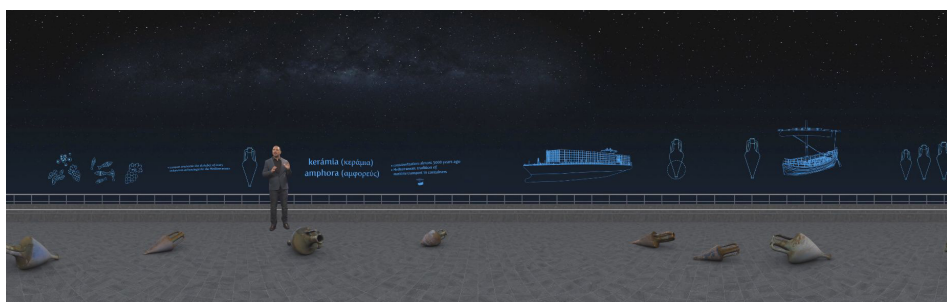
Slika 6.1.3. Priče za Underwater excavation game

Xlendi je referenca za podvodni arheološki sajt u blizini istoimenog mjesta pored otoka Gozo koji pripada Malti. Ovaj sajt se nalazi na dubini od 112m i arheolozi tamo u jednom zaronu mogu provesti samo 12 minuta. Nakon toga izranjaju 2 sata zbog dekompresije. I ovaj sajt je digitaliziran tehnikom fotogrametrije i predstavljen u VR. Korisnik se nalazi u maloj podmornici kojom može da upravlja i razgleda pojedine dijelove arheološkog lokaliteta.

Za ovaj sajt smo uradili VR video priču o amforama, kao prvim kontejnerima za prenos robe u historiji (slika 6.1.5).



Slika 6.1.4. Mazotos digitalno pripovijedanje

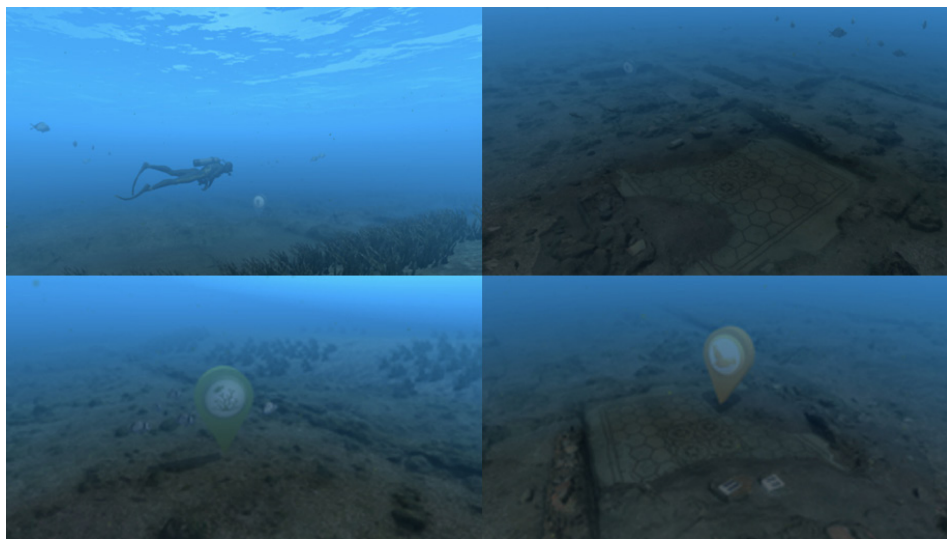


Slika 6.1.5. VR video priča o amforama

Baia digitalno pripovijedanje

Baia se nalazi u Italiji u blizini Napulja. Antička Baia je bila kupalište za rimsku aristokratiju između 2. vijeka p.n.e i 4. vijeka nove ere. Grad bio poznat po svojim luksuznim vilama uz more, kupatilima, trgovinama i građevinama uz obalu. U kasnoj antici, Baia je počela tonuti u vodu kao rezultat bradiseizma i sada je veliki dio grada skoro potpuno potopljen. Arheološki park Baia sastoji se od dijela iskopina na obali i onih 7m pod morem koje mogu posjetiti samo certificirani ronjoci. Pod morem se još uvijek mogu vidjeti ostaci zidova vila, statua i drugih objekata iz rimskog perioda.

Svrha VR aplikacije je da se pokaže javnosti 3D rekonstrukcija "Villa con ingresso a protiro", koja se nalazi na 5–6 metara dubine, jedne od mnogih vila rasutih duž Lacus Baianus, i da se korisnici upoznaju sa ovim podvodnim arheološkom nalazištem. Aplikacija se sastoji od VR posjete digitaliziranom podvodnom prostoru vile (slika 6.1.6) u kome se nalaze tačke na kojima se mogu aktivirati VR priče. U tim pričama korisnici posjećuju 3D rekonstrukcije podvodnog lokaliteta u kojima glumci rekreiraju scene iz života u vili tokom rimskog perioda (Slika 6.1.7).



Slika 6.1.6. VR okruženje podvodnog arheološkog lokaliteta Baia sa ostacima vile



Slika 6.1.7. VR video priče koje rekreiraju život u vili u rimskom periodu

VR video priče se dešavaju u 3D rekonstrukciji vile u koju smo ubacili glumce snimljene na zelenom ključu. Korisnik ima utisak da se nalazi u centru scene okružen historijskim likovima i može pregledati prostorije čije je ostatke

vidio u podvodnom okruženju. Radnja se odvija u vili čiji vlasnik, bogati aristokrata, angažira lokalnog kipara da mu napravi statuu kojom će ukrasiti svoj vrt. Proces produkcije ovih VR priča opisan je detaljno u (Skarlatos et al., 2016).

3D slagalice

U okviru projekta iMARECULTURE kreirana je i interesantna 3D slagalica. 3D modeli objekata proizvedeni u toku projekta podijeljeni su na segmente koji se mogu isprintati na 3D printeru. Ti segmenti se onda mogu sklapati kao slagalica dok se ne dobije cijeli model (slika 6.1.8). Korisnici dijelove slagalice mogu skinuti sa web sajta projekta (iMareculture, 2016).



Slika 6.1.8. 3D slagalica broda Kyrenia

6.2. Devet disidenata

Virtuelna stvarnost, iako nije nova tehnologija, do posljednjih godina nije bila dostupna široj publici. Uz to, virtuelna stvarnost je obično bila kompjuterski generisan prostor u koji bi korisnik bio smješten. Tehnološki napredak omogućio je snimanje 360 video zapisa i otvorio potpuno novo područje video pripovijedanja. Međutim, glavni alat za bilo koje video pripovijedanje bilo je kadriranje snimaka koje je sada potpuno nestalo jer je u 360 videu sve u kadru i većina pravila kinematografije više ne važi.

To su bili prvi izazovi kojima smo se morali tehnički pozabaviti, kroz isti pristup koji možemo pronaći u (Baur, 2016). Iako vrijede neka osnovna kinematografska pravila, morali smo uzeti u obzir činjenicu da se nigdje na mjestu snimanja ne smiju postavljati svjetla, rasvjetni stativi, mikrofoni i slične stvari. Sve to mora biti dio stvarne scene. Još jedno pitanje koje smo morali razmotriti je udaljenost akcije od kamere. U konvencionalnom video pripovijedanju, kadriranje i rezovi u montaži nam omogućavaju da promijenimo distancu od radnje koja se dešava bez gubljenja pažnje gledatelja. Međutim, u 360 videu stvari se mijenjaju, posebno jer se video gleda pomoću VR headseta. Objekti koji su vrlo blizu gledaocu mogu izazvati nelagodu, a ako se previše udalje, gledalac gubi interesovanje. Alia Sheikh je u (Sheikh et al., 2016) uradila studiju sa 26 učesnika, a rezultati pokazuju da su gledaoci preferirali akciju na udaljenosti od 3 m od kamere. Naši testovi su pokazali da radnja udaljena preko 3m nije toliko privlačna za gledaoca, ali smo također primijetili da akcija koja se dešava blizu kamere može dodati emocijama koje gledalac doživljava. Može doprinijeti dubokoj povezanosti s videom. Stoga smo odlučili snimiti u manjem prostoru naš prvi VR eksperimentalni film "Devet disidenta". Postavljanje kamere bilo je veoma blizu glavnim glumcima, koji su sjedjeli u improvizovanoj sudnici.

Smjernice za 360 video zapise Jaunt-a i Oculus-a (Passmore et al., 2017), koje se smatraju smjernicama BBC-ja, su se također pokazale optimalnim u našem testu, kao što su željena visina kamere, dužina snimka i tako dalje. Oba reditelja s kojima smo radili istakli su da režija VR videa ima više sličnosti s pozorišnom nego filmskom, ali i neku svoju posebnost. Drugi istraživači također istražuju ove sličnosti između pozorišta i VR-a napominjući da pozorišni reditelji koriste prostor na složen način u narativne svrhe, što se također može koristiti u VR režiji (Pope et al., 2017).

1. Motivacija

Još uvijek postoji dosta oprečnih mišljenja o karakteru socijalističkog režima u Jugoslaviji. Jedan broj ljudi s nostalgijom tvrdi da su to bila bolja vremena, bez etničkih tenzija, vremena "bratstva i jedinstva", dok drugi izlažu činjenice o ugnjetavanju i neslaganju, još uvijek pažljivo skrivene od javnosti. U okviru COST Action CA16213 Nova istraživačka faza u istraživanju istočnoevropskih kultura neslaganja—NEP4DISSENT, istražili smo temu "zabranjenih" intelektualaca. Nakon uspostavljanja socijalističkog režima, svi pisci, pjesnici i drugi intelektualci koji nisu pristupili Komunističkoj partiji ili su izrazili neslaganje sa socijalističkim režimom optuženi su za saradnju sa fašistima i procesuirani u procesima koje je režim montirao. Proglašeni krivim, služili su zatvorske kazne i zauvijek su izbrisani iz bibliografija i historije. Film "Devet disidenta"

bio je pokušaj rehabilitacije tih ljudi i skretanja pažnje javnosti na ovu problematiku (Nine Dissidents. 2019).

2. Scenario

Radnja filma se dešava u improvizovanoj sudnici u kojoj se dva advokata, jedan koji zastupa disidente, a drugi režim, bore pred sudijom za rehabilitaciju ovih ljudi. Sudnica je puna komunističkih simbola, a sudija i publika su veoma komunistički raspoloženi. Tokom ove satirične priče, advokat režima i publika pjevaju komunističke pjesme i plešu, uzvikuju parole iz socijalističkih vremena, dok advokat disidenata pokušava da iznese svoj slučaj. Na kraju pobjeđuje režim, pokazujući da za neistomišljenike nema nade. Kako se film snimao u VR videu, a budžet je bio veoma ograničen, scenario je fokusiran samo na jedan prostor, sudnicu.

3. Proces rada

U svakoj aplikaciji digitalne kulturne baštine počinjemo s pretprodukcijom. Ova faza je vrlo važna jer uključuje planiranje svih elemenata potrebnih za produkciju i postprodukciju. Sve što se ne uzme u obzir u ovoj fazi može kasnije uzrokovati gubitak vremena i budžeta. Na početku se producent i režiser dogovaraju oko koncepta aplikacije. U ovom slučaju to je VR video koji predstavlja odabranu temu. Prema raspoloživom budžetu planiraju sredstva, kao što su broj glumaca, broj dana snimanja i lokacija snimanja. Stručnjaci historičari daju informacije o temi za pisca scenarija. Pisac kreira scenario na osnovu pripremljenog koncepta.

Kada je odabrana lokacija snimanja i glumci su upoznati sa scenarijem, počinjemo s produkcijom. Za ovaj film smo imali vrlo ograničen budžet, tako da su sva snimanja morala biti obavljena u jednom danu. Angažovali smo samo jednog profesionalnog glumca i lokalne glumce amatere iz Kalesije. Snimanje u VR-u je posebno jer ne može biti vidljivo vještačko svjetlo, pa smo koristili dnevnu svjetlost koja dolazi kroz prozore. Scene su snimljene u prostoriji napuštene zgrade, bez rezova, dok je ekipa bila napolju u hodniku i posmatrala pregled sa VR kamere na tabletu. Snimanje zvuka se moralo izvoditi bez vidljivih mikrofona. U fazi produkcije kreiran je grafički dizajn otvaranja filma. Ovo je takođe bio izazov jer je pokretna grafika morala biti u 360 stepeni i gledalac ne smije da primijeti sastav između dva kraja odmotane slike.

Za snimanje smo koristili kameru Garmin VIRB 360 5,7K. Improvizovana sudnica je imala ogroman prozor na jednom zidu, koji smo koristili kao glavni i jedini izvor svetlosti. Difuzioni filteri su postavljeni na njega izvana kako bi se izbjegle oštre sjene i postiglo ravnomjerno svjetlo po prostoriji. Što se

tiče zvuka, odlučili smo se za lavalier mikrofone i koristili četiri Sennheiser G3 modela i Tascam DR70-d kao snimač zvuka. Kako nismo imali više mikrofo- na na raspolaganju, dva smo postavili na glavne glumce, a druga dva u sre- dinu između grupa u sceni, kako bismo ih mogli koristiti za različite likove u postprodukciji. Rezultati su bili veoma zadovoljavajući.

Svi poslovi u postprodukciji rađeni su u Adobe Premiere i Adobe After Effects pošto ti softverski paketi sada izvorno podržavaju 360 video zapise. Dodat- no, naš dizajner zvuka je obradio zvuk u ambisonični format koji je svakom zvuku dao poziciju u prostoru. Kada se korisnici okreću, zvuci dolaze iz ra- zličitih smjerova.

Postprodukcija je uključivala postprodukciju zvuka, korekciju boje i montažu. Zvuk je snimljen mono i morao se distribuirati u 3D prostoru, tako da kori- snik ima pravu percepciju svakog pravca zvuka. Pomiješan je s originalnom muzikom komponovanom u fazi produkcije. Proces rada na projektu Devet disidenata prikazan je na slici 6.2.1.

PRETPRODUKCIJA	PRODUKCIJA	POSTPRODUKCIJA
DIZAJN KONCEPTA	SNIMANJE 360 VIDEA	POSTPRODUKCIJA ZVUKA
PRIKUPLJANJE HISTORIJSKIH INFORMACIJA	GRAFIČKI DIZAJN	KOREKCIJA BOJE
PRIPREMA SCENARIJA	KOMPOVANJE MUZIKE	MONTAŽA
ODABIR GLUMACA		
PREGLED LOKACIJE		

Slika 6.2.1. Tok rada projekta Devet disidenta.

Još jedan izazov bio je organizirati premijeru filma za publiku uz samo jedan raspoloživi VR headset. Taj problem smo riješili tako što smo snimili video koji se sastoji od snimaka filma na ekranu i HD videa osobe koja gleda film koristeći headset i iza sebe ima veliki ekran sa pregledom sa headseta (slika

6.2. 2). Pustili smo taj film publici i ponudili im da nakon toga pojedinačno isprobaju gledanje na VR headsetu.



Slika 6.2.2. Devet disidenta—snimka pregleda sa VR headseta i gledaoca

6.3. Virtuelni skok sa Starog Mosta u Mostaru

Kulturno naslijeđe se može podijeliti u dvije kategorije: materijalno i nematerijalno. Fokus materijalne kulturne baštine je na zgradama, spomenicima, artefaktima, umjetničkim djelima i drugim kulturnim dobrima. Pojam “kulturno naslijeđe” se tradicionalno koristi za označavanje materijalnog naslijeđa. Međutim, značenje izraza je prošireno na nematerijalnu baštinu u posljednjim decenijama 20. vijeka. UNESCO je definisao da nematerijalno naslijeđe uključuje (Selmanovic et al., 2020):

- “usmene tradicije i izražavanja, uključujući jezik kao nosioca nematerijalne kulturne baštine;
- izvođačke umjetnosti;
- društvene prakse, rituale i svečani događaje;
- znanja i prakse u vezi sa prirodom i univerzumom;
- tradicionalne zanatske radnje.”

Tradicionalne metode koje imaju za cilj digitalizaciju nematerijalne baštine trenutno koriste osnovne medije za skladištenje kao što su npr. audio i video zapisi, koji su dobar alat za dokumentovanje. U novije vrijeme, kao tehnike za dokumentovanje nematerijalnog naslijeđa počele su se istraživati savremenije tehnologije (Pandey, 2008, UNESCO, 2003). Cilj ovih napora bio je očuvanje nematerijalnog kulturnog naslijeđa i omogućavanje njegovog korištenja u obrazovnom kontekstu. Za nematerijalnu baštinu i njeno očuvanje važno je prenijeti kontekst i iskustvo naslijeđa zajednica. U ovom projektu istražujemo upotrebu tehnika digitalnog pripovijedanja za očuvanje konteksta nematerijalnog naslijeđa kroz studiju slučaja i korištenje virtuelne stvarnosti (VR) za pružanje korisničkog iskustva.

Tradicija skokova sa Starog mosta kao nematerijalno kulturno naslijeđe

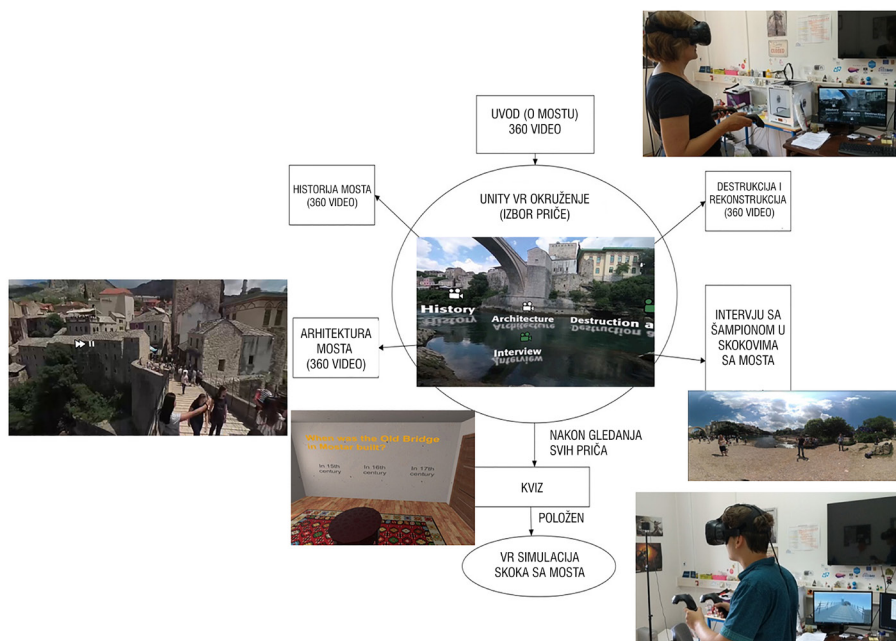
Tradicionalno takmičenje u skokovima se odvija u Mostaru, gradu u Bosni i Hercegovini poznatom po Starom mostu. To je most iz osmanskog perioda, koji je projektovao Mimar Hayruddin, učenik i šegrt poznatog arhitekta Mimara Sinana i izgrađen je preko rijeke Neretve u 16. stoljeću. Za vrijeme agresije na Bosnu i Hercegovinu most je uništen od strane Hrvatskog Vijeća Odbrane (HVO) 9. novembra 1993. godine, a obnovljen je 2004. godine. Skokovi sa ovog mosta su tradicija koja je započela 1664. godine i danas se čuva kao dio nematerijalne kulturne baštine BiH. Cilj projekta je kroz VR pripovijedanje i simulaciju skoka predstaviti historiju mosta i ovu tradiciju. Korisnici najprije gledaju kratke VR priče o Mostu, njegovoj historiji, uništenju i rekonstrukciji. Virtuelni skok kroz VR kompjutersku simulaciju mogu napraviti ako kroz kviz pokažu dovoljno znanja iz VR digitalnih priča.

VR pripovijedanje

Struktura projekta je prikazana na slici 6.3.1. Korisnici biraju priče iz 3D menija nakon uvodne priče. Nakon pregleda svih priča pristupaju provjeri znanja pomoću kviza. Ako tačno odgovore na pitanja iz priča, mogu nastaviti sa VR simulacijom skoka sa Mosta. Digitalno pripovijedanje slijedi pravila pripovijedanja koja se obično koriste u drugim medijima kao što su pozorište i film. Strukturirano je u pet priča: Uvod, Historija Starog mosta, Destrukcija i rekonstrukcija, Arhitektura i Intervju.

Uvodna priča pruža historijski prikaz Starog mosta, tradicije skokova sa Mosta i sadržaja aplikacije. To je kombinacija glasovne naracije i 360 snimaka

sa pozicija na Mostu i oko njega. Priče o historiji Mosta, njegovoj arhitekturi, destrukciji i rekonstrukciji su urađene na sličan način. Priča o skokovima sa Mosta odvija se kao intervju sa Lorensom Listom, slavnim šampionom koji je 13 puta pobijedio na takmičenju u skokovima i legenda je grada Mostara. On opisuje tradiciju skakanja sa Mosta, takmičenja, vrste skokova, priča koliko puta je nastupio na takmičenju, i opisuje svoje emocije prema ovom sportu i motivaciju da mu posveti svoj život.



Slika 6.3.1. Struktura VR aplikacije

360 videi su snimljeni Garmin VIRB 360 kamerom. Dva mikrofona (Sennheiser ew 100 ENG G3 – kombinovani bežični mikrofonski sistem) i jedan uređaj za snimanje zvuka (Tascam DR40) su korišteni za snimanje zvuka. Odlučili smo da zvuk ne raspoređujemo u prostoru i da ga predstavimo na binauralni način. Ovo je imalo negativan uticaj na imerziju korisnika (Jacoby & Ellis, 1992), što je potvrđeno u rezultatima evaluacije korisničkog iskustva.

Smjernice za interaktivno digitalno pripovijedanje (SSG, 2018) su maksimalno ispoštovane. Nismo koristili glumce u ovom slučaju, ali priče i dalje imaju jedinstven vizuelni identitet. Profesionalci su bili uključeni u sve oblasti kreiranja sadržaja, sadržaj je podijeljen na potpriče koje se mogu samostalno pogledati, a priče su kratke, dinamične i informativne. Faktor motivacije

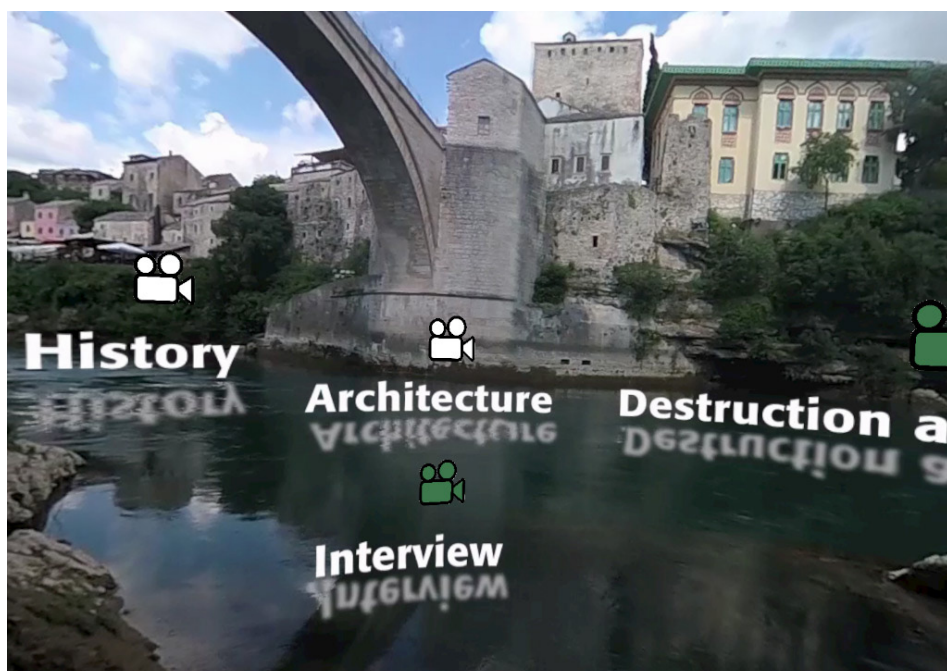
uveden je, kao što je naglašeno u (SSG, 2018) i (Salomoni et al., 2017), da inspiriše korisnike da pogledaju sve priče čime smo riješili tzv. "narrativni paradoks". U ovom projektu motivacija je doživjeti skok sa Mosta kroz VR simulaciju. Ovo je omogućeno ako korisnik tačno odgovori na pitanja iz kviza.

Korisnički interfejs i interakcija

U VR aplikacijama interakcija korisnika se realizira putem dugmadi na VR kontrolerima. Iako kontroleri uređaja različitih proizvođača imaju različito implementiranu dugmad, funkcionalnosti su iste. "Trigger" dugme na prednjoj strani kontrolera većinom se programira za selekciju opcija menija i drugih interaktivnih tačaka u aplikaciji putem usmjerene zrake. Dugme sa strane kontrolera se obično naziva "grab" i koristi se za hvatanje i držanje.

U našoj aplikaciji selekcija je implementirana pomoću zrake, kretanje po mostu se radi tako što se drže pritisnuta oba trigger dugmeta i kontroleri se pomjeraju gore-dolje, a grab dugme se koristi za hvatanje ograde prilikom prebacivanja na podijum za skakanje sa Mosta. Opcije kviza se također selektuju pomoću trigger dugmeta.

Korisnički interfejs je realiziran u minimalističkom dizajnu. Glavni dio interfejsa je 3D meni koji se pojavljuje na početku aplikacije i služi za odabir priča (slika 6.3.2). Kviz je implementiran u virtuelnom okruženju tradicionalne bosanske sobe. Pitanja su ispisana na zidovima, zajedno sa ponuđenim odgovorima. Kada korisnik završi sa pitanjima, otvaraju se vrata za skok (slika 6.3.3)



Slika 6.3.2. Glavni meni VR aplikacije



Slika 6.3.3. Kviz u bosanskoj sobi i vrata za skok

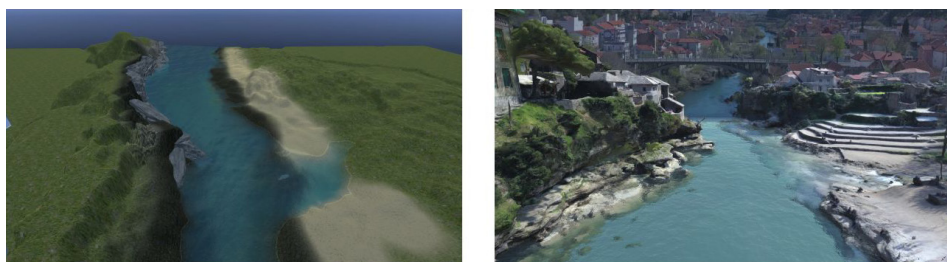
Simulacija skoka

Simulacija skoka je implementirana u Unity game engine-u. Virtual Reality Toolkit (VRTK), pomogao je u rješavanju problema sa kretanjem. Kretanjem korisnika upravlja se pomoću tehnologije "arm-swinger" sistema, gdje se korisnik pomiče pritiskom na dugme na svakom kontroleru i zamahujući rukama. Koristeći VRTK-ovu mehaniku pričvršćivanja implementirano je penjanje na platformu. VR simulacija koristi poligonalni model Starog mosta u Mostaru koji je precizno kreiran prema realnom objektu. Za modeliranje su korišteni alati Blender i SketchUp i originalne teksture.

Simulacija omogućava korisniku da zaroni i izađe iz rijeke Neretve što doprinosi osjećaju imerzije. Kada korisnik "uđe" u vodu, na objekt igrača djeluje sila. Brzina kretanja igrača se računa putem kontrolne varijable po formuli $p_v = p_v + sN$, gdje je p_v vektorska komponenta brzine igrača, s skalar i N jedinični vektor normale na površinu vode. Ovo se računa dok igrač ne dosegne površinu vode. Nakon toga, nakon nekoliko sekundi kretanja pomoću arm-swinger tehnike, simulacija se resetuje na početak i igrač se ponovo nalazi na Mostu, u prilici da ponovi skok.

Teren oko Starog mosta je kreiran dron fotogrametrijom. Korišten je DJI Mavic 2 Pro uređaj za bilježenje terena. Za rekonstrukciju 3D okruženja korišteno je komercijalno fotogrametrijsko softversko rješenje RealityCapture. Za obradu slika bilo je potrebno oko 30 sati, na PC-u sa i7 procesorom, 16 GB RAM-a i namjenskim GPU-om sa 4 GB memorije. Softver je stvorio oblak tačaka, 3D geometriju i teksture. Model se u početku sastojao od 40 miliona poligona, ali je pojednostavljen i retopologiziran na pola miliona poligona kako bi se poboljšale performanse aplikacije.

Korekcije geometrije i tekstura izvršene su u Autodesk Maya i Adobe Photoshopu. Zgrade koje su imale hrapave površine su izgladene, uklonjena je dodatna geometrija koja nije bila vidljiva u simulaciji, i poboljšana je kvaliteta tekstura i njihovo mapiranje za obližnje zgrade. Rezultati ovog procesa se mogu vidjeti na slici 6.3.4. Konačno, model okruženja Starog mosta uvezen je u Unity.



Slika 6.3.4. Poboljšano okruženje modela Starog mosta

Web verzija aplikacije

Za korisnike koji ne posjeduju VR headset kreirana je web-bazirana verzija aplikacije. VR verzija imala je niz karakteristika koje su pružale interakciju sa interfejsima specifičnim za VR, kao što je virtuelni laserski pokazivač za interakciju sa dugmetom, podrška kontrolera za penjanje na platformu i interakciju sa 360 videom. Ove performanse nisu podržane prilikom kompajliranja za WebGL verziju. Osim toga, projekat je bio prilično velik tako da je napravljen veliki broj optimizacija za smanjenje vremena učitavanja kod korisnika. To uključuje reduciranje programskog koda i smanjenje veličine tekstura. Klik u prostor na ekranu je dodat kao zamjena virtuelnog laserskog pokazivača, penjanje na platformu je automatsko i konačno, integrirane su standardne WASD kontrole pokreta tastature i miša umjesto VR interakcije.

Korisničko iskustvo

I neformalni komentari korisnika i detaljno provedene studije korisničkog iskustva su pokazali da je ovo bez ikakve sumnje naša do sada najuspješnija VR aplikacija. Nijedan korisnik nije ostao ravnodušan i svi su uputili mnogo komplimenata za ideju i implementaciju aplikacije. Korisnici koji imaju strah od visine osjećali su strah i prilikom virtuelnog skoka, što svjedoči o imerziji i kvalitetu korisničkog iskustva. Većina korisnika je brzo savladala kontrole za VR interakciju. Korisnici koji nisu ranije bili na lokaciji Starog mosta su prijavili da su imali utisak kao da se zaista tamo nalaze.

U jednoj od korisničkih evaluacija upoređivali smo VR i web aplikaciju (Selmanovic et al., 2020). Većina korisnika preferira VR verziju zbog boljeg kvaliteta imerzije i generalnog iskustva. Korisnici su također cijenili i edukativnu dimenziju aplikacije.

6.4. Sarajevski ratni tunel

Originalni Sarajevski ratni tunel se više ne može posjetiti. Zatvoren je neposredno nakon rata zbog sigurnosti aerodromske piste. Mali dio (20m) može se vidjeti u Muzeju tunela. Jedini način da doživite prolazak kroz ovaj objekt, ključan za opstanak Sarajeva tokom rata, je virtuelna stvarnost (VR). U ovom poglavlju je opisan VR projekat Sarajevskog ratnog tunela, virtualna aplikacija za kulturnu baštinu koja kombinuje VR priču o opsadi Sarajeva sa VR simulacijom prolaska kroz tunel. Evaluacija korisničkog iskustva pokazuje potencijal VR tehnologija u prezentaciji "mračnog" ili "ratnog" naslijeđa.

6.4.1. Uvod

Digitalne tehnologije omogućavaju putovanje kroz vrijeme. Danas možemo virtuelno obići spomenike kulture u njihovom izvornom izgledu i doživjeti život njihovih stanovnika, učeći iz historije vrijedne lekcije za našu sadašnjost. Digitalno pripovijedanje udiše život virtualnim rekonstrukcijama kulturne baštine (Rizvic, 2017). Rekonstruisana geometrija, koliko god realna bila, nije dovoljna da korisnici urone u prošlost spomenika kulture i da se osjećaju kao da se nalaze u njima. VR pripovijedanje povećava imerziju pružajući mogućnost razgledanja okolo dok gledate priče.

Prava vrijednost virtuelne stvarnosti (Virtual Reality-VR) pokazuje se kada se predstavlja nešto što se ne može doživjeti u stvarnosti. Ovo je slučaj Sarajevskog ratnog tunela. Spasio je grad tokom opsade (1992-1996) i obezbijedio minimum hrane, sanitetskog materijala i naoružanja za 500 000 građana bez vode, struje, grijanja i izloženih stalnom granatiranju i snajperskoj vatri. Danas je samo 20 metara ovog objekta otvoreno za javnost u okviru Muzeja tunela, dok je ostatak zatvoren zbog obezbjeđenja aerodromske piste. Nedavno je otvorena i replika cijelog tunela, ali ipak to nije isto kao originalni objekat.

U ovom poglavlju predstavljena je VR aplikacija koja je imala za cilj upoznati korisnike sa opsadom Sarajeva i omogućiti im da dožive prolaz kroz tunel u to vrijeme. To je produžetak rada (Jajcanin, 2019), gdje smo predstavili samo dio simulacije prolaza kroz tunel. U ovom poglavlju predstavljamo cijeli projekat, gdje je simulacija proširena pričama o historijskim činjenicama iz opsade Sarajeva i detaljima o izgradnji tunela. Aplikacija je postavljena u Muzeju tunela i desktop verzija je dostupna za besplatno preuzimanje na Internetu.

Glavnim doprinosom ovog istraživanja digitalnom kulturnom naslijeđu smatramo metodologiju predstavljanja ratnog iskustva korisnicima kroz interaktivno digitalno pripovijedanje u virtualnoj stvarnosti, uranjajući ih u prošlost i podučavajući ih o povijesnim događajima na privlačan način. Obrazovni aspekt aplikacije je osiguran kroz uslovljavanje pristupa VR simulaciji polaganjem kviza u kojem se ocjenjuje znanje stečeno kroz VR priče.

6.4.2. Ratno kulturno naslijeđe

U ovom odjeljku su opisani slični projekti u VR-u i "mračnom" ili "ratnom" kulturnom naslijeđu. U tekstu ćemo koristiti "ratno" i "mračno" kulturno naslijeđe kao sinonime.

Kako Fisher i Schoemann diskutuju u (Fisher, 2018), postoje mnoga etička pitanja koja se postavljaju u VR predstavljanju "mračnog" kulturnog naslijeđa. Ova pitanja mogu biti razlog zašto nema više VR aplikacija posvećenih ovoj tematici. U ovom dijelu ćemo opisati neke od projekata "mračnog" naslijeđa slične našem.

Projekat koji se takođe bavi temom opsade Sarajeva je Virtualni muzej sarajevskih ratnih predmeta (Rizvic, 2012). U ovom virtuelnom muzeju korisnici mogu upoznati živote ljudi u Sarajevu tokom opsade 1992-96, kroz interaktivno digitalno pripovijedanje i 3D modele predmeta koji su se koristili za svakodnevni opstanak. Još jedna sličnost s našim projektom je to što su autori napravili korisničku evaluaciju s fokusom na emocije korisnika tokom posjete muzeju. Naš projekat se može smatrati produžetkom ovog projekta kako bi korisnici imali cjelovito iskustvo opsade Sarajeva.

Još jedan projekat u kojem korisnik može iskusiti život u ratnom zatočeništvu je VR tajni dodatak muzeja Ane Frank (Anne Frank house, 2019). Projekat se sastoji od virtuelnog muzeja i VR aplikacije za Oculus Head Mounted Display. Ovaj projekat je nastao jer je fizički prostor tajnog dodatka prazan i premalen da primi ogroman broj posjetilaca, tako da ga se na ovaj način može posjetiti.

The "Last Goodbye" (Last goodbye, 2017) je VR iskustvo svjedočenja preživjelog iz nacističkog logora Majdanek. Autori su preživjelog snimili ispred zelenog ekrana i stavili ga u virtuelno okruženje (VE) napravljeno fotogrametrijom. Željeli su da se korisnik osjeća emocionalno povezan s pričama i mjestom preživjelih. Kao i u našem projektu, VR aplikacija je napravljena za HTC VIVE Head Mounted Display (HMD) i ima interaktivnost i emocionalni faktor.

S druge strane, projekat koji ima za cilj da pokaže humanost boraca obje strane u ratu je "The Enemy" (Enemy is here, 2017). Za ovaj projekat napravljene su i VR i AR aplikacije. Korisnik je stavljen između dva borca suprotstavljenih strana u VE. Borci govore svoja iskustva, osjećaje, strahove i nade, tako da korisnik može u potpunosti shvatiti kako je boriti se u ratu.

Projekat "The Great War in Raversyde" (Great war at raversyde, 2019) je VR aplikacija u kojoj korisnik može ući u VE njemačkog obalskog odbrambenog sistema u Raversyde-u, Belgija, tokom Prvog svjetskog rata i iskusiti život unutar bunkera. Ovaj projekat se razlikuje od našeg, jer ne koristi HMD već džojstike za interakciju korisnika. Budući da korisnici ne mogu ući u prave bunkere, na taj način mogu vidjeti i naučiti kako je municija utovarena u topove i druga slična iskustva. Ovaj bi projekat mogao biti imerzivniji da je napravljen za HMD.

6.4.3. Projekat Tunel VR

Historijska pozadina

Opsada Sarajeva počela je 4. aprila 1992. godine i trajala je 1425 dana. Jedinice bivše Jugoslovenske narodne armije i srpskih paravojnih snaga opkolile su grad i pokrenule neviđenu kampanju terora protiv njegovih 500.000 stanovnika (slika 6.4.1). Prekinuto je snabdijevanje vodom i strujom, a smanjeno snabdijevanje gasom. Grad je počeo da ostaje bez hrane. Agresor je pucao na grad iz svih oružja u svom arsenalu. Snajperisti koji su se nalazili na okolnim brdima nemilosrdno su pucali na pješake koji su prelazili raskrsnice ulica. U junu 1992. godine, Ujedinjene nacije su preuzele kontrolu nad sarajevskim aerodromom. Umjesto da odmah prekinu opsadu, počeli su da isporučuju humanitarnu pomoć po principu: pola agresoru, pola žrtvi (SGG, 2010).

Kako bi preživjeli i nabavili barem minimalnu količinu hrane, sanitetskog materijala i municije, Sarajlije su izgradile tunel ispod aerodromske piste. Nakon nekoliko neuspješnih pokušaja da se prekine opsada Sarajeva, a svi su završili ogromnim ljudskim gubicima, izgradnja tunela se u tom trenutku činila kao posljednja nada za promjenu izuzetno teške situacije u gradu, ali i na cijeloj teritoriji Bosne i Hercegovine na kojoj su se vodile borbe za oslobođenje.

Radovi na izgradnji tunela počeli su početkom 1993. godine. Tunel je iskopan ručno, lopatama i krampama, a kolicima je odvezeno 1.200 kubnih metara otpada. Tunel se kopao 24 sata dnevno, a radnici su radili u smjenama po 8 sati i kopali su sa suprotnih krajeva. Njegovu izgradnju podržali su država

BiH, Armija i Grad Sarajevo. Radnici su plaćeni jednim paketom cigareta dnevno, artiklom koji je bio veoma tražen i cijenjen za razmjenu. Izgradnja tunela je završena 30. juna 1993. godine, kada su se dva tunela spojila u sredini. Korištenje tunela počelo je sljedećeg dana 1. jula 1993. (Jajcanin, 2019).

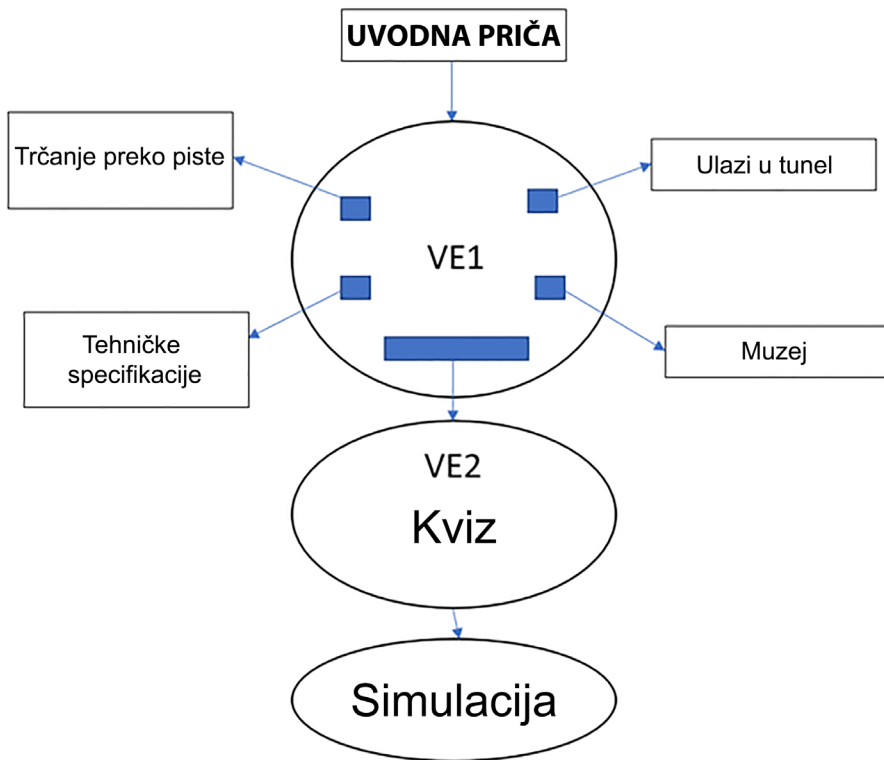
Nakon završetka opsade i prestanka potrebe za komunikacijom ispod piste, tunel je napušten. Vlasti aerodroma su tvrdile da je on prijetnja sigurnosti piste. Počeo je da propada. Bez redovnog održavanja, brzo je poplavljen vodom. Danas je samo prvih 20 metara dostupno javnosti u okviru Muzeja tunela.



Slika 6.4.1. Mapa opsade Sarajeva s pozicijom tunela, fotografija iz Muzeja tunela

Struktura aplikacije

VR aplikacija je razvijena u Unity game engine-u. Sastoji se iz tri dijela: priče o Sarajevskom ratnom tunelu, kviza sa pitanjima o tunelu i simulacije hodanja kroz tunel. Struktura aplikacije je prikazana na slici 6.4.2. Pošto je ova aplikacija napravljena za HTC Vive HMD, sve je u 360 stepeni: priče, korisnički interfejs, kviz i simulacija.



Slika 6.4.2. Struktura aplikacije Sarajevskog ratnog tunela

U prvom dijelu aplikacije, korisnik mora pogledati svih pet priča kako bi mogao proći kroz tunel kao nagradu. Uvodna priča nudi pregled stanja u kojem su građani Sarajeva bili tokom opsade i razloge zašto je tunel bio neophodan. Nakon toga korisnik biva prebačen u Muzej tunela VE (prikazano na slici 6.4.3), i može izabrati redoslijed četiri preostale priče. U ovim pričama se govori o prelasku piste, tehničkim detaljima tunela, ulazima u tunel iz grada i sa slobodne teritorije. Edis Kolar, kustos Muzeja, je narator u ovim pričama (prikazano na slici 6.4.4).

Svi VR video zapisi su snimljeni Garmin VIRB 360 Action kamerom. Zvuk je sniman odvojeno sa dva mikrofona (Sennheiser ew 100 ENG G3 bežični kombinovani mikrofonski sistem) i uređaj za snimanje zvuka (Tascam DR40).



Slika 6.4.3. Snimak ekrana iz prvog VE



Slika 6.4.4. Snimak ekrana iz priče o tehničkim specifikacijama Tunela

Po završetku gledanja videa u Virtuelnom okruženju 1, korisnik se prebacuje u Virtuelno okruženje 2, gdje pristupa kvizu o Sarajevskom ratnom tunelu kao što je prikazano na slici 6.4.5.



Slika 6.4.5. Snimak ekrana iz kviza VE

Kviz ima šest pitanja, sva su apstrahirana iz prethodno viđenog video zapisa. Korisnik mora tačno odgovoriti na najmanje četiri pitanja kako bi uspješno završio kviz.

Nakon uspješnog završetka kviza, korisnik kao nagradu dobija pristup VR iskustvu Sarajevskog ratnog tunela. VR iskustvo se sastoji od simulacije prolaska kroz Tunel tokom opsade Sarajeva. Korisnik je na početku na ulazu u Tunel i mora da pređe na drugu stranu, da napusti okupirani grad. Tokom prolaska, korisnik nailazi na prepreke, uključujući zamračenje, porast nivoa vode i prolazak čovjeka koji hoda u suprotnom smjeru, sa kojim se mora mići u tijesnom prostoru Tunela.

Kreiranje bilo kakve simulacije u VR-u nije jednostavno, jer je glavni problem kako učiniti da svi aspekti stvarnosti izgledaju realistično u virtuelnom svijetu. Kako bi iskustvo simulacije bilo što realističnije, korišteno je mnogo efekata koji će poboljšati osećaj korisnika, uključujući audio efekte kao što su oluja u pozadini, eksplozije bombi, meci i zvukovi pucnjave, vizuelni efekti treperenje i zamračenje, kao i sam model Tunela sa svim pratećim teksturama i materijalima.

3D model tunela izrađen je ručno, na osnovu nacrtu projekta izgradnje i pažanja/snimka dijela otvorenog za javnost u okviru Muzeja tunela. Model tunela je napravljen u Blenderu, u odnosu na stvarni arhitektonski crtež, a materijali i teksture odgovaraju slikama iz stvarnog života, zajedno sa sugestijama kustosa Muzeja i ljudi koji su kroz njega prolazili tokom opsade

(Jajcanin, 2019). Zatim je model uvezen u Unity 3D i dodane su animacije poplave, treperenja svjetla i hodanja. Svaki objekat ima svoj kolajder, tako da nema mogućnosti za nerealno kretanje. Takođe, neki predmeti se mogu pokupiti. Kada je riječ o munjama, korištena su svjetla sa trepćućim tačkama, kako bi se postigao realizam i prikazale moguće situacije u vrijeme dok je tunel još bio aktivan. Sve skripte korištene u našem projektu su napisane u programskom jeziku C. Aplikacija je zatim prilagođena za HTC VIVE Head Mounted Display. Pregled onoga što korisnik vidi prilikom ulaska u simulaciju prikazan je na slici 6.4.6.



Slika 6.4.6. Virtualni prolaz kroz Sarajevski ratni tunel

Da bi se kretao kroz Tunel, korisnik koristi kontrolere, praveći pokrete rukama držeći okidače. Kada dođe do sudara sa zidovima ili drugom preprekom, korisnikovo kretanje je ograničeno kako ne bi izašao iz Tunela. Kada korisnik zakorači u poplavljeni dio tunela, njegovo kretanje postaje sporije i teže.

Izazov u vezi s ovim konkretnim modelom bio je u tome što je pravi tunel imao različitu visinu, pa je na nekim mjestima bio viši i osoba prosječne veličine mogla je normalno hodati, a na drugim mjestima je bio veoma nizak, pa se osoba morala saginjati. Da bi se postigao ovaj efekat u aplikaciji, trebalo je simulirati potpuno istu promjenjivu visinu pomoću kolajdera na stropu. Nadalje, tunel je bio uzak i dvije osobe su jedva prolazile jedna pored druge, pa je za simulaciju dodan čovjek koji gura vagon sa zalihama u suprotnom smjeru, a korisnik se mora pomaknuti u stranu kako bi mimoišao s njim.

Za vrijeme kišnog nevremena Tunel je često bio poplavljen, ponekad do te mjere da je morao da se zatvori, pa je dodata animacija podizanja nivoa vode, kako bi korisnici imali uvid kako je to izgledalo u uskom prostoru i kada nema izlaza blizu njihovih. Budući da je Tunel bio mračan, a svjetla koja su u njemu bila postavljena nisu uvijek mogla pomoći da se osvijetli, zbog nestanaka i nestašice struje, dodan je fenjer kako bi se korisnici mogli kretati čak i kada je mrkli mrak. Dodani su svi aspekti ključni za realizam i imerziju kako bi se proizvela mješavina osjećaja kao što su strah, tjeskoba i zabrinutost, ali na kraju sigurnost i olakšanje.

Web implementacija

Budući da ne mogu svi doći i vidjeti Muzej tunela, a željeli smo privući potencijalne posjetitelje u Muzej, odlučili smo da ovu aplikaciju učinimo dostupnom online (SGG, 2019) slično kao (Selmanovic et al., 2018). Web verzija je napravljena u Unity game engine-u, a koristi WebGL API i HTML kao i u našim prethodnim projektima, (Selmanovic et al., 2018) i (Rizvic, 2017). Pored ovih tehnologija, u (Rizvic, 2017) smo koristili i AngularJS web framework. Struktura aplikacije je ista kao za HTC Vive aplikaciju (slika 6.4.2). Jedina razlika je interakcija korisnika. Korisnik se može kretati i komunicirati u aplikaciji koristeći tastaturu i miš. Morali smo da napravimo neka podešavanja, izostavili smo SteamVR i VRTK, i koristili FirstPlayerCharacter Asset za predstavljajući korisnika i napravili prilagođene skripte za kretanje i interakciju korisnika.

Povratne informacije

VR projekat Sarajevski ratni tunel je iščekivan i tokom njegovog rada. Od prve najave mediji i šira javnost su sa velikom pažnjom pratili implementaciju.

Promocija projekta održana je u Muzeju tunela gdje je VR postavka postala dio stalne postavke. To je izazvalo veliku medijsku pažnju. Vijest su objavile sve TV stanice i novinski portali. Nekoliko TV stanica je uživo prenosilo demo VR iskustva. Opšti dojam je bio veliko uvažavanje rada i mogućnosti da se doživi prolazak kroz Tunel koji više nije moguć u stvarnosti. Posebno su važni bili komentari ratnih veterana koji su učestvovali u izgradnji Tunela. Svi oni tvrde da smo uspjeli rekreirati realističnost stvarnog prelaza. Posjetioци Muzeja su bili oduševljeni i jedva su čekali da isprobaju VR postavku.

Pretpostavljamo da je ovakva povratna informacija uzrokovana činjenicom da ratno naslijeđe nosi posebnu emociju, neuobičajenu za druga mjesta i objekte kulturne baštine. Ljudi ističu užase koje su preživjeli i osjećaju potrebu da doprinesu očuvanju tih uspomena doživljavajući isto barem na virtualni način. Priča o VR projektu Sarajevskog ratnog tunela sadrži dovoljno historijskih činjenica da korisnicima prenesu bitne informacije o opsadi Sarajeva i Tunelu, a da ih ne opterećuju podacima kako bi odustali od gledanja. Istovremeno, uključuje i neke smiješne priče o raznim iskustvima koja su također bila dio naše ratne stvarnosti i pomogla nam da sačuvamo razum u tom izuzetno teškom periodu. Uvođenje kviza čini razliku između interaktivnog pripovijedanja i VR simulacije nalik igri motivirajući gledaoce da obrate pažnju na informacije ispričane u pričama. To dodaje obrazovnu dimenziju koju smatramo obaveznom u virtualnim prezentacijama ratnog naslijeđa.

Zaključci

VR projekat Sarajevskog ratnog tunela pokazuje potencijal VR tehnologije za rekreiranje doživljaja objekata i događaja ratnog kulturnog naslijeđa. Ratne strahote treba pamtit i da se ne bi ponovile. VR iskustva koriste kompjutersku grafiku, zvuk i pripovijedanje kako bi prenijeli korisnike u drugi svijet i natjerali ih da shvate koliko su sretni što te strahote doživljavaju samo virtualno. Kombinacija VR pripovijedanja i 3D virtualnih okruženja prirodan je način za postizanje maksimalne imerzije i edutainmenta. Projekat je sada nadograđen trećim virtualnim okruženjem koje sadrži priče o zvaničnom stavu UN-a prema tunelu, prijetnjama bombardovanjem, transportu nafte i eksploziva, masakrima, materijalu za izgradnju Tunela, problemima s vodom, komunikacijama, ventilacijom, crnom marketingu i napadima agresora na Tunel. Planiramo dodati i svjedočenja komandanata odbrane Sarajeva, tunelskih inženjera i drugih osoba ključnih za izgradnju i održavanje tunela. Nakon ovog dodatka planiramo provesti detaljniju procjenu korisničkog iskustva.

6.5. Sarajevo 5D

Historija Sarajeva kao grada počinje u srednjem vijeku. Njegov izgled se mijenjao kroz vrijeme. Neki spomenici kulture su nestali i na njihovim mjestima izgrađene su nove zgrade. Ti objekti su suočeni s opasnošću da budu potpuno zaboravljeni. Proširena stvarnost (Augmented Reality – AR) nudi mogućnost da ih ponovo kreiramo na njihovim izvornim lokacijama i prikažemo ih na mobilnim uređajima. Na ovaj način korisnici AR aplikacije mogu saznati više o njihovom historijskom značaju i upoznati njihov izvorni izgled. Aplikacija ih također može voditi na mjesta gdje su objekti nekada postojali.

Projekat Sarajevo5D je zamišljen kao pilot verzija AR vodiča kroz Sarajevo, koja će pokazati potencijal ove tehnologije. Ideja je bila da se proizvede AR aplikacija sa brošurom u kojoj će se nalaziti mapa za aktiviranje AR sadržaja. Brošura će se moći naći u Info uredima Turističke zajednice Kantona Sarajevo i online. Zbog budžetskih ograničenja odabrali smo samo šest važnih spomenika kulture za sjećanje na prošlost Sarajeva.

1. Odabir objekata

U samom centru grada bila je džamija Havadže Kemaludina. Neposredno prije Drugog svjetskog rata, za vrijeme vladavine Kraljevine Jugoslavije, vlasti su uništile ostatke džamije i započele poduhvat koji će trajno obilježiti panoramu grada. Izgradili su veliku zgradu - prvi neboder u Sarajevu, jedan od pet u regionu u to vrijeme. Sada se ta zgrada popularno zove JAT-ov neboder, jer je dugo u njenom prizemlju postojala poslovnica Jugoslavenske avio kompanije JAT.

Spomenik nadvojvodi Francu Ferdinandu i njegovoj supruzi Sophie Chotek podignut je 1916. godine, na lijevom uglu Latinskog mosta. Uklonile su ga vlasti Kraljevine Srba, Hrvata i Slovenaca 1919. godine.

Utvrđenje poznato kao "Bijela tabija" jedno je od najimpresivnijih i najvažnijih historijskih mjesta u Sarajevu. Arheolozi su tu pronašli ostatke iz srednjeg vijeka, osmanskog i austrougarskog perioda. U AR aplikaciji predstavljamo pretpostavljeni izgled tvrđave na početku osmanskog perioda.

Robna kuća popularno zvana Sarajka ili Plavuša, jer je njena fasada bila obložena plavim panelima, izgrađena je, opremljena i puštena u rad 5. aprila 1975. godine, kao poklon kompanije UNIMA za 30. godišnjicu oslobođenja grada Sarajeva. Za vrijeme opsade Sarajeva Sarajka je bila potpuno uništena. Nova zgrada koja je zamijenila Sarajku, danas poznata kao BBI centar, je otvorena 2009. godine

Izgradnja Velikog sefardskog hrama završena je 1930. godine. Hram je bio veoma velik i mogao je primiti do 1000 vjernika, dok je kupola koji je krasila vrh ove građevine počivala na 28 betonskih stubova, ukrašenih u maorskom stilu. Tokom 1941. godine, nacistička vlada je progonila jevrejsko stanovništvo, pljačkajući njihovo vlasništvo i vršeći uništavanje kulture koja je harmonično koegzistirala s drugim kulturama stoljećima u Bosni i Hercegovini. Godine 1965. arhitekt Ivan Strauss je dobio zadatak da obnovi stari hram i prilagodi ga trenutnim potrebama grada, jer ga je nakon rata jevrejska zajednica donirala gradu Sarajevu. Danas kupola hrama nije više vidljiva sa ulice, a zgrada je pretvorena u kulturni centar.

Na mjestu gdje se danas nalazi hotel Evropa nekada je postojao najveći sarajevski han, tzv Tašlihan. Danas je od ovog spomenika kulture sačuvan samo jedan zid. Slika 6.5.1. pokazuje kako korisnik može vidjeti virtualnu rekonstrukciju Tašlihana na izvornoj lokaciji na ekranu mobilnog uređaja.



Slika 6.5.1. AR prikaz Tašlihana

2. Struktura aplikacije

Glavna funkcionalnost AR aplikacije je prikazivanje 3D modela odabranih kulturnih spomenika preko slike sa kamere mobilnog uređaja. Sličice sa mape aktiviraju modele različitih zgrada, kao i pin za prikaz dodatnog informativnog sadržaja kako bi se mogle saznati najvažnije činjenice o odabranom objektu. Ako se korisnik ne nalazi na lokaciji na kojoj se objekt prvobitno nalazio, Google maps navigacija može se pokrenuti direktno iz aplikacije, kako bi se korisnik mogao dovesti do tačne lokacije. Kada korisnik dođe na

lokaciju i učita 3D model objekta, prikazuje se dodatni sadržaj. Ova funkcija je dodana kako bi se korisnici motivirali da dođu na fizičke lokacije gdje su odabrani objekti nekada postojali. Aplikacija je implementirana na bosanskom i engleskom jeziku. Na slici 6.5.2 prikazana je mapa pomoću koje se aktiviraju 3D modeli, a slika 6.5.3 prikazuje način korištenja aplikacije.



Slika 6.5.2. Mapa za prikaz AR sadržaja

PRETPRODUKCIJA	PRODUKCIJA	POSTPRODUKCIJA
DIZAJN KONCEPTA	GRAFIČKI DIZAJN	PROGRAMIRANJE VR APLIKACIJE
PRIKUPLJANJE HISTORIJSKIH INFORMACIJA	3D MODELIRANJE	PRIPREMA I ŠTAMPANJE BROŠURE SA MAPOM
	SNIMANJE ZA TRAILER VIDEO	

Slika 6.5.3. Tok kreiranja AR aplikacije

3. Proces kreiranja aplikacije

Proces dizajna aplikacije započeo je savjetovanjem s historičarima kako bi se odabrali najzanimljiviji spomenici kulture koji više ne postoje na izvornim lokacijama ili se njihov izgled promijenio. Nakon odabira 6 spomenika napravili smo 3D virtualne rekonstrukcije, prema savjetima stručnjaka za kulturnu baštinu. Grafički dizajner je kreirao vizuelni izgled aplikacije i odgovarajuću mapu sa slikama za AR aktivaciju. Aplikacija se može koristiti na bilo kojoj lokaciji, ali ako korisnik nije na lokaciji spomenika, pokreće se navigacija do tog mjesta i dodatni digitalni sadržaji kao motivacija za fizičku posjetu. Nakon što se kamerom mobilnog uređaja kadriraju oznake na mapi, na ekranu se pojavljuju 3D modeli odabranih spomenika. Klikom na dugme za informacije otvara se tabla sa osnovnim istorijskim podacima o odabranom spomeniku. Tok kreiranja aplikacije je prikazan na slici 6.5.3.

4. Implementacija

Nažalost, Turistička zajednica Kantona Sarajevo, koja je finansirala ovaj projekat, nikada nije distribuirala brošure. Mi smo kreirali web stranicu na kojoj se one mogu skinuti, zajedno sa instalacijom aplikacije (Rizvic, 2020). Korisnici su oduševljeni ovom tehnologijom, posebno činjenicom da može raditi na njihovim mobilnim uređajima. Nadamo se da ćemo biti u prilici da aplikaciju proširimo sa još kulturnih spomenika iz Sarajeva i drugih gradova.

6.6. Rimsko naslijeđe Balkana

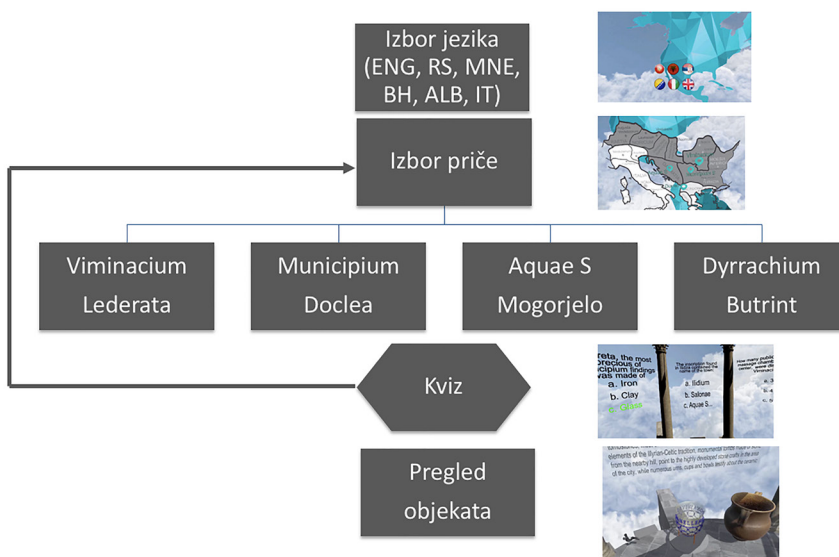
Cilj projekta Rimsko naslijeđe Balkana je kreiranje virtualne prezentacije rimskih spomenika kulture u Bosni i Hercegovini, Srbiji, Crnoj Gori i Albaniji koja će pokazati da cijelo područje ima zajedničko kulturno naslijeđe. Rimski vila i terme na Ilidži kod Sarajeva, rimski vojni logor i grad Viminacijum kod Požarevca, Srbija, naselje Municipium kod Pljevalja, Crna Gora i amfiteatar Drač u Albaniji, predstavljeni su kroz VR pripovijedanje u okviru prve verzije aplikacije dostupne online i instalirane u lokalnim muzejima, u blizini odabranih arheoloških nalazišta.

Aplikacija omogućava korisnicima Interneta i posjetiocima muzeja da virtualno prošetaju Balkanom u rimsko doba i upoznaju se sa spomenicima sačuvanim samo u fragmentima. U drugoj verziji aplikacije korisnici mogu virtualno posjetiti Butrint, Duklju, Mogorjelo i Lederatu, te naučiti iz pripovijedanja boginje Minerve i drugih povijesnih likova o životu na tim mjestima za vrijeme Rimske imperije. Nakon što pogledaju sve priče i tačno odgovore

na pitanja kviza, mogu virtuelno pregledati odabrane eksponate pronađene na lokacijama i digitalizirane fotogrametrijom.

1. Struktura aplikacije

Aplikacija se sastoji od osam digitalnih priča u VR videu, po jedne za svaku odabranu lokaciju. Na početku, nakon uvodne animacije, korisnik bira jezik između bosanskog, engleskog, srpskog, crnogorskog i italijanskog. Nakon izbora jezika pred njim/njom se pojavljuje mapa dijela Rimske imperije koji je obuhvatao današnje zemlje Balkana. Na mapi su obilježene lokacije koje smo obradili. Kada izabere lokaciju, korisnik se virtuelno prebacuje u digitalnu priču vezanu za to mjesto. Kada se pregledaju sve priče, otvara se kviz, a nakon tačnih odgovora korisnik se pozicionira u centar virtuelne izložbe izabranih muzejskih eksponata. Svaki eksponat može "uzeti" i pregledati sa svih strana, te saznati dodatne informacije o njemu. Struktura aplikacije je prikazana na slici 6.6.1.



Slika 6.6.1. Struktura aplikacije *Rimsko naslijeđe Balkana*

2. Digitalne priče

Scenario za digitalne priče bazira se na informacijama o svakoj lokaciji koje su nam dostavili partneri arheolozi i historičari. Od njih smo tražili kratke opise lokacija i ideje za neke interesantne likove koji su možda nekada tamo živjeli. Glavni narator u digitalnom pripovijedanju je boginja znanja Minerva, koja se pojavljuje na početku svake priče i prezentira uvodne informacije.

Priče se sastoje od 360 video snimaka današnjeg izgleda arheoloških lokacija i ostataka koji su tamo pronađeni, 3D rekonstrukcija kulturnih spomenika koji su se nekada tamo nalazili i naracije glumice u ulozi likova iz života na tim lokacijama.

Na lokacijama smo snimili videoe Garmin VIRB 360 kamerom (slika 6.6.2). Fokusirali smo se na ona mjesta gdje su se nalazile građevine, kako bi se njihove 3D rekonstrukcije mogle pojaviti oko korisnika u VR videu. Također smo vodili računa o poziciji gdje ćemo dodati glumicu u postprodukciji.



Slika 6.6.2. Snimanje 360 videa na arheološkim lokacijama

3D rekonstrukcije građevina iz rimskog perioda koje su se nekada nalazile na odabranim lokacijama kreirane su na osnovu uputa arheologa i historičara u softverskom paketu 3ds max. Dijelovi građevina koji će "niknuti" iz snimaka 360 videa su urađeni sa najviše detalja. Na slici 6.6.3. prikazan je render 3D rekonstrukcije rimske vile u Mogorjelu kraj Čapljine.



Slika 6.6.3. Mogorjelo, rimska vila, 3D rekonstrukcija

Finalni element za digitalne priče su likovi naratori. U našoj aplikaciji sve uloge likova iz rimskog perioda tumačila je glumica Selma Alispahić. Ona je, pored boginje Minerve, igrala Rimljanku stanovnicu vile, medicinsku sestru, djevojku zaljublenu u gladijatora, Zoru - suprugu arheologa Karla Pača, crnogorsku kraljicu Milenu Petrović, suprugu arheologa Ugolinija, kraljicu Dragu Obrenović, itd. Glumica je snimljena na zelenom ključu (slika 6.6.4) u različitim kostimima i dodata u postprodukciji preko 360 videa i 3D rekonstrukcije.



Slika 6.6.4. Glumica snimljena na zelenom ključu u ulogama likova iz rimskog perioda

Digitalne priče kreirane su procesom kompozitinga u Adobe After Effects-u, kao kombinacija svih spomenutih elemenata i 3D zvuka. Tranzicije iz današnjeg u zamišljeni rimski period urađene su vizualnim efektima, tako da korisnik ima utisak da oko njega izniču originalni objekti čije ostatke gleda u 360 videu. Na ovaj način se upotpunjuje posjeta arheološkim lokacijama, jer većina posjetilaca ne može vizualizirati šta se nekada na tim mjestima nalazilo.

3. Interakcija sa muzejskim eksponatima

Nakon tačnih odgovora na pitanja postavljena u kvizu, korisnik će se naći u virtuelnom rimskom hramu koji se pojavljuje na početku svake digitalne priče, kao i same aplikacije. Oko korisnika su raspoređeni digitalizirani muzejski eksponati, koje su nam odabrali partneri arheolozi. Te eksponate smo digitalizirali procesom fotogrametrije. Pomoću VR kontrolera korisnik može "uzeti" eksponat i pregledati ga sa svih strana, što je nemoguće prilikom posjete fizičkoj izložbi. Također, može pročitati kratki tekst sa osnovnim informacijama o tom eksponatu. Ova interakcija sa eksponatima je vrlo atraktivna za korisnike, posebno ako se radi o manjim objektima čiji detalji se mogu uočiti samo na ovaj način (slika 6.6.5).



Slika 6.6.5. Interakcija sa bronzanom fibulom iz Municipiuma S (današnja Pljevlja)

Aplikacija je postavljena u muzej Viminacium u Srbiji, a online verzija je linkovana na web sajtove Zemaljskog muzeja BiH i Arheološkog muzeja u Draču, Albanija, te laboratorije Sarajevo Graphics Group i Udruženja DIGI.BA. Partneri u projektu bili su Udruženje za promociju italijanske kulture u Bosni

i Hercegovini "Dante Alighieri", UET CENTRE Albanija, Arheološki Institut Beograd, Srbija i NVU Montenergy, Crna Gora, a sredstva za njegovu realizaciju je obezbijedio Western Balkans Fund.

6.7. Rimsko naslijeđe Sarajeva

Nakon projekta Rimsko naslijeđe Balkana, kreirali smo aplikaciju koja implementira digitalni sadržaj vezan za Sarajevo u uvećanoj realnosti (AR). Lokalitet rimske baštine na Ilidži kod Sarajeva prilično je zapušten i malo turista je motivirano za posjetu. Postoji nekoliko znakova koji vode do lokacije, a osim panoa uz ostatke termi i vile urbane, nema drugih sadržaja koji bi posjetitelje upoznali sa značajem ovih spomenika kulture. Cilj ove aplikacije je da upozna korisnike sa historijom rimske baštine na Ilidži kroz AR sadržaj i pojasni im šta vide na ovom lokalitetu. Aplikacija je predviđena za mobilne uređaje, tako da je samim tim dostupna za veći broj korisnika nego VR aplikacije.



6.7.1. AR aplikacija Rimsko naslijeđe Sarajeva na mobilnom uređaju

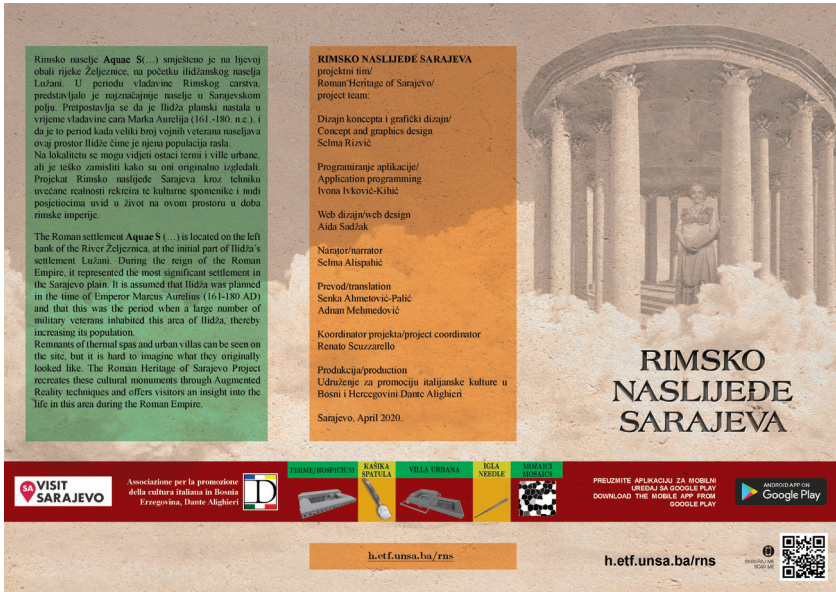
U uvodnoj priči dočekuje ih Minerva, boginja znanja, koja ih upoznaje sa Aquae S., rimskim lokalitetom koji se nalazi na Ilidži pored Sarajeva. Ovu ulogu tumači poznata bosanska glumica Selma Alispahić koja priča priče o Termama-Hospiciumu, Vili Urbani i mozaicima pronađenim na lokalitetu koji

su trenutno izloženi u Zemaljskom muzeju Bosne i Hercegovine. Korisnici mogu vidjeti i 3D modele dva muzejska eksponata koja se nalaze na ovoj lokaciji, lopaticu i koštanu iglu, digitalizirane u okviru naših projekata tehnikom fotogrametrije. Prikaz sadržaja na mobilnom uređaju prezentiran je na slici 6.7.2.



Slika 6.7.2. AR digitalni sadržaj (gore lijevo: Hospicium - Terme, gore desno: Villa Urbana, dolje lijevo: koštana igla, dolje desno: 360 video mozaika iz Zemaljskog muzeja)

AR aplikacija se može preuzeti sa Google Play-a ili sa web stranice projekta, zajedno sa brošurom (slika 6.7.3) i mapom koja sadrži AR trackere (slika 6.7.4). Nakon instalacije i odabira jezika, korisnici bi trebali skenirati simbole sa mape kako bi se digitalni sadržaj pojavio na ekranima njihovih mobilnih uređaja. Trenutno je dostupna samo za Android mobilne platforme.



Slika 6.7.3. Vanjska stranica brošure sa QR kodom za download aplikacije

Ako se korisnici ne nalaze na fizičkoj lokaciji arheoloških ostataka, aktivira se aplikacija Google Maps koja ih vodi tamo. Kada stignu, mogu da istraže dodatni digitalni sadržaj - priče o 3 rimska lokaliteta sa Balkana: Viminacijum u Srbiji, Municipium S. u Crnoj Gori i Dirahijum u Albaniji.



Slika 6.7.4. Mapa sa AR trackerima

6.8. Virtuelni muzej starih zanata

Čini se da je nematerijalno naslijeđe još teže sačuvati nego materijalno. Običaji, legende i zanati polako nestaju iz javnog pamćenja. Nakon uspješnog projekta Virtuelnog skoka sa Starog mosta u Mostaru (Selmanovic, 2020) gdje smo digitalizirali 300 godina staru tradiciju skokova, odlučili smo koristiti VR tehnologiju za prezentaciju i očuvanje zanata prisutnih u Sarajevu, na Baščaršiji, od 15. stoljeća. Kroz historiju njihov broj je rastao i 1898. godine u popisu Bosanskog sandžaka zabilježeno je 57 različitih zanata i 31 esnaf (Kreševljaković, 1958).

Nažalost, danas mnogi od njih više ne postoje. Ima samo mali broj porodica koje još uvijek čuvaju zanatsko umijeće u svojoj porodičnoj tradiciji. Virtuelni muzej starih zanata ima za cilj da skrene pažnju gradskih vlasti i javnosti na ovo pitanje i barem u virtuelnoj stvarnosti sačuva odabrane zanate.

Prema preporuci kustosa Muzeja Sarajeva, za ovaj pilot projekat odabrali smo tri zanata koja nema niko da naslijedi poslije današnjih majstora. To su četkar, kazaz i bozadžija (izrađivač pića pod nazivom boza). Aplikacija virtuelne stvarnosti ima tri dijela:

- Priče o zanatima koje priča glumac obučen kao svaki od tri majstora;
- Priče o zanatima koje pričaju originalni majstori u svojim radionicama, pokazujući svoje radne procese;
- Video snimci Baščaršije u 360 videu sa dodatim nazivima zanata zabilježenih u tri popisa stanovništva kroz historiju i objašnjenjima njihovog značenja.

Aplikacija se sastoji od četiri virtuelna okruženja (slika 6.8.1). Prvo virtuelno okruženje je 360 crtež Baščaršije. Glumac snimljen na zelenom ključu nosi tradicionalne nošnje zanatlija i priča priču o svakom zanatu. Klikom na ulaz iza glumca, korisnik ulazi u VR video zanatske radionice, gdje je se preko 360 videa nalazi i priča koju je ispričao posljednji majstor tog zanata snimljena običnom kamerom. Svaki majstor predstavlja proces izrade svog zanata.

Klikom na strelicu pozicioniranu na pločniku, korisnik prelazi u drugo virtuelno okruženje, VR video Baščaršijskog trga, gdje je priča o zanatima zabilježena u najstarijem popisu iz 15. vijeka. Oko korisnika su imena zanata koji su postojali u to vrijeme i objašnjenja njihovog značenja. Iz tog virtuelnog okruženja korisnik može preći u treće, gdje je priča o zanatima iz 16. stoljeća sa imenima i značenjima zanata iz tog perioda. Posljednje virtuelno okruženje

sadrži priču o zanatima iz 17. i 18. stoljeća, zajedno sa njihovim imenima i objašnjenjima.



Slika 6.8.1. Struktura VR aplikacije

Rad na Virtuelnom muzeju započeo je osmišljavanjem koncepta aplikacije. Na osnovu podataka historičara iz Muzeja Sarajeva, kreirali smo strukturu aplikacije tako da korisnici mogu učiti o baščaršijskim zanatima na atraktivan i zabavan način, kao i da steknu osjećaj života na tom mjestu tokom osman-skog perioda. Po tom konceptu, pisac je za glumca napisao tri priče, sa literarnim opisima života zanatlija u prošlim vremenima. Odabrali smo glumca koji je bio prikladan za ovu aplikaciju, a kostimograf je pripremio tri različita kostima. Poznati bosanskohercegovački ilustrator Emir Durmišević kreirao je pozadinski crtež, uživajući u prilici da "uđe u svoju ilustraciju".

U fazi produkcije snimali smo intervjuje sa pravim majstorima zanatlijama i njihove radne procese. 360 kamerom smo snimili njihove radionice i tri lokacije na Baščaršiji. Glumac je snimljen na zelenom ključu. Muziku je komponovao poznati bosanski roker Emir Bukovica, koji je od te muzike stvorio i svoju originalnu pjesmu.

Glumca smo snimili na zelenom ključu DSLR kamerom (Canon 5D Mark IV) i ubacili ga u sferičnu 360 pozadinu procesom kompozitinga. Kada stavi VR uređaj, gledalac je postavljen u sredinu slike, imajući utisak da je slika raširena u 360 stepeni oko njega, a glumac je postavljen na različite pozicije unutar slike. I glumac i kamera su statični, jer još nismo eksperimentisali sa kretanjem kamere. Daljnji testovi potrebni su prije nego što se odlučimo koristiti pokret kamere u VR, jer postoji opasnost od izazivanja osjećaja mučnine kod gledaoca.

U postprodukciji smo montirali intervjue sa majstorima, ubacivši neke historijske fotografije koje su nam dali. Napravili smo kompozitni 360 video crteža-pozadine i glumca snimljenog na zelenom ključu i programirali sve elemente u VR aplikaciju. S obzirom da malo korisnika posjeduje VR headset, kreirali smo i desktop verziju aplikacije i postavili je na Internet na web stranicu projekta (Rizvic et al., 2020). Tok rada na projektu prikazan je na slici 6.8.2.

PRETPRODUKCIJA	PRODUKCIJA	POSTPRODUKCIJA
DIZAJN KONCEPTA	SNIMANJE 360 VIDEA	POSTPRODUKCIJA ZVUKA
PRIKUPLJANJE HISTORIJSKIH INFORMACIJA	SNIMANJE INTERVJUA SA ZANATLIJAMA	KOREKCIJA BOJE
PISANJE SCENARIJA	GRAFIČKI DIZAJN	MONTAŽA
ODABIR GLUMCA	SNIMANJE GLUMCA NA ZELENOM KLJUČU	KOMPOZITING
KREIRANJE POZADINSKOG CRTEŽA	KOMPONOVANJE MUZIKE	PROGRAMIRANJE VR APLIKACIJE
DIZAJN KOSTIMA		PROGRAMIRANJE WEB APLIKACIJE

Slika 6.8.2. Tok razvoja VR aplikacije

Motivirani kvalitetom pjesme komponovane za projekat, napravili smo i 360 video spot za tu pjesmu. Ovo je prvi VR muzički spot u Bosni i Hercegovini. Video je postavljen na YouTube i može se gledati u VR na svim uređajima (Bukovica, 2020).

Virtualni muzej bi trebao biti instaliran u uredima Info punktova Turističke zajednice Kantona Sarajevo, koja je finansirala rad na projektu, kao i u Muzeju Sarajeva. Kreirali smo i postere sa QR kodovima povezanim sa video zapisima zanatlija. Kako si ne mogu priuštiti skupe displeje, oni će te postere staviti u svoje izloge da bi posjetitelji mogli pristupiti njihovim video zapisima i aplikaciji Virtualni muzej starih zanata (slika 6.8.3).



Slika 6.8.3. Posteri za izloge zanatskih radnji

6.9. Bitka na Neretvi VR

Ratno naslijeđe ima posebnu složenost u komunikaciji i prezentaciji, jer se događaji koji su rezultirali gubitkom ljudskih života ne mogu samo pretvoriti u zabavu i igru, pokazujući nedostatak poštovanja prema toj tragediji. Stoga scenariji za aplikacije za digitalno pripovijedanje moraju biti pažljivo skrojeni kako bi ponudili dovoljno informacija i motivirali korisnike u postizanju ciljeva koje su postavili programeri. U ovom poglavlju ćemo pokazati kako je VR aplikacija o bici na Neretvi proširila i upotpunila posjetu Muzeju u Jablanici i omogućila korisnicima da učestvuju u Bici koja se na tom mjestu dogodila u Drugom svjetskom ratu, poraze neprijatelja i spase ranjenike. Predstavljeni tok rada može se rekreirati za druge muzejske izložbe i istorijske događaje.

1. Muzej

Bitka na Neretvi, poznata i kao Bitka za ranjenike, zajednički je naziv za niz bitaka u dolini Neretve između jugoslovenskih partizana i sila Osovine tokom februara i marta 1943. godine. Presudni događaji odigrali su se u kanjonu

Neretve. godine, u Jablanici u Bosni i Hercegovini, kada je prelaskom rijeke preko improvizovanog mosta, izgrađenog nakon strateškog rušenja pravog mosta na Neretvi, spašeno oko 4.000 ranjenih i bolesnih boraca Narodnooslobodilačke vojske.

Na mjestu Bitke nalazi se Muzej (Slika 6.9.1), koji kroz fotografije i razne artefakte čuva uspomenu na ovaj značajan historijski događaj. U posljednjoj rekonstrukciji Muzeja odlučeno je da se stalna postavka obogati VR izložbenim prostorom u kojem će posjetioци moći doživjeti Bitku kroz virtualnu stvarnost.



Slika 6.9.1. Fizička postavka Muzeja Bitke na Neretvi u Jablanici

2. Dizajn i struktura aplikacije

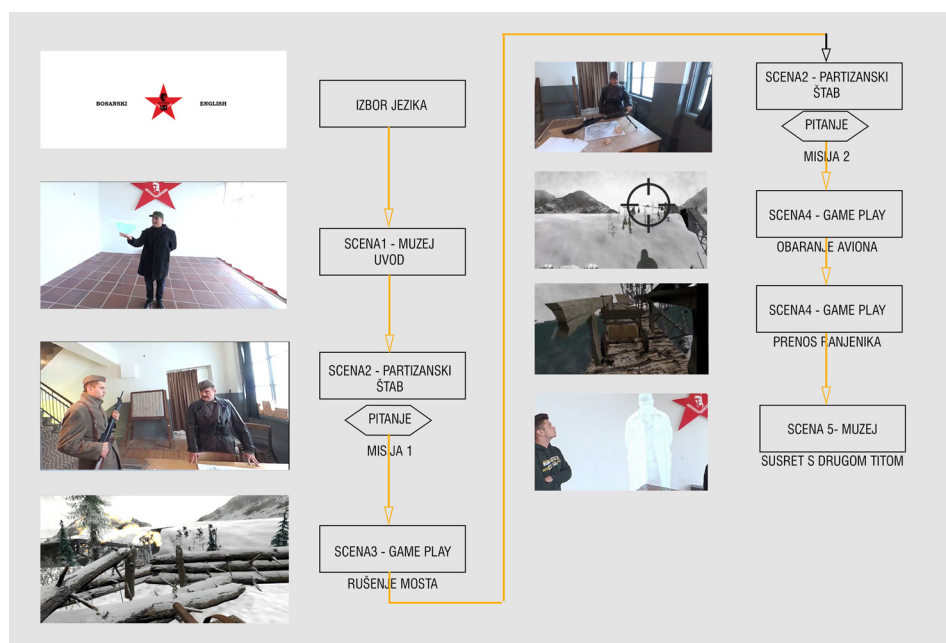
Dizajn i struktura VR aplikacije Bitka na Neretvi kreirani su prema iskustvu koje smo prikupili u nekoliko ranijih interaktivnih projekata digitalnog pripovijedanja (Srizvic, 2021). Naš glavni cilj je bio da predstavimo historijske informacije na zanimljiv način i omogućimo visok nivo edukacije u korisničkom iskustvu. Stoga smo strukturu aplikacije podijelili na 360 video scene i gameplay. Korisnik se na početku aplikacije nalazi u dijelu Muzeja gdje je fizički smještena VR postavka i upoznaje glumca koji igra kustosa i prezentira najvažnije informacije o Bici. U sljedećoj sceni korisnika okružuju partizani koji se spremaju za bitku i komandant im naređuje da prevare neprijatelja rušenjem mosta na Neretvi.

Uništavanje mosta se izvodi u prvom gameplay-u, gdje je korisnik izložen opasnosti od neprijateljske vatre i može pasti u rijeku sa mosta. Nakon uspješne pripreme detonatora, naređeno mu je da digne most u zrak.

U sljedećoj sceni korisnik se vraća u štab, sada oštećen granatiranjem, i dobija sljedeće naredbe: da uništi neprijateljske avione i izgradi improvizovani most preko kojeg će ranjeni drugovi biti spašeni iz neprijateljskog okruženja.

Drugi gameplay implementira pucanje na avione iz originalnog protivavionskog topa, izgradnju improvizovanog mosta i transport ranjenika preko njega.

Posljednja scena nalazi se u muzeju, gdje kustos obavještava o ishodima Bitke i hvali korisnika za njegov doprinos. Iznenada se pojavljuje hologram druga Tita, vrhovnog komandanta jugoslovenskih partizana koji čestita korisniku uspješno obavljene zadatke. Elementi strukture aplikacije prikazani su na slici 6.9.2.



Slika 6.9.2. Struktura VR aplikacije Bitka na Neretvi

3. Kreiranje elemenata aplikacije

Ovdje ćemo elaborirati proces kreiranja elemenata aplikacije prema radnom toku u fazama preprodukcije, produkcije i postprodukcije (slika 6.9.3). Dizajn i struktura aplikacije moraju biti definisani prije ulaska u fazu produkcije. Zato se prvi dio smatra preprodukcijom aplikacije. Nakon što su ih potvrdili

i producent i režiser, moraju se napraviti još dva koraka u fazi pretprodukcije. Prvo je dizajn kostima koji može početi nakon što se definiše cijeli dizajn aplikacije i izaberu glumci. Kreiranje kostima može potrajati ako je dizajn složen. U našoj aplikaciji uniforme su morale biti prilagođene vojnicima i komandantu što nije zahtijevalo mnogo vremena.

PRETPRODUKCIJA	PRODUKCIJA	POSTPRODUKCIJA
Dizajn koncepta Prikupljanje historijskih informacija Priprema scenarija Odabir glumaca Dizajn scenografije Dizajn kostima	Dron fotogrametrija Grafički dizajn 3D modeliranje Komponovanje muzike Snimanje 360 videa Snimanje druga Tita	Postprodukcija zvuka Kolor korekcija Montaža Compositing Programiranje VR aplikacije

Slika 6.9.3. Proces produkcije VR aplikacije

Drugi korak je proba sa glumcima. Iz našeg rada (Hoffmann, 2009) saznali smo da reditelji smatraju da režija u 360 videu više liči na pozorište nego na film i da ne možemo praviti rezove u sredini scene. Cijela scena se mora odigrati i ako nismo zadovoljni rezultatom mora se ponovo snimiti. Zbog toga je proba s glumcima još važnija pri snimanju 360 videa. Scenario se uglavnom zasniva na glavnom glumcu, tako da je većina priprema obavljena s njim. Nakon proba odabrali smo dvije lokacije za snimanje. Jedna je bila u samom muzeju za scenu otvaranja i zatvaranja, a druga je bila hodnik stare zgrade u Jablanici, građene u bivšoj Jugoslaviji, koja je morala biti pretvorena u partizanski štab. Da je bilo uključeno više glumaca, bilo bi potrebno više proba.

Na dan snimanja poslali smo naš tim scenografa u hodnik da započnu izradu seta, a ostatak ekipe otišao je u Muzej da počne snimanje. Priprema scenografije može potrajati, pa smo, kako bismo maksimalno iskoristili dan, snimili i scenu otvaranja i zatvaranja u Muzeju dok su scenografi pripremali drugu lokaciju. Ovaj pristup je vrlo sličan velikim filmskim setovima, što još jednom dokazuje koliko je važna faza pretprodukcije. Za snimanje smo koristili Garmin VIRB 360 kameru i, iako je sposobna da snima 5.7K video, odlučili smo se za 4K opciju jer nam je omogućila live streaming preview snimljenog videa. Ovo je veoma važno za režisera jer on ne može biti prisutan u 360 kadru, a mora moći da vidi glumce u akciji. Također je važno pripremiti sve mikrofone jer se "shotgun" mikrofoni na držačima ne mogu koristiti u 360 videu. Koristili smo Sennheiser lavalierne mikrofone skrivene u kostimima, pa čak i na strateškim lokacijama u samom setu iza sjedišta.

Prilikom izrade sličnih aplikacija moguće je snimiti lokaciju bez glumaca, a zatim ih dodati kasnije u postprodukciji. U tom slučaju ih je potrebno snimiti na zelenom ključu. Prema našem iskustvu, ova metoda bolje odgovara narativnim aplikacijama, dok je fikcija realističnija kada su glumci prisutni, posebno ako postoji interakcija između njih.

Odlučili smo da uvedemo posebnu nagradu za korisnike koji do kraja pogledaju aplikaciju i da im pružimo priliku da im čestita sam drug Tito. Za tu scenu naš šminker je za glumca pripremio posebnu masku i snimili smo ga na zelenom ključu (slika 6.9.4).



Slika 6.9.4. Snimanje druga Tita – glumac Aleksandar Seksan

Nakon završetka muzejskih scena preselili smo se na drugu lokaciju koja je sada bila spremna za snimanje. Postavljanje kamere je veoma važno u 360 videu jer je to pozicija sa koje će korisnik posmatrati video. U zavisnosti od kreativnog izbora kamera (korisnik) može biti nevidljivi posmatrač koji nije dio priče, ili tihi posmatrač koji učestvuje u priči. Naš izbor je bio druga opcija, jer je korisnik u našoj aplikaciji vojnik koji izvršava zadatke koje mu je dao komandant. Promjena scenografije između dvije scene u štabu iskorištena je za pauzu produkcijske ekipe.

Kreiranje VR aplikacija podrazumijeva korištenje game engine-a za kreiranje gameplay dijela u kojem se mogu koristiti različita sredstva i modeli. To uključuje 3D modele napravljene fotogrametrijom koji su se u ovoj aplikaciji pokazali korisnim za rekreiranje lokacije bitke. Poslan je tim da napravi

zračnu fotogrametriju uništenog mosta dronom kako bi ga naši modeleri iskoristili za kreiranje VR okruženja za igru. Ostali 3D modeli (drveće, most, kuća, itd.) se kreiraju i dodaju kako bi se povećao realizam, kao što je opisano u (Hoffmann, 2009).

Pažljivo planiranje i podjela zadataka na manje ekipe omogućila nam je da gotovo sav terenski rad završimo u jednom danu i krenemo sa realizacijom postprodukcionog dijela.

Ovo je faza u kojoj montiramo video zapise, bojimo ih i šaljemo potrebne materijale našem audio dizajneru i kompozitoru. U ovom dijelu je takođe urađeno dodavanje glumca i efekta holograma. Audio dizajner čisti snimljeni zvuk, ali ga i lokalizuje unutar 360 videa kroz ambisonics audio format (Kangas, 2010). Kompozitor dodaje završni pečat kreiranjem muzike za aplikaciju. Muzika se često zanemaruje u aplikacijama sličnim ovoj, međutim ona je od presudnog značaja za stvaranje ukupne atmosfere.

Sve ove komponente se zatim sklapaju zajedno i video zapisi sa odgovarajućim zvukom i bojom se izvoze u kodeke po našem izboru. Popularni kodeci kao što su h.264 ili h.265 dobro rade sa programima za razvoj VR aplikacija. Grafički dizajneri kreiraju elemente korisničkog interfejsa, kako bi pružili jedinstven izgled aplikacije. To može uključivati menije, dugmad, plutajući tekst, itd. Sva kreirani elementi se zatim daju programerima za razvoj VR aplikacije.

4. Programiranje aplikacije

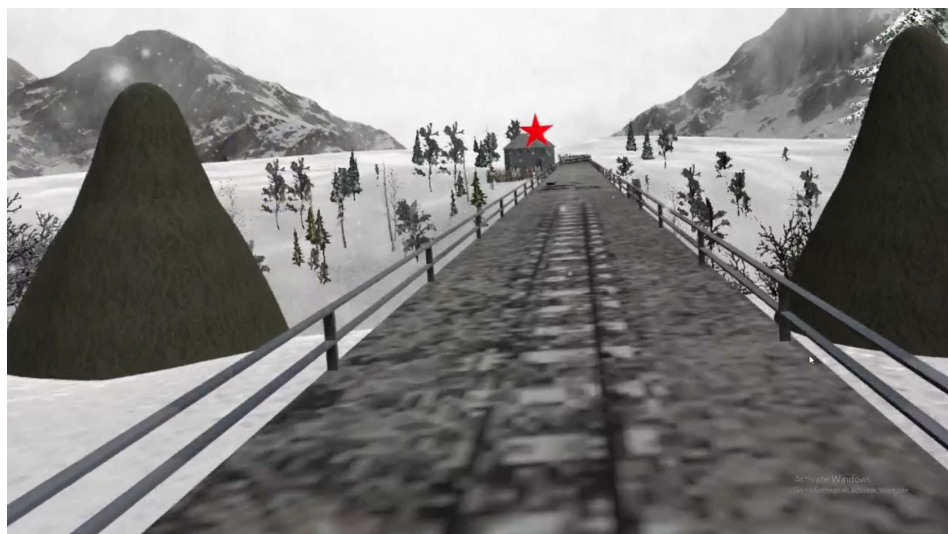
Bitka na Neretvi VR je razvijena u Unity 3D game engine-u pomoću Steam VR dodatka. Sastoji se od segmenata pripovijedanja i igranja, isprepletenih u smislenu cjelinu. Pripovijedanje je smješteno u 360 virtualna okruženja u rasponu od sadašnjeg vremena pa sve do prošlosti kada se odigrala Bitka na Neretvi.

Okruženje za pripovijedanje napravljeno je korištenjem unaprijed snimljenih 360 video zapisa, kao što je objašnjeno u prethodnom odjeljku. Korisnici mogu gledati okolo i rotirati se u bilo kojem smjeru kako bi istražili okruženje i pogledali radnju koja se dešava oko njih. Ova funkcija je omogućena pomoću Steam VR kamere virtualne stvarnosti.

Nakon slušanja prvog seta priča, korisniku se postavlja pitanje u vezi sa prethodno saopćenom informacijom, na koje mora tačno odgovoriti kako bi napredovao dalje. Pojavi pitanja i mogućih odgovora prethodi glumac koji izgovara pitanje. Tekst pitanja i mogući odgovori postavljeni su u 3D prostor,

sa "pergamentom" iza da budu jasno vidljivi. Pozadina je također zamagljena u tom trenutku, kako bi se korisnik fokusirao na pitanje. Svaki mogući odgovor bio je programiran da izazove drugačiju reakciju glumca, bilo da se radi o neodobravanju kao rezultat pogrešnog odgovora, ili čestitkama nakon tačnog odgovora.

Tačan odgovor također pokreće početak igre u kojoj korisnik ima zadatak da u sklopu ratne strategije uništi most na rijeci Neretvi. 3D okruženje za igru kreirano je korištenjem objekata kreiranih 3D modeliranjem u kombinaciji s efektima kreiranim u Unity 3D. Budući da se Bitka dogodila zimi, za vrijeme jakih snježnih padavina, to se repliciralo i u virtuelnoj sceni (slika 6.9.5). Vidno polje je bilo ograničeno planinama i drvećem, a mnogo magle i oblaka je iskorišćeno za pravljenje prirodnih granica scene. Kako bi okruženje bilo realističnije, dodane su čestice snijega, a rijeka je animirana pomoću shadera u Unity 3D.



Slika 6.9.5. Virtuelno okruženje za prvi gameplay

Korisnik započinje misiju nakon slušanja glasovnih instrukcija. Kretanje korisnika je onemogućeno do kraja instrukcija, kako bi se više fokusirao na zadatak. Nakon naredbi korisnik treba da pronađe i pokupi sajlju detonatora koja je postavljena na mostu i donese je do skrovišta na obali rijeke. Kako bismo naznačili gdje korisnik treba ići, uveli smo crvenu zvijezdu koja se uvijek pojavljuje iznad sljedećeg mjesta. Podizanje kabla i nošenje je realizovano pričvršćivanjem na korisnički kontroler. Prvobitni plan da se od korisnika traži da se za kabl uhvati pomoću dugmadi na VR kontrolerima je

prilagođen i pojednostavljen jer je uočeno da to oduzima previše pažnje i truda. U konačnoj verziji, korisnici samo treba da pređu preko mjesta gde je kabl postavljen, i zatim dođu do skrovišta, gdje se kabl automatski odvađa od kontrolera. Budući da je fokus aplikacije na učenju i da je ciljna publika šira javnost s manje iskustva u VR-u i igrama općenito, smatramo da su ovo i slična pojednostavljenja opravdana.

Nakon uzimanja kabla, korisnik treba da se vrati u sklonište i izazove eksploziju. Ovo je implementirano pritiskom na dugme na VR kontroleru. Nakon aktiviranja eksplozije, prikazuje se animacija urušavanja mosta i čitava okolina se trese praćena glasnim zvukovima, kako bi se dobio utisak stvarnog izgleda eksplozije.

Cijelu radnju prati glas glumca koji slijedi korisnika ili ponavlja instrukcije, iz dva razloga: prvo, da stvori napetost i drugo, da na neometani način podsjeti korisnika koji je njegov zadatak. Ova preklapanja glasa se pokreću ili tako što korisnik kroči u određeno područje koje je označeno nevidljivim kolajderom ili na vremenskoj bazi. Da bi se kreirala dodatna imerzija, dodani su zvučni i vizuelni efekti, uključujući vikanje, pucnjavu iz daljine, vodu koja teče ispod mosta, eksplozije itd.

Drugom gameplay-u se pristupa nakon druge sekvence pripovijedanja i kratkog kviza. Odvija se u istom okruženju, samo što ovaj put korisnik ima drugačiji zadatak. On/ona treba da pogodi neprijateljske avione koji bombarduju teren kako bi spasio drugove koji grade improvizovani most. Da bi započeo gađanje, korisnik treba da priđe protivavionskom topu, što aktivira preklapanje ekrana sa metom za gađanje u sredini. Pucanje je implementirano tako da se ispali metak iz oružja svaki put kada korisnik pritisne dugme VR kontrolera, a metak je ispaljen u pravcu koji pokazuje predstavljena meta. Ovo je zamišljeno da simulira pravo pucanje i omogući korisniku da pokaže na avione u pokretu koji se približavaju i bacaju bombe po terenu. Nakon svakog pogodenog aviona, efekat eksplozije je prikazan na mestu gdje je avion pogoden, praćen jasnim zvukom eksplozije i čestitkama komandanta. Takođe, kako bi se korisnici nagradili i podsjetili na zadatak, ispod se gradi jedan dio improvizovanog mosta (slika 6.9.6). Animacija izgradnje mosta simulirana je polaganim stapanjem dijelova mosta i efektom čestica prskanja vode u kombinaciji sa zvukovima drveta i metala koji se grade.



Slika 6.9.6. Izgradnja dijelova improvizovanog mosta

Nakon što korisnik obori tri aviona i izgradi cijeli improvizirani most, on/ona ima zadatak da spasi ranjenog saborca tako što ga preveze preko mosta na drugu stranu rijeke. To se radi jednostavnim pričvršćivanjem kolica s ranjenom osobom na VR kameru, te ograničavanjem kretanja korisnika kako ne bi pao s mosta. Ova pojednostavljenja su takođe urađena kako bi se olakšala aplikacija neiskusnim korisnicima.

Aplikacija se završava vraćanjem u prvobitno, sadašnje vrijeme, okruženje koje simulira 360 video muzeja. Ovdje korisnici upoznaju druga Tita koji im čestita na uspjehu u misijama.

5. Mišljenja korisnika

Korisnička evaluacija pokazala je da ovakav pristup cijene i posjetitelji muzeja i muzejsko osoblje, te da je u izložbu unesen novi atraktivan element koji motivira ljude da dođu i učestvuju u ovoj važnoj historijskoj bici. Kombinacija interaktivnog digitalnog pripovijedanja i gameplay-a pružila je pravu kombinaciju edukativnih i zabavnih elemenata za povećanje interesa za kulturno naslijeđe.

Nastavit ćemo istraživati različite kombinacije ovih elemenata, kao i različite metode interakcije kako bismo poboljšali aspekte koje korisnici nisu dobro cijenoili. Nadamo se da će u narednim godinama svaki muzej imati VR izložbeni prostor gdje će se slične aplikacije moći instalirati na radost i zadovoljstvo posjetilaca.

6.10. Underground

Na poziv dr. Jamesa Kapala, sa University College Cork, Irska, koordinatora ERC projekta "Hidden Galleries" nakon workshopa koji smo održali u okviru COST projekta NEP4DISSENT, angažirani smo na digitalizaciji izložbe dokumenata iz arhiva sovjetske tajne policije, koji svjedoče o represiji nad vjernicima i njihovim suđenjima. Ova izložba je realizirana u fizičkom obliku, ali zbog pandemije COVID19 nije mogla biti prikazana prije kraja projekta. Digitalna verzija koju smo kreirali je online, na raspolaganju svim Internet korisnicima i bez vremenskih ograničenja.

U osam priča, kroz koje nas vode glumci Adnan Hasković i Selma Alispahić, saznajemo sudbine pravoslavnih vjernika koji su gradili tajne crkve pod zemljom, u strahu da bi, ako budu otkriveni, mogli dobiti kaznu od 25 godina robije u Sibiru. Kroz Virtual Reality okruženja, gledatelji se mogu upoznati sa podzemnim crkvenim prostorima i ostalim mjestima gdje se vjerovalo u tajnosti, prošetati njima, vidjeti predmete i dokumente iz tog vremena.

1. Projekat "Hidden galleries"

U dvadesetom vijeku neke su države pokušale da unište živote vjernika. Nakon toga se dogodio paradoks: svjedočanstva, lične stvari, fotografije zajednice i vjerskog života sačuvala su upravo državne institucije čija je uloga bila da ih izbrišu. Projekat Hidden Galleries (Hidden Galleries, 2023), financiran od strane Europskog istraživačkog vijeća (European Research Council ERC), otkriva ono što je bilo sakriveno dva puta – prvo od strane vjerskih grupa koje su bile prisiljene kriti se 'u podzemlju', a drugo, od strane tajne policije koja je dokaze pronašla i zatvorila u svoje arhive. Projekat preispituje i rekontekstualizira fondove arhiva tajne policije u Rumuniji, Republici Moldaviji i Mađarskoj.

Istraživači iz ovog projekta ustupili su nam sadržaje za pet priča. Nakon uspješnog kreiranja aplikacije, odlučili su da uradimo još tri. Radili su sa nama na razvoju scenarija, kreiranju virtuelnih okruženja i pripremi izložbenih materijala. Uradili su i prevod sadržaja na ruski, rumunski i ukrajinski jezik.

2. Scenario

Aplikacija se sastoji od osam priča. Prva priča se zove "Destrukcija raja". Monah Simion Bostanika nam priča o podzemnom manastiru koji su zvali Raj, gdje su se sakrivali pravoslavni vjernici u doba ruskog građanskog rata (1918-1921). Druga priča je vezana za Crkvu u katakombama, kroz koju nas vodi sveštenik Serafim. Treća priča se bazira na pismu koje je napisao Miron

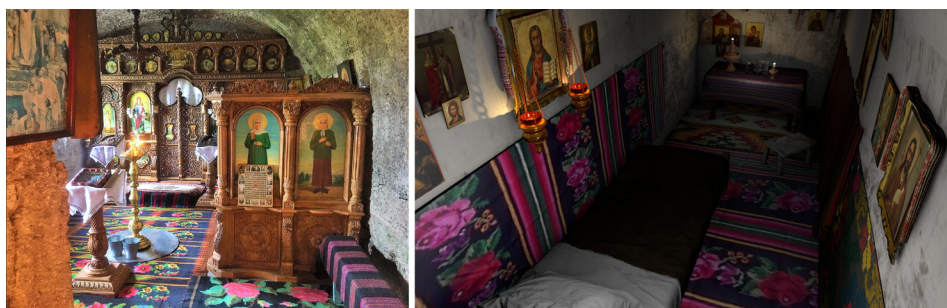
Kolesnik, čiji su roditelji osuđeni na 25 godina zatvora zbog svojih vjerskih ubjeđenja i sva imovina im je konfiskovana. Miron piše komandantu Ukrajinske tajne policije sa molbom da rehabilituje njegove roditelje. Posebno zanimljivi eksponati su fotografije hapšenja na kojima se vide ruke koje drže uhapšene oko vrata. U drugoj verziji istih fotografija ruke policajca su izgubane sa slika da se ne bi vidjele. Četvrtu priču nam priča Vasile Donika iz Moldavije. On je vodio tajnu vjersku zajednicu koja se krila u podzemnoj crkvi. Policija je pronašla nešto hrane što su sakupili za vjernike i optužila ih za iznuđivanje, kidnapovanje djece i nasilna samoubistva. Svi su pohapšeni i osuđeni na dugotrajne zatvorske kazne. Peta priča govori o doušniku Tajne policije koji je bio prisiljen da izda svoje drugove Jehovine svjedoke kako bi spasio svoju porodicu.

Ovih pet priča su pričali muški likovi. U naredne tri priče imamo žene naratorke. Ideja je da te tri priče nude malo više optimizma. Šesta priča govori o čudu iz Seredne, mjesta u Ukrajini za koje se vjeruje da se tu desilo ukazanje djevice Marije i koje je postalo svetište hodočasnika pod nazivom "pokytniky" (pokajnici). Oni su bili progonjeni od strane policije jer su bili vjernici i odbijali da rade u državnim preduzećima.

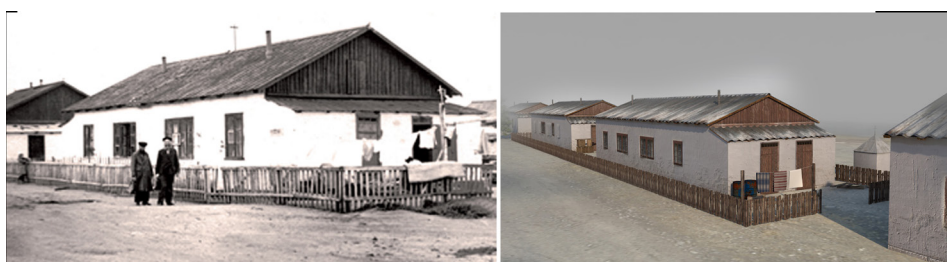
U sedmoj priči se govori o Svetim cionističkim evangeličkim kršćanima, ukrajinskim i poljskim seljacima koji vjeruju u stvaranje Novog Siona - Novog Jeruzalema, Božjeg grada - kroz proročanstva dva ukrajinska proroka - Ivana Muraška i Olge Kyrykchu. Oni su kreirali svoje kolhoze i zajednice, a sovjetska tajna policija ih je masovno hapsila. U osmoj priči Galina, radnica u tajnoj štampariji, nam priča o "odvojenim baptistima", mladim i radikalnim vjernicima, koji su protestirali protiv progona vjernika i protiv crkvene suradnje s ateističkim vlastima.

3. Produkcija

Za svih osam priča kreirana su virtuelna okruženja pomoću 3D modeliranja. Modeleri su se rukovodili fotografijama iz izložbenih materijala ili savjetima istraživača koji su radili na projektu. Na slici 6.10.1. vidimo enterijer ukrajinske tajne crkve koji je služio kao primjer za modeliranje virtuelne prostorije. Slika 6.10.2. prikazuje kolhoz Svetih cionističkih evangeličkih kršćana, fotografiju i 3D model napravljen na osnovu nje. Okruženja su kreirana u softveru Cinema 4D i izvezena u format pogodan za import u Unity 3D.



*Slika 6.10.1. Unutrašnjost podzemne crkve u Ukrajini.
Lijevo: fotografija, desno: 3D model*



*Slika 6.10.2. Kolhoz Svetih cionističkih evangeličkih kršćana,
lijevo: fotografija, desno: 3D model*

Kostimi su kreirani također na osnovu fotografija i preporuka istraživača. Na slici 6.10.3. vidimo glumca u kostimima za prvih 5 priča, dok slika 6.10.4. prikazuje skicu kostima i izvedbu za priče šest, sedam i osam. Glumci su snimljeni na zelenom ključu. U After Effects-u je na snimcima kreiran alfa kanal kako bi se uklonila zelena pozadina. Videi sa alfa kanalom su dodati u Unity 3D scene.

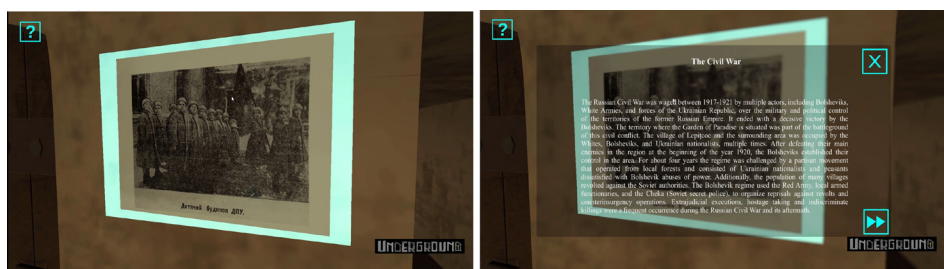


Slika 6.10.3. Narator u pet različitim kostima



Slika 6.10.4. Kostimi za naratorku u zadnje tri priče

U svakoj priči se uz naraciju prikazuju i digitalizirani izložbeni eksponati, koji su raspoređeni po virtuelnim okruženjima, obilježeni plavozelenim okvirom i mogu se otvoriti na klik (slika 6.10.5). Na slici 6.10.6. prikazane su fotografije uhapšene vjernice sa izgrebanim rukama policajca.



Slika 6.10.5. Digitalizirani eksponat u virtuelnom okruženju, desno: tekst o eksponatu

Naravno, potpuna imerzija korisnika u priču bila bi nemoguća bez odgovarajuće muzike. Naš kompozitor je kreirao posebne muzike za svaku priču, bazirane na tradicionalnoj muzici krajeva u kojima se priče dešavaju ili autentičnim snimcima duhovne muzike pravoslavnih vjernika iz tog perioda. Zvuk je raspoređen po prostoru u Unity 3D softveru. U jednoj priči imamo i originalni video sa zvukom kao izložbeni eksponat.

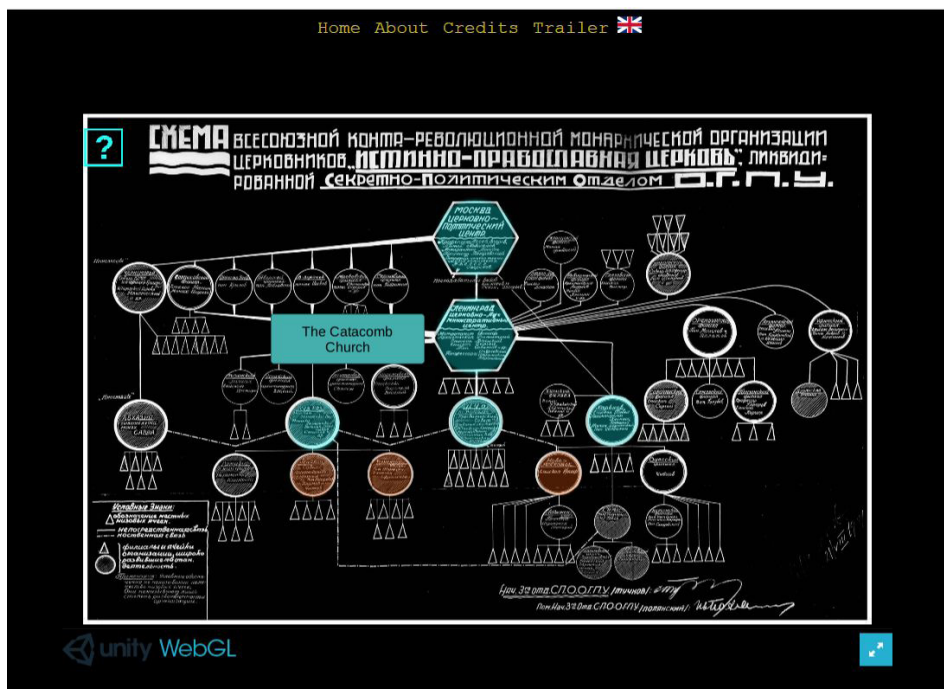


Slika 6.10.6. Fotografija uhapšene vjernice prije i poslije "brisanja" ruke policajca

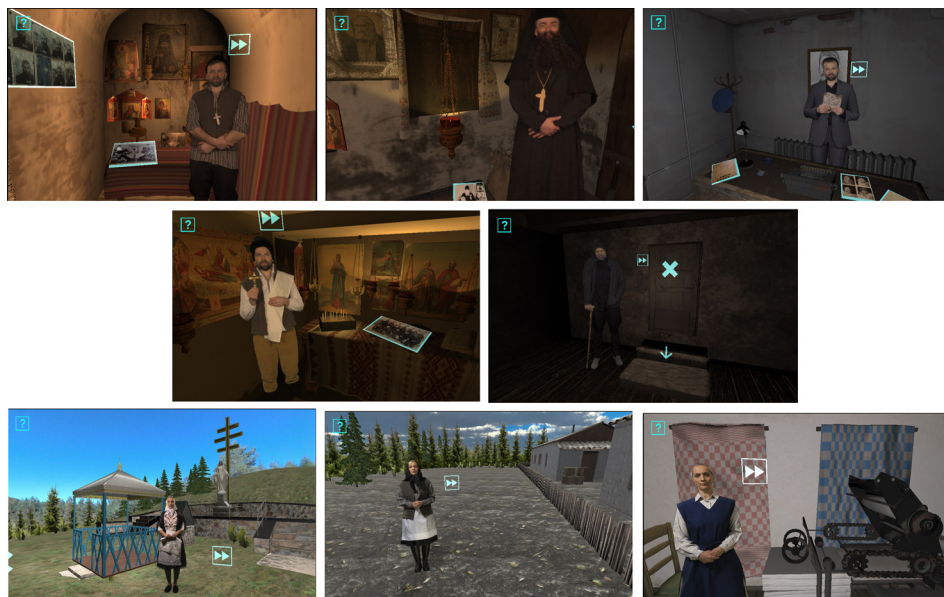
4. Web VR implementacija

Obzirom da mali broj ciljane publike ove aplikacije posjeduje VR headset, odlučeno je da se ona implementira kao web ili desktop VR aplikacija. To znači da se može pokrenuti na računaru ili mobilnom uređaju sa web sajta (Underground, 2023). Nakon pokretanja linka i izbora jezika, korisnik može saznati informacije o projektu i projektnom timu, te na klik ući u VR aplikaciju. Na početku se nalazi meni za izbor priče (slika 6.10.7), koji je implementiran na originalnoj šemi tajne policije gdje se prikazuju ćelije "kontrarevolucionarnih organizacija". Prvih pet priča prikazano je u plavozelenoj boji, a ostale tri u smeđoj.

Nakon izbora priče, korisnik će se naći u VR okruženju gdje se može okretati, zumirati, selektovati eksponate i preskakati naracije. Na slici 6.10.8. prikazani su screen shotovi iz svih osam priča.



Slika 6.10.7. Meni za izbor priča



6.10.8. Svih osam priča, screen shots

5. Utisci korisnika

Iako još uvijek nismo proveli formalnu korisničku evaluaciju, imamo dosta komentara i zapažanja onih koji su probali aplikaciju. U prvom redu, naručiocima poslala su izuzetno zadovoljni. Kažu da je rezultat nadmašio sva njihova očekivanja. Prepoznali su interaktivno digitalno pripovijedanje kao odličnu metodologiju za prikaz arhivske građe i povećanje broja posjetilaca njihovih izložbi. Svi se slažu u jednom: ovo je naš najmotivniji projekat. Nijedan korisnik nije ostao ravnodušan nakon saznavanja o tragičnim sudbinama proganjanih u sovjetskom režimu iz naših priča. Poražavajuća je činjenica da je ova tematika skoro potpuno nepoznata široj javnosti.

Aplikacija *Underground* je, prema izjavama korisnika, zanimljiva, lagana za upotrebu i vrlo informativna. Jedino korisnici sa starijim računarima ili sporijom Internet konekcijom su imali poteškoća sa otvaranjem priča. Web VR implementacija je omogućila korištenje aplikacije za cijelu Internet populaciju. Izložba sada živi u digitalnom svijetu, ali se može prikazivati i na bilo kojoj fizičkoj lokaciji. Imerzija korisnika bi sigurno bila poboljšana implementacijom na VR headset, što ostaje u planu za budućnost. Metodologija razvoja ove aplikacije biće vrlo korisna za oblast digitalne humanistike, jer otvara svijet digitalnih tehnologija za atraktivniji prikaz dokumenata, arhivske građe i drugih materijala koji su teško razumljivi širokoj populaciji.

6.11. Crvena stijena VR

Jedan od projekata digitalne kulturne baštine koji smo razvili koristeći interaktivno digitalno pripovijedanje je *Crvena Stijena VR*. Motivacija za ovaj rad bila je činjenica da su lokaliteti kulturne baštine iz prahistorijskog perioda najteže razumljivi običnim posjetiocima. Istraživanje mjesta na kojem su napravljena otkrića od najveće važnosti za čovječanstvo često je samo lutanje po iskopinama i pregledavanje malih fragmenata arheoloških nalaza u muzeju, bez stvarnog shvaćanja života na tom mjestu u prošlosti. U našem istraživanju želimo pokazati da interaktivno digitalno pripovijedanje i virtualna stvarnost imaju veliki potencijal da pomognu korisnicima da saznaju više o kulturnoj baštini, dok im se nudi zabavno i zanimljivo korisničko iskustvo. Pokazat ćemo to na i primjeru *Crvena Stijena VR* aplikacije (Rizvic, 2022).

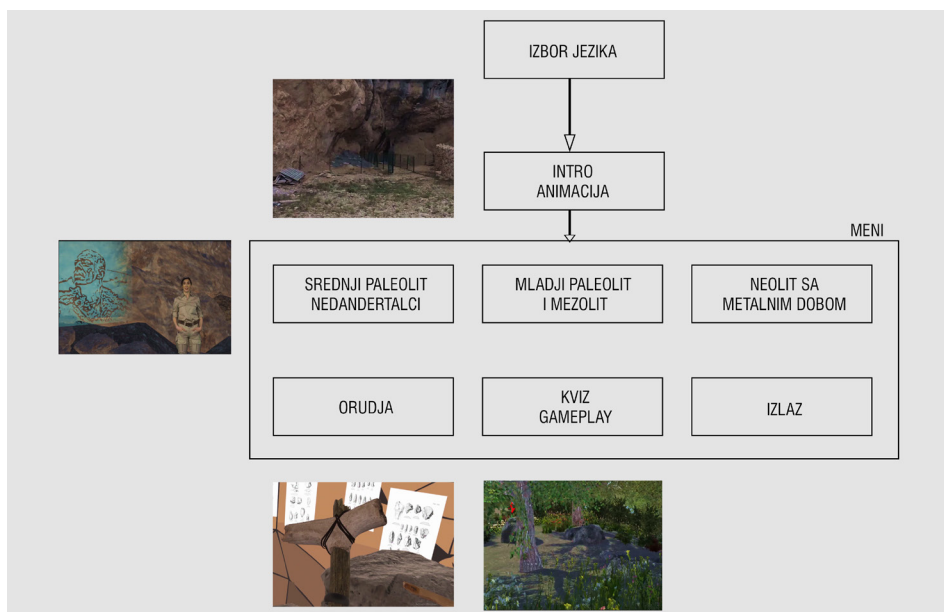
Arheološko nalazište *Crvena stijena* poznato je javnosti od 1950-ih godina. Nalazi se u selu Petrovići, u blizini Nikšića, Crna Gora. *Crvena stijena* sadrži 20 metara arheoloških naslaga nastalih od srednjeg paleolita do bronzanog doba. Srednjopaleolitski slojevi, debljine nevjerovatnih 10 metara, sadrže

jedno od najvećih i najbolje očuvanih paleolitskih nalazišta u Evropi. Lokalitet se iskopava od sredine 20. vijeka i izuzetno je značajan za područje Balkana.



Slika 6.11.1. Arheološko nalazište Crvena stijena, Crna Gora

Aplikacija virtuelne realnosti (slika 6.11.2) ima za cilj da posjetioce odvede u prošlost i upozna ih sa ovim važnim lokalitetom na zabavan i edukativan način. Kroz digitalne priče ispričane iz 3D modela pećine, korisnici saznaju o najznačajnijim arheološkim nalazima i životu u prahistoriji. Odabrani arheološki nalazi su digitalizirani fotogrametrijom i napravljene su njihove 3D rekonstrukcije. Mogu se virtuelno pregledati i okretati. Nakon polaganja kviza sa pitanjima iz priča, korisnik dobija priliku da doživi život u prošlosti.



Slika 6.11.2. Struktura VR aplikacije

Nakon odabira jezika, uvodna animacija historijskog razvoja naše planete prikazuje stvaranje formacije stijene na kojoj se nalazi lokalitet. Glumica u ulozi lika sličnog Lari Croft upoznaje korisnika sa osnovnim podacima o lokalitetu i njegovom arheološkom značaju.

Korisnik se zatim prebacuje u virtualno okruženje koje podsjeća na stilizovanu pećinu i prikazuje mu se meni za izbor dostupnih dijelova aplikacije. Tri digitalne priče pokrivaju period srednjeg paleolita i neandertalce, mlađi paleolitski i mezolitski period, odnosno neolit sa metalnim dobom. Priče su VR video kompoziti, smješteni u 3D rekonstrukciju stvarne pećine, sa glumicom naratorom koja je postavljena u nju, zajedno sa dodatnim slikama i crtežima.

Nakon gledanja priča, korisnik može posjetiti virtualno okruženje "Oruđa", gdje su digitalizirani arheološki nalazi iz Muzeja u Nikšiću. Za razliku od fizičke muzejske izložbe, ovdje korisnik može kliknuti na artefakt i pretvoriti ga u njegovu 3D rekonstrukciju, iz čega je razumljivo kako je cijeli predmet izgledao. Objekti se mogu uhvatiti i istraživati izbliza.

Da bi pristupio igri (slika 6.11.3), korisnik mora tačno odgovoriti na nekoliko pitanja vezanih za sadržaj priča. Tada dobija priliku da lovi jelena na obali jezera ispod pećine, koristeći koplje pronađeno tokom arheološkog iskopavanja. Kretanje korisnika uslovljeno je vjetrom i ako se kreće dok vjetar puše, jelen ga osjeti i pobjegne. Korisnik treba da stigne do mesta gdje se nalazi koplje, uzme ga i čeka jelena. Kada se jelen pojavi, korisnik baca koplje i tjera ga u duboku provaliju. Ako lov ne uspije, igra se vraća na početak.



Slika 6.11.3. Lov na jelena



Slika 6.11.4. Interakcija korisnika sa oruđima

VR aplikacija je postavljena u paviljonu na samoj arheološkoj lokaciji Crvene stijene, kao i u Narodnom muzeju Crne Gore na Cetinju. Korisnička evaluacija je pokazala izuzetan uspjeh ove metodologije. Korisnici su najviše bili impresionirani lovom na jelena. Također, uživali su u interakciji sa eksponatima i njihovim 3D rekonstrukcijama (slika 6.11.4).

6.12. Da Vinci effect – zajedničko VR iskustvo za više korisnika

U ranim istraživanjima (Bailenson et al., 2008) postalo je očigledno da imerzivne tehnologije mogu pružiti efikasniji način za prenošenje znanja i vještina u poređenju sa konvencionalnim obrazovnim alatima. Na osnovu eksperimenata sa 360-videom kao obrazovnim alatom, sljedeći korak bio je istražiti interaktivnije "6DoF" (6 stepena slobode) imerzivne formate. Na osnovu toga se rodila ideja o učenicima koji istražuju radionicu Leonarda Da Vincija u VR-u i interaktivno rekreiraju njegove izume. Ovaj koncept je razvijen u okviru istraživačko-kolaborativnog CREATIVE EUROPE projekta "Real Heroes".

Projekat je zajednički napor koji prevazilazi kreativne i kulturne granice i razvija potpuno operativnu mješovitu stvarnost na više platformi i model pripovijedanja koji poziva mlade ljude da se uključe i komuniciraju sa super zvijezdama evropske nauke, umjetnosti i društva, njihovim pričama i dostignućima koja su sada kulturno naslijeđe. Cilj projekta je da inspiriše mlade ljude da hrabro razmišljaju, da istraju, koncentrišu se i ulažu u smislenu karijeru, trajne puteve istraživanja i dugoročne ciljeve. Pilot priča se fokusira na Leonarda da Vinčija, legendarnog renesansnog genija, autentičnog mislioca, umjetnika i naučnika.

“Real heroes” spajaju iskustva, vještine, izazove i ambicije zaposlenika javnog emitera VRT iz Belgije, filmskih festivala, stručnjaka za programiranje razvoja i dizajna interakcije WeMake VR iz Holandije i Sarajevo Graphics Group sa Univerziteta u Sarajevu, stručnjaka za (filmsko) opismenjavanje mladih i istraživanje baštine DIGI.BA iz Bosne i Hercegovine u zajednički napor da se stvori inspirativna interaktivna i impresivna priča - individualno impresivno VR iskustvo koja poziva korisnike u radionicu Leonarda Da Vinčija i upoznaje ih sa njegovom naukom, umjetnosti i životnim iskustvom.

Cilj ovog istraživanja bio je istražiti efikasnost aplikacije za više korisnika koji izvode niz zajedničkih zadataka u “kolociranom” virtuelnom okruženju. Pokazali smo kako ova metodologija pripovijedanja doprinosi upoznavanju kulturnog naslijeđa u mladoj populaciji. U okviru projekta razvijen je novi pristup radu sa VR uređajima koji koristi praćenje “inside out” Oculus Quest i Quest 2 VR headseta.

Dizajn i struktura aplikacije

Da Vinci Effect VR iskustvo (Rizvic et al., 2022) sastoji se od tri faze: onboarding, imerzivno iskustvo i deboarding. U Onboarding dijelu aplikacije korisnici stoje u redu u fizičkom prostoru veličine 7x7m. Oko njih su displeji koji prikazuju vijesti. U Luvru najvažnija slika je nestala, na zidu je prazan prostor, niko ne zna šta se desilo. Na aerodromu Schiphol, avioni ne mogu da polete. Niko ne zna zašto. U vijestima se kaže da kontrola leta ne radi.

Na kraju reda nalazi se jedan od dnevnika Leonarda da Vinčija na ekranu. Stranica dnevnika je prazna. Pored dnevnika su velika kartonska vrata/portal, nazvana History-Hologram, na kojima korisnike dočekuje domaćin/operater misije. Misija igre je: “koristite historijski hologram da posjetite Da Vinčijevu radionicu i otkrijete šta je bilo na praznoj stranici. Moraćemo raditi zajedno da to otkrijemo! Prije nego uđete unutra naravno morate nositi svoju Hologram-kacigu (Quest headset). I zapamtite, mašina koristi mnogo snage i volje, radi samo 8 minuta. Zato budite pametni, brzi i nemojte zaboraviti: Radite zajedno!”

U fazi imerzivnog iskustva, dok tri korisnika stavljaju headsete, u VR okruženju vide isti portal, samo što sada plavi odsjaj energije ispunjava prostor na vratima. Emanira pulsirajući zvuk. Ostatak svijeta je prazan/bijel. Oni vide svoje ruke na kojima su rukavice, te headsete i njihova dva saigrača u obliku srednjovjekovnih maski. Svaka maska ima različitu boju: crvenu,

zelenu, plavu. Na rukama su im su narukvice u boji (crvena, zelena ili plava), kao i displeji sa tajmerom i slikom onoga što treba da pronađu. Svaki od tri igrača vidi različitu sliku: kist, loptica, poluga. Trojica igrača sada prolaze kroz portal.

S druge strane je i dalje veliki bijeli prostor, sa crnim linijama po podu, formirajući neku vrstu oblika. Kada i treći igrač prođe kroz portal, čuju se tri glasna bipa koja dolaze iz narukvica. Tajmer počinje odbrojavati od 8 minuta. Blizu igrača su tri visoka cilindra u boji sa stopama u njima (crvena, zelena, plava). Kada svi igrači uđu u svoje cilindre, slika ide u crno, a Leonardova radionica se materijalizuje oko njih. Igrači se sada mogu slobodno kretati u dijelu radionice. Prirodne barijere, kao što su ormarići, stolovi, itd. postavljeni su na način da korisnici ne mogu da se kreću dalje od projektovanog prostora za igru, ali mogu vidjeti dalje i prostor im se čini mnogo veći nego što zaista jeste.

Unutar interaktivnog područja nalaze se različiti objekti koji se mogu posmatrati. Na zidovima su crteži, komadi papira sa crtežima i shemama raspoređeni su po stolovima. U jednom uglu je štafelaj preko kojeg je prevučena crvena tkanina. U drugom uglu je mašina sa velikim kamenim točkom sa otvorom u njemu, sa zelenom linijom oko otvora. Čini se da nešto nedostaje. U trećem uglu je radni sto sa okruglim, ravnim komadom od drveta, u kome se nalaze kuglice u rupama duž ivice. Jedna plava rupa je prazna. Očigledno nedostaje jedna kuglica. U četvrtom uglu, izvan prostora za igru, nalazi se sto sa otvorenim Leonardovim dnevnikom.

Svaki igrač treba da izvrši dva zadatka:

Crveni igrač:

1. Istražite radionicu, pronađite štafelaj sa crvenom tkaninom i provucite ruku kroz njega. Tkanina će nestati i otkriti platno sa dijelom slike na njemu.
2. Sada morate pronaći kist negdje u radionici. Kada ga vidite, uzmite ga i nacrtajte dio Mona Lize koji nedostaje.

Kada se oba zadatka završe, pojavljuju se tri cilindra u boji ispred štafelaja, sa stopama. Sva tri igrača sada moraju stati u svoje cilindre. Kada završe, Mona Liza se materijalizira na platnu.

Zeleni igrač:

1. Istražite radionicu, pronađite crtež brusilice za sočiva. Bit će na stolu, stolu, podu ili zidu negdje. Crtež pokazuje kako se pravi konkavno sočivo. Kada

rukom prođete kroz njega, stranica nestaje. Ako poluga nije bila pronađena, sada ima zeleno svjetlo na njoj.

2. Pronađite polugu radilice. Umetnite je u brusilicu da može raditi.

Kada se oba zadatka završe, pojavljuju se tri cilindra u boji ispred brusilice, sa stopama. Sada sva tri igrača moraju stati u svoje cilindre. Pokreće se brusilica sočiva, vrti se, čuje se tihi zvuk brušenja sočiva.

Plavi igrač:

1. Istražite radionicu. Pronađite crtež kugličnog ležaja. Crtež pokazuje kako različite mašine koriste sistem kugličnih ležajeva. Kada prođete rukom kroz nju, stranica nestaje. Ako dio kugličnog ležaja još nije pronađen, sada ima plavo svjetlo na njemu.

2. Pronađite dio kugličnog ležaja; to je kružni drveni komad sa kuglicom. Kada ga pronađete, umetnite ga u kuglični ležaj.

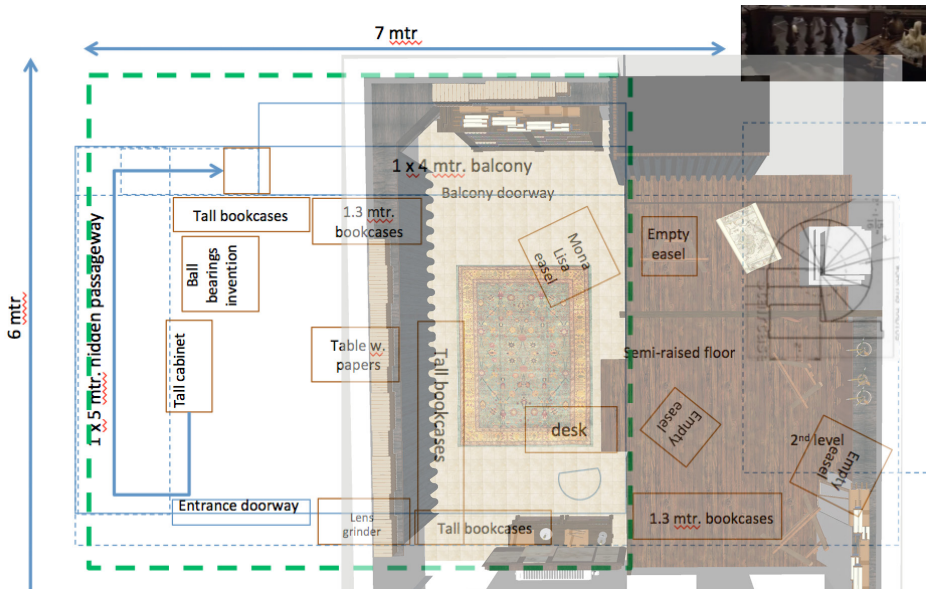
Kada su oba zadatka obavljena, pojavljuju se tri cilindra u boji ispred kugličnog ležaja, sa stopama. Sada sva tri igrača moraju stati u svoje cilindre. Kuglični ležaj počinje okretanje i animacija o otkrivanju kugličnih ležajeva se prikazuje.

Nakon što su otkrivena sva tri Leonardova djela, pojavljuju se tri obojena cilindra, ovog puta blizu četvrtog ugla radionice. Leonardo da Vinči se materijalizuje pred igračima. Gleda Mona Lizu, brusilicu sočiva i kuglični ležaj. Zatim pogleda trojicu igrača i zahvali im se.

Faza deboardinga završava igru. Izlaz je na drugoj strani prostora za igru. Kada se igrači vrate, vide tri kruga u boji za stajanje. Domaćin im skida headsete i daje certifikat. To je pismo od Leonarda u kome im objašnjava da su svojim postupcima pomogli budućim generacijama.

Kreiranje asseta

Produkcija aplikacije Da Vinci Effect (DVE) započela je kreiranjem asseta (elemenata VR scene), uključujući 3D modeliranje radionice i svih objekata unutar nje, i nastavila kreiranjem panoramske ilustracije Firence koja će biti vidljiva kroz prozore i balkon, snimanjem glumca u ulozi Leonarda, komponovanjem muzike i dizajniranjem zvučnog pejzaža okruženja.



Slika 6.12.1. Layout Leonardove radionice

Historijsko istraživanje i vizualni styling

Za istraživanje pretpostavljenog izgleda radionice Leonarda da Vincija i predmeta koji su se u njoj nalazili angažovani su stručnjaci historičari umjetnosti. Predložili su nam oblike prozora, teksture zidova i podova i namještaj iz odgovarajućeg historijskog perioda. Bilo je veoma važno održati historijsku tačnost stiliziranja prostora i objekata unutra.

Na osnovu njihovih preporuka profesionalni scenograf je kreirao skicu rasporeda prostora i definirana je shema boja svih vizuelnih elemenata igre. Grafički dizajneri i vizualni umjetnici su koristili te inpute za teksturiranje modela i kreiranje boja i iluminacije koja dočarava atmosferu unutar radionice renesansnog umjetnika.



Slika 6.12.2. Elementi radionice kreirani fotogrametrijom

Kreiranje radionice

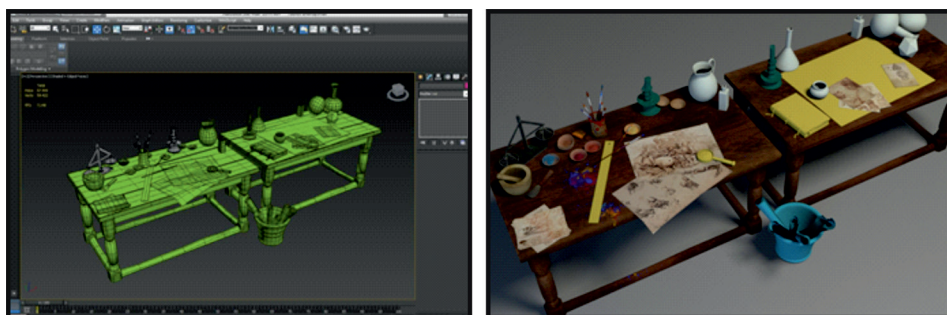
Upute za moguće rasporede prostorija za Leonardovu radionicu dali su stručnjaci historičari umjetnosti i scenografi. Slike prostora koji odgovaraju vremenskom okviru korištene su za referencu. Jedan od predloženih rasporeda, koji je najbliži onom koji je bio implementiran u aplikaciji, prikazan je na slici 6.12.1. Prilikom planiranja rasporeda prostorija, jedan dio je dizajniran da bude nepristupačan korisniku kako bi cijela soba izgledala veća i više objekata moglo biti postavljeno u tom području, bez potrebe za povećanjem fizičkog prostora za korisnike. To je postignuto kreiranjem galerije na gornjem nivou, a stepenište do tog nivoa je bilo blokirano objektom. Veći dio radionice je kreiran od modela dobijenih fotogrametrijom, uključujući plafon, kupolu, prozore i zavjese. Ovi objekti su prikazani na slici 6.12.2.

Fotogrametrijom su kreirani i neki sitni predmeti kao što su štafelaji i paleta boja, dok je ostatak objekata, kao što su stolovi sa bojama i četkama, modelirani (slika 6.12.3).

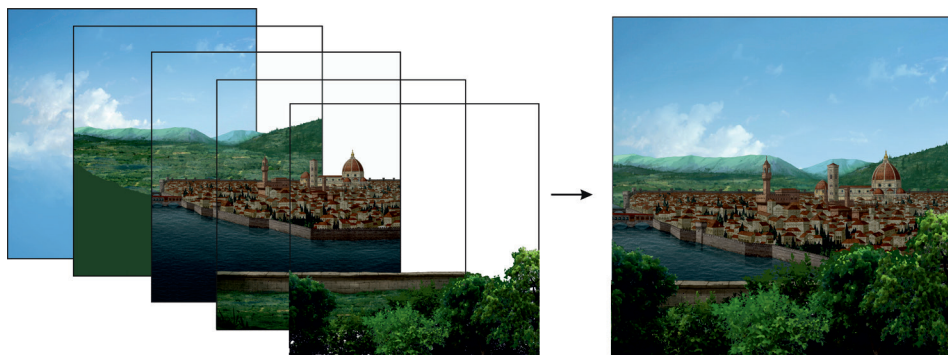
Modelirane su police s artefaktima i Leonardovim izumima. Svi objekti u radionici trebali su biti interaktivni, pa je bilo obavezno napraviti modele što je

moguće preciznije budući da ih korisnici mogu uzeti u ruke i okrenuti, približiti im se i vidjeti ih iz svih uglova.

Radionica ima tajni prolaz koji vodi na balkon. Može mu se pristupiti kroz kamin kada korisnik riješi jednu od zagonetki. I balkon i tajni prolaz napravljeni su 3D modeliranjem pomoću referentnih slika koje su nam dali historičari umjetnosti. Za postizanje prave atmosfere u radionici smo koristili različite izvore svjetlosti za simulaciju tzv. zlatnog sata, perioda pred sumrak, kada je svjetlo u zlatnim bojama. Pogled sa balkona kreiran je korištenjem pet preklapajućih ilustracija Firence prikazanih na slici 6.12.4 na različitim udaljenostima od korisnika, kako bi se stvorila iluzija pogleda u dubinu.



Slika 6.12.3: Objekti kreirani 3D modeliranjem



Slika 6.12.4: Ilustracije Firence korištene za pogled iz radionice na balkon

Fotogrametrija i 3D modeliranje

Kao što je spomenuto, vizualni stil igre zahtijeva stvaranje realističnog okruženja, pa smo pronašli mjesto koje je imalo sličan izgled i atmosferu stvarne radionice koju je Leonardo koristio. Naš tim je napravio desetine fotografija

prostora i drugih značajnih detalja, kao što su prozori i prozorski okviri, plafon, kupola, itd. Koristeći softver za fotogrametriju izradili smo 3D modele koji se mogu koristiti u VR prostoru. Ova metodologija detaljno je objašnjena u (Rahaman et al., 2019).

Planirani fizički prostor za DVE je 7x6 metara, ali prostor za uzimanje objekata je malo manji. Stoga je, nakon kreiranja 3D prostora, naš tim izmijenio dužinu produžavanjem zidova, plafona i poda u sredini. Pošto je kupola bila dio drugog fizičkog objekta, nakon kreiranja 3D modela bilo je potrebno određeno prilagođavanje. Ostali predmeti u prostoriji, kao i skriveni prolaz i balkon su 3D modelirani, a nakon njihovog dodavanja, konačno područje za igru na kraju je bio 7x7 metara.

Snimanje glumca

Za finale doživljaja Da Vinčijevog efekta bila nam je potrebna personifikacija Leonarda Da Vinčija. Probali smo sljedeće opcije:

- Pravi glumac snimljen u okruženju zelenog ključa
- 3D skeniranje glumca animiranog sa snimanjem pokreta (mocap)

Isprobali smo obje opcije i odlučili smo se za video format, sa alfa kanalom. Glavni razlog za ovaj izbor je bila loša reprezentacija kvaliteta 3D skeniranja. Odjeća i brada nisu mogli biti kvalitetno skenirani. Video format je kvalitetniji i ima manji uticaj na performanse Oculus Questa.

Muzika i dizajn zvuka

Audio iskustvo počinje prije samog VR iskustva, u promotivnim videima, nastavlja se tokom čekanja na red za korištenje aplikacije, a zatim u stvarnom VR iskustvu i u zoni iskravanja. Muzički stil, tekstura i instrumentacija su dosljedni tokom cijele igre.

Muzička kompozicija i dizajn zvuka morali su se raditi zajedno, kako u kreativnom tako i u tehničkom smislu. U određenim trenucima igre neophodni su prostorno uređeni zvučni elementi, u kombinaciji sa zvukovima koje emituju 3D objekti u sceni. Dizajner zvuka, kompozitor i Unity-audio developer blisko su saradivali od prvih faza projekta kako bi se osiguralo da svi elementi zvuka rade zajedno na korektan način.

Tokom faze onboardinga, korisnici ulaze na portal, moderan uređaj koji će ih postaviti u holografsku simulaciju. Ovaj segment ima modernu muziku, sa naučno-fantastičnim elementima. Ona se pojačava i dostiže vrhunac kada igrači aktiviraju simulaciju i prebace se u radionicu iz 16. stoljeća. To evocira radoznalost, neočekivano, avanturu u nepoznatom.

Tokom segmenta materijalizacije radionice muzika prelazi sa partiture na dizajn zvuka. Na kraju učitavanja korisniku se ostavlja uglavnom ambijentalni zvuk / opšti zvučni pejzaž (vjetar, ton prostorije, slabi zvuci napolju, itd.). Nakon što igrači završe igru, druga tema sa elementima zagonetke, otkrića, Da Vinčijeva tema, dočarava osjećaj postignuća i završetak. Ne radi se više o tome šta je Da Vinči uradio, već o tome šta su igrači naučili i preuzeli nova znanja i vještine s kojima mogu uticati na svijet u koji će ponovo ući.

Programiranje aplikacije

Razvili smo platformu za "kolokaciju" za više igrača koja je formirala tehnički okvir za Da Vinčijev efekat. Generalno, VR iskustva su dizajnirana za igrače koji su svaki u svom fizičkom okruženju (dnevni boravak, kancelarija, itd.). U tim slučajevima se pretpostavlja da je korisnik siguran da nikakvi fizički objekti ne ometaju virtuelni prostor za igru. U iskustvima za više igrača svaki igrač je fizički u zasebnom prostoru, dok virtualni igrači-avatari mogu biti u istoj prostoriji. U ovim scenarijima "locomotion sistemi" kao što je teleportacija ili pokreti zasnovani na džojstiku se koriste za kretanje avatara po virtuelnom prostoru. Problem sa aplikacijama za obrazovanje i/ili obuku nastaje kada se zahtijeva da korisnici fizički budu u istom prostoru. U "LBE-aplikacijama" (Location Based Entertainment) ovaj problem se rješava kombinujući postojeće sisteme za praćenje kretanja kao što su Vicon i Optitrack sa VR-sistemima sadržanim u ruksacima koje korisnici nose.

Ove instalacije su prilično skupe i zahtijevaju prilagođavanje i skupa hardverska i softverska rješenja koja će se implementirati u tandemu sa sistemima za praćenje kretanja.

Ovaj problem je riješen novim pristupom. Razvili smo softverski okvir koji koristi "inside out" mogućnosti praćenja Oculus Quest i Quest 2 headseta. Sa ovim rješenjem korisnici mogu biti u istom fizičkom prostoru (na primjer, velika dvorana ili konferencijska sala) dok su virtuelni avatari sinhronizovani sa fizičkim pozicijama korisnika. Korisnici "običnih" sistema za više igrača često imaju kašnjenja u zajedničkom iskustvu, tzv. "lag". U našem rješenju glasovna komunikacija ne zahtijeva nikakvu implementaciju glasa preko IP-a jer

se igrači nalaze u akustičnoj blizini, omogućavajući korisnicima da normalno razgovaraju u stvarnom svijetu, dok se "vide" u virtuelnom svijetu.



Slika 6.12.5. Zeleni igrač u Leonardovoj radionici

Osim toga, budući da korisnici mogu prirodno fizički obilaziti okolinu, nema potrebe za implementacijom lokomotivnog sistema. To znači da korisnici imaju manje kontrola za učenje, ulazak i korištenje virtuelnog svijeta su znatno lakši, jer je potrebno manje vremena za prilagođavanje.

Pristup je bio da se prvo istraži mehanika implementacije za jednog igrača, a zatim implementirani single-player redizajnira u multi-player framework. Glavni izazov je bila konsolidacija baze koda dok se radi u međunarodnim timovima, sa različitim kulturama i na različitim jezicima. Korištena su postojeća rješenja, kao što je Unity Collab za zajednički rad na projektu.

Nakon postavljanja rasporeda radionice i objekata, napravili smo verziju igre za jednog igrača, dodali kameru za virtuelnu stvarnost i kontrolere. Sljedeći korak je bilo dodavanje collidera i ograničenja na svim objektima i zidovima. Dodavanje ograničenja kretanja u Virtualnoj Realnosti je izazov jer nije moguće ograničiti kretanje korisnika u realnom prostoru. Da bismo prevazišli

ovaj problem, ako korisnik pokuša proći kroz zidove, police ili bilo koji predmet kroz koji ne bi trebalo prolaziti, napravili smo zamagljenje njegovog vidnog polja. Ono se prikazuje dok se korisnik fizički ne vrati na dozvoljeno mjesto u prostoru. Na ovaj način smo uspjeli zadržati korisnike u virtualnoj radionici, a istovremeno i da ostanu unutar fizičkog prostora za igru (slika 6.12.5).

Većina predmeta u radionici je interaktivna. Korisnik treba istražiti te objekte i pronaći one koji su važni (nedostajući dijelovi izuma, ključevi itd). Nakon pronalaženja važnih predmeta i stavljanja na označene pozicije u prostoru, reproduciraju se animacije koje objašnjavaju važnost izuma kugličnih brusilice sočiva, otvaranje škrinje i kamina itd.

Za razliku od igre za više igrača koja je razvijena kasnije, u igri za jednog igrača korisnik može uzeti bilo koji predmet i stoga riješiti bilo koju zagonetku. Međutim, svi scenariji su pripremljeni da se kasnije mogu koristiti za multi-player uz što manje podešavanja. Specifične funkcionalnosti za igrače testirane su zasebno.

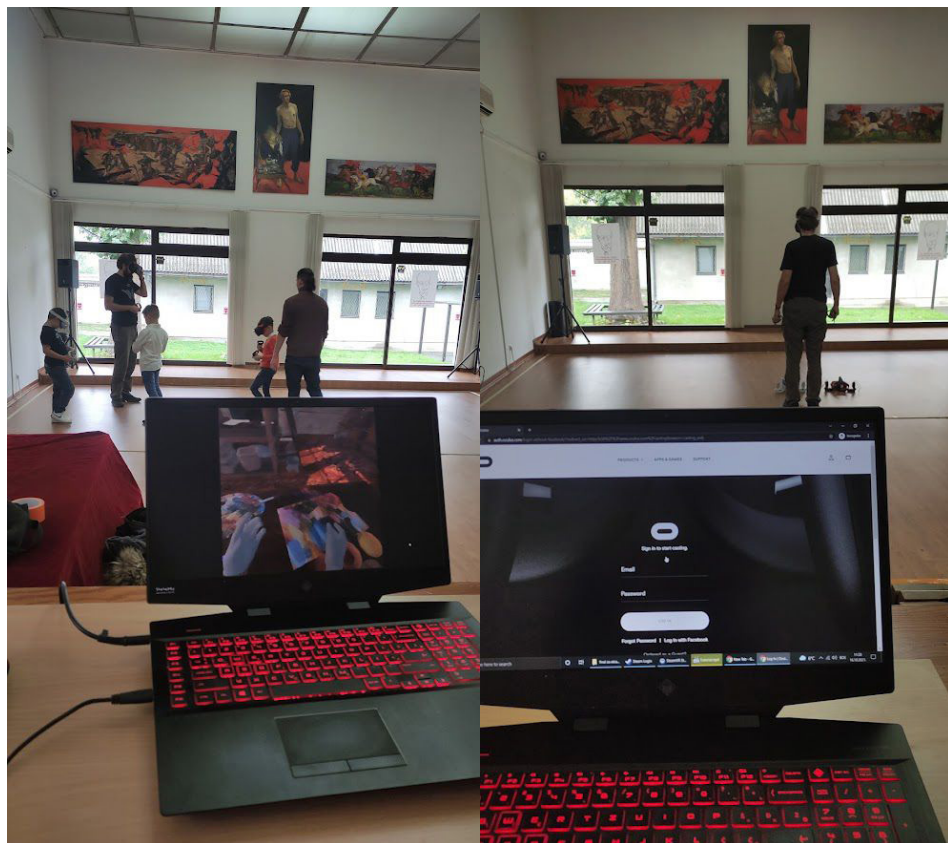
Utisci korisnika

Tokom razvoja aplikacije bilo je dosta testiranja, ali prvo javno igranje i testiranje održano na Tuzla Film Festivalu u Bosni i Hercegovini (Slika 6.12.6). Da bismo pravilno postavili arenu za igru, obilježili smo trakom 7x7 kvadrat na podu i uklonili sve objekte iz tog prostora. Prostorija je bila široka oko 9 metara, tako da nije ostalo puno prostora sa strane. Morali smo biti oprezni i spriječiti djecu da se tokom igre zanesu i slučajno udare u zid. Stoga smo u prostoru imali 3 osobe iz našeg tima za pomoć u navigaciji igrača ako je potrebno. Koristili smo dva Oculus Quest 1 uređaja i jedan Oculus Quest 2. Quest 2 je korišten za pokretanje igre.

Nakon pokretanja igre, kalibrirali smo prostoriju, a zatim postavili uređaje na sredinu gdje je bila početna tačka. Imali smo i spremne punjače kako bismo mogli puniti uređaje u bilo kojem trenutku kada se ne koriste. Ovaj pristup je promijenjen u daljnjem testiranju korištenjem power bank-ova priključenih na uređaje cijelo vrijeme i zamjenom drugim kada se isprazne. Uz to, imali smo i laptop računar koji prima AirLink stream prikaza Quest 2 uređaja. Koristili smo ga da pratimo šta se dešava u okruženju igre i za rješavanje mogućih problema koji se dešavaju igračima.

Prvo proigravanje je krenulo lijepo, ali vrlo brzo naš tim unutar igrališta je morao uskočiti i spriječiti jednog korisnika da udari direktno u zid. Ispitivanje

problema otkrilo je da je jedan headset izgubio kalibraciju i cijela soba je pomjerena, pa korisnik nije bio svjestan da je na ivici prostora za igru. Nakon toga smo ponovo kalibrirali uređaje i nastavili sa testiranjem. Uočeno je nekoliko grešaka tu i tamo, ali najveći problem je bio periodično gubljenje kalibracije. U prvom testu imali smo i vrlo malu djecu i pokazalo se da im je teško pratiti cilj igre i mnogo zabavnije samo trčati okolo jureći jedni druge. To je potvrdilo našu odluku da postavimo minimalnu ciljnu dob korisnika na 13 godina.



Slika 6.12.6. Da Vinci Effect na Tuzla film festivalu

JEF film festival je festival za djecu organiziran u nekoliko gradova u Belgiji. Tu postoji veliki medijski laboratorij sa audio vizuelnim instalacijama i igre koje prikazuju inovativno pripovijedanje. Da Vinci Effect je prikazivan dvije sedmice u laboratoriji za medije (slika 6.12.7). Obavili smo niz intervjuja sa posjetiteljima i domaćinima i veoma smo zadovoljni rezultatima.

Tehnički, postavljanje je bilo prilično jednostavno, jer sa 3 HMD-a i dodatnim baterijama, bilo koji prostor sa površinom 7x7m i wifi mrežom može prikazati Da Vinčijevo iskustvo. Instalacija je lagana i veoma pogodna za putovanja. Kalibracija uređaja mora biti urađena i ovaj korak ide mnogo lakše sa tri osobe u timu. Ako svjetlo u izložbenom prostoru nije stabilno, potrebna je ponovna kalibracija, što je problem ako ima mnogo ljudi u redu.

Sva intervjuisana djeca i roditelji visoko su ocijenili Da Vinci Effect, posebno činjenicu da se radi o višekorisničkom iskustvu gdje svi moraju da sarađuju. Oni smatraju da je rješavanje zagonetki zajedno, pronalazeći tajni prolaz i penjući se kroz kamin, vrlo impresivno i poučno iskustvo. Možemo bez pretjerivanja reći da je Da Vinci Effect bio jedan od najpopularnijih instalacija tokom festivala.

Iskustva stečena tokom projekta

Rezultat istraživanja tokom ovog projekta je metodologija uspješnog razvoja VR aplikacija za više igrača i imerzivno pripovijedanje historijskog narativa. Istražili smo efikasnost više korisnika koji izvode niz kolaborativnih zadataka u "kolociranom" virtualnom okruženju. Približili smo veličanstveno djelo Leonarda Da Vinčija tinejdžerima kroz edukativnu igru koja im omogućava da uče o ovoj važnoj historijskoj ličnosti na zabavan i atraktivan način. Uključili smo multidisciplinarni tim historičara umjetnosti, grafičkih dizajnera, 3D modelera, dizajnera zvuka, kompozitora muzike, snimatelja i VR programera kako bi stvorili vizualno dopadljivu i tehnički kvalitetnu aplikaciju koja se može prikazivati na festivalima za mlade. Razvili smo novi pristup koji koristi "inside out" praćenje na uređajima Oculus Quest i Quest 2.

Ovaj projekat su kreirala tri partnera: univerzitetska istraživačka laboratorija Sarajevo Graphics Group/DIGI.BA, kompanija za VR produkciju WeMAkeVR i odjel za istraživanje javnog emitera VRT. Susreli smo se sa problemima različitih rasporeda, određene komponente nisu bile spremne na vrijeme da bi ostali timovi napredovali u radu, tako da je došlo do kaskadnog efekta u planiranju proizvodnje. Ovo je riješeno podjelom projekta na različite grane koda i rasporede, koji su kasnije spojeni. Preporučeni pristup bi bio rad u Github-u prilikom upravljanja različitim dijelovima koda. Međutim, ograničenje veličine Github-a nije bilo u skladu sa zahtjevima projekta, stoga je Unity Collab bio izvodljiviji način.



Slika 6.12.7. Da Vinci Effect na JEF festivalu

Ključno iskustvo za buduće projekte je rad u kraćim razvojnim ciklusima kako bi se potencijalni problemi u mogli locirati ranije u procesu. Takođe, bilo bi bolje postaviti i pokrenuti prilagođene, privatne hostovane Git-Hub sisteme za lakše upravljanje različitim granama koda, bez ograničenja veličine tradicionalnog Git-a. Ostala iskustva za više igrača u zajedničkom prostoru: važan faktor je stvarna veličina prostora za igru. Treba dozvoliti više korisnika da dijele prostor i da imaju osjećaj mogućnosti fizičkog kretanja i interakcije, općenito potrebno je više prostora nego što se u početku moglo očekivati. U ovom slučaju, za dizajn je korištena igraonica veličine 7x7 m², što znači da ovo nije fleksibilan zahtjev. Dodatni aspekti: da se izbjegavaju prostori sa promjenljivim uslovima osvjtljenja, reflektujućim površinama, ili velike, ujednačene površine, zbog prirode praćenja "inside out" koje naš sistem koristi. Ustanovili smo da kod ciljanih lokacija prezentacije ova potreba za prostorom nije uvijek uzeta u obzir. Kada je prostor pronađen, ostali aspekti kao što je kontrola rasvjete i pristup internetu također mogu biti izazov. Za buduće događaje je ključno da su zahtjevi dobro poznati i osigurani od strane lokacije održavanja prezentacije.

Što se tiče vremena postavljanja, znanja i osoblja, multi-player sistemi u zajedničkom prostoru su veoma novi. Stoga je važno da je proces podešavanja i kalibracije dobro poznat osoblju koje radi instalaciju. Obuka ključnih

članova osoblja događaja koji učestvuju u radu sa korisnicima je veoma važna za nesmetan i uspješan rad instalacije.

6.13. Ilhamija – prvi bosanski disident

U okviru istraživanja na projektu COST NEP4DISSENT uradili smo još jedan VR film. Povodom obilježavanja Evropskog dana sjećanja na žrtve totalitarnih režima, promovirali smo film pod naslovom "Ilhamija – prvi bosanski disident" (Ilhamija, 2021), a u povodu 200. godišnjice smrti Abdulvehaba Ilhamije (Žepče, 1773. – Travnik, 1821.). Film u transhistorijski kontekst dovodi sudbine Ilhamije i Rešada Kadića, prvog, koji je historijska ličnost i književni lik, i drugog, koji je disidentski stradalnik i pisac koji je iskustvo progona opisao u pripovijesti "Ilhamijin put u smrt" (1976). Likove Ilhamije i Rešada Kadića u filmu tumači Mirza Mušija, a likove bosanskog vezira Dželaluddin Ali-paše i komunističkog isljednika tumači Aleksandar Seksan.

1. Scenario

Film počinje naracijom glumca u liku pisca Rešada Kadića, koji je proglašen neprijateljem režima. On nas uvodi u sudbinu Abdulvehaba Ilhamije Žepčaka, pozvanog na noge veziru u Travnik zbog pjesme koju je napisao kao kritiku osmanskome režimu. Hodajući kroz planine i doline od Žepča do Travnika, u mislima Ilhamija ponavlja stihove pjesme. Na tvrđavi u Travniku susreće se sa vezirom Dželaludin pašom koji je i sam pjesnik i ljubitelj poezije, ali njegova odanost režimu je jača. Vezir naređuje Ilhamiji da se odrekne pjesme, ili će ga pogubiti.

Kao paralelna radnja dešava se konfrontacija pisca Rešada Kadića sa arogantnim komunističkim isljednikom. Ponašanje isljednika dočarava surovost kojoj su bili izloženi disidenti u socijalističkoj Jugoslaviji. Niti se Ilhamija odrekao svoje pjesme, niti je Rešad Kadić popustio po pritiskom isljednika. Ilhamija biva pogubljen, a Kadić završava u zatvoru. Film pokazuje univerzalnost represije u različitim režimima. Ipak, uspomena na i Ilhamiju i na Kadića čuva se u njihovim djelima. Film se završava u turbetu Ilhamije u Travniku.

2. Produkcija

Film je sniman na tri lokacije: planinski predio oko Breze, tvrđava u Travniku i Ilhamijino turbe u Travniku. Jedan dio tvrđave služio je kao scenografija za scene sa Kadićem i isljednikom, dok se u drugom dijelu odvijao dijalog između Ilhamije i vezira. Pripremili smo četiri kostima za dva glumca. Komponovana je autorska muzika sa sufijskim elementima.

Film smo snimali Garmin VIRB 360 kamerom. Nakon prethodnih iskustava, već smo znali kako postaviti kameru u scenama i kako snimiti zvuk. Snimano je u ekstrijerima po dnevnom svjetlu, osim scene u turbetu, gdje smo imali dovoljno svjetla koje je ulazilo kroz prozore. Na slici 6.13.1. može se vidjeti kako je izgledalo snimanje.

Obzirom da VR video nije pogodan za brze rezove, film je snimljen iz malog broja kadrova, koji su u montaži spojeni pretapanjima, kako bi prelaзи bili što ugodniji gledaocu oko koga se radnja dešava. Dodate su najavna i odjavna špica i engleski titlovi. Zvuk je miksan od audio snimaka glumaca sa lavalier mikrofona, muzike i zvukova okruženja. Prostorno je raspoređen, a muzika je headlock-ovana kako ne bi bila neravnomjernog nivoa prilikom kretanja korisnika.



Slika 6.13.1. Snimanje 360 kamerom

3. Iskustva

Produkcija ovog VR filma je potvrdila da filmovi ovog formata ne bi trebali trajati preko 15 minuta. Osnovno ograničenje je težina headseta, koja još

uvijek ne dozvoljava da se on drži na glavi duže vremena. Najviše gledalaca je film pogledalo na YouTube platformi, jer VR headset još uvijek nije u masovnoj upotrebi. Trenutni broj pregleda je oko 2200. Utisci gledalaca su veoma pozitivni. Većina nije bila upoznata sa ovom tematikom, tako da im je film bio dobra prilika da nešto nauče. Svi su ocijenili glumu i režiju najvišim ocjenama. Ekipa je, kao i obično, uživala u radu na filmu. Za sve članove je VR film jedno potpuno novo, uzbudljivo iskustvo.

6.14. Džamija u Logu pod Mangartom

Digitalne tehnologije su otvorile novi put u istraživanju ljudske historije. Kroz virtuelnu i proširenu stvarnost možemo posjetiti spomenike kulture koji su nestali iz stvarnosti i doživjeti historijske događaje postajući njihovi sudionici. Interaktivno digitalno pripovijedanje novi je način komuniciranja informacija modernim generacijama s kratkim rasponom pažnje i nedostatkom strpljenja.

U ovom poglavlju prikazat ćemo primjer korištenja interaktivnog digitalnog pripovijedanja na digitalnoj prezentaciji džamije u slovenačkom selu Log pod Mangartom (Rizvic et al., 2023), izgrađenoj tokom Prvog svjetskog rata za bosanske vojnike u Austrougarskoj vojsci. Džamija više ne postoji, ali priča o hrabrim vojnicima koji su poginuli na tom mjestu je poznata i zaslužuje da se ne zaboravi. Vjerujemo da jedinstveni kvalitet aplikacije LogVR priča o toleranciji i poštovanju usred ratne tragedije.

1. Historijske informacije

Habsburška monarhija se sastojala od 12 naroda i mnogo nacionalnih manjina. Austrougarska vojska je poštovala vjerske slobode i običaje oficira i vojnika. Država je izdala propise o ravnopravnosti svih religija Carstva. Kada je 1915. godine otvoren Soški front između Austro-Ugarske i Italije na području današnje zapadne Slovenije, na ovo područje dolaze brojne bosansko-hercegovačke jedinice u sastavu austrougarske vojske, koje su smatrane elitnim trupama. Bošnjaci su bili poznati kao neustrašivi i hrabri borci, a tokom rata bili su najteža prepreka Italijanima u probijanju austrougarskih položaja. Za vrijeme Prvog svjetskog rata na području današnje Slovenije živote su izgubili mnogi vojnici iz Bosne i Hercegovine svih vjera. Prva džamija na slovenačkom tlu podignuta je u alpskom selu Log pod Mangartom za te vojnike 1917. godine (slika 6.14.1).



Slika 6.14.1. Džamija u Logu pod Mangartom, arhivska fotografija

U ovom selu zajedno su pokopani vojnici koji su poginuli na Soškoj fronti. Dva spomenika svjedoče i obilježavaju njihovu hrabrost (Sl. 6.14.2). Džamija je nestala iz stvarnosti, ali priča o njoj i dalje govori o drugarstvu različitih nacija i vjera u tom mjestu. Pomoću VR aplikacije smo rekreirali ovu džamiju i ponovo oživjeli ovu priču u kolektivnom pamćenju.



Slika 6.14.2. a. Groblje vojnika iz Prvog svjetskog rata; b. Dva spomenika

2. Struktura aplikacije

VR aplikacija počinje uvodom u kome glumac-narator objašnjava kontekst priče i daje kratku historijsku pozadinu. Nakon toga oko korisnika se pojavljuju tri siluete. Kada se na njih klikne, učitava se jedna od tri priče. U prvoj priči tabor-imam bošnjačkih vojnika objašnjava potrebu izgradnje džamije, a otac Bruno Špicl, vojni kurat 59. pješadijskog Salcburškog puka govori o slobodi vjeroispovijesti u Austrougarskoj armiji. Druga priča prikazuje gradnju džamije, koju opisuje mještatin sela Ložan Ganz koji je se sjeća iz djetinjstva. U trećoj priči kolporter lista "Slovenec" čita tekstove o džamiji, dok tabor-imam govori o vremenu izgradnje džamije. U četvrtoj priči Bruno Špicl se prisjeća kako su vojnici iz Bosne prešli na drugu liniju fronta, ali je džamija ostala, zajedno sa ezanom, da prevari Italijane da vjeruju da su hrabri Bošnjaci još uvijek tu i spriječi ih da napadnu taj položaj. U posljednjoj priči, pripovjedač govori o groblju, gdje su zajedno sahranjeni muslimanski i katolički vojnici, pod različitim grobnim simbolima.

Nakon što korisnik vidi sve priče, aktivira se kviz kojim se provjerava koliko je naučio o temi. Pitanja su postavljena u 360 video zapise o linijama fronta i osmatračnicama gdje su se vodile borbe u Prvom svjetskom ratu. Kao nagradu za tačne odgovore na pitanja, korisnik dobija mogućnost kretanja po džamiji i istraživanja njenog eksterijera (slika 6.14.3) i unutrašnjosti. Jedan od spomenika na groblju je digitalizovan i na kraju se može virtuelno pogledati.



Slika 6.14.3. Vojni kurat Bruno Špicl ispred virtuelne rekonstrukcije džamije, screenshot

3. VR produkcija

Proces VR produkcije započeo je razvojem ideje i scenarija za digitalne priče. Profesionalni scenarist dobio je zadatak da pretvori suhe historijske informacije u naraciju privlačnu za VR korisnike. Kreirao je priče sa 4 historijska lika i modernim pripovjedačem.

Likove su igrala dva glumca, transformisana kostimom i šminkom. U ovom procesu su angažovani profesionalni kostimografi i šminkeri. Glumci su snimani na zelenom ključu u našem studiju (slika 6.14.4). Snimak je obrađen kako bi se uklonila zelena pozadina i dodao alfa kanal, tako da se lik može superponirati preko 360 video zapisa u digitalnim pričama.



Slika 6.14.4. Snimanje glumaca na zelenom ključu

360 video zapise smo snimali Garmin VIRB kamerom u rezoluciji 5,7K na lokaciji gdje je nekada bila džamija (slika 6.14.5), na mezarju, na nekoliko lokacija u selu, te u obližnjem Muzeju Soške fronte na otvorenom. Video snimci su korišteni kao pozadine u Adobe After Effects-u, a preko njih su dodani snimci glumaca. Zvuk naracije glumaca je prostorno raspoređen u ambisonix format (Musanovic, 2021) i dodat zvučnim zapisima, zajedno sa originalnom muzikom komponovanom za projekat i zvucima okruženja.

Na osnovu historijskih fotografija napravljen je 3D model džamije u Cinema 4D softveru. Nismo imali fotografije unutrašnjosti džamije, pa smo koristili savjete historičara kako je drvena džamija mogla izgledati u tom periodu i na tom mjestu. Model spomenika kreiran je fotogrametrijom od fotografija snimljenih na lokaciji i obrađenih softverom Reality Capture. Finalni poligonalni model je trebalo smanjiti za primjenu u realnom vremenu u VR-u.



Slika 6.14.5. Obris džamije, Log pod Mangartom, 360 video

Aplikacija je razvijena u Unity 3D game engine-u. Interakcija korisnika je implementirana preko "trigger" tipki VR kontrolera. U digitalnim pričama korisnici mogu samo da se okreću oko sebe bez kretanja, ali u virtuelnom okruženju eksterijera i unutrašnjosti džamije, kao i spomenika, mogu se kretati pomoću džojstika VR kontrolera.

4. Evaluacija korisničkog iskustva

Za sada je provedena samo početna evaluacija korisničkog iskustva, kako bismo imali materijal za pripremu detaljne korisničke studije. Istraživanje koje je provela Nielsen Norman Group (Nielsen & Landauer, 1993) pokazuje da se broj novih informacija prikupljenih od svakog korisnika značajno smanjuje nakon testiranja petog korisnika, tako da kvalitativne studije upotrebljivosti ne moraju imati mnogo sudionika. Implementirali smo evaluaciju korisničkog iskustva sa 15 učesnika. 4 od njih su bile žene i 11 muškaraca, starosti od 20 do 73 godine. Većina njih su bili iz IT oblasti, studenti, asistenti i profesori kompjuterskih nauka, ali neki su bili iz različitih profesija kao što su policija, komunikologija i farmacija. Dvojica od njih nisu bili državljani BiH.

Učesnici su gledali aplikaciju na Oculus Quest 2 headsetu u mirnom okruženju naših laboratorija (slika 6.14.6). Nakon gledanja iznijeli su svoje utiske u vezi sa sljedećim pitanjima: koliko su naučili o džamiji i cijeloj priči, koji im se narator najviše dopao, kako im se svidio 3D model rekonstrukcije džamije i općenito primjena VR u prezentaciji ove teme. Pitali smo ih šta im se sviđa, a šta ne sviđa u aplikaciji i imaju li prijedloge za njena poboljšanja.

Svi korisnici su bili veoma zadovoljni znanjem stečenim kroz aplikaciju. Njih devet nikada ranije nije čulo za ovu džamiju. Od 5 likova naratora, većini korisnika se najviše dopao Bruno Špicl, vojni kurat, dok su neki preferirali kolportera i seoskog dječaka. Svi su korisnici suosjećali s likovima i uživali u pripovijedanju. Također su cijenili kvalitet 3D rekonstrukcije džamije.

Studija evaluacije potvrđuje da korisnici cijene kombinaciju povijesnih informacija i interaktivnog digitalnog pripovijedanja s 3D rekonstrukcijom u predstavljanju kulturnog naslijeđa. Sretni su što imaju priliku posjetiti objekat koji se u stvarnosti ne može posjetiti. Također cijene 360 video pozadine i navode da osjećaju imerziju u lokaciju kao se stvarno tamo nalaze. Prisustvo glumaca naratora čini ih empatičnim i priču uvjerljivijom.



Slika 6.14.6. Korisnička evaluacija

Većina korisnika nije prijavila bilo kakvu neugodnost u kretanju u VR-u. Troje korisnika se žalilo na kretanje pomoću kontrolera navodeći da su imali problema s održavanjem ravnoteže. Što se tiče nedostataka, korisnici su predložili da bi korisnički interfejs mogao biti poboljšán, proporcije glumaca i korisnička tačka gledišta bi se mogli prilagoditi, prijavili su treperenje tekstuura i neke probleme u tajmingu titlova. Jedan korisnik je predložio da se aplikacija implementira online i da bude dostupna svim korisnicima Interneta.

Razvoj aplikacije Log pod Mangartom VR podržala je Islamska zajednica Republike Slovenije. Aplikacija će biti postavljena u muzeju Islamskog centra u Ljubljani, gdje će posjetitelji moći virtuelno posjetiti džamiju i upoznati se sa pričom. Vjerujemo da će ih ta posjeta motivisati da i fizički posjete

selo Log pod Mangartom i groblje gdje su sahranjeni vojnici iz priče. Predstavljena metodologija se može replicirati i primijeniti na bilo koji nestali historijski spomenik.

6.15. Trebinjske tvrđave VR

U ovom poglavlju ćemo pokazati kako se kulturna baština može prikazati u muzejima pomoću **naprednog interaktivnog digitalnog pripovijedanja**. Koncept naprednog digitalnog pripovijedanja je nadogradnja na Smjernice koje smo uveli u (Rizvic, 2017). Njime smo proširili interaktivno digitalno pripovijedanje elementima koji korisniku nude iskustvo kompjuterske igre (Rizvic, 2023). Ovu metodologiju ćemo objasniti na slučaju projekta Trebinjske tvrđave VR, koji prezentira spomenike kulture iz austrougarskog perioda raštrkane oko grada Trebinja, zapuštene i teško pristupačne u stvarnosti. Posjetoci muzeja će ih moći posjetiti kroz aplikaciju virtualne stvarnosti koja sadrži 3D rekonstrukcije, pripovijedanje i igre. Korisnici će prvo postati golubovi pismonoše zaduženi da nose poruke sa jedne tvrđave na drugu. Nakon toga dobijaju zadatak da pripreme jednu od tvrđava za odbranu kroz tajni mehanizam skriven u podzemlju. Evaluacija korisničkog iskustva će pokazati koliko naučili su o historiji tvrđava i koliko je njihova posjeta bila zanimljiva.

1. Historijske informacije

Okolo grada Trebinja je postojao sistem od 36 utvrđenja različitih tipova, zajedno sa pratećom infrastrukturom, u kome je bilo raspoređeno blizu 100 objekata vojne namjene u dva kruga odbrane - unutrašnji sa objektima u centru grada i vanjski sa objektima na okolnim brdima. U toku austrougarske uprave, grad je zapravo bio vojna kasarna, pa je Trebinjski garnizon obično brojao oko 4.500 vojnika i oficira. Izgradnja sistema počela je 1883. godine nakon realizacije austrougarskih vojnih i političkih planova u Bosni i Hercegovina. Austrijanci su bili suočeni sa nepredviđenim izazovima: prije svega, snažan otpor okupaciji, a potom i ustanku 1881-82 protiv uvođenja vojnog roka. Kada je austrougarska vojska najzad osvojila Bosnu i Hercegovinu 1878. godine postojeća utvrđenja su bila u lošem stanju. Pobuna 1875. koja je zahvatila dijelove južne Hercegovine, a na kraju i borbe za vrijeme okupacije tokom ljeta i jeseni 1878. godine, doprinijeli su tome da su mnoge kule i gradski bedemi oštećeni. Danas je u zgradi garnizona Muzej Hercegovine, dok su tvrđave u ruševinama, zapuštene i teško pristupačne.

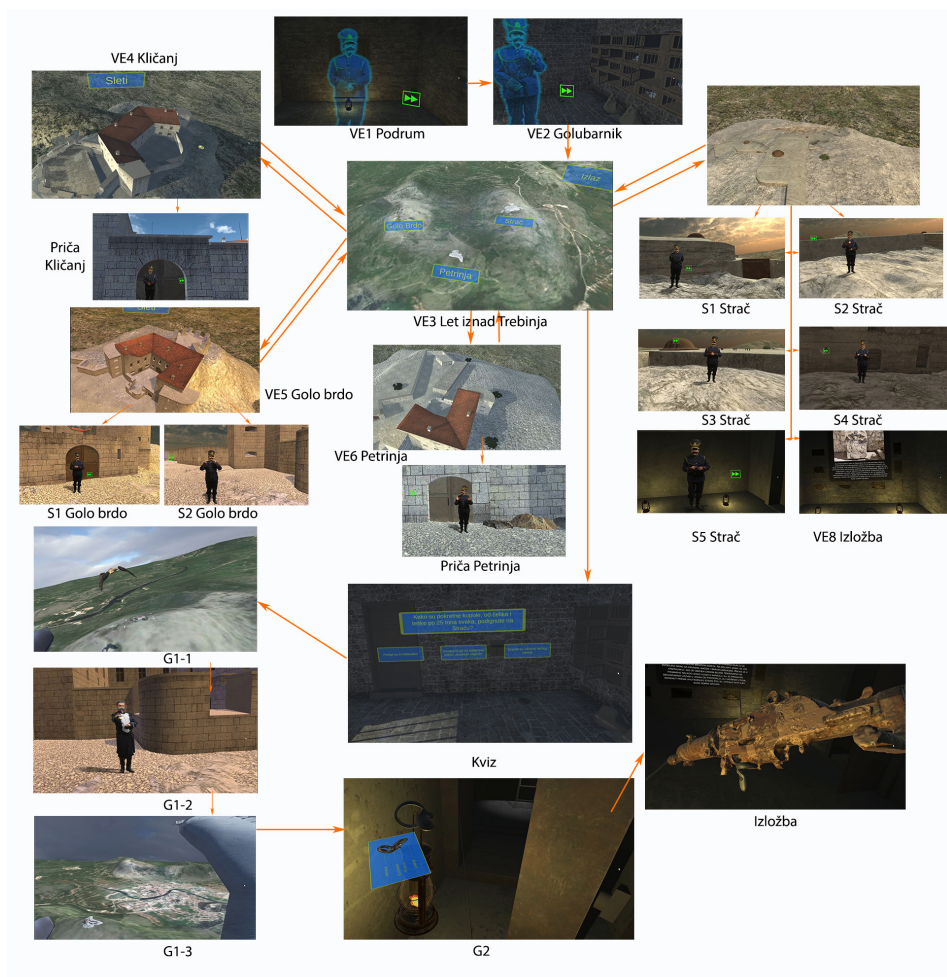
2. Struktura aplikacije

VR uređaji su postavljeni u podrumu Muzeja Hercegovine, gdje korisnici mogu virtuelno posjetiti trebinjske tvrđave iz austrougarskog perioda. Posjeta počinje u istoj prostoriji, samo u njenom virtuelnom modelu (Sl. 6.15.1.VE1), gde se pojavljuje hologram Barona Leightnera, koji nam govori o tome šta sve možemo vidjeti u VR iskustvu. Nakon toga idemo do golubarnika (Sl. 6.15.1.VE2) i kad poslušamo priču, pretvaramo se u goluba koji leti iznad Trebinja. Letimo iznad tvrđava Strač, Golo brdo, Petrina i Kličanj (Sl. 6.15.1.VE3). Možemo posjetiti svaku od ovih tvrđava i prošetati kroz prostorijske, uz pripovijedanje Barona Leightnera. Kada obiđemo sve četiri tvrđave (Sl. 6.15.1.VE4, VE5, VE6 i VE7), vraćamo se u golubarnik, gdje nam general Ferdinand Zahradnik postavlja pitanja (Sl. 6.15.1.Kviz) i daje nam zadatak da odnesemo poruku u tvrđavu Strač (Sl. 6.15.1.G1). Tokom leta nas može napasti orao. Ako uspješno izbjegnemo napade orla i predamo poruku, dobićemo još jedan zadatak u podrumu tvrđave Strač (Sl. 6.15.1.G2). Nakon uspješnog završetka misije, možemo virtuelno istražiti odabrane eksponate iz Muzeja, uzeti ih i pogledati sa svih strana (Sl. 6.15.1.Izložba).

3. Priče

Interaktivno digitalno pripovijedanje u aplikaciji Trebinjske tvrđave VR izvode dva historijska lika: inženjer Baron Leightner i general Ferdinand Zahradnik, šef gradnje tvrđave Strač. Ove likove igra isti glumac, u dva različita kostime i uz različitu šminku. Historijski podaci su organizovani u kratke priče o tvrđavama i životu vojnika unutar njih. Naratori vode korisnika kroz aplikaciju, objašnjavaju njenu strukturu i komuniciraju "misije" koje treba izvoditi u igrama.

Tvrđave Kličanj, Golo Brdo i Petrinja imaju samo po jednu priču, dok smo u Straču kreirali pet priča, smještenih na različitim mestima u tvrđavi i oko nje. Priče su označene sa "S" na slici 6.15.1. Korisnik može preskočiti priče i kretati se po virtuelnim okruženjima koristeći džojstik VR kontrolera. Nakon obilaska svih tvrđava korisnici su ponovo smješteni u golubarnik, gdje bi trebali odgovoriti na pitanja iz informacija predstavljenih u pripovijedanju. Ovo je način na koji ih motivišemo da obrate pažnju na naraciju. Nakon što prođu ovaj test, mogu nastaviti s igranjem.



Slika 6.15.1. Struktura aplikacije Trebinjske tvrđave VR

4. Gameplays

U ovoj aplikaciji implementirali smo dvije igre. U prvoj (Sl. 6.15.1.G1), korisnici postaju golubovi pismoonoše. Dobijaju poruku od generala Zahradnika koju treba odnijeti na tvrđavu Strač. Na putu tamo ih napada orao i moraju ga izbjegavati da bi preživjeli. Nakon što stignu u Strač, dobijaju još jednu poruku koju treba da nose nazad u garnizon. Opet, tokom povratka moraju izbjći orla.

Nakon završetka prve igre, korisnici se nalaze u podzemlju tvrđave Strač. "Misija" je napisana na pergamentu koji treba da dohvate i čitaju koristeći fenjer, jer je prostorija veoma mračna. Naređeno im je da pronađu ključ od

tajne sobe i aktiviraju mehanizam za otvaranje kupola sa mitraljezima, da se tvrđava može pripremiti za odbranu od neprijatelja. Poslije pronalaženja i otključavanja tajne sobe, trebali bi postaviti ljestve u ispravan položaj za aktiviranje kupola.

5. Digitalna izložba

Nakon što je misija obavljena, korisnicima se daje mogućnost da posjete virtualni izložbeni prostor (Sl. 6.15.1. Izložba), gde mogu pregledati i istražiti digitalizirane muzejske eksponate. Korisnici veoma cijene interakciju sa digitalizovanim eksponatima, jer mogu da komuniciraju na način na koji to ne mogu učiniti u fizičkom muzeju, npr. uzimanje eksponata i okretanje za pregled sa svih strana. Izložba sadrži i fotografije važnih artefakata koje nije bilo moguće digitalizirati. Za svaki eksponat, korisnik može otvoriti info tekst sa osnovnim informacijama.

Pored VR set-up-a u Muzeju Hercegovine u Trebinju (slika 6.15.2), u okviru projekta kreiran je i sadržaj za toteme (Slika 6.15.3) koji su raspoređeni po Trebinju i ispred Muzeja. Na njima se mogu vidjeti video snimci sadašnjeg izgleda tvrđava i saznati struktura VR aplikacije. Očekujemo da će ovi totemi privući posjetioce u Muzej kako bi mogli virtuelno posjetiti tvrđave i saznati o njihovom značaju i historiji.



Slika 6.15.2. VR showroom u Muzeju Hercegovine u Trebinju



Slika 6.15.3. Totemi sa digitalnim sadržajem kreiranim u okviru projekta

6.16. Bitka na Kozari VR

Nakon uspješne implementacije projekta Bitka na Neretvi VR, kontaktirali su nas kustosi muzeja "Memorijalni centar na Mrakovici" sa idejom da se u VR tehnologiji predstavi i bitka na Kozari. Njihovi zahtjevi su bili da se u aplikaciji postigne balans između historijskih informacija i rekreiranja života na Kozari u toku Drugog svjetskog rata, posebno teških i tragičnih iskustava civila koji su proganjani, ubijani i smješteni u koncentracione logore. Željeli su da se posjetioci muzeja upoznaju i sa običajima i načinom života u kozarskim selima, te skupljanjem ljekovitog bilja, košenjem trave i pravljenjem improviziranih pomagala za ranjenike.

1. Historijske informacije

U proljeće 1942. godine jugoslovenski partizani u Srednjoj i Zapadnoj Bosni su oslobodili Bosanski Petrovac, Drvar, Glamoč i Prijedor. Dvadesetog maja osnovana je Prva krajiška jurišna brigada, a uskoro nakon toga je dobila tenkove i skromne zračne snage. Slobodna teritorija se protezala od rijeke Save južno preko planina Kozare i Grmeča. U toku zime, partizani su Nijemcima nanijeli velike gubitke.

Veliki gubitak za partizane bila je pogibija njihovog sposobnog i uglednog komandanta dr. Mladena Stojanovića. U ljeto 1942. fašističke snage u Zapadnoj Bosni su opkolile Kozaru sa tri obruča vojnika. Čuvena Bitka na Kozari

trajala je od sredine juna do sredine jula 1942. god., pri čemu su partizanske snage pokušale da probiju обруч neprijatelja i spase stanovništvo Kozare u nekoliko navrata. Najveći proboj dogodio se u noći između 3. i 4. jula. Nakon ofanzive, 68.600 civila, uključujući 23.585 djece, odvedeni su iz gradova i sela Kozare u koncentracione logore.

Bilo bi teško obilježiti sva mjesta i sačuvati sjećanje na sve one koji su bili dio te epopeje. Zato je 1972. godine izgrađen Memorijalni kompleks na Mrakovici koji se sastoji od Spomenika Revoluciji (slika 6.16.1), Memorijalnog zida, i Memorijalnog muzeja, u kojem sada, uz pomoć VR aplikacije, drveće iz šuma Kozare priča o ofanzivi i njenim herojima. VR aplikacija omogućava posjetiocima Memorijalnog muzeja na Mrakovici da postanu sudionici ove čuvene bitke i uz rješavanje postavljenih zadataka virtualno sagrade impozantni Spomenik Revoluciji.



Slika 6.16.1. Spomenik revolucije na Mrakovici

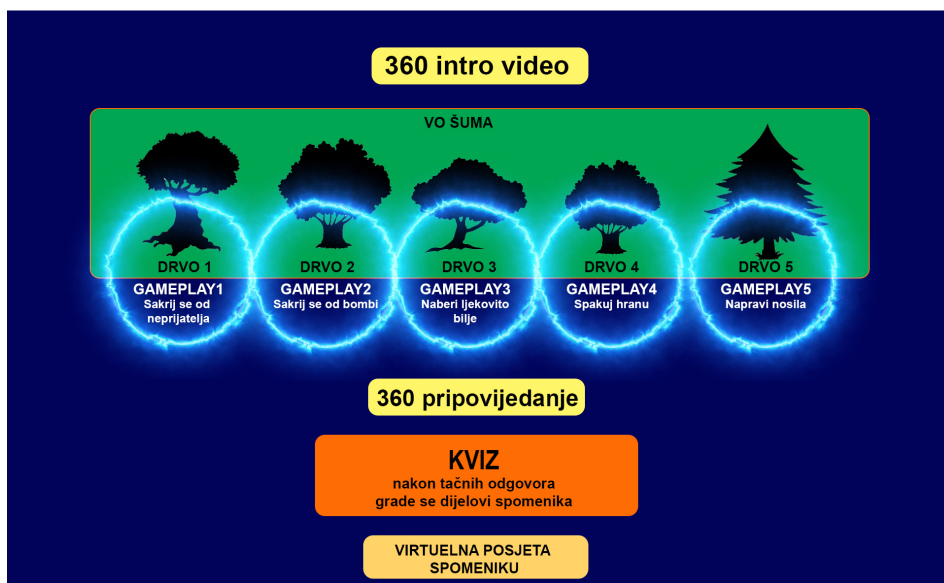
2. Struktura aplikacije

Aplikacija Bitka na Kozari VR (Rizvic et al., 2023) se sastoji od 360 video zapisa lokacija na kojima se bitka odigrala naseljenih glumcima koji igraju odabrane historijske likove, virtuelnog okruženja šume na Kozari sa drvećem-pripovjedačima, kviza sa pitanjima iz priča i virtuelnog okruženja sa 3D modelom spomenika na Kozari. Pet gameplay-eva je implementirano u aplikaciji, svaki u različitoj 3D sceni. Na početku, nakon odabira jezika, korisnik se nalazi u 360 video snimku šume na Kozari u kojoj ga čekaju komandant partizanskih snaga dr. Mladen Stojanović i Mika Mandić, heroji kozarske

historije, i pričaju mu svoje priče. Nakon toga, otvara se virtuelna šuma u kojoj se treba kretati od jednog do drugog drveta-naratora. Pored svakog drveta koje govori otvara se portal za ulazak u gameplay.

U prvom gameplay-u, zadatak je pronaći zaklon od neprijatelja. Vrijeme je ograničeno i korisnik može navigirati između drveća i grmlja do sigurnog mesta označenog strelicom. Drugi gameplay omogućava korisniku da iskusi strah od bombi, jer je zadatak izbjeći eksplozije i doći do partizanskog štaba. Treći gameplay se dešava na livadi, gdje je potrebno pokositi travu tradicionalnom alatkom za košenje. Nakon toga korisnik treba da ubere začinsko bilje koje se može koristiti za liječenje bolesnih i ranjenih drugova. U četvrtom gameplay-u, treba pripremiti hranu za partizane. Korisnik se nalazi unutar seoske kuće u kojoj traži razne prehrambene artikle i stavlja ih u tradicionalnu torbu. U petom gameplay-u, potrebno je sastaviti nosila za ranjenika od elemenata koji se mogu se naći unutar skloništa.

Nakon uspješnog završetka svih gameplay-a, korisnik je ponovo u VR videu, upoznavajući se sa tragičnom sudbinom Mire Cikote, koju su ubili neprijatelji, a njena kćerkica je ostala siročić. Zatim se korisnicima postavljaju pitanja iz priča koje su čuli. Nakon svakog tačnog odgovora, gradi se dio spomenika Revoluciji. Na kraju aplikacije, korisnik može obići spomenik i bolje istražiti sve njegove dijelove. Struktura aplikacije je prikazana na slici 6.16.2.



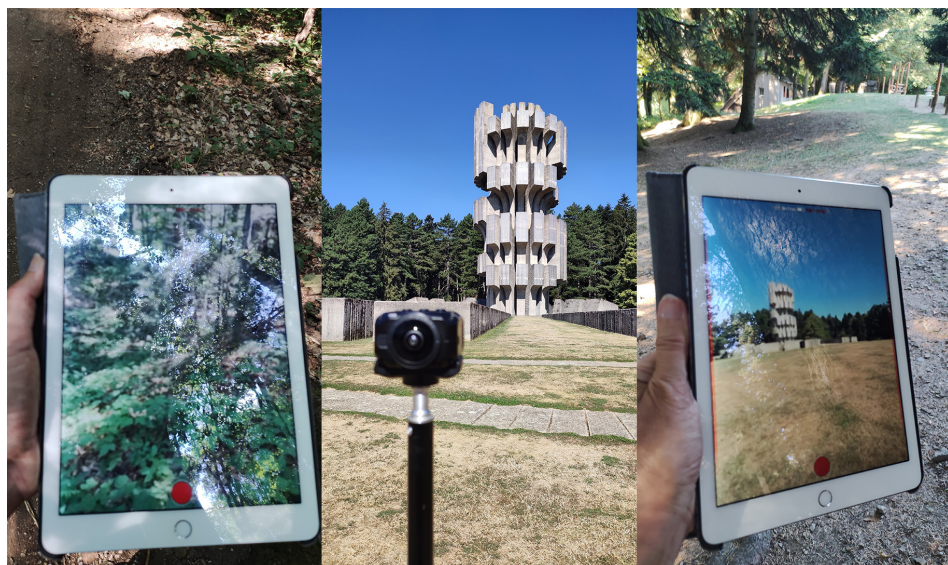
Slika 6.16.2. Struktura VR aplikacije

3. 360 video

Korištenje 360 videa u VR aplikacijama za kulturno naslijeđe doprinosi imerziji korisnika, jer mogu vidjeti pravi izgled historijske lokacije oko njih. Na taj video se mogu dodati 3D modeli virtuelnih rekonstrukcija kulturnih spomenika procesom kompozitiranja. U našim aplikacijama, dodajemo glumce-priповjedače snimljene na zelenom ključu.

U VR aplikaciji Bitka na Kozari snimili smo 360 videe područja spomenika i nekoliko mjesta u šumi okolo kao pozadine za digitalno pripovijedanje. Također smo koristili 360 video zapise kao referencu za prilagođavanje 3D modela spomenika.

360 videi su snimljeni Garmin VIRB 360 kamerom (Sl. 6.16.3). Ona ima dva objektiva i može snimiti video do 5,7K kvaliteta. Snimanje u 360 ima mnogo izazova. Jedan od njih je da je sve vidljivo u kadru kamere, tako da ekipa treba da se sakrije iza neke fizičke barijere. Snimanje eksterijera je lakše zbog prirodnog osvjetljenja scene, dok je unutrašnjost je potrebno osvijetliti praktičnim svjetlima, jer rasvjetna oprema ne smije da bude vidljiva na snimku. Na ovom snimanju glavni izazov je bila jaka sunčeva svjetlost, koja je kreirala oštre sjene u šumi, pa su neki dijelovi snimka bili preekspozirani. Izvršili smo korekcije videa u postprodukciji da prevaziđemo ovaj problem.



Slika 6.16.3. Snimanje 360 kamerom

4. 3D modeliranje

Za VR aplikaciju kreirali smo 3D modele drveća koje govori, seoske kuće i spomenika na Kozari. Drveće koje govori je modelirano u 3ds max softveru i animirano na osnovu glasa glumca koji smo ranije snimili, koristeći profesionalnu audio opremu. Modeli drveća kreirani su na osnovu 360 video zapisa i fotografija šume oko spomenika i muzeja.

Spomenik na Kozari kreiran je dron fotogrametrijom. Kreirani model je prilagođen u softveru za 3D modeliranje. Svi modeli su morali biti optimizirani za potrebe prikazivanja u realnom vremenu. Brojevi poligona su smanjeni kao i veličina tekstura.

Seoska kuća je nastala na osnovu fotografija iz Etnološkog muzeja u Prijedoru. Rekreirali smo originalne teksture i materijale, kao i sitne predmete iz unutrašnjosti (sl. 6.16.4). Neki od ovih objekata su interaktivni u Unity sceni, kako bi ih korisnici mogli istraživati i kretati se oko njih. Ovaj model je korišten za gameplay gdje korisnici treba da pakuju hranu za drugove partizane. Torba u koju se stavlja hrana modelirana je kao replika torbi koje su seljaci sa Kozare koristili u prošlosti.

Ostale scene, kao što je šumsko okruženje, okruženja za gameplay-e, partizanski štab i sklonište za ranjenike, modeli biljaka i manji predmeti koji se koriste u gameplay-ima su ili modelirani ili kupljeni online.



Slika 6.16.4. 3D okruženje seoske kuće - screenshot

5. Pripovijedanje

U ovoj aplikaciji imamo četiri lika-pripovjedača (slika 6.16.5). Dr. Mladen Stojanović je legendarni vođa partizana u Bosanskoj Krajini, gdje se nalazi planina Kozara. On je bio obrazovana i ugledna ličnost, liječnik, veoma popularan i poštovan u regionu. Njegovo pridruživanje snagama otpora motivisalo je mnoge ljude da se i oni pridruže. U našoj priči, on korisnika uvodi u historiju bitke i poziva na Kozaru.

Mika Mandić je bila starica iz sela na Kozari, poznata po svom otporu ustaškim snagama. Kad su je uhvatili, pocijepala je bluzu i rekla: ove staračke grudi su nahranile šest sinova, heroja, i barem jedan od njih će me osvetiti. Nakon toga je brutalno ubijena. U našoj priči, Mika pokazuje korisniku pravi put kroz šumu.

Mira Cikota bila je članica pokreta otpora. Nakon protjerivanja iz Prijedora, zarobljena je od strane neprijatelja, otrgnuta od svoje kćerkice, mučena i pogubljena vješanjem. Pronađeno je njeno posljednje pismo roditeljima koje se čuva se u Memorijalnom muzeju, kao svjedočanstvo hrabrosti i otpora naroda Kozare. U našoj priči, ona izgovara svoje emotivno svjedočanstvo. Na kraju aplikacije, poziva korisnike da izgrade spomenik svojim odgovorima na pitanja u kvizu i pomognu obilježavanje sjećanja na Kozaru.

Četvrti lik je partizan koji nam priča o Miri Cikoti i njenoj tragičnoj sudbini. Osim ovih likova koje igraju profesionalni glumci snimljeni na zelenom ključu, u aplikaciji postoji drveće koje priča kratke priče o historijskom toku Bitke. Glavni naglasak u našem pripovijedanju je na patnjama naroda Kozare, koji se morao sakrivati od neprijatelja u šumi i pećinama, bez hrane i lijekova. Opisali smo njihovu podršku partizanskim borcima uprkos strašnim posljedicama ako bi ih otkrili fašisti.

Pripovijedanje koje smo implementirali služi kao uvod za detaljne informacije date u muzeju. Podržano je sa nekoliko kompjuterskih animacija koje prikazuju pozicije partizanskih boraca i neprijatelja u različitim fazama Bitke. Nije bilo lako izabrati iz mnoštva važnih historijskih činjenica koje su nam dostavili kustosi Muzeja. Naš cilj je bio napraviti ravnotežu pripovijedanja sa igrom kako bi zadržali pažnju korisnika do kraja aplikacije.



Slika 6.16.5. Likovi pripovjedači u VR aplikaciji

6. Gameplays

Kombinacija pripovijedanja i gameplay-eva se pokazala kao dobro rješenje za povećanje faktora edutainment aplikacija digitalne kulturne baštine. Gameplay-evi doprinose motiviranju korisnika da pregledaju cjelokupni proizvedeni digitalni sadržaj čime se prevazilazi problem "narativnog paradoksa". Oni uvode elemente gamifikacije u prezentacijama kulturne baštine i nude izazove korisnicima.

U prvom gameplayu naše aplikacije, korisnik može doživjeti osjećaje užasa i straha kroz koji su prilazili stanovnici Kozare dok su se sakrivali od neprijatelja u pećinama i skloništima. Sat otkucava dok se korisnik kreće kroz planinski teren kako bi došao do sigurnog skloništa označenog crvenom strelicom (slika 6.16.6.a). Ponekad postoji potreba da se provuče ispod grana ili preskoči prepreke.

Drugi gameplay (slika 6.16.6.c) rekreira bombardovanje što se često dešavalo tokom Drugog svetskog rata na Kozari. Neprijateljski avioni lete iznad područja izbacujući svoj opasni teret, dok korisnik treba da se sakrije u rupe na terenu, čučeci da bi izbjegao gelere i eksplozije. Cilj je doći do kuće gdje nalazi se partizanski štab. Korisnici imaju 3 života da savladaju ovaj izazov.

U trećem gameplay-u (slika 6.16.6b) korisnik ima zadatak da pokosi travu na tradicionalan način pomoću kose. Ovaj zadatak upoznaje korisnike sa načinom na koji se trava kosila prije izuma mašina kosilica. Ova vještina sada pripada nematerijalnoj kulturnoj baštini. Nakon košenja, korisnik treba da pronađe tri ljekovite biljke koje su korištene za pomoć ranjenicima.

Četvrti gameplay se odigrava u tradicionalnoj seoskoj kući sa Kozare (slika 6.16.6.d). Korisnik treba da traži prehrambene artikle pogodne za pakovanje u seljačku torbu i odnošenje drugovima na bojnopolju. Misija je ispunjena kada su svi predmeti pronađeni i stavljeni u torbu.

U petom gameplay-u zadatak je napraviti nosila za ranjenika od improvizovanog materijala pronađenog u skloništu (slika 6.16.6.e). Korisnik bi trebao otkriti koje stvari oko njega/nje su prikladne i staviti ih u položaj za sastavljanje nosila.

Svi gameplay-i predstavljaju radnje koje su nekada radili ljudi na Kozari i situacije koje su doživjeli. Na ovaj način isto iskustvo može se prenijeti posjetitelju muzeja, da proširi znanje o teškim vremenima bitke koje je stekao kroz fizičku izložbu. S obzirom na to da posjetioци muzeja mogu biti ljudi bilo koje generacije, kompjuterske pismenosti i intelektualne pozadine, prilagodili smo način igranja da bude dovoljno izazovan za mlade korisnike i ne previše komplikovan za starije ili manje iskusne posjetitelje. Aplikacija je razvijena u Unity 3D game engine-u.



Slika 6.16.6. Gameplay-i: a) skrivanje od neprijatelja (gore lijevo), b) skupljanje bilja (gore u sredini), c) skrivanje od bombi (gore desno), d) pakovanje hrane (dolje lijevo), e) pravljenje nosila (dolje desno)

Evaluacija korisničkog iskustva pokazala je uspjeh VR aplikacije. Korisnici su naučili o ovom važnom historijskom događaju kroz iskustva iz života vojnika i civila tokom Drugog svjetskog rata. Statistički rezultati su pokazali da je korisnicima ponuđeno jedinstveno iskustvo humaniziranog i personaliziranog učestvovanja u događajima iz ratne baštine. Nekoliko važnih sugestija vezanih za interakciju korisnika koji su izraženi u anketi (pokret koji uzrokuje mučninu tokom kretanja, dužina igranja, problemi povezani s jednostavnošću korištenja VR uređaja itd.) će se implementirati u našim budućim projektima. Opisana metodologija se može koristiti u bilo kojoj prezentaciji ratne baštine, kao doprinos očuvanju sjećanja i obilježavanju teških događaja iz naše istorije. Naravno, VR aplikacija bi trebala biti dio fizičke izložbe, dodajući joj aspekt iskustva, vrlo vrijedan posjetiteljima muzeja.

7. 3D ZVUK

Čak je i pripovijedanje, način komunikacije star koliko i čovječanstvo, postalo digitalno. Interaktivno digitalno pripovijedanje (IDS), kao što je opisano u poglavlju 5, prenosi informacije na atraktivan i edukativan način. Naša grupa više od deset godina istražuje IDS metodologiju. Naše aplikacije za digitalno naslijeđe koriste virtualnu stvarnost za stvaranje impresivnih iskustava prošlih događaja, koje je nemoguće iskusiti u stvarnosti. Mnogi od njih sadrže VR video priče kao kombinacije 360° videa, kompjuterske animacije i glumaca snimljenih na zelenom ključu.

Da bi bili imerzivni, ovi VR video zapisi moraju imati odgovarajući 3D zvuk, tako da korisnik može čuti glasove sa pravih pozicija u prostoru (Musanovic et al., 2021). Snimanje i produkcija ovakvih video zapisa su teme ovog poglavlja. Standardi za ugrađivanje prostornog audio formata u linearne audio dizajne nisu razvijeni. Predstavljamo naša rješenja za zvučnu postprodukciju VR videa kako bismo ih prostorizirali, a da pritom muziku i glas ostavljamo zaključanim (headlocked). Nedostatak postproduksijskih standarda i općih rješenja čini ovaj posao veoma izazovnim, posebno u pogledu video zapisa koji će biti objavljeni na YouTube-u.

Koncepti prostornosti zvuka

Sluh je veoma sofisticiran uređaj koji je kreirala priroda. Ono što neko percipira kao opisna svojstva zvuka je zapravo rezultat intenzivnih proračuna koje podsvjesno obavlja mozak. Sirovi osjećaj uhvaćen ušima u osnovi sadrži samo jednostavnu amplitudnu modulaciju spektralnog sadržaja u vremenskom domenu i bez neke pozadinske obrade nametnute iskustvom nikada ne bi shvatili šta se čuje i odakle.

Udaljenost i usmjerenost su složena svojstva zvuka koja se percipiraju psihoakustički otkrivanjem varijacija frekvencije, tembra i glasnoće izvora zvuka

zajedno sa odjekom od okolnih objekata. S obzirom na vrlo složene nelinearnosti uzrokovane geometrijskim i strukturnim karakteristikama stvarnih akustičkih prostora, odnos između percipirane akustike i udaljenosti do izvora zvuka može se generalizirati na sljedeći način.

Kada je izvor zvuka bliži slušaocu:

- čuje se jače;
- čuje se više od osnovne frekvencije i harmonika nižeg reda;
- čuje se više originalnog visokofrekventnog sadržaja;
- manje se čuje odjek okolnog prostora;
- rane refleksije sa bočnih zidova su manje izražene;
- vremensko kašnjenje između direktnog zvuka i kasnih refleksija je duže.

Kada je izvor zvuka dalje od slušaoca:

- tiše se čuje;
- čuje se manje osnovne frekvencije i harmonika nižeg reda;
- čuje se manje originalnog sadržaja visoke frekvencije zbog upijajuće prirode zraka;
- čuje se više odjeka okolnog prostora;
- rane refleksije sa bočnih zidova su izraženije;
- vremensko kašnjenje između direktnog zvuka i kasnih refleksija je kraće.

Osjećaj pravca zavisi od amplitude, vremena i faznih razlika između zvukova koje percipira svako uho. Iako se u monofonskoj tehnici osjećaj udaljenosti može donekle postići varijacijama u spektralnom sadržaju i reverberaciji, osjećaj smjera nije moguć kada se koristi samo jedan zvučnik i/ili samo jedno uho.

Kada zvuk dopre do oba uha istovremeno sa istom glasnoćom, on se percipira kao centriran. Kako se glasnije čuje na jednom od ušiju, percipira se da dolazi s te strane. Različiti omjer glasnoće između zvukova koji dopiru do svakog uha omogućava precizno stereo pomicanje izvora. To je osnovni princip stereofonske tehnike (Blumlein, 1933), koju je izumio Alan Blumlein 1931. godine.

Fenomen opažanja izvora zvuka koji se nalazi u sredini zvučnog polja, kada se emituje podjednako glasno preko dva odvojena zvučnika, naziva se fantomski centar. Psihoakustički se čuje kao treći nevidljivi zvučnik između. Kada se isti izvor zvuka emituje preko dva zvučnika u stereo konfiguraciji, njegova panoramska lokalizacija se može odrediti razlikom u glasnoći između strana (ΔL), razlikom u vremenu dolaska zvuka između strana (ΔT) ili oboje. Ovo se također odnosi na različite tehnike stereo mikrofona. Koincidentne konfiguracije (X/Y, M/S, Blumlein) se prvenstveno oslanjaju na ΔL princip, dok se razmaknute konfiguracije (A/B, Decca Tree) oslanjaju prvenstveno na ΔT princip. Neke hibridne konfiguracije kao što je ORTF čine kompromis između ova dva principa.

Svako uho je jednosmjerni pretvarač po funkciji. dakle, po definiciji imanje dva uha bi trebalo da omogući samo lokalizaciju izvora zvuka preko ose slijeva nadesno. Ipak, ne samo da se dubina može sagledati na način na koji je ranije navedeno, nego i lokalizacija preko cijele 3D sfere oko slušaoca. Zajedno sa lokalizacijom izvora zvuka s lijeva na desno, može se uočiti šta nalazi se ispred, iza, iznad ili ispod. Slušni sistem to postiže izračunavanjem malih faznih razlika između dijelova zvuka koji dopiru do lijeve i desne ušne školjke i kanala, koji su blago nagnuti prema naprijed. Ove pojave su omogućile razvoj tehnike binauralnog snimanja zvuka, koji je napravio punu 3D lokalizaciju preko običnih stereo slušalica mogućom.

Termin "binauralni" ne treba brkati sa pojmom "stereofonski". Iako je sam Blumlein prvobitno nazvao svoju tehniku snimanja binauralna, u modernoj nomenklaturi ona se naziva stereofonom dok je termin binaural rezerviran za specijalnu stereo projekciju zvuka kodiranu prostornim karakteristikama.

Sistemi virtuelne stvarnosti (VR) koriste head related transfer function (HRTF) što je vrlo važno za najbolji mogući prostorni realizam tokom reprodukcije snimljenog ili modelovanog sadržaja. I vizuelni i zvučni događaji moraju biti sinhroni s radnjama korisnika kako bi se iskustvo učinilo stvarno imerzivnim. Prethodno opisane tehnike tradicionalnog snimanja zvuka rade dovoljno dobro za statičnu projekciju zvučnog polja, ali ne nude efikasnu mogućnost za interaktivnu rotaciju i druge manipulacije snimljenim prostornim zvučnim poljem. Tehnički, binauralni zvuk se može panovati, ali rezultati su nezadovoljavajući i predstavljaju nerealnu verziju originalnog zvučnog polja.

Ambisonics je poseban surround format koji pokriva u potpunosti sferu zvučnog polja. Razvijen je tokom 1970-ih pod pokroviteljstvom Britanske nacionalne korporacije za razvoj istraživanja (Gerzon, 1973). Unatoč velikom potencijalu i širokom spektru mogućnosti u aplikacijama, tek je nedavno

postigao određeni komercijalni uspjeh zahvaljujući trenutnoj dostupnosti moćne digitalne obrade signala.

Ambisonics audio format je baziran na trodimenzionalnom proširenju tradicionalne tehnike mid-side (MS) snimanja. Dok MS tehnika koristi jedan kardioidni ili omnidirekcionni "srednji" mikrofoni i jedan diferencijalni "bočni" mikrofoni broj 8, ambisonic sadrži jedan omnidirekcionni "srednji" kanal i tri diferencijalna "bočna" kanala označena kao lijevo-desno, gore-dolje i frontback ose. Kodirano zvučno polje se pohranjuje kao četverokanalna audio datoteka pod nazivom B-format i kanali su označeni W, Y, Z i X, gdje su omnidirekcionni kanal i ostala tri diferencijalna kanala za tri ose. Trenutno postoje dva standarda redanja kanala: Furse-Malham (FuMa) - WXYZ i Ambisonics Channel Broj (ACN) - WYXZ. Najviše izlaznih kanala ambisonic mikrofona su raspoređeni po FuMa (WXYZ) redosljed, dok se ACN (WYXZ) red više koristi za VR obradu i standarde reprodukcije. Za razliku od tradicionalnih tehnika snimanja zvuka koje uvijek označavaju neke pretvarače u sistemima kao primarne/fokusirane a ostale kao pomoćne/ambijentalne, ambisonics format je u potpunosti izotropan. To znači da se tretira svaki zvuk iz bilo kojeg smjera podjednako i može se dalje manipulirati da zvuči i "na osi" i "off axis", u tradicionalnom smislu mikrofonske tehnike. Ambisonic kodirani zvuk može se slobodno rotirati tokom reprodukcije i svaki izvor u zvučnom polju može biti fokusiran i nefokusiran korištenjem HRTF dok mijenja virtualnu udaljenost od slušatelja i kreće se po cijeloj zvučnoj sferi, što čini odličnu platformu za interaktivnu manipulaciju zvučnim poljem u VR sistemima.

Snimanje zvuka

Snimanje 360 videa nije sasvim novo, međutim 360 video snimci postali su popularni komercijalizacijom headseta za virtuelnu stvarnost. Snimanje prostora u 360 stepeni je jedan od izazova kojima smo se bavili kroz naše projekte digitalizacije kulturnog nasljeđa i njegovog približavanja širokoj publici. Svaki režiser sa kojim smo radili smatrao je izazovom da "usmjeri" pažnju gledalaca u punom okruženju od 360 stepeni.

Osnovni alat za pripovijedanje svakog reditelja je kadriranje koje više ne postoji u 360 video zapisima. Reditelji moraju obratiti pažnju na postavljanje scene, postavljanje glumaca i objekata u prostoru. Udaljenost od kamere igra veliku ulogu u tome te pojačava emocije i uživanje u video (Pope, 2017).

Postavljanje kamere postaje ključno za naraciju u 360° videu jer je zapravo sve u kadru. Dodatna svjetla mogu samo biti dio scenografije jer ne ekipa ili oprema ne mogu biti u blizini scene. Sama oprema sada mora postati dio scene što nas vodi do vrlo zahtjevnog dijela 360 video produkcije – snimanje zvuka. Postoji mnogo načina da se snimi zvuk na setu, ali najvažniji mikrofon je mikrofon na nosaču, kojim upravlja operator. To je uvijek glavni mikrofon za dijalog podržan dodatnim lavalier i ambijentalnim mikrofonima. Kratko objašnjenje procesa snimanja zvuka je vrlo dobro sumirao Henri Rapp (Rapp, 2020).

Međutim, kao što je već istaknuto, nema mjesta za mikrofon na nosaču na 360 filmskom setu.

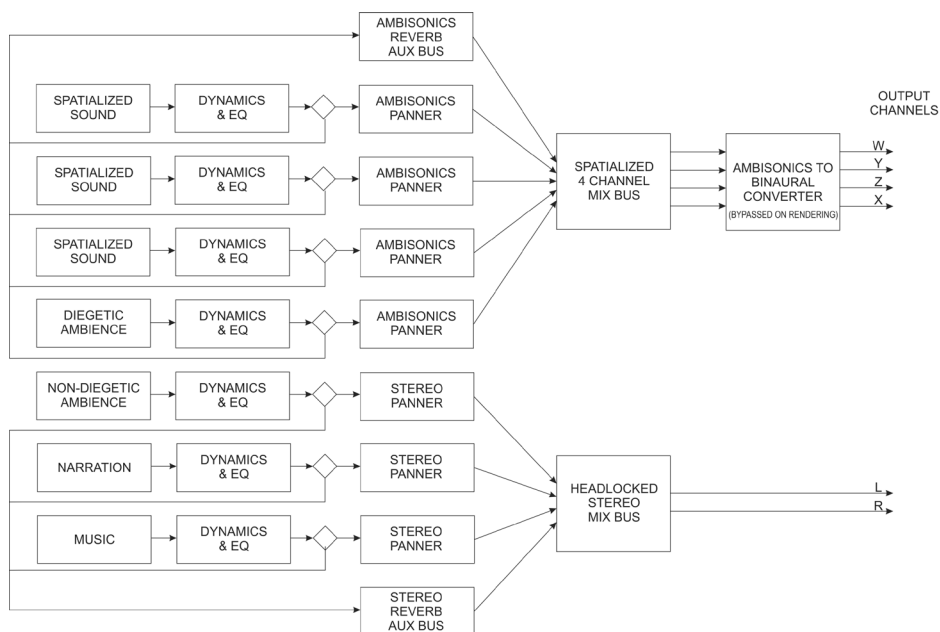
Snimanju zvuka u 360 videu mora se pristupiti drugačije. Neki proizvođači već prave mikrofone dizajnirane da snime punu ambisoničnu sferu koju ćemo kasnije analizirati, ali ti sistemi su još uvijek novi i ne obavljaju sav posao. Kao što je već rečeno, postavljanje glumaca i objekata igra ključnu ulogu u 360 video snimanju, postavljanje mikrofona postaje veoma važno. Na našim setovima upotreba lavalier mikrofona se pokazala presudnom za snimanje zvuka. Ne samo da se mogu postaviti na glumce i biti skriveni u njihovim kostimima, ti mikrofoni se zapravo kreću kroz prostor što je vrlo važan aspekt za 360 video u kontrastu na uobičajeni 2D video. Dodatni mikrofoni skriveni unutar scenografije mogu uveliko pomoći snimanje kretanja zvuka. Treba obratiti posebnu pažnju na nivo zvučnog zapisa. Lavalier mikrofoni su obično omni-directionalni mikrofoni sa malom kapsulom i imaju loše smanjenje buke. Stoga je imperativ snimiti 48000 Hz / 24-bitni audio koji nosi ogromnu količinu informacija za postprodukciju zvuka. Ovaj format nam omogućava da snimamo zvuka sa manjim gainom što rezultira mnogo tišim zvukom koji ima vrlo malo pozadinske buke. 24-bitni audio će imati dovoljno informacija za rekonstrukciju u postprodukciji čak i kada je snimljen na -40 db što je mnogo niže od standardnih -12 db za glas.

Postprodukcija zvuka

Modelirali smo zvučno polje ambisonic formata u softveru Digital Audio Workstation (DAW). Snimci lokacije su napravljeni korištenjem tradicionalnih mono i stereo konfiguracija mikrofona u bliskom i dalekom polju, na isti način kao na standardnom filmskom setu. Snimljeni zvuk zatim prolazi kroz uobičajenu postprodukciju uključujući odabir najboljih snimaka, postavljanje dijaloga, smanjenje šuma i drugu restauraciju, dinamičku obradu, ekvilizaciju i druge potrebne procese. Kada su svi audio izvori, muzika i ambijenti

spremni i dobro zvuče preko običnog stereo monitoringa, počinje stvarna izgradnja zvučnog polja ambisonike.

DAW-ove submix sabirnice, aux sabirnice i master sabirnice su postavljene za četiri kanala označena W, Y, Z i X (Slika 7.1). Da bi se tokom rada pravilno pratio ambisonički zvuk preko slušalica, potrebno je koristiti dodatak na glavnoj magistrali koji pretvara ambisoniku u binauralnu. Obavezno ga je zaobići prije glavnog renderiranja kako bi se spriječilo dvostruko binauralno kodiranje. Rezultirajuća 4-kanalna ambisonics kodirana audio datoteka spremna je za binauralno dekodiranje pomoću mehanizma za reprodukciju.



Slika 7.1. Tok signala u tipičnom ambisonic mix-u sa headlocked elementima

Svaki audio izvor koji je predviđen za prostorno raspoređivanje mora proći kroz namjenski ambisonics panner dodatak kako bi pravilno kodirao svoju poziciju u sferi zvučnog polja. Većina potrebnih dodataka dostupna je u obliku otvorenog koda i besplatnog softvera. Kako je tehnologija relativno nova, još uvijek eksperimentalna i u stalnom razvoju, efikasnost prostornog pomicanja, količina faznog bojenja i kompatibilnost sa binauralnom projekcijom varira između različitih implementacija. Dakle, u stalnom smo istraživanju novih i poboljšanih rješenja koja bi donijela još bolje zvučne krajnje rezultate. Nažalost, još uvijek postoje mnoge greške i problemi s nekompatibilnošću između DAW hostova i raznih implementacija plug-ina, kao i

neki nepredvidivi rezultati na više platformi. Postoji ogroman prostor za dalja istraživanja i poboljšanja ove tehnologije za vrijeme koje dolazi. Srećom, neki noviji DAW hostovi su nedavno počeli da uključuju ambisonic panne-re kao standard, koji rade na sličan način kao i standardni surround panneri.

Praćenje audio izvora u zvučnom polju je najvažniji korak za dobijanje tačne zvučne reprezentacije izvora zvuka prikazanih u vizuelnom prikazu. Ovaj dio procesa postprodukcije je ujedno i najzahtjevniji, posebno kada se u sceni nalazi mnogo pokretnih izvora zvuka. Sva kretanja izvora zvuka u sceni moraju se pratiti što je preciznije moguće pomoću DAW-ovih krivulja automatizacije. Položaj svakog prostorno uređenog izvora zvuka definiran je trodimenzionalnim vektorskim koordinatama, dok je ishodište postavljeno u virtualni centar glave slušatelja. U zavisnosti od implementacije panera, može se koristiti kartezijanski ili polarni koordinatni sistem. Prema našem iskustvu, polarni koordinatni sistem je efikasniji za korištenje u linearnim produkcijama, jer su anomalije praćene udaljenosti podnošljivije od anomalija u smjeru zvuka. Jednom kada se pravac izvora zvuka prati što je preciznije moguće, stvarna modelirana udaljenost može se aproksimirati unutar razumno široke granice uvjerljivih raspona. Srećom, uši su malo manje osjetljive na udaljenost od očiju.

Referentni VR video se uvozi u DAW projekat kao standardna video datoteka i pregledava se kao planarno projektovana "rasklopljena" verzija originalnog sfernog videa. Stoga su sve ravne linije prikazane kao lukovi na pregledu, a osjećaj proporcija veličine i perspektive je iskrivljen. Šest dijelova projektovane slike predstavljaju šest strana kubičnog prostora oko scene. Dok DAW implementiraju direktnu reprodukciju VR video zapisa, sve koordinate izvora zvuka moraju se odrediti pozivanjem na taj čudan i nadrealni vizualni prikaz. Čisti smjer je relativno lakše pratiti kada se koriste polarne koordinate, ali precizno procjenjivanje udaljenosti i visine zahtijeva određene vještine i cikluse pokušaja i grešaka za pregled nacрта rendera na VR headsetu. Srećom, neki programeri su nedavno počeli da implementiraju DAW plug-ine koji omogućavaju rotirajući VR video pregled, kao onaj koji je uključen uz fb360 Spatial Workstation. Neki od njih čak nude rješenja za praćenje izvora zvuka direktno unutar slušalica pomoću VR kontrolera, ali još uvijek postoje neki problemi s kompatibilnošću i stabilnošću s različitim DAW-ovima i platformama.

Praćenje izvora zvuka primjenjuje se samo na linearne dizajne za VR video produkciju. Kada radimo sa Unity softverom, precizno praćenje smjera nije problem, jer su svi izvori zvuka već povezani s njihovim originalnim assetima. Jednom kada se vizualni objekt pomakne u sceni, smjer povezanih izvora

zvuka se automatski pomiče, tako da crtanje zasebnih krivulja automatizacije za zvukove nije potrebno.

Kao i u standardnoj filmskoj produkciji, nanošenje dodatnih foley zvukova, efekata i ambijenta je dobar način da se poboljša realizam događaja scene i emocionalni uticaj. Dodavanje razumne količine odgovarajuće reverberacije i ranih refleksija može uvelike povećati realizam lokalizacije i osjećaj projektovanog prostora. Doplerov efekat čini simulirano kretanje izvora zvuka uvjerljivijim. Čak i vrlo mala pomjeranja visine tona tokom kretanja mogu ga učiniti realističnijim.

Glavni zvučni elementi kao što su muzika i naracija moraju se usmjeriti preko zasebne stereo izlazne magistrale u DAW-u, tako da zaobilaze ambisonične panere i binauralni enkoder umetnut za praćenje prostorno uređenih izvora. Prilikom renderiranja mastera, krajnji rezultat se sastoji od šest kanala zvuka: četverokanalni ambisonic audio fajl za prostorno uređeni sadržaj i dvokanalni stereo fajl za headlocked sadržaj.

Donedavno, nismo imali tehničku mogućnost implementacije headlocked elemenata u naše linearne dizajne za VR video, zbog nemogućnosti kombiniranja i prostornog i neprostornog zvuka u istoj reprodukciji na platformama koje smo koristili. Najveći praktični problem ovoga bila je neželjena HRTF rotacija muzike, naracije i drugih nedijegetičkih elemenata zajedno sa ostatkom zvučnog polja. Unutar margine od oko 45 stepeni od unaprijed postavljenog azimutnog ugla, sužavanje i iskrivljenje stereo slike muzike zvučalo je donekle podnošljivo, ali kada glava slušaoca dostigne ugao od 90 stepeni u odnosu na azimut muzike, stereo slika muzike kolabira u mono, detalji zvučne scene iz muzike se gube i dolazi do poništavanja faze na određenim frekvencijama.

Imajući ova ograničenja, morali smo biti kreativni kako bismo minimizirali neželjene efekte. U nekim scenama muzika je i dalje bila prostorna, ali pomjerena u odnosu na vjerovatnoću u kom pravcu bi slušalac gledao u određenom trenutku, a to je obično glumac koji govori ili neki drugi događaj koji privlači pažnju. U našim projektima Baiae i Rimsko naslijeđe na Balkanu (Rizvic et al., 2020), posvećenim antičkim grčkim i rimskim historijskim periodima, pozadinska muzika za scene je uređena za mali ansambl koji se sastoji od nekoliko antičkih muzičkih instrumenata. Muzika nije smještena u zvučno polje u obliku običnog stereo miksa (koji se zapravo pojavljuje u ambisoničnom zvučnom polju kao planarni objekat). Umjesto toga, svaki pojedinačni instrument je prostorno postavljen i smješten u scenu. To je efektivno učinilo muziku dijegetskom. Kada slušalac gleda u glumca koji govori, instrumenti su raspoređeni

u blago zakrivljenoj formaciji iza slušaoca, čineći virtuelno nevidljivi drevni "bend" koji svira pozadinsku muziku u istoj prostoriji i pod istim akustičnim okruženjem. Kako formiranje grupe instrumenata nije planarno, stereo slika muzike nikada ne pada u potpunosti u mono tokom rotacije glave.

Dodatni problem je nedijegetska naracija koja bi po definiciji trebala biti neprorstorna i zatvorena. Srećom, postoji zaobilazno rješenje koje omogućava zaključavanje bilo kog mono izvora zvuka, čak i kada se koristi samo obični 4-kanalni ambisonic bez odvojenih headlocked kanala. Izvor se usmjera-va direktno na W omnidirekcionni izlazni kanal, zaobilazeći pannere. Kako se ništa od istog izvora ne usmjerava ni na jedan od tri diferencijalna kanala Y, Z i X, zvuk ostaje efektivno neprorstoran i blokiran.

Sada sa Oculus Quest-om možemo koristiti nesavršeno, ali funkcionalno rješenje za ugradnju ambisoničnog zvuka zajedno sa zasebnim stereo uređajem sa headlocking-om za reprodukciju videa na headsetu, koristeći fb360 Encoder sa radnom verzijom GPAC-a. Još uvijek istražujemo održivo rješenje headlocking-a za naše YouTube VR video zapise jer trenutno predložena metoda izgleda nedosljedno na nekim platformama. Iako je ugrađeni zvuk pravilno prostorno uređen, neki video plejeri prikazuju pogrešne uglove kodiranih izvora zvuka, a neki drugi reprodukuju samo statičnu ambisoničku sliku fiksiranu u početnu poziciju bez rotacije HRTF-a.

U našim narednim projektima želimo da koristimo još više mikrofona postavljenih oko seta u kombinaciji sa ambisoničnim mikrofonima kako bismo vidjeli rezultate. Dodatni zvučni efekti promjene udaljenosti od korisnika i udaljavanja ili približavanja kamere izvoru zvuka sigurno će povećati imerziju u video. 3D zvuk nikada nije bio tako zanimljiv za istraživanje i razvoj, jer je dio pionirskog rada u razvoju novog standarda gramatike filmskog jezika - VR filma.

8.

EVALUACIJA KORISNIČKOG ISKUSTVA

Korisničko iskustvo koje nastaje uključenjem korisnika u virtualnu realnost je specifično u odnosu na sva druga iskustva interakcije sa drugim tehnologijama, jer omogućava jedinstveni osjećaj zaranjanja u drugi svijet i isključenje iz realnog svijeta. Druga iskustva u tehnološki proizvedenim stvarnostima, kao što su proširena i mješovita stvarnost takođe pružaju korisniku različite i specifične interakcije i doživljaje. Ove specifičnosti zahtijevaju osmišljavanje drugačijih i prilagođenih pristupa evaluaciji korisničkog iskustva (engl. *User eXperience* – UX). U uvodnom dijelu poglavlja koje se bavi evaluacijom korisničkog iskustva predstaviti će se motivi i ciljevi evaluacije (*zašto?*), zatim metode koje se koriste i koje su primjenjivane i na istraživanja opisana u knjizi (*kako?*) i na kraju atributi koji se mjere u sklopu evaluacije, a koji se nazivaju metrike ili heuristike (*šta?*).

Pristupi evaluaciji korisničkog iskustva se razlikuju i prema motivu, odnosno krajnjem cilju: pronalaženju nedostataka u implementaciji aplikacije i pomaganju programerima da poboljšaju interakciju (Lazar et al., 2010) ili pribavljanju standardiziranih podataka za generalizirano zaključivanje na osnovu testa hipoteze istraživanja (Vermeulen et al., 2010). Šira klasifikacija najčešćih ciljeva evaluacije prema (Lazar et al., 2010) je:

- Istraživanje radi razumijevanja novih aspekata interakcije,
- Objašnjenje konteksta upotrebe tehnologije,
- Opis konteksta upotrebe tehnologije,
- Demonstracija novih alata.

Zajednička karakteristika ovih različitih ciljeva evaluacije je informativna povratna informacija dizajnerima i programerima, a to zahtijeva značajnu kvalitativnu komponentu u provedenom istraživanju.

Sistematski pregled radova predstavljenih na simpozijumima o mješovitoj i proširenoj stvarnosti u periodu 2008-2017 pokazao je da se ne samo povećao broj radova sa temom evaluacije, već se povećao i broj evaluacija prijavljenih u radovima sa nekom drugom temom u primarnom fokusu (Kim et al., 2018). U istom preglednom tekstu autori uspostavljaju sljedeću klasifikaciju istraživanja evaluacije AR aplikacija: (1) ankete koje analiziraju reakciju na novu tehnologiju ili pregled važnih područja istraživanja u domenu AR, (2) korisničke evaluacije koje izvještavaju o zanimljivom i specifičnom korisničkom interfejsu i (3) fundamentalno perceptivne studije. Zaključak autora je da je evaluacija postala obavezni dio implementacije i da se danas očekuje da većina AR radova uključuju neki oblik evaluacije, a posebno kada se predstavlja nova metoda interakcije. Zanimljivo je napomenuti da su istraživanja vezana za evaluaciju VR/AR aplikacija uglavnom fokusirana na nova rješenja u interakciji ili nove tehnologije, a prilično rijetko se bave primarno cjelokupnim korisničkim iskustvom, dok je upravo ovaj cilj temelj našeg pristupa evaluaciji.

Kim i saradnici daju sistematski pregled literature posvećene evaluaciji korisničkog iskustva za VR i ustanovili su da se većina studija fokusira na kvantitativne studije bazirane na subjektivnim korisničkim mjerenjima u laboratorijskim uslovima, diskutujući da procjene imerzije, prisutnost i mučnine kod kretanja tokom upotrebe imaju svoja ograničenja kod subjektivnih ocjena direktnim pitanjem korisnika (Kim et al., 2019). Autori dalje zaključuju da je za sveobuhvatno razumijevanje cjelokupnog korisničkog iskustva, potrebno provesti kvalitativne studije kao što su posmatranja subjekata tokom iskustva VR sistema, zatim praćenjem razmišljanja naglas ispitanika ili putem detaljnijih intervjua; a da se posebno treba posvetiti eksperimentima kod kojih se bilježe karakteristike ponašanja ili mjere fiziološki signali korisnika da bi se koristili kao indikatori evaluacije subjektivnih mjerenja (Kim et al., 2019).

Istraživanja vezana za VR i AR aplikacije mogu da crpe iskustva iz primjene različitih istraživačkih metoda iz perspektive njihove upotrebe u oblasti interakcija čovjek računar (engl. *Human Computer Interaction* – HCI). Tako autori seminalnog udžbenika za istraživanje u oblasti HCI navode primjer dizajna eksperimenta sa samo 16 učesnika što je veličina uzorka mnogo manja od broja koji se zahtijeva kod psiholoških eksperimenata ili kako se kod istraživanja upitnikom smatra prihvatljivim da se učesnici biraju pozivom, a ne slučajnim izborom što je u suprotnosti sa strogim metodologijama uzorkovanja koje se sreću u društvenim naukama (Lazar et al., 2010).

U okviru našeg istraživanja opisat ćemo dva različita pristupa UX evaluaciji koje obično koristimo: (1) kvalitativne studije za istraživanje novih modaliteta

izražavanja i evaluaciju pilot rješenja i (2) kvantitativne studije pomoću kojih određujemo mjeru uspjeha VR/AR aplikacije.

Namjena kvalitativnih studija je da istraže stavove korisnika i uporede njihovo iskustvo u odnosu na različite nivoe preduslovljavanja, te identifikuju prednosti i ograničenja pristupa. Kvalitativne studije su od suštinske važnosti za razumijevanje ponašanja korisnika i evaluaciju situacijske upotrebe tehnologije, posebno za odlučivanje o specifičnostima dizajna interakcije kada se razvija novi pristup interakciji ili se analiziraju potrebe i osobine korisnika za informisanje novih rješenja dizajna interakcije (Blanford, 2013). U osmišljavanju naših kvalitativnih studija slijedili smo poznate smjernice i utvrđene kriterije (Creswell, 2008, Flick, 2009), ali smo također često morali balansirati postizanje ciljeva studije s izazovom dostupnih resursa (Blanford, 2013).

Kvantitativni pristup u mjerenju je važan kada se procjenjuje nivo razvoja aplikacije ili upoređuje različita rješenja, a prvenstveno se fokusiramo na mjerenje uspjeha u postizanju karakteristika kao što su imerzija i edutainment. Interpretacija rezultata UX evaluacije se koristi za identifikaciju nedostataka u korisničkom interfejsu i cjelokupnoj prezentaciji narativa, jer je već napomenuto da je za programere cilj poboljšanje rješenja i rijetko je cilj generalizacija rezultata (Lazar et al., 2010). Kvantitativne studije prate utvrđeni okvir kako bismo omogućili poređenje studija i identifikovali obrasce u preferencijama korisnika.

Kvantitativni pristup evaluacije je organizovan korištenjem upitnika koji sadrži više podskala, pri čemu je svaka podskala bila predstavljena uravnoteženim brojem stavki. Pokušavali smo okvirno slijediti sličan pristup u dizajniranju upitnika kako bi koristili standardizirani alat za mjerenje korisničkog iskustva i omogućili poređenje aplikacija.

Evaluacija korisničkog iskustva započinje identifikacijom atributa koji se mjere, i klasifikovani u grupe ili dimenzije evaluacije. Razvijanje evaluacijskog okvira za aplikacije mješovite stvarnosti je izazovan proces jer uključuje evaluaciju usmjerenu na više dimenzija: (1) okruženje – implementirane realnosti, zatim evaluaciju (2) interakcije, i konačno mjerenje atributa koji su vezani za (3) domen sadržaja aplikacija koji može da uključuje historiju, arheologiju, zatim medicinu, industrijske aplikacije itd. U slučaju da se aplikacije koriste u obrazovanju dodaju se mjerenja atributa vezanih za pedagogiju i kognitivnu teoriju, tako da je neophodno uključivanje multidisciplinarnih timova tokom evaluacije.

Naše studije su se fokusirale na ispitivanje sljedećih osnovnih konstrukta: očekivanog učinka (engl. *Performance Expectancy* - PE) i očekivanog napora (engl. *Effort Expectancy* - EE), usvojenih iz UTAUT modela (Venkatesh, 2003).

Procjena očekivanog učinka (PE) je povezana s mjerenjem važne karakteristike korisničkog iskustva za VR: imerzije. Pored toga, evaluacija aplikacija kulturnog i historijskog naslijeđa uključuje mjerenje još jednog važnog faktora koji kombinuje obrazovanje i zabavu: edutainment. Mjerenje očekivanog napora (EE) je povezano sa percipiranom lakoćom upotrebe. Sa svakom kvantitativnom evaluacijom ujedno smo procenjivali naš pristup evaluaciji, i sve studije su ujedno pomogle u razvoju generalizovanog instrumenta za merenje edutaimenta i imerzije, omogućavajući razvoj alata za benchmarking i poređenje XR aplikacija (Boskovic et al., 2017).

U nastavku su opisani primjeri kvalitativnih i kvantitavnih studija evaluacije korisničkog iskustva. Kvalitativni pristup je korišten za inicijalnu procjenu VR aplikacija Skokovi sa Starog mosta u Mostaru (Selmanovic et al., 2018) i Sarajevski ratni tunel (Jajcanin, 2019), kao i za VR film "Devet disidenata" (Devet disidenata, 2020). Primjer kvantitativne evaluacije se može naći u našim evaluacijama aplikacija Kyrenia (Rizvic, 2017, Kyrenia, 2017) i Baiae (Rizvic, 2019), naprednije studije za VR skokove sa Starog mosta u Mostaru (Selmanovic et al., 2020), zatim Bitka na Neretvi (Rizvic et al., 2021, Rizvic et al., 2022) i Trebinjske tvrđave (Rizvic et al., 2023).

8.1. Kvalitativne evaluacije UX

8.1.1. *Skokovi sa Starog mosta VR*

Ne postoji mnogo studija slučaja za evaluaciju korisničkog iskustva aplikacija nematerijalne kulturne baštine, i za ocjenu korisničkog iskustva za aplikaciju očuvanja tradicije skokova sa Starog mosta u Mostaru odlučili smo se za kvalitativni pristup. Naš primarni cilj nije bio ograničen na procjenu VR aplikacije, već i na identifikaciju šta je dobro, a šta loše u našem pristupu kako bismo poboljšali interakciju i nama značajne attribute kvaliteta: imerzija i edutainment. Studija je osmišljena da procijeni potrebe i ponašanja korisnika, uporedi njihovu interakciju s obzirom na različite nivoe njihovog predznanja i istraži vezu između napora i učinka.

U studiji smo kombinovali polustrukturirane intervjuje i kontekstualna zapažanja za prikupljanje podataka, te naknadnu osnovnu analizu sadržaja, kao što je predstavljeno u (Creswell, 2008). Eksperiment je proveden na Univerzitetu u Sarajevu (21 učesnik), Birmingham City University (6 učesnika) i Univerzitetu Bournemouth (5 učesnika) i uključivao je četiri anketara. Učesnici su regrutovani po pozivu. Evaluacijske sesije su vođene pojedinačno, u prosjeku su trajale oko 35 minuta. Budući da je prezentacija digitalnog naslijeđa

namijenjena širokoj publici, pozvali smo korisnike koji predstavljaju različite grupe. Kako bismo osigurali da odgovori predstavljaju raznolik ali balansiran uzorak korisnika, zamolili smo učesnike da dostave relevantne demografske podatke: starost, obrazovanje, poznavanje VR-a, igranja i tradicije skokova sa Starog mosta u Mostaru.

Na početku eksperimenta učesnici su upoznati sa procedurom i zadacima. Učesnicima je savjetovano da slobodno izraze svoje zadovoljstvo ili nezadovoljstvo, te da prilikom odgovaranja na pitanja elaboriraju svoja iskustva. Anketari su posmatrali korisnike tokom eksperimenta i bilježili značajne probleme u interakciji, specifičan put korisnika kroz digitalni narativ i uspjeh tokom kviza znanja. Odmah nakon korištenja VR aplikacije, korisnicima je postavljena lista polustrukturiranih pitanja, počevši s direktnim pitanjem o korisničkom iskustvu i nakon čega je uslijedio zahtjev za obrazloženjem.

Pitanja su imala za cilj procjenu prirodne interakcije gestama i kretanjem i sumiranje korisničkog iskustva na osnovu njihove subjektivne percepcije. U slučaju ispitanika koji imaju problem s vidom oni su ukazivali na važnost veličine aktivnih objekata posebno kad su u pitanju orijentiri važni za kontinuitet strategije navigacije. Učesnici koji su nosili naočare imali su poteškoća i bila im je potrebna pomoć i smjernice. Postoji nekoliko poboljšanja koja su bila potrebna da im se pomogne u navigaciji: dinamičko skaliranje kontrolnih dugmadi kako bi se obuhvatile plutajuće stavke menija i zumiranje stavki menija, posebno za pitanja iz kviza i za odgovore kada su oni u fokusu interakcije.

Mlađi učesnici su pokazali spremnost da istražuju, pokazuju nasumično i 'ispipavaju' interakciju na daljinu, bez straha od greške. Ovakvo ponašanje korisnika je dobrodošlo, ali zahtijeva dodatna poboljšanja interakcije: sprječavanje slučajnih odabira, što se dogodilo u nekoliko slučajeva. Nekoliko učesnika je nehotice odgovorilo pogrešno na jedno ili čak dva pitanja, a da to nisu ni primijetili. Više starijih učesnika izrazilo je nespremnost da slobodno istražuju paradigmu VR interakcije, često čekajući naraciju ili druge poticaje. Nekoliko učesnika je preuzimalo pasivnu ulogu i tek nakon detaljnih instrukcija demonstrirali su aktivnije ponašanje. Ugrađene metrike za praćenje ponašanja korisnika bile bi korisne i trebalo bi da se na identifikaciju ovog tipa korisnika pojave pisane ili narativne smjernice i upute, kada je to potrebno.

Bilo je nekoliko korisnika koji su ukazali na poteškoće u navigaciji unutar VR simulacije kada su im bila potrebna ili dodatna uputstva ili pomoć anketara. Ovi problemi su se najčešće nastajali kada su se korisnici trebali popeti na skakaonicu. Jedan korisnik je, zbog vrtoglavice, sjedio tokom eksperimenta, bez smetnji za njegovo iskustvo 3D skoka. Uočili smo da je važno

omogućiti kontrolu aplikacije prirodnim gestama i pokretima, ali je dobro omogućiti i interakciju baziranu na kontroleru. Potonje je važno za prilagođavanje različitih tipova korisnika, kao i za kompenzaciju ograničenja prostora i opreme, kao što je dužina HMD kablova. Važno je napomenuti da je za sve tipove korisnika ukupni percipirani učinak i zadovoljstvo povezano s njihovim emocionalnim stanjem. Na ovo emocionalno stanje utječe kvalitet njihove interakcije gestom i vještina korisnika, ali najviše jedinstveno iskustvo digitalnih priča od 360° i VR simulacije skoka. Važan zaključak iz evaluacije je da percipirano zadovoljstvo korisnika navigacijom nije u korelaciji sa nivoom potrebne pomoći učesnicima.

Iz transkripata intervjua sa učesnicima, izdvojene su ključne teme povezane sa iskustvom virtuelnog skoka sa mosta: visina, strah, skok, uzbuđenje, mučnina i realnost. Ovo su teme koje se spominju u tekstovima koji izvještavaju o realnim takmičenja u skokovima u vodu. Ovo sugerira da trenutne tehnologije kao što je VR mogu olakšati empatičnu vezu sa zajednicom i očuvanje nematerijalne baštine. Identificirane su i teme koje mogu biti relevantne za dizajniranje novog instrumenta evaluacije za kvanitificirano mjerenje imerzije i edutainmenta. Identificirane su najčešće teme kao: strah, skok, visina i stvarnost. Ove teme su analizirane kroz učestalosti s kojima se javljaju u transkriptima intervjua i prikazane su na slici 8.1. u vidu oblaka riječi



Slika 8.1. Oblak riječi VR Skokovi sa Starog mosta – vizualizacija tema i njihovih frekvencija

8.1.2. Sarajevski ratni tunel VR

Za VR aplikaciju Sarajevski ratni tunel odlučili smo se za kombinovanu - kvalitativnu i kvantitativnu evaluaciju. Eksperiment je uključivao korištenje VR aplikacije, a proveden je u laboratoriji Sarajevo Graphics Group Univerziteta u Sarajevu. Korisnici su odabrani pozivom, vodeći računa da predstavljaju različite tipove korisnika. U cilju utvrđivanja valjanosti odgovora na anketu uključili smo pitanja za relevantne demografske podatke: starost, spol, lično iskustvo vezano za Sarajevski ratni tunel i Muzej, iskustvo sa VR okruženjima (Lazar et al., 2010). Evaluacija je obuhvatila 14 učesnika od kojih je svaki bio uključen u individualnu sesiju. Studija je uključivala posmatranje korisnika tokom eksperimenta i odgovaranje na dva upitnika o korisničkom iskustvu. Učesnici su upoznati sa procedurom eksperimenta i njihovim zadacima prije izvođenja eksperimenta. Korisnici su gledali digitalne priče i odgovarali na prvi upitnik koji je imao za cilj prikupljanje podataka povezanih s iskustvom digitalnih priča. Nakon odgovaranja na prvi upitnik, korisnici su prolazili kroz virtuelno okruženje Sarajevskog ratnog tunela, te su na kraju odgovorili na drugi upitnik koji je predviđen za mjerenje emocionalnog iskustva prolaska VR ratnim tunelom.

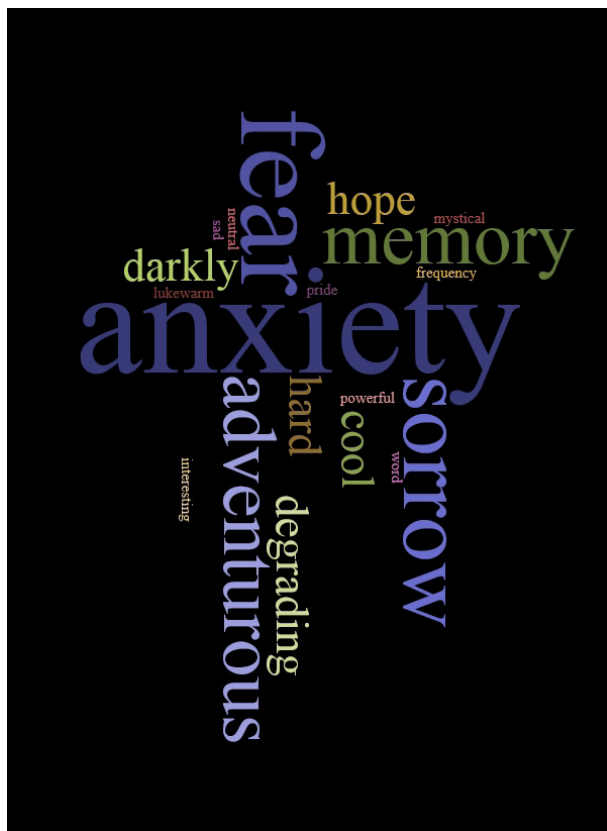
Evaluacija digitalnih priča zasnivala se na ocjenjivanju skupa Likert stavki od 7 tačaka, gdje su korisnici ocjenjivali slaganje sa izjavom, kao u sljedećem primjeru: "Digitalne priče su poboljšale moje znanje o Sarajevskom ratnom tunelu". Korisnici su ocjenjivali informativnost IDS aplikacije, ali emocionalna kvalifikacija priča se ogleda u prosječnoj ocjeni izjava koje se odnose na koncentraciju i složenost.

U cilju bilježenja emotivnog iskustva učesnika koji prolaze kroz Sarajevski ratni tunel, ponudili smo im otvorena pitanja tražeći njihova osjećanja i komentare. Osim otvorenih pitanja, zamolili smo učesnike da ocijene našu listu od 25 različitih emocija. Korisnici su ocjenjivali emocije na Likertovoj skali od 5 tačaka.

Otvoreni odgovori su analizirani kako bi se identificirale ključne teme povezane s korisničkim iskustvom. Teme identifikovane sa najvećom frekvencijom javljanja su: anksioznost, strah, tuga, sjećanje, hrabrost. Lista tema identifikovanih iz otvorenih pitanja prikazana je na dijagramu oblaka riječi koji prikazuje njihovu učestalost, vidi sliku 8.2.

Korisnici su ocjenjivali emocije koje su prepoznali u svom iskustvu na predefinisanoj listi od 25 emocija. Izdvojene emocije sa najistaknutijim ocjenama su: mistično, mračno, privlačno, tužno, anksiozno, hrabro, pobjedničko, tragično, snažno i fokusirano. Lista je ponuđena nakon otvorenih odgovora da

se ne bi sugerisao sadržaj odgovora. Zanimljivo je primijetiti usklađenost između odgovora na otvorena pitanja i najbolje ocijenjenih emocija sa liste. To ilustruje da je emocionalna reakcija korisnika bila u skladu s predviđenom empatičnom vezom koju je pružila VR aplikacija.



Slika 8.2. Oblak riječi koji ilustruje učestalost riječi koje se koriste za opisivanje osjećaja prolaska kroz Sarajevski ratni tunel

8.1.3. Crvena Stijena VR

Ovo poglavlje opisuje kvalitativnu evaluaciju korisničkog iskustva koja se provodi s ciljem prikupljanja informacija o angažmanu korisnika s VR aplikacijom Crvena Stijena i razumijevanja specifičnog ponašanja, motivacije i stavova.

Studija istraživanja korisnika uključivala je prolazak korisnika kroz sve dijelove VR aplikacije, ali naš fokus je bio na istraživanju sljedećeg: (1) interesovanja

korisnika za promatranje i interakciju s izloženim prehistorijskim alatima – koji su inače izvan dosega posjetiocima muzeja; i (2) ponašanje korisnika i motivacija tokom lova na jelene.

Tokom eksperimenta, od korisnika se očekivalo da stoje i da se po potrebi kreću. Poduzete su mjere predostrožnosti kako bi se osigurala sigurnost i dobrobit učesnika. Prije uključivanja u VR aplikaciju, učesnici su upoznati sa procedurom i zadacima eksperimenta, te su prikupljeni njihovi demografski podaci. Eksperimente su provela četiri nastavnika/asistenta sljedeći istu proceduru. Tokom eksperimenta nastavnici/asistenti su bili na raspolaganju da pruže dodatne instrukcije i pomoć, i bilježilo su opažanja o interakciji, emocijama i stavovima korisnika. Učesnici su intervjuisani i odgovori su snimljeni odmah nakon eksperimenta.

Učesnici su angažovani po pozivu sa približno izbalansiranoj strukturi s obzirom na spol, profesionalni fokus (inženjering, nauka; umjetnost i humanističke nauke) i starost. Eksperimenti su izvođeni pojedinačno, a trajanje eksperimenta je variralo u zavisnosti od angažovanja korisnicima sa alatima i broja pokušaja hvatanja jelena. U intervjuima su postavljena sljedeća pitanja i prikupljeni su otvoreni odgovori:

- Q1. Kakvo je vaše iskustvo navigacije kroz VR aplikaciju Crvena stijena?
- Q2. Kako biste ocijenili svoju sposobnost interakcije i koliko su vam smjernice i znakovi bili od pomoći?
- Q3. Šta vam je ostavilo najjači dojam?
- Q4. Možete li opisati svoje postupke i osjećaje dok ste se bavili lovom na jelena?
- Q5. Možete li opisati razliku ovog iskustva u odnosu na posjetu prahistorijskoj muzejskoj izložbi?
- Q6. Šta biste preporučili za promjenu/poboljšanje?

Zanimljivo je napomenuti da su korisnici bez obzira na godine i sektorsku pripadnost primijetili slične nedostatke u interakciji, ali ih ti nedostaci nisu mnogo ometali. Primjer je prepoznavanje tipke Exit na kontroleru, činjenica da je oznaka EXIT bila previsoko iznad da bi se odmah primijetila je nešto što je uočila većina korisnika i komentarisala. Značajne razlike su korisnici ispoljili vezano za drugačije ponašanje kod interakcije prirodnim kretanjem u pećini i tokom posjete VR muzejske izložbe, u odnosu na interakciju upravljaju komandama kontrolera prilikom lova na jelena. Većina učesnika se osvrnula

na razliku i prijavila neke nuspojave kao mučninu i smanjenje ravnoteže kod kretanja uz pomoć kontrolera.

Posmatranje ponašanja učesnika dok su gledali VR okruženje pokazalo nam je koliko je korisnicima prirodno kada se nalaze u virtualnom prostoru. Ovo je bilo posebno interesatno tokom prve scene - stvaranja svijeta. Učesnici su se aktivno okretali i provjeravali svaki dio scene pokušavajući uhvatiti što više utisaka i informacija. Važno je napomenuti da mnogi od ovih korisnika nikada ranije nisu koristili VR ili su ga koristili samo nekoliko puta. Ipak, bilo im je sasvim prirodno da budu "negdje drugdje" u trenutku kada aplikacija počne, a njihovo čuđenje se moglo odmah uočiti. Uočeno je da korisnici manje istražuju VR prostor tokom tri dijela priče unutar pećine, vjerovatno zato što u tom prostoru nije bilo mnogo dešavanja. Ovo nam ukazuje da korisnici reaguju na radnje i aktivnosti u svom okruženju, i kada je to VR okruženje, i to na sličan način kao u stvarnom životu. Kada se mnogo stvari dešava uokolo, ljudi pokušavaju da sagledaju što više i da prikupe što više informacija u kraćem vremenu.

Kvalitativne studije zahtijevaju mnogo angažmana i vremena, ali pružaju vrijedne uvide u različite stavove i mogućnosti korisnika. Ovi uvidi mogu dovesti do promjena poput prilagođavanja nekih efekata ponašanju korisnika. Sporo vrijeme reakcije na upozorenja o vjetru za neke korisnike je bila smetnja da nastave sa igrom, a VR aplikacija je mogla prilagoditi kaznu prema izmjerenom vremenu reakcije, pružajući mogućnosti prilagođavanja sposobnostima korisnika.

Za većinu učesnika najzanimljiviji dio su bili eksponati alata i interakcija s njihovom 3D rekonstrukcijom kako je prikazano na slici 8.3. Ponovo je pokazano da korisnici vole slobodu i kontrolu. Korisnici su mahali alatima, slagali alate na hrpu, gurali alate okolo i udarali jedan alat drugim. Bilo je zaista nevjerojatno gledati ih i identificirati različite načine interakcije, a evo i zabilježenog jednog odgovora: "Alati koje zapravo možete vidjeti u stanju u kojem su pronađeni i uporediti ih sa stanjem u kojem su bili u punom obliku i veličini kada su bili korišteni. To je za mene najimpresivniji dio aplikacije."



a)



b)

Slika 8.3. Evaluacija korisničkog iskustva – interakcija s 3D alatima: (a) pregledanje rekonstruisanih alatki iz muzejske zbirke (b) bacanje koplja u polju

8.1.4. VR film *Devet disidenata*

Za inicijalnu korisničku evaluaciju VR filma "Devet disidenata" takođe smo se odlučili za kvalitativnu studiju. U našoj studiji kombinovali smo polustrukturirane intervjuje i kontekstualna zapažanja za prikupljanje podataka i osnovnu analizu sadržaja odgovora, kao tipičan pristup kada je istraživačko pitanje vezano za razumijevanje fenomena. Intervjuisali smo 12 učesnika sa različitim profesionalnim iskustvom: umjetnost, humanističke nauke i računarstvo, balansirane starosne distribucija, s polovinom učesnika iz Bosne i Hercegovine i drugom polovinom iz različitih zemalja učesnica COST Akcije CA16213 Nova istraživačka faza u istraživanju istočnoevropskih kultura neslaganja (NEP4DISSENT).

U cilju dokumentovanja emocionalnog iskustva učesnika; uključili smo otvorena pitanja koja ispituju korisnike o osjećajima nakon gledanja filma i tražili dodatne povratne informacije. Odgovori su analizirani kako bi se identificirale ključne teme povezane s korisničkim iskustvom. Kao najčešće teme identifikovane su: priča, strana, prihvatanje, komunisti, osjećaj, utisak i narativ. Lista tema identificiranih iz otvorenih pitanja prikazana je na dijagramu oblaka riječi koji veličinom fonta za riječ prikazuje učestalost riječi u odgovorima, što se može vidjeti na slici 8.4.



Slika 8.4. Oblak riječi VR film „Devet disidenata“– vizualizacija tema i njihovih frekvencija

Pored otvorenih pitanja o korisničkom iskustvu, zamolili smo učesnike da daju svoje mišljenje i o tome kako film "Devet disidenta" doprinosi konsolidaciji u vezi sa ciljevima COST Akcije CA16213 NEP4DISSENT. Važno je napomenuti da su korisnici prepoznali potencijal ove vrste medija za predstavljanje ove i sličnih izazovnih tema, što se ogleda u sljedećim povratnim informacijama: "Kreiranje VR filma koji nas stavlja u sudnicu, okruženje u kojem se više narativa može odigrati, suočiti se jedni s drugima."

8.2. Kvantitativne evaluacije

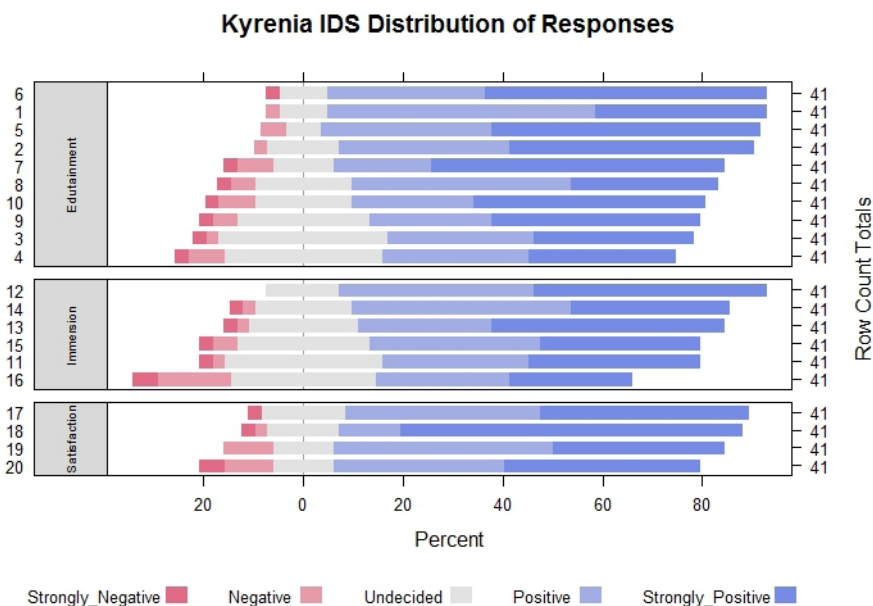
8.2.1 Pilot VR aplikacija Kyrenia

Evaluacija korisničkog iskustva za pilot aplikaciju Kyrenia je sprovedena anketiranjem korisnika upitnikom. U ovoj pilot fazi naš primarni cilj je bio testiranje upotrebljivosti sa ciljem da poboljšamo pilot aplikaciju i da identificiramo najočitije nedostatke. U isto vrijeme, željeli smo ocijeniti naš pristup korisničkoj evaluaciji, kao jedan od prvih korak u razvoju generaliziranog instrumenta za mjerenje karakteristika kao što su imerzija i edutainment.

Odlučili smo se za pozivanje korisnika na bazi vlastitog izbora, s fokusom na njihovu pouzdanost, te otvorenost za prenošenje i negativnih mišljenja, te spremnost analize i otkrivanja informacija o svome iskustvu u interakciji sa VR aplikacijom. Kako bismo osigurali da odgovori predstavljaju raznolik, poprečni presjek populacije ispitanika i utvrdili valjanost odgovora ankete, uključili smo pitanja za relevantne demografske podatke: starost, nivo obrazovanja i poznavanje rada na računaru. U evaluaciji je učestvovao 41 učesnik. Budući da je prezentacija digitalnog naslijeđa namijenjena širokoj publici, pozvali smo ispitanike koji predstavljaju različite grupe korisnika uključujući učenike, studente i profesionalce. Odabrali smo i izbalansirali različite tipove korisnika s obzirom na njihovu profesionalnu pozadinu (umjetnost, inženjering, historija, prirodne i društvene nauke) i poznavanje rada na računaru (osnovno, srednje i profesionalno). Korisnici su putem e-maila pozvani da dođu u laboratoriju, pogledaju digitalne priče i ukrcaju se u virtuelni model Kirenije, a nakon toga da popune web-baziranu anketu sumirajući svoje iskustvo.

Evaluacija je zasnovana na ocjenjivanju skupa izjava korištenjem Likertove skale slaganja od 5 tačaka u rasponu od Uopšte se ne slažem do Potpuno se slažem. Anketa je uključivala i otvorena pitanja za komentare korisnika. Anketa je sadržavala sljedeće sekcije: (1) uvodni dio s demografskim podacima korisnika, (2) pitanja koja procjenjuju nivo kompletnosti specifičnog puta

korisnika kroz Kyrenia IDS, (3) glavni dio s izjavama o digitalnim pričama (20 pitanja) i Kyrenia virtualnim modelom (15 pitanja), koje se ocjenjuju na Likertovoj skali i (4) pitanja koja se odnose na opšte karakteristike zadovoljstva korisnika kao što su vidljivost i kontrola. Distribucija frekvencije odgovora za Kyrenia IDS pilot studiju (Rizvic et al., 2017) prikazana je na slici 8.5 vizualizirana korištenjem divergentnog horizontalnog stupičastog dijagrama, prilagođenog za Likertove podskale i implementiranog u programskom jeziku R.



Slika 8.5. Distribucija odgovora na anketu za interaktivnu digitalnu priču Kyrenia. Odgovori su grupisani po karakteristikama: edutainment, imerzija i zadovoljstvo

Zanimljivo je primijetiti da ispitanici nisu bili tako strogi kada su ocjenjivali svoje iskustvo kretanja na brodu, iako su imali poteškoća. Međutim, ove poteškoće izazvale su nižu ocjenu izjava koje se odnose na imerziju. Kao zaključak vrijedi navesti izjave koje su dobile maksimalnu pozitivnu ocjenu: "Život mornara bio je vrlo težak i opasan.", te "Volio bih vidjeti još priča o drevnom Mediteranu". ilustrirajući empatiju prema ljudima tog doba, a zatim i radoznalost za historijski period i prostor, radoznalost izazvanu interakcijom s aplikacijom Kyrenia.

8.2.2. Skokovi sa Starog mosta VR

Specifičnost napredne evaluacije je bio fokus na ocjenu važnosti VR tehnologije za korisničko iskustvo skokova sa Starog mosta u Mostaru, posebno u kontekstu očuvanja nematerijalnog kulturnog nasljeđa. Studija mjeri važnost VR tehnologije indirektno mjerenjem korisničkog iskustva web verzije iste aplikacije, upoređujući mišljenja dvije grupe korisnika: onih s prethodnim iskustvom VR aplikacije i korisnika bez prethodnog iskustva s VR aplikacijom Skok sa Starog mosta. Prvu grupu korisnika nazivamo "Web after VR" grupa, a drugu "Web Only" grupa.

Naša studija se fokusirala na procjenu sklonosti korisnika i vjerovatnosti korištenja web aplikacije za skokove sa Starog mosta, i to mjerenjem glavnih prediktora: jednostavnosti korištenja i korisnosti. Izabrali smo već šire poznat model za prihvatanje tehnologije — UTAUT (Venkatesh, 2003) — sa sljedećim osnovnim konstruktima koji se odnose na korisnost ili očekivani učinak (engl. *Performance Expectancy*) – PE i jednostavnost upotrebe ili očekivani napor (engl. *Effort Expectancy*) EE. Važan konstrukt ovog modela je namjera korištenja tj. ponašanja (engl. *Behavioral Intention*) – BI.

Na osnovu pregleda srodnih istraživanja, i našeg iskustva sa pilot kvalitativnom evaluacijom korisničkog iskustva Skokova sa Starog mosta VR, postavljene su sljedeće hipoteze:

H1: VR iskustvo ima pozitivan učinak na PE web aplikacije.

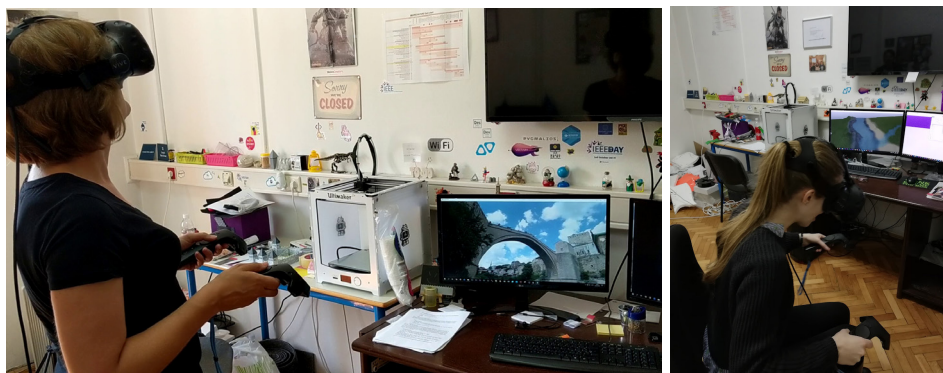
H2: VR iskustvo ima negativan učinak na EE web aplikacije.

H3: VR iskustvo će imati značajan pozitivan uticaj na BI da koristi VR.

Usvajili smo kvantitativni pristup zasnovan na anketi korisnika kao preferiranoj metodi za evaluaciju korisničkog prihvatanja nove tehnologije i za istraživanje ponašanja korisnika. Upitnici za anketiranje su postavljeni na webu, a bili su dizajnirani i implementirani kako bi se izmjerili identifikovani konstrukti od značaja. Budući da se naše istraživanje zasniva na prethodno potvrđenim teorijskim modelima, upitnike smo dizajnirali analogno prethodno opisanim instrumentima. Autori obično modificiraju pitanja kako bi odgovarala specifičnoj studiji i dizajnirani instrument se mora testirati kako bi se utvrdila njegova valjanost i pouzdanost.

Eksperiment korištenja VR aplikacije proveden je u Sarajevo Graphics Group laboratoriji Univerziteta u Sarajevu. Angažman s web aplikacijom nije zahtijevao prisustvo korisnika u laboratoriji. Učesnici su regrutovani po pozivu, a

korisnici su pozvani tako da predstavljaju različite grupe uključujući studente i profesionalce, te predstavnike različitih tipova korisnika s obzirom na njihovo profesionalno porijeklo i spol. Kako bismo osigurali da odgovori predstavljaju raznolik, poprečni presjek ispitanika i da bismo utvrdili valjanost studije, zamolili smo učesnike da dostave relevantne demografske podatke: starost, spol i profil studija/posla.



Slika 8.6. Evaluacija korisničkog iskustva

Web after VR grupa uključivala je 52 učesnika. Korisnici su pozvani da učestvuju u interaktivnim digitalnim pričama i da virtualno zarone u Neretvu skokom sa virtualnog modela Starog mosta u Mostaru. Provedene su individualne evaluacijske sesije koje su u prosjeku trajale 35 minuta. Od korisnika se očekivalo da ostanu stajati tokom eksperimenta. Pojedini korisnici su koristili aplikaciju sjedeći, kako zbog straha od visine, a neki i zbog nesigurnosti kad je u pitanju plivanje. Primjeri ispitanika tokom eksperimenta su dati na slici 8.6. Poduzete su mjere predostrožnosti kako bi se osigurala sigurnost učesnika. Procedura i zadaci eksperimenta bili su poznati učesnicima prije izvođenja eksperimenta. Učesnicima je savjetovano da slobodno izraze svoje zadovoljstvo ili nezadovoljstvo i da objasne svoje iskustvo u odgovaranju na pitanja. Korisnici su pozvani da koriste web verziju aplikacije nakon što iskuse VR aplikaciju i popune evaluacijsku anketu koja se sastoji od dva ranije opisana upitnika.

Učesnici kontrolne grupe (samo za web) bili su pozvani da isprobaju web aplikaciju bez potrebe da iskuse VR verziju. Pozvani su –emailom sa linkom do aplikacije i linkom za pristup anketi koja sadrži samo prvi upitnik. Pozivi su upućeni za više od 80 potencijalnih učesnika, po broju i demografskom sastavu prve grupe, uz 41 pozitivan odgovor. Demografski podaci za obje grupe sumirani su u tabeli 1.

Tabela 8.1. Sumarni rezultati za demografske podatke učesnika

Osobina	Modalitet	Web safter VR	Web Only
Spol	Ženski	33	32
	Muški	19	9
Godine	< 20	4	4
	20-24	13	22
	25-34	21	8
	35-49	6	4
	50-59	7	3
	> 60	1	0
	Nastavnik	20	4
Obrazovna uloga	Student/učenik	16	25
	Nije u obrazovanju	16	12
Stepen obrazovanja	Visoko obrazovanje	39	37
	Bez visokog obrazovanja	13	4

Izjave koje opisuju PE su izrazito povezane sa specifičnom upotrebom aplikacije i prilično se razlikuju ako se aplikacija koristi u poslovnom kontekstu ili ne. Za potrebe studije dizajnirali smo dva upitnika. Prvi upitnik je dizajniran za mjerenje PE i EE web aplikacije, a distribuiran je objema grupama: Web nakon VR i Web Only. Drugi upitnik je sadržavao stavke koje su upoređivale VR i Web aplikaciju u odnosu na konstrukte PE i EE, ali je uključivao i dodatni konstrukt usklađen s namjerom korištenja - BI. Drugi upitnik je distribuiran samo korisnicima koji su isprobali obje aplikacije tj. "Web after VR" grupa.

Tabela 8.2. Sumarni statistički rezultati za prvi upitnik

Stav	Srednja vrijednost		Standardna devijacija	
	Web after VR	Web Only	Web after VR	Web Only
PE1 Korištenje aplikacije pruža osjećaj zaigranosti i maštovitosti.	5,88	5,51	1,52	1,27
PE2 Aplikacija mi je omogućila stvarno iskustvo visine.	5,52	4,46	1,63	1,57
PE3 Aplikacija mi je omogućila da razumijem iskustvo skakanja sa Starog mosta.	5,19	4,59	1,66	1,34
PE4 Moje kretanje kroz aplikaciju je bilo spontano.	5,60	5,29	1,38	1,44
PE5 Aplikacija je omogućila da se osjećam kao da sam na Starom mostu.	5,50	5,56	1,75	1,40
PE6 Pažljivo sam slušao digitalne priče.	5,05	5,29	1,91	1,54

Stav	Srednja vrijednost		Standardna devijacija	
	Web after VR	Web Only	Web after VR	Web Only
PE7 Naučio sam interesantne informacije o Starom mostu.	5,96	5,73	1,30	1,25
PE8 Aplikacija mi je omogućila jedinstveno iskustvo.	6,10	5,39	1,39	1,30
EE1 Korištenje web aplikacije mi je bilo jednostavno.	5,83	5,07	1,42	1,52
EE2 Nisam imao problema sa navigacijom kroz digitalne priče.	5,87	4,76	1,48	1,89
EE3 Interakcija sa aplikacijom je jasna i razumljiva.	5,79	5,41	1,47	1,26
EE4 Interakcija sa aplikacijom ne zahtjeva puno napora.	5,92	5,24	1,37	1,64
EE5 Nije mi trebala pomoć za korištenje aplikacije.	5,44	5,44	1,76	1,61

Prvi upitnik je sadržavao stavke Likert skale koje su ocjenjivane sa 7 stepeni slaganja. Upitnik je dizajniran za mjerenje identifikovanih konstrukta, koristeći 8 stavki za PE i 5 stavki za EE. Upitnici su bili pregledani od strane stručnjaka iz oblasti psihometrije i UX. Prije validacije naših hipoteza, testirali smo validnost i pouzdanost instrumenta.

Tabela 8.3. Metrike na bazi frekvencija za prvi upitnik

Stav	Maksimalno slaganje		Procenat slaganja	
	Web after VR	Web Only	Web after VR	Web Only
PE1	47%	28%	87%	93%
PE2	40%	11%	77%	49%
PE3	26%	5%	79%	56%
PE4	28%	14%	87%	83%
PE5	38%	41%	79%	78%
PE6	34%	24%	77%	76%
PE7	43%	52%	89%	80%
PE8	58%	37%	87%	78%
EE1	44%	22%	87%	40%
EE2	48%	27%	87%	38%
EE3	44%	24%	79%	42%
EE4	46%	29%	88%	42%
EE5	37%	32%	77%	44%

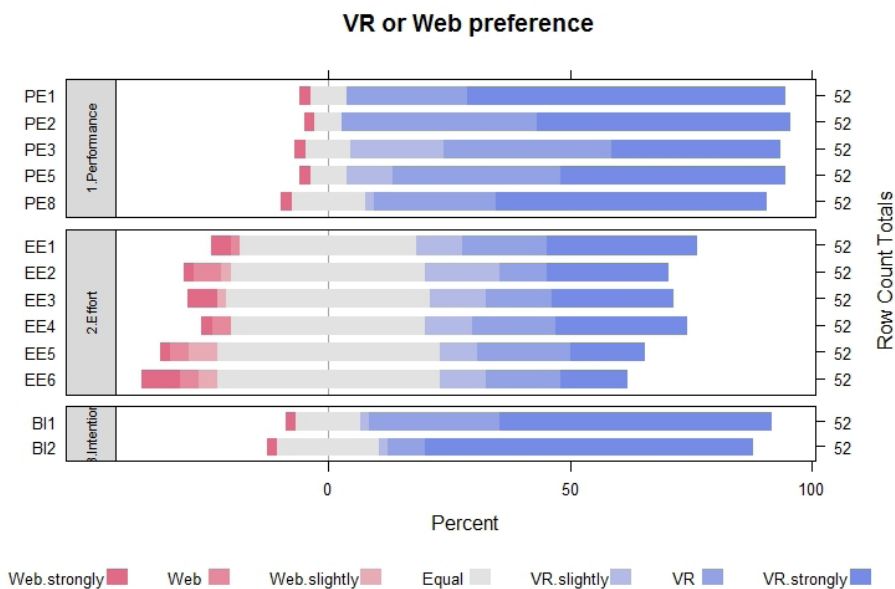
Drugi upitnik, koji je korišten za direktno poređenje VR i web aplikacije, podijeljen je na podskale povezane s istim konstruktima. I ovaj upitnik je ocjenjivan sa 7 stepeni slaganja, pri čemu 1 označava snažnu preferenciju za Web

aplikaciju, 4 označava jednakost, a 7 ukazuje na preferenciju VR aplikacije. Za poređenje konstrukta je korišteno 5 stavki za PE, 6 stavki za EE i 2 stavke za BI. Unutar podskale korisnosti - učinka (PE) ponovili smo stavke iz prvog upitnika fokusiranog na skokove, a u okviru podskale jednostavnosti upotrebe (EE), ponovili smo sve stavke i dodali stavku za upoređivanje ukupne lakoće upotrebe. Drugi upitnik su ispunjavali samo ispitanici iz grupe "Web After VR". Tvrdnje vezane za BI su:

BI1: Rado bih ponovio/la korištenje VR aplikacije Skok sa Starog mosta.

BI2: Preporučio bih prijateljima da probaju VR aplikaciju Skok sa Starog mosta.

Testirali smo internu konzistentnost za podskale izračunavajući Cronbach Alpha vrijednosti za konstrukte, i dobili rezultat viši od 0,85 što ukazuje na vrlo dobru konzistentnost. Distribucija odgovora za svaku specifičnu stavku u drugom upitniku prikazana je na slici 8.7. Grafikon je implementiran u jeziku R, tipa horizontalni naslagani stupičasti graf, sa divergentnim stupcima, i implementacija je preuzeta iz (Heiberger, 2014). Očigledna je značajna razlika u distribuciji odgovora. Distribucija odgovora za EE pokazuje da gotovo polovina učesnika obje tehnologije smatra jednakim, dok su ostali odgovori podijeljeni. Ovo je u skladu s rezultatima iz literature (Venkatesh, 2003) koji ukazuju da s iskustvom korisnici razvijaju određeni nivo stručnosti i za takve korisnike EE smanjuje svoju relevantnost za BI konstrukt, odnosno namjeru



Slika 8.7. Poređenje VR i Web tehnologije za interaktivno digitalno pripovjedanje

ponovnog korištenja. S obzirom na distribuciju odgovora za PE i BI, očigledna je prevalencija VR kao tehnologije izbora za interaktivno digitalno pripovijedanje. Na osnovu prikazanih rezultata može se zaključiti da su hipoteze H i H3 dokazane, a H2 nije.

8.2.3. *Glumci u digitalnom pripovijedanju - Baiae*

Pristupi u analizi podataka UX evaluacija i naknadnoj prezentaciji rezultata, uključujući interpretacije, biraju se prema specifičnosti studije, odnosno predmeta evaluacije. Za pilot studije koje su imale za cilj da identifikuju snage i slabosti IDS aplikacije, kao u slučaju pilot studije Kyrenia, distribucija odgovora je bila instrumentalna u identifikaciji poboljšanja. U studiji slučaja Baiae (Rizvic et al., 2019) odgovori su interpretirani kako bi se dokazale istraživačke hipoteze. Baiae studija slučaja razvijena je s primarnom hipotezom kako bi se pokazalo da korištenje glumaca u VR pripovijedanju doprinosi kvaliteti korisničkog iskustva i poboljšava i korisničku imerziju i edukacionu komponentu kvaliteta za aplikacije virtualnog kulturnog naslijeđa.

Istraživačko pitanje je bilo "Kako upotreba glumaca u VR pripovijedanju utiče na korisničko iskustvo u vezi sa imerzijom i edutainmentom aplikacija virtuelnog kulturnog naslijeđa?" Studija je sprovedena u istraživačkoj laboratoriji na Univerzitetu u Sarajevu i evaluatori su mogli da posmatraju učesnike dok su bili angažovani u VR interaktivnoj digitalnoj priči. Kvantitativne analize su često bile potkrijepljene dokumentiranim zapažanjima. Učesnici su regrutovani po pozivu, uključujući uravnotežen broj predstavnika različitih grupa korisnika, s obzirom na njihovu dob, profesionalna interesovanja i njihovu ulogu u obrazovnom procesu. Kako bismo dokumentovali da odgovori predstavljaju različite presjeke korisnika i utvrdili validnost odgovora na anketu, prikupili smo relevantne demografske podatke: starost, pol, profesionalno iskustvo, uloga u obrazovanju, prema preporukama za izbor učesnika po pozivu.

Učesnici su upoznati sa procedurom eksperimenta, njihovim zadacima i upućeni da slobodno izraze svoje zadovoljstvo ili nezadovoljstvo. Neposredno nakon interakcije s Baiae VR digitalnim pričama, korisnici su odgovarali na pitanja u kojima su sumirali svoje iskustvo. Evaluatori su posmatrali korisnike tokom eksperimenta i konstatovali ponašanje korisnika, pokrete, objekte pažnje i moguće neželjene efekte korištenja VR opreme.

Upitnik je sadržavao sljedeće sekcije: demografske podatke; evaluaciju korisničkog iskustva sa izjavama koje se ocjenjuju na Likertovoj skali od 5 tačaka,

sa 1 - "uopšte se ne slažem" i 5 - "u potpunosti se slažem", a koje su organizirane u 3 podskale koje mjere imerziju, edutainment i lakoću korištenja; te zaključni dio: povratne informacije korisnika i test znanja kojim se mjeri učinkovitost obrazovnog dijela aplikacije. Podskale korisničkog iskustva bile su izbalansirane po broju izjava i sve su sadržavale nekoliko izjava koje su eksplicitno adresirale ulogu i značaj živih glumaca za implementaciju IDS.

U tabeli 8.4. prikazane su odgovarajuće zbirne statističke mjere: srednja vrijednost i procenat slaganje. Procenat slaganja odgovara udjelu korisnika koji su stav ocijenili ocjenom većom od neutralne, u ovom slučaju "slažem se" i "u potpunosti se slažem".

Tabela 8.4. Sumarni rezultati

Osobina	Srednja vrijednost	Procenat slaganja
Imerzija	3.89	71%
Edutainment	4.20	79%
Lakoća korištenja	4.36	82%

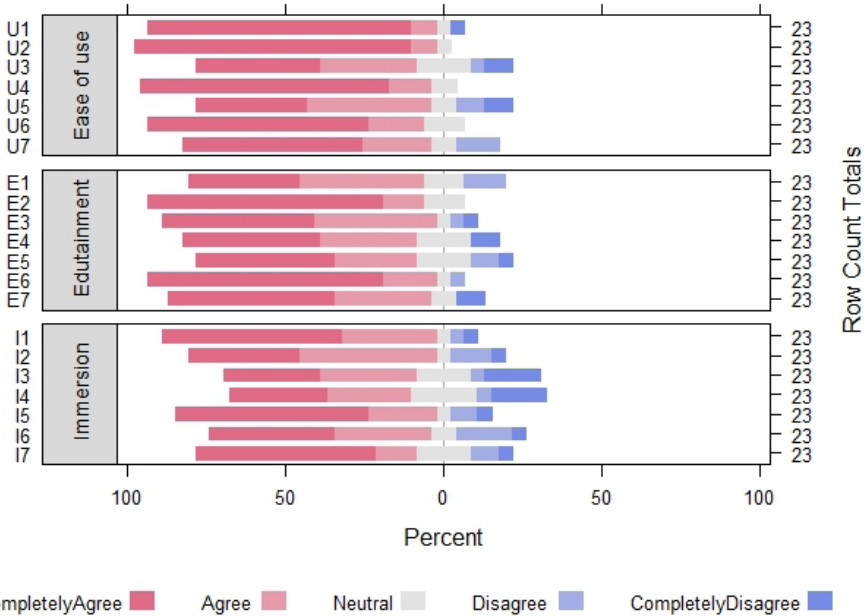
Dijagram prikazan na slici 8.8. pruža uvid u svaku specifičnu izjavu i ilustruje distribuciju odgovora grupisanih prema podskalama.

Značajno je napomenuti da među izjavama vezanih za imerziju koje su dobile najveću ocjenu možemo izdvojiti sljedeće: "Glumci uživo čine VR priču osobnijom i živopisnijom", "Zabavljao sam se gledajući glumce i gledajući okolinu Baiae." Sljedeće izjave u podskali edutainment su bile ocijenjene najvišom ocjenom i od strane učenika i nastavnika: "Želio bih koristiti sličnu VR priču da učim o uništenim povijesnim mjestima" i "VR priče poput Baiae mogu generirati sadržaj učenja i pomoći u prijenosu i očuvanju znanja".

Postignuti rezultati su podržali naše hipoteze, VR digitalne priče u koje su uključeni glumci rezultirale su postizanjem visokog nivoa imerzije korisnika. Zadovoljstvo korisnika obrazovnom komponentom bilo je još veće, a mi smo zaključili da personalizacija historijskih uloga predstavlja nov i zabavan način da korisnici saznaju o historijskim lokalitetima i drevnim društvima.

Pored kvantitativnih rezultata, zapažanja evaluatora su omogućila dodatne analize i zaključke korisne za budući rad. Dobar primjer je promatranje kako su korisnici reagirali na promjenu boje glumca koji govori kao znak da usmjere svoju pažnju. To je važan faktor koji doprinosi imerziju u VR okruženju od 360 stepeni (Elmezeny et al., 2018) kada nema pomoći kadriranja da definiše tok korisnikovog posmatranja.

Baiae Evaluation



Slika 8.8. Distribucija odgovora na anketu za interaktivnu digitalnu priču Baiae. Odgovori su grupisani po karakteristikama: lakoća korištenja (U), edutainment (E) i imerzija (I)

8.2.4. Bitka na Neretvi VR

U slučaju VR aplikacije Bitka na Neretvi koristimo već definisani i oprobani okvir za korisničku evaluaciju. Upitnik sadrži četiri sekcije: (1) uvodni dio s demografskim podacima, (2) pitanja koja procjenjuju "potpunost interakcije", (3) glavni dio za evaluaciju sastavljen od 3 podskale koje se bave imerzijom i edutainmentom povezanim s očekivanim učinkom (engl. *Performance Expectancy* - PE), i zadovoljstvo upotrebljivošću povezano sa očekivanim naporom (engl. *Effort Expectancy* - EE); i (4) otvorena pitanja u kojima korisnici mogu izraziti svoja mišljenje o prezentaciji i najinteresantnijim i najproblematičnijim dijelovima. Procjena podskala se vrši korištenjem Likertove skale od 5 stepena saglasnosti. Eksperiment korisničke evaluacije VR aplikacije proveden je u Sarajevo Graphics Group laboratoriji Univerziteta u Sarajevu – Elektrotehničkom fakultetu.

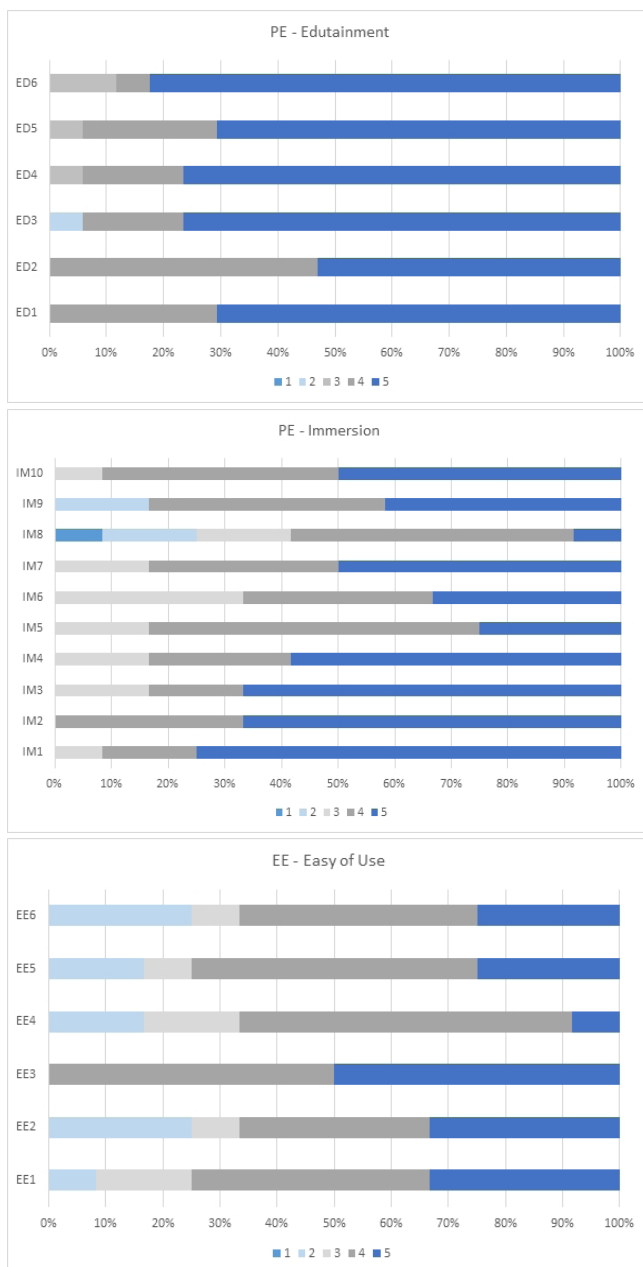
Tabela 8.5. Sumarna statistika po pod-skalama: edutainment (EDx), imerzija (IMx) i lakoća korištenja (EEx).

Oznaka	Izjava	Srednja vrijednost	SD
ED1	Puno sam naučio/la iz priča	4,71	0,47
ED2	Baš sam se zainteresovao/la za historiju tog perioda	4,53	0,51
ED3	Htio/la bih da naučim više o historijskim dešavanjima u BH tokom II svjetskom ratu	4,65	0,79
ED4	Zadivila me je ideja rušenja i izgradnje mosta	4,71	0,59
ED5	Iznenadila me je kako je rušenja mosta bilo važno	4,65	0,61
ED6	Volio/la bih vidjeti više priča o historijskim događajima	4,71	0,69
IM1	Svidjela su mi se implementacija VR okruženja	4,76	0,56
IM2	Glas glumca je bio autoritativan i pobuđuje interes za bitku	4,76	0,44
IM3	Brzo mi je prošlo vrijeme	4,65	0,70
IM4	Igre su mi bile zanimljive	4,59	0,71
IM5	Skoro da sam osjećao/la da se nalazim na terenu	4,35	0,70
IM6	Mogao/la sam zamisliti partizane u snijegu i na mostu	4,29	0,85
IM7	Svidjele su mi se VR rekonstrukcija privremenog mosta	4,53	0,72
IM8	Okruženje mosta je realistično	3,82	1,24
IM9	Vrijeme mi je brzo prošlo dok sam se kretao/la	4,35	1,00
IM10	Interesantna je mogućnost rušenja aviona i gradnje mosta	4,59	0,62
EE1	Prepoznao/la sam komande za kretanje i interakciju sa predmetima	4,00	0,95
EE2*	Osjećao/la sam vrtoglavicu zbog kretanja	4,06	1,22
EE3	Kretanje je bilo jednostavno	4,59	0,52
EE4	Interakcija sa objektima poput detonatora je bila jednostavna	3,88	0,90
EE5	Bilo mi je razumljivo kako da navigiram kroz VR aplikaciju	3,24	1,03
EE6*	Teško sam kontrolisao/la kretanje kroz model	3,82	1,15

Srednje vrijednosti za stavke očekivanog učinka su u rasponu od 3,82 i 4,76 za imerziju i u rasponu od 4,53 i 4,71 za edutainment. Srednje vrijednosti za stavke očekivanog napora su u rasponu od 3,24 i 4,59. Struktura upitnika i pregled statističkih mjera, srednje vrijednosti i standardne devijacije su prikazani u Tabeli 8.5. Mogu se zapaziti veće srednje vrijednosti što ukazuje na nesimetričnu distribuciju odgovora, pa je bolji uvid u učestalost odgovora dat na slici 8.9. Potrebno je napomenuti da kako izjave EE2* i EE6* predstavljaju negativne stavove ocjene su komplementirane prije analize.

Naši zaključci su da na korisničko iskustvo utiče kvalitet njihove interakcije gestom i korisničke vještine, ali najviše jedinstveno iskustvo VR/AR simulacije, kao i kvalitet prikazanog narativa. Uočeno zadovoljstvo korisnika

navigacijom nije u korelaciji sa nivoom potrebne pomoći učesnicima, što smo dokazali i u prethodnom istraživanju vezanom za VR aplikaciju Skokovi sa Starog mosta u Mostaru.



Slika 8.9. Distribucija odgovora na anketu za VR aplikaciju Bitka na Neretvi. Odgovori su grupisani po karakteristikama: lakoća korištenja (EE), edutainment (ED) i imerzija (IM)

Napominjemo da časopis IEEE ComputingEdge raspravlja o upotrebljivosti u AR i VR-u, iznoseći uredničko mišljenje da u AR i VR “nezgrapne slušalice i neintuitivni interfejsi koji zahtijevaju pretjerane pokrete mogu stvoriti negativna korisnička iskustva” (IEEE Computing Edge 2021). Rezultati evaluacije koje smo dobili ukazuju na to da kvalitet naracije pozitivno utiče na imerziju i prisutnost, čak i u prisustvu identifikovanih problema kada je u pitanju jednostavnost korištenja. I kod prethodnih evaluacija smo zaključili da se za ne-poslovne aplikacije standardni model usvajanja tehnologije (TAM) mijenja tako da očekivani učinak utiče na ocjenu očekivanog napora, umjesto suprotno. Možemo sumirati: kada su korisnici motivirani da isprobaju i dožive VR/AR naraciju spremni su uložiti više napora u korištenje aplikacije.

8.2.5. Trebinjske tvrđave VR

Kvalitet ukupnog korisničkog iskustva VR aplikacije interaktivnog digitalnog pripovjedanja za Trebinjske tvrđave ocijenjen je kvantitativnom studijom dizajniranom prema našem benchmarking okviru (Boskovic et al., 2017). Osim mjerenja nivoa očekivanog učinka tj. očekivanih performansi i očekivanog truda, korištenje standardiziranog alata za evaluaciju omogućava poređenje VR rješenja i identifikaciju preferencija korisnika. Način pozivanja korisnika i dizajn upitnika je slijedio naša prethodna iskustva i preporuke benchmarking okvira. U studiji je učestvovalo 27 korisnika, od kojih je 10 posjetilaca Muzeja Hercegovine u Trebinju – vidjeti sliku 8.10.



Slika 8.10. Korisnici u Muzeju Hercegovine u Trebinju

Evaluirani su sljedeći atributi: očekivani učinak (PE) kojeg, već standardno, povezujemo sa imerzijom i edutainmentom; i očekivani trud (EE) povezan sa percipiranom lakoćom upotrebe. Rezultati sumarne statistike prikazani su

u tabeli 8.6 po specifičnim metrikama: opseg srednjih ocjena za pojedinačne tvrdnje, srednja vrijednost ocjena i standardna devijacija (SD) izračunate za osobine u fokusu istraživanja.

Predstavljeni rezultati su u skladu s našim prethodnim nalazima: ocjena iska-za vezanih za lakoću upotrebe utiče na imerziju, ali ne značajno, a eduta-ment od korisnika dobija najvišu ocjenu.

Tabela 8.6. Sumarni rezultati

Osobina	Opseg srednjih vrijednosti za tvrdnje	Srednja vrijednost	SD
Imerzija	3,89 - 4,41	4,20	0,91
Edutainment	4,15 - 4,63	4,36	0,75
Lakoća korištenja	2,70 - 4,30	3,78	1,08

Važno je uočiti da evaluacija korisničkog iskustva kada su u pitanju VR apli-kacije zahtijeva značajno više i vremena i angažmana evaluatora. I u slučaju posjedovanja više setova opreme, svaki korisnik koji evaluira VR aplikaciju u laboratorijskim uslovima je tokom cjelokupne evaluacije podržan i nadziran od strane evaluatora kako je prikazano na slici 8.11.



Slika 8.11. Evaluacija korisničkog iskustva

9. ZAKLJUČAK

U ovoj knjizi predstavili smo rad istraživačke laboratorije Sarajevo Graphics Group sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Sarajevu i njihovih saradnika iz Udruženja za digitalizaciju i informatizaciju kulturne baštine DIGI.BA. Pokazali smo kako se VR i AR tehnologije mogu iskoristiti kao alati za prezentaciju i očuvanje kulturne baštine. Kreirali smo digitalni sadržaj za muzeje koji upotpunjava fizičke izložbe i omogućava posjetiocima da dožive kulturno naslijeđe. Interaktivno digitalno pripovijedanje se pokazalo kao metodologija kojom se uspješno komuniciraju informacije konzumentima sa kratkim rasponom pažnje i hroničnim nedostatkom vremena. Historijske informacije postaju atraktivni sadržaj sa visokim stepenom imerzije i edutainmenta.

Postavili smo temelj VR kinematografije u Bosni i Hercegovini produkcijom dva prva BH VR filma. Reditelji, glumci, snimatelji, vizualni umjetnici, scenografi, kostimografi, make-up artisti, montažeri i dizajneri zvuka su dobili priliku da svoje vještine prilagode novom filmskom jeziku, koji je još uvijek u razvoju. AR sadržaji su se pokazali veoma popularnim za korisnike mobilnih uređaja, gdje se preko slike sa kamere prikazuju dodatne informacije o korisnikovom okruženju, objekti koji su se nekada tamo nalazili i informacije o njima.

Prezentirani projekti omogućili su nam da zauzmemo značajno mjesto u evropskoj i svjetskoj zajednici naučnika i umjetnika koji se bave tehnologijama proširene stvarnosti. Kvalitet našeg rada je prepoznat kroz mnogobrojne pozive u lokalne i međunarodne projektne konzorcijume. Dodjela grantova kao što su Horizon 2020, ERASMUS+ i Creative Europe je objektivna potvrda da smo uspjeli u našoj misiji.

Svi ovi uspjesi bi bili nemogući bez naših vrijednih saradnika kojima se od srca zahvaljujemo: scenarista Fatmir Alispahić, reditelji Ahmed Imamović i Tarik Hodžić, VR producent, snimatelj i reditelj Bojan Mijatović, glumci Selma

Alispahić, Aleksandar Seksan, Mirza Mušija, Rijad Gvozden, Amar Selimović, Boris Balta, Jelena Laban i Nermin Hodžić, kostimografkinje i scenografkinje Adisa Vatreš Selimović i Monika Močević, make up artistica Naida Đekić, kompozitor i dizajner zvuka Adnan Mušanović, kompozitor i muzičar Emir Bukovica, historičari/arheolozi/kustosi Adnan Muftarević, Moamer Šehović, Indira Kučuk Sorguč, Ana Marić, Edin Bujak, Azra Đelmo, Marina Ljubičić, Ivana Grujić, Jelena Anđelković Grašar, Emilija Nikolić, Lida Miraj, Mile Baković, Dražen Karadaglić, Ema Mazrak, Aida Bičakčić, Jelena Đukanović, Srđan Delić i Adnan Busuladžić, vizualni umjetnici Enis Čišić, Emir Durmišević, Edin Durmišević, Džana Torlak Hulusić, Mirsad Festa i Aida Sadžak, softver developeri Sanda Šljivo, Edo Škaljo, Ivona Ivković Kihic, Irfan Prazina, Sanja Milović, Malek Chahin, Ajdin Jajčanin i Tarek-Abdurrazak Chahin, te Tatjana Mijatović, Adisa Rogo Šito i Renato Scuzzarello. Prijevode tekstova je radila Agencija Diwan.

Više informacija o našem radu se može naći na <https://people.etf.unsa.ba/~srizvic/sgg.htm>

LINKOVI

- 4.5. Kyrenia interaktivna digitalna priča
<http://h.etf.unsa.ba/kyrenia/#/>
- 6.1. Virtuelna prezentacija podvodnog kulturnog naslijeđa – H2020 iMARECULTURE projekat
<https://youtu.be/YvDlrxhnLfE>
- 6.2. Devet disidenata
<https://youtu.be/w3vKIQ2NFW0>
- 6.3. Virtuelni skok sa Starog Mosta u Mostaru
<http://h.etf.unsa.ba/mostar-jumps/>
- 6.4. Sarajevski ratni tunel
<http://h.etf.unsa.ba/tunel-spasa/>
- 6.5. Sarajevo 5D
<http://h.etf.unsa.ba/sarajevo5d/>
- 6.6. Rimsko naslijeđe Balkana
<http://h.etf.unsa.ba/romanheritage/>
- 6.7. Rimsko naslijeđe Sarajeva
<http://h.etf.unsa.ba/RimskoNaslijedjeSarajeva/>
- 6.8. Virtuelni muzej starih zanata
<http://h.etf.unsa.ba/oldcraftsvm/>
- 6.9. Bitka na Neretvi VR
<http://h.etf.unsa.ba/bitkananeretvivr/>
- 6.10. Underground
<http://h.etf.unsa.ba/underground/>
- 6.11. Crvena stijena VR
<http://h.etf.unsa.ba/crvenastijena/>
- 6.12. Da Vinci effect – zajedničko VR iskustvo za više korisnika
<https://youtu.be/aojbLRzuG4c>

- 6.13. Ilhamija – prvi bosanski disident
https://youtu.be/_W9mKBye5G0
- 6.14. Džamija u Logu pod Mangartom
<http://h.etf.unsa.ba/logvr/>
- 6.15. Trebinjske tvrđave VR
<http://h.etf.unsa.ba/trebinjevr/>
- 6.16. Bitka na Kozari VR
<http://h.etf.unsa.ba/bitkanakozarivr/>

REFERENCE

2. Virtualna i proširena stvarnost

1. Kussmaul, C. L. "Virtual reality: A new tool for environmental psychology research", *Journal of Environmental Psychology*, 54, 2017, 20-32., <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2017.08.003>
2. Weinbaum, Stanley G. "Pygmalion's spectacles", Simon and Schuster, 2016.
3. Mahmood, F., Mahmood, E., Dorfman, R.G., Mitchell, J., Mahmood, F.U., Jones, S.B. and Matyal, R. "Augmented reality and ultrasound education: initial experience", *Journal of cardiothoracic and vascular anesthesia*, 32(3), 2018, pp.1363-1367.
4. Steinicke, F. and Steinicke, F. "Being Really Virtual: Immersive Natives and the Future of Virtual Reality", *The science and fiction of the ultimate display*, 2016, pp.19-32.
5. Perry, D.H., Warton, L.H. and Welbourn, C.E. "A flight simulator for research into aircraft handling characteristics", 1966.
6. Lanier, J. "A vintage virtual reality interview", 1988.
7. Kohut, I. and Kreminskiy, V. "History of virtual reality", (Doctoral dissertation, Тернопіль: ТНЕУ), 2018.
8. Rosenberg, L.B. "The Use of Virtual Fixtures as Perceptual Overlays to Enhance Operator Performance in Remote Environments", *Stanford Univ Ca Center for Design Research*, 1992.
9. Berkman, M.I., Akan, E. "Presence and Immersion in Virtual Reality", In: Lee, N. (eds) *Encyclopedia of Computer Graphics and Games*, Springer, Cham, 2019.

3. Pregled oblasti

1. Rupa, C., Srivastava, G., Ganji, B., Tatiparthi, S.P., Maddala, K., Koppu, S. and Chun-Wei Lin, J. "Medicine drug name detection based object recognition using augmented reality", *Frontiers in Public Health*, 10, 2022, p.948.
2. Hameed, Q.A., Hussein, H.A., Ahmed, M.A. and Omar, M.B. "Development of Augmented Reality-based object recognition mobile application with Vuforia", *Journal of Algebraic Statistics*, 13(2), 2022, pp.2039-2046.

3. Wang, G., Ren, G., Hong, X., Peng, X., Li, W. and O'Neill, E. "Freehand Gestural Selection with Haptic Feedback in Wearable Optical See-Through Augmented Reality", *Information*, 13(12), 2022, p.566.
4. Dorzhieva, E., Baza, A., Gupta, A., Fedoseev, A., Cabrera, M.A., Karmanova, E. and Tsetserukou, D. "DroneARchery: Human-Drone Interaction through Augmented Reality with Haptic Feedback and Multi-UAV Collision Avoidance Driven by Deep Reinforcement Learning", *IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, IEEE, 2022, October, pp. 270-277.
5. Miranda, B.P., Queiroz, V.F., Araújo, T.D., Santos, C.G. and Meiguins, B.S. "A low-cost multi-user augmented reality application for data visualization", *Multimedia Tools and Applications*, 81(11), 2022, pp.14773-14801.
6. Wang, J. and Qi, Y. "A multi-user collaborative AR system for industrial applications", *Sensors*, 22(4), 2022, p.1319.

4. Interaktivno digitalno pripovijedanje

1. Miller, C. "Digital Storytelling: A Creator's Guide to Interactive Entertainment", Focal Press, 2004.
2. Alexander, B. "The New Digital Storytelling: Creating Narratives with New Media", Westport, CT, USA: Praeger Publishers, 2011.
3. Aristotle, "Poetics", 384 to 322 B.C.E.
4. Campbell, J. "The Hero with a thousand faces", First edition, 1949.
5. Pietroni, E., Pagano, A. and Rufa, C. "The etruscanning project: Gesture-based interaction and user experience in the virtual reconstruction of the regolini-galassi tomb", *Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, vol. 2, 2013, pp. 653-660.
6. Pagano, A., Armone, G. and Sanctis, E. D. "Virtual museums and audience studies: the case of x201c;keys to rome x201d; exhibition", *Digital Heritage*, vol. 1, 2015, pp. 373-376.
7. Schoenau-Fog, H. "Adaptive Storyworlds", Cham: Springer International Publishing, 2015, pp. 58-65.
8. Rizvic, S., Okanovic, V., Prazina, I. and Sadzak, A. "4D Virtual Reconstruction of White Bastion Fortress", *Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, C. E. Catalano and L. D. Luca, Eds. The Eurographics Association, 2016.
9. Rizvic, S. and Muhtarevic, A. "4D virtual presentation of White Bastion fortress", <http://h.etf.unsa.ba/bijelatabija> (pristupljeno: 15.06.2017.)
10. Sweller, J., Ayres, P. and Kalyuga, S. "Adaptive Storyworlds", New York: Springer, 2011.
11. Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M. and Schmitz, B. "Review: Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction", *Comput. Hum. Behav.*, vol. 26, no. 6, Nov. 2010, pp. 1278-1288.

12. DeStefano D. and LeFevre, J.-A. "Cognitive load in hypertext reading: A review", *Comput. Hum. Behav.*, vol. 23, no. 3, May 2007, pp. 1616–1641.
13. Chalmers, P. A. "The role of cognitive theory in human–computer interface", *Computers in human behavior*, vol. 19, no. 5, 2003, pp. 593–607.
14. Quintilian, "Institutes of Oratory", L. Honeycutt, Ed., 2006.
15. Borovina, N., Boskovic, D., Dizdarevic, J., Bulja, K. and Salihbegovic, A. "Heuristic based evaluation of mobile services web portal usability", *Proceedings of the 22nd Telecommunications Forum TELFOR*, 2014, pp. 1150–1153.
16. Denard, H. "A new introduction to the London charter", in *Paradata and Transparency in Virtual Heritage Digital Research in the Arts and Humanities Series*, A. Bentkowska-Kafel, D. Baker, and H. Denard, Eds. Ashgate, 2012, pp. 57–71.
17. Cengic, F. F. "Uvod u teoriju informacija", Promocult, 2007.
18. Nielsen, J. 10 "Usability heuristics for user interface design", Nielsen Norman Group, 1995.
19. Kerlow, I.W. "The Art of 3-D Computer Animation and Effects", John Wiley and Sons, 2009.
20. Katzev, S. "Resurrecting an ancient greek ship: Kyrenia, cyprus, beneath the seven seas", Bass, (Ed.), Thames Hudson Ltd, London, pp. 72–81.
21. Demesticha, S. "Harbours, navigation and trade", Pilides D. P. N., (Ed.), *Ancient Cyprus: cultures in dialogue*. Exhibition, 2013, pp. 80–83.
22. Rizvic, S., Djapo, N., Alispahic, F., Hadzihalilovic, B., Fejzic-Cenhic, F., Imamovic, A., Boskovic, D., Okanovic, V. "Guidelines for interactive digital storytelling presentations of cultural heritage", *Virtual Worlds and Games for Serious Applications*, 2017.
23. Rizvic, S. "Kyrenia interactive digital story", <http://h.etf.unsa.ba/kyrenia> (pristupljeno: 12.05.2017.)
24. Lazar, J., Feng, J. H., Hochheiser, H. "Research Methods in Human-Computer Interaction", Wiley Publishing, 2010.
25. Vermeulen, I. E., Roth, C., Vorderer, P., Klimmt, C. "Measuring User Responses to Interactive Stories: Towards a Standardized Assessment Tool", Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 38–43.
26. 4D tabija 2016, 4D interaktivna prezentacija Bijeke tabije, Sarajevo Graphics Group 2016, <http://h.etf.unsa.ba/bijelatabija/>
27. Sarajevo Charter, 2019, <http://h.etf.unsa.ba/sarajevocharter/>

5. Web bazirane aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa

1. Chávez, G., Avila, F., Rockwood, A. "Lightweight visualization for high-quality materials on WebGL", *Proceedings of the 18th International Conference on 3D Web Technology*, San Sebastian, Spain, 20–22 June 2013; pp. 109–116.
2. Rizvic, S., Okanovic, V., Prazina, I., Sadzak, A., Catalano, C., Luca, L. "4D Virtual Reconstruction of White Bastion Fortress", *Proceedings of the Euro-*

- graphics Workshop on Graphics and Cultural Heritage 2016, Genova, Italy, 5–7 October 2016; pp. 79–82.
3. Fleck, P., Schmalstieg, D., Arth, C. "Creating IoT-ready XR-WebApps with Unity3D", Proceedings of the 25th International Conference on 3D Web Technology, Seoul, Korea, 9–13 November 2020.
 4. Ye, Q., Hu, W., Zhou, H., Lei, Z., Guan, S. "VR Interactive Feature of HTML5-based WebVR Control Laboratory by Using Head-mounted Display", *Int. J. Online Eng. (iJOE)* 2018, 14, 20.
 5. Trelease, R.B. and Nieder, G.L. "Transforming clinical imaging and 3D data for virtual reality learning objects: HTML5 and mobile devices implementation", *Anat. Sci. Educ.* 2012, 6, 263–270.

6.1. Virtuelna prezentacija podvodnog kulturnog naslijeđa - H2020 iMARECULTURE projekat

1. Skarlatos, D., Agrafiotis, P., Balogh, T., Bruno, F., Castro, F., Davide Petriaggi, B., Demesticha, S., Doulamis, A., Drap, P., Georgopoulos, A., Kikillos, F., Kyriakidis, P., Liarokapis, F., Poullis, C., Rizvic, S. "Project iMARECULTURE: Advanced VR, iMmersive Serious Games and Augmented REality as Tools to Raise Awareness and Access to European Underwater CULTURal heritagE", Euro-Mediterranean Conference, 2016.
2. Projekat iMARECULTURE, <https://imareculture.eu/>

6.2. Devet disidenata

1. Baur, A. "Exploring Cinematic VR: An Analysis of the Tools, Processes, and Storytelling Techniques of Virtual Reality Filmmaking", A Thesis submitted to the College of Motion Picture Arts in Partial Fulfillment of the Requirements for Graduation with Honors in the Major. 2016. <https://www.visgrafimpa.br/360/wp-content/uploads/2017/09/exploring-Cinematic-VR.pdf> (pristupljeno: 11.03.2021.).
2. Sheikh, A., Brown, A., Evans, M., Watson, Z. "Directing attention in 360-degree video", Proceedings of the IBC 2016 Conference, Amsterdam, The Netherlands, 8–12 September 2016.
3. Passmore, P.J., Glancy, M., Philpot, A., Fields, B. "360 Cinematic literacy: A case study", Proceedings of the International Broadcasting Convention, Luton, UK, 16–18 October 2017.
4. Pope, V.C., Dawes, R., Schweiger, F., Sheikh, A. "The Geometry of Storytelling", Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Denver, CO, USA, 6–11 May 2017.
5. Nine Dissidents. 2019. <https://youtu.be/w3vKIQ2NFW0> (pristupljeno: 11.03.2021).

6.3. Virtuelni skok sa Starog Mosta u Mostaru

1. Pandey, V., Fagan, M., Kilmon, C. "Educational tool or expensive toy? Evaluating VR evaluation and its relevance for virtual heritage", Routledge, 2008, 242–260.
2. Jacoby, R. H. and Ellis, S. R. "Using virtual menus in a virtual environment", In *Visual Data Interpretation*, International Society for Optics and Photonics, Vol. 1668. 1992, 39–49.
3. Salomoni, P., Prandi, C., Rocchetti, M., Casanova, L., Marchetti, L., Marfia G. "Diegetic user interfaces for virtual environments with HMDs: a user experience study with oculus rift", *Journal on Multimodal User Interfaces* 11, 2, 2017, 173–184.
4. Sarajevo Graphics Group (SSG). "Mostar VR Gameplay", 2018., <https://youtu.be/v-HoWOKOtMs>.
5. ICH UNESCO. "Text of the Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage", 2003.
6. Selmanovic, E., Rizvic, S., Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., Sljivo, S. "Improving Accessibility to Intangible Cultural Heritage Preservation Using Virtual Reality", *Journal on Computing and Cultural Heritage*", May 2020, Article No.: 13

6.4. Sarajevski ratni tunel

1. The enemy is here, 2017., <http://theenemyishere.org/> (pristupljeno: 14.06.2019.)
2. The Anne Frank house in VR, 2019., <https://www.annefrank.org/en/about-us/what-we-do/publications/anne-frankhouse-virtual-reality/>, 2019. (pristupljeno: 14.06.2019.)
3. Fisher J. A., Schoemann S. "Toward an ethics of interactive storytelling at dark tourism sites in virtual reality", *Interactive Storytelling*, Rouse R., Koenitz H., Haahr M., (Eds.), Springer International Publishing, 2018, pp. 577–590.
4. The last goodbye, 2017., <https://www.wired.com/2017/04/vr-holocaust-history-preservation/> (pristupljeno: 14.06.2019.)
5. Jajcanin, A., Chahin, T., Ivkovic-Kihic, I. "Sarajevo war tunnel VR experience", *Proceedings of Central European Seminar on Computer Graphics*, 2019.
6. Lazar, J., Feng, J. H., Hochheiser, H. "Research Methods in Human-Computer Interaction", Wiley Publishing, 2010.
7. The great war at rav, 2019., <https://thegreatwaratraversyde.wordpress.com/> (pristupljeno: 14.06.2019.)
8. Rizvic, S., Boskovic, D., Okanovic, V., Sljivo, S. "Kyrenia - Hyper Storytelling Pilot Application", *Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Schreck T., Weyrich T., Sablatnig R., Stular B., (Eds.), The Eurographics Association, 2017.

9. Rizvic, S. "How to breathe life into cultural heritage 3d reconstructions", *European Review* 25, 1, 2017.
10. Rizvic, S., Sadzak, A., Hulusic, V., Karahasanovic, A. "Interactive digital storytelling in the Sarajevo survival tools virtual environment", *Proceedings of the 28th Spring Conference on Computer Graphics, SCCG '12, ACM, 2012*, pp. 109–116.
11. Sarajevo Graphics Group (SGG). "Sarajevo survival tools virtual museum", 2010., <http://h.etf.unsa.ba/srp/>
12. Sarajevo Graphics Group (SGG). "Sarajevo war tunnel VR", 2019., <http://h.etf.unsa.ba/tunel-spasa/>
13. Selmanovic, E., Rizvic, S., Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., Sljivo, S. "VR video storytelling for intangible cultural heritage preservation", 2018.

6.5. Sarajevo 5D

1. Rizvic, S. "Sarajevo 5D", 2020., <http://h.etf.unsa.ba/sarajevo5d/>

6.8. Virtuelni muzej starih zanata

1. Selmanovic, E., Rizvic, S., Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., Sljivo, S. "Improving Accessibility to Intangible Cultural Heritage Preservation Using Virtual Reality", *J. Comput. Cult. Herit.* 2020, 13, 1–19.
2. Kreševljaković, H. "Esnafi i Obrti u Starom Sarajevu", *Narodna Prosvijeta, Sarajevo, Bosnia, 1958.*
3. Rizvic, S., Imamovic, A., Mijatovic, B. i drugi. "Old Crafts Virtual Museum", 2020., <http://h.etf.unsa.ba/oldcraftsvm/> (pristupljeno: 11.03.2021.)
4. Bukovica, E. "Mahala Zna", *Music Video in VR, 2020.*, <https://youtu.be/6xIEi05-8vA> (pristupljeno: 11.03.2021.)

6.9. Bitka na Neretvi VR

1. Rizvic, S., Boskovic, D., Okanovic, V., Ivkovic-Kihic, I., Prazina, I., Mijatovic, B. "Time Travel to the Past of Bosnia and Herzegovina through Virtual and Augmented Reality", *Applied Sciences.* 2021; 11(8):3711., <https://doi.org/10.3390/app11083711>
1. Hoffmann, L. "Learning through games", *Communications of the ACM* 52, no. 8, 2009, 21-22.
2. Kangas, M. "Creative and playful learning: Learning through game co-creation and games in a playful learning environment", *Thinking skills and Creativity* 5, no. 1, 2010, 1-15.

6.10. Underground

1. Projekat Hidden Galleries, 2023., <http://hiddengalleries.eu/>
2. Underground digitalna izložba, 2023., <http://h.etf.unsa.ba/underground/>

6.11. Crvena stijena VR

1. Rizvic, S., Boskovic, D., Mijatovic, B., Ivkovic-Kihic, I. Škaljo, E. "Learning about prehistory through interactive digital storytelling", International Conference on Interactive Media, Smart Systems and Emerging Technologies, 2022, pp. 1-4, doi: 10.1109/IMET54801.2022.9929609.

6.12. Da Vinci effect - zajedničko VR iskustvo za više korisnika

1. Bailenson, J. N., Yee N., Blascovich, J., Beall, A. C., Lundbland, N., Jin, M. "The use of immersive virtual reality in the learning sciences", Digital transformations of teachers, students, and social context, 2008.
2. Rahaman, H., Champion, E., Bekele, M. "From photo to 3d to mixed reality: A complete workflow for cultural heritage visualisation and experience", Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage 13, 2019. doi:10.1016/j.daach.2019.e00102.
3. Rizvic, S., Young, G., Changa, A., Mijatovic, B., Ivkovic-Kihic, I. "Da Vinci Effect – multiplayer Virtual Reality experience", GCH, 2022.

6.13. Ilhamija – prvi bosanski disident

1. VR film Ilhamija – prvi bosanski disident, 2021., https://youtu.be/_W9mK-Bye5G0

6.14. Džamija u Logu pod Mangartom

1. Rizvic, S., Alispahic, Seksan, A., Sadzak, A. "Log VR application landing page", <http://h.etf.unsa.ba/logvr/> (pristupljeno: maj 2023.)
2. Musanovic, A., Mijatovic, B., Rizvic, S. "3D Sound for Digital Cultural Heritage", Proceedings of EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage, by Eurographics Association, 2021., <https://doi.org/10.2312/gch.20211415>
3. Nielsen, J. and Landauer, T. K. "A mathematical model of the finding of usability problems", Proceedings of ACM INTERCHI'93 Conference, Amsterdam, The Netherlands, 24-29 April 1993, pp. 206-213.

6.15. Trebinjske tvrđave VR

1. Rizvic, S., Djapo, N., Alispahic, F., Hadzihalilovic, B., Cengic, F. F., Imamovic, A., Okanovic, V., Boskovic, D. "Guidelines for interactive digital storytell-

- ing presentations of cultural heritage", International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), 2017, pp. 253–259. doi: 10.1109/VS-GAMES.2017.8056610.
2. Rizvic, S., Boskovic, D., Mijatovic, B., "Advanced Interactive Digital Storytelling in Virtual Reality presentation of Austrian-Hungarian fortresses around Trebinje", 21st Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, Salento, Italy, 2023.
 3. Boskovic, D., Rizvic, S., Okanovic, V., Sljivo, S., Sinanovic, N. "Measuring immersion and edutainment in multimedia cultural heritage applications", International Conference on Information, Communication and Automation Technologies, IEEE, 2017, pp. 1–6. 4

6.16. Bitka na Kozari VR

1. Rizvic, S., Mijatovic, B., Boskovic, D. "Balancing Gameplay Elements and Interactive Digital Storytelling in Virtual Reality applications of War Heritage", Proceedings of IMET 2023, Barcelona, Spain.

7. 3D zvuk

1. Musanovic, A., Mijatovic, B., Rizvic, S. "3D Sound for Digital Cultural Heritage", Proceedings of EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage, by Eurographics Association, 2021., <https://doi.org/10.2312/gch.20211415>
2. GB patent 394325, Blumlein, A. D. "Improvements in and relating to Sound-transmission, Sound-recording and Sound-reproducing Systems", issued 1933-06-14, assigned to Alan Dower Blumlein and Musical Industries, Limited.
3. Gerzon, M. A. "Periphony: With-Height Sound Reproduction", Journal of the Audio Engineering Society, 1973, 21(1):2–10.
4. Pope, V. C., Dawes, R., Schweiger F., Sheikh A. "The geometry of storytelling", Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems, 2017, ACM., <https://doi.org/10.1145%2F3025453.3025581>, doi:10.1145/3025453.3025581.
5. Rapp, H. "Everything you need to know about recording production sound for film", 2020., <https://nofilmschool.com/what-you-need-know-about-recording-production-sound>
6. Rizvic, S., Miraj, L., Busuladzic, A., Radunovic, N., i drugi. "Rimsko naslijeđe Balkana", 2020., <http://h.etf.unsa.ba/romanheritage/>

8. Evaluacija korisničkog iskustva

1. Lazar, J., Feng, J.H., Hochheiser, H. "Research Methods in Human-Computer Interaction", Wiley Publishing, 2010.

2. Vermeulen, I. E., Roth C., Vorderer, P., Klimmt, C. "Measuring User Responses to Interactive Stories: Towards a Standardized Assessment Tool", Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2010, pp. 38–43.
3. Kim, K., Billinghamurst, M., Bruder, G., Duh, H. B. -L., Welch, G. F., "Revisiting Trends in Augmented Reality Research: A Review of the 2nd Decade of ISMAR (2008–2017)", IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, vol. 24, no. 11, Nov. 2018, pp. 2947-2962 doi: 10.1109/TVCG.2018.2868591.
4. Kim, Y. M., Rhiu, I., Rhie, M., Choi, H. S., Yun, M. H. "Current State of User Experience Evaluation in Virtual Reality: A Systematic Review from an Ergonomic Perspective", Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 63(1), 1274–1275. 2019., <https://doi.org/10.1177/1071181319631080>
5. Blanford, A. "Semi-structured qualitative studies", The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, Soegaard M., Dam, (Eds.), 2 ed. Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation, 2013., <https://www.interaction-design.org/literature/book/the-encyclopedia-of-human-computer-interaction-2nd-ed/semi-structured-qualitative-studies> (pristupljeno: 27.04.2023.)
6. Creswell, J. W. "Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches", 3 ed. Sage Publications Ltd., 2008.
7. Flick, U. "An introduction to qualitative research / Uwe Flick", 4th ed. ed. SAGE Los Angeles; London, 2009.
8. Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., Davis, F.D. "User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View", MIS Quarterly 27, 2003,, 425–478.
9. Boskovic, D., Rizvic, S., Okanovic, V., Sljivo, Sinanovic, S., N. "Measuring Immersion and Edutainment in Multimedia Cultural Heritage Applications", 26th International Conference on Information, Communication and Automation Technologies, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2017.
10. Selmanovic, E., Rizvic, S., Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., Šljivo, S. "VR Video Storytelling for Intangible Cultural Heritage Preservation", Proceedings of 16th EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2018.
11. Jajcanin, A., Chahin, T.A., Ivkovic-Kihic, I. "Sarajevo War Tunnel VR Experience", Proceedings of the Central European Seminar On Computer Graphics, Smolenice, Slovakia, 2019.
12. Nine Dissidents movie, 2020., <https://youtu.be/w3vKIQ2NFW0>
13. Rizvic, S., Boskovic, D., Okanovic, V., Sljivo, S. "Kyrenia - Hyper Storytelling Pilot Application", Proceedings of 15th EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage, 2017, pp. 177–181.
14. Kyrenia interactive digital story, 2017., <http://h.etf.unsa.ba/kyrenia>

15. Rizvic, S., Boskovic, D., Bruno, F., Davide Petriaggi, B., Sljivo, Cozza, S., M. "Actors in VR storytelling", 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games), 2019.
16. Selmanovic, E., Rizvic, S/, Harvey, C., Boskovic, D., Hulusic, V., Chahin, M., Sljivo, S. "Improving accessibility to intangible cultural heritage preservation using virtual reality", *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*.13(2):1-9. 2020.
17. Rizvic, S., Boskovic, D., Okanovic, V., Ivkovic-Kihic, I., Prazina, I., Mijatovic, B. "Time Travel to the Past of Bosnia and Herzegovina through Virtual and Augmented Reality", *Applied Sciences*. 2021; 11(8):3711., <https://doi.org/10.3390/app11083711>
18. Rizvic, S., Mijatovic, B., Boskovic, D., Ivkovic-Kihic I. "Workflow of Extended Reality Applications for Museum Exhibitions", 2022 International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom), Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, 2022, pp. 189-194, doi: 10.1109/BalkanCom55633.2022.9900866.
19. Rizvic, S., Boskovic, D., Mijatovic, B., "Advanced Interactive Digital Storytelling in Virtual Reality presentation of Austrian-Hungarian fortresses around Trebinje", 21st Eurographics Workshop on Graphics and Cultural Heritage, Salento, Italy, 2023.
20. Heiberger, R., Robbins, N. "Design of Diverging Stacked Bar Charts for Likert Scales and Other Applications", *Journal of Statistical Software* 57, 5, 1–32, 2014.
21. Elmezeny, A., Edenhofer, N., Wimmer, J. "Immersive Storytelling in 360-Degree Videos: An Analysis of Interplay between Narrative and Technical Immersion", *Journal for Virtual Worlds Research*, [S.l.], v. 11, n. 1, Apr. 2018.

BILJEŠKA O AUTORIMA



Dr Selma Rizvić je redovni profesor kompjuterske grafike na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Sarajevu, gdje predaje na dodiplomskom, postdiplomskom i doktorskom studiju. Od 2005. do 2010. godine bila je angažovana i na Sarajevskoj školi za nauku i tehnologiju, gdje je uspostavila predmete iz kompjuterske grafike i laboratoriju Digital Media Center. Od 2021. godine ponovo je tamo povremeno angažovana na Master Programu za dizajn i razvoj igara.

Na Univerzitetu u Sarajevu je 2004. godine osnovala Laboratoriju za kompjutersku grafiku – Sarajevo Graphics Group (SGG). Riječ je o istraživačkoj grupi koja se specijalizirala za korištenje IT tehnologija za prezentaciju kulturnog naslijeđa. SGG istraživačka grupa je multidisciplinarna, uključuje stručnjake za kompjutersku grafiku i radi s arheolozima, historičarima, vizualnim umjetnicima, piscima i filmskim profesionalcima, kako bi dizajnirali i implementirali aplikacije virtualne kulturne baštine koje imaju obrazovnu vrijednost i istovremeno su privlačne, zabavne i atraktivne. Svi ovi profesionalci su 2010. godine osnovali Udruženje za digitalizaciju kulturne baštine DIGI.BA.

Jedinstvena ekspertiza SGG/DIGI.BA u interaktivnom digitalnom pripovijedanju, ugrađena u brojne projekte digitalnog kulturnog naslijeđa, donijela im je pozive u evropske projektne konzorcije. Od 2011-2015. bili su partner u Transnacionalnoj mreži virtuelnih muzeja FP7 NoE V-MusT.net, a od 2016-2019. u H2020 iMARECULTURE. Trenutno koordiniraju EACEA Creative Europe SHELeadersVR projekt, te implementiraju nekoliko manjih lokalnih i regionalnih projekata.

Selma Rizvić je članica Upravnog odbora EUROGRAPHICS Working Group on Graphics and Cultural Heritage. Uključena je kao ekspert u buduće istraživačke i inovativne aktivnosti o IT i kulturnom naslijeđu u okviru pripreme poziva za naredne programe Evropske komisije.

Više informacija na: <http://people.etf.unsa.ba/~srizvic/>



Dr Vensada Okanović je završila studij na Elektrotehničkom Fakultetu Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za Računarstvo i Informatiku. Na ovom Fakultetu je magistrirala i doktorirala. Zaposlena je na Elektrotehničkom Fakultetu Univerziteta u Sarajevu, Odsjek za Računarstvo i Informatiku na poziciji vanrednog profesora na kojem predaje predmete koji se odnose na oblast njenog istraživanja: pretraživanje informacija, web tehnologije, te razvoj web i mobilnih aplikacija u kojima ima višegodišnje iskustvo. Dugogodišnja je članica Sarajevo Graphics Group u kojem je angažirana na projektima i aktivnostima koje su vezane za oblasti njenog istraživanja.



Dr Dušanka Bošković je vanredni profesor na Univerzitetu u Sarajevu - Elektrotehničkom fakultetu, gdje je stekla diplomu inženjera, magistrirala i doktorirala. Predmeti koje predaje kao i oblasti istraživanja kojima se bavi su sistemsko i softversko inženjerstvo u biomedicinskim i kognitivnim aplikacijama. Posvećena je promociji multidisciplinarnih istraživanja i aktivna je članica Sarajevo Graphics Group. Njen angažman u Sarajevo Graphics Group vezan je za ocjenu korisničkog iskustva (UX) - razvoj UX metrika i instrumenata evaluacije prikladnih za digitalizaciju materijalnog i nematerijalnog kulturnog naslijeđa.



Mr. Ivona Ivković-Kihić je završila bachelor i masters studij na Elektrotehničkom Fakultetu Univerziteta u Sarajevu, na odsjeku za Računarstvo i Informatiku te bachelor studij na Ekonomskom Fakultetu Univerziteta u Sarajevu. Trenutno je student doktorskog studija na Tehničkom Univerzitetu u Grazu, Austrija, pri institutu za kompjutersku grafiku. Fokus njenog istraživačkog rada je vizualizacija podataka, vizualna analiza i primijenjena kompjuterska grafika. Ivona ima višegodišnje iskustvo u razvoju aplikacija virtualne i proširene realnosti, 3D modeliranju i kreiranju virtualnih okruženja i kao predavač na predmetima istog sadržaja. Član je DIGI.BA od 2018.godine, gdje je učestovala u realizaciji projekata:

- Log VR – VR interaktivna aplikacija o džamiji Log u Sloveniji,
- Da Vinci Effect – multiplayer VR igra,
- Rimsko naslijeđe Balkana – VR interaktivna aplikacija,

- Crvena stijena – VR interaktivna aplikacija o arheološkom nalazištu u Crnoj Gori,
- Underground – digitalna izložba o životu religijskih skupina u Sovjetskom Savezu,
- Virtualni Muzej Bitka na Neretvi,
- Virtualni Muzej Starih Zanata u Sarajevu,
- Rimsko naslijeđe Sarajeva VR aplikacija,
- Augmented Reality vodič kroz Sarajevo – interaktivna AR mapa.

U vrijeme pisanja knjige Ivona radi kao koordinator istraživačkih projekata na City University of London, Velika Britanija.

RECENZIJE

Univerza v Mariboru

Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Predmet: Recenzija rukopisa **PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĀA POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI**

autora Selme Rizvić, Vensade Okanović, Dušanke Bošković i Ivone Ivković-Kihić

1. Podaci o recenzentu:

red. prof. dr. DOMEN MONGUS

Habilitacijski naziv: Redni profesor

Univerza v Mariboru

Članica: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Delovno mesto: Visokošoljski učitelj

Službeni telefon: +386-2-220-7408

E-pošta: domen.mongus@um.si

2. Podaci o djelu:

Autori: **Selma Rizvić, Vensada Okanović, Dušanka Bošković i Ivona Ivković-Kihić**

Naslov: **PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĀA POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI**

Vrsta djela: Tehnička (naučno-stručna) literatura

Obim djela: Knjiga sadrži devet poglavlja i 182 stranice u formatu B5 uključujući sadržaj, uvod i literaturu. Knjiga referencira 122 djela (naslova) data u popisu literature.

3. Mišljenje-recenzija o djelu

Knjiga pruža sveobuhvatan pregled trenutnih tehnoloških trendova i tehnika za prezentaciju digitalnog sadržaja koji utiru put ka obogaćenom korisničkom iskustvu i percepciji kulturnog naslijeđa. Budući da je napisana iz opsežnog iskustva autora u odgovarajućim poljima istraživanja, ona i početnicima i čitaocima ekspertima pruža dobro strukturirane osnove koje treba uzeti u obzir kada se bave korištenjem ovih proširenih komunikacijskih kanala u njihovim vlastitim naporima za širenje znanja o digitalizaciji kulturnog naslijeđa.

Knjiga se sastoji iz sljedećih poglavlja:

1. Uvod
2. Virtualna i proširena realnost
3. Pregled oblasti
4. Interaktivno digitalno pripovijedanje
5. Web bazirane aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa
6. Case studije
7. 3D zvuk
8. Evaluacija korisničkog iskustva
9. Zaključak

U uvodu autorice prezentiraju sadržaj knjige kao nastavak opisa projekata Sarajevo Graphics Group/DIGI.BA prezentiranih u prethodnoj knjizi "Digitalna prezentacija kulturnog naslijeđa Bosne i Hercegovine" izdatog 2018. godine. Ističu važnost i potencijal prezentacije kulturnog naslijeđa putem VR i AR tehnologija.

Poglavlje "Virtualna i proširena stvarnost" nudi osnovne definicije ovih tehnologija, njihov historijat i uvodi terminologiju koja će se koristiti u nastavku knjige.

U "Pregledu oblasti" autorice se osvrću na state-of-the-art projekte koji su bili inspiracija za njihova istraživanja. Definišu osnovne pravce i istraživačka pitanja koji se razmatraju u naučnim publikacijama i knjigama iz ove oblasti, kao i najznačajnija dostignuća koja su u njima prezentirana.

Poglavlje "Interaktivno digitalno pripovijedanje" opisuje rad SGG/DIGI.BA na kreiranju nove metodologije za predstavljanje kulturnog naslijeđa pod nazivom hyper-storytelling. Prezentira se razvoj koncepta i pilot studija slučaja koja ga je potvrdila, kao i uvođenje smjernica za interaktivno digitalno pripovijedanje kulturnog naslijeđa "Sarajevo Charter".

U poglavlju "Web bazirane aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa" opisuje se metodologija za implementaciju digitalnih prezentacija kulturnog naslijeđa za korisnike koji ne posjeduju VR headset. Razmatraju se izazovi, prednosti i ograničenja ove implementacije.

Jedno od najobimnijih i najinteresantnijih poglavlja ove knjige je poglavlje "Case studije" u kome su detaljno prezentirani projekti SGG/DIGI.BA od 2016-2022. godine. Svaki projekat je opisan počevši od motivacije, preko historijskog značaja kulturnog spomenika, do radnog procesa implementacije VR/AR

aplikacije. Ovo poglavlje će biti vrlo korisno za institucije koje se bave zaštitom i prezentacijom kulturnog naslijeđa, muzeje i turističke organizacije, jer tu mogu naći inspiraciju i ideje za nove projekte. Ovo je i prilika da razumijemo kompleksnost proizvodnje ovih aplikacija i da se upoznamo sa načinom kako su one instalirane u muzejske postavke ili online.

U poglavlju “3D zvuk” se po prvi put na ovom području definiše snimanje i obrada zvuka potrebnog za VR/AR aplikacije. Ovo istraživanje je novo i na svjetskom nivou, jer većina standarda još uvijek nije definisana.

Poglavlje “Evaluacija korisničkog iskustva” detaljno opisuje kako su autorice validirale proizvedene aplikacije prema mišljenjima korisnika. Opisana je metodologija za provođenje studija korisničkog iskustva kao glavnog faktora uspjeha VR/AR aplikacija. Uvedene su i nove metodologije, koje su opisane u ovom poglavlju. Rezultati pokazuju kako su korisnici doživjeli aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa i daju pravce za rad u budućim projektima.

U Zaključku se, pored sumiranja osnovnih dostignuća opisanih u knjizi, navode i svi saradnici koji su učestvovali u spomenutim projektima. Iz ovog spiska se jasno vidi multidisciplinarnost tima i monumentalnost VR/AR produkcije.

4. Zaključak i preporuka

Zaključak: U skladu s prethodno iznesenim mišljenjem o ovome djelu, može se donijeti zaključak da ono u potpunosti ispunjava zahtjeve naučno-stručne literature za područje digitalnog kulturnog naslijeđa i nudi teoretski osnov za njeno izučavanje na tehničkim, umjetničkim i humanističkim fakultetima.

Preporuka: Shodno prethodno iznesenom mišljenju o djelu (rukopisu) „**PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĐA POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI**“ autora Selme Rizvić, Vensade Okanović, Dušanke Bošković i Ivone Ivković-Kihić, preporučujem objavljivanje navedenog djela kao knjige.

S poštovanjem,

Domen  Digitally signed by
Domen Mongus
Date: 2023.07.25
11:57:52 +02'00'

prof. dr Domen Mongus

RECENZIJAKNJIGE:

PREZENTACIJA I OČUVANJE KULTURNOG NASLIJEĐA POMOĆU VIRTUALNE I PROŠIRENE REALNOSTI, autorke Selma Rizvić, Vensada Okanović, Dušanka Bošković, Ivona Ivković-Kihić

Rukopis knjige ima 186 strana osnovog teksta, ilustracije, listu linkova i bibliografije – referenci i biografije autorki.

U uvodu autorke objašnjavaju potrebu kreiranja jedne ovakve knjige, koja pisana savremenim, a ipak jednostavno razumljivim jezikom postaje dostupna najširoj čitalačkoj publici. Ovakav način pristupanja izuzetno kompleksnoj temi, a to je upotreba i potreba korišćenja virtuelne i proširene realnosti u prezentaciji i interpretaciji kulturnog nasleđa, kao rezultat ima i njegovu zaštitu, kako to i sam naslov sugerše.

Poglavlje *Virtualna i proširena realnost* objašnjava razlike i bazične definicije dve tehnologije, istorijat istih detaljno je objašnjen kroz pregled literature i najvažnijih rezultata, dok *Pregled oblasti* daje uvid u najnovija dostignuća.

Interaktivno digitalno pripovijedanje objašnjava njegovu primenu u virtuelnoj prezentaciji kulturnog nasleđa i edukativnim igrama, u skladu sa savremenim trenutkom, dominacijom digitalnih sadržaja na internetu i neminovnosti preoblikovanja načina komuniciranja informacija i pripovedanja sa novim ciljnim grupama. Sve zajedno razmatrano je kroz pregled relevantne literature i primera dobrih praksi, kao i važnosti korišćenja stručne korisničke evaluacije u cilju da se interaktivno digitalno pripovedanje unapredi dobijanjem adekvatnih smernica.

Iako specifično tehnički objašnjeno poglavlje *Web bazirane aplikacije digitalnog kulturnog naslijeđa*, sveukupno ukazuje na važnost istih za aplikacije kulturnog nasleđa, jer omogućavaju pristup kulturnoj baštini većem broju ljudi – svim korisnicima interneta, ne samo posetiocima muzeja/lokaliteta.

Okosnica knjige je poglavlje *Case studije* – koje prikazuje studije slučaja upotrebe metodologije i tehnika kompjuterske grafike virtuelne i proširene realnosti za potrebe digitalizacije kulturnog nasleđa, razvijene i primenjene kroz različite projekte istraživačke grupe Sarajevo Graphics Group sa Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Sarajevu i Udruženja za digitalizaciju i informatizaciju kulturne baštine DIGI.BA. u periodu 2010-2022. godine: Virtuelna prezentacija podvodnog kulturnog naslijeđa – H2020 iMARECULTURE projekat, Devet disidenata, Virtuelni skok sa Starog Mosta u Mostaru, Sarajevski ratni tunel, Sarajevo 5D, Rimsko naslijeđe Balkana,

Rimsko naslijeđe Sarajeva, Virtuelni muzej starih zanata, Bitka na Neretvi VR, Underground Crvena stijena VR, Da Vinci effect – zajedničko VR iskustvo za više korisnika, Ilhamija – prvi bosanski disident, Džamija u Logu pod Mangartom, Trebinjske tvrđave VR i Bitka na Kozari VR.

Za uspešnost interaktivnog digitalnog pripovedanja i adekvatno funkcionisanje VR ili AR aplikacije od veoma važnog značaja je i 3D zvuk, snimanje, produkcija i podprodukcija, ali i evaluacija korisničkog iskustva, sa kvalitativnim i kvantitativnim pristupima merenju, sa osvrtom na studije slučaja, detaljno objašnjenim u posebnim poglavljima na kraju knjige.

„Prezentirani projekti omogućili su nam da zauzmemo značajno mjesto u evropskoj i svjetskoj zajednici naučnika i umjetnika koji se bave tehnologijama proširene stvarnosti. Kvalitet našeg rada je prepoznat kroz mnogobrojne pozive u lokalne i međunarodne projektne konzorcijume. Dodjela grantova kao što su Horizon 2020, ERASMUS+ i Creative Europe je objektivna potvrda da smo uspjeli u našoj misiji.“, ovaj deo zaključka autorki knjige dovoljno je potvrditi i ličnim iskustvom u radu sa istim i apsolutno tačnim za preporuku objavljivanja ovog vrednog rukopisa.

Ipak, dodala bih, da je knjiga vredna takođe i na nivou preporuka, sugestija, iskustvenih znanja, te se može tumačiti kao značajna u edukaciji mladih koji bi jednog dana želeli da upolve u svet VR i AR tehnologija i primene ih u kulturnom nasleđu, sa jedne strane, dok sa druge kao sublimirani set alata svoju primenu može naći i na strani stručnjaka kulturne baštine, koji postojeće nasleđe ili postavke muzeja mogu obogatiti savremenim tehnologijama u cilju proširivanja dijaloga sa posetiocima/publikom.

Knjigu toplo preporučujem za objavljivanje, ne samo zbog kvaliteta, iskustva i renomea autorki, naučnog doprinosa, već ponajviše kao zalag za budućnost u eri ubrzanog razvoja digitalnih tehnologija, čija primena u kulturnom nasleđu, iako već posvedočena kroz brojne primere, tek može dati značajne rezultate imajući u vidu permanentnu ugroženost istog. Na temeljima ove knjige možemo biti spremni za ono što sledi i učiniti dijalog tehnike, tehnologije i baštine mnogo produktivnijim i delotvornijim.

U Beogradu, 5.8.2023.

dr Jelena Anđelković Grašar, viši naučni saradnik

Arheološki institut, Beograd





9 789958 553653