

# Očuvanje baštine pomoću virtualne stvarnosti

---

Milić, Ana

Undergraduate thesis / Završni rad

2024

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Humanities and Social Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Filozofski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:131:169693>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-06-30**



Sveučilište u Zagrebu  
Filozofski fakultet  
University of Zagreb  
Faculty of Humanities  
and Social Sciences

Repository / Repozitorij:

[ODRAZ - open repository of the University of Zagreb  
Faculty of Humanities and Social Sciences](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FILOZOFSKI FAKULTET  
ODSJEK ZA INFORMACIJSKE I KOMUNIKACIJSKE ZNANOSTI  
Ak. god. 2023./2024.

Ana Milić

## **Očuvanje baštine pomoću virtualne stvarnosti**

Završni rad

Mentor: izv.prof.dr.sc. Goran Zlodi

Zagreb, travanj 2024.

## Izjava o akademskoj čestitosti

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem da je ovaj rad rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na istraživanjima te objavljenoj i citiranoj literaturi. Izjavljujem da nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, odnosno da je prepisan iz necitiranog rada, te da nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava. Također izjavljujem da nijedan dio rada nije korišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

---



# Sadržaj

Sadržaj.....	i
1. Uvod.....	1
2. Osnove baštine.....	2
3. Povijest virtualne stvarnosti.....	3
4. Metode očuvanja baštine.....	5
4.1. Restauracija skulptura.....	5
4.2. Fizički utemeljeno renderiranje (PBR).....	6
4.3. 3D osvjetljenje.....	7
4.4. Ortofotografija.....	7
5. Metode virtualne stvarnosti.....	9
5.1. 3D rekonstrukcija skulptura.....	9
5.2. Fotogrametrija.....	10
5.3. Struktura iz pokreta.....	11
5.4. Stupnjevi slobode (DoF).....	12
6. Posjećenost muzeja.....	14
7. Vizualizacija baštine u virtualnom svijetu.....	18
7.1. Digitalno pripovijedanje.....	19
7.2. Proširena stvarnost (AR).....	20
7.3. Virtualne priče.....	22
8. Zaključak.....	23
9. Literatura.....	25
Popis oznaka i kratica.....	28
Popis slika.....	29

Popis tablica.....	30
Sažetak.....	31
Summary.....	32

# 1. Uvod

Ovaj rad temelji se na očuvanju baštine pomoću virtualne stvarnosti, kako bi to postigli prvenstveno je glavno da razumijemo što je uopće baština, što je virtualna stvarnost, kojim metodama se koristimo kako bi očuvali baštinu u tradicionalnom smislu, kojim metodama se koristimo za izradu virtualne stvarnosti te naposljetku kako iskoristiti sve te metode za očuvanje baštine u virtualnom okruženju. Objasniti ćemo metode poput ortofotografije, fotogrametrije, 3D modeliranja, renderiranja, osvjetljenja, restauracije, strukture pokreta i još nekolicinu. Zatim ćemo se osvrnuti na vizualizaciju baštine i što nam ona sve donosi, koje mogućnosti možemo iskoristiti i u koje sve svrhe imamo priliku koristiti virtualnu stvarnost u pogledu baštine. Razmisliti ćemo o učincima koje bi ovakav način očuvanja baštine imao na turizam te donosi li to veću zainteresiranost za posjetu muzejima. Glavna motivacija ovog rada je podizanje svijesti i naglašavanje važnosti baštine, što ona znači za nas, što će značiti našim budućim generacijama i zašto bismo ju trebali cijiniti, za tu potrebu iskoristili smo podjelu Maora kao jednu od kultura koja traje od davnog desetog stoljeća. Važno je naglasiti da iako se rad temelji na izrađivanju digitalne baze trodimenzionalnog oblika baštine ni na koji način se ne umanjuje vrijednost i značaj klasičnog očuvanja i izlaganja umjetnina, već samo daje novi aspekt u virtualnom okruženju koji prati tehnološke inovacije u svijetu. Postoje čimbenici na koje ne možemo utjecati, čak ni očekivati te je važno da našu cijenjenu baštinu imamo osiguranu u više oblika, upravo zato se i govori o virtualnoj verziji baštine jer ako jednom izgubimo bilo koji materijalni oblik baštine više ga nećemo moći vratiti, virtualna stvarnost nam daje priliku takozvane sigurnosne kopije baštine. Fokus rada biti će upravo na tome no pričati će se i o ostalim funkcijama koje bi mogli ostvariti sa virtualnom okolinom. Osvrnuti ćemo se na posjećenost muzeja u proteklih šest godina kako bi stekli dojam zainteresiranosti publike. Spominjati će se korištenje proširene i virtualne stvarnosti ne samo u sklopu očuvanja baštine nego i u mogućim projektima koji bi se mogli koristiti u muzejima kao nova atrakcija za privlačenje posjetitelja. Dakle, usredotočiti ćemo se na metode očuvanja baštine u virtualnom okruženju i moguće projekte koje nam ta okolina pruža. Naglasak u ovom radu je na korištenje novih tehnologija koja su već dugo poznata u svijetu, iako je virtualna stvarnost preteča u industriji igara, postoji širok spektar ostalih opcija koje nudi i upravo njih ćemo istražiti.

## 2. Osnove baštine

Za potrebe podjele baštine spomenuti ćemo klasifikaciju UNESCO-a, dakle kulturalna baština dijeli se na materijalnu i nematerijalnu baštinu, zatim je daljnja podjela materijalne baštine na pokretnu i nepokretnu. Primjer nematerijalne baštine su navike povezane sa prirodom i svijetom te nekakve tradicionalne vještine, pokretna baština odnosi se na slike, skulpture i namještaj, a nepokretna baština su zgrade i arheološka nalazišta. (Kurniawan et al., 2015.) No osvrnuti ćemo se i na poimanje Maora, starosjedičkog stanovništva Novog Zelanda za koje se smatra da su stigli na to područje još u desetom stoljeću. U njihovoj podjeli baštine postoje tri aspekta; tika, kawa i tangata whenua, nalazimo više različitih prijevoda (Department of Conservation). Tika se prevodi kao tkanina, istina, ispravnost ili pravednost. Kawa nudi prijevode poput priče, gorko, ogorčeno, ritualni napjevi tokom otvaranja ili započinjanja raznih događaja poput useljenja ili korištenja novog kanua. Tangata whenua prevodimo kao kulturu, građanina, domoroce, prirodno. Sa navedenim prijevodima nije jednostavno stvoriti sliku značenja tih riječi te ćemo detaljnije pojasniti. Dakle, tika se odnosi na fizičko, ono što postoji, što možemo vidjeti i dotaknuti, Maorima bi to bili uobičajeni običaji, artefakti, zgrade, strojevi, konstrukcije te značajke koje je napravio čovjek. Zatim kawa, ono što čujemo, pročitamo ili gledamo, ono što se dogodilo u prošlosti, Maorima označavaju tradicionalne izraze, dakle uspomene, ispisane zapise, vizualne zapise poput fotografija, crteža i zemljopisnih karata. Preostaje nam tangata whenua, to je povezanost koju ljudi osjećaju sa povijesnim lokacijama, ono što smo činili, vidjeli, svjedočili, Maorima se to odnosi na identitet, spiritualna povezanost, blago koje će buduće generacije moći osjetiti, tradicionalne vještine poput rezbarenja i tkanja i generalno njihove interese. Ono što je zanimljivo za spomenuti je da Maori iscrtavaju važne životne događaje na vlastitoj koži, posebice na licu jer se smatra da je glava najsvetiji dio tijela. Razmislimo da je to cijelo tisućljeće običaja, tradicija, rituala, uspomena i razno raznih praksi koje se i danas prenose u obitelji, preko 40 generacija koje čine isto ono što su njihovi preci činili, fascinantno je uopće tako nešto pojmiti. U svakom slučaju Maori cijene vlastitu kulturu, to je nešto na što bi se trebali ugledati i upravo zato smo izabrali njihov pogled na baštinu kako bi nas motiviralo da očuvamo i vlastitu. Za potrebe ovog rada fokusirati ćemo se najviše na tika, to jest na materijalnu baštinu iako ćemo spominjati i nematerijalnu baštinu poput glazbe i tradicija u sklopu inovacija u muzejima.



### 3. Povijest virtualne stvarnosti

Virtualna stvarnost je računalno generirano okruženje koje nam daje priliku zaroniti u svijet koji se čini stvaran iako nije. Za potpuni doživljaj scena i objekata u kojima se tada nalazimo koristimo naočale, kacige i slušalice. Sve je započelo još davne 1950. godine iako se početni elementi mogu pronaći već i 1860.-ih godina u umjetnosti. Primjerice murali od 360 stupnjeva koji promatraču omogućuju dojam uključenja u umjetničko djelo, kasnije imamo avangardnog umjetnika Antonina Artauda koji je smatrao da su stvarnost i iluzija jednake te je kazalište nazivao 'la réalité virtuelle' (History of Information). U prijevodu, virtualnom stvarnošću, smatra se da je upravo on prvi put koristio taj pojam. Zatim imamo prvi simulator letenja Edwina Linka 1920.-ih godina, no ono što je najvažnije za spomenuti je Sensorama, interaktivno iskustvo kazališta koja je uključivala oscilirajuće ventilatore, uređaje koje proizvode mirise i zvučnike, korisnik bi sjedio u rotirajućem sjedalu u zatvorenoj kabini u kojoj se prikazuju stereoskopske slike, one su omogućivale iluziju dubine i pogleda iz različitih kutova. Tek 1968. godine Ivan Sutherland stvorio je takozvani zaslon na glavi spojen na računalo koji je omogućio korisniku da vidi virtualni svijet. Sve ovo bili su počeci virtualne stvarnosti kakvu znamo danas, sigurno je reći da smo daleko napredovali i gradili na korijenima koji su postavljeni prije više od sto godina. Tako smo došli do 1990.-ih godina u kojima je virtualna stvarnost stekla najveću popularnost putem Jaron Laniera koji je podigao svijest nove tehnologije publici i Toma Zimmermana koji je plasirao širok spektar uređaja za virtualnu stvarnost. Nakon svega, počela se gubiti zainteresiranost s obzirom da su ljudi jednostavno očekivali više nego što je ponuđeno. To nas dovodi do današnjice u kojoj svi oni koji rade u polju virtualne stvarnosti ali i publika sama po sebi je svjesna opasnosti koje dolaze sa novim tehnologijama. Čak se i izbjegava termin virtualne stvarnosti već se koristi 'virtualna okolina' za koju se smatra da ima manje negativnih konotacija (Virtual Reality Society). Jasno je da unatoč opasnostima koje su uvijek moguće, ima puno više prednosti koje nam virtualna stvarnost nudi te smo iste i iskoristili. Tako primjerice, u 2023. godini prodano je više od deset milijuna uređaja virtualne stvarnosti, a pretpostavlja se da će se do 2025. godine ta brojka popesti na više od 23 milijuna (Program Ace, 2023.). Najčešće kada spominjemo virtualnu stvarnost prva asocijacija je na industriju igara u kojem je virtualna stvarnost i dominantna, no osvrnuti ćemo se na prošlu, 2023. godinu. Velik broj kompanija koristi virtualnu stvarnost za razne prototipove, suradnje i obuke zaposlenika, uređaji su financijski dostupniji nego ikad prije, razvoj uređaja i rješenja koje virtualna stvarnost nudi je pojednostavljena na temelju poboljšanja hardvera.

Generalno gledajući već sad se virtualna stvarnost koristi u mnogim disciplinama, poput medicine, obrazovanja, rehabilitacije i muzejima, što nas dovodi do teme ovog rada. Jedan od načina na koji možemo iskoristiti virtualnu stvarnost je kako bismo izradili 3D prikaz izloženih umjetnina koje se nalaze u muzeju i omogućili virtualnu šetnju, naravno ovo nam omogućuje i prikazivanje svih onih umjetnina koje nisu izložene jer fizički nema dovoljno mjesta u samom muzeju. Možemo izrađivati kratke trodimenzionalne videoe koje bismo koristili za promociju putem interneta i medija, no iste možemo koristiti kao atrakciju u muzeju i time privlačiti mlađe uzraste, posebice školske grupe (Fares et al., 2024.). Ono što je najvažnije je da izradimo digitalnu verziju umjetnina koja nam omogućuje očuvanje baštine, jasno je da želimo očuvati sve slike, skulpture i dokumente u njihovom originalnom obliku no postoje faktori na koje jednostavno ne možemo utjecati i upravo iz tog razloga trebamo osigurati takozvani rezervni plan kako ne bismo izgubili dokaze i ljepote naše povijesti.

## **4. Metode očuvanja baštine**

U ovom dijelu rada spominjati će se načini na koji se baština obnavlja i čuva u stvarnom svijetu i kako su oni blisko povezani sa očuvanjem baštine u virtualnoj okolini. Dakle, sama restauracija skulptura se koristi već godinama od strane stručnih i iskusnih osoba no dolazimo do pitanja je li ona dovoljna za svijet u kojem danas živimo. Zatim se spominju fizički utemeljeno renderiranje i 3D osvjetljenje koji se isprepliću za najbolje rezultate, ove metode služe za ispravan prikaz površine objekta sa pravilnim osvjetljavanjem tokom fotografiranja i sjenčanjem tokom uređenja fotografije. Naposljetku se govori o ortofotografiji koja nam pruža detaljnu geografsku sliku.

### **4.1. Restauracija skulptura**

Restauracija je proces očuvanja baštine kako bi se produžio životni vijek građevina, predmeta, umjetnina i skulptura. Restauracija skulptura radi se kada je unutarnja ili vanjska skulptura oštećena, iz bilo kojeg razloga, vremenskih neprilika, oštećenja tokom transporta, mehaničko oštećenje ili jednostavno prolazak vremena. Iznimno je važno da tokom restauracije očuvamo vjerodostojnost i integritet same umjetnine, smatra se da je proces restauracije spoj znanosti i umjetnosti te osobe koje to čine moraju biti stručne u svom poslu. Kao što je navedeno, skulpture dijelimo na vanjske i unutarnje, podjela se temelji na poziciji skulpture, ili se nalazi u zatvorenom prostoru, ili se nalazi na otvorenom. Jasno je da je očuvanje vanjskih skulptura puno zahtjevnije jer na njih utječe više čimbenika, vremenske promjene utječu na boju i materijal same skulpture, no također problematičan faktor su i ljudi, posebice ako se skulptura nalazi u nekoj turističkoj sredini i lako joj je pristupiti. S druge strane, unutarnje skulpture su jednostavnije za očuvanje jer svi faktori koji utječu na vanjsku skulpturu su ovdje izbjegnuti, nema klimatskog utjecaja niti se skulpture u muzejima smiju dirati, tako da nema ni ljudskog utjecaja. Dakle, očuvanje unutarnjih skulptura se uglavnom odnosi na obnavljanje boje i vanjskog premaza. Što se tiče restauracije vanjskih skulptura, prvi korak je kvalitetna procjena trenutnog stanja i uzroka oštećenja, zatim se određuju osnovne karakteristike same skulpture poput materijala, stila izrade i godine izgradnje kako se originalna verzija ne bi mijenjala. Nakon što smo utvrdili sve karakteristike tek se onda kreće sa obnavljanjem ili restauracijom ovisno o uzrocima (DOK-ART restauriranje umjetnina). Ukratko, restauracija skulptura zahtijeva iznimno mnogo vremena, vještina i znanja, zato dolazimo na opciju očuvanja skulptura pomoću 3D rekonstrukcije u virtualnom okruženju o kojoj će se

pričati dalje u radu. Naravno, to ne bi utjecalo na fizičku restauraciju, struka se ne bi izgubila, restauracija će uvijek postojati, ne samo za skulpture već za sve oblike umjetnina. Ono što je važno imati na umu je da virtualni svijet ne bi ni u kojem pogledu zamijenio stvarni svijet, već bi samo otvorio više opcija i mogućnosti koje stvarni svijet ne dopušta i u kojem je ograničen. Ovdje se ne misli isključivo na restauraciju, već i na turizam, na dodatne funkcije koje bi i sami muzeji mogli ukomponirati u svoje poslovanje, poput holograma koji nadoknađuje nedostajuće dijelove skulptura, no o tome će se pričati detaljnije u nastavku rada.

## **4.2. Fizički utemeljeno renderiranje (PBR)**

Fizički utemeljeno renderiranje, nekad poznato i kao fizički utemeljeno sjenčanje (PBS) je metoda sjenčanja i renderiranja koje omogućuje ispravniji prikaz na koji način svjetlost stupa u interakciju sa svojstvima materijala. PBS je obično metoda sjenčanja dok se PBR odnosi na renderiranje i osvjetljenje iako oba termina opisuju proces predstavljanja imovine sa fizički točnog stajališta. Fizički utemeljeno renderiranje nam omogućuje realistični prikaz imovine, u našem slučaju skulptura i građevina, bez obzira na rasvjetne sustave koji se koriste. Spekularna refleksija odnosi se na svjetlost koja se reflektira od površine, svjetlosna zraka odbija se od površine i putuje u drugom smjeru, ona slijedi zakon refleksije koji nam govori da je na savršeno ravnoj površini kut refleksije jednak upadnom kutu. Većina površina je nepravilna i refleksija ovisi o hrapavosti površine čime se mijenja smjer odbijanja svjetlosti, no intenzitet ostaje jednak, tako grublje površine imaju veće i tamnije naglaske, dok glađe površine izgledaju svjetlije (Adobe). Također, moramo spomenuti i Fresnelov efekt kojeg je uočio francuski fizičar Augustin-Jean Fresnel, količina svjetlosti koja se reflektira od površine ovisi o kutu gledanja pod kojim se opaža. Primjerice, kada gledamo u bazen pun vode sa visine, vidjeti ćemo blagi odraz svjetlosti i možemo vidjeti u dubinu, no kada gledamo u istoj visini vode, nećemo moći vidjeti u dubinu ali ćemo vidjeti puno veću refleksiju svjetlosti. Odbijanje svjetlosti moramo imati na umu kod samog fotografiranja ili video snimanja skulptura kako bi na dobro osvjetljenom mjestu dobili najkvalitetnije ishode, jasno nekad ne možemo postići savršen prikaz kakav je u stvarnom svijetu te upravo tada koristimo PBR ili PBS za optimalne rezultate.

### **4.3. 3D osvjetljenje**

Osvjetljenje oblikuje način na koji vidimo svijet, koristimo ga u svrhu usmjeravanja pozornosti, prvenstveno moramo shvatiti tipove svjetlosti kada postavljamo scenu. Nailazimo na podjelu od pet trodimenzionalnih tipova svjetlosti; usmjereno svjetlo, područno svjetlo, točkasto svjetlo, reflektor i rasvjeta nebeske kupole (Adobe). Usmjereno svjetlo emitira paralelne zrake koje obasjavaju objekt jednakim intenzitetom, poput sunca, kao da je izvor svjetlosti udaljen. Područno svjetlo definirano je pravokutnikom iz čije površine se emitira svjetlost, ono liči na svjetlost koja prolazi kroz prozor. Točkasto svjetlo je poput izvora koji emitira svjetlost u svim smjerovima, predstavlja simulaciju stolne lampe. Reflektor je izvor koji predstavlja svjetiljku, svjetlo koje se emitira je ograničeno određenim kutevima, intenzitet svjetlosti se umanjuje što je udaljenost veća. Rasvjeta nebeske kupole simulira emitiranje svjetlosti odozgo, uglavnom se koristi za scene na otvorenom. Osim različitih tipova svjetlosti moramo paziti i na količinu izvora svjetlosti; rasvjeta jedne točke je kada postoji samo jedan izvor svjetla u sceni, rasvjeta dvije točke ima primarni izvor koji je intenzivniji i sekundarni blaži izvor, rasvjeta tri točke je najčešći izbor 3D prikaza koji se uglavnom koristi u holivudskom stilu rasvjete, primarno svjetlo je na subjektu, ispunjavajuće svjetlo za kontrolu kontrasta i pozadinsko ili rubno svjetlo je iza subjekta kako bi se odvojio od pozadine. Ova metoda nam je važna za vrijeme pretvaranja objekata u trodimenzionalni oblik, tokom fotografiranja objekata moramo biti svjesni izvora svjetlosti i njegovog utjecaja na objekt kako bi ih ispravno prezentirali u 3D obliku. Jednako kao i u fizički utemeljenom renderiranju, kada fotografije objekta nisu ispravno uslikane dolazimo do 3D osvjetljenja s kojima možemo ispraviti pogreške.

### **4.4. Ortofotografija**

Ortofotografija je metoda koja kombinira karakteristike fotografije snimane iz zraka sa geometrijskim značajkama karte kako bi stvorila ispravnu sliku svih položaja na tlu. Tako nam omogućuje mjerenje udaljenosti, područja i detaljnih dijelova koji su često izostavljeni na tradicionalnim kartama, dakle ona u digitalnom formatu ispunjava ulogu geometrijski točne karte (Illinois Geospatial Data Clearinghouse). Podaci podatkovne baze ortofotografskih karata iznimno su korisni u vladinim poslovima, privatnim sektorima i akademskim ustanovama, no može se koristiti i za razne projekte uključujući agrikulturu, geologiju, arhitekturu, biologiju i mnoge druge.

Tako se može iskoristiti i za uviđanje razvoja gradova i država tokom povijesti, na koji način se krajolici izmjenjuju i kako se koje područje mijenja s obzirom na migracije. U pogledu očuvanja baštine ortofotografija nam prioritetno može služiti za područja koja su teško dostupna ili čak ugrožena te se njima ne smije prilaziti, ova metoda nam omogućuje pristup tim područjima. U virtualnom svijetu možemo iskoristiti ortofotografiju kako bismo pristupili ne samo navedenim područjima, već ju možemo koristiti i u turističkim zajednicama kako bismo mogućim posjetiocima prikazali sve što određena zemlja ili mjesto nudi i time ih privukli. Ortofotografija iznimno je važna za dokumentaciju kulturne baštine jer omogućuje kombinaciju radiometrijske informacije sa stvarnim mjerama i potpuni prikaz sa svake točke gledišta analiziranog objekta. Također, jedna od opcija je integracija tradicionalnih crteža sa više opisnih informacija koje koristimo kao teksturu za aplikacije virtualne stvarnosti i 3D modeliranja.

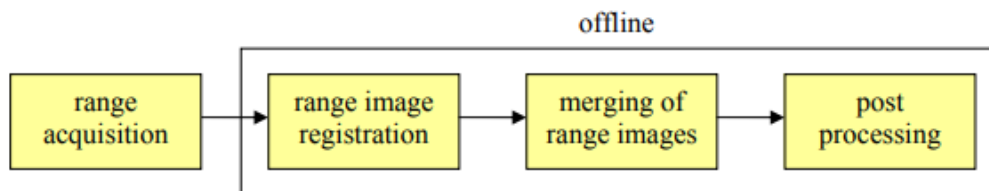
## 5. Metode virtualne stvarnosti

Nakon što smo prošli metode očuvanja baštine u stvarnom svijetu, vrijeme je da se posvetimo očuvanju u virtualnoj okolini. Znanje koje je dosad stečeno postavlja nam bazu na kojoj gradimo i dolazimo do 3D rekonstrukcije skulptura, ona omogućuje potpunu pretvorbu u trodimenzionalni prikaz. Nadalje, govori se o fotogrametriji i strukturi iz pokreta koje zajedno ostvaruju točnu sliku stvarnog svijeta u virtualnom. Posljednje govori se o stupnjevima slobode koji se koriste u virtualnoj stvarnosti i prate pokrete korisnika.

### 5.1. 3D rekonstrukcija skulptura

Kada govorimo o 3D rekonstrukciji mislimo na pretvaranje dvodimenzionalnog modela objekta ili scene u trodimenzionalni oblik pomoću baze podataka koja najčešće uključuje fotografije i video snimke. Obično se prakticira u robotici, računalnom vidu i virtualnoj stvarnosti, svrha 3D modela je za vizualizaciju, simulaciju i animaciju. Proces 3D rekonstrukcije obično se može podijeliti u četiri koraka koja vidimo na slici 1. ispod teksta; stjecanje raspona, registracija slike raspona, spajanje raspona slika i naknadna obrada (Low, 2006.). Drugi, treći i četvrti korak oduzimaju mnogo vremena te se odrađuju izvan mreže (engl. *offline*) nakon što steknemo cijeli raspon. U prvom koraku stjecanja raspona objekt se skenira iz različitih kuteva, bilo da pomičemo objekt ili skener, važno je da pokrijemo sve vidljive površine objekta i da se svaki dio koji skeniramo preklapa sa barem još dva skena za najučinkovitije rezultate. U drugom koraku registracije slike raspona trebamo ih poravnati u zajedničkom koordinatnom okviru, no s obzirom da pozicioniranje skenera i mjere poza objekta u većini slučajeva imaju grešaka koristimo ICP algoritam, to jest iterativno najbližu točku. Ideologija ICP algoritma temelji se na korespondenciji izvorne i odredišne točke, to je metoda iterativne optimizacije koja istovremeno usklađuje višestruki raspon slika (Bai, 2022.). Nakon registriranja slika postoji višak podataka u regijama koje se preklapaju što nas dovodi do trećeg koraka spajanja raspona slika u jedan neredundantni model. Većina tih spajajućih modela temelji se na integraciji površinske mreže ili volumenskog pristupa koji rezultiraju u poligonalnom obliku 3D objekta (Santoši et al., 2015.). Metoda volumenskog pristupa je tehnika koja koristi optički model preslikavanja vrijednosti u optička svojstva poput boje i neprozirnosti. Metoda integracije površinske mreže s druge strane fokusira se na osjenčavanje površine iliti intenzitet osvjetljenja. Dolazimo do posljednjeg koraka naknadne

obrade, ona se odnosi na popunjavanje rupa, površinsko uklapanje i popunjavanje, do tih problema zna doći zbog reflektirajućih površina ili pozicioniranja skenera. Postoji više metoda rješavanja tih problema ovisno koji je oblik 3D modela.



Slika 1. Koraci procesa 3D rekonstrukcije

Zamislamo da imamo kip kojem jedan dio tijela, primjerice ruka, nedostaje. U tradicionalnoj rekonstrukciji tražili bi podatke o samoj skulpturi, umjetničkom stilu, materijalu i uzroku oštećenja kako bi mogli izraditi novu ruku i pričvrstiti ju na kip. U 3D rekonstrukciji dovoljno nam je da imamo samo nekolicinu fotografija same skulpture po kojima možemo nadoknaditi nedostajući dio. Također, upravo tu 3D rekonstrukciju možemo iskoristiti u proširenoj stvarnosti kako bi sa naočalama ili drugim uređajem vidjeli nedostajući dio, jasno možemo učiniti i mnogo više no o o tome se može pročitati više nadalje u radu (Gherardini, Santachiara, Leali, 2018.).

## 5.2. Fotogrametrija

Fotogrametrija je proces izrade 3D modela uz pomoću kojeg stvarni fizički svijet prenosimo u digitalni oblik. Objekt fotografiramo iz što više kuteva kako bismo postigli veću bazu fotografija sa više detalja, provodimo cijeli set fotografija kroz predodređene programe koji kombiniraju preklapajuće podatke fotografije i stvaraju 3D model. Postoje dvije vrste fotogrametrije; zračna i zemaljska. Kada koristimo zračni oblik kameru postavljamo iznad mjesta kojeg fotografiramo, posebice za mjesta do kojih je teško ili nemoguće doći, najčešće se koristi za stvaranje geografske baze podataka u šumarstvu ili za upravljanje ostalim prirodnim resursima. Zemaljska fotogrametrija koristi se za bliski domet, usredotočena je na objekt, omogućuje nam detaljniji prikaz i brže prikupljanje podataka. U nastavku rada spominjati ćemo obje vrste za izradu 3D modela iako će fokus biti na zemaljskoj fotogrametriji (Kim, 2023.). Sama ideja fotogrametrije vraća nas u 15. stoljeće i umjetnost, Leonardo da Vinci razvio je princip perspektivne i projektivne



geometrije koji su poslužili kao osnova fotogrametrije. Geometrijska perspektiva nam omogućuje da 3D objekt ilustriramo u 2D obliku pomoću dijelova koji daju dojam dubine. Fotogrametrija se već koristi u muzejima za prikazivanje umjetničkih djela koja se u samom muzeju ne bi inače mogla izložiti zbog nedostatka prostora, zatim u online kupovinama namještaja kombinirajući augmentativnu stvarnost kako bi kupci unaprijed mogli odrediti odgovara li im nešto u njihovom domu, čak i sportski navijači imaju mogućnost pregleda arene ili dvorane kako bi uspjeli odabrati najbolja sjedala za gledanje utakmica. Naravno, očekuju se i daljnji uspjesi i poboljšanja u ovom polju, tako da je važno spomenuti Neuralangelo, od tvrtke NVIDIA, model umjetne inteligencije koji 2D videozapise pretvara u detaljne 3D strukture, kasnije ove godine će se doznati više o samom projektu no mogao bi drastično ubrzati procese fotogrametrije, optimizirati razne industrije u kojima se već koristi, ali i otvoriti vrata za nove ideje (Salian, 2023.). Fotogrametrija nam je najpotrebnija metoda što se tiče očuvanja baštine u virtualnom svijetu, to je prvi korak koji činimo pri izradi trodimenzionalnih modela bilo da se radi o nekakvom kipu, skulpturi, građevini ili pak objektu.

### **5.3. Struktura iz pokreta**

Struktura iz pokreta (SfM) je polje unutar računalnog vida koje rekonstruira trodimenzionalnu strukturu iz dvodimenzionalnih fotografija, koristi se u robotici, augmentativnoj stvarnosti, arheologiji i slično. Temelji se na algoritmima koji omogućuju izvlačenje prostornih informacija iz fotografija, cijeli process SfM-a možemo podijeliti u četiri koraka; izdvajanje značajki, podudaranje značajki, 3D rekonstrukcija i podešavanje snopa. Dakle, nakon što stvorimo bazu fotografija određenog objekta moramo utvrditi minimalno osam ključnih točaka, to je korak izdvajanja značajki, drugi korak podudaranja značajki u kojem svaku ključnu točku moramo spojiti sa jednakom na ostalim slikama u bazi. Kako bi razumjeli treći korak prvenstveno moramo razumjeti epipolarnu geometriju, to je odnos između dva pogleda na 3D scenu, svaka od tih ključnih točaka stvara projekcijsku matricu, optimalno je da na križanju tih matrica postavljamo 3D točku, no zbog unatrag projicirane zrake često se ne sijeku te tada radimo triangulaciju točaka kako bi postigli 3D rekonstrukciju. Posljednji korak se koristi za filtriranje nedosljednih 3D točaka otkrivanjem njihovih odstupanja u skupu svih rekonstruiranih točaka (Lobo, 2023.). Sigurno je reći da nam je ova metoda iznimno korisna u rekonstrukciji kipova, skulptura, crkava i važnih

građevina koje bi htjeli sačuvati u virtualnom svijetu. Ova metoda omogućuje nam izrađivanje digitalne baze baštine u trodimenzionalnom svijetu kako bi ju uspjeli sačuvati od svih mogućih oštećenja te isto tako i postavlja temelje za inovativne projekte u muzejima.

#### 5.4. Stupnjevi slobode (DoF)

DoF je oznaka koja predstavlja stupnjeve slobode (engl. *degrees of freedom*), to je termin koji objašnjava kretanje oko ili uzduž osi, brojka ispred nam označuje koliko osi se može pratiti. Što bi značilo da u 3DoF možemo pratiti tri osi, bilo da su translacijske ili rotacijske, dok u 6DoF možemo pratiti svih šest postojećih osi. Kao što je spomenuto postoje dvije vrste osi; translacijska os, prikazana u prvom redu, i rotacijska os, prikazana u drugom redu slike 2. Translacijska os ima tri pokreta; uzdižući (engl. *elevating*); osoba se pomiče gore i dolje, strafanje (engl. *strafing*); osoba se pomiče lijevo i desno i nadirući (engl. *surgin*); osoba se pomiče naprijed i nazad. Rotacijska os također ima tri pokreta: valjanje (engl. *rolling*); osoba pomiče glavu s jedne strane na drugu, bacanje (engl. *pitching*); osoba pomiče glavu gore i dolje i zijevajući (engl. *yawing*); osoba pomiče glavu lijevo i desno. Kada pričamo o virtualnoj stvarnosti, 3DoF se koristi za prikaz od 360 stupnjeva, dok 3D prikaz zahtijeva 6DoF. Nadalje, dok smo u 3D okruženju sa 3DoF isključivo vidimo ono što nam je prikazano dok stojimo na mjestu, ne možemo mijenjati udaljenost objekata koje vidimo, dok se pri korištenju 6DoF-a možemo kretati i približavati objektima koje vidimo jer prati naše fizičke pokrete. Za lakše shvaćanje, 3DoF prati samo našu glavu, a 6DoF i naše tijelo (Dhanda et al., 2019.a). S obzirom da je 6DoF superiorniji, pruža više opcija i sveukupni dojam je zanimljiviji dolazimo do pitanja zašto se uvijek ne bi koristio, no odgovor je vrlo jednostavan, financijski je 3DoF isplativiji. Hardver i softver 6DoF-a su puno kompleksniji, zahtijevaju infracrveni ili optički sustav praćenja pokreta i kontrolera. Što se tiče korištenja DoF-a u korist očuvanja baštine pomoću virtualne stvarnosti trebali bi koristiti 6DoF za potpuno imerzivno iskustvo korisnika. U sklopu uvođenja virtualne okoline u muzeje ova metoda nam je potrebna za virtualnu i za proširenu stvarnost. U virtualnoj stvarnosti i digitalnim pričama koje bi vodili ove naočale bi pratile pokrete po jednoj sobi dok u proširenoj stvarnosti prati se hod putem cijelog kata i svakog kata muzeja, u oba slučaja koristili bi 6DoF upravo zato što zahtijeva približavanje i udaljavanje od objekta te 3DoF ne bi bio koristan (Smart VR lab, 2021.).



Slika 2. Vizualni prikaz pokreta translacijske i rotacijske osi DoF-a.

## 6. Posjećenost muzeja

Muzejski dokumentacijski centar slanjem elektroničkog obrasca prikupio je podatke o posjećenosti hrvatskih muzeja, za 2021. godinu prisustvovao je 141 muzej, 2022. godine 142 muzeja te 2023. godine 156 muzeja (Muzejski dokumentacijski centar). Potpuna tablica ima detaljan ispis posjetitelja u dvije skupine, ukupan broj posjetitelja stalnog postava i izložbi koji se dijeli na stalni postav, povremene izložbe, muzejske izložbe u drugim sredinama, izdvojene zbirke i lokaliteti, zatim druga skupina je broj posjetitelja na raznim događanjima podijeljena na edukacijski program, noć muzeja, međunarodni dan muzeja i manifestacije, otvorenja, promocije, akcije i drugi programi. U tablici 1. osvrnuti ćemo se na ukupan broj posjetitelja stalne postave i izložbi prikazane pod stalni postav te ukupnog broja posjetitelja prikazane pod ukupno. Dakle, pod ukupan broj posjetitelja se ubraja i druga skupina posjetitelja na raznim događanjima. Svi tipovi posjetitelja navedeni u tablici su zapisani po broju osoba pojedinačno, tip besplatnog ulaza je od ukupnog broja, on se oduzima od ukupnog broja posjetitelja. Ono što možemo zaključiti u protekle tri godine je da se ukupan broj posjetitelja povećao za 172 posto što je iznimno veliko povećanje no isto tako moramo uzeti u obzir da su tokom 2021. godine trajala ograničenja zbog zdravstvenog stanja u državi te da muzeji nisu tokom cijele godine bili otvoreni, također, 2023. godine je u ispitivanju sudjelovalo 15 muzeja više tako da taj postotak nije u potpunosti realan i objektivan. Dapače, očekivano je da je nakon socijalnih ograničenja koja su bila na snazi 2021. godine broj posjetitelja porastao jer su ljudi željni iskustva koja tad nisu bila moguća. No, kako bi stekli ispravniji dojam o popularnosti i posjećenosti muzeja iskoristiti ćemo podatke iz 2018. i 2019. godine koje možemo vidjeti u tablici 2. U 2018. godini u prikupljanju podataka sudjelovalo je 126 muzeja, dok je 2019. godine sudjelovalo 134 muzeja, ponovimo za 2023. je 156 muzeja ispitano. Sada vidimo da je od 2018. godine do 2023. pad od 19,6 posto, kao što je već navedeno očekivali bismo da će se zainteresiranost za muzeje povećati nakon dvije potresne godine, no brojke pokazuju da tome nismo ni blizu. Moramo uzeti u obzir da je ispitano 30 muzeja više nego prije šest godina, a broj posjetitelja nije čak ni isti, dakle taj pad od 19,6 posto je zapravo i veći. Ono što se može zaključiti iz navedenih podataka je da se zainteresiranost i popularnost muzeja smanjuje. Nakon analize posjećenosti muzeja očito je da se treba poduzeti nešto što bi ljude ponovo zaintrigiralo i vratilo u muzeje, upravo iz razloga što tehnologija napreduje i muzej sam treba napredovati, a najbolji način za to je praćenje trendova. Virtualno okruženje koje se može uvesti u muzeje u obliku virtualne i proširene stvarnosti se prvenstveno treba iskoristiti kao promocija,

kako bi privukli što širu publiku no i velik broj turista. Prošle godine 34,8 posto posjetitelja u muzejima Hrvatske bili su turisti što je za razliku od proteklih godina u prosjeku za 10 posto više. Ovo je dobro za nas i za turizam Hrvatske no istovremeno moramo se i upitati kako privući domaću publiku. Možemo se osvrnuti na 2018. i 2019. godinu u kojoj je 80 posto posjećenosti u kategoriji stalne postave i izložbi, dok je u 2023. skoro 10 posto više, ovo je statistika koju želimo održati te je razlog više zbog kojeg trebamo novih ideja i inovacija u muzejima.

Tablica 1. Posjećenost muzeja u protekle tri godine.

<b>Tip posjetitelja</b>	<b>Stalni postav 2021.</b>	<b>Ukupno 2021.</b>	<b>Stalni postav 2022.</b>	<b>Ukupno 2022.</b>	<b>Stalni postav 2023.</b>	<b>Ukupno 2023.</b>
<b>Odrasli</b>	1.128.589	1.248.030	1.070.261	1.287.557	1.006.741	1.332.282
<b>Karta s popustom</b>	352.783	374.865	396.124	426.719	434.843	486.081
<b>Grupe odraslih</b>	67.062	70.622	77.914	84.324	105.804	123.577
<b>Grupe predškolskog uzrasta</b>	9.776	13.953	18.244	31.073	28.497	48.031
<b>Grupe osnovnih škola</b>	88.918	115.349	359.393	418.282	447.872	526.150
<b>Grupe srednjih škola</b>	30.536	34.964	65.232	82.749	63.647	83.847
<b>Grupe studenata</b>	23.272	24.322	21.227	25.022	35.582	42.056
<b>Osobe s posebnim potrebama</b>	4.510	5.046	5.704	7.158	10.112	11.748
<b>Obiteljska ulaznica</b>	134.666	136.212	179.345	182.860	207.742	211.218
<b>Strani turisti</b>	512.021	526.478	884.576	912.594	1.503.220	1.532.415
<b>Besplatan ulaz</b>	595.516	677.610	609.667	780.701	758.357	1.040.535
<b>Ukupno</b>	2.352.133	2.549.841	3.078.020	3.458.338	3.844.060	4.397.405

Tablica 2. Posjećenost muzeja 2018., 2019. i 2023. godine

<b>Tip posjetitelja</b>	<b>Stalni postav 2018.</b>	<b>Ukupno 2018.</b>	<b>Stalni postav 2019.</b>	<b>Ukupno 2019.</b>	<b>Stalni postav 2023.</b>	<b>Ukupno 2023.</b>
<b>Odrasli</b>	1.915.068	2.757.444	1.518.453	2.231.814	1.006.741	1.332.282
<b>Karta s popustom</b>	488.245	538.012	556.294	609.172	434.843	486.081
<b>Grupe odraslih</b>	225.326	241.494	266.073	284.534	105.804	123.577
<b>Grupe predškolskog uzrasta</b>	36.668	56.356	25.595	41.538	28.497	48.031
<b>Grupe osnovnih škola</b>	459.365	536.814	455.321	540.973	447.872	526.150
<b>Grupe srednjih škola</b>	118.389	128.705	104.008	120.836	63.647	83.847
<b>Grupe studenata</b>	42.859	47.159	41.629	46.997	35.582	42.056
<b>Osobe s posebnim potrebama</b>	8.686	9.837	10.411	10.959	10.112	11.748
<b>Obiteljska ulaznica</b>	88.507	92.519	115.139	120.726	207.742	211.218
<b>Strani turisti</b>	1.015.461	1.038.541	1.198.704	1.228.216	1.503.220	1.532.415
<b>Besplatan ulaz</b>	1.024.835	1.686.237	854.727	1.535.339	758.357	1.040.535
<b>Ukupno</b>	4.398.574	5.446.881	4.291.627	5.235.765	3.844.060	4.397.405

## 7. Vizualizacija baštine u virtualnom svijetu

Nakon što smo prošli razne načine očuvanja baštine u tradicionalnom smislu i u stvarnom svijetu, spomenuli smo i razne metode virtualne stvarnosti koje nam pomažu u očuvanju baštine u digitalnom obliku u virtualnom svijetu, imamo sva potrebna teorijska znanja o vizualizaciji baštine u virtualnom svijetu, sada to samo trebamo iskoristiti u praksi i navesti prednosti koje nam donosi bez da imalo umanjujemo vrijednost klasičnih metoda. Doduše, moramo biti svjesni da publika može reagirati na dva načina, neki će biti zainteresirani za nove opcije koje muzej pruža, dok će drugi argumentirati kako su muzeji sami po sebi dovoljni bez ikakvih tehnoloških napredaka. No, jednako kako i svijet napreduje u tehnološkom pogledu u kojem se sve više koriste inovativne tehnologije, tako se i muzeji trebaju prilagoditi tome. Opcija proširene i virtualne stvarnosti u muzejima ne bi ni na koji način zamijenila iskustvo klasičnog posjeta muzeju, već bi bila atrakcija koja se može ili ne mora posjetiti, dakle i dalje bi muzej nudio sve što je nudio dotad ali i još više (Dhanda et al., 2019.b). Jednako kao što u posjetu kinu možemo odlučiti gledati film u 3D verziji pomoću naočala, tako bi i u muzeju mogli gledati umjetnine sa naočalama ili uređajem sličnim tabletu u proširenoj stvarnosti. Osim što sa virtualnom stvarnošću možemo učiniti nove atrakcije u muzejima, najvažnije je da na taj način očuvamo baštinu. Kao što u knjižnicama postoji digitalizacija knjiga, u arhivimima postoji digitalizacija dokumenata i postera, tako možemo prilagoditi i očuvanje primjeraka iz muzeja. Digitalizacija sama po sebi nam omogućuje sigurnu digitalnu verziju u obliku fotografije i PDF dokumenata tih knjiga i postera, virtualna okolina nam daje puno više (Cecotti, 2022.). Polazna točka ove ideje je da uvijek postoji strah od gubitka materijalne baštine, to su čimbenici koje ne možemo pretpostaviti niti na njih utjecati, poput poplava, požara, potresa te naravno i nepredvidivost ljudi. U slučaju da se išta od navedenog dogodi instantno gubimo sve što je muzej očuvao, sve umjetnine koje su godinama označavale našu povijest. Ono što želimo učiniti je ne samo digitalizirati sve te umjetnine da izgledaju kao fotografije divnih slika i skulptura već želimo omogućiti virtualnu šetnju kroz isti taj muzej, dakle doživljaj odlaska u muzej bi i dalje postojao, ne bismo izgubili trodimenzionalnost stvarnog svijeta, sve bi prividno bilo nadohvat ruke (Gonizzi et al., 2015.). Ta sigurnosna kopija muzeja koju bi ostvarili putem pretvaranja u virtualnu okolinu nije isključivo za praćenje tehnoloških trendova nego bi i privukla novu publiku, obnovila zainteresiranost stalne publike, izradili bi novu atrakciju za poboljšanje muzeja te ono primarno, sačuvala baštinu (Spallone et al., 2022.). Velika prednost muzejskih izložbi u virtualnom svijetu je rasterećenje odluka o fizičkim izložbama u



stvarnom svijetu, većina muzeja nema dovoljno prostora u kojem bi izložila sve umjetnine koje posjeduju, dolazi i do razočaranja posjetitelja jer nisu vidjeli ono što su smatrali da će biti izloženo jer je zamijenjeno sa drugom umjetninom. Ovdje nas tako reći spašava jednostavnost virtualnog svijeta, jednom kada izradimo muzej u virtualnoj stvarnosti, vrlo je jednostavno zamijeniti izložbene umjetnine koje će se prikazivati, čak nije ni potrebno mijenjati ih već postoji opcija izrade više katova sa svim primjercima koje muzej posjeduje. Iako je pametnije imati različite verzije iliti priče u virtualnom svijetu kako bi se posjetitelji vraćali i imali različita iskustva.

## **7.1. Digitalno pripovijedanje**

Digitalno pripovijedanje opisuje se poput umjetnosti pričanja priča sa multimedijским sadržajima, video snimkama, audio snimkama i fotografijama, može uključivati glazbu, razne grafike i tekstove. Slično kao i u tradicionalnom pripovijedanju, na određenu temu se razvija priča i nerijetko uključuje određeno stajalište. Joe Lambert, suosnivač Centra za digitalno pripovijedanje (CDS), neprofitne organizacije u Kaliforniji razvio je sistem digitalnog pripovijedanja koji uključuje sedam koraka (Birt, Brkić-Vejmelka i Cvitković Kalanjoš). Prvi korak odnosi se na točku gledišta, ona nam opisuje autorovo stajalište i poantu priče, drugi korak je dramatično pitanje koje zadržava gledateljevu pažnju i podrazumijeva se odgovor na kraju priče, treći korak je emocionalni sadržaj, to su ozbiljna pitanja koja publiku na snažan način povezuju sa pričom. Četvrti korak naziva se darom tvog glasa, to je način na koji personaliziramo priču i publici pobliže objašnjujemo kontekst same priče, peti korak je moć glazbene pozadine koji možemo zaključiti iz samog naziva da su zvukovi koji prate i uljepšavaju priču. Šesti korak je praktičnost, koristimo sasvim dovoljno sadržaja da se priča ispriča bez da opteretimo publiku sa previše informacija. Posljednji, sedmi korak je tempo, on je blisko povezan sa šestim korakom praktičnosti, određujemo tempo priče, ubrzavamo i usporavamo po potrebi kako bi gledatelj ostao zainteresiran. Također, možemo spomenuti Bernard Boss Robina, koji je u svojem članku iz 2011. godine iznio podjelu digitalnog pripovijedanja u tri skupine; osobne pripovijesti, priče koje istražuju povijesne događaje i priče koje informiraju ili poučavaju (Bernard Boss Robin, 2011.). Njegov rad temelji se na korištenju digitalnog pripovijedanja u obrazovne svrhe, no nije li to upravo ono što muzeji čine, osim što skupljaju, čuvaju i interpretiraju razne umjetničke, kulturne, pa čak i objekte znanstvene važnosti, isto tako informiraju, poučavaju i promoviraju baštinu publici. Upravo to je ono na što se želimo

fokusirati u korištenju digitalnog pripovijedanja u muzejima, pomoću virtualne stvarnosti možemo stvarati povijesne priče, i to ne samo priče već potpuno možemo uroniti u film povijesti, možemo stvoriti okolinu identičnu onoj koja se događala prije deset godina, deset desetljeća ili čak deset stoljeća. Imamo priliku ne samo slušati ili gledati legende, mitove i priče o povijesti već se pronaći u njima i doživjeti ih, virtualna stvarnost nam to omogućuje. Kasnije u radu spominju se virtualne priče u kojima koristimo digitalno pripovijedanje u kombinaciji sa virtualnom stvarnošću, one bi se mogle prezentirati u muzejima kao novi projekt uvođenja virtualnog svijeta u muzeje, privlačile bi novu publiku ali i ponovo zainteresirale trenutne korisnike.

## **7.2. Proširena stvarnost (AR)**

Proširena stvarnost je integracija digitalnih informacija s okolinom korisnika u stvarnom vremenu, ona koristi vizualne, zvučne i senzorne informacije putem pametnog uređaja, naočala i slušalica, te se informacije isprepliću sa stvarnim okruženjem i mijenjaju percepciju korisnika o fizičkom svijetu. Ovo nam pruža priliku pravog interaktivnog iskustva u muzejima, slike i skulpture bi oživjele. Prisjetimo se poznatog francuskog kipara Auguste Rodin i njegove skulpture mislioca koju možemo vidjeti na slici 3., djevojke s galebom akademskog kipara Zvonka Cara na slici 4. te male četrnaestogodišnje plesačice Edgara Degasa na slici 5., pomoću proširene stvarnosti za svaku od tih skulptura možemo vidjeti kako bi se kretale, mislioc bi ustao i sjetio se što mu je činiti, galeb bi odletio iz djevojčine ruke, a plesačica bi zaplesala i naklonila se. To su samo neki od primjera u kojima bi iskoristili mogućnosti proširene stvarnosti, ovakav inovativan pristup muzejima privukao bi ne samo mlađe uzraste, već sve uzraste jer je novo, zanimljivo i dosad neviđeno. Ovaj projekt koji bi se mogao uvesti nije direktno povezan sa očuvanjem baštine no povezan je sa virtualnom okolinom, s obzirom na temu rada i dalje je važno za spomenuti mogućnosti koje nam upravo ta virtualna okolina nudi, načine na koje ju možemo iskoristiti jer ako već izrađujemo trodimenzionalne verzije baštine, možemo se s njome poigrati i učiniti ju još privlačnijom. Također, moramo na umu imati i pad posjećenosti muzeja koji bi uvođenje proširene stvarnosti mogla promijeniti. Proširena stvarnost se već koristi u nekolicini muzeja diljem svijeta, primjerice u San Franciscu postoji mogućnost 'isprobavanja' odjeće koja je izložena, stanemo ispred kamere koja nas snima te se postavi slika izložene odjeće na nama. Zatim u Washingtonu u stvarnom svijetu vidimo kostur životinje dok pomoću tableta vidimo pravu životinju (Charr, 2024.).

Osvrnimo se na istraživanje Pérez muzeja u Miamiu, smatrali su da bi korištenje tehnologije moglo izolirati ljude jer bi svatko bio fokusiran na ono što vidi na ekranu no dobili su baš suprotne rezultate u kojima su i potpuni stranci komunicirali međusobno i razmjenjivali dojmove o onome što vide. Također, smatrali su da će uvođenjem ove tehnologije izgubiti starije generacije posjetitelja koje bi se mogle osjećati izostavljenima no i ovdje se dogodilo suprotno, velik broj posjetitelja bio je stariji od 55 godina i svi su imali pozitivna iskustva (Vimeo). Ovo istraživanje nam može umanjiti strahove koji su ranije u radu spomenuti oko virtualne okoline u muzejima i daje nam sigurnost da korištenje nove tehnologije ne znači gubitak posjetitelja niti gubitak socijalnog iskustva u posjetu muzeju. Svi muzeji koji trenutno koriste proširenu stvarnost prenose ju putem mobilnih uređaja ili tableta, zasad nitko ne koristi naočale koje uvelike olakšavaju posjet, ovdje je važno razmisliti kako bi to utjecalo na socijaliziranje posjetitelja i kakav učinak muzej želi ostvariti, no ono što je sigurno je da bi korištenje naočala a ne uređaja koje držimo u rukama pojačalo dojam i iskustvo imerzivnosti u virtualnoj okolini.



Slika 3. The Thinker



Slika 4. Djevojka s galebom



Slika 5. Little Dancer Aged Fourteen

### 7.3. Virtualne priče

Opcija koju možemo iskoristiti u muzejima su virtualne priče. Tokom gledanja filmova i serija ili čitanja knjiga, jeste li ikad razmišljali koliko bi zanimljivo bilo da možete i sami biti u toj priči, da se nalazite u toj okolini, da ste okruženi tim likovima i da proživite njihova iskustva? Upravo to možemo ostvariti sa virtualnim pričama, imamo mogućnost stvaranja točno tog iskustva, ako ne i boljeg. Kombinacijom digitalnog pripovijedanja i virtualne stvarnosti možemo se zateći u raznim okolinama, primjerice na baroknom balu Wilhelm Gausea koji vidimo na slici 6., ili u poznatim vrtovima koje je slikao Claude Monet na slici 7. Dakle pomoću naočala doživjeli bi potpuni imerzivni svijet, dok bi preko zvučnika svirala glazba i pričale se priče o tom dobu. Zanimljivo je što pomoću virtualne stvarnosti imamo priliku preći preko barijere vremena i prostora, više nije važno u kojem dobu se nalazimo, ni na kojem mjestu se nalazimo, sve što nam je potrebno je par naočala kako bismo prisustvovali raznim vremenima i udaljenim mjestima.



Slika 6. Court Ball at the Hofburg    Slika 7. Apple Trees in Bloom at Giverny

## 8. Zaključak

U ovome radu fokus je na očuvanje baštine pomoću virtualne stvarnosti, započeli smo sa opisivanjem povijesti same virtualne stvarnosti kako bi znali korijene i koliki napredak je već dosad postignut. Kako bi dobili ideju što je uopće baština iskorištena je podjela novozelandskih domorodaca Maora, njihova kultura seže još od 10. stoljeća, njihova podjela baštine ne razlikuje se toliko od klasične podjele no s obzirom na ponos i važnost koju pridonose svojoj povijesti i očuvanju i prakticiranju svoje baštine tokom tolikih generacija koje su dosad prošle možda je najbolji način za shvatiti ne samo podjelu baštine već i koliku snagu ima kada se održava. To je i polazište kojim se trebamo voditi kako bi prihvatili ideju baštine u virtualnoj okolini, dakle ona nije stvorena kako bi zamijenila fizički svijet nego kako bi ga očuvala, predstavlja nam osiguranje u digitalnom obliku jer sve materijalno je lako uništivo i koliko god pazili na bilo kakav objekt, na određene čimbenike ne možemo utjecati, ali možemo se pripremiti za moguće štete. Iz tog razloga navedene su razne metode kojima se baština dosad uvijek čuvala i obnavljala, metode koje se koriste za izradu trodimenzionalnog oblika baštine i njegovog očuvanja te naposljetku, virtualne atrakcije koje se mogu uvesti u muzeje. Usmjerenje je na metodama kojima postizemo virtualni svijet poput fotogrametrije i strukture iz pokreta koje su možda i najvažniji dio, no i 3D osvjetljenju, 3D rekonstrukciji i fizički utemeljenom renderiranju koje čine velik dio izvedbe. Spominje se i restauracija skulptura u stvarnom svijetu no i 3D rekonstrukcija u virtualnom svijetu, zatim stupnjevi slobode koje koristimo za praćenje pokreta i ortofotografiju. Osvrnuli smo se i na statističku posjećenost muzeja u proteklih šest godina te se uviđa pad posjetitelja, to nam daje dodatni razlog zašto bi se virtualna okolina mogla uvesti u muzeje, kako bi privukla ljude i ponovo ih zainteresirala, jednako kako i svijet napreduje u tehnološkom pogledu tako se i muzeji trebaju prilagoditi. Moramo biti svjesni da novije generacije sve više koriste tehnologiju, privlače ih nove stvari i ponajviše iskustva, koncentracija je sve kraća i nisu oduševljeni muzejima kao što su nekad bili što je i statistika sama pokazala. To nam daje dodatnu motivaciju uvođenja virtualne i proširene stvarnosti u muzeje jer tada to postaje inovativan, nov, zanimljiv i tehnološki napredan posjet, tada to postaje potpuno atraktivno iskustvo koje će ih privući. Iako se određena vrsta proširene stvarnosti već koristi u muzejima diljem svijeta i dalje to nije potpuno iskorišteno koliko bi moglo biti, dok u Hrvatskoj se virtualna okolina ni na koji način još ne koristi, a kao što možemo zaključiti po istraživanju provedenom u Miamiu isplativo je i čak zanimljivije iskustvo od onog što muzeji trenutno nude. Svrha ovog rada je pregled očuvanja baštine pomoću virtualne stvarnosti,

mogućnosti i prilike koje nam ona donosi te kako ju možemo iskoristiti za napredovanje u muzejima no ni koji način ne umanjuje vrijednost trenutnog načina očuvanja, već samo naglašava iskorištavanje tehnologije u svrhu napredovanja.

## 9. Literatura

1. Antonin Artaud Describes 'La Réalité Virtuelle'. Dostupno na: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=1323> [7. travnja 2024.]
2. Augmented Reality Art Pérez Art Museum Miami. Dostupno na: <https://vimeo.com/313237380> [18. travnja 2024.]
3. How did virtual reality begin?. Dostupno na: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html> [7. travnja 2024.]
4. Muzejska statistika. Dostupno na: <https://mdc.hr/hr/muzeji/muzejska-statistika/statistika-hrvatskih-muzeja/> [7. travnja 2024.]
5. Restauracija skulptura. Dostupno na: <http://www.dok-art-restauriranje.hr/Restauracija-skulptura-S71589> [4. travnja 2024.]
6. Three Elements of Heritage. Dostupno na: <https://www.doc.govt.nz/our-work/heritage/managing-heritage/three-elements-of-heritage/> [18. travnja 2024.]
7. Top 5 Virtual Reality Trends of 2024: The Future of VR (2023.). Dostupno na: <https://program-ace.com/blog/virtual-reality-trends/> [18. travnja 2024.]
8. Understanding physically based rendering. Dostupno na: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/pbr.html> [4. travnja 2024.]
9. What is Digital Orthophotography?. Dostupno na: <https://clearinghouse.isgs.illinois.edu/what-digital-orthophotography> [13. travnja 2024.]
10. What is the difference between 3DoF vs 6DoF in VR? The Comprehensive guide to Degrees of Freedom (2021.). Dostupno na: <https://www.smartvrlab.nl/3dof-vs-6dof-in-vr/> [18. travnja 2024.]
11. 3D Lighting: Types of Lighting and 3D Lighting Techniques. Dostupno na: <https://www.adobe.com/products/substance3d/discover/3d-lighting.html> [13. travnja 2024.]
12. Bai, H. ICP Algorithm: Theory (2022.), Practice and Its SLAM-oriented Taxonomy, Illinois, University of Illinois-Champaign. Dostupno na: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2206/2206.06435.pdf> [13. travnja 2024.]
13. Birt, D., Brkić-Vejmelka, J. i Cvitković Kalanjoš, I., Digitalno pripovijedanje/digitalni narativi. Dostupno na: <https://www.digitclue.net/hr/pocetnica/digitalno-pripovijedanje-digitalni-narativi/> [7. travnja 2024.]

14. Boss Robin, B. (2011.), The educational uses of digital storytelling. Dostupno na : [https://www.researchgate.net/publication/228342171\\_The\\_educational\\_uses\\_of\\_digital\\_storytelling](https://www.researchgate.net/publication/228342171_The_educational_uses_of_digital_storytelling) [13. travnja 2024.]
15. Cecotti, H. (2022.), Cultural Heritage in Fully Immersive Virtual Reality, Fresno, California State University. Dostupno na: <https://www.mdpi.com/2813-2084/1/1/6> [18. travnja 2024.]
16. Charr, M. (2024.), How Museums are using Augmented Reality. Dostupno na: <https://www.museumnext.com/article/how-museums-are-using-augmented-reality/> [18. travnja 2024.]
17. Dhanda, A., Reina Ortiz, M., Weigert, A., Paladini, A., Min, A., Gyi, M., Su, S., Fai, S. i Santana Quintero, M. (2019.a), Recreating Cultural Heritage Environments for VR Using Photogrammetry. Dostupno na: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLII-2-W9/305/2019/> [18. travnja 2024.]
18. Fares, O., Aversa, J., Hwan Lee, S. i Jacobson, J. (2024.), Virtual reality: A review and a new framework for integrated adoption. Dostupno na: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/ijcs.13040> [4. travnja 2024.]
19. Gherardini, F., Santachiara, M. i Leali, F. (2018.), 3D Virtual Reconstruction and Augmented Reality Visualization of Damaged Stone Sculptures. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/325829691\\_3D\\_Virtual\\_Reconstruction\\_and\\_Augmented\\_Reality\\_Visualization\\_of\\_Damaged\\_Stone\\_Sculptures](https://www.researchgate.net/publication/325829691_3D_Virtual_Reconstruction_and_Augmented_Reality_Visualization_of_Damaged_Stone_Sculptures) [18. travnja 2024.]
20. Gonizzi Barsanti, S., Caruso, G., Micoli, L.L., Covarrubias Rodriguez, M. i Guidi, G. (2015.), 3D Visualization of Cultural Heritage Artefacts with Virtual Reality Devices, Milano, Politecnico di Milano. Dostupno na: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XL-5-W7/165/2015/isprsarchives-XL-5-W7-165-2015.pdf> [13. travnja 2024.]
21. Kim, J. (2023.) What is Photogrammetry?. Dostupno na: <https://blogs.nvidia.com/blog/what-is-photogrammetry/> [13. travnja 2024.]
22. Kurniawan, H., Salim, A., Suhartanto, H. i Hasibuan, Z. (2015.), E-Cultural Heritage and Natural History Framework: an Integrated Approach to Digital Preservation, University of Indonesia. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/267994765\\_E-CULTURAL\\_HERITAGE\\_AND\\_NATURAL\\_HISTORY\\_FRAMEWORK\\_AN\\_INTE](https://www.researchgate.net/publication/267994765_E-CULTURAL_HERITAGE_AND_NATURAL_HISTORY_FRAMEWORK_AN_INTE)



- [GRATED\\_APPROACH\\_TO\\_DIGITAL\\_PRESERVATION/figures?lo=1](#) [18. travnja 2024.]
23. Lobo, T. (2023.), Understanding Structure From Motion Algorithms. Dostupno na: <https://medium.com/@loboateresa/understanding-structure-from-motion-algorithms-fe034875fd0c> [7. travnja 2024.]
24. Low, K. (2006.), View Planning for Range Acquisition of Indoor Environments. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/34184689\\_View\\_Planning\\_for\\_Range\\_Acquisition\\_of\\_Indoor\\_Environments](https://www.researchgate.net/publication/34184689_View_Planning_for_Range_Acquisition_of_Indoor_Environments) [4. travnja 2024.]
25. Paladini, A., Dhanda, A., Reina Ortiz M., Weigert, A., Nofal, E., Min, A, Gyi, M., Su, S., Van Balen, K. i Santana Quintero, M. (2019.b), Impact Of Virtual Reality Experience On Accessibility Of Cultural Heritage. Dostupno na: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLII-2-W11/929/2019/> [18. travnja 2024.]
26. Salian, I. (2023.), Digital Renaissance: NVIDIA Neuralangelo Research Reconstructs 3D Scenes. Dostupno na: <https://blogs.nvidia.com/blog/neuralangelo-ai-research-3d-reconstruction/> [18. travnja 2024.]
27. Santoši, Ž., Šokac, M., Korolija-Crkvenjakov, D., Kosec, B., Sokovic, M. i Budak, I. (2015.), Reconstruction of 3D models of cast sculptures using close-range photogrammetry. Dostupno na: [https://www.researchgate.net/publication/282200200\\_Reconstruction\\_of\\_3D\\_models\\_of\\_cast\\_sculptures\\_using\\_close-range\\_photogrammetry](https://www.researchgate.net/publication/282200200_Reconstruction_of_3D_models_of_cast_sculptures_using_close-range_photogrammetry) [18. travnja 2024.]
28. Spallone, R., Lamberti, F., Olivieri, L.M., Ronco, F. i Castagna, L. (2022.), AR and VR For Enhancing Museums' Heritage Through 3D Reconstruction Of Fragmented Statue and Architectural Context. Dostupno na: <https://isprs-archives.copernicus.org/articles/XLVI-2-W1-2022/473/2022/> [4. travnja 2024.]

## **Popis oznaka i kratica**

PBR – Physically based rendering

PBS – Physically based shading

3D – Three-dimensional

DoF – degree of freedom

ICP – Iterative closest point

SfM – Structure from motion

AR – Augmented reality

VR – Virtual reality

## **Popis slika**

Slika 1. Koraci procesa 3D rekonstrukcije

Slika 2. Vizualni prikaz pokreta translacijske i rotacijske osi DoF-a.

Slika 3. The Thinker

Slika 4. Djevojka s galebom

Slika 5. Little Dancer Aged Fourteen

Slika 6. Court Ball at the Hofburg

Slika 7. Apple Trees in Bloom at Giverny

## **Popis tablica**

Tablica 1. Posjećenost muzeja u protekle tri godine.

Tablica 2. Posjećenost muzeja 2018., 2019. i 2023. godine

# Očuvanje baštine pomoću virtualne stvarnosti

## Sažetak

Ovaj rad fokusira se na očuvanje baštine pomoću virtualne stvarnosti, prvenstveno se govori o samoj baštini kako bi se istaknula njena važnost te o povijesti virtualne stvarnosti koja nam je postavila temelje za inovacije današnjice. Zatim se govori o tradicionalnim metodama očuvanja baštine, metodama virtualne stvarnosti i kombinacijom istih koja omogućuje izrađivanje digitalne baze baštine u virtualnoj okolini. Neke od tih metoda su 3D rekonstrukcija, fotogrametrija i struktura iz pokreta koje se navode kao najvažniji koraci. Nadalje, napravljen je osvrt na posjećenost muzeja u Hrvatskoj u proteklih šest godina i određeni čimbenici koji su utjecali na navedeno. Nakon navođenja raznih tehnika očuvanja baštine u virtualnom svijetu i isticanje važnosti digitalnog osiguranja baštine opisuje se vizualizacija baštine u virtualnoj okolini i što ona zapravo donosi. Predstavljaju se mogućnosti korištenja virtualne i proširene stvarnosti u muzejima u svrhu tehnoloških inovacija koje bi privukle korisnike i obnovile zainteresiranost publike. Naglašava se kako virtualni oblik prikaza baštine ni na koji način ne umanjuje fizički oblik i procese očuvanja baštine već samo daje novu perspektivu.

**Ključne riječi:** očuvanje baštine, virtualna stvarnost, proširena stvarnost, muzej

# **Preservation of Heritage with Virtual Reality**

## **Summary**

This paper focuses on the preservation of heritage using virtual reality, it primarily talks about the heritage itself in order to highlight its importance and the history of virtual reality that laid the foundation for today's innovations. Then it continues about traditional methods of heritage preservation, virtual reality methods and a combination of them, which enables the creation of a digital heritage base in a virtual environment. Some of these methods are 3D reconstruction, photogrammetry and structure from motion, which are cited as the most important steps. Furthermore, a review was made of the visitation of museums in Croatia in the past six years and certain factors that influenced the aforementioned. After listing various techniques of heritage preservation in the virtual world and highlighting the importance of digital heritage security, the visualization of heritage in the virtual environment and what it actually brings is described. The possibilities of using virtual and augmented reality in museums are presented for the purpose of technological innovations that would attract users and renew the interest of the audience. It is emphasized that the virtual form of heritage presentation in no way diminishes the physical form and processes of heritage preservation, but only gives a new perspective.

**Key Words:** preservation of heritage, virtual reality, augmented reality, museum