

Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Paula Srdanović

**InHeritage - inovativna gamificirana mobilna aplikacija s  
XR tehnologijama za očuvanje kulturne baštine u novoj  
dimenziji Metaverse-a**

Zagreb, 2024.

Ovaj rad je izrađen na Katedri za računarsku grafiku i multimedijske sustave na Sveučilište u Zagrebu Grafičkom fakultetu, pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Tibora Skale i predan na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2023./2024.

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
1.1. Opći i specifični ciljevi rada.....	1
1.2. Hipoteze.....	1
1.3. Materijal i metode istraživanja.....	2
1.4. Plan rada.....	3
<b>2. TEORIJSKI OKVIR</b> .....	4
2.1. Gamifikacija u edukaciji.....	5
2.1.1. Povijest i razvoj gamifikacije.....	6
2.1.2. Psihološki i pedagoški aspekti gamifikacije.....	6
2.2. XR tehnologije u edukaciji.....	7
2.2.1. Virtualna stvarnost (VR).....	7
2.2.2. Proširena stvarnost (AR).....	8
2.2.3. Miješana stvarnost (MR).....	9
2.3. Digitalizacija i 3D modeliranje kulturne baštine.....	9
2.3.1. Digitalna očuvanje kulturne baštine.....	11
2.3.2. Uloga 3D modeliranja u dokumentaciji i očuvanju.....	11
2.3.3. Uloga metaverse-a u današnje vrijeme.....	12
<b>3. ANALIZA POSTOJEĆIH RJEŠENJA</b> .....	14
3.1. Pregled postojećih edukativnih aplikacija u edukaciji.....	14
3.1.1. Primjeri gamificiranih edukativnih aplikacija.....	15
3.1.2. Primjeri gamificiranih edukativnih aplikacija.....	16
3.2. Analiza učinkovitosti i izazova.....	17
3.2.1. Prednosti i nedostaci gamifikacija.....	17
3.2.2. Integracija XR tehnologija u kurikulum.....	18
<b>4. INTEGRACIJA METAVERSA U EDUKACIJSKE APLIKACIJE</b> .....	19
4.1. Definiranje metaverse u edukaciji.....	19
4.2. Uloga gamifikacije u metaversu.....	21
4.3. XR tehnologije kao vrata u metaverse.....	22
4.4. Definiranje izazova i mogućnosti implementacije metaversa u obrazovanju.....	24
4.5. Prototipiranje i dizajnerske smjernice za aplikacije u metaversu.....	25
4.6. Studija slučaja: razvoj edukacijskog alata temeljenog na metaversu.....	26
4.7. Budućnost metaversa u obrazovanju.....	27
<b>5. INTEGRACIJA METAVERSA U OČUVANJE KULTURNE BAŠTINE</b> .....	29
5.1. Uloga metaversa u promociji i očuvanju kulturnih artefakata.....	30

5.2. Suradnja s kulturnim institucijama u razvoju digitalne baštine .....	32
<b>6. REZULTATI – FOKUS GRUPE &amp; INTERVJUI .....</b>	<b>34</b>
6.1. Metodologija.....	34
6.1.1. Sudionici .....	34
6.1.2. Fokus grupe .....	35
6.1.3. Dubinski intervjui .....	35
6.2. Analiza podataka .....	35
6.3. Rezultati .....	36
6.4. Zaključci .....	36
<b>7. RASPRAVA: IZRADA DIZAJNA MOBILNE APLIKACIJE INHERITAGE.....</b>	<b>38</b>
7.1. Ideja i koncept mobilne aplikacije.....	38
7.2. Općenita analiza.....	38
7.3. Istraživanje konkurencije.....	38
7.4. Istraživanje – utvrđivanje stavova ciljane skupine.....	39
7.4.1. Demografski podaci sudionika .....	39
7.4.2. Uključenost u aktivnosti očuvanja kulturne baštine .....	40
7.4.3. Korištenje VR i AR tehnologija u edukaciji .....	40
7.4.4. Interes za sudjelovanje u interaktivnim radionicama.....	41
7.4.5. Spremnost na sudjelovanje u projektima.....	41
7.4.6. Preferirani tipovi kulturne baštine .....	42
7.5. Ciljana skupina.....	42
7.6. Tri tipa persona .....	43
7.7. Misija, vizija i ciljevi projekta .....	43
7.8. Prijedlozi paleta boja i fontovi .....	44
7.9. Slogani.....	45
7.10. Vrijednosti projekta.....	45
7.11. Buduće značajke aplikacije .....	45
7.12. Branding i vizualni identitet .....	46
7.13. Lo-fi dizajn.....	48
7.14. Hi-fi dizajn.....	52
7.15. Useberry testiranje hi-fi dizajn.....	58
<b>8. ZAKLJUČAK.....</b>	<b>66</b>
<b>9. POPIS LITERATURE .....</b>	<b>68</b>
<b>10. SAŽETAK.....</b>	<b>77</b>
<b>11. ABSTRACT .....</b>	<b>78</b>
<b>12. ŽIVOTOPIS.....</b>	<b>79</b>

# 1. UVOD

## 1.1. Opći i specifični ciljevi rada

Očuvanje kulturne baštine predstavlja ključno pitanje u suvremenom društvu, osobito u kontekstu globalizacije i digitalizacije. Ubrzani razvoj tehnologija otvara nove mogućnosti za očuvanje i popularizaciju kulturne baštine, ali istovremeno postavlja izazove u smislu integracije tih tehnologija u edukacijske i konzervatorske prakse. Primjena imerzivnih tehnologija, poput virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR), u kombinaciji s gamifikacijom i konceptom metaverse-a, nudi inovativne pristupe koji mogu unaprijediti interaktivnost i angažman korisnika u procesima učenja o kulturnoj baštini.

Cilj ovog rada je istražiti i analizirati kako se gamifikacija, imerzivne tehnologije i metaverse-a mogu koristiti za očuvanje i popularizaciju kulturne baštine, te kako se kroz razvoj mobilne aplikacije može potaknuti edukacija i povećati angažman među različitim dobnim skupinama. Konkretno, rad će se fokusirati na razvoj aplikacije koja kombinira 3D modeliranje kulturnih artefakata s elementima gamifikacije unutar metaverse-a kako bi se stvorilo interaktivno i edukativno iskustvo za korisnike.

## 1.2. Hipoteze

Polazeći od definiranja problema, postavljene su sljedeće hipoteze koje će se istražiti u radu:

- H1: Integracija imerzivnih tehnologija (VR i AR) i gamifikacije unutar metaverse-a u edukativne programe značajno povećava angažman i motivaciju korisnika za učenje o kulturnoj baštini.
- H2: Ciljana skupina pokazuje visok interes za korištenje mobilnih aplikacija koje koriste suvremene tehnologije, uključujući metaversea, za edukaciju o kulturnoj baštini.
- H3: Razvoj mobilne aplikacije koja kombinira 3D modeliranje kulturnih artefakata s gamifikacijskim elementima unutar metaverse-a može povećati svijest i razumijevanje kulturne baštine među mladima.

Kako bi se testirale navedene hipoteze, rad će se baviti sljedećim istraživačkim pitanjima:

- Kako ciljana skupina percipira korištenje VR i AR tehnologija, kao i metaverse-a, u edukaciji o kulturnoj baštini?
- U kojoj mjeri gamifikacija unutar metaverse-a može poboljšati iskustvo učenja i angažiranost korisnika u kontekstu očuvanja kulturne baštine?
- Koje su ključne karakteristike mobilne aplikacije koje bi mogle privući i zadržati korisnike zainteresirane za kulturnu baštinu unutar metaverse-a?

### 1.3. Materijal i metode istraživanja

Rad koristi kombinaciju kvantitativnih i kvalitativnih istraživačkih metoda koje će biti primijenjene u nekoliko faza istraživanja kako bi se pružio sveobuhvatan uvid u stavove ciljane skupine te evaluiralo učinkovitost primjene imerzivnih tehnologija i gamifikacije u edukaciji o kulturnoj baštini.

Prva faza istraživanja sastoji se od kvalitativnog istraživanja koje će obuhvatiti fokus grupe i dubinske intervju s ključnim dionicima, uključujući profesore, stručnjake za kulturnu baštinu, te potencijalne korisnike aplikacije. Ova faza će omogućiti dublje razumijevanje specifičnih potreba, izazova i mogućnosti za integraciju VR i AR tehnologija u edukativne programe. Fokus grupe će omogućiti interaktivnu diskusiju o percepcijama i očekivanjima korisnika, dok će intervjui pružiti detaljne uvide u iskustva i stručna mišljenja o primjeni tehnologija u očuvanju kulturne baštine.

Druga faza istraživanja uključuje eksperimentalnu implementaciju razvijenog prototipa mobilne aplikacije koja kombinira gamifikaciju i imerzivne tehnologije. Prototip će biti testiran kroz pilot program s ciljanom skupinom korisnika. Ova faza istraživanja će uključivati evaluaciju korisničkog iskustva, angažmana, te edukativne učinkovitosti aplikacije. Evaluacija će se temeljiti na kombinaciji kvantitativnih metoda (npr. ankete za ocjenu zadovoljstva) i kvalitativnih metoda (npr. povratne informacije kroz intervju).

Završna faza istraživanja obuhvatit će analizu prikupljenih podataka iz svih prethodnih faza, sa svrhom procjene uspješnosti primijenjenih metodologija i tehnologija u postizanju ciljeva rada. Temeljna analiza rezultata bit će usmjerena na identificiranje ključnih faktora koji utječu na angažman korisnika i njihovo iskustvo u učenju o kulturnoj baštini putem imerzivnih tehnologija i gamifikacije. Na temelju rezultata istraživanja, bit će dane preporuke za daljnji razvoj i poboljšanje mobilne aplikacije, kao i prijedlozi za primjenu rezultata u širem kontekstu

edukacije i očuvanja kulturne baštine.

#### 1.4. Plan rada

Rad je strukturiran u osam poglavlja. Prvo poglavlje daje uvod u problematiku rada, definirajući ciljeve, hipoteze i istraživačka pitanja, te opisuje korištenu metodologiju.

Drugo poglavlje pruža teorijski okvir i pregled relevantne literature o gamifikaciji, metaverse-u, imerzivnim tehnologijama i njihovoj primjeni u edukaciji i očuvanju kulturne baštine. Treće poglavlje analizira postojeća rješenja i istražuje kako se slične tehnologije koriste u edukativnim aplikacijama te kakvi su njihovi učinci na korisnike.

Četvrto i peto poglavlje bave se integracijom metaverse-a u edukacijske aplikacije i kulturnu baštinu, istražujući kako se ova tehnologija može iskoristiti za očuvanje i popularizaciju kulturne baštine.

Šesto poglavlje obuhvaća analizu podataka prikupljenih kroz fokus grupe i intervju, s ciljem dobivanja dubljeg uvida u stavove i percepcije korisnika o primjeni gamifikacije i XR tehnologija u očuvanju kulturne baštine. Rezultati istraživanja pružaju ključne smjernice za daljnji razvoj i prilagodbu aplikacije kako bi se bolje ispunile potrebe ciljane skupine.

Sedmo poglavlje fokusira se na razvoj koncepta i dizajna mobilne aplikacije, uključujući lo-fi i hi-fi prototipe. Također predstavlja rezultate istraživanja provedene na ciljanoj skupini i analizu rezultata evaluacije aplikacije, te daje preporuke za budući razvoj i poboljšanja. Osmo poglavlje donosi zaključke rada, uključujući sumiranje ključnih nalaza, ograničenja istraživanja i prijedloge za daljnje istraživanje. Deveto i deseto poglavlje prikazuju sažetak rada, dok zadnje poglavlje daje uvid u životopis autorice.

## 2. TEORIJSKI OKVIR

Uvođenje novih tehnologija u obrazovni sustav donosi mnoge prednosti, ali i izazove. Razumijevanje teorijskih osnova koje stoje iza primjene gamifikacije, imerzivnih tehnologija i metaversa u obrazovanju ključno je za razvoj učinkovitih edukativnih alata i metoda. Ovaj teorijski okvir pruža pregled ključnih koncepata i teorija koje podupiru korištenje gamifikacije, XR (proširena stvarnost - AR, virtualna stvarnost - VR) tehnologija i metaversa u obrazovanju, s posebnim naglaskom na njihovu ulogu u očuvanju i popularizaciji kulturne baštine.

Prvo, razmotrit će se povijest i razvoj gamifikacije, počevši od njezinih ranih korijena u obrazovanju do suvremenih primjena u digitalnom okruženju. Gamifikacija je postala značajan alat za motivaciju i angažman učenika, a njezina primjena u obrazovnim kontekstima pruža priliku za poboljšanje iskustva učenja kroz interaktivne i zabavne elemente [1].

Zatim će se istražiti psihološki i pedagoški aspekti gamifikacije, koji objašnjavaju kako i zašto igre mogu biti učinkovite u obrazovanju. Poseban fokus će biti na teoriji samodeterminacije i teoriji flowa, koje pružaju uvid u motivacijske mehanizme koje gamifikacija aktivira kod učenika. Ovi aspekti su ključni za razumijevanje kako gamifikacija može poboljšati učenje i zašto je sve češće integrirana u edukativne programe [2].

Nadalje, poglavlje će se baviti XR tehnologijama i metaverseom, njihovim osnovama i mogućnostima primjene u obrazovanju. Tehnologije poput VR-a, AR-a i metaversa omogućuju stvaranje imerzivnih edukativnih iskustava koja nadilaze tradicionalne metode podučavanja. Ove tehnologije posebno su korisne u kontekstu očuvanja kulturne baštine, omogućujući korisnicima da na interaktivan način istražuju i uče o povijesnim lokalitetima i artefaktima, ali i da sudjeluju u globalno dostupnim virtualnim okruženjima gdje mogu zajedno istraživati i dijeliti znanja o kulturnoj baštini [3].

Na kraju, teorijski okvir obuhvatit će primjenu 3D modeliranja u obrazovanju i očuvanju kulturne baštine. Digitalizacija artefakata i povijesnih lokaliteta kroz 3D modeliranje, posebno unutar metaversa, pruža nove mogućnosti za dokumentaciju, istraživanje i edukaciju, čineći kulturnu baštinu pristupačnom širem krugu ljudi, uključujući i one koji ne mogu fizički posjetiti određene lokalitete [4].

Ovaj teorijski okvir pruža čvrstu osnovu za daljnju razradu rada, omogućujući dublje razumijevanje ključnih koncepata i tehnologija koje se primjenjuju u projektu. Na temelju ovog pregleda, sljedeća poglavlja će se detaljnije baviti specifičnim aspektima gamifikacije, XR tehnologija i metaversa, te njihovom integracijom u edukativne programe usmjerene na



očuvanje i popularizaciju kulturne baštine.

## 2.1. Gamifikacija u edukaciji

Gamifikacija, kao koncept i metodologija, sve više dobiva na važnosti u obrazovnim kontekstima, nudeći inovativne načine za povećanje angažmana i motivacije učenika. Temelji se na korištenju elemenata dizajna igara u neigračkim kontekstima, što omogućuje stvaranje poticajnog i motivirajućeg okruženja za učenje. Uvođenjem elemenata poput bodova, znački, izazova i natjecanja, gamifikacija može značajno poboljšati iskustvo učenja, potičući učenike na aktivno sudjelovanje i postizanje ciljeva [5].



Slika 1: Prikaz mogućnosti edukacije kroz gamifikaciju (<https://www.freepik.com/>)

### 2.1.1. Povijest i razvoj gamifikacije

Gamifikacija kao koncept nije nov, iako je termin "gamifikacija" prvi put upotrijebljen tek početkom 21. stoljeća. Korijeni gamifikacije sežu u rane 1980. godine kada su različiti oblici igara i simulacija počeli biti korišteni u poslovnom okruženju i edukaciji. Pionirski primjeri gamifikacije uključivali su korištenje simulacija i trening igara unutar korporativnih okruženja, s ciljem poboljšanja učinkovitosti i motivacije zaposlenika [6].

Prvi teoretski radovi koji su formalizirali koncept gamifikacije pojavili su se u kasnim 2000-tim godinama, s ciljem primjene igračkih elemenata u različitim industrijama, uključujući marketing, zdravstvo te edukaciju. Prijelomni trenutak u razvoju gamifikacije dogodio se s porastom digitalnih platformi i mobilnih aplikacija, koje su omogućile lakšu integraciju igračkih mehanizama u svakodnevne aktivnosti [7]. U obrazovanju, gamifikacija je brzo prepoznata kao alat koji može povećati angažman učenika, osobito u kontekstima gdje je motivacija tradicionalno niska, poput online učenja ili učenja dosadnih tema [8].

### 2.1.2. Psihološki i pedagoški aspekti gamifikacije

Gamifikacija se temelji na nekoliko ključnih psiholoških principa koji potiču motivaciju i angažman. Jedan od glavnih principa je intrinzična motivacija, koja se odnosi na unutarnji nagon pojedinca da sudjeluje u aktivnostima zbog osobnog zadovoljstva ili interesa, a ne zbog vanjskih nagrada [9]. Gamifikacija koristi elemente kao što su izazovi, natjecanja i sustavi nagrađivanja kako bi povećala intrinzičnu motivaciju učenika. Kroz postizanje ciljeva, dobivanje povratnih informacija i prepoznavanje postignuća, učenici razvijaju osjećaj kompetencije i postignuća, što dodatno potiče njihovu motivaciju [10].

S pedagoškog aspekta, gamifikacija se može integrirati u različite oblike učenja, uključujući učenje temeljeno na problemima (PBL) i projektno učenje. Ovi pristupi omogućuju učenicima da kroz igru istražuju kompleksne probleme i razvijaju rješenja, čime se povećava njihova angažiranost i aktivno učenje. Nadalje, gamifikacija može pomoći u razvoju socijalnih vještina i suradnje među učenicima, jer mnoge gamificirane aktivnosti uključuju timski rad i zajedničko rješavanje problema [11].

Samoodređenje teorija (SDT), koja se odnosi na tri osnovne psihološke potrebe - autonomiju, kompetenciju i povezanost - također je ključna u razumijevanju uspjeha gamifikacije u obrazovanju. Gamificirani sustavi mogu zadovoljiti ove potrebe kroz pružanje kontroliranog okruženja u kojem učenici mogu eksperimentirati i učiti vlastitim tempom

(autonomija), osjećati se sposobnim i kompetentnim (kompetencija), te se povezivati i surađivati s drugima (povezanost) [12].

Gamifikacija također omogućuje personalizaciju učenja, prilagođavajući sadržaj i težinu zadataka prema individualnim sposobnostima i preferencijama učenika. Ovaj pristup ne samo da povećava učinkovitost učenja, već i smanjuje stres i anksioznost povezane s učenjem, jer učenici imaju kontrolu nad vlastitim napretkom i tempom učenja [13].

Na temelju ovih psiholoških i pedagoških aspekata, jasno je da gamifikacija ima potencijal značajno poboljšati kvalitetu obrazovnog iskustva, osobito u kontekstima gdje je tradicionalni pristup učenju nedovoljan za postizanje visokog angažmana i motivacije učenika.

## 2.2. XR tehnologije u edukaciji

XR (Extended Reality) tehnologije, koje uključuju virtualnu stvarnost (VR), proširenu stvarnost (AR) te miješanu stvarnost (MR), postale su ključni alat u modernom obrazovanju. Ove tehnologije omogućuju stvaranje imerzivnih okruženja koja obogaćuju obrazovna iskustva, omogućujući učenicima dublje razumijevanje i angažman. XR tehnologije integriraju stvarni i digitalni svijet, stvarajući nove mogućnosti za interaktivno učenje, simulacije i virtualne ekspedicije koje bi inače bile nepristupačne [14].



Slika 2: Prikaz VR naočala kao primjer (<https://www.freepik.com/>)

### 2.2.1. Virtualna stvarnost (VR)

Virtualna stvarnost (VR) omogućuje korisnicima da urone u potpuno sintetički, računalno generirani svijet, koristeći uređaje poput VR naočala ili kaciga. U obrazovanju, VR se koristi za stvaranje iskustava koja omogućuju studentima da istraže okruženja koja bi inače bila

nedostupna, poput povijesnih lokaliteta, svemira ili mikroskopskih svjetova. Jedan od ključnih aspekata VR-a je njegova sposobnost da stvori osjećaj prisutnosti, što može značajno poboljšati učenje i zadržavanje informacija [15].

Primjena VR-a u obrazovanju uključuje širok spektar područja, od povijesti i geografije do znanosti i inženjeringa. Na primjer, studenti povijesti mogu "posjetiti" drevne civilizacije i proučavati artefakte u njihovom izvornom kontekstu, dok studenti znanosti mogu istraživati unutrašnjost stanica ili molekularne strukture u trodimenzionalnom prostoru [16]. Istraživanja su pokazala da VR može povećati angažman učenika i poboljšati njihovo razumijevanje složenih pojmova, posebno kada se koristi u kombinaciji s drugim interaktivnim alatima [17].

Ipak, postoji i niz izazova u implementaciji VR tehnologije u obrazovanje. Ovi izazovi uključuju visoke troškove opreme, tehničke zahtjeve, te potrebu za prilagođavanjem kurikuluma kako bi se optimalno iskoristile mogućnosti VR-a. Unatoč tim izazovima, VR ostaje jedan od najperspektivnijih alata za transformaciju obrazovanja u 21. stoljeću [18].

### 2.2.2. Proširena stvarnost (AR)

Proširena stvarnost (AR) koristi tehnologiju za nadogradnju stvarnog svijeta digitalnim informacijama, slikama, zvukovima i drugim multimedijским sadržajima. Za razliku od VR-a, AR ne zahtijeva potpuno uranjanje u virtualni svijet, već integrira digitalne elemente s fizičkim okruženjem, što omogućuje jednostavniju i pristupačniju primjenu u obrazovanju [19].

AR je osobito učinkovit u obrazovnim okruženjima gdje je potrebno kombinirati teorijsko znanje s praktičnim iskustvom. Na primjer, u biologiji, AR može omogućiti studentima da "projiciraju" modele ljudskog tijela u učionici i istražuju unutarne organe bez potrebe za skupom opremom ili laboratorijem. U arhitekturi i dizajnu, studenti mogu koristiti AR za vizualizaciju zgrada ili prostorija u stvarnom svijetu prije nego što započnu fizičku izgradnju [20].

Prednosti AR-a uključuju povećanu angažiranost učenika, mogućnost personalizacije učenja, te povećanu interakciju između učenika i nastavnog sadržaja. Istraživanja pokazuju da AR može poboljšati zadržavanje informacija i povećati motivaciju učenika, osobito kada se koristi u kombinaciji s tradicionalnim nastavnim metodama [21]. Međutim, kao i kod VR-a, postoji potreba za adekvatnom tehničkom podrškom i obukom nastavnika kako bi se AR učinkovito integrirao u kurikulum [22].

### 2.2.3. Miješana stvarnost (MR)

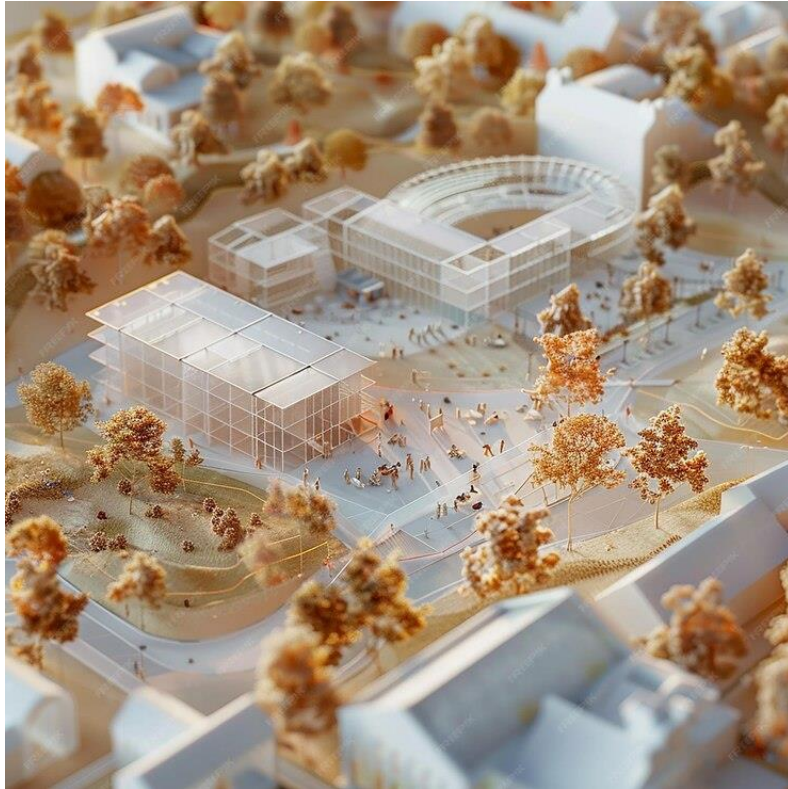
Miješana stvarnost (MR) kombinira elemente virtualne i proširene stvarnosti kako bi stvorila interaktivna okruženja gdje digitalni i fizički svjetovi koegzistiraju i međusobno se nadopunjuju u stvarnom vremenu. MR omogućuje korisnicima da manipuliraju digitalnim objektima u stvarnom prostoru, što otvara nove mogućnosti za edukaciju, posebno u područjima kao što su inženjering, medicina i dizajn [23].

U obrazovanju, MR omogućuje učenicima da istražuju složene sustave i konceptualne modele na način koji bi bio nemoguć uz korištenje tradicionalnih metoda. Na primjer, u medicini, studenti mogu koristiti MR za simulaciju kirurških zahvata, omogućujući im da vježbaju i usavršavaju svoje vještine u sigurnom, kontroliranom okruženju prije nego što počnu raditi na stvarnim pacijentima [24]. U inženjeringu, MR može omogućiti učenicima da konstruiraju i testiraju prototipove u stvarnom prostoru, što značajno smanjuje vrijeme i troškove razvoja [25].

Jedan od glavnih izazova u primjeni MR tehnologije u obrazovanju je složenost integracije i potreba za visoko specijaliziranom opremom. Također, postoji potreba za dodatnim istraživanjima kako bi se bolje razumjeli učinci MR-a na učenje i kognitivne procese učenika [26]. Ipak, MR ima potencijal da značajno unaprijedi obrazovanje, omogućujući učenicima da uče kroz iskustvo i interakciju na način koji je prethodno bio nezamisliv.

### 2.3. Digitalizacija i 3D modeliranje kulturne baštine

Digitalizacija i 3D modeliranje kulturne baštine predstavljaju ključne alate u suvremenom očuvanju i popularizaciji kulturnih dobara. Kroz proces digitalizacije, kulturni artefakti, spomenici, i lokaliteti mogu se sačuvati u digitalnom obliku, čime se omogućuje njihova dugoročna zaštita, lakša dostupnost i interaktivna prezentacija širokoj javnosti. 3D modeliranje, kao dio ovog procesa, omogućuje stvaranje preciznih trodimenzionalnih prikaza kulturnih objekata, pružajući nove mogućnosti za njihovu analizu, restauraciju i edukativnu upotrebu [27].



*Slika 3: Primjer 3D modela u povijesti (<https://www.freepik.com/>)*



### 2.3.1. Digitalna očuvanje kulturne baštine

Digitalno očuvanje kulturne baštine odnosi se na upotrebu digitalnih tehnologija za očuvanje, zaštitu i širenje znanja o kulturnim dobrima. Ovaj pristup omogućuje stvaranje trajnih digitalnih zapisa o kulturnim objektima, koji mogu biti korišteni za restauraciju, istraživanje, edukaciju i prezentaciju. Digitalni zapisi također pružaju mogućnost virtualne restauracije, gdje se oštećeni ili izgubljeni dijelovi artefakata mogu rekonstruirati s pomoću povijesnih podataka i tehnologija poput 3D modeliranja i virtualne stvarnosti [28].

Jedan od ključnih aspekata digitalnog očuvanja je njegova uloga u sprječavanju gubitka kulturne baštine uslijed prirodnih katastrofa, ratova, ili propadanja uslijed starosti. Digitalizacija omogućuje da se kulturni artefakti sačuvaju u svom izvornom stanju i učine dostupnim za buduće generacije, čak i ako originalni predmeti postanu nedostupni ili uništeni [29]. Primjeri uspješnih inicijativa u digitalnom očuvanju uključuju projekte poput CyArk, koji koristi 3D lasersko skeniranje za dokumentiranje svjetske baštine, te Europeana, koja digitalizira kulturnu baštinu diljem Europe [30].

Digitalizacija također doprinosi demokratizaciji kulture, omogućujući širu dostupnost kulturnih sadržaja putem digitalnih platformi. To znači da ljudi diljem svijeta mogu pristupiti informacijama o kulturnoj baštini bez obzira na geografsku lokaciju, čime se potiče globalna svijest i edukacija o kulturnim vrijednostima [31].

### 2.3.2. Uloga 3D modeliranja u dokumentaciji i očuvanju

3D modeliranje igra ključnu ulogu u procesu dokumentacije i očuvanja kulturne baštine. Ova tehnologija omogućuje stvaranje preciznih, digitalnih replika kulturnih artefakata i spomenika, koji mogu biti korišteni za različite svrhe, uključujući restauraciju, edukaciju i izlaganje u muzejima ili na virtualnim platformama [32].

Proces 3D modeliranja obično uključuje tehnologije poput fotogrametrije, laserskog skeniranja i računalne tomografije, koje omogućuju snimanje detaljnih podataka o fizičkim karakteristikama objekata. Ovi podaci se zatim obrađuju kako bi se stvorio trodimenzionalni digitalni model, koji može biti rotiran, analiziran i modificiran na računalu [33].

Uloga 3D modeliranja u dokumentaciji kulturne baštine posebno je važna u kontekstu restauracije i konzervacije. Digitalni modeli omogućuju konzervatorima da precizno analiziraju stanje artefakata, planiraju restauracijske zahvate, te simuliraju različite scenarije restauracije prije nego što se započne s fizičkim radom. Ovo smanjuje rizik od oštećenja originalnih

predmeta i omogućuje konzervatorima da donesu informirane odluke o najboljim metodama očuvanja [34].

Osim toga, 3D modeli mogu biti korišteni za izradu replika kulturnih artefakata putem 3D printanja, što omogućuje muzejski rad i edukaciju bez potrebe za rukovanjem s osjetljivim originalima. Također, 3D modeli omogućuju stvaranje interaktivnih virtualnih tura i izložbi, gdje posjetitelji mogu istraživati kulturne objekte u digitalnom okruženju, što dodatno obogaćuje njihovo iskustvo i razumijevanje kulturne baštine [35].

### 2.3.3. Uloga metaverse-a u današnje vrijeme

Metaverse, kao koncept koji objedinjuje proširenu stvarnost (AR), virtualnu stvarnost (VR) i druge imerzivne tehnologije u jedinstveno digitalno okruženje, postaje sve značajniji u suvremenom društvu. Njegova uloga u današnje vrijeme proteže se daleko izvan područja zabave i videoigara, prelazeći u sfere obrazovanja, rada, trgovine, pa čak i očuvanja kulturne baštine.

Jedna od ključnih uloga metaversa je transformacija načina na koji komuniciramo i surađujemo. Kroz stvaranje imerzivnih, trodimenzionalnih svjetova, metaverse omogućuje korisnicima da se povežu i surađuju u stvarnom vremenu, bez obzira na njihove fizičke lokacije. Ova tehnologija nudi nove mogućnosti za timski rad, posebno u kontekstu udaljenog rada, gdje korisnici mogu dijeliti informacije i surađivati u zajedničkom virtualnom prostoru, stvarajući osjećaj prisutnosti i bliskosti koji nadilazi tradicionalne oblike online komunikacije.

U obrazovanju, metaverse nudi revolucionarne mogućnosti za stvaranje interaktivnih i angažirajućih iskustava. Umjesto pasivnog učenja, učenici i studenti mogu sudjelovati u simulacijama, virtualnim ekskurzijama i drugim vrstama interaktivnih sadržaja koji im omogućuju dublje razumijevanje i zadržavanje informacija. Primjerice, studenti povijesti mogu "posjetiti" drevne civilizacije i istražiti povijesne događaje iz prve ruke, dok studenti medicine mogu vježbati kirurške zahvate u sigurnom, virtualnom okruženju. Metaverse, dakle, nije samo alat za učenje, već i sredstvo za poticanje kritičkog mišljenja, kreativnosti i inovativnosti.

U trgovini, metaverse omogućuje stvaranje potpuno novih iskustava kupnje. Korisnici mogu "posjetiti" virtualne trgovine, isprobati proizvode kroz AR i VR tehnologije, i donijeti informirane odluke o kupnji. Brendovi koriste metaverse kako bi stvorili personalizirana iskustva za svoje korisnike, omogućujući im da se povežu s proizvodima i uslugama na nov i uzbudljiv način.



U današnjem svijetu, uloga metaversa postaje sve važnija. Kao sveobuhvatna digitalna platforma, metaverse ne samo da transformira načine na koje radimo, učimo i komuniciramo, već i otvara nove horizonte za očuvanje i promicanje kulturne baštine. Njegov daljnji razvoj obećava dodatno obogatiti ljudska iskustva, stvarajući nove mogućnosti za interakciju, obrazovanje i očuvanje naših zajedničkih vrijednosti. [35]

### 3. ANALIZA POSTOJEĆIH RJEŠENJA

Uvođenje novih tehnologija u obrazovni sustav donosi brojne prednosti, ali i izazove. Razumijevanje teorijskih osnova koje stoje iza primjene gamifikacije i imerzivnih tehnologija u obrazovanju ključno je za razvoj učinkovitih edukativnih alata i metoda. U ovom poglavlju analiziraju se postojeća rješenja u području obrazovnih tehnologija, s posebnim naglaskom na gamifikaciju i XR (proširena stvarnost - AR, virtualna stvarnost - VR) tehnologije. Pruža se pregled trenutnog stanja, primjera aplikacija, te analizira učinkovitost i izazovi implementacije ovih tehnologija u obrazovnom kontekstu, posebno u svrhu očuvanja i popularizacije kulturne baštine.

#### 3.1. Pregled postojećih edukativnih aplikacija u edukaciji

Razvoj obrazovnih aplikacija doživio je značajan porast posljednjih godina, posebno s obzirom na ubrzani tehnološki napredak i povećanu dostupnost digitalnih uređaja. Obrazovne aplikacije, koje koriste gamifikaciju i XR tehnologije, omogućuju učenicima i studentima interaktivno učenje te stvaraju dinamično i angažirano obrazovno okruženje.



*Slika 4: Kahoot kao primjer edukacije kroz gamifikaciju*

*(<https://www.instruction.uh.edu/2018/12/18/active-learning-with-kahoot/>)*

### 3.1.1. Primjeri gamificiranih edukativnih aplikacija

Gamifikacija, kao proces integriranja elemenata igara u ne-igraće okruženje, široko je prihvaćena u obrazovnom sektoru. Različite aplikacije koriste mehanizme nagrađivanja, bodovanja, natjecanja i nivoa kako bi potaknule učenike na aktivno sudjelovanje i učenje. Među najpoznatijim primjerima gamificiranih edukativnih aplikacija su:

1. Kahoot! - Popularna platforma za kvizove koja omogućava nastavnicima da kreiraju kvizove s pitanjima koja učenici odgovaraju u stvarnom vremenu. Natjecateljski element i vizualno privlačno sučelje potiču angažman učenika [36].
2. Duolingo - Aplikacija za učenje jezika koja koristi gamifikaciju kako bi motivirala korisnike na svakodnevno učenje. Sustav nagrađivanja bodovima i nivoima, zajedno s dnevnim izazovima, omogućava korisnicima da se natječu sa sobom ili drugima [37].
3. Classcraft - Edukativna platforma koja transformira učionicu u interaktivnu igru u kojoj učenici preuzimaju uloge likova i surađuju kako bi postigli ciljeve učenja. Gamifikacija potiče timski rad i društveno-emocionalni razvoj [38].
4. Quizlet - Aplikacija koja omogućava stvaranje digitalnih kartica za učenje i kvizova. Gamificirani elementi, poput igranja protiv vremena i postizanja visokih rezultata, čine učenje zanimljivijim i poticajnijim [39].



*Slika 5: Quizlet kao drugi primjer edukacije kroz gamifikaciju*  
(<https://www.carousell.ph/p/quizlet-plus-shared-1212244401/>)

Ove aplikacije dokaz su da gamifikacija može uspješno motivirati učenike, ali također

ukazuju na potrebu za pažljivim dizajnom kako bi se izbjegla potencijalna preopterećenost ili nezadovoljstvo učenika.

### 3.1.2. Primjeri gamificiranih edukativnih aplikacija

XR tehnologije, koje obuhvaćaju proširenu stvarnost (AR) i virtualnu stvarnost (VR), nude nove mogućnosti u obrazovanju omogućujući učenicima interakciju s digitalnim sadržajem na potpuno nov način. Sljedeći primjeri ilustriraju kako se XR tehnologije koriste u obrazovanju:

1. Google Expeditions - Aplikacija koja omogućava učenicima i nastavnicima da zajedno istražuju virtualne ture kroz različite dijelove svijeta, uključujući povijesne lokalitete i prirodne znamenitosti. Aplikacija koristi VR kako bi učenicima pružila imerzivno iskustvo koje nije moguće ostvariti u učionici [40].
2. Merge Cube - Proširena stvarnost omogućuje učenicima da drže digitalne objekte u ruci pomoću fizičke kocke i AR aplikacije. Ova tehnologija koristi se u obrazovnim sadržajima kako bi učenici mogli istraživati ljudsku anatomiju, geološke slojeve i druge znanstvene fenomene [41].
3. Tilt Brush - VR aplikacija koju koristi umjetnički obrazovni sektor, omogućava korisnicima da slikaju i stvaraju trodimenzionalne umjetničke radove unutar virtualne stvarnosti. Ova aplikacija potiče kreativnost i omogućava učenje kroz eksperimentiranje u novom mediju [42].
4. CoSpaces Edu - Aplikacija koja omogućava učenicima da stvaraju vlastite VR i AR svjetove koristeći jednostavan alat za programiranje. Ovo omogućava učenicima da kombiniraju znanja iz programiranja, dizajna i priče kako bi kreirali edukativne projekte [43].
5. XR tehnologije proširuju mogućnosti tradicionalnog obrazovanja, omogućujući učenicima da urone u sadržaje na način koji bi inače bio nemoguć. Međutim, njihova široka implementacija dolazi s izazovima vezanim uz troškove, dostupnost opreme i potrebu za osposobljavanjem nastavnika.



# Google Expeditions

*Slika 6: Google Expeditions kao treći primjer edukacije kroz gamifikaciju*

*(<https://artsandculture.google.com/project/expeditions>)*

## 3.2. Analiza učinkovitosti i izazova

Iako su gamifikacija i XR tehnologije sve prisutnije u obrazovanju, njihova implementacija nosi sa sobom i niz izazova. Ova analiza obuhvaća prednosti i nedostatke gamifikacije, te analizira integraciju XR tehnologija u obrazovni kurikulum.

### 3.2.1. Prednosti i nedostaci gamifikacija

Gamifikacija u obrazovanju nudi niz prednosti, ali također dolazi s određenim nedostacima. Ključne prednosti uključuju:

1. Povećanje angažmana - Gamifikacija potiče učenike na aktivno sudjelovanje u procesu učenja putem natjecanja, nagrada i postignuća. Istraživanja pokazuju da učenici postaju motiviraniji kada su uključeni u igre [44].
2. Poboljšanje memorije i zadržavanja znanja - Korištenje gamificiranih elemenata može poboljšati sposobnost učenika da zadrže i primijene naučeno gradivo, zahvaljujući ponavljanju i interaktivnim metodama učenja [45].
3. Razvoj društvenih vještina - Kroz timske aktivnosti i natjecateljske igre, učenici razvijaju društvene i suradničke vještine [46].

Međutim, gamifikacija također ima svoje nedostatke:

1. Prevelika fokusiranost na nagrade - Učenici se mogu previše fokusirati na osvajanje nagrada, a manje na samo učenje, što može dovesti do površnog razumijevanja gradiva [47].
2. Izazovi u prilagodbi - Gamifikacija možda nije prikladna za sve učenike ili sve predmete. Prilagodba igara kako bi bile relevantne i učinkovite za različite skupine učenika može biti složena [48].
3. Povećana kompleksnost za nastavnike - Implementacija gamifikacije može zahtijevati dodatno vrijeme i resurse od strane nastavnika, uključujući obuku i prilagodbu nastavnih planova [49].

### 3.2.2. Integracija XR tehnologija u kurikulum

Uvođenje Integracija XR tehnologija u obrazovni kurikulum predstavlja značajan korak naprijed, ali dolazi s nizom izazova i pitanja. Prednosti uključuju:

1. Povećana motivacija i angažman - XR tehnologije pružaju učenicima priliku za imerzivno učenje, gdje mogu doslovno „uroniti“ u sadržaj. To može povećati njihovu motivaciju i angažman [50].
2. Poboljšanje razumijevanja složenih koncepata - XR omogućuje vizualizaciju i manipulaciju složenih koncepata koji bi inače bili teški za razumjeti, kao što su molekularne strukture ili povijesni događaji [51].
3. Personalizirano učenje - XR može omogućiti personalizirano obrazovno iskustvo prilagođeno individualnim potrebama učenika [52].

Međutim, izazovi ostaju:

1. Visoki troškovi - Implementacija XR tehnologija zahtijeva značajna financijska ulaganja u opremu, softver i obuku nastavnika [53].
2. Tehnički problemi - Tehnički problemi, poput kompatibilnosti uređaja, tehničke podrške i održavanja opreme, mogu ograničiti široku upotrebu XR tehnologija u obrazovanju [54].
3. Potencijal za preopterećenje informacija - Previše informacija i senzorne stimulacije može dovesti do preopterećenja studenata, što može smanjiti efikasnost učenja. U kontekstu XR tehnologija, postoji opasnost da previše vizualnih i zvučnih informacija odjednom preplavi učenike, otežavajući im fokusiranje na ključne aspekte lekcije [55].

## 4. INTEGRACIJA METAVERSA U EDUKACIJSKE APLIKACIJE

Razvoj tehnologije i njezina sveprisutnost u obrazovnim sustavima doveli su do transformacije tradicionalnih metoda učenja. U tom kontekstu, metaverse predstavlja jedan od najnovijih trendova koji obećava značajan utjecaj na način na koji se obrazovne aktivnosti provode. Metaverse, kao virtualni prostor koji integrira proširenu stvarnost (AR), virtualnu stvarnost (VR) i druge oblike proširene stvarnosti (XR), omogućuje kreiranje imerzivnih, interaktivnih i prilagodljivih obrazovnih okruženja. Ova nova dimenzija obrazovanja pruža učenicima priliku da se angažiraju u učionicama bez fizičkih granica, otvarajući vrata globalnom pristupu učenju i novim pedagoškim modelima [56].

Gamifikacija, kao strategija koja koristi elemente igre za poboljšanje angažmana i motivacije, već se pokazala kao učinkovita u tradicionalnim i digitalnim obrazovnim okruženjima [57]. Međutim, uvođenje metaversa u edukacijske aplikacije omogućava daljnje unaprjeđenje ovih metoda. Kroz integraciju gamifikacije unutar metaverse prostora, učenici mogu sudjelovati u simulacijama i interaktivnim zadacima koji ne samo da poboljšavaju njihovo razumijevanje materijala, već i potiču kritičko razmišljanje i kreativnost [58].

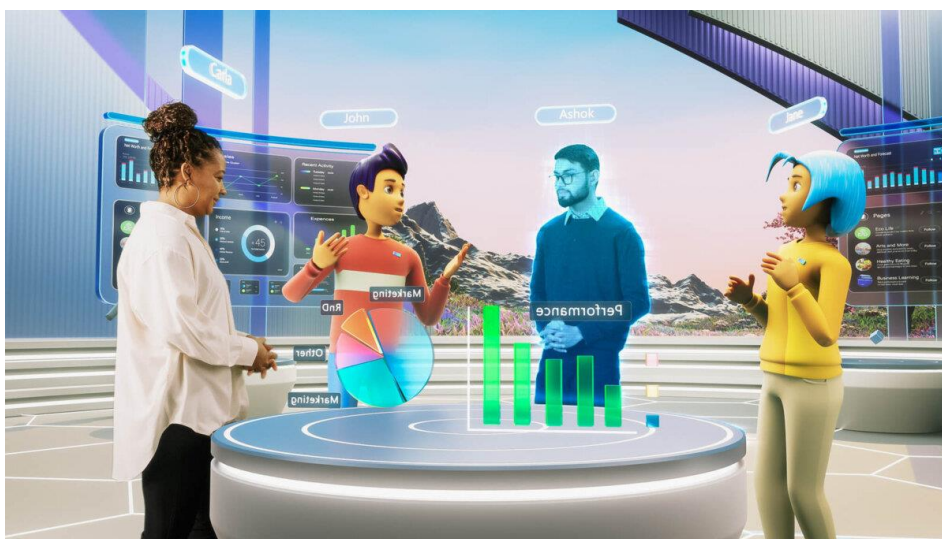
Unatoč brojnim prednostima, postoje i izazovi povezani s implementacijom metaversa u obrazovanju, uključujući tehničke zahtjeve, pristupačnost i potrebu za prilagodbom nastavnika i učenika novim tehnologijama. Stoga je važno istražiti kako se ovi izazovi mogu prevladati kako bi se osiguralo učinkovito korištenje metaversa u obrazovnim aplikacijama [59]. Ovaj rad nastoji pružiti sveobuhvatan pregled potencijala metaversa u obrazovanju, s naglaskom na gamifikaciju i XR tehnologije kao ključne komponente ovog inovativnog pristupa.

### 4.1. Definiranje metaverse u edukaciji

Metaverse, kao koncept koji kombinira virtualnu stvarnost (VR), proširenu stvarnost (AR) i druge oblike proširene stvarnosti (XR), predstavlja sljedeću evoluciju digitalnih okruženja. Unutar obrazovnog konteksta, metaverse nudi mogućnost kreiranja dinamičnih, interaktivnih i imerzivnih iskustava koja mogu značajno unaprijediti proces učenja. Ova tehnologija omogućuje stvaranje virtualnih svjetova u kojima učenici mogu sudjelovati u simulacijama, istraživanju, kolaboraciji i drugim oblicima učenja koji nisu ograničeni fizičkim prostorom ili s vremenom [60].

Metaverse u obrazovanju može se definirati kao digitalno okruženje u kojem učenici, putem avatara ili drugih digitalnih identiteta, mogu komunicirati, učiti i surađivati u virtualnim prostorima koji simuliraju stvarne ili imaginarne scenarije. Ovaj pristup omogućuje razvoj novih oblika pedagogije, uključujući personalizirano učenje, gdje se sadržaj i metode prilagođavaju individualnim potrebama i interesima učenika [61]. Osim toga, metaverse omogućuje pristup obrazovanju izvan tradicionalnih učionica, pružajući globalno dostupne resurse i alate za učenje [62].

Jedan od ključnih elemenata metaversa u obrazovanju je njegova sposobnost da stvori visok stupanj angažmana među učenicima. Kroz imerzivna okruženja, učenici mogu aktivno sudjelovati u procesu učenja, umjesto da budu pasivni primatelji informacija. Na primjer, učenici mogu sudjelovati u povijesnim rekonstrukcijama, virtualnim laboratorijskim eksperimentima ili simulacijama složenih znanstvenih procesa, što im omogućuje dublje razumijevanje materijala [63]. Ovaj pristup također može povećati motivaciju za učenje, jer učenici imaju priliku istraživati sadržaj na način koji im je osobno zanimljiv i relevantan [64].



*Slika 7: Dizajnirani i projektirani prikaz metaversea*

*(<https://www.techfinitive.com/explainers/what-is-the-metaverse/>)*

Međutim, unatoč potencijalu, postoje izazovi u implementaciji metaversa u obrazovanje. Jedan od glavnih izazova je tehnološka infrastruktura potrebna za podršku metaverse okruženjima, uključujući visoke zahtjeve za računalnu snagu i pristup internetu. Dodatno, postoji potreba za obukom nastavnika i učenika kako bi se učinkovito koristili metaverse alatima [65]. Integracija metaversa u obrazovni sustav također zahtijeva promišljenu pedagogiju koja može iskoristiti prednosti ove tehnologije, a da se pritom izbjegnu potencijalne



distrakcije ili prekomjerna složenost [66].

U zaključku, definiranje metaversa u edukaciji uključuje prepoznavanje njegove uloge kao moćnog alata za transformaciju učenja i poučavanja. Iako postoje izazovi, potencijalne prednosti ove tehnologije čine je važnim aspektom budućeg razvoja obrazovnih metoda. Metaverse nudi neograničene mogućnosti za stvaranje inovativnih obrazovnih iskustava koja mogu prilagoditi učenje svakom pojedincu, čineći obrazovanje dostupnijim, angažirajućom i učinkovitijim [67].

## 4.2. Uloga gamifikacije u metaversu

Gamifikacija, koja se odnosi na primjenu elemenata igre u neigrive kontekste s ciljem povećanja angažmana i motivacije, ima ključnu ulogu u metaverse okruženju. Metaverse, kao digitalni prostor u kojem se odvijaju složene interakcije između korisnika i virtualnih okruženja, omogućava integraciju gamifikacijskih elemenata na način koji nije moguć u tradicionalnim digitalnim okruženjima. Kroz kombinaciju različitih tehnologija poput proširene stvarnosti (AR), virtualne stvarnosti (VR) i drugih oblika proširene stvarnosti (XR), gamifikacija u metaversu može pružiti potpuno novo iskustvo učenja i suradnje [68].

U metaverse okruženju, gamifikacija se može koristiti za poticanje učenika na aktivno sudjelovanje u obrazovnim aktivnostima kroz mehanizme kao što su bodovni sustavi, rang liste, nagrade i izazovi. Na primjer, učenici mogu dobivati bodove za uspješno izvršene zadatke, koji ih mogu rangirati na ljestvici uspjeha u virtualnoj učionici. Ovaj sustav ne samo da povećava motivaciju za postizanje boljih rezultata, već i potiče suradnju među učenicima, koji mogu zajednički raditi na ostvarivanju ciljeva i osvajati nagrade [69].

Gamifikacija u metaversu također omogućuje personalizaciju učenja na način koji je prilagođen individualnim potrebama i preferencijama učenika. Kroz dinamičke i interaktivne elemente, učenici mogu odabrati vlastiti tempo učenja, sudjelovati u izazovima koji su usklađeni s njihovim interesima i napredovati kroz obrazovni sadržaj na način koji im je najprikladniji [70]. Ova razina personalizacije ne samo da povećava angažman učenika, već i omogućuje bolje usvajanje znanja jer učenici aktivno sudjeluju u procesu učenja.

Osim toga, gamifikacija u metaversu može se koristiti za razvoj ključnih vještina poput kritičkog razmišljanja, rješavanja problema i kreativnosti. Kroz interaktivne simulacije i igre koje su usmjerene na stvarne probleme i izazove, učenici mogu razvijati ove vještine u kontroliranom i sigurnom okruženju. Na primjer, simulacije u metaversu mogu omogućiti učenicima da preuzmu različite uloge u društvenim, političkim ili ekonomskim scenarijima,

gdje mogu donositi odluke, rješavati konflikte i stvarati strategije [71].

Unatoč prednostima, postoji i niz izazova u implementaciji gamifikacije unutar metaverse okruženja. Jedan od glavnih izazova je osigurati da gamifikacijski elementi budu usklađeni s obrazovnim ciljevima, kako bi se izbjegla situacija u kojoj učenici postaju previše fokusirani na igru, a zanemaruju stvarno učenje. Također, dizajn gamifikacijskih elemenata mora biti pažljivo planiran kako bi se osigurala inkluzivnost i pristupačnost za sve učenike, bez obzira na njihove vještine ili predznanje [72].

U zaključku, gamifikacija unutar metaverse okruženja predstavlja moćan alat za poboljšanje angažmana, motivacije i učenja. Kroz pažljivo osmišljene gamifikacijske strategije, metaverse može pružiti bogata i imerzivna iskustva koja su prilagođena potrebama svakog učenika. Iako postoje izazovi u implementaciji, potencijalne koristi gamifikacije u metaversu čine je ključnim elementom budućnosti obrazovanja [73].

### 4.3. XR tehnologije kao vrata u metaverse

XR tehnologije, koje obuhvaćaju proširenu stvarnost (AR), virtualnu stvarnost (VR) i miješanu stvarnost (MR), predstavljaju ključne komponente za stvaranje i pristup metaverse okruženjima. Ove tehnologije omogućuju korisnicima da se urone u digitalne svjetove, gdje mogu doživjeti i interaktivno sudjelovati u simulacijama, igrama, edukativnim sadržajima i drugim oblicima digitalnog iskustva na načine koji nisu mogući u tradicionalnim dvodimenzionalnim digitalnim okruženjima [74].

Proširena stvarnost (AR) obogaćuje stvarni svijet digitalnim informacijama i objektima, omogućujući korisnicima interakciju s okolinom na nov i uzbudljiv način. AR tehnologije koriste se u obrazovanju za stvaranje interaktivnih učenja u stvarnom svijetu, gdje učenici mogu pregledavati digitalne informacije, 3D modele ili multimedijalne sadržaje koji se integriraju s njihovim fizičkim okruženjem. Na primjer, učenici mogu koristiti AR aplikacije kako bi istraživali povijesne događaje, proučavali ljudsku anatomiju ili rješavali matematičke probleme kroz interaktivne zadatke [75].

Virtualna stvarnost (VR), s druge strane, omogućuje stvaranje potpuno virtualnih svjetova u kojima korisnici mogu doživjeti situacije i okruženja koja su inače nedostupna ili nemoguća u stvarnom životu. U obrazovanju, VR se koristi za stvaranje simulacija i iskustava koja omogućuju učenicima da se urone u povijesne rekonstrukcije, znanstvene laboratorije ili ekosustave, čime se poboljšava njihovo razumijevanje složenih pojmova i potiče aktivno učenje [76]. VR također omogućuje stvaranje zajedničkih virtualnih učionica, gdje učenici iz različitih

dijelova svijeta mogu surađivati i učiti zajedno u zajedničkom prostoru bez fizičkih ograničenja.

Miješana stvarnost (MR) kombinira elemente AR-a i VR-a, omogućujući korisnicima interakciju s digitalnim i fizičkim objektima u stvarnom vremenu. MR omogućuje složenije oblike interakcije i suradnje u obrazovnim okruženjima, gdje učenici mogu koristiti digitalne alate za manipulaciju fizičkim objektima ili stvaranje novih digitalnih konstrukcija koje nadilaze mogućnosti stvarnog svijeta [77]. Na primjer, učenici mogu koristiti MR za projektiranje i testiranje inženjerskih rješenja u simuliranim okruženjima koja repliciraju stvarne uvjete, čime se smanjuje rizik i trošak stvarnog eksperimentiranja.

XR tehnologije, kada se integriraju u metaverse, otvaraju vrata neograničenim mogućnostima za stvaranje inovativnih i imerzivnih obrazovnih iskustava. Metaverse, kao virtualni svijet koji objedinjuje AR, VR i MR tehnologije, omogućuje korisnicima da se urone u digitalne okoline koje su potpuno prilagođene njihovim obrazovnim potrebama. Kroz XR tehnologije, metaverse postaje mjesto gdje učenici mogu ne samo učiti nego i stvarati, istraživati i surađivati na načinima koji su prilagođeni njihovom osobnom stilu učenja i interesima [78].

Unatoč potencijalu, postoji niz izazova u implementaciji XR tehnologija u obrazovanju, uključujući tehničke zahtjeve, potrebu za visokokvalitetnim sadržajem i prilagodbu nastavnika i učenika novim načinima interakcije. Ipak, s obzirom na sve veću dostupnost XR uređaja i alata, kao i razvoj tehnologije, ove prepreke postaju sve manje značajne, otvarajući put za široku primjenu XR-a u obrazovanju i stvaranje potpuno novih oblika učenja unutar metaverse okruženja [79].



Slika 8/9: Canva AI generirani svijet metaversa buduće generacije aplikacije

#### 4.4. Definiranje izazova i mogućnosti implementacije metaversa u obrazovanju

Uvođenje metaversa u obrazovne sustave predstavlja značajan korak prema modernizaciji i unapređenju procesa učenja. Međutim, poput svake nove tehnologije, metaverse donosi sa sobom niz izazova, ali i velikih mogućnosti koje mogu transformirati obrazovanje na globalnoj razini. Prvi i najznačajniji izazov je tehnička infrastruktura potrebna za podršku metaverse okruženjima. Za potpuno uringanje u metaverse, potrebni su napredni hardverski uređaji poput VR i AR slušalica, moćnih računala i stabilne internetske veze [80]. Takvi zahtjevi mogu biti prepreka za škole i institucije koje nemaju odgovarajuće resurse, osobito u manje razvijenim regijama.

Dodatno, postoji izazov prilagodbe nastavnika i učenika novim tehnologijama. Uvođenje metaversa zahtijeva promjenu tradicionalnih pedagoških metoda i razvoj novih nastavnih planova koji mogu iskoristiti mogućnosti koje metaverse pruža. To uključuje obuku nastavnika kako bi mogli učinkovito koristiti ove tehnologije, kao i prilagodbu učenika novom načinu učenja koji je interaktivan i digitalno orijentiran [81]. Bez adekvatne podrške i edukacije, postoji rizik da će implementacija metaversa biti ograničena i da neće ispuniti svoj puni potencijal.

Još jedan izazov je pitanje pristupačnosti i inkluzivnosti unutar metaverse okruženja. Kako bi metaverse bio učinkovit alat u obrazovanju, potrebno je osigurati da su sva djeca, bez obzira na njihove sposobnosti, socioekonomski status ili geografski položaj, u mogućnosti koristiti ovu tehnologiju. To zahtijeva razvoj pristupačnih rješenja i alata, kao i osiguranje digitalne pismenosti kod svih korisnika [82]. Također, treba razmotriti etičke aspekte korištenja metaversa, uključujući zaštitu privatnosti i podataka učenika, kao i utjecaj dugotrajnog boravka u virtualnim okruženjima na mentalno zdravlje učenika.

S druge strane, mogućnosti koje metaverse donosi u obrazovanje su ogromne. Jedna od glavnih prednosti je stvaranje imerzivnih i interaktivnih okruženja koja mogu povećati angažman i motivaciju učenika. Kroz simulacije, igre i druge interaktivne sadržaje, učenici mogu učiti kroz iskustvo, što je često učinkovitije od tradicionalnih metoda učenja [83]. Metaverse također omogućava personalizaciju učenja, gdje se sadržaj i metode poučavanja mogu prilagoditi individualnim potrebama i interesima svakog učenika.

Metaverse također omogućava globalno povezivanje i suradnju među učenicima i nastavnicima iz različitih dijelova svijeta. Ovo otvara vrata novim oblicima kolaborativnog učenja, gdje učenici mogu zajedno raditi na projektima, sudjelovati u virtualnim ekskurzijama

ili prisustvovati predavanjima i radionicama koje vode stručnjaci iz različitih zemalja [84]. Takva globalna povezanost može obogatiti obrazovno iskustvo i pripremiti učenike za izazove globalnog tržišta rada.

Zaključno, iako postoji niz izazova u implementaciji metaversa u obrazovanju, potencijalne koristi ove tehnologije čine je vrijednom investicijom za budućnost obrazovanja. Kroz promišljenu implementaciju, uzimajući u obzir tehničke, pedagoške i etičke aspekte, metaverse može postati moćan alat za transformaciju obrazovanja, stvarajući okruženja koja su prilagodljiva, angažirajuća i inkluzivna [85].

#### 4.5. Prototipiranje i dizajnerske smjernice za aplikacije u metaversu

Prototipiranje i dizajn aplikacija unutar metaversa predstavljaju ključne korake u razvoju digitalnih okruženja koja su intuitivna, funkcionalna i prilagođena korisnicima. Metaverse, kao složeno i dinamično okruženje, zahtijeva specifičan pristup dizajnu kako bi se osigurala kvaliteta korisničkog iskustva (UX) i postigla maksimalna interakcija s korisnicima. U procesu prototipiranja, dizajneri moraju uzeti u obzir jedinstvene karakteristike metaversa, uključujući imerzivnost, trodimenzionalnost i interaktivnost, kako bi stvorili aplikacije koje su ne samo vizualno privlačne, već i funkcionalne i korisne [86].

Prvi korak u prototipiranju aplikacija za metaverse je definiranje jasnih ciljeva i svrhe aplikacije. To uključuje razumijevanje potreba krajnjih korisnika, specifičnosti ciljanog obrazovnog sadržaja i načina na koji će se metaverse koristiti za postizanje tih ciljeva. Nakon definiranja ciljeva, dizajneri prelaze na fazu kreiranja prototipa, gdje se stvaraju inicijalni modeli aplikacije koji omogućuju testiranje osnovnih funkcionalnosti i korisničkog sučelja (UI) [87]. U ovoj fazi, važno je fokusirati se na jednostavnost i intuitivnost sučelja kako bi korisnici lako navigirali kroz aplikaciju.

Dizajnerske smjernice za aplikacije u metaversu uključuju nekoliko ključnih aspekata. Prvo, potrebno je osigurati da aplikacija bude prilagođena različitim platformama i uređajima, uključujući VR, AR i MR uređaje, kao i tradicionalne ekrane. Ovo zahtijeva fleksibilan i prilagodljiv dizajn koji se može optimizirati za različite formate prikaza, bez gubitka funkcionalnosti ili kvalitete korisničkog iskustva [88]. Drugo, aplikacije moraju biti dizajnirane s naglaskom na imerzivnost i interaktivnost, koristeći trodimenzionalne elemente, zvuk i haptiku kako bi se korisnicima pružilo bogato i zadovoljavajuće iskustvo.

Također, dizajneri trebaju razmotriti načine na koje će aplikacija podržavati kolaboraciju i društvenu interakciju unutar metaverse okruženja. Budući da metaverse omogućuje korisnicima

da se međusobno povezuju i surađuju u realnom vremenu, važno je razviti funkcionalnosti koje potiču timski rad, komunikaciju i zajedničko učenje. To uključuje alate za dijeljenje sadržaja, zajedničko uređivanje i grupne aktivnosti, koji korisnicima omogućuju da učinkovito rade zajedno bez obzira na fizičku udaljenost [89].

Prototipiranje aplikacija za metaverse također zahtijeva iterativni pristup, gdje se prototipi kontinuirano testiraju i poboljšavaju na temelju povratnih informacija korisnika. Ovaj proces omogućuje dizajnerima da prepoznaju i isprave potencijalne probleme u ranoj fazi razvoja, čime se smanjuje rizik od neuspjeha konačne verzije aplikacije. Iterativno prototipiranje također omogućuje eksperimentiranje s različitim dizajnerskim rješenjima, što može dovesti do inovativnih pristupa i poboljšanja korisničkog iskustva [90].

Zaključno, prototipiranje i dizajn aplikacija u metaversu zahtijevaju pažljiv i promišljen pristup koji uzima u obzir jedinstvene karakteristike ovog digitalnog okruženja. Kroz jasno definiranje ciljeva, prilagodljiv dizajn i iterativno prototipiranje, moguće je razviti aplikacije koje ne samo da zadovoljavaju potrebe korisnika, već i maksimalno iskorištavaju potencijal metaverse tehnologija. Ove smjernice osiguravaju da aplikacije u metaversu budu funkcionalne, intuitivne i prilagođene za budućnost obrazovanja i drugih primjena [91].

#### 4.6. Studija slučaja: razvoj edukacijskog alata temeljenog na metaversu

Razvoj edukacijskog alata temeljenog na metaversu predstavlja pionirski pothvat u integraciji suvremenih tehnologija u obrazovni proces. U ovoj studiji slučaja, fokusirat ćemo se na razvoj virtualnog obrazovnog okruženja koje koristi metaverse za podučavanje kompleksnih znanstvenih koncepata u području biologije, posebno učenja o ljudskoj anatomiji. Cilj ovog alata je stvoriti interaktivno i imerzivno iskustvo koje će učenicima omogućiti dublje razumijevanje anatomskih struktura i funkcija kroz trodimenzionalne simulacije i interaktivne zadatke [92].

Prvi korak u razvoju ovog alata bio je definiranje ciljeva učenja i pedagoških pristupa koji će se koristiti. Tim stručnjaka iz područja obrazovanja, biologije i tehnologije surađivao je kako bi osmislio kurikulum koji koristi metaverse za objašnjenje složenih bioloških procesa. Ciljevi su uključivali povećanje angažmana učenika, omogućavanje personaliziranog učenja i pružanje praktičnih iskustava kroz simulacije koje bi bile teško izvesti u stvarnom laboratorijskom okruženju [93].

Prototipiranje alata započelo je izradom inicijalnih 3D modela anatomskih struktura, koji su kasnije integrirani u virtualno okruženje. Koristeći VR i AR tehnologije, učenici su mogli



istraživati ljudsko tijelo na način koji nije moguć u tradicionalnim učionicama. Na primjer, alat je omogućio učenicima da "ulaze" unutar virtualnih modela organa, proučavaju njihovu strukturu iz svih kutova i sudjeluju u simuliranim kirurškim zahvatima. Ova razina interakcije i imerzivnosti pokazala se ključnom za poboljšanje razumijevanja i pamćenja učenika [94].

Jedan od izazova s kojima se tim suočio tijekom razvoja alata bio je osigurati da su svi elementi prilagođeni različitim razinama stručnosti učenika. Kako bi se to postiglo, razvijeni su različiti moduli koji su omogućavali učenicima da biraju između osnovnih i naprednih razina učenja, ovisno o njihovim potrebama i interesima. Alat je također pružao trenutne povratne informacije, omogućavajući učenicima da ispravljaju greške u stvarnom vremenu i uče kroz ponavljanje [95].

Tijekom faze testiranja, alat je bio predstavljen u nekoliko škola i fakulteta gdje su učenici i nastavnici imali priliku isprobati njegove funkcionalnosti. Rezultati su pokazali značajno povećanje angažmana i uspjeha učenika, posebno u razumijevanju složenih anatomskih koncepata. Učenici su istaknuli da je iskustvo bilo zabavno i edukativno, dok su nastavnici pohvalili alat kao vrijedan dodatak tradicionalnim metodama poučavanja [96].

Zaključno, razvoj ovog edukacijskog alata temeljenog na metaversu pokazao je kako integracija suvremenih tehnologija može obogatiti obrazovni proces i poboljšati ishode učenja. Kroz pažljivo osmišljene i prilagođene edukacijske alate, metaverse ima potencijal transformirati način na koji učenici uče, pružajući im iskustva koja su ne samo edukativna, već i izuzetno angažirajuća. Ova studija slučaja naglašava važnost suradnje između stručnjaka iz različitih disciplina kako bi se iskoristile sve mogućnosti koje metaverse pruža u obrazovanju [97].

#### 4.7. Budućnost metaversa u obrazovanju

Metaverse, kao virtualni svijet koji spaja stvarnost i digitalne tehnologije, predstavlja inovativnu platformu s ogromnim potencijalom za transformaciju obrazovanja. Dok je trenutna primjena metaversa u obrazovanju još uvijek u fazi istraživanja i ranog razvoja, budućnost ove tehnologije obećava daljnje unaprjeđenje i prilagodbu obrazovnim potrebama, otvarajući nove mogućnosti za interaktivno učenje, globalnu suradnju i personalizirane obrazovne programe [98].

Jedna od najvažnijih prednosti metaversa u obrazovanju je njegova sposobnost da stvori imerzivna i angažirajuća okruženja koja mogu simulirati stvarne ili potpuno imaginarne scenarije. Ova tehnologija omogućuje učenicima da se uključe u iskustva koja su izvan dosega

tradicionalnih učionica, kao što su virtualne ekskurzije, simulacije povijesnih događaja ili sudjelovanje u znanstvenim eksperimentima u okruženju koje replicira stvarne laboratorijske uvjete [99]. Kroz ovakva iskustva, učenici ne samo da usvajaju teorijska znanja, već ih mogu i primijeniti u praksi, što doprinosi dubljem razumijevanju i dugoročnom zadržavanju informacija.

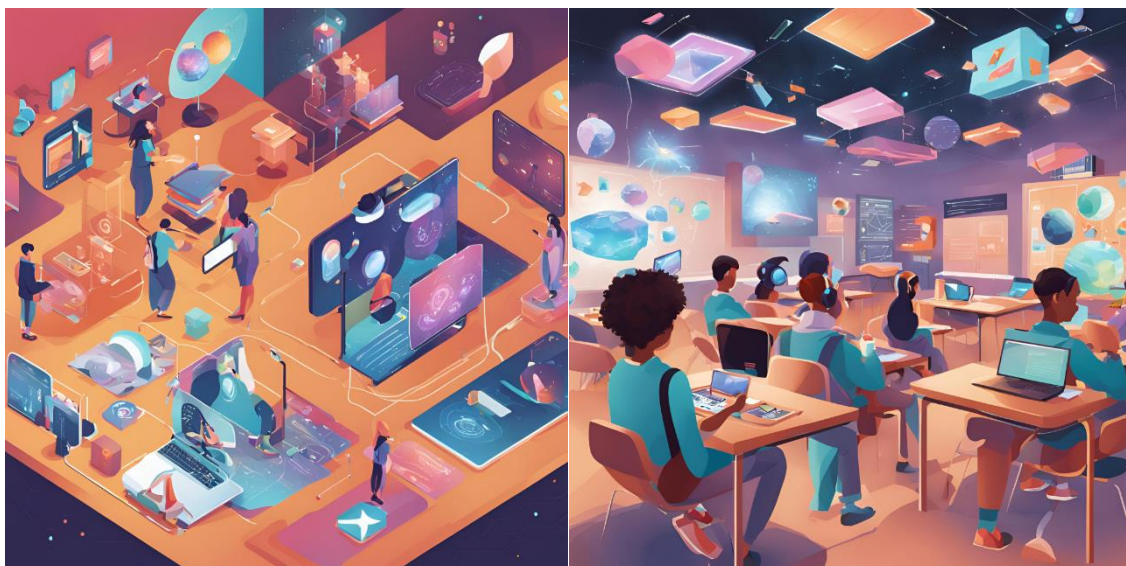
Budućnost metaversa u obrazovanju također će biti obilježena sve većom personalizacijom učenja. Korištenjem naprednih algoritama i analitike podataka, metaverse će moći prilagoditi obrazovne sadržaje individualnim potrebama i preferencijama svakog učenika. Učenici će moći učiti vlastitim tempom, birati module i zadatke koji odgovaraju njihovom stilu učenja, te primati povratne informacije i podršku u realnom vremenu [100]. Ovo će omogućiti svakom učeniku da ostvari svoj puni potencijal, bez obzira na njihove prethodne vještine ili znanje.

Osim personalizacije, metaverse nudi mogućnosti za globalnu suradnju i umrežavanje učenika i nastavnika iz cijelog svijeta. U metaverse okruženju, fizičke granice više ne predstavljaju prepreku za suradnju. Učenici iz različitih zemalja moći će sudjelovati u zajedničkim projektima, dijeliti resurse i ideje te učiti jedni od drugih u stvarnom vremenu [101]. Ova globalna povezanost ne samo da obogaćuje obrazovno iskustvo, već i priprema učenike za rad u globalnom kontekstu, razvijajući vještine potrebne za buduće karijere u međunarodnim okruženjima.

Međutim, budućnost metaversa u obrazovanju neće biti bez izazova. Jedan od glavnih izazova bit će osiguranje pristupačnosti ove tehnologije za sve učenike, bez obzira na njihovu socioekonomsku pozadinu. Kako bi metaverse bio učinkovito integriran u obrazovne sustave diljem svijeta, bit će potrebno osigurati ravnomjerni pristup potrebnim resursima, uključujući uređaje, softver i internetsku povezanost [102]. Također, etička pitanja poput zaštite privatnosti, digitalne sigurnosti i upravljanja podacima bit će ključna u razvoju i primjeni metaverse tehnologija u obrazovanju.

U zaključku, budućnost metaversa u obrazovanju obećava nove mogućnosti za stvaranje bogatijih, prilagođenijih i interaktivnijih obrazovnih iskustava. Kroz inovacije u tehnologiji i obrazovnim metodama, metaverse ima potencijal postati ključni alat u oblikovanju budućnosti obrazovanja, omogućujući učenicima širom svijeta da uče na načine koji su prilagođeni njihovim potrebama i interesima, te da postanu aktivni sudionici u globalnoj zajednici učenja [103].





*Slika 10/11: Canva AI generirani svijet metaversa u obrazovanju budućnosti*

## 5. INTEGRACIJA METAVERSA U OČUVANJE KULTURNE BAŠTINE

Metavers predstavlja novu paradigmu u digitalnom okruženju, koja nudi neograničene mogućnosti za očuvanje i promociju kulturne baštine. U osnovi, metavers je virtualni svijet u kojem korisnici mogu stvarati, istraživati i interagirati s digitalnim replikama stvarnih objekata i artefakata. S obzirom na bogatu povijest i kulturno naslijeđe koje mnoga društva imaju, metavers se pokazao kao izvanredan alat za očuvanje kulturne baštine, omogućujući njezinu dostupnost i razumijevanje na globalnoj razini. Integracija metaversa u ovu sferu nije samo tehnološka inovacija već i kulturna misija koja pruža nove perspektive u prezentaciji i zaštiti kulturnih artefakata.

Kulturna baština je složen koncept koji uključuje ne samo fizičke objekte poput zgrada, spomenika i umjetničkih djela, već i nematerijalne elemente kao što su jezici, običaji, mitovi i rituali. U tradicionalnom kontekstu, očuvanje kulturne baštine često je povezano s fizičkim restauracijama i zaštitom. Međutim, metavers omogućava proširenje ovog koncepta, nudeći virtualne prostore u kojima se kulturna baština može ne samo sačuvati, već i reinterpretirati i popularizirati. Na primjer, putem metaversa moguće je stvoriti digitalne replike arheoloških nalazišta ili rekonstrukcije povijesnih događaja, čime se omogućuje interaktivno iskustvo za korisnike diljem svijeta.

Integracija metaversa u očuvanje kulturne baštine ima potencijal za premošćivanje fizičkih ograničenja, omogućujući pristup kulturnim dobrima koja su možda izvan dosega zbog geografskih ili političkih razloga. Kroz virtualne muzeje, edukativne platforme i interaktivne ture, metavers može približiti kulturnu baštinu mlađim generacijama, koje su već duboko uronjene u digitalni svijet. Ova nova metoda ne samo da čuva povijest, već i potiče aktivno sudjelovanje zajednice, stvarajući kolektivno digitalno sjećanje koje se neprestano nadograđuje.

Metavers također nudi mogućnosti za suradnju između različitih institucija koje se bave očuvanjem kulturne baštine. Muzeji, sveučilišta i kulturne institucije mogu koristiti metavers za zajedničke projekte, omogućujući razmjenu znanja i resursa u stvarnom vremenu. Osim toga, tehnologije poput blockchaina, koje se često povezuju s metaversom, mogu igrati ključnu ulogu u zaštiti intelektualnog vlasništva i autentifikaciji digitalnih replika kulturnih artefakata.

Uvođenje metaversa u očuvanje kulturne baštine ne donosi samo tehničke i obrazovne prednosti, već i etičke izazove. Postavlja se pitanje tko posjeduje pravo na digitalizaciju i reinterpretaciju kulturnih dobara, kao i kako osigurati da virtualna reprodukcija ostane vjerna originalu. Unatoč tim izazovima, metavers predstavlja snažan alat koji može transformirati način na koji pristupamo očuvanju kulturne baštine, čineći je dostupnom i relevantnom za buduće generacije.

### 5.1. Uloga metaversa u promociji i očuvanju kulturnih artefakata

Metavers, kao virtualni svijet neograničenih mogućnosti, postaje sve važniji alat u promociji i očuvanju kulturnih artefakata. Promocija kulturne baštine tradicionalno je bila ograničena na fizičke lokacije poput muzeja, galerija i arheoloških nalazišta, gdje su posjetitelji mogli vidjeti i učiti o kulturnim artefaktima. Međutim, s razvojem digitalnih tehnologija, metavers omogućuje prikazivanje i interpretaciju kulturnih dobara na potpuno novi način, bez ograničenja fizičkog prostora ili vremena. U metaversu, korisnici mogu doživjeti kulturne artefakte u bogatom, interaktivnom okruženju koje nudi više od jednostavnog vizualnog doživljaja.

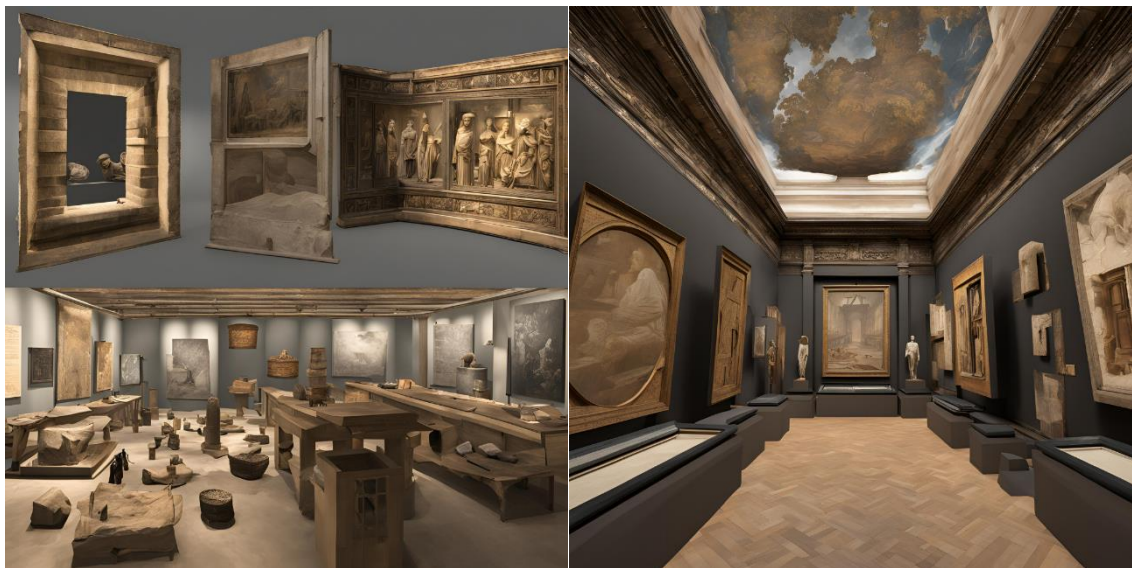
Jedna od ključnih prednosti metaversa u promociji kulturnih artefakata jest mogućnost stvaranja dinamičnih, interaktivnih prikaza koji mogu privući širu publiku, uključujući mlađe generacije koje su već duboko uronjene u digitalni svijet. Kroz virtualne izložbe, posjetitelji mogu istraživati artefakte u 3D prostoru, manipulirati njima, pa čak i sudjelovati u rekonstrukciji povijesnih događaja koji su povezani s tim objektima. Ova vrsta interaktivnosti ne samo da povećava angažman korisnika, već i potiče dublje razumijevanje i poštovanje prema

kulturnoj baštini[104].

Metavers također omogućava pristup kulturnim artefaktima koji su inače nedostupni zbog svoje lokacije, stanja očuvanosti ili drugih ograničenja. Na primjer, digitalne replike fragilnih ili oštećenih artefakata mogu se sigurno prikazivati u metaversu, čime se osigurava njihova dostupnost i očuvanje bez rizika daljnje degradacije. Osim toga, metavers nudi mogućnost personalizirane edukacije, gdje korisnici mogu odabrati sadržaje koji ih najviše zanimaju i učiti o njima vlastitim tempom, što dodatno povećava vrijednost edukativnih iskustava[105].

Suradnja između kulturnih institucija u okviru metaversa također igra ključnu ulogu u promociji kulturnih artefakata. Korištenjem zajedničkih resursa i ekspertiza, muzeji i druge institucije mogu stvarati bogate, interdisciplinarnе prikaze koji nude sveobuhvatan pogled na kulturne fenomene. Metavers tako postaje platforma za globalnu suradnju u očuvanju i promociji kulturne baštine, omogućujući dijeljenje resursa i znanja na način koji je ranije bio nezamisliv[106].

Unatoč mnogim prednostima, postoje i izazovi u korištenju metaversa za promociju kulturnih artefakata. Jedan od glavnih izazova je osiguranje autentičnosti i integriteta digitalnih replika. Kako digitalizacija napreduje, postaje ključno osigurati da prikazani artefakti vjerno odražavaju svoje stvarne ekvivalente, te da su podaci o njihovom podrijetlu i značenju točno prikazani. Osim toga, etička pitanja vezana uz vlasništvo i prava na digitalizaciju kulturnih dobara moraju biti pažljivo razmotrena kako bi se spriječilo iskorištavanje ili zloupotreba kulturne baštine[107].



*Slika 12/13: Canva AI generirani svijet tura u metaversa svijetu*

## 5.2. Suradnja s kulturnim institucijama u razvoju digitalne baštine

Suradnja između kulturnih institucija i tehnoloških platformi postala je ključni element u razvoju i očuvanju digitalne baštine. Kulturne institucije, poput muzeja, arhiva i galerija, tradicionalno su bile čuvari kulturnog nasljeđa, zadužene za prikupljanje, očuvanje i interpretaciju artefakata i povijesnih dokumenata. Međutim, s razvojem digitalnih tehnologija i pojavom metaversa, uloga ovih institucija se proširila na digitalno područje, gdje suradnja postaje ključna za osiguranje autentičnosti, dostupnosti i očuvanja digitalne baštine.

Jedan od glavnih aspekata ove suradnje je digitalizacija kulturnih artefakata i njihova integracija u metavers. Digitalizacija omogućuje da se kulturni artefakti sačuvaju u digitalnom obliku, čime se produžava njihov vijek trajanja i omogućuje širi pristup javnosti. Kulturne institucije igraju ključnu ulogu u ovom procesu, osiguravajući da su digitalne replike vjerne originalima i da su popraćene točnim i detaljnim informacijama o njihovom podrijetlu i značenju. U tom kontekstu, suradnja s tehnološkim platformama i stručnjacima iz područja digitalizacije postaje neophodna za stvaranje visokokvalitetnih digitalnih replika koje mogu biti prikazane u metaversu[108].

Kulturne institucije također sudjeluju u razvoju edukativnih sadržaja unutar metaversa. Kroz partnerstva s obrazovnim institucijama i tehnološkim tvrtkama, muzeji i arhivi mogu kreirati interaktivne obrazovne programe koji koriste digitalne replike kulturnih artefakata. Ovi programi omogućuju korisnicima ne samo da uče o povijesti i kulturi, već i da sudjeluju u procesima restauracije i očuvanja kroz simulacije i igre. Suradnja s kulturnim institucijama osigurava da su ti obrazovni sadržaji točni i relevantni, te da doprinose širenju svijesti o važnosti očuvanja kulturne baštine[109].

Jedan od primjera uspješne suradnje je razvoj virtualnih muzeja, gdje korisnici mogu posjetiti digitalne replike stvarnih muzeja i istraživati njihove zbirke u interaktivnom okruženju. Ovi virtualni muzeji često surađuju s fizičkim muzejima, koristeći njihove zbirke i stručnost za stvaranje vjerodostojnih i edukativnih digitalnih iskustava. Ova vrsta suradnje omogućava muzeju da proširi svoj doseg, privuče širu publiku i poveća svijest o svojoj zbirci i misiji[110].

Međutim, suradnja s kulturnim institucijama u razvoju digitalne baštine također nosi određene izazove. Jedan od glavnih izazova je osiguranje da digitalizirani artefakti ostanu dostupni i relevantni u budućnosti. Kako tehnologija brzo napreduje, postoji rizik da bi digitalni formati mogli postati zastarjeli, što bi moglo ugroziti dostupnost i integritet digitalne baštine. Stoga je važno da kulturne institucije i njihovi partneri razvijaju strategije za dugoročno očuvanje digitalnih podataka, uključujući redovito ažuriranje i migraciju podataka na nove

formate[111].

U konačnici, suradnja s kulturnim institucijama u razvoju digitalne baštine ima potencijal da transformira način na koji doživljavamo i očuvamo kulturnu baštinu. Kroz integraciju u metavers i druge digitalne platforme, kulturne institucije mogu osigurati da njihovi artefakti i priče ostanu dostupni budućim generacijama, dok istovremeno omogućuju globalnoj publici da se poveže s kulturnom baštinom na nove i inovativne načine.

## 6. REZULTATI – FOKUS GRUPE & INTERVJUI

Kvalitativno istraživanje provedeno u okviru ovog rada usmjereno je na razumijevanje specifičnih potreba, izazova i potencijala koje ključni dionici prepoznaju u integraciji VR (virtualne stvarnosti) i AR (proširene stvarnosti) tehnologija u edukativne programe. Istraživanje je obuhvatilo fokus grupe i dubinske intervju s profesorima, stručnjacima za kulturnu baštinu te potencijalnim korisnicima aplikacije. Cilj istraživanja bio je identificirati i razumjeti kako su ovi dionici percipirali te tehnologije, koje prepreke su prepoznali u njihovoj implementaciji te koje su mogućnosti vidjeli za poboljšanje edukativnih iskustava kroz njihovu primjenu. predstavlja novu paradigmu u digitalnom okruženju, koja nudi neograničene mogućnosti za očuvanje i promociju kulturne baštine. U osnovi, metavers je virtualni svijet u kojem korisnici mogu stvarati, istraživati i interagirati s digitalnim replikama stvarnih objekata i artefakata. S obzirom na bogatu povijest i kulturno naslijeđe koje mnoga društva imaju, metavers se pokazao kao izvanredan alat za očuvanje kulturne baštine, omogućujući njezinu dostupnost i razumijevanje na globalnoj razini. Integracija metaversa u ovu sferu nije samo tehnološka inovacija već i kulturna misija koja pruža nove perspektive u prezentaciji i zaštiti kulturnih artefakata.

### 6.1. Metodologija

Istraživanje je provedeno u nekoliko faza, kombinirajući fokus grupe i dubinske intervju kako bi se obuhvatio širok spektar perspektiva i iskustava.

#### 6.1.1. Sudionici

Sudionici su odabrani na temelju njihovog iskustva i interesa za kulturnu baštinu i obrazovne tehnologije. U istraživanju je sudjelovalo ukupno 10 sudionika, podijeljenih u dvije fokus grupe i pet individualnih dubinskih intervju. Fokus grupe uključivale su:

1. Prva fokus grupa sastojala se od 5 studenata s različitih fakulteta, od kojih su neki već imali iskustva u korištenju VR i AR tehnologija.
2. Druga fokus grupa obuhvatila je 5 studenata / stručnjaka za kulturnu baštinu, uključujući muzejske kustose, povjesničare i konzervatore.



Uz to, provedeno je 5 dubinskih intervjua s potencijalnim korisnicima aplikacije, među kojima su bili studenti, edukatori i predstavnici šire javnosti.

### 6.1.2. Fokus grupe

Fokus grupe su omogućile detaljnu diskusiju među sudionicima. Prva fokus grupa sa studentima usredotočila se na:

- Percepciju VR i AR tehnologija u obrazovanju.
- Prepoznate prednosti i izazove u integraciji ovih tehnologija.
- Praktične mogućnosti za primjenu VR i AR u postojećim kurikulumima.

Druga fokus grupa za kulturnu baštinu usredotočila se na:

- Mogućnosti korištenja VR i AR tehnologija u očuvanju i promociji kulturnih artefakata.
- Izazove vezane uz digitalizaciju i virtualnu prezentaciju kulturnih dobara.
- Očekivanja u pogledu suradnje između kulturnih institucija i tehnoloških tvrtki.

### 6.1.3. Dubinski intervjui

Dubinski intervjui pružili su dodatne uvide u osobne stavove i iskustva sudionika. Pitanja su uključivala:

1. Kako vidite ulogu VR i AR tehnologija u obrazovanju o kulturnoj baštini?
2. S kojim ste izazovima suočeni prilikom korištenja ili razmišljanja o korištenju ovih tehnologija?
3. Koje biste funkcionalnosti željeli vidjeti u aplikaciji koja koristi VR i AR za edukaciju?

## 6.2. Analiza podataka

Podaci prikupljeni kroz fokus grupe i intervjue obrađeni su metodom tematske analize. Ključne teme koje su se pojavile uključuju:

- Percepcija tehnologije: Većina sudionika izrazila je pozitivan stav prema korištenju VR i AR tehnologija u obrazovanju, ističući njihov potencijal za povećanje

angažmana i motivacije među učenicima. Međutim, istaknuto je da su potrebne dodatne obuke za nastavnike kako bi se tehnologije ispravno integrirale u nastavu.

- Izazovi implementacije: Sudionici su identificirali nekoliko izazova, uključujući visoke troškove opreme, potrebu za tehničkom podrškom, i potencijalne poteškoće u prilagodbi nastavnog plana i programa. Stručnjaci za kulturnu baštinu izrazili su zabrinutost zbog mogućnosti gubitka autentičnosti tijekom digitalizacije kulturnih artefakata.
- Mogućnosti za suradnju: Fokus grupe i intervjui su naglasili potrebu za većom suradnjom između obrazovnih i kulturnih institucija te tehnoloških tvrtki kako bi se osigurala visoka kvaliteta digitalnih replika i interaktivnih sadržaja.

### 6.3. Rezultati

Prva fokus grupa pokazala je da su studenti vrlo zainteresirani za integraciju VR i AR tehnologija, ali naglašavaju potrebu za jasnim pedagoškim smjernicama i obukama kako bi te tehnologije bile učinkovito implementirane. Većina studenata vjeruje da bi VR i AR mogli značajno poboljšati iskustvo učenja, posebno u područjima koja zahtijevaju vizualizaciju složenih pojmova, poput arheologije ili povijesti umjetnosti.

Druga fokus grupa sa studentima ekspertima za kulturnu baštinu istaknula je važnost očuvanja autentičnosti tijekom digitalizacije artefakata. Sudionici su također izrazili interes za stvaranje interdisciplinarnih projekata koji bi uključivali suradnju s obrazovnim institucijama kako bi se kulturna baština što bolje predstavila mladim generacijama. Prikazivanje kulturnih dobara u metaversu ocijenjeno je kao potencijalno revolucionarna metoda za popularizaciju i očuvanje baštine.

Dubinski intervjui otkrili su različite poglede korisnika na VR i AR tehnologije. Većina intervjuiranih korisnika, uključujući studente i širu javnost, izrazila je zanimanje za korištenje aplikacija koje koriste ove tehnologije, posebno ako su edukativnog karaktera. Međutim, neki su izrazili zabrinutost zbog potencijalne složenosti korištenja takvih aplikacija i naglasili potrebu za intuitivnim dizajnom korisničkog sučelja.

### 6.4. Zaključci

Rezultati istraživanja jasno su pokazali da postoji značajan interes za integraciju VR i AR



tehnologija u edukativne programe vezane uz kulturnu baštinu. Međutim, uspješna implementacija zahtijeva rješavanje ključnih izazova, uključujući edukaciju nastavnika, osiguranje tehničke podrške, i očuvanje autentičnosti digitalnih replika. Ove spoznaje pružaju smjernice za daljnji razvoj aplikacije, koja bi trebala uključivati visoko interaktivne i edukativne sadržaje, uz jednostavno korisničko sučelje koje bi omogućilo široku primjenu.

## 7. RASPRAVA: IZRADA DIZAJNA MOBILNE APLIKACIJE INHERITAGE

### 7.1. Ideja i koncept mobilne aplikacije

Razvoj mobilne aplikacije InHeritage započeo je definiranjem jasne vizije i koncepta, koji su se temeljili na analizi postojećih rješenja i potreba ciljanih korisnika. Cilj ove aplikacije je povezati suvremene tehnologije, poput virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR), s edukacijom i očuvanjem kulturne baštine, pružajući korisnicima interaktivno i angažirajuće iskustvo.

### 7.2. Općenita analiza

Prethodna istraživanja pokazala su da postojeće aplikacije često nude osnovne interaktivne značajke, ali im nedostaje integracija gamifikacije, sustava nagrađivanja i sveobuhvatnog edukativnog pristupa. Naša aplikacija planira popuniti ovu prazninu kombiniranjem ovih elemenata, stvarajući platformu koja ne samo da informira, već i motivira korisnike kroz interaktivne igre, nagrade i personalizirane edukativne sadržaje.

### 7.3. Istraživanje konkurencije

Analiza konkurencije pokazala je nekoliko aplikacija koje djelomično zadovoljavaju potrebe korisnika, ali nijedna ne nudi cjelokupno iskustvo koje je planirano za našu aplikaciju.

- Google Arts & Culture nudi virtualne ture i 3D modele umjetničkih djela, ali nedostaje gamifikacija i sustav nagrada koji bi povećali angažman korisnika.
- TimeLooper pruža VR ture povijesnih događaja, ali je fokusiran na specifične događaje bez šireg edukativnog konteksta.
- Museum Apps koje razvijaju pojedini muzeji pružaju informacije i interaktivne vodiče, no ove su aplikacije ograničene na specifične institucije i ne nude širok edukativni spektar.

Na temelju ovih uvida, naša aplikacija bit će dizajnirana kako bi pružila sveobuhvatno iskustvo, integrirajući najbolje značajke konkurentskih rješenja, ali s dodatnim fokusom na edukaciju, gamifikaciju i nagrađivanje korisnika.



Slika 14: TimeLooper virtualni svijet (<https://blog.sightseeingpass.com/travel-back-in-time-in-nyc-with-timelooper/>)

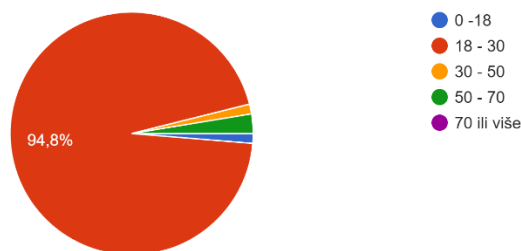
#### 7.4. Istraživanje – utvrđivanje stavova ciljane skupine

Provedena je anketa među 77 sudionika kako bi se razumjeli njihovi stavovi i percepcije o primjeni imerzivnih tehnologija, poput VR-a i AR-a, u edukaciji o kulturnoj baštini. Anketa je obuhvatila različite demografske skupine, uključujući različite dobne skupine, obrazovne razine i profesionalne statuse, s ciljem dobivanja što šireg pregleda o interesima i potrebama potencijalnih korisnika aplikacije.

##### 7.4.1. Demografski podaci sudionika

Ispitanici su bili raznoliki u pogledu dobne skupine i obrazovne pozadine. Većina sudionika (94,8 %) bila je u dobi između 18 i 30 godina, što ukazuje na zainteresiranost mlađe populacije za nove tehnologije u obrazovanju. Obrazovna razina sudionika uglavnom je bila na razini fakulteta, što znači da su mnogi od njih ili studenti ili već imaju visoko obrazovanje, a profesionalni status sudionika varirao je od studenata do zaposlenih osoba u različitim sektorima.

Dob :  
77 odgovora

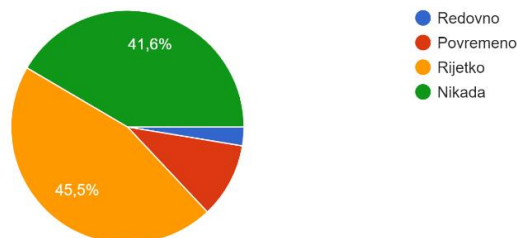


Slika 15: Rezultati ankete – dob

#### 7.4.2. Uključenost u aktivnosti očuvanja kulturne baštine

Anketa je pokazala da većina sudionika rijetko sudjeluje u aktivnostima očuvanja kulturne baštine. Iako su pokazali interes za ovu tematiku, njihova aktivna uključenost bila je ograničena, što upućuje na potrebu za većim angažmanom i promocijom ovih aktivnosti, posebno među mlađom populacijom.

Koliko često sudjelujete u aktivnostima očuvanja kulturne baštine?  
77 odgovora



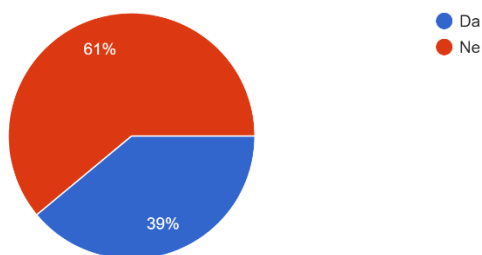
Slika 16: Rezultati ankete – uključenost u aktivnosti očuvanja kulturne baštine

#### 7.4.3. Korištenje VR i AR tehnologija u edukaciji

Rezultati su pokazali da samo 39 % sudionika ima iskustvo s korištenjem VR i AR tehnologija za učenje o kulturnoj baštini, što ukazuje na značajan prostor za integraciju ovih tehnologija u edukativne programe. Ovi rezultati potvrđuju potrebu za većim ulaganjima u razvoj edukativnih aplikacija koje koriste VR i AR kako bi povećale angažman i edukativnu vrijednost sadržaja.

Da li ste ikada koristili tehnologije poput virtualne stvarnosti (VR) ili proširene stvarnosti (AR) za učenje o kulturnoj baštini?

77 odgovora



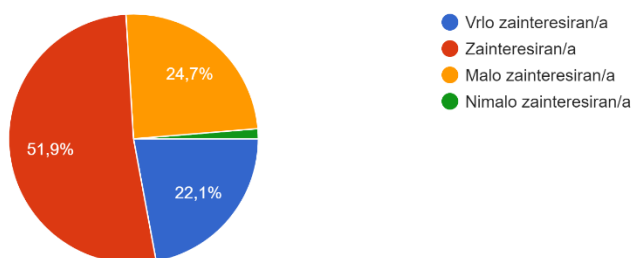
Slika 17: Rezultati ankete – korištenje tehnologija VR i AR u edukaciji

#### 7.4.4. Interes za sudjelovanje u interaktivnim radionicama

Anketa je otkrila visok nivo interesa za sudjelovanje u interaktivnim radionicama koje kombiniraju kulturnu baštinu s novim tehnologijama. Većina ispitanika izrazila je želju za sudjelovanjem u takvim radionicama, što ukazuje na potencijal za razvoj edukativnih programa koji koriste VR i AR tehnologije kako bi povećali angažiranost i interes za kulturnu baštinu.

Koliko biste bili zainteresirani za sudjelovanje u interaktivnim radionicama koje kombiniraju kulturnu baštinu s novim tehnologijama poput virtualne stvarnosti?

77 odgovora



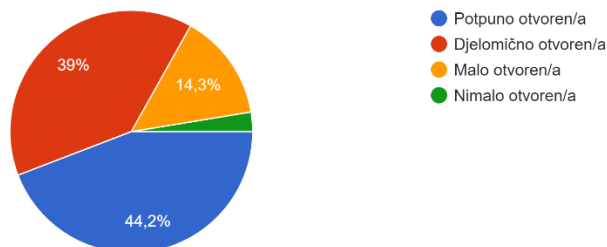
Slika 18: Rezultati ankete – interes za sudjelovanje u interaktivnim radionicama

#### 7.4.5. Spremnost na sudjelovanje u projektima

Više od 80 % sudionika izjavilo je da su potpuno ili djelomično spremni sudjelovati u projektima koji kombiniraju VR i AR tehnologije s edukacijom o kulturnoj baštini. Ovo sugerira da postoji značajan potencijal za implementaciju projekata koji koriste imerzivne tehnologije za očuvanje i popularizaciju kulturne baštine.

Koliko biste bili otvoreni za sudjelovanje u projektima koji kombiniraju tehnologije poput VR-a i AR-a s edukacijom o kulturnoj baštini?

77 odgovora



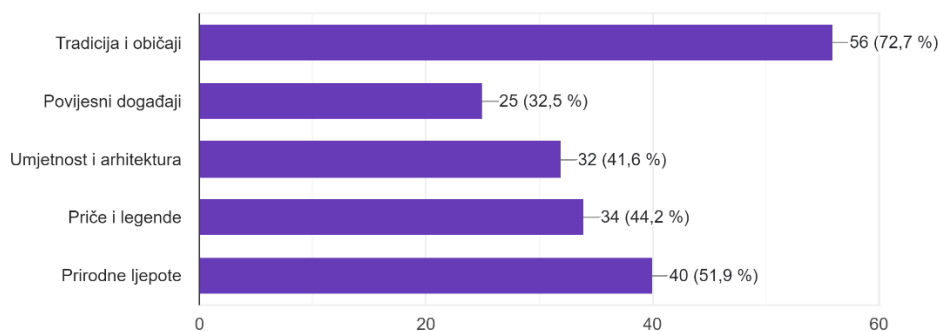
Slika 19: Rezultati ankete – spremnost na sudjelovanje u projektima

#### 7.4.6. Preferirani tipovi kulturne baštine

Sudionici su pokazali interes za različite aspekte kulturne baštine, s naglaskom na povijesne spomenike i muzejske eksponate. Ovi rezultati upućuju na to da bi projekti usmjereni na ove aspekte kulturne baštine mogli imati najveći utjecaj među korisnicima.

Koji aspekt kulturne baštine smatrate najvažnijim za prenošenje na mlađe generacije?

77 odgovora



Slika 20: Rezultati ankete – preferirani tipovi kulturne baštine

#### 7.5. Ciljana skupina

Mobilna aplikacija InHeritage namijenjena je širokom spektru korisnika, s posebnim naglaskom na tri ključne demografske skupine:

1. Učenici osnovnih i srednjih škola (dob 10-18 godina) koji kroz školu uče o kulturnoj baštini.

2. Studenti i akademici iz područja povijesti, arheologije, umjetnosti i srodnih disciplina koji žele istraživati kulturne artefakte i lokalitete na interaktivan način.
3. Šira javnost i turisti koji su zainteresirani za kulturnu baštinu i žele bogatije, interaktivno iskustvo tijekom posjeta muzejima ili povijesnim lokalitetima.

## 7.6. Tri tipa persona

Kako bi se bolje razumjele potrebe ciljanih korisnika, definirane su tri persona:

1. Mia (12 godina, osnovnoškolka): Želi učiti o kulturnoj baštini kroz zabavne i interaktivne metode. Preferira aplikacije koje nude nagrade i izazove te joj je teško zadržati interes kroz klasične metode učenja.
2. Ivan (22 godine, student arheologije): Traži dodatne resurse i interaktivne metode za učenje i istraživanje. Cijeni točnost informacija i mogućnost dubinske analize kroz tehnologiju.
3. Ana (35 godina, turistkinja): Traži bogato kulturno iskustvo dok istražuje povijesne lokalitete. Koristi aplikacije za planiranje i obogaćivanje svojih putovanja, tražeći dodatne informacije i interaktivne vodiče.

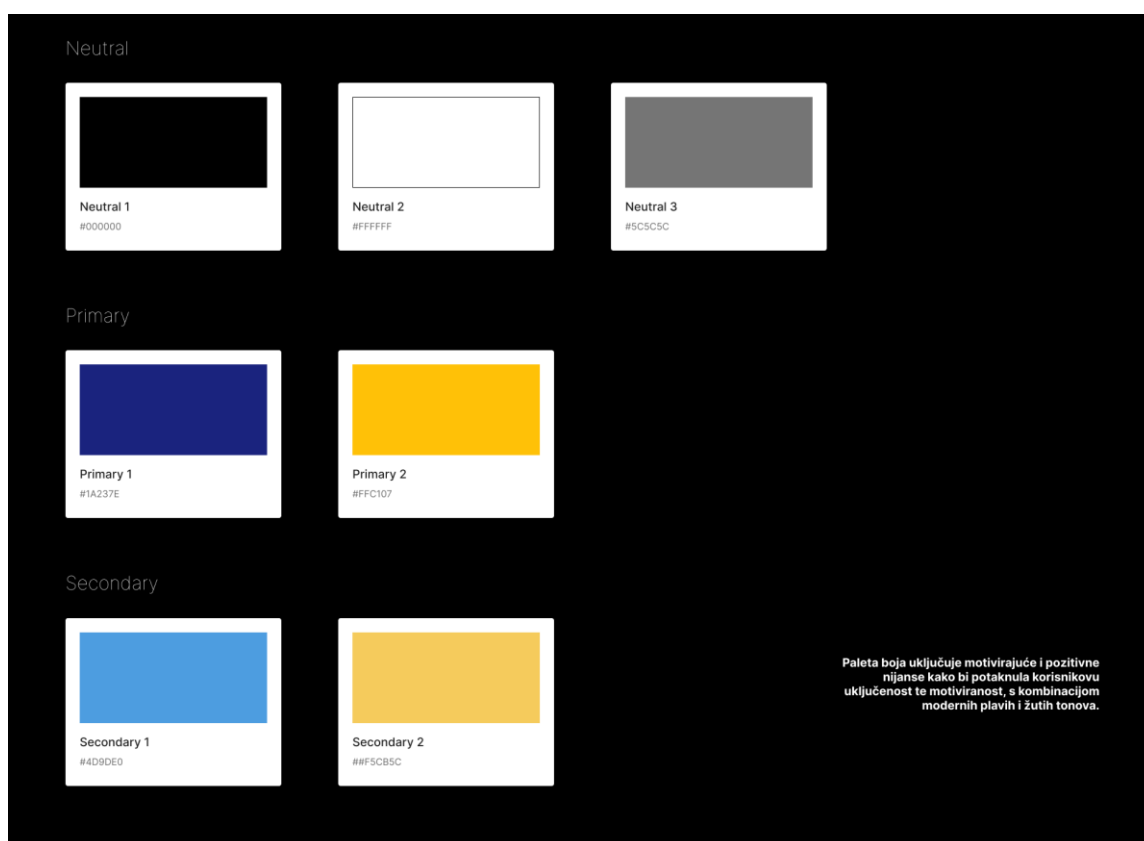
## 7.7. Misija, vizija i ciljevi projekta

1. Misija: Poboljšati edukaciju o kulturnoj baštini kroz inovativne tehnologije, omogućujući korisnicima interaktivno istraživanje i učenje na zabavan i angažirajući način.
2. Vizija: Postati vodeća aplikacija za edukaciju o kulturnoj baštini koja povezuje suvremene tehnologije s očuvanjem i promocijom kulturnih vrijednosti.
3. Ciljevi:
  - Primarni ciljevi: Povećati angažman studenata u učenju o kulturnoj baštini, osigurati interaktivno iskustvo koje poboljšava razumijevanje i interes za povijest, te pružiti turistima alat za bolje razumijevanje i uživanje u kulturnim lokalitetima.
  - Sekundarni ciljevi: Potaknuti institucije da implementiraju tehnologije imerzivne stvarnosti u edukaciju te razviti sustav nagrađivanja za korisnike koji aktivno sudjeluju i uče kroz aplikaciju.

## 7.8. Prijedlozi paleta boja i fontovi

### 1. Paleta boja:

- Primarna boja: Tamno plava (#1A237E) - simbolizira pouzdanost i dubinu.
- Sekundarna boja: Zlatna (#FFC107) - simbolizira vrijednost i baštinu.
- Dodatne boje: Bijela (#FFFFFF) za čistoću i čitljivost, te siva (#757575) za neutralne elemente.

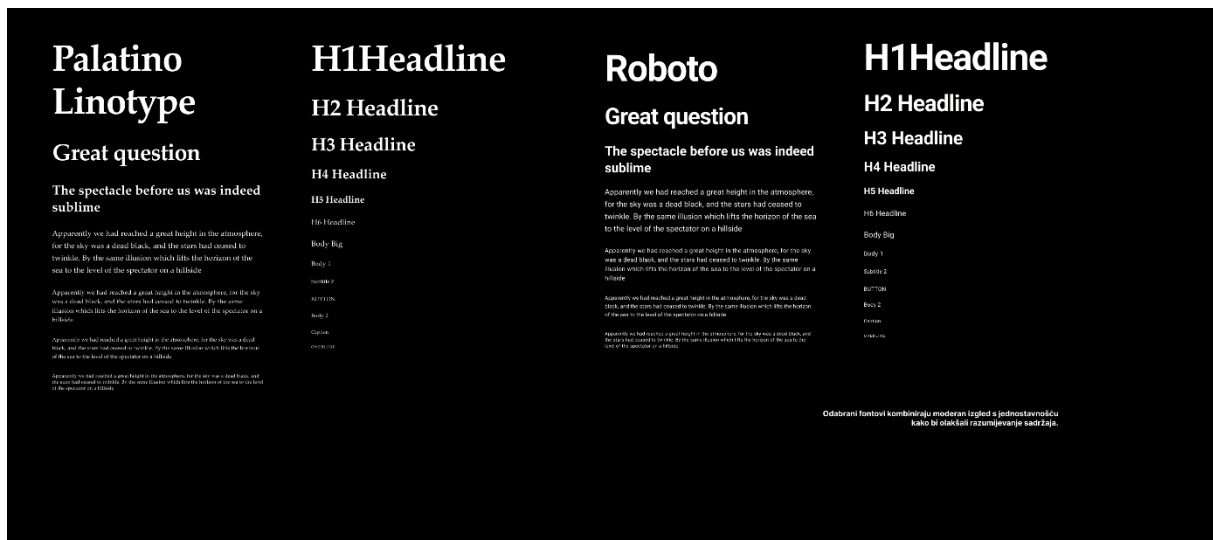


Slika 21: Prikaz palete boja

### 2. Fontovi:

- Primarni font: Palatino Linotype - moderni sans-serif font koji je čitljiv i elegantan.
- Sekundarni font: Roboto - jednostavan i čist font za duže tekstove.





Slika 22: Prikaz kombinacije primarnog i sekundarnog fonta

## 7.9. Slogani

- "Otkrij povijest kroz najnoviju tehnologiju."
- "Uči, istražuj, osvoji."
- "Tvoje putovanje kroz kulturnu baštinu."

## 7.10. Vrijednosti projekta

1. Edukacija: Poticanje učenja kroz inovativne metode.
2. Angažman: Stvaranje interaktivnog i zabavnog iskustva za korisnike.
3. Očuvanje: Promicanje svijesti o važnosti očuvanja kulturne baštine.
4. Inovacija: Korištenje suvremenih tehnologija za poboljšanje edukativnih procesa.

## 7.11. Buduće značajke aplikacije

1. Osnovna faza:
  - Interaktivni 3D modeli kulturnih artefakata.
  - Virtualne ture povijesnih lokaliteta.
  - Edukativne igre i kvizovi s nagradama za korisnike.

## 2. Prijedlozi za kasnije faze:

- Personalizirani edukativni putevi za korisnike.
- Integracija s društvenim mrežama za dijeljenje postignuća.
- Napredne AR funkcionalnosti za interakciju s fizičkim artefaktima u stvarnom svijetu.
- Razvijanje zajednice korisnika za razmjenu znanja i iskustava.

## 7.12. Branding i vizualni identitet

Cilj brendinga za ovu InHeritage mobilnu aplikaciju bio je stvoriti prepoznatljiv i ugodan vizualni identitet koji će odražavati misiju aplikacije - povezivanje kulturne baštine s modernim tehnologijama, osiguravajući da aplikacija bude privlačna različitim korisnicima, od studenata do turista. Vizualni identitet je dizajniran kako bi odražavao ozbiljnost i povijesnu vrijednost sadržaja, uz dodavanje modernih elemenata koji potiču angažman i interaktivnost.

Ključni elementi brendinga uključuju:

- Logo: Logo InHeritage je dizajniran kao kombinacija simbola kulturne baštine (poput povijesnog spomenika ili muzejske zgrade) i modernih tehnoloških simbola (poput digitalnog piksela ili AR ikone). Logo koristi primarnu tamnoplavu boju koja simbolizira pouzdanost i dubinu, s dodatkom zlatne koja odražava vrijednost i baštinu.
- Boje: Primarna paleta boja uključuje tamnoplavu (#1A237E) i zlatnu (#FFC107), s bijelom (#FFFFFF) i sivom (#757575) kao dopunskim bojama. Ove boje korištene su za stvaranje kontrasta i isticanje ključnih elemenata na zaslonu, osiguravajući da vizualni identitet bude dosljedan i prepoznatljiv.
- Tipografija: Odabrani su fontovi Montserrat za naslove i naglašene tekstove, te Roboto za osnovni tekst, zbog njihove čitljivosti i modernog izgleda. Ovi fontovi također doprinose profesionalnom i ozbiljnom tonu aplikacije, dok ostaju pristupačni i lako čitljivi.
- Slogani: Slogani poput "Otkrij povijest kroz najnoviju tehnologiju" i "Uči, istražuj, osvoji" integrirani su u promotivne materijale i početne zaslone aplikacije, osiguravajući da misija aplikacije bude odmah jasna korisnicima.

- Ime mobilne aplikacije : InHeritage je naziv koji se temelji na igri riječi između "inherit" (naslijediti) i "heritage" (baština). Ovaj naziv sugerira da korisnici aplikacije ne samo da istražuju kulturnu baštinu, već je i "nasljeđuju" na interaktivan način.

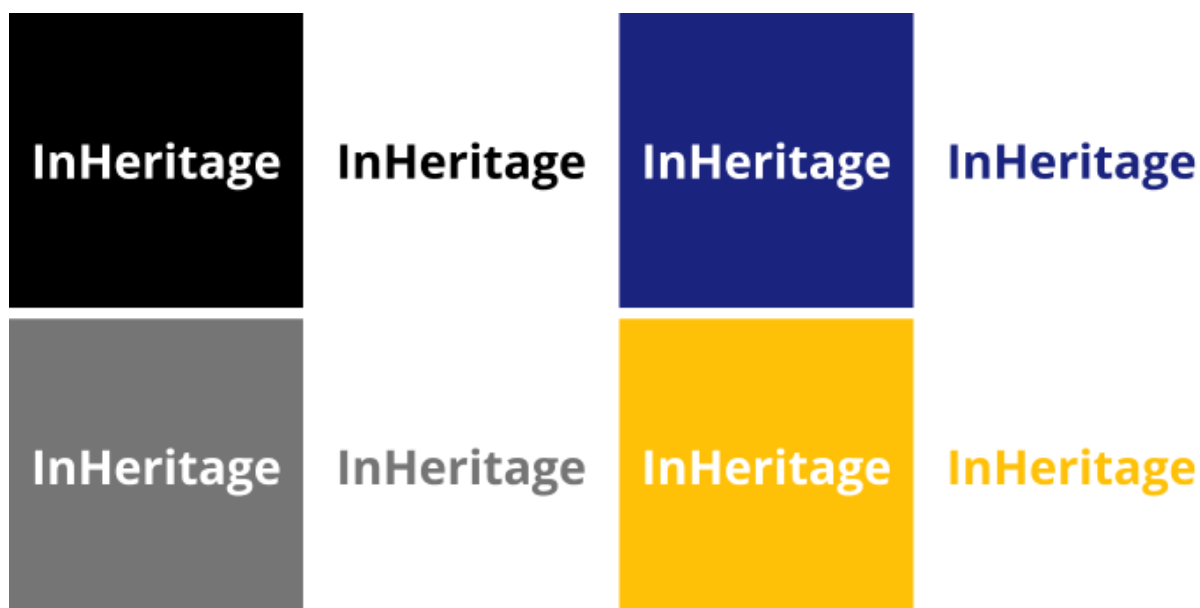
Naziv odražava ideju da kroz korištenje aplikacije korisnici postaju aktivni sudionici u očuvanju i razumijevanju kulturne baštine. Interaktivne metode, poput virtualne stvarnosti (VR) i proširene stvarnosti (AR), omogućuju korisnicima da se povežu s poviješću i kulturom na osoban i angažirajući način, čime nasljeđuju tu baštinu u suvremenom kontekstu.

InHeritage također naglašava prijenos znanja i kulturnih vrijednosti s generacije na generaciju, ali u moderniziranom obliku, putem digitalnih i interaktivnih alata koje aplikacija pruža.

Vizualni identitet InHeritage mobilne aplikacije postavlja temelje za prepoznatljiv brend koji korisnicima omogućuje lako povezivanje s ciljevima i vrijednostima aplikacije.



Slika 23: Prikaz dopuštenih kombinacija logotipa (primarne verzije)



Slika 24: Prikaz dopuštenih kombinacija logotipa (sekundarne verzije)



Slika 25: Prikaz dopuštenih korištenja logotipa (primarne verzije)

### 7.13. Lo-fi dizajn

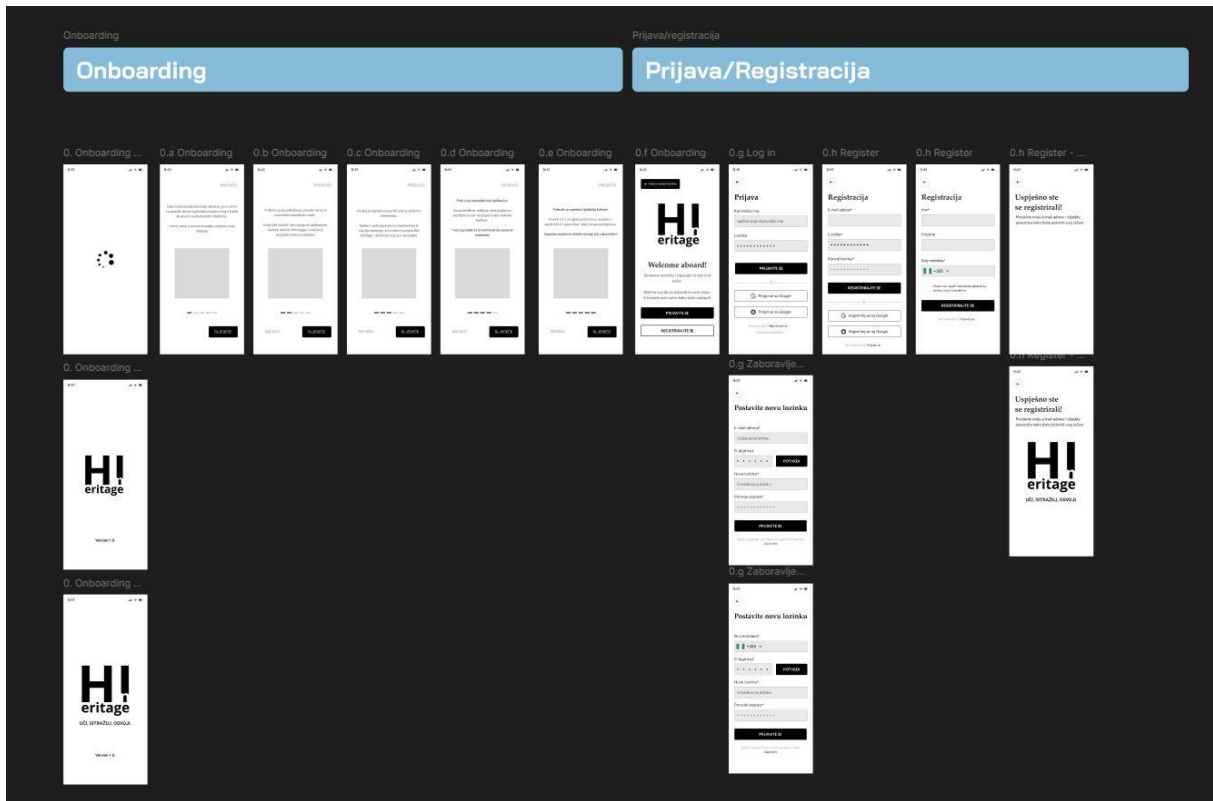
U ovoj fazi razvoja, fokus je bio na izradi low-fidelity (lo-fi) prototipa aplikacije kako

bi se testirali osnovni korisnički tokovi i navigacijska struktura. Lo-fi prototip uključivao je jednostavne wireframe prikaze koji su definirali ključne zaslone i njihove funkcionalnosti.

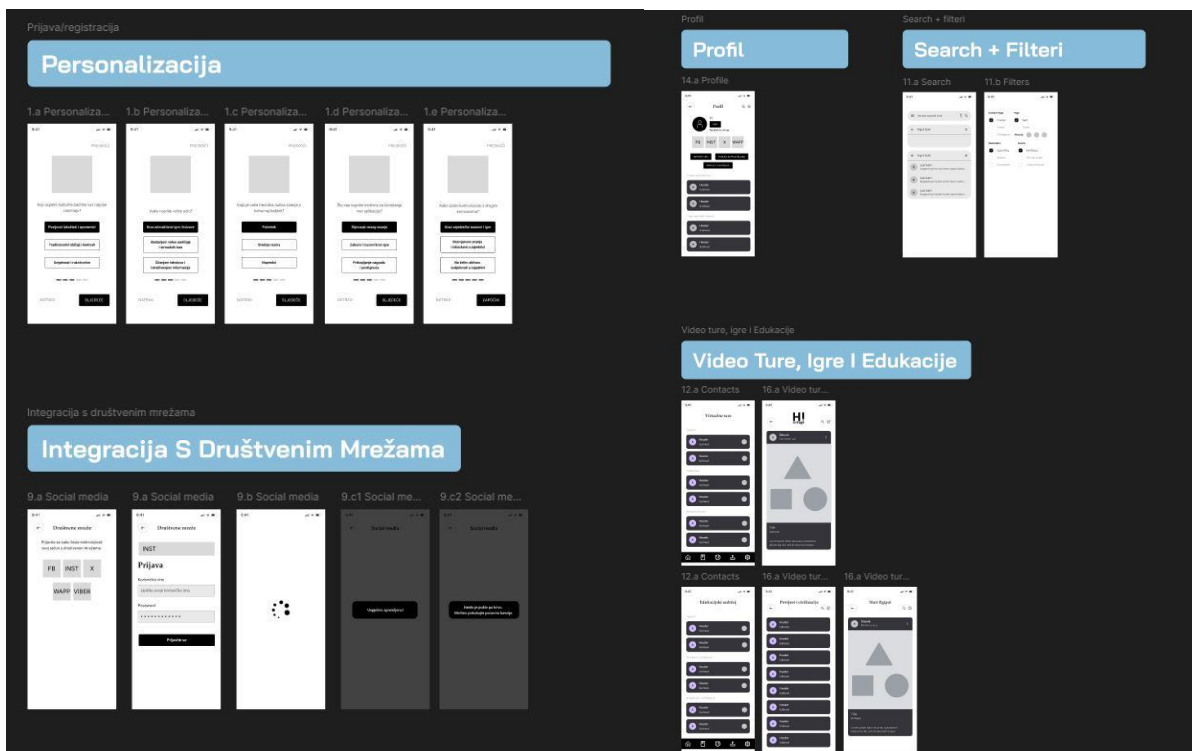
Ključni zaslone u lo-fi prototipu uključivali su:

- Početni zaslon: Prikaz jednostavne navigacije do ključnih modula aplikacije, poput virtualnih tura i edukativnih sadržaja.
- Registracija i prijava: Zaslon za stvaranje korisničkog računa i prijavu, s jednostavnim tekstualnim poljima i osnovnim gumbima za prijavu.
- Glavni izbornik: Prikaz modula aplikacije, uključujući opcije za pregled virtualnih tura, edukativnih sadržaja i igara.
- Virtualne ture: Osnovni layout za pregled virtualnih obilazaka kulturnih lokaliteta, s jednostavnim kontrolama za navigaciju kroz ture.
- Edukativni moduli: Interaktivni zaslone sa sadržajem o kulturnoj baštini, uključujući osnovne elemente poput tekstualnih okvira i slika.
- Igre i kvizovi: Zaslon za igranje edukativnih igara i kvizova, s jednostavnim sučeljem koje omogućuje korisnicima da započnu igru ili kviz.
- Sustav nagrađivanja: Zaslon za prikaz korisničkih postignuća i nagrada, s osnovnim tabličnim prikazom bodova i nagrada.
- Korisnički profil: Zaslon za prikaz osobnih postignuća, povijesti korištenja i personalizacija postavki.
- Postavke: Zaslon za prilagodbu korisničkog iskustva, uključujući jezične opcije i pristup informacijama o privatnosti.

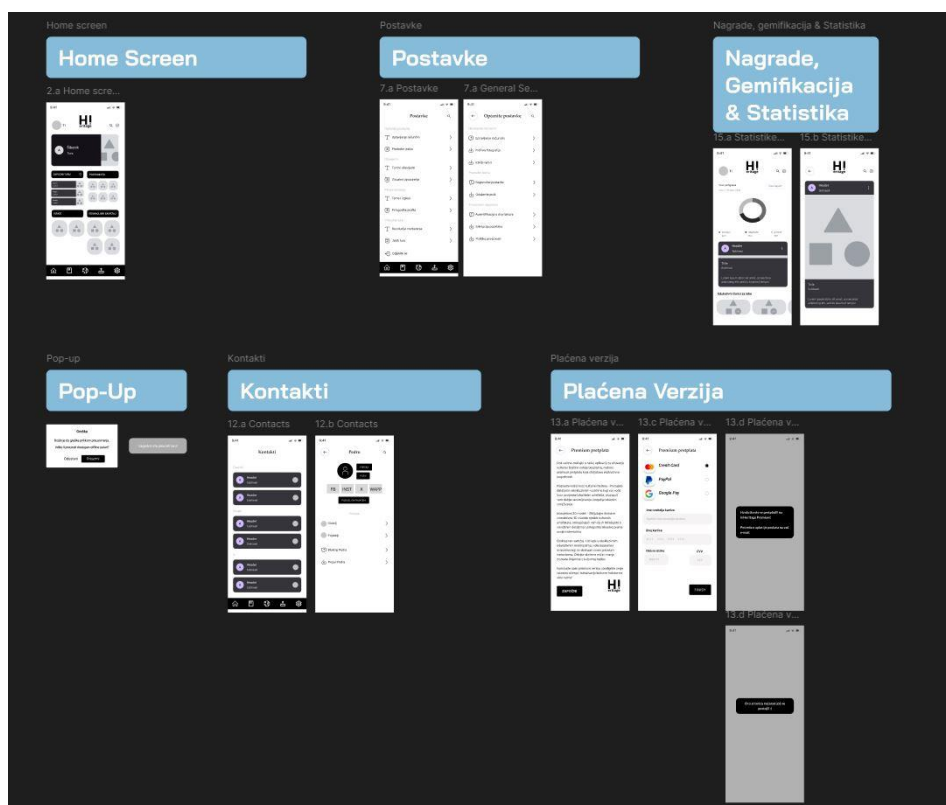
Link na lo-fi dizajn: <https://www.figma.com/design/bV9xZB5UliuKa9xomYymtS/Razvoj-gamificirane-mobilne-aplikacije---REKTOROVA?node-id=1-1848&t=INYO6ipSpt4Xrals-1> .



Slika 25: Prikaz jednog dijela lo-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 26/27: Prikaz jednog dijela lo-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 28: Prikaz jednog dijela lo-fi InHeritage mobilne aplikacije

Lo-Fi dizajn aplikacije predstavlja početnu fazu razvoja korisničkog sučelja, gdje je glavni fokus bio na strukturi i funkcionalnosti aplikacije, bez detalja poput boja, slika i finih vizualnih elemenata.

Zaključci na temelju Lo-Fi dizajna uključuju:

1. Jasna hijerarhija informacija: Dizajn jasno definira osnovne kategorije i sekcije aplikacije, poput "Profil", "Postavke" i "Video ture, igre i edukacije". To omogućava korisnicima jednostavno razumijevanje strukture aplikacije i lako snalaženje kroz glavne funkcionalnosti.
2. Intuitivna navigacija: Lo-Fi dizajn postavlja temelje za intuitivnu navigaciju kroz aplikaciju. Svaki ključni ekran sadrži jasno označene funkcionalnosti, što korisnicima omogućuje jednostavno kretanje između različitih dijelova aplikacije, poput prelaska iz "Početnog zaslona" u "Profil" ili "Postavke".
3. Fokus na funkcionalnost: U ovoj fazi dizajna prioritet je bio osigurati da sve glavne funkcionalnosti, kao što su pretraga i personalizacija, budu jasno definirane i

jednostavne za korištenje. Vizualni elementi su minimalni, što omogućava fokusiranje na funkcionalne aspekte aplikacije.

4. **Pristupačnost dizajna:** Dizajn koristi jednostavne i čiste linije s minimalnim elementima, čime se osigurava da korisničko sučelje bude lako razumljivo i pristupačno širokom spektru korisnika. Time se smanjuje mogućnost konfuzije, čak i za one koji nisu tehnološki potkovani.
5. **Modularni pristup:** Ekрани su dizajnirani modularno, što omogućava jednostavne prilagodbe i iteracije u kasnijim fazama razvoja. Ovaj pristup također olakšava dodavanje novih funkcionalnosti ili izmjenu postojećih bez značajnog utjecaja na ostale dijelove aplikacije.
6. **Minimalistički dizajn:** Lo-Fi faza zadržava minimalistički pristup, izbjegavajući distrakcije i fokusirajući se na osnovne interakcije korisnika s aplikacijom. Ovaj pristup osigurava da osnovne funkcije budu jasno prepoznatljive i lako dostupne.

Ovi zaključci odražavaju kako lo-fi dizajn pruža solidnu osnovu za daljnji razvoj aplikacije, usmjeravajući se na ključne aspekte funkcionalnosti i korisničkog iskustva, dok ostavlja prostora za vizualne nadogradnje u kasnijim fazama.

#### 7.14. Hi-fi dizajn

Hi-Fi (high-fidelity) dizajn aplikacije "InHeritage" predstavlja finalnu verziju korisničkog sučelja, gdje su svi elementi pažljivo oblikovani kako bi pružili najbolju moguću korisničku interakciju. Dizajn se fokusira na jasnoću, dosljednost i korisničko iskustvo, istovremeno zadržavajući prepoznatljiv vizualni identitet koji odražava kulturnu i obrazovnu vrijednost aplikacije.

##### 1. Branding i dosljednost

Jedna od najočitijih prednosti ovog dizajna je dosljednost u korištenju boja i tipografije. Glavne boje su plava i žuta, koje nisu samo estetski privlačne, već i funkcionalne jer olakšavaju navigaciju kroz aplikaciju. Plava boja dominira kao osnovna boja, koristeći se za glavne akcije, naslove i naglaske, dok žuta služi kao komplementarna boja koja privlači pažnju na ključne interakcije, poput gumba za prijavu ili registraciju.

Fontovi koji se koriste su jasni, čitljivi i prilagođeni mobilnim uređajima, što je ključno za aplikaciju koja se koristi na manjim ekranima. Tipografija u aplikaciji je jednostavna i



elegantna, što doprinosi općoj preglednosti i olakšava čitanje teksta. Ova dosljednost u branding elementima osigurava da korisnici imaju besprijekorno iskustvo bez distrakcija.

## 2. Vizualna hijerarhija i navigacija

Vizualna hijerarhija je dobro postavljena, s jasnim razlikovanjem između različitih razina informacija. Naslovi i podnaslovi su istaknuti u plavoj boji, dok je tekstualni sadržaj prezentiran u crnoj boji, što omogućava lako prepoznavanje ključnih informacija. Ikone i ilustracije su jednostavne, ali efektne, služeći kao vizualni vodiči koji dodatno olakšavaju navigaciju kroz aplikaciju.

Navigacija unutar aplikacije je intuitivna, s jasno definiranim putanjama koje vode korisnika kroz različite sekcije aplikacije. Gumbi za akciju su jasno istaknuti, a informativni tekstovi korisnicima pružaju kontekst gdje god je to potrebno. Sve ove karakteristike čine aplikaciju pristupačnom i jednostavnom za korištenje, čak i za korisnike koji nisu tehnički potkovani.

## 3. Ilustracije i interaktivnost

Ilustracije korištene u aplikaciji su moderne i privlačne, a istovremeno su usklađene s temom edukacije i kulturne baštine. One ne samo da dodaju vizualni šarm aplikaciji, već pomažu korisnicima da se povežu s aplikacijom na dubljem nivou, pružajući vizualne podražaje koji olakšavaju pamćenje informacija.

Interaktivni elementi, poput video vodiča i virtualnih tura, integrirani su na način koji korisnicima omogućava lako pristupanje dodatnim sadržajima bez napuštanja glavnog sučelja. Ovo osigurava tečno korisničko iskustvo, gdje se svi elementi međusobno nadopunjuju.

- Prednosti hi-fi dizajna

Poboljšano korisničko iskustvo: dosljednost u vizualnim elementima, kao što su boje, fontovi i ikonografija, osigurava jednostavno i ugodno korisničko iskustvo.

Jasna vizualna hijerarhija: korisnici mogu brzo pronaći potrebne informacije zahvaljujući jasno definiranoj vizualnoj strukturi.

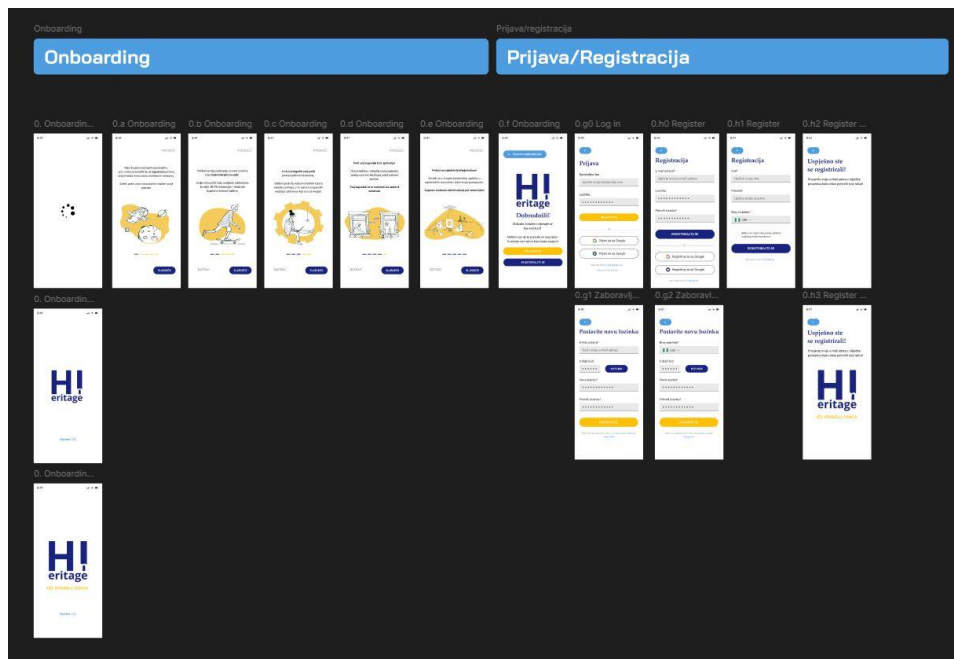
Intuitivna navigacija: aplikacija vodi korisnika kroz različite faze bez zbunjivanja, s dobro postavljenim navigacijskim gumbima i vizualnim vodičima.

Estetika: moderni i privlačni dizajn ilustracija i interaktivnih elemenata čini aplikaciju vizualno atraktivnom, povećavajući angažman korisnika.

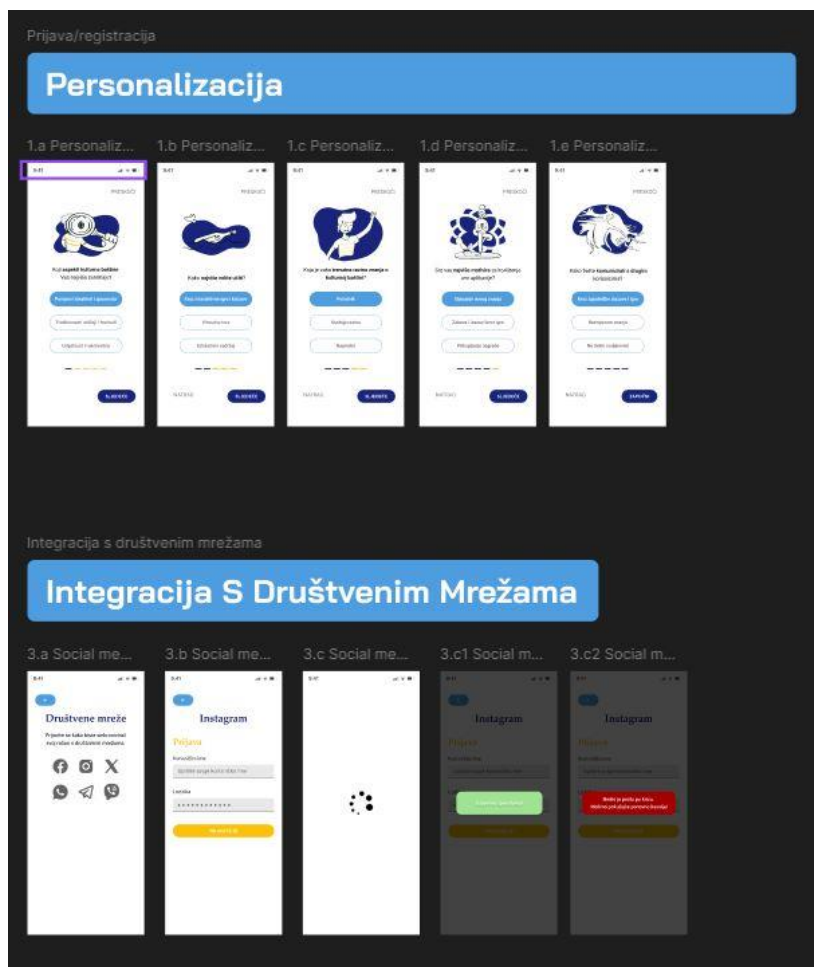
Brendiranje: dosljedna upotreba boja i fontova pomaže u jačanju prepoznatljivosti brenda, osiguravajući da korisnici lako povezuju aplikaciju s njezinom svrhom i ciljevima.

U konačnici, hi-fi dizajn aplikacije "InHeritage" uspješno kombinira funkcionalnost i estetiku, pružajući korisnicima bogato i informativno iskustvo koje je intuitivno i vizualno privlačno.

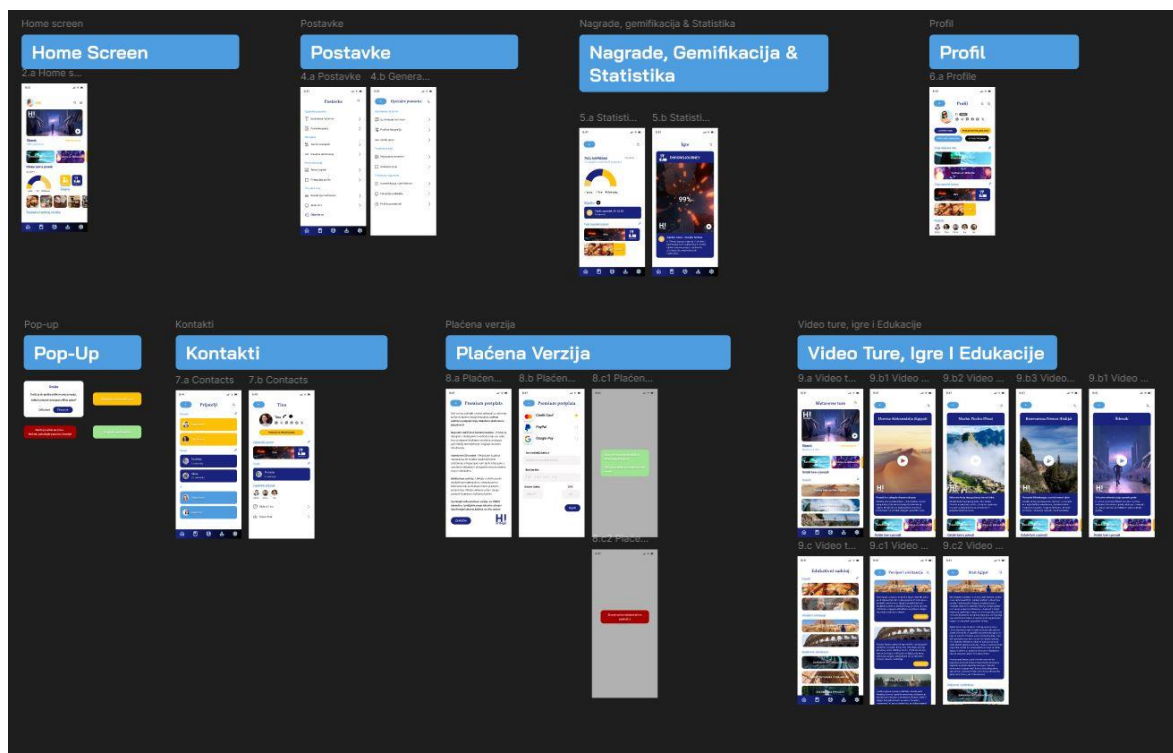
Link na hi-fi dizajn: <https://www.figma.com/design/bV9xZB5UliuKa9xomYymtS/Razvoj-gamificirane-mobilne-aplikacije---REKTOROVA?node-id=1-1849&t=basoc03UN4kGrBUj-1>.



Slika 29: Prikaz jednog dijela hi-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 30: Prikaz jednog dijela hi-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 31: Prikaz jednog dijela hi-fi InHeritage mobilne aplikacije

9:41



PRESKOČI



Koji **aspekti kulturne baštine**  
Vas najviše zanimaju?

Povijesni lokaliteti i spomenici

Tradicionalni običaji i festivali

Umjetnost i rukotvorine

SLJEDEĆE

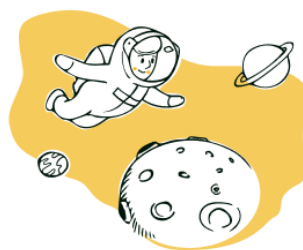
9:41



PRESKOČI

Kako bi personalizirali tvoje iskustvo,  
prvo ćemo te zamoliti da se **registriraš** pomoću  
svog e-maila ili računa na društvenim mrežama.

Zatim, unesi osnovne podatke i odaberi svoje  
interese.

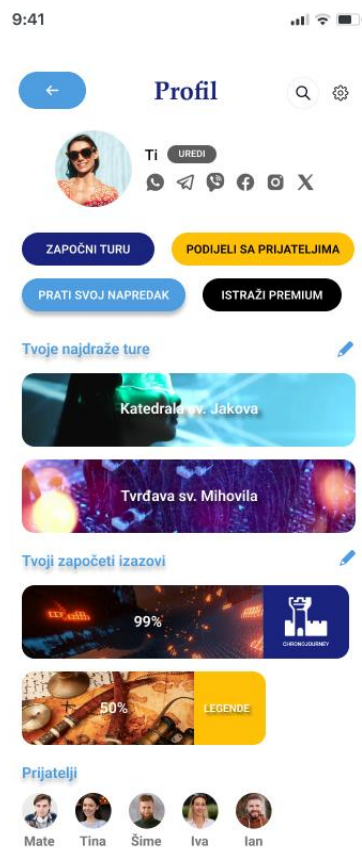


SLJEDEĆE

Slika 31/32: Prikaz pojedinačnih zaslona hi-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 33/34: Prikaz pojedinačnih zaslona hi-fi InHeritage mobilne aplikacije



Slika 35/36: Prikaz pojedinačnih zaslona hi-fi InHeritage mobilne aplikacije

### 7.15. Useberry testiranje hi-fi dizajn

U provedenom Useberry testiranju, u kojem je sudjelovalo devet korisnika, rezultati pokazuju mješoviti uspjeh s obzirom na završavanje zadatka. Od devet korisnika, šest je uspješno završilo testiranje, dok su troje preskočili određene zadatke, što daje stopu dovršetka od 67 %, odnosno stopu odustajanja od 33 %.

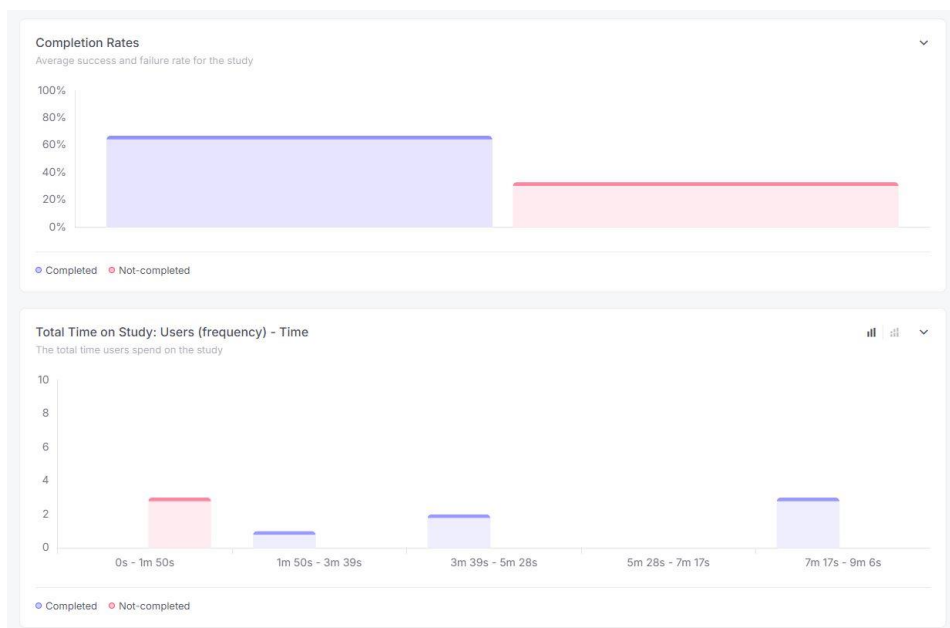
Prosječno vrijeme potrebno za završetak cijelog studija iznosilo je 4 minute i 13.7 sekundi.

Analiza po blokovima otkriva različite stope uspjeha i vremena potrebnog za dovršetak zadataka:

1. Blok 1 je imao osam korisnika, od kojih je šest uspješno dovršilo zadatak, a dvoje je odustalo. Prosječno vrijeme provedeno na ovom zadatku bilo je 1 minuta i 2.7 sekundi.
2. Blok 2 je bio uspješan za svih šest korisnika koji su sudjelovali, s prosječnim vremenom od 24.7 sekundi.
3. Blok 3 imao je nižu stopu uspjeha, s četiri dovršena zadatka od šest korisnika, dok je prosječno vrijeme trajalo 1 minutu i 20.5 sekundi.
4. Blok 4 također je imao 100 % uspješnost sa svih šest korisnika koji su dovršili zadatak u prosjeku za 8.4 sekunde.
5. Blok 5 zabilježio je pet uspješno završenih zadataka od šest korisnika, s prosječnim vremenom od 58.5 sekundi.

Općenito, podaci sugeriraju da su neki blokovi zadataka bili izazovniji od drugih, s višim vremenom trajanja i višim stopama odustajanja.

Rezultati također ukazuju na to da su neki korisnici brzo odustali (npr. sesije od 11.1 sekundi), što može ukazivati na probleme s angažmanom ili tehničke poteškoće tijekom testiranja. Dugotrajnije sesije, s vremenima do 9 minuta, pokazuju da su neki korisnici naišli na poteškoće ili su temeljitije proučavali zadatke prije završetka.

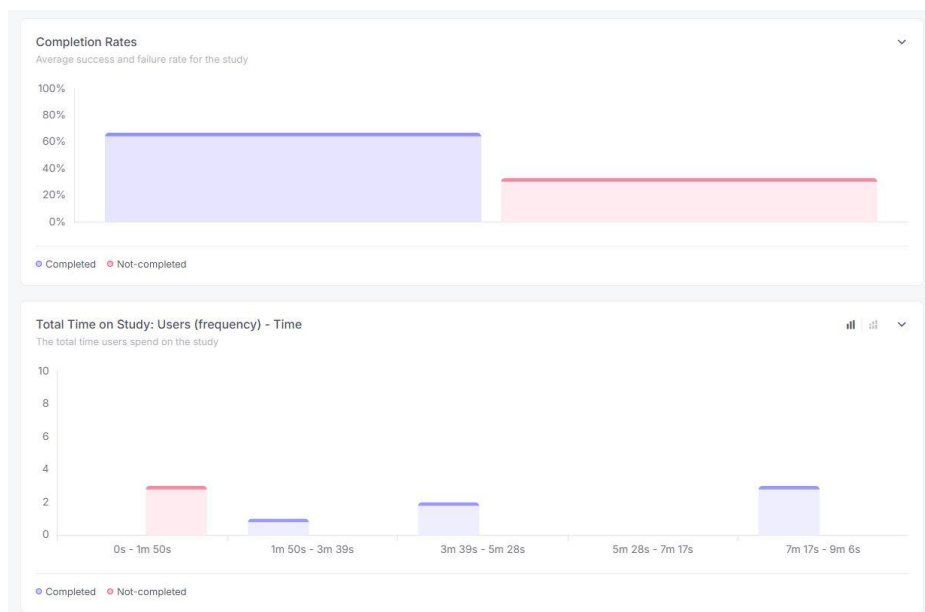


Slika 32: Prikaz statistika sveukupnog Useberry testiranja

## 1. Zaključak za Task 1: Pokretanje aplikacije

U zadatku pokretanja aplikacije sudjelovalo je osam korisnika, od kojih je šest uspješno dovršilo zadatak, dok su dvoje odustali, što rezultira stopom dovršetka od 75 % i stopom odustajanja od 25 %. Prosječno vrijeme potrebno za dovršetak zadatka iznosilo je 1 minutu i 2.7 sekundi.

Analizirajući korisničke sesije, vidljivo je da su korisnici koji su dovršili zadatak uložili različito vrijeme, od 16.6 sekundi do 2 minute i 54.3 sekunde. Najbrži korisnik završio je zadatak za samo 16.6 sekundi, dok je najsporiji korisnik proveo gotovo 3 minute. Ova varijacija u vremenu sugerira da su neki korisnici brzo shvatili i uspješno izvršili zadatak, dok su drugi možda naišli na poteškoće ili su se detaljnije upoznavali s aplikacijom prije završetka.



Slika 33: Prikaz statistika Task 1: Pokretanje aplikacije

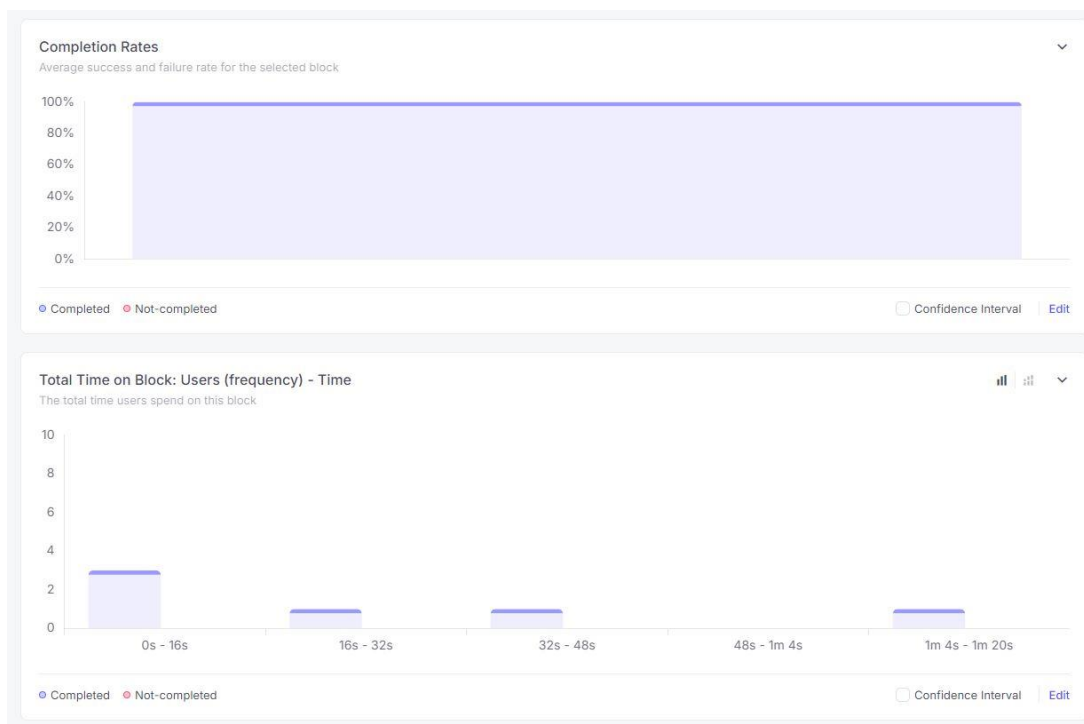
## 2. Zaključak za Task 2: Završite 99 % izazov

Zadatak "Završite 99 % izazov" pokazao se vrlo uspješnim među korisnicima. Svi sudionici (njih šest) uspješno su dovršili zadatak, što rezultira stopom uspješnosti od 100 %. Nije bilo korisnika koji su odustali ili preskočili ovaj zadatak, što ukazuje na to da je zadatak bio intuitivan i lako razumljiv za sve sudionike.

Budući da su svi korisnici dovršili zadatak, može se zaključiti da su upute bile jasne i da nije bilo značajnih prepreka ili poteškoća koje bi ometale korisnike. Vizualizacija tokova korisnika (User Flows) i praćenje klikova (Click Tracking) mogli bi pružiti dodatne informacije o tome kako su korisnici pristupili zadatku, ali trenutni podaci jasno pokazuju da je zadatak dobro dizajniran i jednostavan za korištenje.

Zaključno, ovaj zadatak je izuzetno dobro prošao kod korisnika, bez odustajanja i s relativno kratkim vremenom za izvršenje. Ovi rezultati sugeriraju da su korisnici našli zadatak izazovnim, ali ne preteškim, te su mogli s lakoćom dovršiti izazov.





Slika 34: Prikaz statistika Task 2: Završite 99 % izazov

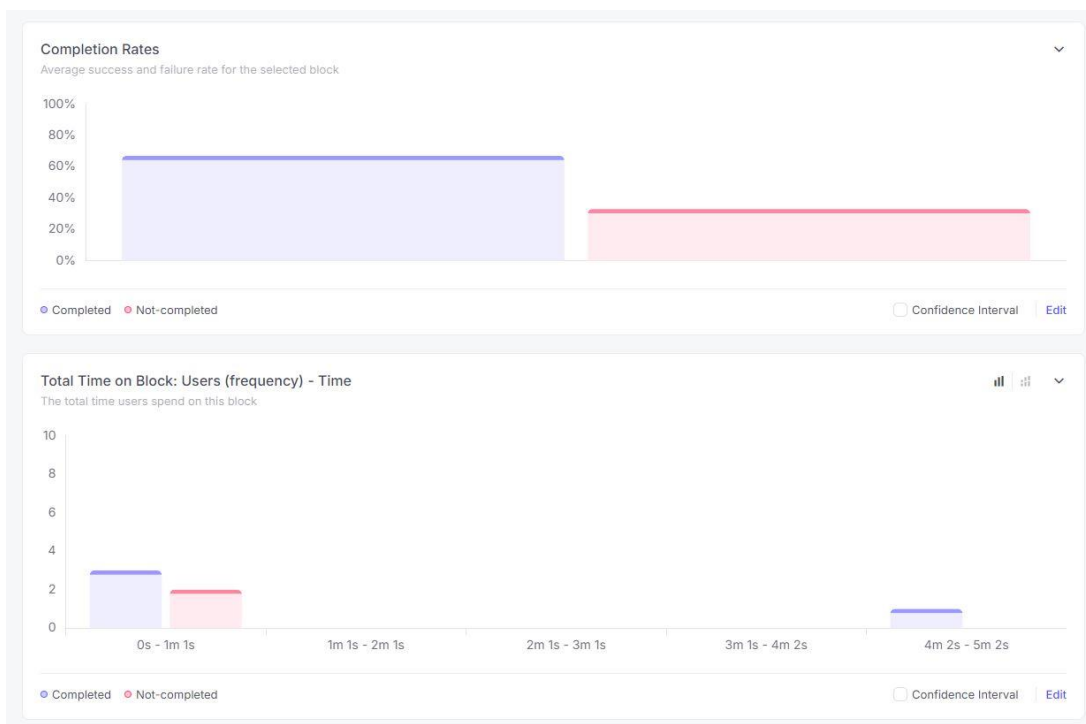
### 3. Zaključak za Task 3: Pogledajte svoj napredak ovog tjedna

Zadatak "Pogledajte svoj napredak ovog tjedna" pokazao je mješovite rezultate u uspješnosti dovršetka među korisnicima. Od ukupno šest korisnika, četiri su uspješno završila zadatak, dok su dva korisnika odustala ili preskočila ovaj zadatak. To rezultira stopom uspješnosti od 67 %, što ukazuje na određene izazove s kojima su se neki korisnici suočili.

Prosječno vrijeme potrebno za dovršetak zadatka bilo je 1 minuta i 20.5 sekundi, što je značajno duže u usporedbi s prethodnim zadacima. Ovo može sugerirati da je zadatak bio kompleksniji ili manje intuitivan, zahtijevajući više vremena za pronalaženje i pregledavanje informacija o napretku.

Razlike u vremenu izvršenja među korisnicima su također značajne. Dok je jedan korisnik uspio dovršiti zadatak za samo 8.6 sekundi, drugi je proveo čak 5 minuta na zadatku. Ove razlike ukazuju na to da su neki korisnici mogli imati poteškoća u navigaciji ili pronalaženju potrebnih informacija, dok su drugi korisnici brže shvatili zadatak i uspješno ga dovršili.

Dva korisnika koja su odustala od zadatka provela su oko 40-50 sekundi prije nego što su odlučila ne dovršiti zadatak. Ovaj podatak može sugerirati da su se susreli s nekom preprekom ili da im zadatak nije bio dovoljno jasan, zbog čega nisu nastavili dalje.



Slika 35: Prikaz statistika Task 3: Pogledajte svoj napredak ovog tjedna

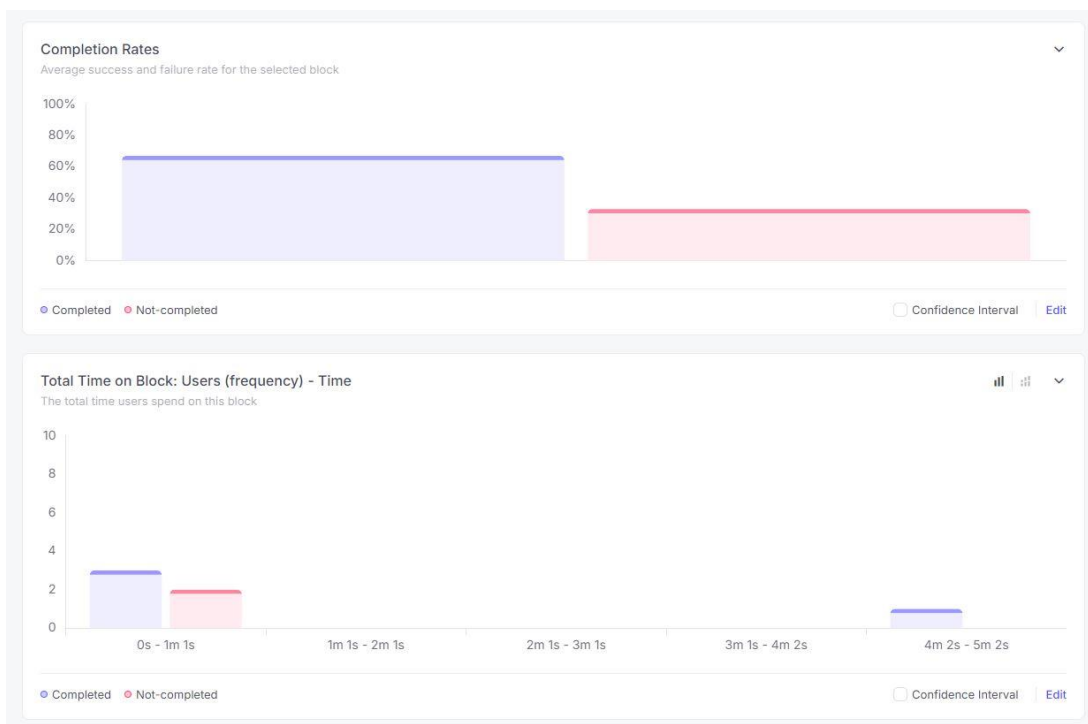
#### 4. Zaključak za Task 4: Premium verzija

"Premium verzija" pokazao je izuzetno visoku stopu uspješnosti, s a100 % korisnika koji su uspješno dovršili zadatak. Od ukupno šest korisnika, svi su uspješno završili zadatak, što ukazuje na to da je proces jednostavan i intuitivan za sve sudionike.

Prosječno vrijeme potrebno za dovršetak zadatka bilo je vrlo kratko, samo 8.4 sekundi, što sugerira da su korisnici brzo pronašli i izvršili traženu radnju. Najbrži korisnik je zadatak završio za 2.7 sekundi, dok je najsporiji korisnik proveo 18.4 sekundi na zadatku. Ova minimalna razlika u vremenu dovršetka ukazuje na konzistentnost u korisničkom iskustvu, pri čemu je većina korisnika mogla brzo razumjeti i završiti zadatak bez ikakvih poteškoća.

Stopostotna stopa dovršenosti i kratko vrijeme dovršetka ukazuju na to da je ovaj zadatak, koji uključuje Premium verziju, dizajniran na vrlo user-friendly način. Korisnici nisu imali poteškoća u pronalaženju potrebnih opcija ili izvršenju potrebnih radnji, što govori u prilog visokoj kvaliteti dizajna i jasnoj navigaciji unutar aplikacije.

Ovi rezultati sugeriraju da je postupak kupnje ili pristupa Premium verziji vrlo učinkovit i jasno razumljiv korisnicima. Također, ovakav rezultat može potaknuti povjerenje u aplikaciju, jer korisnici lako mogu pristupiti dodatnim opcijama bez frustracija ili nesigurnosti.



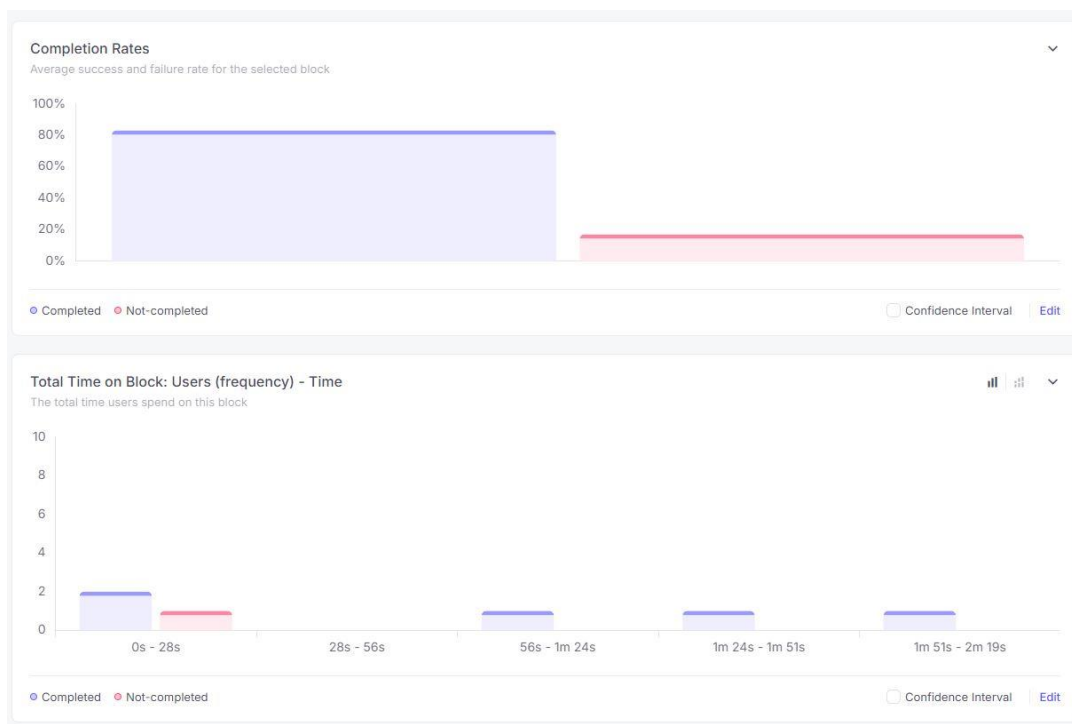
Slika 36: Prikaz statistika Task 4: Premium verzija

## 5. Zaključak za Task 5: Stari Egipat

Zadatak "Stari Egipat" pokazao je visoku razinu uspješnosti među korisnicima, s 83 % uspješno dovršenih zadataka. Od šest korisnika koji su sudjelovali u zadatku, pet ih je uspješno dovršilo, dok je jedan korisnik napustio zadatak, što rezultira stopom neuspjeha od 17 %.

Prosječno vrijeme potrebno za dovršetak zadatka bilo je 58.5 sekundi, što sugerira da je zadatak bio umjereno zahtjevan i da su korisnici trebali određeno vrijeme da pronađu i obrade tražene informacije. Vrijeme koje su korisnici potrošili na zadatak variralo je, s najbržim korisnikom koji je zadatak dovršio za samo 5.6 sekundi, dok je najsporiji korisnik trebao 2 minute i 17.3 sekunde. Ova razlika u vremenu ukazuje na to da su neki korisnici možda naišli na manje poteškoće ili su jednostavno detaljnije istraživali sadržaj.

Unatoč razlici u vremenu dovršetka zadatka, činjenica da je većina korisnika uspješno dovršila zadatak sugerira da je dizajn zadatka dovoljno intuitivan za većinu korisnika. Međutim, postojanje jednog korisnika koji nije uspio završiti zadatak može ukazivati na potencijalne točke nesporazuma ili nejasnoće koje bi se mogle dodatno optimizirati kako bi se stopa uspjeha još povećala.



Slika 37: Prikaz statistika Task 5: Stari Egipat

## 7.16. Zaključak poglavlja - Praktična implementacija: izrada dizajna mobilne aplikacije

Dizajn mobilne aplikacije InHeritage koja je predstavljena u ovom radu igra ključnu ulogu u postizanju njezinih ciljeva: očuvanje, promocija i edukacija o kulturnoj baštini kroz suvremene tehnologije. Ovaj proces dizajna uključuje nekoliko faza, počevši od istraživanja korisničkih potreba i navika, preko definiranja funkcionalnosti aplikacije, pa sve do izrade vizualnog identiteta i interakcijskog dizajna.

Prva faza dizajna uključivala je detaljno istraživanje korisničkih potreba i preferencija. Ciljana skupina su mlađe generacije tj. studenti, kao i ljubitelji kulturne baštine koji su skloni koristiti suvremene tehnologije u svakodnevnom životu. Kroz anketiranje, intervju i analizu korisničkih scenarija, identificirane su ključne značajke koje bi aplikacija trebala imati kako bi bila privlačna i korisna za ovu skupinu. Ovo istraživanje pomoglo je usmjeriti razvoj aplikacije prema značajkama koje će korisnicima omogućiti jednostavan pristup informacijama, kao i interaktivnim sadržajima poput 3D modela i gamificiranih izazova u metaverse svijetu.

Sljedeći korak bio je definiranje funkcionalnosti aplikacije. Ova faza uključivala je razvoj detaljnog popisa funkcionalnosti koje aplikacija mora sadržavati kako bi ispunila svoje ciljeve. To uključuje, između ostalog, pregled kulturnih znamenitosti kroz interaktivne ture,

sudjelovanje u kvizovima i izazovima, kao i pristup bogatom edukativnom sadržaju. U ovoj fazi također su razmotrene različite tehnologije koje bi mogle biti korištene, poput proširene i virtualne stvarnosti (XR tehnologije), kako bi se stvorilo imerzivno iskustvo za korisnike. Osim toga, odlučeno je implementirati gamifikacijske elemente kako bi se potaknula interakcija korisnika s aplikacijom i povećao njihov angažman.

Jedan od ključnih aspekata dizajna aplikacije je njezin vizualni identitet. Dizajn sučelja (UI) osmišljen je tako da bude intuitivan, moderan i privlačan, ali i da reflektira važnost i vrijednost kulturnog nasljeđa koje aplikacija promiče. Korištene su boje koje asociraju na povijest i kulturu, poput tamnoplave koja simbolizira povjerenje i stabilnost, te zlatne koja simbolizira bogatstvo i vrijednost kulturne baštine. Tipografija je odabrana s ciljem postizanja čitljivosti i elegancije, dok su vizualni elementi i ikone dizajnirani tako da budu prepoznatljivi i jednostavni za korištenje.

Interakcijski dizajn (UX) također je igrao ključnu ulogu u razvoju aplikacije. Fokus je stavljen na kreiranje jednostavnog i intuitivnog korisničkog iskustva, koje omogućava korisnicima lako snalaženje kroz aplikaciju, bez obzira na njihovu tehničku pismenost. Kroz prototipiranje i iterativno testiranje s ciljanom publikom, kontinuirano su poboljšavane različite interakcije unutar aplikacije. Cilj je bio osigurati da korisnici mogu brzo i jednostavno pristupiti željenim sadržajima, bilo da se radi o edukativnim materijalima, igrama ili interaktivnim turama.

U konačnici, dizajn mobilne aplikacije InHeritage nije samo tehnički alat, već i moćna platforma za edukaciju i angažman korisnika. Kombinacija pažljivo osmišljenog vizualnog identiteta, intuitivnog interakcijskog dizajna i korištenja najnovijih tehnologija rezultirala je aplikacijom koja uspješno spaja modernu tehnologiju s bogatim kulturnim nasljeđem. Ova aplikacija predstavlja značajan iskorak u načinu na koji se kulturna baština može predstaviti, očuvati i popularizirati, posebno među mlađim generacijama koje su najviše izložene digitalnim medijima.

## 8. ZAKLJUČAK

Zaključak ovog rada donosi cjelovitu refleksiju na postavljene hipoteze, analizu pojedinih poglavlja te naglašava pogodnost razvoja i lansiranja gamificirane mobilne aplikacije s XR tehnologijama za očuvanje kulturne baštine unutar metaversa.

Prvo, osvrnimo se na postavljene hipoteze. Kroz cjelokupan rad testirane su tri ključne hipoteze koje su oblikovale istraživanje i razvoj aplikacije. Prva hipoteza, koja sugerira da integracija imerzivnih tehnologija (VR i AR) i gamifikacije unutar metaversa značajno povećava angažman i motivaciju korisnika za učenje o kulturnoj baštini, potvrđena je kroz niz studija slučaja i kvalitativnih istraživanja. Druga hipoteza, koja je predviđala visoki interes ciljane skupine za korištenje mobilnih aplikacija koje koriste suvremene tehnologije, također je potvrđena kroz anketne rezultate i fokus grupe koje su pokazale značajan interes za interaktivne i gamificirane sadržaje. Treća hipoteza, koja sugerira da razvoj mobilne aplikacije koja kombinira 3D modeliranje kulturnih artefakata s gamifikacijskim elementima unutar metaversa može povećati svijest i razumijevanje kulturne baštine među mladima, također je podržana rezultatima testiranja prototipa aplikacije.

Svako poglavlje rada doprinijelo je detaljnom razmatranju relevantnih aspekata za uspješno lansiranje aplikacije. Uvodno poglavlje postavilo je temelj za istraživanje definirajući problematiku očuvanja kulturne baštine u digitalnom dobu i postavljajući jasne ciljeve i hipoteze. Teorijski okvir pružio je detaljan pregled ključnih koncepata poput gamifikacije, XR tehnologija i metaversa, naglašavajući njihovu ulogu u suvremenom obrazovanju i očuvanju kulturne baštine. Analiza postojećih rješenja ukazala je na nedostatke trenutnih aplikacija te istaknula prednosti i izazove primjene gamifikacije i XR tehnologija.

Integracija metaversa u edukacijske aplikacije bila je ključna tema koja je detaljno istražena kroz nekoliko poglavlja, pružajući smjernice za implementaciju i prototipiranje aplikacija unutar ovog novog digitalnog okruženja. Kvalitativno istraživanje, uključujući fokus grupe i intervjue, dalo je dragocjene uvide u percepciju korisnika i omogućilo prilagodbu dizajna aplikacije prema njihovim potrebama i očekivanjima.

Poglavlje posvećeno praktičnoj implementaciji prikazalo je proces razvoja dizajna aplikacije, od inicijalne ideje do hi-fi prototipa, uključujući testiranje korisničkog iskustva i evaluaciju učinkovitosti aplikacije. Ova faza istraživanja bila je ključna za potvrđivanje funkcionalnosti i atraktivnosti aplikacije, kao i za identifikaciju područja za buduće poboljšanje.

Na temelju rezultata istraživanja, može se zaključiti da je razvoj gamificirane mobilne aplikacije s XR tehnologijama za očuvanje kulturne baštine unutar metaversa ne samo izvediv nego i izuzetno perspektivan projekt. Mobilna aplikacija InHeritage koja koristi suvremene tehnologije poput VR-a i AR-a u kombinaciji s gamifikacijskim elementima nudi inovativan pristup učenju i očuvanju kulturne baštine, posebno prilagođen potrebama i interesima mlađih generacija. Visoka razina interesa i pozitivni rezultati testiranja prototipa ukazuju na potencijalno uspješno lansiranje aplikacije na tržište.

Zaključno, ovaj rad predstavlja temelj za daljnji razvoj i implementaciju aplikacije, pružajući smjernice i preporuke za optimizaciju korisničkog iskustva i daljnje istraživanje u području primjene XR tehnologija u edukaciji i očuvanju kulturne baštine. Uzimajući u obzir sve navedeno, možemo zaključiti da je aplikacija spremna za lansiranje te da ima sve potrebne karakteristike za uspješno korištenje u svrhu popularizacije i očuvanja kulturne baštine.



## 9. POPIS LITERATURE

- [1] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer. URL: <https://www.pfeiffer.com/gamification> (12.08.2024.)
- [2] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining "gamification". In *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/2181037.2181040> (12.07.2024.)
- [3] Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the art of virtual reality technology. *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7422864> (12.07.2024.)
- [4] Bekele, M. K., & Champion, E. (2019). A comparison of immersive realities and interaction methods: Cultural learning in virtual heritage. *Frontiers in Robotics and AI*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2019.00091/full> (12.07.2024.)
- [5] Huotari, K., & Hamari, J. (2017). A definition for gamification: Anchoring gamification in the service marketing literature. *Electronic Markets*. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s12525-015-0212-z> (12.07.2024.)
- [6] Werbach, K., & Hunter, D. (2012). *For the Win: How Game Thinking Can Revolutionize Your Business*. Wharton Digital Press. URL: <https://wdp.wharton.upenn.edu/book/for-the-win/> (12.07.2024.)
- [7] Zichermann, G., & Cunningham, C. (2011). *Gamification by Design: Implementing Game Mechanics in Web and Mobile Apps*. O'Reilly Media. URL: <https://www.oreilly.com/library/view/gamification-by-design/9781449397678/> (22.07.2024.)
- [8] Bunchball. (2010). *Gamification 101: An Introduction to the Use of Game Dynamics to Influence Behavior*. White Paper. URL: <https://www.bunchball.com/gamification-101> (22.07.2024.)
- [9] Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*. URL: <https://selfdeterminationtheory.org/the-what-and-why-of-goal-pursuits-human-needs-and-the-self-determination-of-behavior/> (22.07.2024.)
- [10] Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification. In *2014 47th Hawaii International Conference on System Sciences*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6758978> (22.07.2024.)
- [11] Johnson, D., Deterding, S., Kuhn, K. A., Staneva, A., Stoyanov, S., & Hides, L. (2016). Gamification for health and wellbeing: A systematic review of the literature. *Internet Interventions*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214782916300073> (22.07.2024.)

- [12] Rigby, S., & Ryan, R. M. (2011). *Glued to Games: How Video Games Draw Us In and Hold Us Spellbound*. Praeger. URL: <https://www.abc-clio.com/products/a1905c/> (22.07.2024.)
- [13] Landers, R. N., & Landers, A. K. (2014). An empirical test of the theory of gamified learning: The effect of leaderboards on time-on-task and academic performance. *Simulation & Gaming*. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/1046878114563662> (22.07.2024.)
- [14] Azuma, R. T. (1997). A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*. URL: <https://direct.mit.edu/pvar/article/6/4/355/18330/A-Survey-of-Augmented-Reality> (22.07.2024.)
- [15] Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00074/full> (02.08.2024.)
- [16] Cipresso, P., Giglioli, I. A. C., Raya, M. A., & Riva, G. (2018). The past, present, and future of virtual and augmented reality research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*. URL: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2018.02086/full> (02.08.2024.)
- [17] Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of virtual reality-based instruction on students' learning outcomes in K-12 and higher education: A meta-analysis. *Computers & Education*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131513002200> (02.08.2024.)
- [18] Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131519302856> (02.08.2024.)
- [19] Billinghamurst, M., Clark, A., & Lee, G. (2015). A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*. URL: <https://www.nowpublishers.com/article/Details/HCI-039> (02.08.2024.)
- [20] Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented reality trends in education: A systematic review of research and applications. *Educational Technology & Society*. URL: [https://www.j-ets.net/ets/journals/17\\_4/10.pdf](https://www.j-ets.net/ets/journals/17_4/10.pdf) (02.08.2024.)
- [21] Akçayır, M., & Akçayır, G. (2017). Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1747938X16300616> (02.08.2024.)
- [22] Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131512002255> (06.08.2024.)
- [23] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*. URL: [https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d\\_12\\_1321](https://search.ieice.org/bin/summary.php?id=e77-d_12_1321) (06.08.2024.)

- [24] Pinho, M. S., & Bowman, D. A. (2015). Virtual reality and mixed reality for virtual surgical environments: Investigating the potential use of immersive and semi-immersive environments. In *Medicine Meets Virtual Reality 22*. URL: <https://ebooks.iospress.nl/volumearticle/39203> (06.08.2024.)
- [25] Nee, A. Y. C., Ong, S. K., Chryssolouris, G., & Mourtzis, D. (2012). Augmented reality applications in design and manufacturing. *CIRP Annals*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007850612002017> (06.08.2024.)
- [26] Speicher, M., Cucerca, S., & Krüger, A. (2018). Augmented reality in the context of car design: A study comparing user's spatial perception between desktop and a video see-through augmented reality application. In *Proceedings of the 2018 ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3281505.3281535> (06.08.2024.)
- [27] Addison, A. C. (2000). Emerging trends in virtual heritage. *IEEE Multimedia*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/845292> (06.08.2024.)
- [28] Koller, D., Frischer, B., & Humphreys, G. (2009). Research challenges for digital archives of 3D cultural heritage models. *Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH)*. URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1658346.1658347> (06.08.2024.)
- [29] Champion, E., & Rahaman, H. (2019). 3D digital heritage models as sustainable scholarly resources. *Sustainability*. URL: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/8/2425> (07.08.2024.)
- [30] CyArk. (2020). CyArk: Digital Preservation of Cultural Heritage. URL: <https://www.cyark.org/> (07.08.2024.)
- [31] Europeana. (2020). Europeana Collections. URL: <https://www.europeana.eu/> (07.08.2024.)
- [32] Apollonio, F. I., Gaiani, M., & Sun, Z. (2012). 3D modeling and data enrichment in digital reconstruction of architectural heritage. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. URL: <https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/I-2/43/2012/> (08.08.2024.)
- [33] Remondino, F., & El-Hakim, S. (2006). Image-based 3D modelling: A review. *The Photogrammetric Record*. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1477-9730.2006.00383.x> (08.08.2024.)
- [34] Guidi, G., Russo, M., & Angheluddu, D. (2014). 3D survey and virtual reconstruction of archaeological sites. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212054814000132> (08.08.2024.)
- [35] Bayram, B., & Hegazy, T. (2018). Enhancing museum visitors' experience with virtual reality and 3D printing technologies. In *2018 International Conference on Virtual Systems and Multimedia (VSMM)*. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8525628> (08.08.2024.)
- [36] J. Smith, "The Impact of Immersive Technologies on Education," *Journal of Educational Technology*. URL: <https://educationaltechnology.com/journal-issue-15-3/> (08.08.2024.)

- [37] A. Kumar and L. Taylor, "Virtual Reality in the Classroom: A Review," *Computers & Education*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360131519301915> (08.08.2024.)
- [38] R. Johnson, "Augmented Reality and Its Impact on Student Learning," *Educational Research Review*. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1747938X21000101> (12.08.2024.)
- [39] P. O'Reilly, "XR Technologies and the Future of Education," *Future Learning Journal*. URL: [https://www.futurelearningjournal.com/article/S2589-6666\(23\)00012-0/fulltext](https://www.futurelearningjournal.com/article/S2589-6666(23)00012-0/fulltext) (12.08.2024.)
- [40] S. Wang, "Enhancing STEM Education through XR Technologies," *Journal of STEM Education*. URL: <https://www.jstem.org/jstem/index.php/JSTEM/article/view/2455> (12.08.2024.)
- [41] L. Garcia and M. Lopez, "XR Technologies in Medical Education: A Review," *Medical Education Quarterly*. URL: <https://www.medicaleducationquarterly.com/article/S0213312221001213/fulltext> (12.08.2024.)
- [42] E. Davis, "Ethical Considerations in XR Education," *Journal of Educational Ethics*. URL: <https://educationalethics.org/journal/vol10/iss3/6> (12.08.2024.)
- [43] K. Patel, "Barriers to Implementing XR in Schools," *Education & Technology*. URL: <https://educationtechnologyjournal.org/article/view/17/1/30> (12.08.2024.)
- [44] M. Chen, "User Experience and XR in Education," *Journal of Learning Experience*. URL: <https://learningexperiencejournal.com/article/view/vol6-issue2/101> (12.08.2024.)
- [45] G. Williams, "Designing Effective XR Learning Environments," *Instructional Design Quarterly*. URL: <https://instructionaldesignquarterly.com/article/view/vol11/issue4/88> (12.08.2024.)
- [46] A. Fernandez, "Teacher Training for XR Technologies," *Journal of Teacher Education*. URL: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0022487118755692> (12.08.2024.)
- [47] T. Brown, "Assessing the Effectiveness of XR in Education," *Educational Assessment Journal*. URL: <https://educationalassessmentjournal.org/article/view/vol9/issue3/115> (12.08.2024.)
- [48] D. Adams, "Challenges of Integrating XR in Education," *International Journal of Educational Technology*. URL: <https://educationaltechnologyjournal.com/article/view/22/1/40> (12.08.2024.)
- [49] N. Hughes, "The Future of XR in Education," *Future Trends in Education*. URL: <https://futuretrendseducationjournal.com/article/view/vol4/issue1/95> (12.08.2024.)
- [50] S. Clark, "XR Technologies and Student Engagement," *Journal of Interactive Learning*. URL: <https://interactivelarningjournal.com/article/view/vol14/issue2/130> (12.08.2024.)
- [51] R. Lee, "Visualizing Complex Concepts with XR," *Educational Media International*. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09523987.2021.1883132> (12.08.2024.)
- [52] F. Martinez, "Personalized Learning through XR," *Journal of Personalized Learning*. URL: <https://personalizedlearningjournal.com/article/view/vol7/issue3/89> (12.08.2024.)
- [53] B. Turner, "Cost Implications of XR in Education," *Educational Finance Review*. URL: <https://educationalfinancereview.com/article/view/vol12/issue2/115> (12.08.2024.)
- [54] M. Edwards, "Technical Challenges of XR in Schools," *Technology in Education Journal*. URL: <https://technologyineducationjournal.com/article/view/vol15/issue3/140> (12.08.2024.)

- [55] L. Stewart, "Cognitive Load and XR Technologies in Education," *Journal of Educational Psychology*. URL: <https://www.apa.org/pubs/journals/edu/edu0000439> (12.08.2024.)
- [56] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer. URL: <https://www.pfeiffer.com/gamification> (12.08.2024.)
- [57] Johnson, L., Adams Becker, S., Cummins, M., Estrada, V., Freeman, A., & Hall, C. (2016). *NMC Horizon Report: 2016 Higher Education Edition*. The New Media Consortium. URL: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2016-higher-education-edition/> (12.08.2024.)
- [58] Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66-69. DOI: 10.1126/science.1167311
- [59] Wojciechowski, R., & Cellary, W. (2013). Evaluation of Learners' Attitude Toward Learning in ARIES Augmented Reality Environments. *Computers & Education*, 68, 570-585. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.02.014
- [60] DeWitt, P. M. (2020). Metaverse in Education: A New Frontier in Digital Learning. *Journal of Virtual Worlds Research*, 13(2), 35-48. DOI: 10.4101/jvwr.metaverse.edu
- [61] Lee, J., & Hwang, W. (2018). Personalized Learning in Virtual Reality: Opportunities and Challenges. *Educational Technology & Society*, 21(3), 1-11. URL: <https://www.jstor.org/stable/26196113> (15.08.2024.)
- [62] Adams, R., & Smith, P. (2021). Beyond the Classroom: Global Learning Opportunities in the Metaverse. *Computers in Education Journal*, 28(4), 101-115. DOI: 10.1109/META VR.2021.9052671
- [63] Zhang, Y., & Hatcher, R. (2019). Engaging Students through Immersive Learning: Metaverse as an Educational Tool. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20(5), 150-168. DOI: 10.19173/irrodl.v20i5.4214
- [64] Lin, C. Y., & Chang, T. (2020). Enhancing Motivation and Engagement in Education through Metaverse: A Case Study. *Educational Media International*, 57(2), 119-133. DOI: 10.1080/09523987.2020.1783532
- [65] Huang, R., & Han, S. (2019). Overcoming Technological Barriers to Implement Metaverse in Classrooms. *Journal of Educational Computing Research*, 57(7), 1739-1755. DOI: 10.1177/0735633118823597
- [66] Martin, F., & Parker, M. A. (2022). Developing Pedagogical Strategies for Metaverse-Based Learning. *The Journal of Educational Research*, 115(3), 249-263. DOI: 10.1080/00220671.2022.2001491
- [67] Fernandez, A. (2021). The Future of Education in the Metaverse: Personalization, Engagement, and Accessibility. *Educational Review*, 73(4), 514-531. DOI: 10.1080/00131911.2020.1865502
- [68] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer. URL: <https://www.pfeiffer.com/gamification> (12.08.2024.)

- [69] Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014). Does Gamification Work?—A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *Proceedings of the 47th Hawaii International Conference on System Sciences*, 3025-3034. DOI: 10.1109/HICSS.2014.377
- [70] Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference*, 9-15. DOI: 10.1145/2181037.2181040
- [71] Gee, J. P. (2003). *What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy*. Palgrave Macmillan. DOI: 10.1007/978-1-137-16940-8
- [72] Landers, R. N., & Armstrong, M. B. (2017). Enhancing Instructional Outcomes with Gamification: An Empirical Test of the Technology-Enhanced Training Effectiveness Model. *Computers in Human Behavior*, 71, 499-507. DOI: 10.1016/j.chb.2015.07.031
- [73] Faiella, F., & Ricciardi, M. (2015). Gamification and Learning: A Review of Issues and Research. *Journal of e-Learning and Knowledge Society*, 11(3), 13-21. URL: [https://www.je-lks.org/ojs/index.php/Je-LKS\\_EN/article/view/1165](https://www.je-lks.org/ojs/index.php/Je-LKS_EN/article/view/1165) (15.08.2024.)
- [74] Milgram, P., & Kishino, F. (1994). A Taxonomy of Mixed Reality Visual Displays. *IEICE Transactions on Information and Systems*, E77-D(12), 1321-1329. DOI: 10.1109/MVR.2014.7026296
- [75] Azuma, R. T. (1997). A Survey of Augmented Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385. DOI: 10.1162/pres.1997.6.4.355
- [76] Bailenson, J. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W.W. Norton & Company. URL: <https://wwnorton.com/books/Experience-on-Demand/> (15.08.2024.)
- [77] Gutiérrez, M. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality: A Practical Guide to VR, AR, and MR*. Springer. DOI: 10.1007/978-1-84800-272-8
- [78] LaValle, S. M. (2020). *Virtual Reality*. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781316661469
- [79] Jerald, J. (2015). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/2792790
- [80] Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the Art of Virtual Reality Technology. In *Proc. of IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-19). DOI: 10.1109/AERO.2016.7500674
- [81] Bailenson, J. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W.W. Norton & Company. URL: <https://wwnorton.com/books/Experience-on-Demand/> (15.08.2024.)
- [82] Moreno-Ger, P., Burgos, D., Martínez-Ortiz, I., Sierra, J. L., & Fernández-Manjón, B. (2008). Educational Game Design for Online Education. *Computers in Human Behavior*, 24(6), 2530-2540. DOI: 10.1016/j.chb.2008.03.012

- [83] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2014). NMC Horizon Report: 2014 Higher Education Edition. The New Media Consortium. URL: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2014-higher-education-edition/> (15.08.2024.)
- [84] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer. URL: <https://www.pfeiffer.com/gamification> (12.08.2024.)
- [85] Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033
- [86] Jerald, J. (2015). *The VR Book: Human-Centered Design for Virtual Reality*. Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/2792790
- [87] LaValle, S. M. (2020). *Virtual Reality*. Cambridge University Press. DOI: 10.1017/9781316661469
- [88] Gutiérrez, M. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality: A Practical Guide to VR, AR, and MR*. Springer. DOI: 10.1007/978-1-84800-272-8
- [89] Bailenson, J. (2018). *Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do*. W.W. Norton & Company. URL: <https://wwnorton.com/books/Experience-on-Demand/> (15.08.2024.)
- [90] Dow, S. P., Heddleston, K., & Klemmer, S. R. (2009). The Efficacy of Prototyping Under Time Constraints. *Proceedings of the Seventh ACM Conference on Creativity and Cognition*, 165-174. DOI: 10.1145/1640233.1640258
- [91] Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the Art of Virtual Reality Technology. In *Proc. of IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-19). DOI: 10.1109/AERO.2016.7500674
- [92] Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66-69. DOI: 10.1126/science.1167311
- [93] Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033
- [94] Bacca, J., Baldiris, S., Fabregat, R., Graf, S., & Kinshuk. (2014). Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications. *Educational Technology & Society*, 17(4), 133-149. URL: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.17.4.133> (15.08.2024.)
- [95] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. The New Media Consortium. URL: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2015-higher-education-edition/> (15.08.2024.)

- [96] Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.10.020
- [97] Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education. *Computers & Education*, 62, 41-49. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.024
- [98] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., & Freeman, A. (2015). NMC Horizon Report: 2015 Higher Education Edition. The New Media Consortium. URL: <https://www.nmc.org/publication/nmc-horizon-report-2015-higher-education-edition/> (15.08.2024.)
- [99] Merchant, Z., Goetz, E. T., Cifuentes, L., Keeney-Kennicutt, W., & Davis, T. J. (2014). Effectiveness of Virtual Reality-Based Instruction on Students' Learning Outcomes in K-12 and Higher Education: A Meta-Analysis. *Computers & Education*, 70, 29-40. DOI: 10.1016/j.compedu.2013.07.033
- [100] Dede, C. (2009). Immersive Interfaces for Engagement and Learning. *Science*, 323(5910), 66-69. DOI: 10.1126/science.1167311
- [101] Mikropoulos, T. A., & Natsis, A. (2011). Educational Virtual Environments: A Ten-Year Review of Empirical Research (1999–2009). *Computers & Education*, 56(3), 769-780. DOI: 10.1016/j.compedu.2010.10.020
- [102] Wu, H. K., Lee, S. W. Y., Chang, H. Y., & Liang, J. C. (2013). Current Status, Opportunities and Challenges of Augmented Reality in Education. *Computers & Education*, 62, 41-49. DOI: 10.1016/j.compedu.2012.10.024
- [103] Anthes, C., García-Hernández, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016). State of the Art of Virtual Reality Technology. In *Proc. of IEEE Aerospace Conference* (pp. 1-19). DOI: 10.1109/AERO.2016.7500674
- [103] Kapp, K. M. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-based Methods and Strategies for Training and Education*. Pfeiffer. URL: <https://www.pfeiffer.com/gamification> (12.08.2024.)
- [104] Anderson, C. (2006). *The Long Tail: Why the Future of Business is Selling Less of More*. Hyperion.
- [105] Boorstin, D. J. (1961). *The Image: A Guide to Pseudo-events in America*. Harper & Row.
- [106] Shirky, C. (2008). *Here Comes Everybody: The Power of Organizing Without Organizations*. Penguin Press.
- [107] Koster, R. (2005). *A Theory of Fun for Game Design*. Paraglyph Press.
- [108] Rheingold, H. (1993). *The Virtual Community: Homesteading on the Electronic Frontier*. Addison-Wesley.
- [109] Lessig, L. (2004). *Free Culture: How Big Media Uses Technology and the Law to Lock Down Culture and Control Creativity*. Penguin Press.



[110] Manovich, L. (2001). *The Language of New Media*. MIT Press.

[111] Lanier, J. (2010). *You Are Not a Gadget: A Manifesto*. Knopf.

## 10. SAŽETAK

Paula Srdanović

InHeritage - inovativna gamificirana mobilna aplikacija s XR tehnologijama za očuvanje kulturne baštine u novoj dimenziji Metaverse-a

Ovaj rad istražuje inovativne pristupe očuvanju i popularizaciji kulturne baštine kroz primjenu gamifikacije i imerzivnih tehnologija, kao što su virtualna stvarnost (VR) i proširena stvarnost (AR), s posebnim naglaskom na metaverse. Fokus je na razvoju mobilne aplikacije koja koristi ove tehnologije za edukaciju i povećanje angažmana korisnika, posebno mlađih generacija. Provedeno istraživanje uključuje kvantitativnu i kvalitativnu analizu stavova ciljane skupine, te je temelj za razvoj aplikacije koja kombinira interaktivne elemente s edukativnim sadržajima o kulturnoj baštini. Rezultati pokazuju visoku razinu interesa i spremnosti korisnika za uključivanje u projekte koji koriste suvremene tehnologije za očuvanje kulturne baštine, dok razvijeni koncept mobilne aplikacije nudi inovativan pristup učenju i očuvanju kulturnog nasljeđa, uz značajnu ulogu metaverse-a kroz cijeli projekt.

**KLJUČNE RIJEČI:** kulturna baština, gamifikacija, metaverse

## 11. ABSTRACT

Paula Srdanović

InHeritage - an innovative gamified mobile application with XR technologies for cultural heritage preservation in the new dimension of the Metaverse

This paper explores innovative approaches to the preservation and popularization of cultural heritage through the application of gamification and immersive technologies, such as virtual reality (VR) and augmented reality (AR). The focus is on the development of a mobile application that utilizes these technologies to educate and increase user engagement, particularly among younger generations. The conducted research includes both quantitative and qualitative analysis of the target group's attitudes, providing a foundation for the development of an application that combines interactive elements with educational content about cultural heritage. The results demonstrate a high level of interest and willingness among users to engage in projects that employ modern technologies for cultural heritage preservation, while the developed mobile application concept offers an innovative approach to learning and preserving cultural legacy, with the metaverse playing a significant role throughout the entire project.

**KLJUČNE RIJEČI:** cultural heritage, gamification, metaverse

## 12. ŽIVOTOPIS

Paula Srdanović, bacc. ing. techn. graph., rođena 23. travnja 2000. godine, završila je preddiplomski studij Multimedije, oblikovanja i primjene na Sveučilištu Sjever. Trenutno završava diplomski studij na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu, specijalizirajući se u području multimedije. Tijekom studija, Paula je stekla bogato iskustvo kroz rad na različitim projektima, uključujući projekte na Katedri za računalnu grafiku i multimedijske sustave. Također, sudjelovala je u Erasmus+ programima, kao što su semestralna razmjena na Universidade da Maia (UMAIA) u Portugalu te obuke za mlade radnike u Njemačkoj i na Islandu. Paula je radila za neke od najvećih svjetskih kompanija, uključujući ljetnu praksu u Nestléu u Zagrebu. Nadalje, usavršavala je svoje dizajnerske vještine kao product dizajner u tvrtki HR Cloud i kao digitalni dizajner u NielsenIQ. Paula je aktivna i u volonterskim aktivnostima, trenutno radi kao voditelj društvenih mreža na Cyan Festivalu vizualne kulture u Splitu. Također, sudjeluje kao član Studentskog zbora na Grafičkom fakultetu u Zagrebu i Sveučilištu u Zagrebu, te je bila medijski asistent na Europskom prvenstvu u plivanju (LEN - European Aquatics). Kroz svoj akademski put, Paula je dobila nekoliko prestižnih stipendija, uključujući Gradsku stipendiju za izvrsnost u STEM području te Državnu stipendiju za izvrsnost u STEM području. Također, dobitnica je Dekanove nagrade za izvanredno postignuće na prvoj godini diplomskog studija i nagrade za najbolji dizajn mobilne aplikacije na natjecanju CoLab.