

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 645

**RAZVOJ IGRE ZA POGAĐANJE GEOGRAFSKE LOKACIJE  
U VIRTUALNOJ STVARNOSTI**

Fran Posarić

Zagreb, lipanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 645

**RAZVOJ IGRE ZA POGAĐANJE GEOGRAFSKE LOKACIJE  
U VIRTUALNOJ STVARNOSTI**

Fran Posarić

Zagreb, lipanj 2022.

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 645**

Pristupnik: **Fran Posarić (0036517119)**

Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo

Modul: Računarstvo

Mentorica: prof. dr. sc. Lea Skorin-Kapov

Zadatak: **Razvoj igre za pogađanje geografske lokacije u virtualnoj stvarnosti**

### Opis zadatka:

Prikaz slike u 360 stupnjeva putem tehnologije virtualne stvarnosti (engl. Virtual Reality, VR) omogućeno je mapiranjem sferične slike u 3D geometriju. Koristeći VR zaslon na glavi, korisnikova točka gledišta nalazi se u središtu sfere te se može pomicati oko triju osi (engl. 3 Degrees of Freedom, 3DoF). U posljednje vrijeme, na tržištu postaju popularne igre u kojima korisnici na osnovu slika u 360 stupnjeva otkrivaju i pogađaju prikazanu geografsku lokaciju (npr. igra GeoGuessr koja prikazuje interaktivne Google Street View panorame preuzete putem platforme Google Maps). U ovom radu potrebno je implementirati takvu igru u virtualnoj stvarnosti, pri čemu korisnik koristi VR zaslon na glavi. Slike u 360 stupnjeva mogu se preuzeti iz postojećih baza ili biti samostalno generirane. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 10. lipnja 2022.

# Sadržaj

1. Uvod.....	2
2. Virtualna stvarnost.....	3
2.1. Povijest virtualne stvarnosti.....	3
2.2. Upotrebe tehnologije virtualne stvarnosti .....	8
3. Korištene tehnologije .....	11
3.1. Unity .....	11
3.2. Microsoft Visual Studio .....	11
3.3. Mapbox Maps SDK for Unity .....	11
3.4. Pixexid.....	12
3.5. Uređaj Oculus Quest .....	15
4. Ideja igre VR am I? .....	17
5. Razvoj igre VR am I? .....	19
5.1. Opis igre i dizajn scene .....	19
5.2. Mehanike u igri.....	23
5.3. Nedostatci i mogućnosti proširenja igre.....	27
6. Zaključak.....	29
7. Literatura .....	30
Popis slika .....	35
Sažetak.....	36
Summary.....	37

# 1. Uvod

U svojoj knjizi [1], Sigmund, Fletcher i Wind navode da je “osigurati motivaciju učenika ključan aspekt dobrog dizajna sustava”. Učenje kroz igru mnogima je atraktivan, a uz to, prema istraživanjima, dokazano efikasan koncept. Igre je potrebno osmisliti na način da se ljudima prenese znanje, no tehnike koje to konstantno i pouzdano čine još uvijek se istražuju. Cilj je uspješno komplementirati motivirajuće aspekte igara dobrim dizajnom. Primjer takve igre je GeoGuessr - online igra pogađanja geografske lokacije na temelju informacija koje igrač može izvući iz svoje virtualne okoline [2]. Najjednostavniji primjer korištenja ove igre u edukativne svrhe bio bi pogađanje lokacije koja će se obrađivati na predavanju, primjerice iz zemljopisa, povijesti ili nekog drugog predmeta. Prema jednom istraživanju, čak 27% Amerikanaca nikad nije napustilo SAD [3]. Ta informacija dovoljno je objašnjenje popularnosti igre kao što je GeoGuessr – ljude zanima kako izgleda život u drugim dijelovima svijeta.

Današnja tehnologija virtualne stvarnosti (engl. *Virtual reality*) korisniku pruža dojam prave prisutnosti u virtualnom okruženju stimulirajući više osjetila podražajima koje proizvodi uređaj za virtualnu stvarnost. Tema ovog rada, razvoj igre za pogađanje geografske lokacije u virtualnoj stvarnosti, proizašla je kao poveznica učenja kroz igru i virtualne stvarnosti.

Rad se sastoji od šest poglavlja. Nakon poglavlja *Uvod* slijedi poglavlje *Virtualna stvarnost* u kojemu je navedena definicija samog pojma, povijesni pregled i današnje primjene. Zatim, treće poglavlje pobliže opisuje tehnologije korištene u razvoju igre. Četvrto poglavlje daje opis ideje igre, a peto poglavlje detaljno opisuje sam proces razvoja kroz dizajn scene i glavne mehanike te daje prijedloge za buduća proširenja igre. U posljednjem poglavlju iznesen je zaključak rada, nakon čega slijedi popis korištene literature, tablica slika te sažetak na hrvatskom odnosno engleskom jeziku.

## 2. Virtualna stvarnost

Ovo poglavlje opisuje virtualnu stvarnost, njen razvitak kroz povijest i današnje upotrebe tehnologija i uređaja. Virtualna stvarnost je skup tehnologija koje korisnika „uranjaju“ u virtualno okruženje i stvaraju osjećaj prisutnosti [4]. Simulacije virtualnih okruženja mogu biti imaginarni svjetovi ili napravljene na temelju stvarnih lokacija. U idealnom slučaju, korisnikova čula osjećaju samo virtualne podražaje proizvedene računalom, te je ostvaren izravan unos korisnikovih pokreta u računalo [5]. Najčešća izvedba je u obliku zaslona koji se nosi na glavi (engl. *Head Mounted Display*, HMD), uz koji se koriste razni kontroleri, rukavice ili prate pokreti ruke.

### 2.1. Povijest virtualne stvarnosti

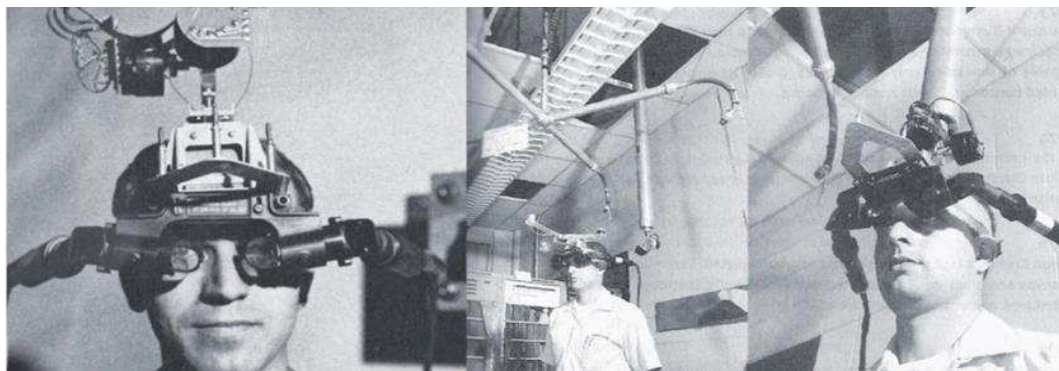
Premda se virtualna stvarnost može činiti novom tehnologijom, sam začetak joj seže još u pedesete godine prošlog stoljeća. Naime, prvi zabilježen pokušaj simuliranja stvarnosti pripada Morton Heiligu. Uređaj Sensorama (Slika 2.1) služio je kao simulator motocikla. Pokrivao je širok spektar podražaja, od slike i zvuka do mirisa i vibracija. Unatoč svemu tome, kao komercijalna atrakcija nije zaživio. Heilig je također vlasnik prvog registriranog patenta za zaslon koji se nosi na glavi (engl. *Head Mounted Display*, HMD).



**Slika 2.1** Plakat za Sensoramu (preuzeto iz [6])

Prvim pioninom virtualne stvarnosti smatra se Ivan Sutherland. Zaslužio je taj naslov stvaranjem prvih funkcionalnih prototipova HMD uređaja još 1968. godine. Osim toga, stvorio je funkcionalno rješenje prikaza slike koja prati položaj glave. Slika 2.2 prikazuje izgled prvog pravog HMD-a imenovanog Sword of Damocles [7].

Za prvi simulator letenja zaslužan je Thomas Furness. Stvorio je sustav pod nazivom Super Cockpit koji je projicirao 3D karte, radare i podatke o elektronici u letjelici. Dodatni rad na projektu doveo je do revolucionarnih mogućnosti, poput kontroliranja letjelice gestama, govorom i pokretima oka [8].



**Slika 2.2** Sword of Damocles (preuzeto iz [7])

Prvo komercijalno rješenje HMD uređaja dostupnog široj javnosti zaslug je NASA-e. Michael McGreevy je 1984. razvio „praktično potpuno upotrebljiv model HMD-a“ [5] te ga nazvao VIVED (Slika 2.3), skraćeno od Virtual Visual Environment Display.

Važno je izdvojiti i Data glove, djelo Thomasa Zimmermana. To je unaprijeđeno rješenje rukavice koja prati pokrete prstiju. Posjeduje magnetske i ultrazvučne sljednike (senzore položaja i orijentacije), kao i optičke senzore savijanja. Zimmerman i Jaron Lanier 1984. godine osnivaju kompaniju VPL (Visual Programming Lab) Research. Upravo je VPL prvi prodavao opremu za virtualnu stvarnost, poput ranije navedenog Data glove-a, EyePhone HMD-a, VR naočala i sl. Konačno, 1986. Lanier upotrebljava pojam „virtualna stvarnost“.



**Slika 2.3** NASA VIVED (preuzeto iz [7])



Devedesete godine prošlog stoljeća smatraju se zlatnim godinama virtualne stvarnosti. Spominjala se često na televiziji, u filmovima, novinama itd. i očekivanja su bila velika, no slijedilo je razočaranje. Glavnina šire javnosti nije dobila ni priliku isprobati virtualnu stvarnost, a oni koji jesu su, većinom, ostali razočarani. Stoga je početkom 21. stoljeća uslijedio pad njene popularnosti i smanjenje očekivanja. Bilo je jasno kako će upotreba biti ograničena te da će postojati „specifične primjene u određenim granama djelatnosti za koje je virtualna stvarnost vrlo dobro rješenje“ [5].

Pažnja javnosti ponovno je zaokupljena 2010. godine djelom Palmera Luckeyja: prvim prototipom uređaja kasnije poznatog kao Oculus Rift [9]. Njegova najzanimljivija značajka bila je vidno polje u 90° što je dotad bilo neviđeno. Prvi put je prezentiran široj javnosti 2012. na sajmu E3 [10], jednom od najvećih događaja industrije video igara. Započeta je kampanja javnog prikupljanja sredstava te je tijekom iste godine prikupljeno skoro 2.5 milijuna dolara. Nakon par iteracija razvojnih modela, tvrtku Oculus VR 2014. godine kupuje Facebook za 2 milijarde dolara [11] i nastavlja s prijašnjim radom. Konačno, 2016. godine model nazvan Rift CV1 (Slika 2.4) izlazi na komercijalno tržište. Oculus Rift se prestao proizvoditi 2019., a danas su aktualni njegovi nasljednici Oculus Quest i Oculus Quest 2.



**Slika 2.4** Oculus Rift (preuzeto iz [9])

Razvitak uređaja Oculus Rift na neki je način potaknuo ostale velike tehnološke kompanije na istraživanje i razvoj novih tehnologija i uređaja za virtualnu stvarnost. Tako je već 2014. godine Google izbacio proizvod pod imenom Cardboard – naočale od kartona u koje se umetne mobitel (Slika 2.5). Platforma je zamišljena kao jeftin sustav koji će pobuditi interes za razvoj i korištenje virtualne stvarnosti [12]. Naočale se mogu kupiti gotove ili sastaviti prema službenim nacrtima koje je objavio Google. Osim Cardboard-a, razvijaju se i tehnološki naprednije varijante. Iste godine Sony najavljuje Project Morpheus, danas poznatiji kao PlayStation VR (skr. PS VR) [13]: HMD kompatibilan s konzolom PlayStation 4 (Slika 2.6). Službeno je pušten u prodaju 2016. s impresivnim specifikacijama: dva OLED [14] ekrana s vidnim poljem od 100°, rezolucijom od 960x1080 piksela po oku i stopom osvježavanja od 90 do 120 Hz. Zanimljivo je da je imao opciju simultanog projiciranja na televiziju s kojom je povezana konzola te na zaslon HMD-a, a slika projicirana nije morala biti jednaka. Time se otvorila mogućnost igranja igara u paru, kako kompetitivnih, tako i kooperativnih. Uz PS VR, 2016. godinu obilježio je i HTC Vive, prvo komercijalno rješenje s praćenjem baziranom na senzorima. Ono omogućava igraču da se slobodno kreće unutar određenog prostora [15]. Bio je tehnološki još napredniji nego PS VR, s još većom rezolucijom (1080x1200 po oku), boljim OLED ekranima, širim vidnim poljem (110°) itd. Novi Vive modeli poput Pro 2 (Slika 2.7) koriste se više za profesionalni rad u raznim industrijama (dizajn, arhitektura, simulacije, video igre) [16] dok je Focus 3 napravljen isključivo za korporativni svijet [17].



**Slika 2.5** Google Cardboard (preuzeto iz [12])



**Slika 2.6** Sony PlayStation VR (preuzeto iz [13])



**Slika 2.7** HTC Vive Pro 2 (preuzeto iz [18])

## **2.2. Upotrebe tehnologije virtualne stvarnosti**

U današnjem je svijetu široka primjena virtualne stvarnosti. Medicina i zdravstvo, vojna tehnologija, obrazovanje, igre i razonoda, dizajn, marketing i sl. neka su od područja gdje se tehnologije virtualne stvarnosti svakodnevno koriste. Medicina, uz vojsku i obrazovanje, čini najvažnija područja primjene [5]. Neke od konkretnih primjena su:

- planiranje i izvođenje simulacija kirurških zahvata – u virtualnoj stvarnosti simuliraju se razni kirurški zahvati kako bi se smanjile pogreške te povećala brzina i učinkovitost kirurga i osoblja [19],
- liječenje pojedinih psiholoških poremećaja, npr. strah od letenja u simulatoru aviona ili posttraumatskog stresnog poremećaja (PTSP) – pacijente se liječi tako što ih se postupno izlaže strašnoj situaciji pomoću simulacije [5] – pokazalo se boljim od nikakve terapije, no lošijim od standardnih pristupa liječenju [20] i
- vojne simulacije su primjerice borba, korištenje oružja, upravljanje vozilima, taktičke i strateške simulacije (Slika 2.8).

Obrazovanje se djelomično preklapa s vojskom i medicinom u vidu obuke, no nije ekskluzivno vezano za te dvije grane. Mogu se obučavati i vatrogasci, anti-

terorističke jedinice, osoblje za održavanje raznih sustava itd. Simulatori u virtualnoj stvarnosti služe za uvježbavanje scenarija u kojima se oni mogu naći, bilo da su to gašenje požara, rješavanje talačkih kriza ili ulazak u područje u kojemu se ne može dugo boraviti poput reaktora, prostora ispunjenih dimom i sl.

Neke od djelatnosti koje također sve više koriste tehnologije virtualne stvarnosti su digitalni dizajn (npr. u automobilske industriji) arhitektura za prezentaciju projekata. Konačno, virtualna stvarnost koristi se u promociji raznih sadržaja na izložbama i javnim prostorima. Jedan od novijih načina marketinga su i slike te video sadržaji u 360 stupnjeva [21]. Takav sadržaj koristi se kako bi korisnik dobio osjećaj da se nalazi u videu, odnosno pružio mu živopisnu perspektivu okruženja u videu. Korisnik najčešće ima samo mogućnost okretanja glave, no u ponekim videima dozvoljena mu je i interakcija s elementima virtualnog okruženja.



**Slika 2.8** Vojnici u pripremi za pokretanje simulacije (preuzeto iz [22])

Industrija video igara tek je u zadnjih par godina uznapredovala na području virtualne stvarnosti. Činjenica da je do 2018. godine bilo i dalje prodano manje od 10 milijuna uređaja široj javnosti [23] te da su ulaganja poduzetnika u male firme i startup poduzeća pala za 577 milijuna dolara u dvije godine [24] nikako nisu išle u prilog razvoju. Do 2020. godine najpopularnije igre na tržištu bile su Superhot VR [25] i Beat

Saber [26]. Unatoč različitim žanrovima, veže ih to da igrač koristi samo ruke i ne mijenja svoju poziciju unutar virtualnog svijeta. Igra koja je ponovno probudila ulagače i potaknula novi razvoj bila je Half-Life: Alyx (Slika 2.9) [27]. Uvođenjem novih mehanika pridonijela je ublažavanju problema kiberbolesti (engl. *cybersickness*) i učinila kretanje u virtualnoj stvarnosti puno boljim, što je dovelo do velikog interesa javnosti. Danas se razvijaju igre različitih žanrova, nastaju novi originalni naslovi te popularni naslovi računalnih igara dobivaju svoje verzije u virtualnoj stvarnosti (npr. The Elder Scrolls V: Skyrim VR, Hitman 3 VR).



**Slika 2.9** Isječak iz igre Half-Life: Alyx (preuzeto iz [27])

### 3. Korištene tehnologije

#### 3.1. Unity

Unity je softver za razvoj igara za više platformi: mobilne uređaje, stolna računala, konzole i virtualnu te proširenu stvarnost [28]. Pomoću njega mogu se razvijati igre u dvije odnosno tri dimenzije, kao i interaktivne simulacije, animacije itd. Grafičko sučelje razvojnog programeru uvelike olakšava rad ugrađenim funkcionalnostima poput jednostavnog implementiranja vanjskih datoteka povlačenjem i ispuštanjem. Osim ugrađenih mogućnosti, mogu se pisati i skripte za proizvoljne funkcionalnosti u programskom jeziku C#. Uz softver za razvoj igara postoji i Unity Asset Store, trgovina za skripte, modele i ostale resurse korištene u razvoju igara. Igra opisana u ovome radu stvorena je na inačici 2020.3.20f1.

#### 3.2. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio je integrirano razvojno okruženje (engl. *integrated development environment*, IDE) korišteno za razvoj programa, web stranica, web servisa te mobilnih i web aplikacija [29]. Okruženje podržava komponentu za nadopunu koda IntelliSense [30] kao i mogućnost restrukturiranja postojećeg koda, poznatiju pod nazivom refaktoriranje. Njegovi ugrađeni alati, uređivač (engl. *editor*) koda i alat za otklanjanje grešaka (engl. *debugger*), podržavaju brojne programske jezike. Skripte korištene u ovoj igri napisane su u programskom jeziku C# u Microsoft Visual Studio Enterprise 2022.

#### 3.3. Mapbox Maps SDK for Unity

Maps SDK [31] for Unity je komplet razvojne programske podrške (engl. *Software development kit*, SDK) tvrtke Mapbox za rad s geografskim kartama i lokacijama optimiziran za Unity koji „otključava globalne podatke za generiranje proizvoljnih 3D svjetova“ [32]. Točnije, to je set alata koji omogućava razvojnim programerima stvaranje programske podrške. Neki od alata koje ovaj SDK nudi su satelitske snimke cijelog svijeta, vektorska karta svijeta, cestovna prometna mreža,

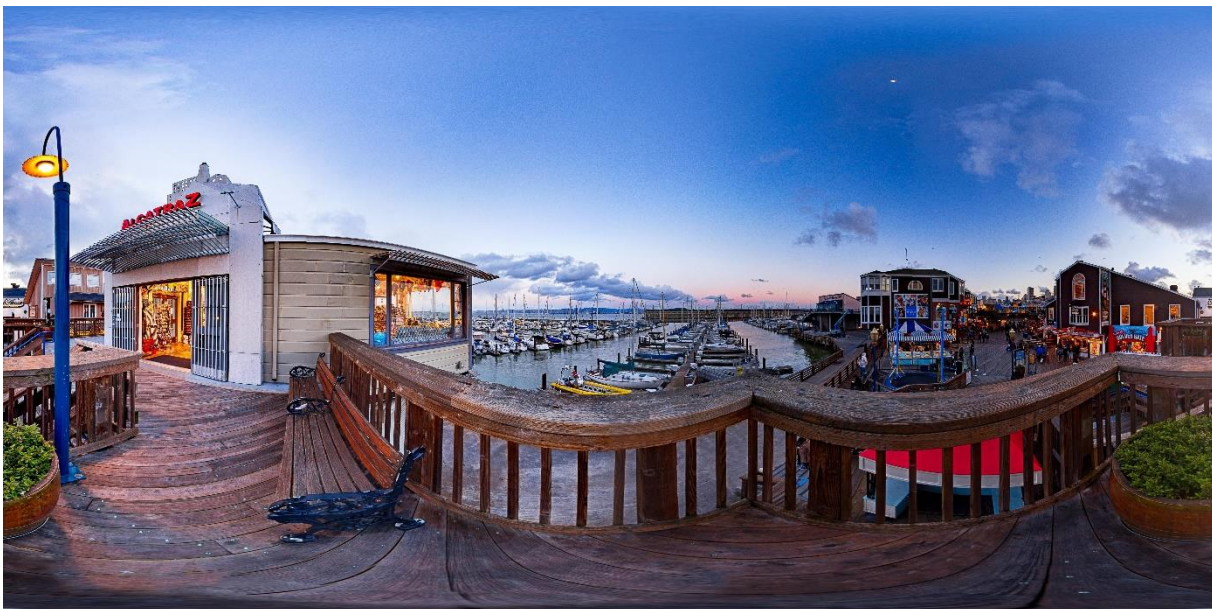
nazivi ulica, informacije o građevinama itd. Uz sve to dolazi i nekolicina gotovih primjera, od kojih je za ovu igru najvažniji Zoomable Map [33].

Zoomable Map pruža geografsku kartu cijelog svijeta s različitim izgledima karte (satelitska, cestovna i sl.) po kojoj se moguće pomicati i zumirati. Također, nudi mogućnost postavljanja oznaka na karti. Ovaj primjer korišten je kao kostur za izgradnju sustava pretraživanja lokacija u igri.

### **3.4. Pixexid**

Pixexid je internetska stranica koja ima bazu od preko dvije tisuće besplatnih fotografija visoke rezolucije koju održavaju fotografi [34]. U igri se koriste fotografije u 360° [35] preuzete s navedene stranice kao lokacije koje igrač pogađa. Fotografija u 360 stupnjeva je panoramska fotografija koja okružuje točku iz koje se fotografira u svim smjerovima. Sastoji se od niza detaljnih, preciznih fotografija poredanih u krug oko točke fotografiranja koje se softverski poravnavaju i slažu u konačni izgled. Simulira situaciju u kojoj se gledatelj nalazi „u cipelama fotografa“, tj. ima mogućnost gledanja u svim smjerovima, a ponekad i zumiranja. Za snimanje fotografije u 360 stupnjeva koriste se posebne kamere s najčešće dvije leće i senzorima iza svake od njih (engl. *Dual-sensor*), no može ih biti i više [36]. Fotografije korištene u igri odabrane su ako ispunjavaju sljedeća dva kriterija: prikazana lokacija treba biti donekle općepoznata i rezolucija mora biti u formatu 2:1. Poželjno je da igra ne bude nepotrebno zahtjevnna, stoga su lokacije odabrane tako da većina igrača zna za barem jednu od njih. Osim toga, kako bi se fotografija uopće mogla prikazati u virtualnoj stvarnosti, širina joj mora biti dvostruko veća od visine. Tek se tada oblik teksture može postaviti na *cubemap* [37], o čemu se više može pročitati u sljedećem poglavlju. U nastavku slijede slike lokacija korištenih u igri (Slika 3.1 - Slika 3.5).





**Slika 3.1** Lokacija 1; PIER 39, The Embarcadero, San Francisco, CA, SAD (preuzeto iz [38])

Rezolucija: 7140x3570 px



**Slika 3.2** Lokacija 2; Central Park, New York, NY, SAD (preuzeto iz [39])

Rezolucija: 12580 x 6290 px



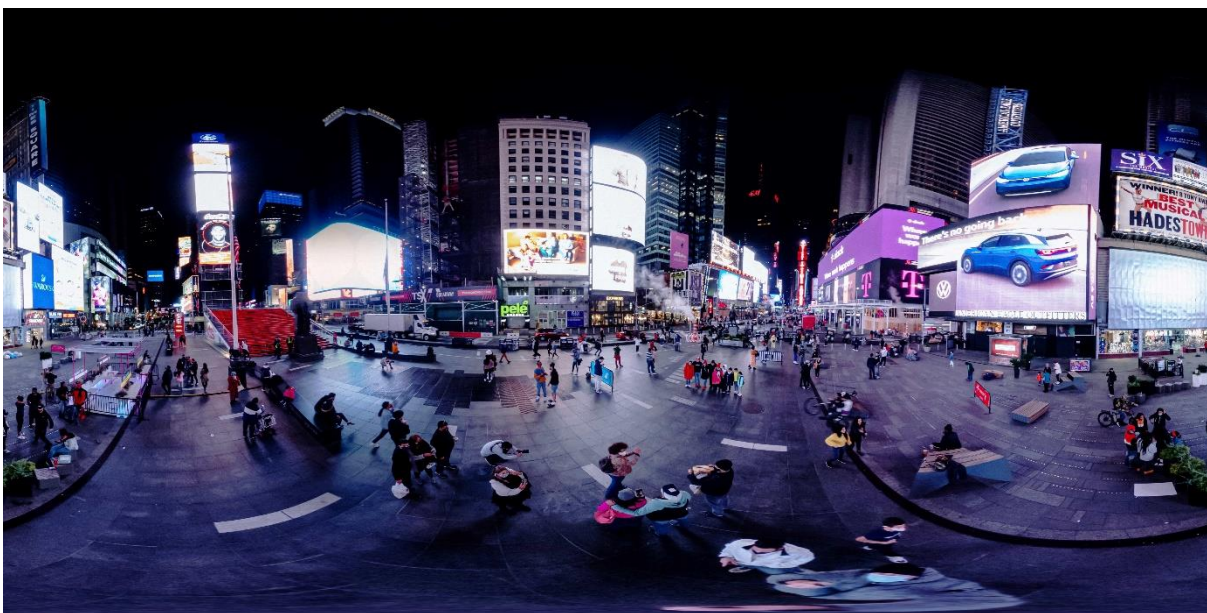


**Slika 3.3** Lokacija 3; Muir Beach Overlook, Muir Beach, CA, SAD (preuzeto iz [40])



**Slika 3.4** Lokacija 4; Bayside Marketplace, Biscayne Boulevard, Miami, FL, SAD (preuzeto iz [41])

Rezolucija: 7296x3648 px



**Slika 3.5** Lokacija 5; Times Square, New York, NY, SAD (preuzeto iz [42])

Rezolucija: 7296x3648 px

### 3.5. Uređaj Oculus Quest

Oculus Quest je uređaj za izvedbu virtualne stvarnosti u obliku HMD-a. Koristi zaseban operacijski sustav. S prednje strane ima niz kamera i brojne senzore za različite vrste podražaja. Posjeduje i pozicijske slijednike koji djeluju u šest stupnjeva slobode. S unutarnje strane nalaze se dva OLED zaslona, po jedan za svako oko, rezolucije 1440x1600 i stope osvježavanja 72 Hz [43]. Uređaj ima mogućnost korištenja ugrađenih aplikacija i igara, bilo bežično ili žično, kao i kompatibilnog softvera na računalu ako je povezan s njim putem USB kabla (tzv. Oculus Link). S inicijalnom cijenom od 400 dolara smatran je izvrsnom, a opet prihvatljivom opcijom, bilo za zabavu ili za razvijanje VR softvera. S uređajem u paketu dolaze i dva kontrolera (Slika 3.6), svaki s po tri gumba, tipkom za stisak (engl. *grip*), okidačem (engl. *trigger*) i palicom (engl. *thumbstick*).





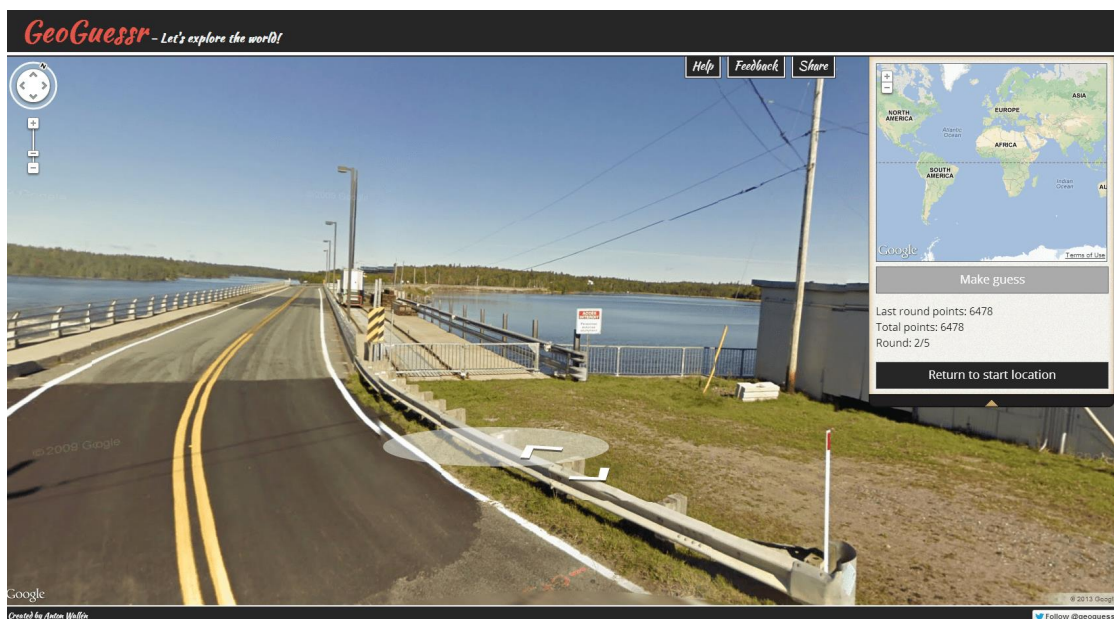
**Slika 3.6** Oculus Quest s kontrolerima (preuzeto iz [44])

Za praćenje pokreta koristi se sustav „Oculus Insight“ koji djeluje „iznutra prema van“. Baziran je na konceptu poznatom kao SLAM (engl. *Simultaneous localization and mapping*, SLAM) [45] koji istovremeno ažurira kartu prostora i prati lokaciju igrača u njemu. Postoji više algoritama koji, barem približno, rješavaju problem SLAM-a, npr. Kalman filter, presjek kovarijance, GraphSLAM. Svi oni bazirani su na računalnom vidu i računalnoj geometriji. Uz prethodno spomenuti sustav koriste se četiri širokokutne kamere za praćenje infracrvenih dioda na kontrolerima te primanje podataka koje šalju akcelerometri s HMD-a i kontrolera. Sve to, povezano s algoritmima baziranim na umjetnoj inteligenciji, služi za precizno predviđanje kretanja kontrolera kad nisu u vidnom polju.

Osim kontrolera, unos se može obaviti gestama ruku. Oculus Insight sustav, zajedno s praćenjem na osnovi modela, prepoznaje pozicije i geste korisnikovih ruku bez potrebe za korištenjem dodatnog sklopovlja [43].

## 4. Ideja igre VR am I?

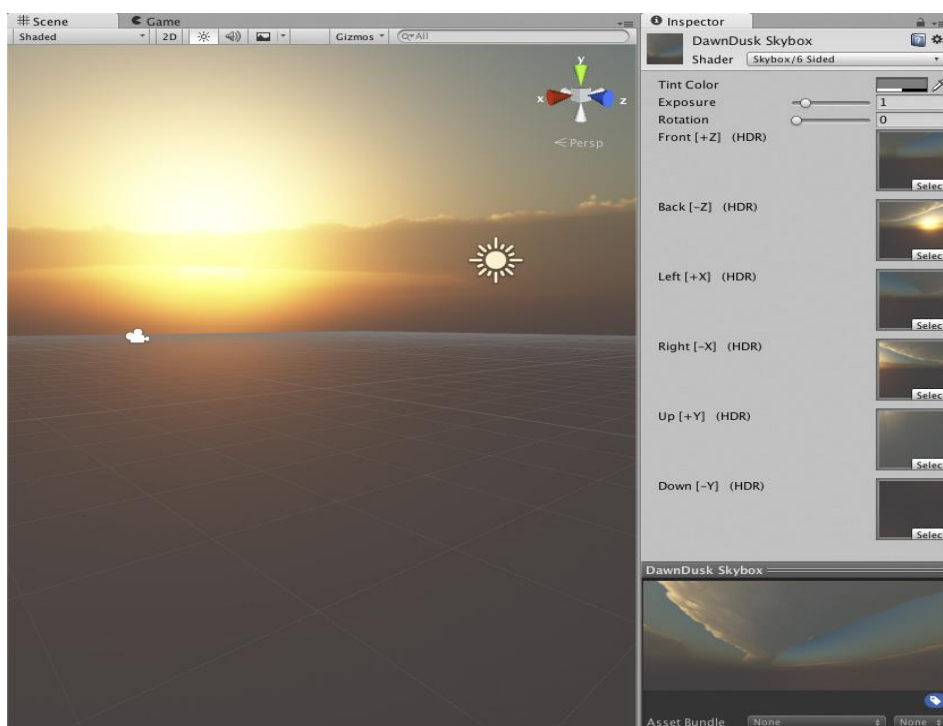
U sklopu ovog poglavlja opisana je ideja igre „VR am I?“ koja je razvijena za potrebe ovog rada. Osmišljena je po uzoru na trenutno popularni GeoGuessr [2]. GeoGuessr je online igra u kojoj se igrač nalazi na slučajno određenoj lokaciji u svijetu u Google Street View panoramskom prikazu [46] (Slika 4.1). Cilj igre je da igrač, koristeći samo svoju okolinu i informacije koje iz nje može izvući, pokuša što preciznije pogoditi gdje se zapravo nalazi. Svoj konačan odabir označava na interaktivnoj karti svijeta. Nakon potvrde izbora, na karti se prikaže stvarna pozicija igrača, kao i udaljenost od oznake njegovog pokušaja.



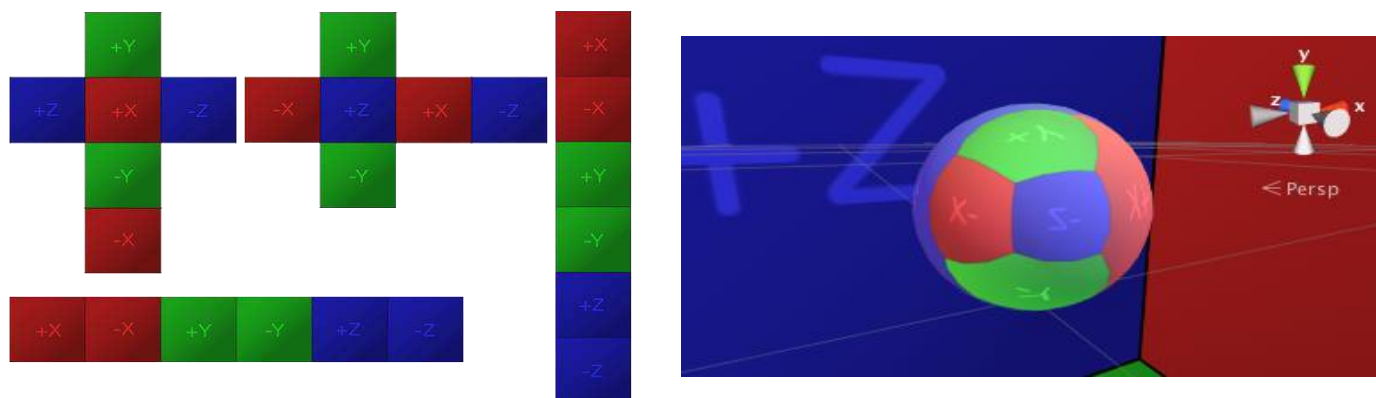
Slika 4.1 Isječak iz igre GeoGuessr (preuzeto iz [47])

Za razliku od GeoGuessr-a, u igri „VR am I?“ igrač se može kretati u tri stupnja slobode (engl. *3 Degrees of Freedom*, 3DoF), što znači da može okretati glavu u svim smjerovima, no ne može se maknuti s točke na kojoj se nalazi [48]. Realizacija takve igre u virtualnoj stvarnosti ojačava dojam prisutnosti na samoj lokaciji, koju predstavlja fotografija u 360°. Da bi se jedna takva fotografija prikazala u virtualnom okruženju, mora se mapirati na objekt pod nazivom *skybox* [49]. To je objekt unutar igre koji služi kao omotač oko scene i prikazuje kako virtualni svijet izgleda van dosega ostalih

objekata na sceni. Svrha im je poboljšanje izgleda horizonta, točnije pružanje dojma da se na kraju horizonta nalazi kompleksan krajolik (Slika 4.2). No, prije samog mapiranja postoji uvjet da je oblik teksture željene slike *cubemap* [37], tj. „kolekcija od šest kvadratnih tekstura koje predstavljaju odraze na okolinu“. Tih šest tekstura tvore zamišljenu kocku oko objekta, gdje svaka od njih prikazuje pogled duž jedne od osi koordinatnog sustava (Slika 4.3). Tek nakon što je odabran taj oblik teksture slike, ona se može mapirati na *skybox*.



**Slika 4.2** Prikaz *skyboxa* (nebo) u Unity sceni (preuzeto iz [49])



**Slika 4.3** Neki od načina prikaza izgleda teksture *cubemap* (preuzeto iz [37])

## 5. Razvoj igre VR am I?

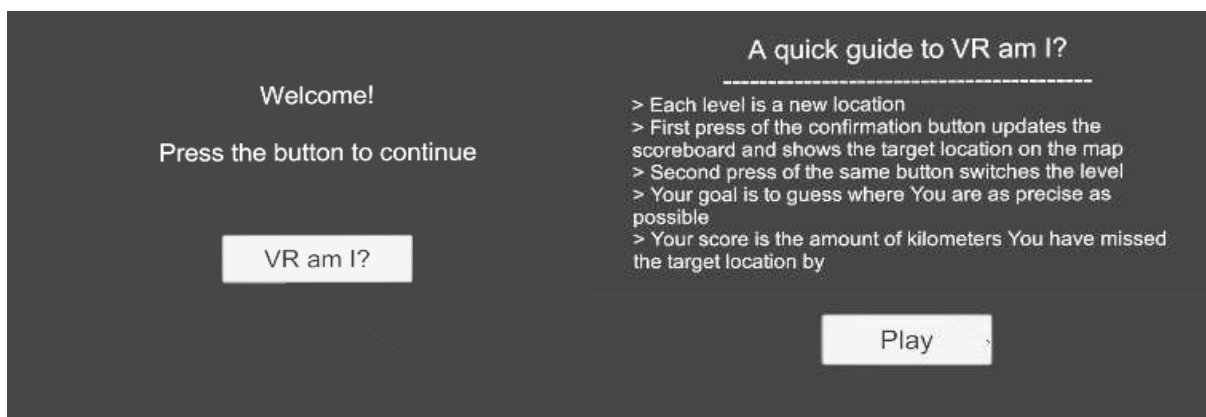
U ovom se poglavlju detaljnije opisuje razvoj igre, dizajn scene, osnovne mehanike i mogućnost proširenja igre u budućnosti. Naziv igre „VR am I?“ dolazi kao prilagodba fraze „*Where am I?*“, što u prijevodu s engleskog jezika znači „Gdje sam ja?“.

### 5.1. Opis igre i dizajn scene

Igra se sastoji od pet lokacija, gdje svaka od njih simbolizira jednu razinu (engl. *level*). Cilj je ostvariti što manji konačni broj kilometara za koje je stvarna lokacija promašena, odnosno što preciznije pogoditi lokaciju gdje se nalazi. Igrač na svakoj razini ima priliku za pogađanjem svoje lokacije. Taj pokušaj označava na interaktivnoj karti svijeta. Potvrđivanjem odabira ispisuje se udaljenost između pokušaja i stvarne pozicije lokacije na ploči s rezultatima. Ponovnim pritiskom tipke za potvrdu dolazi do promjene razine i zbrajanja broja kilometara s dotad ostvarenim brojem. Ukoliko je igrač došao do posljednje razine, ta akcija dovodi do ispisa ukupnog broja kilometara i kraja igre.

Pokretanjem igre otvara se mali početni izbornik, točnije platno (engl. *Canvas*) s jednim gumbom korisničkog sučelja. Pritiskom na taj gumb zatvara se početni izbornik, a otvara platno s kratkim opisom ideje i uvoda u igru koje također sadrži jedan gumb. Interakcija s tim gumbom pokreće prvu razinu. Slika 5.1 prikazuje oba spomenuta platna. Zamisao svake razine je da igrač prvo isključi sve što ga može ometati (karta svijeta, platno s uputama, platno s rezultatima) pritiskom na primarni gumb (engl. *Primary button*) lijevog i/ili desnog kontrolera. Zatim, iz svoje virtualne okoline povezuje detalje koje je uočio te konačno donosi odluku o mjestu gdje se nalazi. Nakon toga aktivira kartu, na njoj se pomiče na zamišljenu poziciju pa stišće sekundarni gumb (engl. *Secondary button*) desnog kontrolera čime postavlja oznaku (engl. *Marker*) *Guess*. Tu oznaku može premjestiti proizvoljan broj puta, sve dok ne potvrdi izbor pritiskom na sekundarni gumb lijevog kontrolera. Time se izaziva stvaranje oznake *Target* na karti, koja simbolizira stvarnu lokaciju na kojoj se igrač nalazi. Osim

toga, zapisuje se broj promašenih kilometara za tu razinu na ploču s rezultatima. Također, igrač u trenutku nakon prvog pritiska na gumb potvrde zadržava samo mogućnosti pomicanja po karti na toj razini zuma i paljenje/gašenje platna s uputama i rezultatima. Ponovnim pritiskom prethodno spomenutog gumba prebacuje se na novu razinu i nastavlja igru. Ako je pak na posljednjoj razini, tada neće doći do promjene lokacije, već do ispisivanja sveukupnog broja kilometara zbrojenog iz rezultata svih razina.



**Slika 5.1** Početni izbornik (lijevo) te kratki opis i uvod u igru (desno)

Jedini interaktivni element igre je karta svijeta, a polu-interaktivni elementi su platno s rezultatima i platno s uputama (samo paljenje odnosno gašenje elementa). Platno s uputama prikazuje izgled kontrolera uređaja Oculus Quest, a funkcija koju pojedini gumb obavlja pridružena mu je pomoću strelice (Slika 5.2). Platno s rezultatima prikazuje rezultat za svaku razinu igre jedan ispod drugog s konačnim rezultatom igre ispod svih rezultata razina. Po karti svijeta omogućeno je kretanje u svim smjerovima palicom lijevog te zumiranje palicom desnog kontrolera, kao i funkcionalnost koju posjeduju platna. Karta se osvježava svakim pomicanjem i razina detalja se prilagođava razini zuma. Ako lokacija koju je igrač zamislio postoji, moći će ju pronaći na karti. Slika 5.3 prikazuje različite razine zuma na karti svijeta.

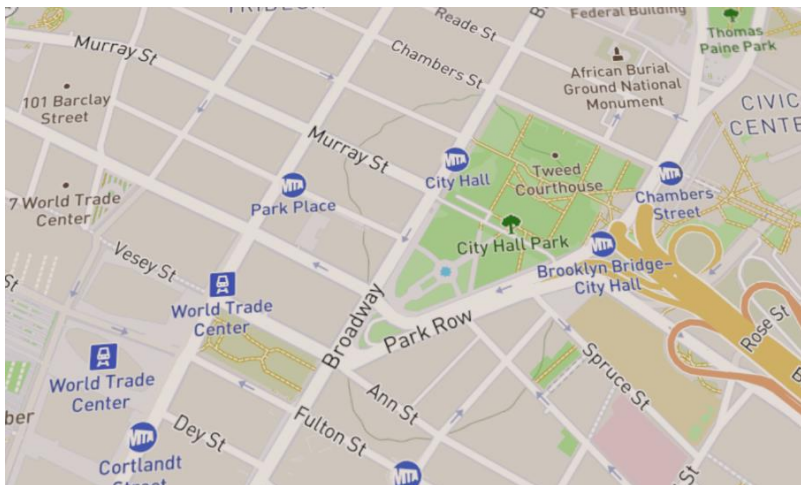
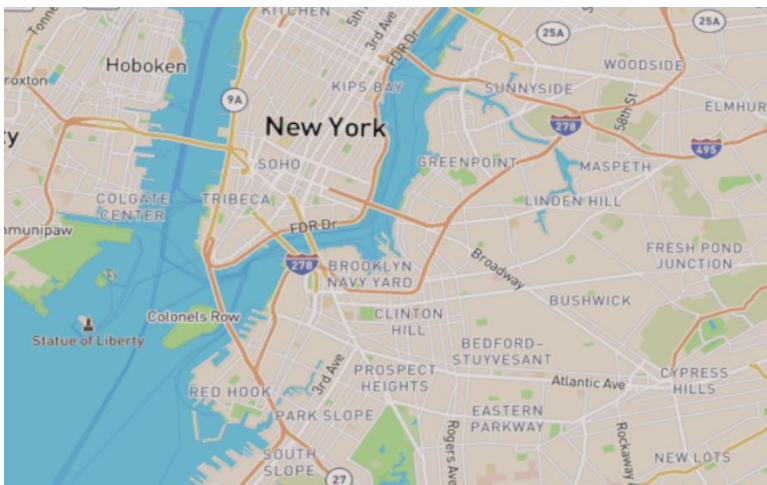
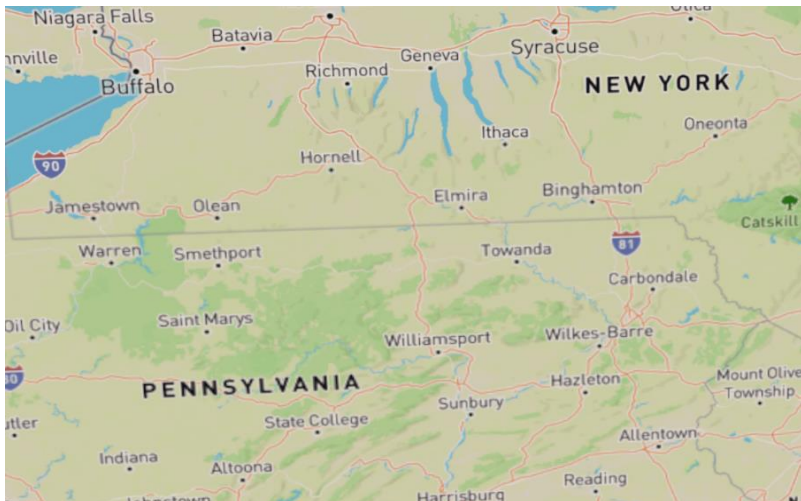




**Slika 5.2** Upute za igranje

Igra se sastoji od jedne scene na kojoj se, po potrebi, uključuju i isključuju pojedini objekti igre (engl. *Game object*). Glavne objekte scene čine karta svijeta, platno s uputama za igranje i platno s rezultatima. Ostali objekti na sceni su kamera i kontroleri u funkciji igrača, 2D kamera usmjerena u kartu, platno početnog izbornika te platno uvoda u igru. Prvotno su isključeni svi objekti osim platna početnog izbornika koje se sastoji od polja za tekst i jednog gumba. Pritisak na gumb platna s uvodom u igru uključuje glavne objekte scene i mijenja pozadinsku sliku, odnosno „učitava“ prvu razinu. Objekti uključeni pokretanjem prve razine ostaju uključeni do kraja igre, no igraču se pruža mogućnost da ih isključi.





**Slika 5.3** Različite razine zuma na karti

## 5.2. Mehanike u igri

U igri su korištene ugrađene Unityjeve mehanike (npr. interakcija igrača s korisničkim sučeljem) uz četiri napisane skripte. Skripta *SwitchCanvasScript.cs* pridružena je objektu *StartMenuCanvas*, a poziva se pritiskom na gumb „VR am I?“. Vršiti jednostavnu funkciju isključivanja platna početnog izbornika i uključivanja platna s uvodom u igru. Sljedeća bitna mehanika je proširenje prethodne skripte pod nazivom *UpdateSkyboxScript.cs*, pridruženo objektu *HowToCanvas*. Pritisak na gumb „Play“ poziva metodu *UpdateSkybox* (Slika 5.4) koja obavlja nekoliko zadataka. Prvo uključuje platno s uputama *HelpCanvas*, platno s rezultatima *ScoreboardCanvas* i platno s kartom *MapCanvas*. Zatim skripta isključuje platno uvoda u igru i „učitava“ prvu razinu, tj. mijenja materijal (engl. *Material*) objekta *skybox* s Unityjevog zadanog materijala na sliku prve razine. Konačno, ažurira okruženje za vrijeme igre pozivom ugrađene metode *DynamicGI.UpdateEnvironment()*. Nadalje, kad je prva razina već učitana igrač može uključiti odnosno isključiti platno s uputama, ovisno o potrebi. Ta funkcionalnost implementirana je u skripti *ToggleCanvasScript.cs*. Ako je pritisnut primarni gumb lijevog kontrolera, a platna *HelpCanvas* i *ScoreboardCanvas* su uključena, isključit će se; ako su pak isključena, uključit će se.

```
void UpdateSkybox()
{
    for (int i = 0; i < canvasList.Count; i++)
    {
        canvasList[i].gameObject.SetActive(true);
    }
    canvasToHide.gameObject.SetActive(false);

    RenderSettings.skybox = skybox;
    DynamicGI.UpdateEnvironment();
}
```

Slika 5.4 Isječak koda skripte *UpdateSkyboxScript.cs*

Glavna skripta u ovoj igri je *QuadTreeCameraMovement.cs* pridružena objektu karte *Map*. U toj je skripti definiran najveći dio pozadinske logike igre: uključivanje / isključivanje karte, kretanje po karti, zumiranje, postavljanje oznaka, računanje udaljenosti, ispis rezultata i promjena razina. Uključivanje te isključivanje obavlja se na isti način kao i u prethodnoj skripti. Igrač se po karti kreće korištenjem palice lijevog kontrolera. Pomicanje palice može se mapirati na interval  $[-1, 1]$  i podijeliti na dvije osi koordinatnog sustava. Te se decimalne vrijednosti bilježe u x i y komponente varijable *thumbAxis*. Komponenta x varijable *thumbAxis* poprima vrijednost 1 ako je palica pomaknuta skroz udesno, odnosno -1 ako je pomaknuta skroz ulijevo. Isto vrijedi i za y komponentu, gdje je 1 kada se palica pomakne skroz gore, tj. -1 kada se pomakne skroz dolje. Decimalna vrijednost palice desnog kontrolera koja je u funkciji zuma učitava se u varijablu *zoomAxis.y* (ne koristi se x komponenta). Na temelju tih varijabli metoda *HandleThumbstick* (Slika 5.5) računa razinu zuma, kao i pomak u stupnjevima geografske širine i dužine. Konačno, koristeći te vrijednosti ugrađene metode Maps SDK-a obavljaju ažuriranje prikaza karte na novoj geografskoj širini i dužini za novu razinu zuma.

Oznaka *Guess* postavlja se na kartu pritiskom na sekundarni gumb desnog kontrolera. Ta je funkcionalnost implementirana u metodi *CreateMarker* (Slika 5.8). Pozivom metode uklanja se već postojeća oznaka na karti (ukoliko postoji), stvara se instanca objekta *\_markerPrefab* i smješta na koordinate na koje igrač pokazuje. Ako se pak taj gumb pritisne dok je karta ugašena, na ploči s rezultatima zapiše se poruka o neuspjelom pokušaju. Kako se objekt oznake ne bi pomicao ponovnim kretanjem po karti, metoda *FixMarker* iznova namješta položaj oznake na karti. Nju poziva ugrađena metoda *Update()* svakim novim okvirom (engl. *Frame*).

```

public void HandleThumbstick()
{
    var zoom = Mathf.Max(
        0.0f,
        Mathf.Min(_mapManager.Zoom + zoomAxis.y * _zoomSpeed, 21.0f));
    if (Math.Abs(zoom - _mapManager.Zoom) > 0.0f)
    {
        _mapManager.UpdateMap(_mapManager.CenterLatitudeLongitude, zoom);
    }

    if (Math.Abs(thumbAxis.x) > 0.0f
        || Math.Abs(thumbAxis.y) > 0.0f)
    {
        float factor =
            _panSpeed * (
                Conversions.GetTileScaleInDegrees(
                    (float)_mapManager.CenterLatitudeLongitude.x,
                    _mapManager.AbsoluteZoom));

        latitudeLongitude =
            new Vector2d(
                _mapManager.CenterLatitudeLongitude.x + thumbAxis.y * factor * 2.0f,
                _mapManager.CenterLatitudeLongitude.y + thumbAxis.x * factor * 4.0f);

        _mapManager.UpdateMap(latitudeLongitude, _mapManager.Zoom);
    }
}

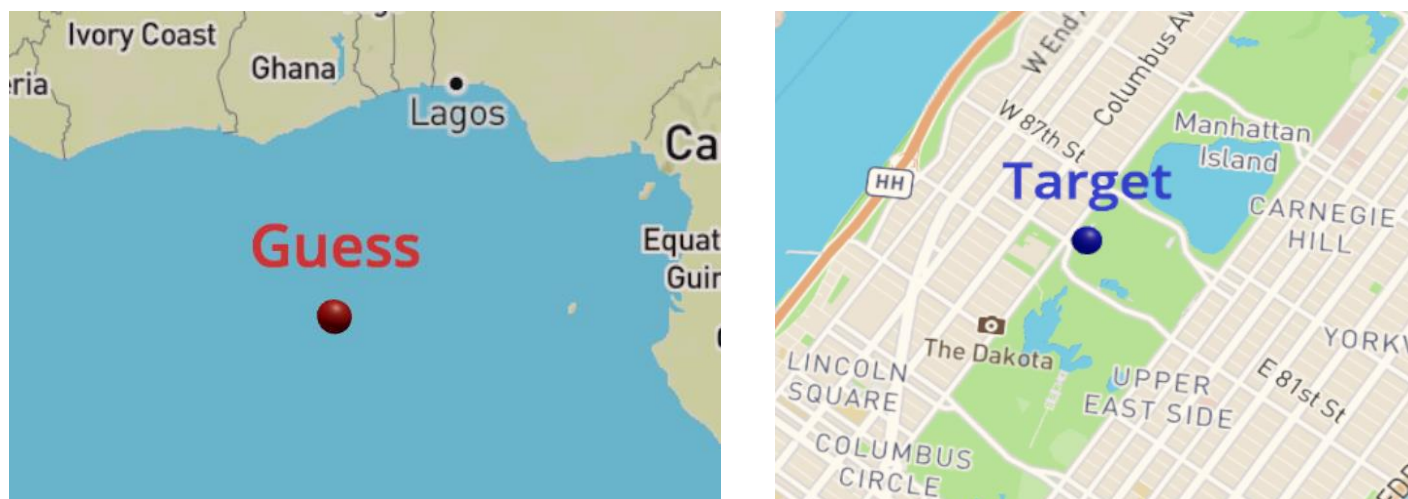
```

**Slika 5.5** Isječak koda skripte *QuadTreeCameraMovement*, metoda *HandleThumbstick()*

Pritisak na sekundarni gumb lijevog kontrolera izaziva nekoliko akcija. Prvo, stvara se oznaka *Target* na karti na mjestu koje igrač vidi oko sebe, tj. slike učitane u *skybox*. Učini li se to prije no što je zabilježen pokušaj pogađanja, na ploču s rezultatima ispisuje se prikladna poruka o neuspjehu i od igrača se traži da stvori oznaku *Guess*. Obje se oznake instanciraju i fiksiraju na isti način, no stvaranjem oznake *Target* igrač gubi mogućnosti isključivanja karte te zumiranja, odnosno ulazi u „međurazinu“. Ona je stvorena kako bi igrač dobio vizualni prikaz kartografske udaljenosti njegovog pokušaja od stvarnog položaja lokacije. Slika 5.6 prikazuje izgled oznaka *Guess* i *Target* u igri. Ulazak u „međurazinu“ poziva i funkciju za računanje udaljenosti. Ona radi na principu *haversine* formule [50] (Slika 5.7), točnije računa udaljenost između dvije točke na Zemlji. Točke su određene stupnjevima geografske širine i dužine, a mjerna jedinica konačne udaljenosti ovisi samo o odabiru mjerne



jedinice za radijus Zemlje. Izračunata se udaljenost ispisuje na ploču s rezultatima te zbraja s ukupnim brojem dosad promašenih kilometara.



**Slika 5.6** Oznake Guess i Target na karti

$$d = 2r \sin^{-1} \left( \sqrt{\sin^2 \left( \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2} \right) + \cos \varphi_1 \times \cos \varphi_2 \times \sin^2 \left( \frac{\lambda_2 - \lambda_1}{2} \right)} \right)$$

**Slika 5.7** Haversine formula (preuzeto iz [50])

Drugi pritisak na isti gumb uklanja oznaku *Target* s karte i mijenja broj lokacije za prikazati. Sve slike lokacija spremljene su u listu materijala, dok su za njih povezane dužina i širina spremljene u listu tipa *Vector2d*. To je poseban razred stvoren isključivo za spremanje i rad s vektorima geografske dužine i širine. Uz to, drugi pritisak gumba poziva i metodu *ChangeBackground*, koja prema broju lokacije učitava novi materijal u *skybox* te ažurira okruženje pomoću već spomenute ugrađene metode. Ako je igrač na posljednjoj razini, na ploču s rezultatima ujedno se ispisuje i ukupan broj promašenih kilometara.

```

void CreateMarker(InputAction.CallbackContext ctx)
{
    var value = ctx.ReadValue<float>();
    if (notAllowed == 0)
    {
        var toRemove = GameObject.Find("CustomMarkerPrefab(Clone)");
        if (toRemove != null)
        {
            Destroy(toRemove);
        }

        if (value > 0 && map.activeInHierarchy)
        {
            var instance = Instantiate(_markerPrefab);

            instance.transform.localPosition =
                _mapManager.GeoToWorldPosition(latitudeLongitude, true);
            instance.transform.localScale =
                new Vector3(_spawnScale, _spawnScale, _spawnScale);
            markerLatLong = new Vector2d(latitudeLongitude.x, latitudeLongitude.y);

            instance.transform.parent = _mapManager.transform;
        }
    }
}

```

Slika 5.8 Metoda *CreateMarker* skripte *QuadTreeCameraMovement.cs*

### 5.3. Nedostatci i mogućnosti proširenja igre

Glavni nedostatak trenutne verzije igre je mali broj razina. To dodatno otežava činjenica da je zasad jedini način dodavanja novih razina preuzimanje slika, odnosno ne postoji opcija dinamičkog povlačenja slika iz nekog izvora. Zbog ovakvog načina ubacivanja novih razina postoje i dodatni uvjeti i ograničenja. O svakoj se od lokacija moraju znati svi nužni detalji (geografska dužina i širina, ime lokacije), razlučivost mora biti u formatu 2:1 te sama slika mora biti *cubemap* oblika teksture.

Problem razina donekle moguće riješiti preuzimanjem slika koje zadovoljavaju sve zadane uvjete. Osim toga, igru je moguće proširiti korištenjem baze podataka i spremanjem korisnika i njihovih rezultata. To bi otvorilo opciju nadmetanja kroz pojedinačnu igru. Također, jedan od mogućih dodataka može biti i dodavanje opcije za

igru s više igrača, bilo kompetitivno ili kooperativno. Na kraju, moguće je ubaciti i brojač, tj. postaviti ograničenje na vrijeme koje je igraču dano za razmišljanje i pogađanje.

## 6. Zaključak

Tijekom posljednjih desetak godina ponovno se oživio interes javnosti za virtualnom stvarnošću. Dva glavna problema dotad bili su pristupačnost (cijena) i vjerodostojnost (uvjerljivost). Dostupnošću uređaja različitih performansi u mnoštvu cjenovnih rangova, riješen je problem pristupačnosti. Također, rapidan napredak tehnologije omogućio je i razvitak brojnih, dotad neviđenih rješenja. Time se riješio problem vjerodostojnosti – virtualna stvarnost postala je dovoljno uvjerljiva i zanimljiva da ljudi žele provoditi vrijeme u njoj. Osim za razonodu, porasla joj je iskoristivost u raznim područjima, npr. medicini, vojsci, obrazovanju i marketingu.

Za potrebe ovog rada izrađena je igra za pogađanje geografske lokacije u virtualnoj stvarnosti nazvana „VR am I?“. Virtualno okruženje igraču pruža osjećaj „uronjenosti“ i prisutnosti na svakoj od lokacija, koje su realizirane koristeći slike u 360 stupnjeva. Igru čini pet lokacija, gdje svaka od njih simbolizira jednu razinu. Igrač na karti svijeta označava gdje misli da se nalazi, a točnost pogađanja procjenjuje se brojem kilometara – manji broj tretira se kao uspješniji pokušaj. Cilj igre je ostvariti što manji ukupni broj kilometara promašaja. Prednost ovakve realizacije igre, u usporedbi s izvedbama ovakvog tipa igara za standardne sustave, jest činjenica da igrač za vrijeme igranja postaje dio virtualnog okruženja, tj. lokacije čiju poziciju pogađa.

Mnogo je potencijalnih proširenja igre, npr. vremenska ograničenja, dodavanje novih razina ili stvaranje opcije za igranjem s više igrača samo su neke od mogućnosti. Ako se na to sve doda faktor izvedbe u virtualnoj stvarnosti, dodatno se povećava prednost igranja ove verzije igre. Može se zaključiti da bi igra u virtualnoj stvarnosti trebala biti bogatije i kompletnije iskustvo od njezinih pandana namijenjenih za igranje na drugim sustavima.



## 7. Literatura

- [1] Tobias, S., Fletcher, J. D., & Wind, A. P. (2014). Game-based learning. Handbook of research on educational communications and technology, 485-503.
- [2] Geoguessr; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.geoguessr.com/>
- [3] Dale Arasa, Why is Geoguessr trending? All about the geography game; objavljeno: 20.10.2021.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://usa.inquirer.net/85342/geoguessr-the-geography-game>
- [4] Umrežene višemedijske usluge, FER; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://www.fer.unizg.hr/download/repository/UVU-2021-09-Konferencijske\\_usluge\\_visekorisnicke\\_okoline\\_AR\\_VR.pdf](https://www.fer.unizg.hr/download/repository/UVU-2021-09-Konferencijske_usluge_visekorisnicke_okoline_AR_VR.pdf)
- [5] Igor S. Pandžić, Tomislav Pejša, Krešimir Matković, Hrvoje Benko, Aleksandra Čereković, Maja Matijašević: Virtualna okruženja: Interaktivna 3D grafika i njene primjene (2013.). Element.
- [6] Chris Payatagool, Theory and Research in HCI: Morton Heilig, Pioneer in Virtual Reality Research; objavljeno: 19.09.2008.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory\\_and\\_research\\_in\\_hci\\_morton\\_heilig/](http://www.telepresenceoptions.com/2008/09/theory_and_research_in_hci_morton_heilig/)
- [7] Chandrakant Isi, Baffling History Of Virtual Reality Headsets: From Sensorama To SEGA; objavljeno: 08.04.2019.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.mysmartprice.com/gear/baffling-history-virtual-reality-headsets-sensorama-sega/>
- [8] Swagsoft; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://swagsoft.com.sg/blog/vr-history-10-major-milestones-of-vr-evolution/>
- [9] Oculus Rift; posljednja promjena: 28.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Rift](https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Rift)
- [10] E3; posljednja promjena: 18.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://en.wikipedia.org/wiki/E3>

- [11] The Associated Press, Facebook to buy Oculus virtual reality firm for \$2B; objavljeno: 25.03.2014.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.cbc.ca/news/science/facebook-to-buy-oculus-virtual-reality-firm-for-2b-1.2586318>
- [12] Google Cardboard; posljednja promjena: 05.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Google\\_Cardboard](https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Cardboard)
- [13] Sony PlayStation VR; posljednja promjena: 29.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation\\_VR](https://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation_VR)
- [14] OLED; posljednja promjena: 12.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://en.wikipedia.org/wiki/OLED>
- [15] Lily Prasuethsut, HTC Vive review; objavljeno: 05.04.2016.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.wareable.com/vr/htc-vive-review>
- [16] HTC Vive Pro 2; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.vive.com/eu/product/vive-pro2-full-kit/overview/>
- [17] HTC Vive Focus 3; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.vive.com/eu/product/vive-focus3/overview/>
- [18] Theo Binns, New HTC Vive Pro 2 VR headset packs a 5K resolution and 120Hz refresh rate; objavljeno: 12.05.2021.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.pcgamesn.com/htc-vive-pro-2-vr-headset-reveal>
- [19] Ghost Productions: Medical VR – Surgical Training; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://ghostproductions.com/medical-vr/surgical-training/>
- [20] Gregg, Lynsey, and Nicholas Tarrier. "Virtual reality in mental health." *Social psychiatry and psychiatric epidemiology* 42.5 (2007): 343-354.
- [21] Emily Krings, Immersive Video: Everything You Should Know About VR Videos in 2021; objavljeno: 20.07.2021.; posljednji pristup: 07.06.2022.; poveznica: <https://www.dacast.com/blog/immersive-video-vr/>
- [22] Andrew Woodberry, Government Divisions to Use VR for Training, Hiring, & More; posljednja promjena: 26.10.2017.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://readwrite.com/government-vr-uses/>

- [23] Virtual reality game; posljednja promjena: 21.01.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_reality\\_game](https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_reality_game)
- [24] Aric Jenkins, The fall and rise of VR: The struggle to make virtual reality get real; posljednja promjena: 20.06.2019.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://fortune.com/longform/virtual-reality-struggle-hope-vr/>
- [25] Superhot VR; posljednja promjena: 29.04.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Superhot#Superhot\\_VR\\_2](https://en.wikipedia.org/wiki/Superhot#Superhot_VR_2)
- [26] Beat Saber; posljednja promjena: 21.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Beat\\_Saber](https://en.wikipedia.org/wiki/Beat_Saber)
- [27] Half-Life: Alyx; posljednja promjena: 19.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Half-Life:\\_Alyx](https://en.wikipedia.org/wiki/Half-Life:_Alyx)
- [28] Unity; posljednja promjena: 31.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Unity\\_\(game\\_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Unity_(game_engine))
- [29] Microsoft Visual Studio; posljednja promjena: 01.06.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft\\_Visual\\_Studio](https://en.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio)
- [30] Visual Studio IntelliCode; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://visualstudio.microsoft.com/services/intellicode/>
- [31] Software Development Kit; posljednji pristup: 07.06.2022.; poveznica: <https://www.goodfirms.co/glossary/software-development-kit-sdk/>
- [32] Mapbox; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.mapbox.com/unity/>
- [33] Mapbox Zoomable Map; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://docs.mapbox.com/unity/maps/examples/zoomable-map/>
- [34] Pixexid; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/>
- [35] 360-degree photograph; posljednja promjena: 03.2016.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.techtarget.com/whatis/definition/360-degree-photograph>

- [36] Benjamin Arango, What is a 360-Degree Camera; objavljeno: 20.05.2022.; posljednji pristup: 06.06.2022.; poveznica: <https://filmora.wondershare.com/virtual-reality/what-is-360-degree-camera.html>
- [37] Cubemap, Unity User Manual; posljednja promjena: 28.04.2020.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://docs.unity3d.com/2019.2/Documentation/Manual/class-Cubemap.html>
- [38] 360 panorama pier 39 alcatraz shop; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/image/hw40ewg-360-panorama-pier-39-alcatraz-shop>
- [39] Central Park NYC 2021; uslikano: 10.04.2021.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/image/os8kd8im-central-park-nyc-2021>
- [40] Muir beach overlook 360 view; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/image/5r71cuo-muir-beach-overlook-360-view>
- [41] Ferris wheel miami bayside; uslikano: 15.10.2020.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/image/td0g3wf-ferris-wheel-miami-bayside>
- [42] Times Square 360; posljednja promjena: 05.11.2020.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://pixexid.com/image/dp1j1wey-times-square-360>
- [43] Oculus Quest; posljednja promjena: 28.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus\\_Quest](https://en.wikipedia.org/wiki/Oculus_Quest)
- [44] Ben Lang, Oculus Quest Review – The First Great Standalone VR Headset; objavljeno: 21.05.2019.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.roadtovr.com/oculus-quest-review-the-first-great-standalone-vr-headset/>
- [45] Simultaneous localization and mapping; posljednja promjena: 30.04.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous\\_localization\\_and\\_mapping](https://en.wikipedia.org/wiki/Simultaneous_localization_and_mapping)
- [46] Google Street View; posljednja promjena: 28.05.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://www.google.com/streetview/>

- [47] Geoguessr is addictive; it really, really is; objavljeno: 23.05.2013.; posljednji pristup: 06.06.2022.; poveznica: <https://www.geekinsydney.com/3745/geoguessr-is-addictive-it-really-is/>
- [48] Aubrey Barto, What is 3DoF (Three Degrees of Freedom)? Less Than 100 Words; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://roundtablelearning.com/what-is-3dof-three-degrees-of-freedom-less-than-100-words/>
- [49] Skybox, Unity User Manual; objavljeno: 28.04.2020.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: <https://docs.unity3d.com/2019.2/Documentation/Manual/class-Skybox.html>
- [50] Haversine formula; posljednja promjena: 01.06.2022.; posljednji pristup: 02.06.2022.; poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine\\_formula](https://en.wikipedia.org/wiki/Haversine_formula)

## Popis slika

<b>Slika 2.1</b> Plakat za Sensoramu (preuzeto iz [6]) .....	4
<b>Slika 2.2</b> Sword of Damocles (preuzeto iz [7]) .....	5
<b>Slika 2.3</b> NASA VIVED (preuzeto iz [7]) .....	5
<b>Slika 2.4</b> Oculus Rift (preuzeto iz [9]) .....	6
<b>Slika 2.5</b> Google Cardboard (preuzeto iz [12]) .....	7
<b>Slika 2.6</b> Sony PlayStation VR (preuzeto iz [13]) .....	7
<b>Slika 2.7</b> HTC Vive Pro 2 (preuzeto iz [18]) .....	8
<b>Slika 2.8</b> Vojnici u pripremi za pokretanje simulacije (preuzeto iz [22]) .....	9
<b>Slika 2.9</b> Isječak iz igre Half-Life: Alyx (preuzeto iz [27]) .....	10
<b>Slika 3.1</b> Lokacija 1; PIER 39, The Embarcadero, San Francisco, CA, SAD (preuzeto iz [38]) .....	13
<b>Slika 3.2</b> Lokacija 2; Central Park, New York, NY, SAD (preuzeto iz [39]) .....	13
<b>Slika 3.3</b> Lokacija 3; Muir Beach Overlook, Muir Beach, CA, SAD (preuzeto iz [40]) .....	14
<b>Slika 3.4</b> Lokacija 4; Bayside Marketplace, Biscayne Boulevard, Miami, FL, SAD (preuzeto iz [41]) .....	14
<b>Slika 3.5</b> Lokacija 5; Times Square, New York, NY, SAD (preuzeto iz [42]) .....	15
<b>Slika 3.6</b> Oculus Quest s kontrolerima (preuzeto iz [44]) .....	16
<b>Slika 4.1</b> Isječak iz igre GeoGuessr (preuzeto iz [47]) .....	17
<b>Slika 4.2</b> Prikaz skyboxa (nebo) u Unity sceni (preuzeto iz [49]) .....	18
<b>Slika 4.3</b> Neki od načina prikaza izgleda teksture cubemap (preuzeto iz [37]) .....	18
<b>Slika 5.1</b> Početni izbornik (lijevo) te kratki opis i uvod u igru (desno) .....	20
<b>Slika 5.2</b> Upute za igranje .....	21
<b>Slika 5.3</b> Različite razine zuma na karti .....	22
<b>Slika 5.4</b> Isječak koda skripte UpdateSkyboxScript.cs .....	23
<b>Slika 5.5</b> Isječak koda skripte QuadTreeCameraMovement, metoda HandleThumbstick() .....	25
<b>Slika 5.6</b> Oznake Guess i Target na karti .....	26
<b>Slika 5.7</b> Haversine formula (preuzeto iz [50]) .....	26
<b>Slika 5.8</b> Metoda CreateMarker skripte QuadTreeCameraMovement.cs .....	27

## Sažetak

U ovom radu ukratko je objašnjena virtualna stvarnost i povijesni razvoj tehnologija kojima je ostvarena. Navedene su danas korištene tehnologije i uređaji te primjene u raznim industrijama, potkrijepljene primjerima. Napravljen je prototip igre za pogađanje geografske lokacije u virtualnoj stvarnosti pod nazivom „VR am I?“. Za izradu korišteno je razvojno okruženje Unity. Igra sadrži pet razina, a svaku od njih simbolizira jedna lokacija u svijetu. Lokacije čine slike u 360 stupnjeva, na osnovu kojih igrač pokušava pogoditi gdje se nalazi. Potvrdom izbora bilježi se udaljenost između pokušaja pogađanja i stvarne lokacije, izražena u kilometrima. Cilj igre je ostvariti što manji ukupan broj kilometara.

**Ključne riječi:** virtualna stvarnost, igra u virtualnoj stvarnosti, geografska lokacija, slika u 360 stupnjeva, Unity

## Summary

This thesis briefly explains concepts of virtual reality and historical development of the technologies used to achieve it. Technologies and devices used today and the applications in various industries are listed, supported by examples. For the purposes of this paper, a prototype game for guessing a geographic location in virtual reality has been created, called “VR am I?”. Unity game engine was used for its development. The game contains five levels, each of which is symbolized by one location in the world. Locations are represented as 360-degree photos, based on which the player tries to guess where he is. Guess confirmation records the distance between the guessing attempt and the actual location, expressed in kilometers. The goal of the game is to achieve the lowest possible total number of kilometers.

**Keywords:** virtual reality, virtual reality game, geographic location, 360-degree photo, Unity