

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 646

**RAZVOJ OBRAZOVNE IGRE ZA SKLAPANJE RAČUNALA
U VIRTUALNOJ STVARNOSTI**

Mateo Paladin

Zagreb, lipanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 646

**RAZVOJ OBRAZOVNE IGRE ZA SKLAPANJE RAČUNALA
U VIRTUALNOJ STVARNOSTI**

Mateo Paladin

Zagreb, lipanj 2022.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 646

Pristupnik: **Mateo Paladin (0036525128)**
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo
Modul: Računarstvo
Mentorica: prof. dr. sc. Lea Skorin-Kapov

Zadatak: **Razvoj obrazovne igre za sklapanje računala u virtualnoj stvarnosti**

Opis zadatka:

Suvremeni komercijalni sustavi za virtualnu stvarnost (engl. Virtual Reality, VR) zasnovani su na tehnologiji koja omogućava praćenje korisnikovih pokreta u šest stupnjeva slobode te služe kao poticaj razvijateljima usluga i igara za razvoj kreativnih metoda interakcije s virtualnim svijetom. Brojne studije pokazale su prednost primjene tehnologije VR za treniranje, pri čemu se kroz digitalne simulacije realističnih scenarija omogućuje korisnicima uvježbavanje složenih vještina. Nadalje, igrifikacija (engl. gamification) je proces u kojem se elementi karakteristični za igre poput praćenja rezultata, određenih pravila i slično primjenjuju kako bi pojačali motivaciju i produktivnost korisnika. U ovom radu potrebno je u razvojnoj okolini Unity implementirati igru kroz koju bi korisnici vježbali kako složiti računalo od računalnih komponenata. Potrebno je korisnicima u virtualnom okruženju dati upute kako složiti računalo, te primjenom elemenata igrifikacije omogućiti im da uvježbaju stečenu vještinu. Nadalje, potrebno je provesti korisničku studiju tijekom koje ćete korištenjem subjektivnih metoda ispitati koliko korisnici smatraju korisnom razvijenu VR igru u svrhu treniranja, u usporedbi s čitanjem uputa na papiru ili gledanjem video uputa. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 10. lipnja 2022.

Sadržaj

1.	Uvod	1
2.	Videoigre	2
2.1.	Podjela videoigara	2
2.2.	Primjena videoigara u obrazovanju	2
3.	Virtualna stvarnost.....	5
3.1.	Povijest virtualne stvarnosti.....	5
3.2.	Tehnologija virtualne stvarnosti	6
3.3.	Obrazovne videoigre unutar virtualne stvarnosti.....	7
3.3.1.	3D Organon	7
3.3.2.	HoloLab Champions.....	8
4.	Korištene tehnologije pri izradi aplikacije Building PieCeS.....	9
4.1.	Unity	9
4.2.	Microsoft Visual Studio	9
4.3.	XR Interaction Toolkit	9
4.4.	Oculus Quest 2	10
5.	Izrada obrazovne igre Building PieCeS.....	11
5.1.	Koncept igre	11
5.2.	Dizajn scene.....	13
5.3.	Objekti unutar igre.....	15
5.3.1.	Upute za sklapanje računala	15
5.3.2.	Interakcija s objektima.....	16
5.3.3.	Interakcija između objekata.....	18
5.4.	Mogućnost proširenja igre	19
6.	Korisnička studija.....	20
6.1.	Metodologija.....	20

6.2.	Prikupljeni rezultati	22
6.3.	Analiza rezultata	25
	Zaključak	28
	Literatura	29
	Popis slika i tablica	31
	Sažetak.....	33
	Summary.....	34

1. Uvod

Industrija videoigara raste iz godine u godinu te se njena vrijednost u 2021. godini procjenjuje na 178 milijardi dolara [1]. Svake se godine razvijaju stotine tisuća igara u svrhu zabave, edukacije i drugih vrsta zanimacije. U današnjem svijetu, sve je češće prisutna igrifikacija (engl. *Gamification*) kao odličan način motivacije korisnika i pomoć pri učenju.

Tehnološki napredak igra veliku ulogu u razvijanju virtualne stvarnosti (engl. *Virtual Reality*) i njenom sve češćem korištenju. Virtualna stvarnost pruža praćenje korisnikovog kretanje unutar šest stupnjeva slobode i tako omogućava razvijanje usluga i igara s kreativnim metodama interakcije unutar virtualne stvarnosti. Količina imerzivnosti koju može pružiti virtualna stvarnost prilikom simulacija korisnicima pomaže u razumijevanju i odrađivanju zadataka bez potrebe za interakcijom unutar stvarnog svijeta. Jednostavnost modeliranja i izvedbe teško razumljivih, skupih ili nedostupnih zadataka omogućava treniranje i prikaz situacija bez stvarne opasnosti ili velikih troškova te potiče znatne količine motivacije kod korisnika.

Cilj ovog rada je izraditi prototip edukativne igre za učenje sklapanja računala unutar virtualne stvarnosti. Korisnici primjenjuju prijašnje znanje o sklapanju računala i koriste virtualnu interakciju kako bi se bolje upoznali s računalnim komponentama i pravilnim sklapanjem računala.

Rad je podijeljen u šest poglavlja. Prvo poglavlje sastoji se od *Uvoda* nakon kojeg slijedi poglavlje *Videoigre* unutar kojeg se opisuje podjela videoigara i njihova primjena u obrazovanju. *Virtualna stvarnost* naslov je trećeg poglavlja koje sadrži povijest i tehnologiju virtualne stvarnosti te njenu primjenu u obrazovanju. Četvrto poglavlje sadrži sve korištene tehnologije za izradu aplikacije. Peto poglavlje, *Izrada obrazovne igre Building PieCeS*, opisuje koncept igre, dizajn scene, funkcionalnosti objekata unutar igre te razne mogućnosti proširenja igre. Slijedi šesto poglavlje koje sadrži opis analiziranih rezultata dobivenih od provedene korisničke studije. Pri kraju rada izneseni su zaključak, popis literature, popis slika i tablica te sažetak s ključnim riječima na hrvatskom i engleskom jeziku.

2. Videoigre

Videoigre su elektroničke igre u kojima korisnik pomoću ulaznih uređaja indirektno upravlja koje će mu se slike povratno prikazati [2]. Slike se prikazuju na računalnim monitorima, televizijskim zaslonima, mobilnim ekranima ili headsetima. Osim videoigara, postoje i druge računalne igre koje se ne baziraju na grafičkom prikazu već na tekstualnim, haptičkim ili zvučnim izlazima [3].

2.1. Podjela videoigara

Postoji više različitih podjela videoigara, te je žanr igre jedan je od načina na koji možemo dijeliti igre. Zbog porasta novih žanrova i miješanja različitih već postojećih, teško je točno odrediti jedan žanr kojemu neka videoigra pripada. Neki od najraširenijih i najpoznatijih žanrova u videoigramama su: akcijski, avanturistički, simulacijski i strateški [4].

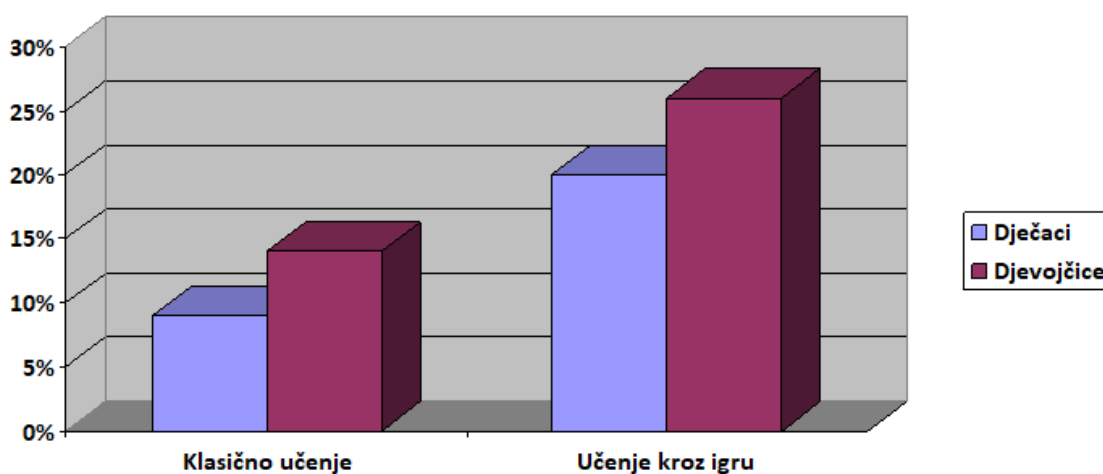
Videoigre se još mogu dijeliti na povremene (engl. *casual*), obrazovne (engl. *educational*) i ozbiljne (engl. *serious*). Povremenim videoigramama smatraju se videoigre s jednostavnim ciljem i malim brojem pravila, jednostavno ih je shvatiti te brzo završavaju uz mogućnost ponovnog igranja u sličnim, ali različitim uvjetima [5]. Obrazovne videoigre su videoigre u kojima se korisnici potiču na učenje kroz interakciju [6]. Vizualna interakcija koju videoigre omogućuju, pomaže pri shvaćanju problema i održavanju koncentracije. Obrazovne videoigre korištene su za razvijanje raznih vrsta znanja i vještina koje korisnici mogu primijeniti u stvarnom životu. Ozbiljne videoigre su videoigre kojima je u fokusu istraživanje ili vježbanje rješavanja nekog problema [7]. Za razliku od obrazovnih videoigara, ozbiljne videoigre ne služe za učenje već prvenstveno za vježbanje ili testiranje situacija koje je skupo ili nesigurno prikazati u stvarnom životu.

2.2. Primjena videoigara u obrazovanju

Uz dolazak novih tehnologija, klasično učenje može postati monotono i dosadno. Razne vrste igara, tako i videoigre, koriste se kako bi povećali količinu motivacije i zbližili osobe tijekom perioda učenja [8]. Razni se problemi prikazuju kroz igru te se igra pobjeđuje rješavanjem i učenjem načina rješavanja tih problema. Prikazani problemi mogu

biti matematički i logički ili se pak mogu baviti opisivanjem, shvaćanjem i važnošću problema današnjice poput globalnog zatopljenja i važnosti zaštite okoliša. Zbog vizualnih podražaja koje stvaraju videoigre, nema potrebe za zamišljanjem te je lakše shvatiti problem i kako taj problem riješiti.

Postoji još prostora za napredak u spajanju videoigara i obrazovanja, stvaranje prirodne integracije obrazovnog sadržaja tako da je sadržaj neophodan za igranje, odnosno, tako da je dio pravila igre ili akcija u igri smatra se kao odličan način za još veću količinu motivacije i donosi bolje rezultate kod količine naučenog znanja [9].



Slika 2.1. Postotak povećanja količine točno riješenog testa nakon učenja (prilagođeno iz [9])

Na slici 2.1. je prikazan postotak povećanja matematičkog znanja množenja i dijeljenja nakon klasičnog učenja i učenja kroz igru kod dječaka i djevojčica. Istraživanje je sadržavalo 63 različita pitanja te je ispitano 30 djevojčica i 28 dječaka s prosjekom starosti 8 godina i 0 mjeseci. 20 različitih pitanja je bilo postavljeno prije učenja te 20 novih različitih pitanja nakon jedne od vrsti učenja, a ovaj graf pokazuje povećanje postotka riješenih zadataka nakon učenja u ovisnosti na rezultate prije učenja. Istraživanje je održano 2011. godine u Ujedinjenom Kraljevstvu.

Glavna inspiracija za izradu obrazovne igre Building PieCeS je videoigra PC Building Simulator [10]. PC Building Simulator je videoigra u kojoj korisnik ima mogućnost sklapanja, testiranja i programiranja računala (slika 2.2). Pruža mogućnost igranja na stolnim računalima te na prijenosnim uređajima poput mobitela i tableta. Korisniku je unutar igre omogućena simulacija raznih operacijskih i mrežnih sustava na sklopljenom računalu. Ovaj završni rad uzima komponentu sklapanja računala te pruža korisniku

iskustvo sklapanja unutar virtualne stvarnosti kako bi educirao korisnika na najrealniji i najimerzivniji mogući način.



Slika 2.2. Izgled igre PC Building Simulator (preuzeto iz [10])

3. Virtualna stvarnost

Virtualna stvarnost (engl. Virtual Reality) je računalno generirani prostor, posebno dizajniran kako bi stvorio osjećaj potpune prisutnosti u virtualnom okruženju [11]. U savršenom slučaju, sva se korisnikova interakcija prebacuje u virtualni svijet i virtualno okruženje doživljava se poput stvarnog svijeta.

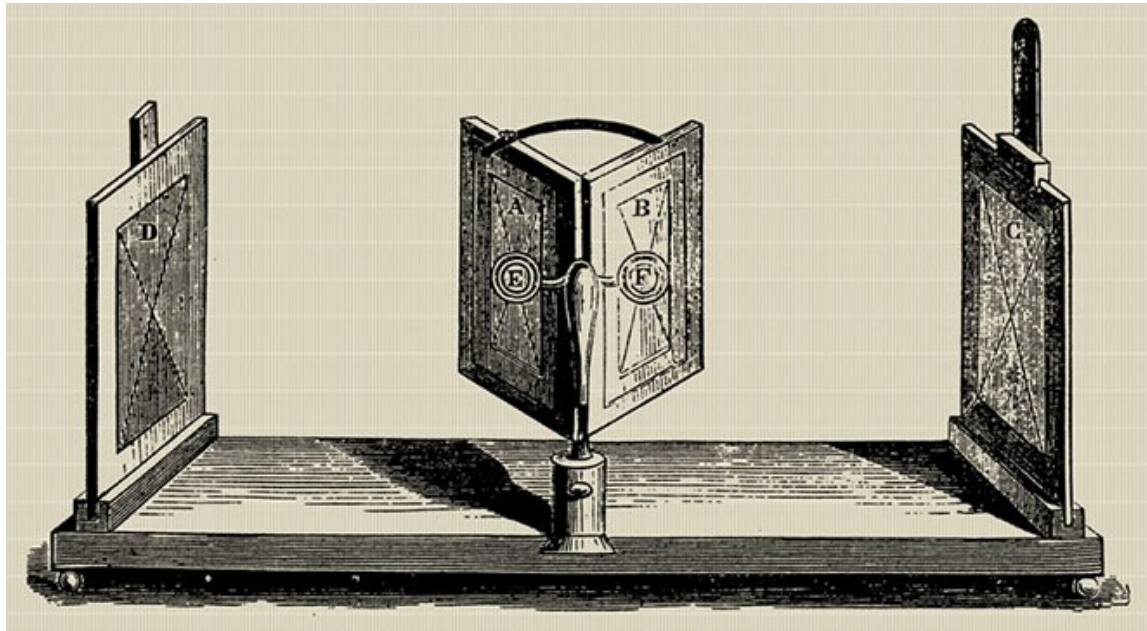
Primjene virtualne stvarnosti vrlo su široke i neke od njih su: videoigre, simulacije, vizualizacije, dizajniranje, film, itd. Virtualna stvarnost može vrlo precizno i jeftino simulirati stvarnu situaciju te omogućiti virtualnu interakciju s objektima kojima nemamo pristup u stvarnom životu [12].

3.1. Povijest virtualne stvarnosti

Prve ideje vezane uz virtualnu stvarnost kreću 1838. godine kada je opisan i stvoren prvi stereoskop [13]. Uređaj koji pomoću dva ogledala reflektira sadržaj slika sa strane i stvara osjećaj dubine, odnosno trodimenzionalnosti, a opisao ga je Charles Wheatstone (slika 3.1). Pisac Stanley Weinbaum 1935. godine u svome djelu Pygmalionove naočale (engl. Pygmalion's Spectacles) opisuje naočale koje prilikom gledanja filma stvaraju dodirne, mirisne i okusne podražaje. Godine 1956. Morton Heilig izumio je prvi funkcionalni uređaj za stvaranje virtualne stvarnosti, Sensoramu. Uređaj koji uz pomoć stereoskopa, generatora vibracija, odašiljača mirisa i ventilatora za simulaciju vjetra, stvara dojam vožnje motora. Prvu interaktivnu virtualnu simulaciju, izumio je Ivan Sutherland 1968. godine, HMD-u (eng. head mounted display) dodao je mogućnost praćenja korisnikovog pomicanja glave i prikazivao mu sukladne virtualne slike.

Razvoj u području virtualne stvarnosti od tada sve brže napreduje te trenutak kada Meta 2014. godine kupuje Oculus VR smatra se najznačajnijim događajem zbog kojeg se u nadolazećim godinama stvara prvi široko dostupni HMD. Nedugo nakon, mnoge druge velike kompanije kao što su HTC, Microsoft, Sony i Samsung, započinju s razvijanjem svojih VR headseta. Zbog velikog porasta interesa i konkurencije na tržištu virtualne stvarnosti, dolazi i do iznimnog skoka u vrijednosti, pa je tako vrijednost softvera i

hardvera vezanog uz virtualnu stvarnost 2020. godine bila 2.6 milijardi dolara, a očekuje se i porast do 5.1 milijarde dolara do početka 2023. godine [14].



Slika 3.1. Wheatstoneov stereoskop (preuzeto iz [13])

3.2. Tehnologija virtualne stvarnosti

Stvaranje virtualnog okruženja i interakcije s njim ostvaruje se uz velik broj ulaznih i izlaznih uređaja [15]. Primjer ulaznih jedinica su kontroleri i senzori pokreta, a primjer izlaznih je zaslon koji se nosi na glavi. Senzori omogućuju praćenje korisnikovih pokreta u svih 6 stupnjeva slobode i prijenos tih pokreta u virtualni svijet. Omogućuje se interakcija s računalno-generiranom okolinom gdje korisnici mogu iskoristiti vještine i znanja o okolini koje su naučili u interakciji s prirodnom okolinom.

Postoji više različitih metoda praćenja pozicije objekta unutar prostora [16]. Bežično praćenje koristi senzore koji određuju trodimenzionalne koordinate objekta unutar zadanog prostora. Inercijsko praćenje koristi akcelerometre i žiroskope za mjerenje brzine i količine rotacije. Optičko praćenje pomoću markera i računalnog vida stvara i interpretira sliku. Kao povratnu informaciju korisnik dobiva zvuk virtualne okoline, vibracije za taktilni osjet i okvire koji prikazuju virtualni svijet na zaslonu. Prikazani se okviri generiraju predodređenom petljom koja nakon inicijalizacije čita podatke svih ulaznih uređaja i radi

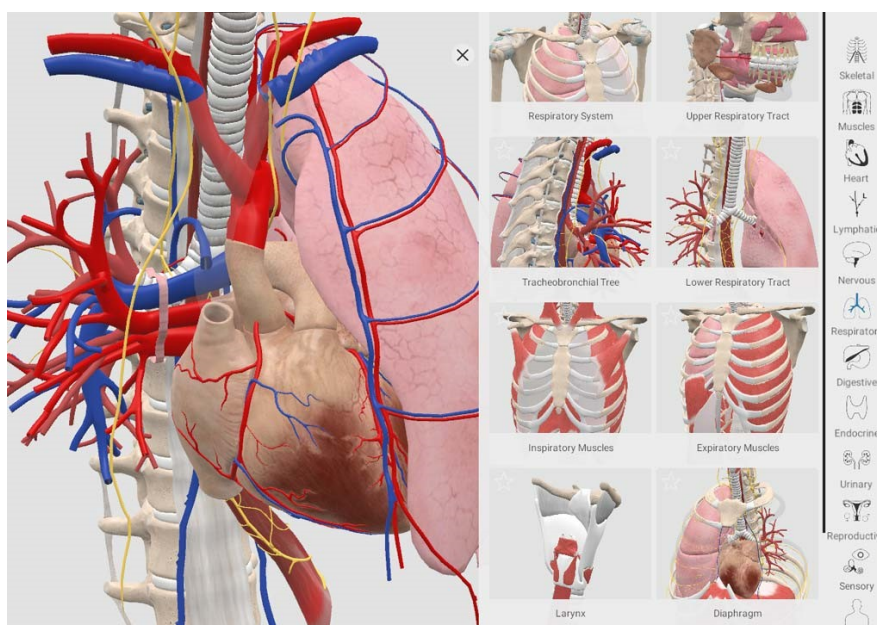
izračun konačnih stanja pomoću ulaza i trenutnog stanja. Nakon simulacije i izračuna, podaci se zapisuju i spremaju te se iznova i prikazuje novi okvir, a petlja kreće ponovnom inicijalizacijom novoga okvira [17].

3.3. Obrazovne videoigre unutar virtualne stvarnosti

Imerzivno iskustvo unutar virtualne stvarnosti stvara velike prednosti kod učenja, omogućavajući interakciju s objektima i događajima koji nisu unutar stvarnog fizičkog dometa [18]. Stvara se siguran, interaktivan i motivirajući prostor koji podržava veliki broj različitih načina za učenje. Ovaj način učenja od iznimne je pomoći ljudima s poteškoćama kod razvijanja novih vještina. Korištenje virtualne stvarnosti u obrazovanju djece vrlo je ograničeno zbog nepotpuno razvijene ravnoteže te koordinacije očiju i ruku koja može otežati snalaženje unutar virtualnog prostora

3.3.1. 3D Organon

3D Organon pruža virtualno iskustvo unutar kojeg korisnici mogu istražiti petnaest različitih ljudskih organskih sustava [19]. Stotine različitih sveučilišta i bolnica diljem svijeta koriste ga kao pomoć u edukaciji. Osim samih informacija koje pruža, sadrži elemente igrifikacije i simulacije radi motivacije te lakše vizualne percepcije kod interakcije s različitim objektima. Zbog velikog broja sustava organa koje 3D Organon sadrži, korisniku se pruža pregled zasebnih regija organskih sustava (slika 3.2).



Slika 3.2. Regionalna anatomija, 3D Organon (preuzeto iz [19])

3.3.2. HoloLab Champions

HoloLab Champions (hrv. Holografski Laboratorij Pobjednika) je videoigra unutar virtualne stvarnosti unutar koje se, kroz igrifikaciju i rješavanje kemijskih zadataka, educira korisnike o radu u laboratoriju (slika 3.3) i reakcijama između različitih kemijskih elemenata [20]. *HoloLab Champions* pridaje veliku važnost sigurnom izvođenju eksperimenata uz vrlo detaljne upute, a sistem bodovanja unutar igre ovisan je o točnosti izvedbe nekog zadatka, ne samo o rezultatu.



Slika 3.3. HoloLAB Champions (preuzeto iz [20])

4. Korištene tehnologije pri izradi aplikacije Building PieCeS

4.1. Unity

Unity je višeplatformski program za izradu i upravljanje videoigrama razvila ga je tvrtka Unity Technologies [21]. Pruža mogućnost stvaranja dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih igara te osigurava mnoga već uvezena sredstva za pomoć svojim korisnicima u lakšem razvoju igara. Za modeliranje objekata koristi se uređivač unutar programa ili se uvoze razni modeli stvoreni izvan njega dok se za interakciju tih objekata koriste skripte napisane u programskom jeziku C#. Softver je besplatan za korištenje u obrazovne i nekomercijalne svrhe. Za svrhe ovog projekta korištena je inačica Unity 2021.2.14f1.

4.2. Microsoft Visual Studio

Microsoft Visual Studio je integrirano razvojno okruženje (engl. integrated development environment, IDE). Koristi za razvijanje programa, izradu aplikacija i web servisa, razvila ga je tvrtka Microsoft [22]. Sastoji se od uređivača koda i programa za uklanjanje grešaka (engl. debugger), također sadrži i opcije programiranja u mnoštvu različitih jezika te potporu za prijenos podataka na Git i Azure. Za potrebe rada, korišten je Visual Studio 2022 i programski jezik C#.

4.3. XR Interaction Toolkit

XR Interaction Toolkit je interakcijski sustav koji omogućava interakciju između korisnika, ulaznih upravljača i objekata unutar scene [23]. Osigurava kretanje kroz scenu, hvatanje i bacanje objekata, uvoz elemenata korisničkog sučelja te mnoge druge funkcionalnosti. Preuzete skripte unutar interakcijskog sustava omogućuju programeru jednostavno upravljanje objektima i veliku količinu povratnih informacija. U sklopu ovog rada korišten je za postizanje interakcija između korisnika i objekta unutar scene.

4.4. Oculus Quest 2

Oculus Quest 2 je headset uređaj koji razvija tvrtka Meta odnosno njen odjel Oculus te je otkriven javnosti 16. rujna 2020. godine [24]. Dizajniran je kao samostalan uređaj za pružanje iskustva virtualne stvarnosti koji se sastoji od dva prikaza rezolucije 1832x1920 piksela pomoću kojih se stvara osjećaj dubine, integriranog zvučnika, kamera i senzora pokreta. Uz njega se koriste dva upravljača za praćenje pomaka ruku s tipkama za imitiranje raznih funkcija koje ruke pružaju poput hvatanja i pokazivanja.



Slika 4.1. Oculus Quest 2 (preuzeto iz [24])

5. Izrada obrazovne igre Building PieCeS

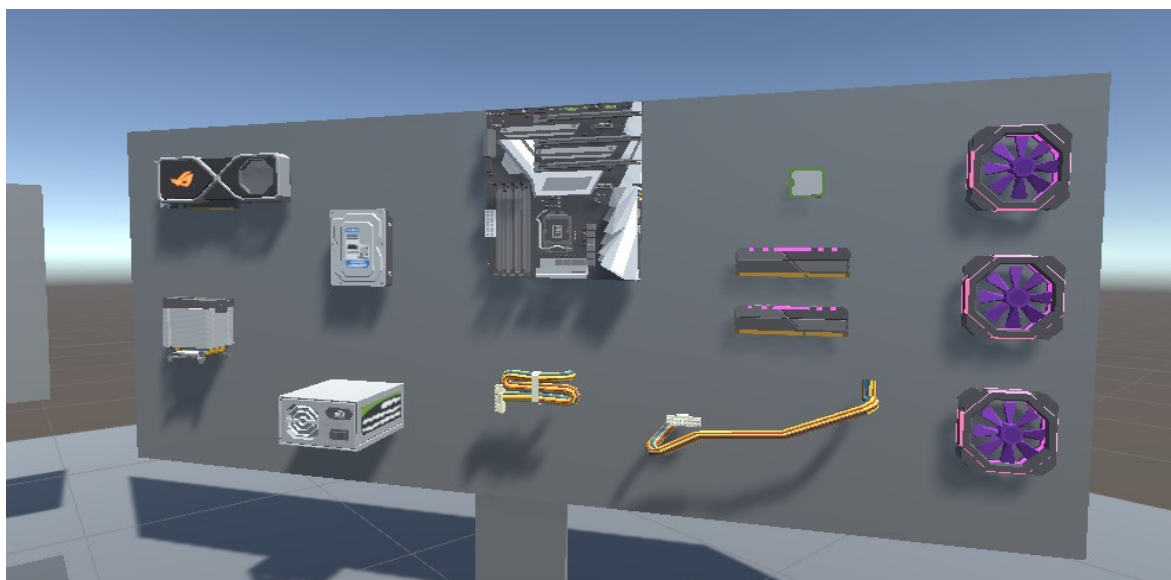
5.1. Koncept igre

Building PieCeS obrazovna je igra unutar virtualne stvarnosti za educiranje korisnika o pravilnom načinu sklapanja računala. Korisnik započinje igru s praznim računalnim kućištem ispred sebe i uputama koje mu korak po korak, odnosno računalnu komponentu po računalnu komponentu, govore kako pravilno izgraditi računalno.

Kretanje korisnika je omogućeno micanjem gljivica kontrolera. Kretanje nije potrebno za prolazak igre već služi kao dodatna značajka koju korisnik može koristiti ako nema mogućnost kretanja unutar stvarnog svijeta. Izgradnja računala započinje pravilnim stavljanjem matične ploče (engl. *motherboard*) unutar računalnog kućišta. Osim osnovnih uputa, korisnik ima i opciju prikaza dodatnih uputa koje detaljnije opisuju sljedeći korak i educiraju korisnika o računalnoj komponenti koja se koristi u tom koraku. Nakon spojene matične ploče, na red dolaze nove upute te nova računalna komponenta napajanje (engl. *Power supply*) koju je potrebno staviti na predodređeno mjesto unutar računalnog kućišta. Nakon ispravno sklopljene računalne komponente, prikazuju se nove upute za sljedeću računalnu komponentu i taj se postupak ponavlja sve dok nisu sve komponente pravilno dodane kao dio računala (slika 5.1).

Uz dvije već navedene računalne komponente, ova se igra sastoji i od:

- procesora (engl. *processor*),
- procesorskog hladnjaka (engl. *processor cooler*),
- grafičke kartice (engl. *graphics card*),
- radne memorije (engl. *random access memory*),
- tvrdog diska (engl. *hard disk drive*),
- hladnjaka za kućište (engl. *PC fan*),
- kabela (engl. *cables*).



Slika 5.1. Sve računalne komponente unutar VR scene

Korisnik mora unutar računala (vidljivog na stolu na slici 5.3) staviti sve računalne komponente neophodne za ispravan rad računala, međutim, pruža mu se opcija odabira broja radnih memorija i broja hladnjaka za kućište koje želi iskoristiti. Nakon što su sve komponente na pravilnim mjestima unutar kućišta, korisnik ima opciju pokretanja računala. Pritiskom na tipku za pokretanje, igra odlazi u završnu scenu gdje se prikazuje vrijeme koje je korisniku bilo potrebno za sklapanje računala uz nazive svih iskorištenih računalnih komponenti. Element igrifikacije je postignut već navedenim računanjem vremena koje je ključan dio ove aplikacije jer služi kao indikator napretka korisnika i dodatna motivacija za brže i bolje slaganje kompletnog računala.

```
if (startTimer == true) {
    Timer += Time.deltaTime;

    timerCanvas.gameObject.transform.GetChild(0)
    .gameObject.GetComponent<TMPPro.TextMeshProUGUI>().text =
    "Time: " + Timer.ToString("n2");
}
```

Slika 5.2. Isječak koda *CanvasMng* skripte zaduženog za računanje vremena

Na slici 5.2. prikazan je dio koda za računanje i ispis vremena koje je korisniku potrebno za pravilno sklapanje računala. Prvi dio koda je brojač koji se povećava analogno vremenu od pokretanja aplikacije, drugi dio koda je funkcija koja na lijevi pano unutar scene ispisuje izračunato vrijeme, zaokruženo na dvije decimale.

5.2. Dizajn scene

Početna je scena dizajnirana kao 3D prostor s korisnikom u sredini (slika 5.3.). Ispred korisnika nalazi se prazno računalno kućište. Scena sadrži tri različita interaktivna područja. U sredini se nalazi glavni izbornik u kojem korisnik pokreće igru, upravlja postavkama i dobiva informacije o odrađenim zadacima. Provjera odrađenih zadataka i funkcionalnosti glavnog izbornika izvedene su skriptom *CanvasMng.cs*.

S lijeve se strane nalaze upute koje opisuju sljedeći zadatak koji korisnik treba odraditi, a korisniku se također pruža opcija pritiska tipke koja pruža dodatnu pomoć i informacije o komponenti računala potrebnoj za prelazak na sljedeći korak odnosno sljedeću računalnu komponentu.

S desne se strane nalaze sve računalne komponente potrebne za izgradnju potpunog računala. Sve su računalne komponente preuzete s Unity Asset Storea kao dio POLY computer constructor paketa [25].



Slika 5.3. Početna scena

Ako korisnik napravi neku grešku te se želi vratiti na početak, ima opciju pritiska gumba za povratak ili bacanja računalne komponente u koš za smeće koji se na početku igre nalazi pored korisnika, a njegova je funkcionalnost vraćanje komponente na početno mjesto. Završna se scena (slika 5.4.) prikazuje izvođenjem funkcije *gameOver* (slika 5.5.) nakon što korisnik doda zadnju komponentu računalu.



Slika 5.4. Završna scena

Na slici 5.5. prikazan je dio koda koji se izvrši kada korisnik pravilno spoji sve komponente potrebne za rad računala. Svi se glavni izbornici sakrivaju te se prikazuje posebno tekstno polje nazvano *endGameCanvas*. Unutar tog polja, dodaju se imena spojenih komponenti i formira se tekst koji opisuje kreirano računalo. Završna radnja unutar *gameOver* funkcije je sakrivanje svih objekata s inicijalne scene i prikaz drugih primjera sklopljenih računala koja korisnik može usporediti s vlastitim.

```

void gameOver() {

    mainCanvas.gameObject.SetActive(false);
    ingameCanvas.gameObject.SetActive(false);
    endGameCanvas.gameObject.SetActive(true);
    timerCanvas.gameObject.SetActive(false);

    endGameCanvas.gameObject.transform.GetChild(1)
    .gameObject.GetComponent< TMPPro.TextMeshProUGUI > ().text = "Time: " +
    Timer.ToString("n2");

    endGameCanvas.gameObject.transform.GetChild(2)
    .gameObject.GetComponent<TMPPro.TextMeshProUGUI>().text =
    "Pc specifications: \n" +
        "CPU: i7-8400H \n" +
        "GPU: Asus Rog GTX 770\n" +
        "SPACE: 1TB HDD\n" +
        "RAM: " + InteractableObjects.ramsConnected*8+"Gb \n" +
        "POWER: 620W\n" +
        "FANS: " + InteractableObjects.numOfFans;

    int sakri =
    GameObject.Find("Objects").gameObject.transform.childCount;
    GameObject objects = GameObject.Find("Objects").gameObject;
    for (int i = 0; i < sakri; i++){
        objects.transform.GetChild(i).gameObject.SetActive(false);
    }
    donePC.gameObject.SetActive(true);
}
}

```

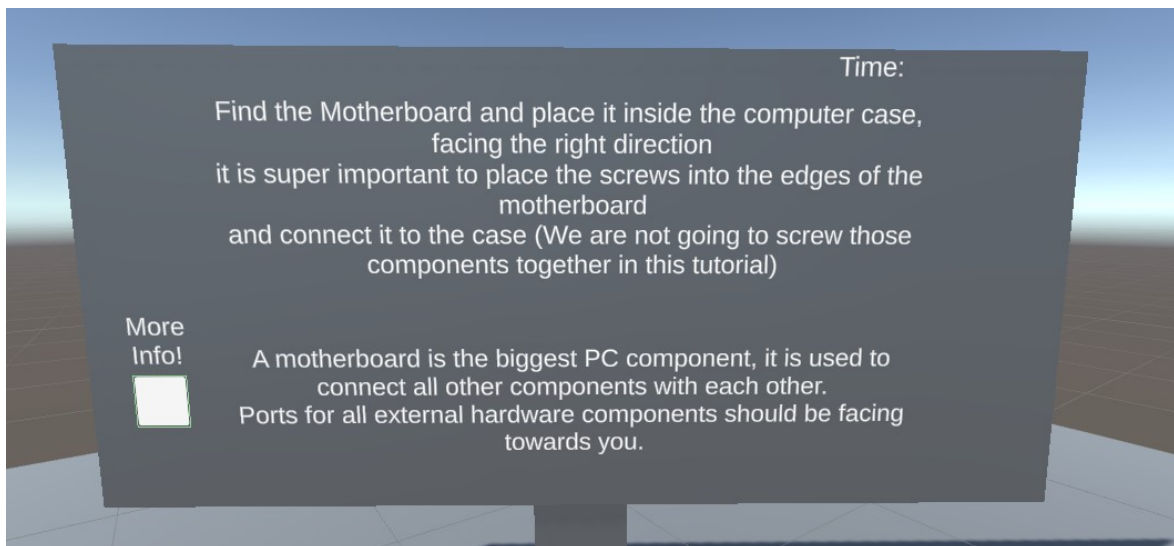
Slika 5.5. Isječak koda zaduženog za kraj igre iz *CanvasMng* skripte

5.3. Objekti unutar igre

5.3.1. Upute za sklapanje računala

Svaka računalna komponenta ima predodređenu poziciju i rotaciju na koju se treba pozicionirati unutar kućišta. Korisniku nije potrebno nikakvo predznanje o sklapanju računala za ispravno korištenje ove obrazovne aplikacije. Na lijevoj strani scene nalazi se pano te su na njemu ispisane upute za lakši pronalazak sljedeće komponente te opis načina i pozicije na koju se računalna komponenta stavlja unutar kućišta (slika 5.6.). Osim glavnih uputa koje se prikazuju i automatski generiraju za svaku sljedeću komponentu nakon što je prethodna pravilno dodana, postoje i dodatne upute koje se prikazuju klikom na gumb za više informacija.

Dodatne upute sadrže detaljniji opis računalne komponente kako bi korisniku dodatno olakšale pronalazak komponente u sceni te educiraju korisnika o njenoj funkciji unutar računala.



Slika 5.6. Osnovne i dodatne upute unutar igre

5.3.2. Interakcija s objektima

Računalne komponente unutar scene nalaze se na desnom panou. Za interakciju i parametre svih objekata koristi se skripta *InteractableObjects.cs*. Na objekte ne djeluje fizika kako bi mirno lebdjeli te bili vidljivi i dostupni korisniku. Korisnik osim ruku ima i zračni interaktor (engl. *Ray Interactor*) kojim pokazuje na objekte unutar scene i pritiskom gumba zahvata (engl. *Grip Button*) na kontroleru ih dodaje u svoju ruku. U tom trenutku na objekt počinje djelovati fizika (slika 5.7.). Korisnik objekt može tako prenositi unutar scene te ga na kraju ispustiti otpuštanjem gumba zahvata. Korisnik osim hvatanja ima i mogućnost interakcije s gumbima na platnu pokazivanjem na njih zračnim interaktorom te pritiskom na gumb okidač (engl. *Trigger Button*).

```
if (collider.gameObject.name.Contains("Controller"))
{
    if (this.gameObject.GetComponent<Rigidbody>() != null)
    {
        this.gameObject.GetComponent<Rigidbody>().useGravity = true;
        this.gameObject.GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = false;
    }
}
```

Slika 5.7. Isječak koda *InteractableObjects* skripte

Slika 5.8. prikazuje kod koji pronalazi gumb unutar scene i pridodaje mu metodu *startClicked*. Unutar *startClicked* metode, početni se izbornik zamjenjuje prikazom imena svih komponenti i indikatorom koji nam govori jesu li komponente stavljene unutar računala. Završno, postavljanjem varijable *startTimer* na *true* pokreće se računanje vremena.

```
startBtn = mainCanvas.gameObject.transform
.GetChild(0).gameObject.GetComponent<Button>();
...
startBtn.onClick.AddListener(startClicked);
...
void startClicked()
{
    startBtn.gameObject.transform.GetChild(0).gameObject.GetComponent<TMPPro
    .TextMeshProUGUI>().text = "CONTINUE";
    mainCanvas.gameObject.SetActive(false);
    ingameCanvas.gameObject.SetActive(true);
    startTimer = true;
}
```

Slika 5.8. Isječci koda *CanvasMng* skripte za upravljanje gumbom start

5.3.3. Interakcija između objekata

Svaki objekt unutar scene sadrži nevidljive objekte kao vlastitu djecu. Ti nevidljivi objekti koriste prilikom sudaranja (engl. *Collision*) s drugim objektima kako bi se izračunala pozicija i rotacija objekta roditelja.

```
if (this.gameObject.transform.name.Contains("placeColliderPOWER"))
{
    if (this.gameObject.transform.parent.name.Contains("power_supply") &&
        motherBoardDone == true &&
        collider.gameObject.name.Contains("power_col") &&
        this.gameObject.transform.parent.localRotation.y < 0.85f &&
        this.gameObject.transform.parent.localRotation.y > 0.6f)
    {

        this.gameObject.transform.parent.parent = PC.transform;
        this.gameObject.transform.parent.position =
        new Vector3(0.250999987f, 0.737999976f, 0.508000016f);
        this.gameObject.transform.parent.rotation =
        new Quaternion(0.707106829f, 0.707106829f, 0, 0);
        this.gameObject.transform.parent
        .GetComponent<Rigidbody>().isKinematic = true;

        powerDone = true;

        iGCanvas.gameObject.transform.GetChild(11).gameObject
        .GetComponent<Image>().color = Color.green;
    }
}
```

Slika 5.9. Isječak koda za provjeru pozicije komponente iz *InteractableObjects* skripte

Slika 5.9. prikazuje dio koda zadužen za provjeru i postavljanje napajanja unutar računala. Svaka računalna komponenta ima vlastitu funkciju koja slijedi primjer ove, uz druge sudarače i pozicije objekata. Unutar koda vrše se provjere imena roditelja objekta koji se sudaraju, rotacija roditelja te vrijednost je li prethodna komponenta spojena. Ako su svi uvjeti zadovoljeni, računalna komponenta se dodaje kao dijete kućišta, postavlja se njezina pozicija i rotacija te se dodaje zeleni indikator na glavni izbornik uz ime spojene komponente. Varijabli *powerDone* se dodaje istinitosna vrijednost kako bi indicirali da je komponenta spojena. Prilikom spajanja sljedeće komponente će se provjeravati ta vrijednost kao što se u ovom primjeru unutar uvjeta provjeravala vrijednost spojenosti prethodne varijable odnosno u ovom slučaju *motherBoardDone*.

Zbog lakše organizacije tijekom sklapanja računala, ako korisnik uhvati pogrešnu komponentu, osim ostavljanja te komponente na podu, nudi mu se mogućnost bacanja komponente u smeće. Prilikom bacanja komponente u smeće, skripta *Trash.cs* vraća

komponentu na mjesto gdje se ta komponenta nalazila prilikom učitavanja početne scene (Slika 5.10.). Bacanje komponenti u smeće nije samo efektivno zbog organizacije već je uveden još jedan oblik igrifikacije odnosno teleportacija koša na novo mjesto nakon svakog ubačaja komponente (Slika 5.11.). Ovaj oblik igrifikacije potiče korisnika da interaktira sa svim komponentama unutar scene i pokuša pogoditi koš na različite načine te iz različitih daljina.

```
if (other.gameObject.name.Contains("power_supply_cable"))
{
    other.gameObject.transform.position =
    new Vector3(1.57700002f, 0.850000024f, 1.64600003f);
    other.gameObject.transform.rotation =
    new Quaternion(0, 0.887010872f, 0, -0.46174863f);
}
```

Slika 5.10. Isječak koda iz *Trash* skripte

```
if (Random.Range(0f, 1f) > 0.5f)
{
    this.gameObject.transform.position =
    new Vector3(Random.Range(1f, 2.5f), 0f, Random.Range(0f, -1.5f));
}
else
{
    this.gameObject.transform.position =
    new Vector3(Random.Range(-1f, -2.5f), 0f, Random.Range(0f, -1.5f));
}
```

Slika 5.11. Isječak koda iz *Trash* skripte

5.4. Mogućnost proširenja igre

Videoigru Building PieCeS moguće je proširiti na različite načine. Dodavanjem novih računalnih komponenti i različitih kućišta, korisnicima se može pružiti edukacija i vježbanje konstrukcije različitih vrsta komponenti koje ne slijede generalni način implementacije. Uz to, postoji mogućnost implementacije spajanja na komunikacijske mreže koje obuhvaća edukaciju o pravilnom načinu spajanja i programiranja komunikacijske mreže korisnika. Mogućnost višekorisničkog igranja još je jedna opcija proširenja koja bi mogla poboljšati količinu interakcije i motivacije unutar aplikacije.

6. Korisnička studija

U sklopu ovog rada, provedena je korisnička studija. Cilj korisničke studije je bio ispitati korisnost sklapanja računala unutar virtualne stvarnosti kao poveznicu između gledanja videozapisa koji sadrži upute sklapanja računala i samostalnog sklapanja računala u stvarnom svijetu.

6.1. Metodologija

U ispitivanju je sudjelovalo 9 osoba, između 18 i 21 godine starosti. Dvoje ispitanika je imalo iskustva sa sklapanjem računala u prošlosti, dok je 7 ispitanika sklapalo računalo prvi put. Ispitanike su činile 2 žene i 7 muškaraca od kojih su 3 muškarca imala prijašnjeg iskustva s korištenje virtualne stvarnosti. Koraci ove korisničke studije ilustrirani su dijagramom (slika 6.1.).



Slika 6.1. Dijagram koraka kojim se provodi korisnička studija

Korisnička studija započinje prikazom videozapisa koji sažeto objašnjava jedan od načina sklapanja računala te ga svi ispitanici gledaju kako bi se upoznali s računalnim komponentama i generičkim pravilima sklapanja računala [26]. Videozapis su korisnici gledali na vlastitim mobilnim uređajima te su unutar 13 minuta i 11 jednostavnih koraka mogli vidjeti sklapanje svih računalnih komponenti i povezivanje tih komponenti kablovima.

Sljedeći je korak korištenje aplikacije Building PieCeS. Ispitanici slijede upute i sklapaju vlastito računalo unutar virtualne stvarnosti. Ovaj korak započinje upoznavanjem ispitanika s kretanjem unutar virtualne stvarnosti te slijedi opisom korištenja kontrolera. Ispitanici su isprobali aplikaciju prije sklapanja računala kako bi se bolje upoznali s virtualnom okolinom i načinima interakcije koje nudi aplikacija. Sklapanja računala unutar virtualne stvarnosti je priprema za sklapanje u stvarnom svijetu što je treći i zadnji korak ove korisničke studije.

Koristeći znanje stečeno tijekom prva dva koraka, korisnici su morali iskoristiti kako bi sklopili računalo u stvarnome svijetu. Sklapanje ovog računala se sastojalo od matične ploče, procesora, procesorskog hladnjaka, napajanja, grafičke kratice, radne memorije, tvrdog diska te svih potrebnih kabela za rad računala. Korisnici nisu bili vremenski ograničeni tijekom sklapanja računala te su imali pravo na traženje pomoći u slučaju da nisu znali koji je sljedeći korak. Svi su ispitanici na kraju trećeg koraka uspjeli sklopiti ispravno računalo.

Upitnik su korisnici ispunjavali online nakon prolaska kroz sve korake sklapanja računala. Upitnik se sastojao od 2 Da ili Ne pitanja te 9 pitanja linearnog mjerila gdje su korisnici odgovarali na skali od *1 – nimalo* do *10 - iznimno puno*, pitanja su glasila:

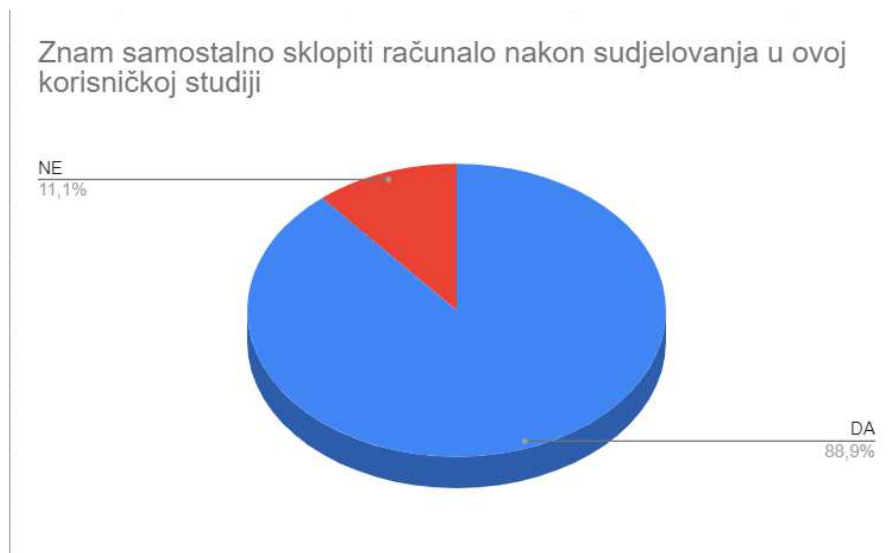
- uspio/la sam sklopiti računalo uz korištenje danih uputa
- znam samostalno sklopiti računalo nakon sudjelovanja u ovoj korisničkoj studiji
- aplikacija unutar virtualne stvarnosti mi je pomogla u boljem shvaćanju YouTube videa
- smatram da mi je uz gledanje videa, VR aplikacija pomogla pri vježbanju sklapanja računala
- smatram da sam uz gledanje videa i korištenje VR aplikacije bolje savladao/la vještinu slaganja računala u odnosu na samo gledanje videa

- korištenjem samo aplikacije unutar virtualne stvarnosti, dobio bih isti krajnji rezultat
- gledanjem samo YouTube videa , dobio/la bih isti krajnji rezultat
- korištenje aplikacije unutar virtualne stvarnosti bilo mi je intuitivno
- smatram da bi mi za savladavanje vještine slaganja računala bilo dovoljno samo korištenje aplikacije u VR-u, bez potrebe za dodatnim video uputama
- stekao/la sam novo znanje o računalnim komponentama
- uz pisane upute unutar virtualne stvarnosti, pomogle bi mi i deskriptivne audio upute unutar aplikacije

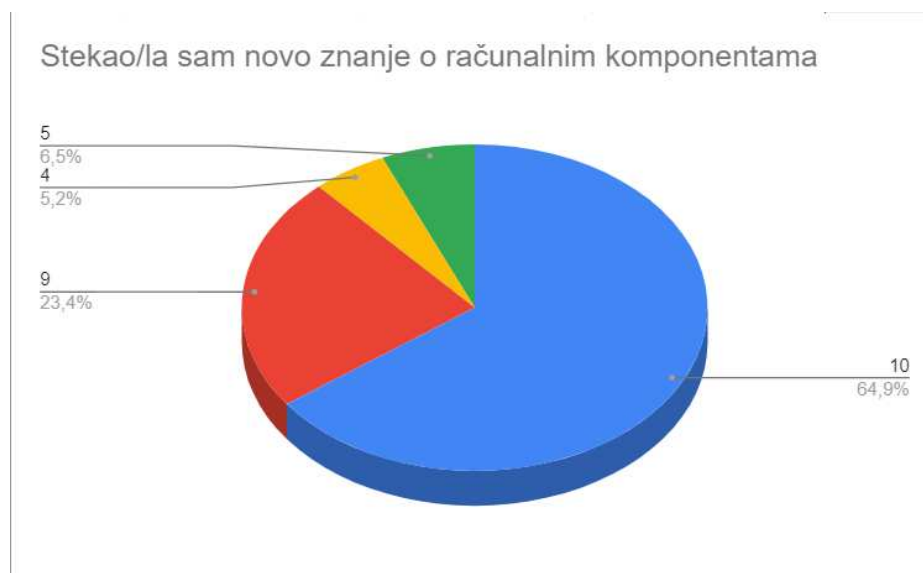
Ispitivanje je provedeno 27. i 28. svibnja 2022. godine u prostorijama Fakulteta elektrotehnike i računarstva.

6.2. Prikupljeni rezultati

U ovom su dijelu opisani rezultati prikupljeni putem upitnika koji su ispitanici ispunili nakon prolaska kroz već navedena tri koraka izgradnje računala. Većina ispitanika tvrdi kako bi nakon sudjelovanja u korisničkoj studiji samostalno znali sklopiti računalo (slika 6.1.). Drugo pitanje se odnosilo na to koliko su novog znanja stekli o računalnim komponentama (slika 6.2.). Na skali između 1 i 10, gdje 1 označava nimalo a 10 iznimno puno, daju prosječnu ocjenu 8,56.



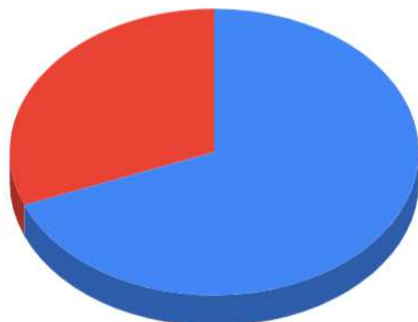
Slika 6.2. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje o samostalnom sklapanju računala nakon korisničke studije



Slika 6.3. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko stečenog znanje o računalnim komponentama (skala: od 1 – nimalo do 10 - iznimno puno)

Aplikaciju unutar virtualne stvarnosti nakon gledanja videozapisa (slika 6.3.) ispitanici smatraju iznimno utjecajnom na njihovo završno znanje sklapanja računala. Ispitanici smatraju da korištenje aplikacije unutar virtualne stvarnosti bez dodatnih video uputa ne bi znatno otežalo savladavanje vještine slaganja računala (slika 6.4.).

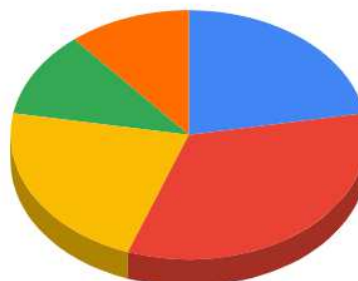
Smatram da sam uz gledanje videa i korištenje VR aplikacije bolje savladao/la vještinu slaganja računala u odnosu na samo gledanje videa



10 9

Slika 6.4. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti s obzirom na gledanje samo videa (skala: od 1 – *nimalo* do 10 – *iznimno puno*)

Smatram da bi mi za savladavanje vještine slaganja računala bilo dovoljno samo korištenje aplikacije u VR-u, bez potrebe za dodatnim video uputama

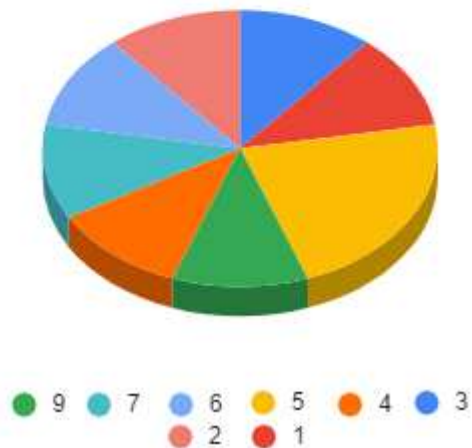


10 9 8 7 6

Slika 6.5. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti gledanja videa prije korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti (skala: od 1 – *iznimno puno* do 10 – *nimalo*)

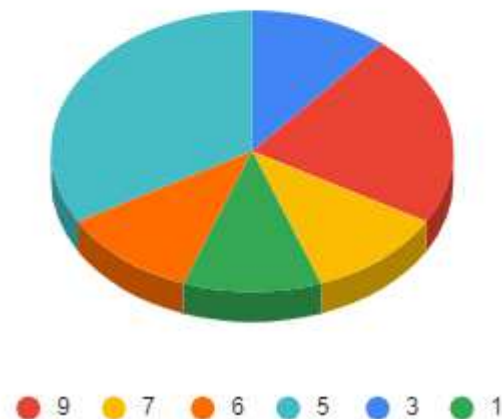
Kod pitanja koliko bi se razlikovao krajnji rezultat pri korištenju samo jednog od načina učenja u odnosu na kombinirano učenje pomoću obje metode odgovori ispitanika su raznoliki. Gledanje samo YouTube videa u odnosu na kombinirano učenje ne donosi iste rezultate (slika 6.5.). Korištenje samo aplikacije unutar virtualne stvarnosti također ne donosi iste rezultate kao kombinirano učenje (slika 6.6.).

Gledanjem samo YouTube videa ,
dobio/la bih isti krajnji rezultat



Slika 6.6. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti gledanje videa u odnosu na korisnost kombiniranog korištenja obje metode učenja (skala: od 1 – *nimalo* do 10 – *iznimno puno*)

Korištenjem samo aplikacije unutar
virtualne stvarnosti, dobio bih isti
krajnji rezultat



Slika 6.7. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti u odnosu na korisnost kombiniranog korištenja obje metode učenja (skala: od 1 – *nimalo* do 10 – *iznimno puno*)

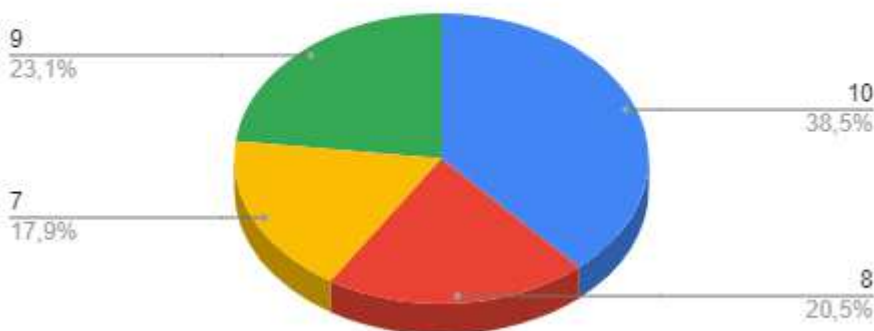
6.3. Analiza rezultata

Svi su korisnici uspjeli sklopiti računalo u trećem koraku korisničke studije. Mogućnost traženja pomoći su iskoristila 3 od 9 ispitanika te su svi ispitanici uspjeli sklopiti računalo u manje od 30 minuta. Postotak korisnika koji smatraju da bi samostalno znali sklopiti računalo u budućnosti iznosi skoro 89%, odnosno svi osim jednog ispitanika smatraju da bi uspjeli samostalno sklopiti računalo u budućnosti. Ispitanici koji su imali prijašnjeg iskustva sa sklapanjem računala su bez problema uspjeli sklopiti računalo te smatraju kako su im prva dva koraka pomogla kod prisjećanja i vježbe slaganja te su se osjećali sigurnije tijekom sklapanja računala.

Nadalje, uz prosječnu ocjenu 8,56 od mogućih 10 kod pitanja o novostečenom znanju o računalnim komponentama (slika 6.3.) možemo zaključiti da je korištenje aplikacije unutar virtualne stvarnosti znatno pomoglo kod stjecanja novog znanja vezanog uz računalne komponente. Ispitanici smatraju da korištenjem samo VR aplikacije (slika 6.7.) i gledanjem samo videozapisa o sklapanju računala (slika 6.6.) ne bi dobili isti krajnji rezultat s obzirom na korištenje oba načina učenja. To nam najbolje pokazuje prosječna ocjena koja iznosi 5,56 za VR (slika 6.7.) i 4,67 za videozapis (slika 6.6.) od mogućih 10, gdje 1 označava u potpunosti se ne slažem, dok 10 označava u potpunosti se slažem. Dobiveni povratni podaci za ta pitanja su različiti i ne prate neko predodređeno pravilo. Razlog tomu je vrlo vjerojatno mala skupina ispitanika i velike razlike u predznanju o računalima.

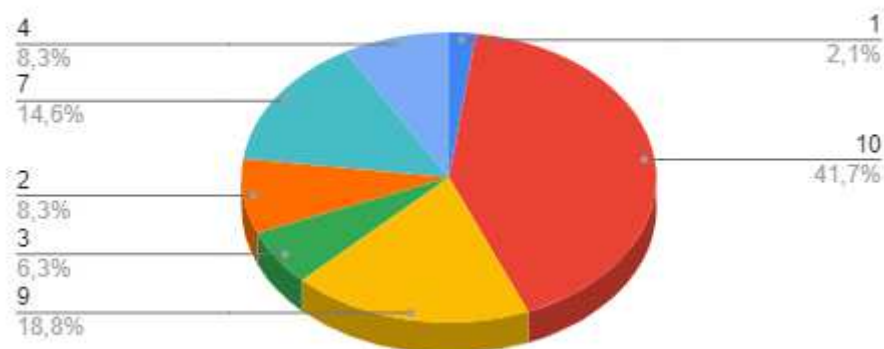
Važno je napomenuti kako ispitanici smatraju da je korištenje aplikacije unutar virtualne stvarnosti bilo vrlo intuitivno (slika 6.8.) te kako veći dio sudionika smatra da bi im deskriptivne audio upute unutar aplikacije dodatno pomogle, dok manji ali i dalje znatni dio smatra audio upute nepotrebnima (slika 6.9.). Svi su se korisnici zabavili te su izrazili želju za ponovnim korištenjem aplikacije unutar virtualne stvarnosti čak i nakon uspješno sklopljenog računala.

Korištenje aplikacije unutar virtualne stvarnosti
bilo mi je intuitivno



Slika 6.8. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko intuitivnosti korištenja aplikacije
(skala: od 1 – *nimalo* do 10 – *iznimno puno*)

Uz pisane upute unutar virtualne stvarnosti, pomogle bi mi i deskriptivne audio upute unutar...



Slika 6.9. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje o korisnosti dodatnih deskriptivnih audio uputa unutar aplikacije (skala: od 1 – *nimalo* do 10 – *iznimno puno*)

Završno, aplikacija unutar virtualne stvarnosti znatno je pomogla svim ispitanicima kao odlična poveznica između gledanja uputa putem videozapisa i sklapanja računala u stvarnom svijetu. Nisu sve osobe u mogućnosti naučiti vještinu sklapanja računala na stvarnom računalu, aplikacija unutar virtualne stvarnosti pruža tim osobama srodan način učenja te vještine.

Zaključak

Korištenje obrazovnih videoigara za učenje novih ili uvježbavanje stečenih vještina odličan je način da se motiviraju i zabave korisnici. Virtualna stvarnost u obrazovanju koristi virtualni prostor kako bi precizno simulirala stvarne događaje te tako učinila učenje jednostavnijim i imerzivnijim korisniku. Korištenje obrazovnih igara u obrazovanju uz pomoć igrifikacije može rezultirati odličnim uspjesima u učenju zbog ranije navedenih razloga, pa tako i kod učenja odnosno vježbanja sklapanja računala.

U sklopu ovog rada izrađen je prototip igre za učenje sklapanja računala unutar virtualne stvarnosti. Igra sadrži sve osnovne računalne komponente te kroz upute objašnjava korisniku svaki potrebn korak u sklapanju računala. Korisnička studija koja je provedena u sklopu ovog rada, pokazuje da igra Building PieCeS unutar virtualne stvarnosti služi kao odlična poveznica između gledanja kako sklopiti računalo i samostalnog sklapanja računala u stvarnom svijetu. Elementi igrifikacije potiču korisnike da istraže sve mogućnosti igre i motiviraju ih da budu što bolji u sklapanju računala.

Igra bi se mogla dodatno razviti dodavanjem svih mogućih računalnih komponenti. Postoje i opcije dodavanja vanjske računalne periferije, spajanja i konfiguriranja internetske mreže te sklapanje prijenosnih računala. Na taj bi način korisnici mogli naučiti ili uvježbati razne vještine sklapanja i programiranja koje im nisu lako dostupne unutar stvarnog svijeta. Mogućnost uvođenja višekorisničkog igranja gdje korisnici pomažu jedan drugome ili se natječu jedan protiv drugoga također je odličan način za podizanje motivacije i količine zabave unutar igre.

Literatura

- [1] Video game industry, Poveznica: <https://www.wepc.com/news/video-game-statistics/>; pristupljeno 30. svibnja 2022.
- [2] "Video game." *Merriam-Webster.com Dictionary*, Merriam-Webster, <https://www.merriam-webster.com/dictionary/video%20game/>; pristupljeno 30. ožujka 2022.
- [3] Newman, J. (2012). *Videogames*. Routledge.
- [4] Video Game Genres: Everything you need to know, Poveznica: <https://www.hp.com/us-en/shop/tech-takes/video-game-genres/>; pristupljeno 31. ožujka 2022.
- [5] Kuittinen, J., Kultima, A., Niemelä, J., & Paavilainen, J. (2007, November). Casual games discussion. In *Proceedings of the 2007 conference on Future Play* (pp. 105-112).
- [6] Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment (CIE)*, 1(1), 21-21.
- [7] Susi, T., Johannesson, M., & Backlund, P. (2007). Serious games: An overview. Retrieved from *Institutionen för kommunikation och information website*; <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:his:diva-1279>
- [8] Gaming as a teaching tool, Poveznica: <https://penntoday.upenn.edu/news/gaming-teaching-tool/>; pristupljeno 31. ožujka 2022.
- [9] Habgood, M. J., & Ainsworth, S. E. (2011). Motivating children to learn effectively: Exploring the value of intrinsic integration in educational games. *The Journal of the Learning Sciences*, 20(2), 169-206.
- [10] PC Building Simulator, Poveznica: <https://www.pcbuildingsim.com/>; pristupljeno 14. travnja 2022.
- [11] Pandžić, I. S., Pejša, T., Matković, K., Benko, H., Čereković, A., Matijašević, M.: Virtualna okruženja - Interaktivna 3D grafika i njene primjene (1. izdanje), Element, Zagreb, Hrvatska, 2011.
- [12] Virtual Reality, Poveznica: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html/>; pristupljeno 4. travnja 2022.
- [13] History of VR – Timeline of Events and Tech Development, Poveznica: <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr/>; pristupljeno 30. ožujka 2022.
- [14] 74 Virtual Reality Statistics you must know in 2021/2022, Poveznica: <https://financesonline.com/virtual-reality-statistics/>; pristupljeno 30. ožujka 2022.
- [15] How Do Virtual Reality Headsets Work, Poveznica: <https://www.xrtoday.com/vr/how-do-virtual-reality-headsets-work/>; pristupljeno 4. travnja 2022.
- [16] Burdea, G. C., and Coiffet P. *Virtual reality technology*. John Wiley & Sons, 2003.

- [17] Popović S. *Materijali s predmeta Interaktivni simulacijski sustavi*, FER, Zagreb, Hrvatska, ak. god. 2021/2022.
- [18] Freina, L., & Ott, M. (2015, April). A literature review on immersive virtual reality in education: state of the art and perspectives. In *The international scientific conference elearning and software for education* (Vol. 1, No. 133, pp. 10-1007).
- [19] 3D Organon, Poveznica: <https://www.3dorganon.com/for-educators/>; pristupljeno 31. ožujka 2022.
- [20] HoloLAB Champions, Poveznica: <https://hololabchampions.schellgames.com/for-educators/>; pristupljeno 31. ožujka 2022.
- [21] Unity (Game Engine), Poveznica: [https://en.wikipedia.org/wiki/unity_\(game_engine\)](https://en.wikipedia.org/wiki/unity_(game_engine)); pristupljeno 30. ožujka 2022.
- [22] Visual Studio, Poveznica: <https://visualstudio.microsoft.com/vs/>; pristupljeno 30. ožujka 2022.
- [23] XR Interaction toolkit manual, Poveznica: <https://docs.unity3d.com/Packages/com.unity.xr.interaction.toolkit@0.9/manual/>; pristupljeno 31. ožujka 2022.
- [24] Meta Quest, Oculus Quest 2, Poveznica : <https://www.oculus.com/quest-2/>; pristupljeno 1. travnja 2022.
- [25] Unity Asset Store, POLY Computer Constructor, Poveznica: <https://assetstore.unity.com/packages/3d/props/poly-computer-constructor-204016>; pristupljeno 14. travnja 2022.
- [26] Quick and easy build PC guide 2021, Poveznica: <https://www.youtube.com/watch?v=QoDvFKj2niI/>; pristupljeno 30. svibnja 2022.

Popis slika i tablica

Slika 2.1. Postotak povećanja količine točno riješenog testa nakon učenja (prilagođeno iz [9])	3
Slika 2.2. Izgled igre PC Building Simulator (preuzeto iz [10]).....	4
Slika 3.1. Wheatstoneov stereoskop (preuzeto iz [13])	6
Slika 3.2. Regionalna anatomija, 3D Organon (preuzeto iz [19]).....	7
Slika 3.3. HoloLAB Champions (preuzeto iz [20])	8
Slika 4.1. Oculus Quest 2 (preuzeto iz [24]).....	10
Slika 5.1. Sve računalne komponente unutar VR scene.....	12
Slika 5.2. Isječak koda <i>CanvasMng</i> skripte zaduženog za računanje vremena	12
Slika 5.3. Početna scena	13
Slika 5.4. Završna scena.....	14
Slika 5.5. Isječak koda zaduženog za kraj igre iz <i>CanvasMng</i> skripte	15
Slika 5.6. Osnovne i dodatne upute unutar igre	16
Slika 5.7. Isječak koda <i>InteractableObjects</i> skripte.....	16
Slika 5.8. Isječci koda <i>CanvasMng</i> skripte za upravljanje gumbom start	17
Slika 5.9. Isječak koda za provjeru pozicije komponente iz <i>InteractableObjects</i> skripte ..	18
Slika 5.10. Isječak koda iz <i>Trash</i> skripte	19
Slika 5.11. Isječak koda iz <i>Trash</i> skripte	19
Slika 6.1. Dijagram koraka kojim se provodi korisnička studija	20
Slika 6.2. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje o samostalnom sklapanju računala nakon korisničke studije.....	23
Slika 6.3. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko stečenog znanje o računalnim komponentama (skala: od 1 – nimalo do 10 - iznimno puno).....	23

Slika 6.4. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti s obzirom na gledanje samo videa (skala: od 1 – <i>nimalo</i> do 10 – <i>iznimno puno</i>)	24
Slika 6.5. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti gledanja videa prije korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti (skala: od 1 – <i>iznimno puno</i> do 10 – <i>nimalo</i>).....	24
Slika 6.6. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti gledanje videa u odnosu na korisnost kombiniranog korištenja obje metode učenja (skala: od 1 – <i>nimalo</i> do 10 – <i>iznimno puno</i>)	25
Slika 6.7. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko korisnosti korištenja aplikacije unutar virtualne stvarnosti u odnosu na korisnost kombiniranog korištenja obje metode učenja (skala: od 1 – <i>nimalo</i> do 10 – <i>iznimno puno</i>)	25
Slika 6.8. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje oko intuitivnosti korištenja aplikacije (skala: od 1 – <i>nimalo</i> do 10 – <i>iznimno puno</i>).....	26
Slika 6.9. Distribucija odgovora ispitanika vezana uz pitanje o korisnosti dodatnih deskriptivnih audio uputa unutar aplikacije (skala: od 1 – <i>nimalo</i> do 10 – <i>iznimno puno</i>).27	

Sažetak

U ovom radu pojašnjena je podjela videoigara i njihova primjena u obrazovanju. Opisana je tehnologija virtualne stvarnosti, njena povijest i njen razvoj sve do danas. Navedene su inspiracije za izgradnju obrazovne igre unutar virtualne stvarnosti te sve korištene tehnologije. Izgrađena i implementirana je obrazovna igra Building PieCeS za učenje sklapanja računala unutar virtualne stvarnosti. Korišteno je Unity okruženje i Oculus Quest 2. Igra pomoću uputa i interakcije s objektima navodi korisnika i educira ga o pravilnom načinu sklapanja računala. Osim načina spajanja računalnih komponenti, educira korisnika o korištenim komponentama te sadrži elemente igrifikacije za dodatnu motivaciju. Igra završava kada korisnik ispravno sklopi cijelo računalo i pokrene ga.

Ključne riječi: virtualna stvarnost, obrazovna igra, Unity, računalo

Summary

This thesis explains various types of videogames, and focuses in particular on the application of games in education. It describes Virtual Reality technology, its history and development. All inspirations and all used technologies that were used in creating this educational game inside virtual reality are listed. The educational game Building PieCeS was designed and implemented for teaching computer building inside Virtual Reality. Unity and Oculus Quest 2 were used. The game educates users about correct computer building through its instructions and interactions with objects. Besides educating the user about the correct way to build a computer, it also educates users about computer components and contains elements of gamification for extra motivation. The game ends when the player correctly builds the whole computer and turns it on.

Keywords: virtual reality, educational game, Unity, computer