

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 110

**PROCJENA ISKUSTVA IGRANJA U VIRTUALNOJ
STVARNOSTI**

Neda Kušurin

Zagreb, lipanj 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 110

**PROCJENA ISKUSTVA IGRANJA U VIRTUALNOJ
STVARNOSTI**

Neda Kušurin

Zagreb, lipanj 2021.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

Zagreb, 12. ožujka 2021.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 110

Pristupnica: **Neda Kušurin (0036513424)**

Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo

Modul: Računarstvo

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

Zadatak: **Procjena iskustva igranja u virtualnoj stvarnosti**

Opis zadatka:

Razvoj tehnologije virtualne stvarnosti tijekom posljednjeg desetljeća od velikog je interesa za industriju igara. Međutim, iako dijele mnoge značajke s igrama na ostalim platformama, igre u virtualnoj stvarnosti zahtijevaju poseban pristup prilikom dizajna i razvoja. Osim što praćenje korisnikovih pokreta u šest stupnjeva slobode omogućava implementaciju vrlo raznolikih načina interakcije s virtualnim svijetom, određene mehanike unutar igre mogu dovesti do nelagode, umora i mučnine te negativno utjecati na iskustvo igranja. Vaš zadatak je provesti korisničku studiju tijekom koje ćete korištenjem subjektivnih i objektivnih metrika ispitati utjecaj faktora korisnika, konteksta i sustava na iskustvenu kvalitetu igranja te pojavu fizičke nelagode kod ispitanika. Svu potrebnu literaturu i uvjete za rad osigurat će Vam Zavod za telekomunikacije.

Rok za predaju rada: 11. lipnja 2021.

Zahvaljujem svima koji su volonterski sudjelovali u ispitivanju procjene iskustva igranja u virtualnoj stvarnosti.

Posebno se zahvaljujem izv. prof. dr. sc. Lei Skorin-Kapov i Sari Vlahović mag. ing. na vođenju i pomoći tijekom izrade ovog završnog rada.

Sadržaj

1. Uvod i motivacija.....	7
2. Povezani radovi	9
2.1. Iskustvena kvaliteta.....	9
2.2. Igre u virtualnoj stvarnosti	10
2.3. Procjena iskustvene kvalitete igara u virtualnoj stvarnosti	10
3. Metodologija	12
3.1. Odabir ispitanika	12
3.2. Odabrana VR platforma	13
3.3. Opis igara.....	14
3.4. Subjektivne mjere.....	17
3.4.1. Simulator Sickness upitnik	17
3.4.2. Borg CR10 ljestvica.....	18
3.4.3. SIM-TLX.....	18
3.4.4. Upitnik iskustva igranja	19
3.4.5. Pitanja vezana uz opće zadovoljstvo.....	20
3.5. Objektivne mjere	20
3.5.1. Vrijeme reakcije.....	20
3.5.2. Fiziološki signali	21
3.6. Procedura ispitivanja.....	22
3.6.1. Prije boravka u virtualnoj stvarnosti	22
3.6.2. Tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti.....	23
3.6.3. Nakon boravka u virtualnoj stvarnosti	23
4. Analiza rezultata	25
4.1. Analiza subjektivnih mjer.....	25
4.2. Analiza objektivnih mjer.....	33
5. Diskusija	35
6. Zaključak i budući rad	36

Reference	38
Sažetak.....	41
Summary	42
Dodatak A: Obrazac za preuzimanje nagrade	43
Dodatak B: Obrazac za covid	44
Dodatak C: Obrazac za sudjelovanje u ispitivanju	45
Dodatak D: SIM-TLX	46
Dodatak E: Ostali upitnici.....	48

1. Uvod i motivacija

Iako se virtualna stvarnost pojavila već 60.-ih godina prošlog stoljeća, posljednjih desetak godina doživjela je strmovit rast. Pojam virtualna stvarnost (engl. Virtual Reality-VR) odnosi se na oblik računalne simulacije u kojoj korisnik osjeća da se nalazi u umjetnom okruženju pri čemu u potpunosti gubi doticaj s vanjskim svijetom koji ga okružuje [1]. Kao što je navedeno u izvoru [1], VR tehnologija je doživjela procvat 2016. godine kada je na njoj zarađeno 6,1 milijardi dolara, a do 2023. godine se očekuje da će zarada povećati na 160 milijardi dolara uz godišnju stopu rasta od 78%, a zanimljiv je i podatak da danas 171 milijun ljudi koristi tehnologiju virtualne stvarnosti.

Zbog sve većeg interesa ljudi, razvijatelji VR igara žele dobiti povratnu informaciju o njihovoj kvaliteti da saznaju što treba popraviti u implementaciji igre kako bi zadovoljstvo korisnika bilo što veće. Stupanj oduševljenja ili uznemirenosti korisnika određene aplikacije ili usluge naziva se iskustvena kvaliteta (engl. Quality of experience-QoE) [2]. QoE se odnosi na cijelokupno iskustvo usluge, odnosno usredotočeno je na razumijevanje ukupnih ljudskih zahtjeva vezanih uz kvalitetu usluge.

U VR igama je jako bitan QoE. S godinama se promijenio njegov način mjerena. Dok se tradicionalno iskustvo igranja mjerilo nekim subjektivnim metodama poput upitnika i anketa, u novije vrijeme se sve više koriste i objektivnije metode poput mjerjenja otkucaja srca i promatranja elektrodermalnih podražaja, odnosno promjena temperature i opće pobuđenosti organizma [3]. Na iskustvo igranja u VR-u utječu i razni čimbenici koji nisu direktno povezani s kvalitetom same igre, npr. dosadašnje iskustvo korisnika s igrama virtualne stvarnosti, ergonomski udobnost naočala za virtualnu stvarnost te psihički i fizički napor koji korisnik treba uložiti dok igra.

Upravo je to postojanje različitih faktora koji utječu na iskustvo igranja bilo motivacija za ovaj rad čiji je cilj ispitati i saznati pozitivne i negativne efekte koje korisnik doživjava u igrama virtualne stvarnosti. Odabrane su tri žanrovske različite igre koje se razlikuju po količini interakcije i vrsti mehanike. Radi se o igrama VR

Fruit Ninja¹, Dungeon Brewmaster² i Space Pirate Trainer³. Ispitan je utjecaj raznih čimbenika na fizičku nelagodu i kognitivne sposobnosti prilikom boravka u virtualnoj stvarnosti kod svake od tri igre za svakog ispitanika i na kraju su analizirani dobiveni rezultati. Pri tome su korištene i subjektivne i objektivne metode ispitivanja QoE-a.

Rad ima šest poglavlja i strukturiran na sljedeći način: nakon uvoda i motivacije, slijedi poglavlje povezani radovi u kojem se detaljno opisuje iskustvena kvaliteta, VR igre i navode se neki već potojeći znanstveni radovi i članci koji su se bavili sličnom tematikom kao ovaj rad. Treće poglavlje opisuje metodologiju korisničkog ispitivanja iskustvene kvalitete VR igara. Ono se bavi detaljnim opisom odabira ispitanika, VR platforme, igara i svih korištenih subjektivnih i objektivnih metoda. Nakon opisa metodologije, slijedi poglavlje u kojem su prikazani i analizirani svi dobiveni rezultati. Peto poglavlje je diskusija i tu doneseni neki općeniti zaključci koji proizlaze iz rezultata. Šesto, posljednje poglavlje je zaključak i budući rad koji donosi kratak osvrt na rad i prijedloge u kojem smjeru bi se istraživanje moglo nastaviti.

¹ https://store.steampowered.com/app/486780/Fruit_Ninja_VR/

² https://store.steampowered.com/app/832720/Dungeon_Brewmaster/

³ https://store.steampowered.com/app/418650/Space_Pirate_Trainer/

2. Povezani radovi

U ovom poglavlju detaljnije je opisan pojam iskustvene kvalitete te subjektivne i objektivne mjere koje se koriste za mjerjenje iskustvene kvalitete. Navedene su glavne karakteristike igara u virtualnoj stvarnosti. Također su navedeni neki već postojeći radovi koji se bave procjenom iskustvene kvalitete kod igara u virtualnoj stvarnosti.

2.1. Iskustvena kvaliteta

Iskustvena kvaliteta je u očima promatrača. Uobičajeno, korisnike toliko ne zanima način na koji je neki proizvod napravljen, nego im je važnije ispunjava li proizvod njihove potrebe i vole li ga koristiti [4]. Pitanje je što utječe na doživljaj korisnika kod proizvoda s istom funkcionalnošću. Na iskustvenu kvalitetu utječu razni čimbenici kao što su izgled proizvoda i mogućnost prilagodbe proizvoda [5]. Međutim, rezultati iskustvene kvalitete ovise i o načinu na koji se iskustvena kvaliteta mjeri.

Postoje različiti modeli procjene iskustvene kvalitete. Uglavnom se temelje na podacima koji se prikupljaju eksperimentiranjem u kontroliranoj okolini. Da bi se postiglo cjelovitije razumijevanje percepcije korisnika, u postupak ocjenjivanja iskustvene kvalitete moraju se uključiti različiti subjektivni i objektivni parametri [6]. Subjektivni parametri se odnose na razinu zabave korisnika, stres, umor i prošlo iskustvo korištenja usluge. Objektivni parametri uključuju promjene kod čovjeka i sustava koje je moguće izmjeriti. Kod ljudi možemo izmjeriti npr. promjene kod otkucaja srca i temperature, dok kod sustava možemo npr. analizirati kako pojavi gubitka paketa i problema u mreži tijekom sesije nekog multimedijiskog sadržaja utječe na iskustvenu kvalitetu.

2.2. Igre u virtualnoj stvarnosti

Danas na tržištu postoje mnoge igre virtualne stvarnosti koje se međusobno razlikuju žanrovski, po vrstama interakcije koje su prisutne u njima i po VR uređajima za koje su namijenjene. Ključne vrste interakcije u igrama virtualne stvarnosti danas su izravna navigacija i manipulacija kontrolerima tijekom igre [7]. Od ostalih metoda interakcije sve više se razvija korištenje glasovne komunikacije tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti. Igre virtualne stvarnosti uglavnom služe za zabavu, a često se koriste i u obrazovne svrhe [8].

Izrada VR igara predstavlja velik izazov programerima. Potrebno je uložiti dosta truda kako bi igra bila funkcionalna i bez grešaka. Nakon što se implementira, igru je prije puštanja u prodaju potrebno testirati kako bi se dobile informacije o zadovoljstvu korisnika igrom i kako bi se ispravile eventualne pogreške koje su programerima promaknule tijekom implementacije. Vrijeme proizvodnje igara se neprestano povećava jer korisnici zahtijevaju sve više interakcije u igrama i na tržištu su dostupne sve bolje grafičke kartice koje pružaju izradu igara s većim interaktivnim i vizualnim mogućnostima [9]. Prosječno, vrijeme potrebno da bi se razvila igra virtualne stvarnosti je godina dana.

2.3. Procjena iskustvene kvalitete igara u virtualnoj stvarnosti

Postoje mnogi znanstveni radovi koji se bave problematikom procjene kvalitete igranja u virtualnoj stvarnosti. Primjer takve korisničke studije predstavljen je u [10]. Glavni cilj tog istraživanja bio je utvrditi utječe li virtualna stvarnost na kožne podražaje i kognitivni učinak korisnika. Ispitano je 26 mladih i zdravih ljudi kojima se tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti simulirala vožnja na vlaku smrti. Primjećeno je da se ispitanicima pojavila određena fizička nelagoda u vidu mučnine i povećanog broja otkucaja srca tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti. Nakon boravka u virtualnoj stvarnosti povećalo im se vrijeme reakcije. Međutim, smatralo se da su ti simptomi posljedica brzine i rotacijskog kretanja tijekom vožnje.

Drugi rad koji također valja spomenuti predstavljen je u [11]. Za razliku od prethodnih istraživanja gdje je boravak u virtualnom okruženju uglavnom uključivao dinamičke kretnje, ovaj rad uključuje i statički dio. Korisnici su u virtualnom okruženju prolazili kroz dugačak hodnik sa zavojima. Kod statičkog simulatora brzinu prolaska su regulirali klikom miša, dok se kod dinamičkog simulatora brzina mijenjala ovisno o tempu kojim su korisnici u stvarnosti hodali. Nakon obrade rezultata vezanih uz fizičku nelagodu, nije bilo značajnih razlika u pojavi nelagode kod statičkog i dinamičkog simulatora hoda. Ključno je bilo saznanje da je količina nelagode ovisila o duljini vremena boravka u virtualnom okruženju. Simptomi nelagode su postajali veći s povećanjem vremena boravka u VR-u. Taj rad je zapravo bio motiv da se bolje istraže stvarni uzroci pojave nelagode kod korištenja VR-a.

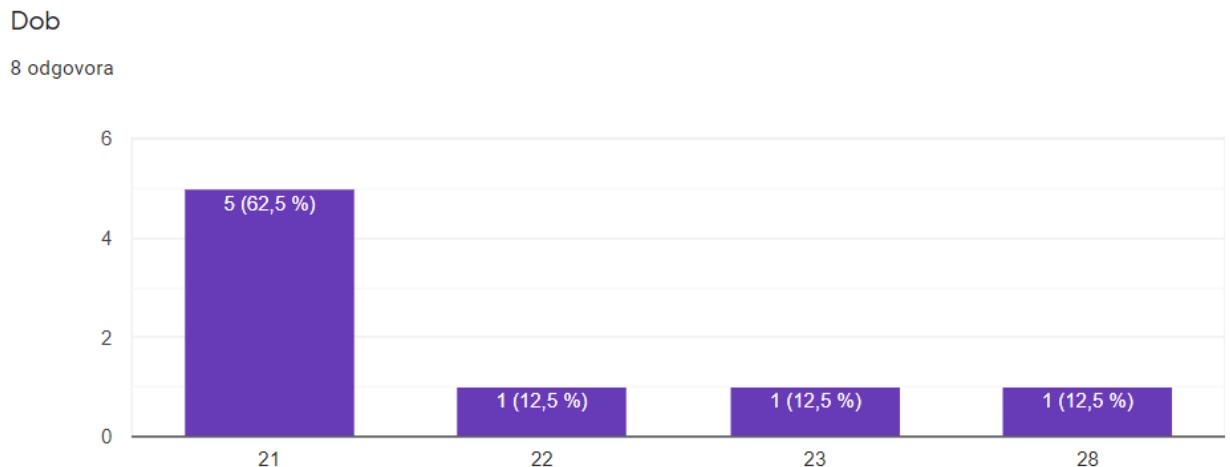
Prije istraživanja važno je pripremiti adekvatne upitnike i alate koji će na ispravan način procijeniti iskustvenu kvalitetu korisnika. Postoje razne strategije i metrike za procjenu iskustvene kvalitete VR igara [12]. Ovaj rad se oslanja na istraživanje [13] u kojem je QoE ispitivan na tri različite igre. Cilj tog rada bio je istražiti što sve utječe na kvalitetu igranja u VR-u. Željelo se vidjeti u kojoj mjeri različiti žanrovi i različite metode interakcije kod igara utječu na korisničko iskustvo te fizičke i kognitivne sposobnosti korisnika. Svaka od igara se žanrovski može povezati sa jednom od igara koja je ispitivana u ovom radu. Zbog toga je u ovom istraživanju korištena vrlo slična metodologija kao u tom radu.

3. Metodologija

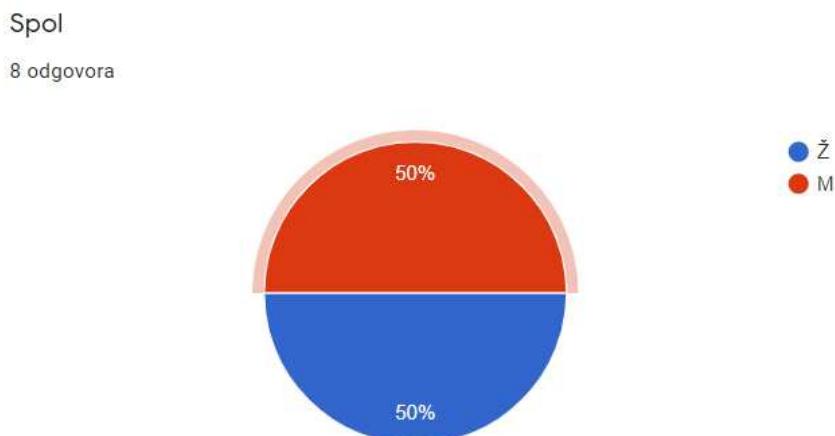
U ovom poglavlju navedeni su osnovni podaci o ispitanicima koji su testirali igre i opisana je VR platforma koja se pri tom koristila. Također je dan opis igara, kao i detaljan opis svih subjektivnih i objektivnih mjera koje su korištene pri ispitivanju. Navedena je i procedura ispitivanja po kojoj su korisnici ispitivani.

3.1. Odabir ispitanika

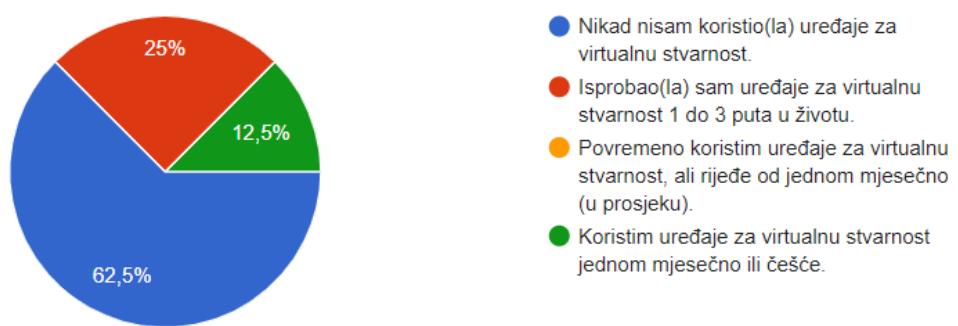
U ispitivanje je bilo uključeno 8 ispitanika mlađe dobi (Slika 3.1). Pola ispitanika su muškarci, a pola žene (Slika 3.2). Razlog takvog omjera je želja da rezultati budu što vjerodostojniji i da na njih ne utječu moguće razlike zbog spola. Ispitanici su imali različite razine iskustva s korištenjem uređaja virtualne stvarnosti (Slika 3.3). Većina ispitanika do tada se nije susrela s virtualnom stvarnošću.



Slika 3.1 Dob ispitanika (slika preuzeta iz rezulata demografskog upitnika)



Slika 3.2 Spol ispitanika (slika preuzeta iz rezulata demografskog upitnika)



Slika 3.3 Razina iskustva ispitanika s uređajima za VR (slika preuzeta iz rezulata demografskog upitnika)

3.2. Odabrana VR platforma

Zajedno s računalom na kojem je instalirano virtualno okruženje, VR uređaj pomoću kojeg su korisnici testirali igre bio je HTC Vive. HTC Vive je zapravo zaslon koji se montira na glavu (engl. Head Mounted Display, skraćeno HMD) i korisnika uranja u virtualni svijet (slika 3.4) [14]. Na glavu korisnika pričvrsti se pomoću niza traka koje nalikuju na remen i imaju čičak na sebi. Na stražnjoj strani uređaja se nalazi kotačić koji služi za podešavanje širine uređaja ovisno o veličini glave korisnika. Korisnik također pomoću kotačića na desnoj strani uređaja može promijeniti udaljenost između leća kako bi ona odgovarala njegovoj interpupilarnoj udaljenosti. HTC Vive ima dvostrukе OLED zaslone s rezolucijom 1440 x 1600

piksela kroz koje korisnik gleda. Slušalice kroz koje izvire zvuk i dodatno pomažu korisniku da se potpuno uživi u igru pričvršćene su na uređaj i mogu se prilagoditi položaju ušiju kod korisnika. Dva kontrolera koja su odvojena od HMD-a imaju po jednu tipku, okiđač (engl. trigger) i dodirnu ploču (engl. touchpad), a jedan od njih prikazan je na slici 3.5.



Slika 3.4 HMD (slika preuzeta s [14])



Slika 3.5 Kontroler (slika preuzeta s [14])

3.3. Opis igara

Sve igre ispitanici su testirali u istoj prostoriji u istim uvjetima, koristeći HTC Vive i njegove kontrolere kao što je prethodno navedeno. Testiranja su provedena u labaratorijskom okruženju na FER-u, Zavodu za telekomunikacije, u istraživačkom labaratoriju MUEXlab⁴. Pošto se igre žanrovski razlikuju, zanimljiva je usporedba njihovih karakteristika (tablica 3-3).

Tablica 3-3: Usporedba igara

	Dungeon Brewmaster	Fruit Ninja	Space Pirate Trainer
ŽANR	simulacija kuhanja	akcijska igra	simulacija pucanja
OSNOVNA METODA INTERAKCIJE	uzimanje i premještanje objekata	mačevanje	pucanje
OSTALE METODE INTERAKCIJE	okretanje i naginjanje prilikom dohvaćanja predmeta	izmicanje ruku i tijela unazad	saginjanje i podizanje ruku za obranu od metaka
KUT IGRANJA	360°	180°	180°
VIZUALNI OPIS IGRE	tamnija, šarena pozadina s dosta detalja, realistična	svijetla, šarena pozadina, predmeti dosta realistični	tamna pozadina nalik na nebo sa zvjezdama noću, prisutni specijalni efekti

⁴ <https://muelab.fer.hr/>

Igre se razlikuju po metodama interakcije koje dominiraju u njima. Neke metode interakcije su fizički zahtijevnije od drugih pa je tako razumno za pretpostaviti da je Fruit Ninja fizički najzahtijevnija igra jer od igrača zahtijeva najveću mobilnost i širok raspon pokreta. S druge strane, Dungeon Brewmaster je psihički najzahtijevniji zbog svog virtualnog okruženja i perceptualnog naprezanja koje se javlja kod igrača. Space Pirate Trainer bi trebao biti negdje na sredini po pitanju fizičkog i psihičkog napora tijekom igre pa se očekuje da je on igračima najugodniji za igru.

Igra Dungeon Brewmaster može se igrati u dva načina (engl. mod): prvi je tzv. priča (engl. story) gdje igrač koji je zapravo kuhar sluša priče kupaca dok im pravi jelo. Drugi način je tzv. slobodni način (engl. free play) i u njemu kupci igraču ne pričaju svoje dogodovštine, već igrač kupcima samo pravi tražena jela. U kuhinji se nalazi oko 30 različitih sastojaka pomoću kojih igrač pravi jelo. Ispitanici su tijekom testiranja igrali igru u slobodnom načinu (Slika 3.6).



Slika 3.6 Dungeon Brewmaster (screenshot iz igre)

Igra Fruit Ninja ima 3 načina u kojima se može igrati. Prvi je klasični (engl. classic) u kojem igrač ima 3 života, a život gubi kada ne presječe voće koje je trebao presjeći. Ukoliko dodirne bombu, za igrača je igra automatski završena. Drugi način je tzv. arkadni način (engl. arcade) u kojem nema bombi, nego je cilj presjeći što više voća u vremenu od 1 minute i 30 sekundi. Treći način je tzv. zen

način (engl.zen) gdje igrač treba sijeći voće koje mu dolazi iz različitih kutova. Tijekom ispitivanja, igrači su igru igrali u arkadnom načinu (Slika 3.7).



Slika 3.7 Fruit Ninja, arkadni način (screenshot iz igre)

Igra Space Pirate Trainer se može igrati na način da se težina igre postepeno povećava ili se odmah može odabrati neka veća razina (engl. level). Što se leveli više povećavaju, povećava se i broj letjelica koje igrač treba uništiti. Ispitanici su igru igrali na način u kojem su se leveli postepeno povećavali (Slika 3.8). Igrač tijekom igre ima 2 pištolja i 3 života, a život gubi svaki put kad primi metak. Tijekom igre, igrač dobiva razne bonuse, kao što su štit i posebni meci.



Slika 3.8 Space Pirate Trainer (screenshot iz igre)

3.4. Subjektivne mjere

U ovom potpoglavlju detaljno su opisani svi upitnici i korištene skale koje su vezane uz subjektivne metode mjerjenja iskustvene kvalitete. Svi upitnici koje su ispitanici ispunjavali nalaze se na kraju ovog rada kao „Dodatak“.

3.4.1. Simulator Sickness upitnik

Simulator Sickness upitnik (engl. Simulator Sickness Questionnaire, skraćeno- SSQ) obuhvaća 16 pitanja koja su vezana uz fizičku nelagodu [15]. Ispitanici su ga ispunjavali prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti. Potrebno je označiti intenzitet simptoma prije ulaska i nakon izlaska iz virtualne stvarnosti vrijednostima od 0 do 3 pri čemu 0 označava da se navedeni simptom uopće nije javio, a 3 označava da je simptom bio jak. Simptomi i njihov mogući intenzitet prikazani su u tablici 3-4.

Tablica 3-4: Simptomi i njihov intenzitet kod SSQ upitnika

Simptomi					
1. opća neugoda	nimalo	malo	srednje	jako	
2. umor	nimalo	malo	srednje	jako	
3. glavobolja	nimalo	malo	srednje	jako	
4. naprezanje očiju	nimalo	malo	srednje	jako	
5. otežano fokusiranje slike	nimalo	malo	srednje	jako	
6. pojačano slinjenje	nimalo	malo	srednje	jako	
7. znojenje	nimalo	malo	srednje	jako	
8. mučnina	nimalo	malo	srednje	jako	
9. otežano koncentriranje	nimalo	malo	srednje	jako	
10. osjećaj težine/pritiska u glavi	nimalo	malo	srednje	jako	
11. zamućeni vid	nimalo	malo	srednje	jako	
12. ošamućenost/nestabilnost (oči otvorene)	nimalo	malo	srednje	jako	
13. ošamućenost/nestabilnost (oči zatvorene)	nimalo	malo	srednje	jako	
14. rotacijska vrtoglavica	nimalo	malo	srednje	jako	
15. nelagodan osjećaj u želucu	nimalo	malo	srednje	jako	
16. podrigivanje	nimalo	malo	srednje	jako	

3.4.2. Borg CR10 ljestvica

Borg CR10 ljestvica je općenita metoda za mjerjenje većine vrsta percepcija i iskustava, a uključuje bol i opaženi napor [16]. Može se koristiti i za mjerjenje raspoloženja i osjećaja kao što su nelagoda i tjeskoba. Ima skalu od 0 do 10 (slika 3.9). U upitniku ispitanici su pomoću Borg CR10 ljestvice ocjenjivali sljedeće simptome: razina umora u rukama, boli u rukama, boli u vratnim mišićima, boli u leđnim mišićima (gornjim i donjim), razinu fizičkog napora, razinu mentalnog umora, razinu nelagode koju su stvorile težina, dizajn, temperatura, zaslon naočala naočala za virtualnu stvarnost, koliko im je kabel smetao tijekom igre.



Slika 3.9 Borg CR10 ljestvica-podjela

3.4.3. SIM-TLX

Indeks opterećenja zadatkom (engl. The Simulation Task Load Index, skraćeno SIM-TLX) je alat koji je dizajniran posebno za procjenu opterećenja zadataka u VR simulacijama [17]. Ocjene se daju na skali od 0 do 100, u koracima od 5. Na pitanje se odgovara tako što se stavi znak „x“ na vertikalnu crticu (jednu od 21) gdje ispitanik misli da ga treba smjestiti. Prva vertikalna crtica označava jako malo optrećenje dimenzijom koja se ispituje, a zadnja jako puno. Opisi stavki koje se ispituju i ljestvica ocjena prikazani su u tablici 3-5.

Tablica 3-5: Opis stavki i ljestica ocjena SIM-TLX alata

Naslov	Rubovne točke	Pitanje
Mentalna zahtjevnost	jako malo / jako puno	Koliko je zadatak bio mentalno umarajuć?
Fizička zahtjevnost	jako malo / jako puno	Koliko je zadatak bio fizički umarajuć?
Vremenska zahtjevnost	jako malo / jako puno	Koliko je zadatak bio vremenski zahtjevan?
Frustracija	jako malo / jako puno	Koliko ste se osjećali nesigurno, obeshrabreno?
Složenost zadatka	jako malo / jako puno	Koliko je zadatak bio složen?
Situacijski stres	jako malo / jako puno	Koliko ste se osjećali pod stresom?
Distrakcije	jako malo / jako puno	Koliko vas je ometalo okruženje zadatka?
Perceptualni napor	jako malo / jako puno	Koliko su neugodni ili iritirajući bili zvukovi?
Kontrola zadatkom	jako malo / jako puno	Koliko je zadatak bio težak u smislu upravljanja/kontrole?

3.4.4. Upitnik iskustva igranja

Upitnik iskustva igranja (engl. The Game Experience Questionnaire, skraćeno- GEQ) obuhvaća metode ocjenjivanja različitih aspekata igračkog iskustva [18]. Ima skalu od 0 do 4 gdje 0 predstavlja nimalo, tj. ispitanik se nikako ne slaže s navedenom tvrdnjom, a 4 predstavlja ekstremno slaganje. Upitnik ima 7 različitih komponenti, a rezultat za svaku od komponenti se računa kao prosjek rezultata pitanja koje pripadaju toj komponenti. Pitanja u upitniku s rednim brojevima ispred njih se nalaze u dodatku. Tablicom 3-6 prikazane su komponente i njima pripadajućih pitanja.

Tablica 3-6: Komponente i njima pripadajuća pitanja GEQ-a

Komponenta	Brojevi pitanja
Kompetencija (primjena znanja i vještina u praksi)	2, 10, 15, 17, 21
Osjetilna i maštovita uronjenost u VR	3, 12, 18, 19, 27, 30
Zadubljenost u igru (engl. flow)	5, 13, 25, 28, 31
Napetost / izritiranost	22, 24, 29
Izazovnost	11, 23, 26, 32, 33
Negativni efekti	7, 8, 9, 16
Pozitivni efekti	1, 4, 6, 14, 20

3.4.5. Pitanja vezana uz opće zadovoljstvo

Cilj pitanja vezanih uz opće zadovoljstvo je ispitati ukupno zadovoljstvo igrača nakon igre. Igrač se pita bi li želio nastaviti igrati igru da nije prekinut zbog testiranja i ako ne bi, treba navesti razloge zbog kojih ne bi nastavio s igrom. Na kraju ispitanik ocjenama od 1 do 5 daje ocjenu za ukupnu kvalitetu iskustva igranja u toj sesiji. Te ocjene se prikazuju na Mean opinion score (skraćeno-MOS) skali jer se ona često primjenjuje kod ocjenjivanja raznih višemedijskih usluga.

3.5. Objektivne mjere

U ovom potpoglavlju opisane su metode objektivnog mjerjenja iskustvene kvalitete, a to su mjerjenje vremena reakcije i praćenje fizioloških signala ispitanika.

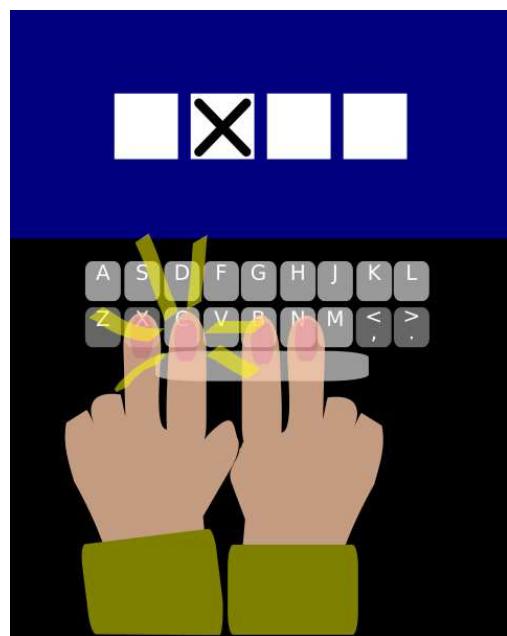
3.5.1. Vrijeme reakcije

Vrijeme reakcije ispitanika mjereno je prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti pomoću Deary Liewald Reaction Time aplikacije [19]. Ispitanici su rješavali po dva testa: jednostavno vrijeme reakcije (engl. simple reaction time, skraćeno-SRT test) i izborno vrijeme reakcije (engl. choice reaction time, skraćeno-CRT test). Kod oba testa je broj ponavljanja postavljen na 20. Kod SRT testa, kada vidi podražaj na ekranu (prikaže se znak „x“ u kvadratiću), ispitanik pritisne znak „X“ na tipkovnici (Slika 3.10). CRT test testira vrijeme reakcije s četiri izbora. Tu postoje četiri različita podražaja i ispitanik mora pritisnuti tipku na

tipkovnici koja odgovara točnom odgovoru (Slika 3.11). Na primjer, postavljeno je da tipke X, C, B i N za podražaj (priček znaka „x“) odgovaraju prvom, drugom, trećem i četvrtom kvadratiću na ekranu. Ovisno u kojem se kvadratiću „x“ prikazao, ispitanik pritisne odgovarajuću tipku.



Slika 3.10 SRT test (slika preuzeta s [19])



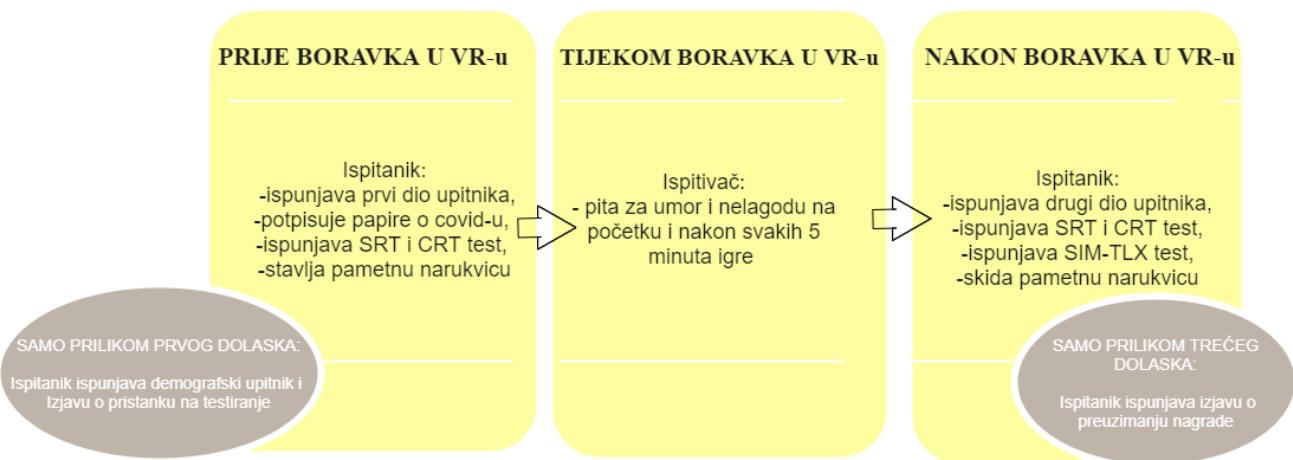
Slika 3.11 CRT test (slika preuzeta s [19])

3.5.2. Fiziološki signali

Promjene fizioloških signala tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti posljedica su više faktora od kojih je najznačajniji stres. Kada se čovjek nađe u stresnim situacijama, najčešće mu se mijenjaju otkucaji srca i temperatura. Otkucaji srca se većinom povećaju, dok se temperatura snižava. Korištenje Fitbit Charge 3 [20] pametne narukvice u ispitivanju pomaže za dobivanje podataka o pulsu ispitanika prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti. Pomoću tih podataka kasnije je moguće izvesti zaključak o tome koliko VR djeluje na ispitanika i u kojoj mjeri se mijenjaju njegove fiziološke mjere.

3.6. Procedura ispitivanja

Ispitanici su po dolasku u labaratorij uvijek ispitivani po istoj proceduri. Svaki ispitanik je kroz 3 različita dolaska ispitao ukupno 3 igre. Prije svakog ispitivanja obavljena je dezinfekcija labaratorija i opreme za ispitivanje. Redoslijed ispitivanja igara koje su ispitanici igrali je nasumičan, odnosno nastojao se izbjegći isti redoslijed igranja kako bi istraživanje bilo što vjerodostojnije. Na slici 3.12 prikazana je procedura ispitivanja.



Slika 3.12 Procedura ispitivanja

3.6.1. Prije boravka u virtualnoj stvarnosti

Odmah nakon dolaska u labaratorij, ispitanici bi prvo potpisali obrazac kojim potvrđuju da nemaju simptome koronavirusa. Ako se radilo o prvom ispitivanju (ispitivanje prve igre), sljedio je potpis obrasca za informirani pristanak za sudjelovanje u istraživanju i ispunjavanje demografskog upitnika na računalu u kojem su ispitanici dali neke osnovne informacije o sebi, kao što su dob, spol i dosadašnje iskustvo s igrama. Svi upitnici su anonimni.

Zatim bi se ispitanicima na ruku koja nije dominantna (kojom ne pišu) stavila pametna narukvica Fitbit Charge 3 koja mjeri otkucaje srca i općenito razne parametre koji su vezni uz razinu pobuđenosti organizma. Ispitaniku je narukvica prije boravka u virtualnoj stvarnosti na ruci bila 10 minuta. Cilj je bio izmjeriti

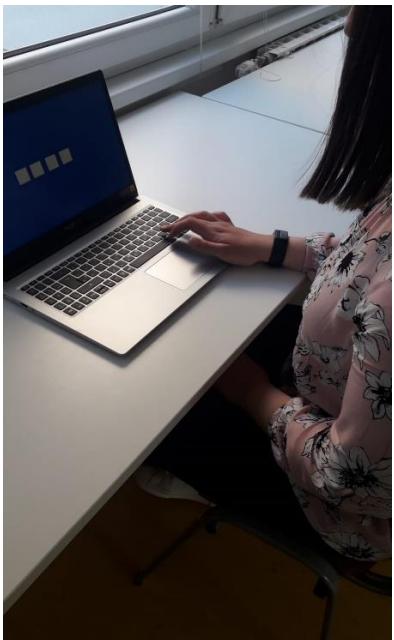
otukucaje srca i ostale parametre u stanju mrovanja kako bi se kasnije mogla obaviti usporedba parametara u stanju mirovanja i tijekom igre. Zatim bi ispitanici ispunjavali upitnik vezan uz psihičko i fizičko stanje prije boravka u virtualnoj stvarnosti i o iskustvu s igrom koju bi tog dana igrali. Također daju podatak o postojanju dioptrijskih i eventualnih korištenja naočala i leća za vid. Nakon ispunjavanja potrebnih upitnika, posljedni korak prije pokretanja igre je mjerjenje vremena reakcije ispitanika. Ono je mjereno koristeći aplikaciju Deary Liewald Reaction time (Slika 3.13).

3.6.2. Tijekom boravka u virtualnoj stvarnosti

Tijekom igranja ispitaniku je cijelo vrijeme na ruci pametna narukvica (Slika 3.14). Trajanje jedne VR sesije je ograničeno na 20 minuta. Odabранo je vrijeme od 20 minuta jer se pokazalo da se u tom početnom razdoblju igre razvije osjećaj mučnine, nelagode i umora ako će ga biti kod ispitanika [21], a upravo je cilj ispitivanja to istražiti. Zbog toga se ispitanika na početku, nakon 5 minuta, nakon 10 minuta, nakon 15 minuta i na kraju boravka u virtualnoj stvarnosti pita koliki su mu opći umor i nelagoda na skali od 0 do 10 gdje je 0 nimalo, a 10 ekstremno snažno (Borg CR10 skala). Ti podatci služe za analizu psihičkog i fizičkog umora prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti.

3.6.3. Nakon boravka u virtualnoj stvarnosti

Nakon što završi VR sesija, ispitanik skida HMD s glave i odmah radi testove vezane uz mjerjenje vremena reakcije koje je radio i prije boravka u virtualnoj stvarnosti kako bi kasnije mogli analizirati promjene u reakcijama koje je igra uzrokovala. Zatim se ispunjava upitnik o psihičkom i fizičkom stanju nakon boravka u virtualnoj stvarnosti i o općem zadovoljstvu ispitanika nakon igranja. Posljednje se ispunjava SIM-TLX upitnik. Ako se radilo o testiranju posljednje, treće igre, ispitanik bi potpisao obrazac o preuzimanju prigodne nagrade (prijenosni punjač za mobitel) koju je zaslužio jer je dobrovoljno sudjelovao u ispitivanju.



Slika 3.13 CRT test



Slika 3.14 Testiranje igre

4. Analiza rezultata

U ovom poglavlju prikazani su rezultati svih upitnika te subjektivnih i objektivnih metoda kojima se mjerila iskustvena kvaliteta igranja u virtualnoj stvarnosti. Nakon svake tablice slijedi kratak opis koji govori o tome što tablica predstavlja i donosi se zaključak o dobivenim rezultatima iz tablice.

4.1. Analiza subjektivnih mjera

Tablica 4-1: Aritmetička sredina i standardna devijacija za SIM-TLX upitnik (N=8)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
Mentalna zahtjevnost	25.63	22.14	14.38	14.02	19.38	14.46
Fizička zahtjevnost	20.63	17.58	38.13	25.24	43.13	25.12
Vremenska zahtjevnost	12.50	11.46	23.75	24.46	36.25	22.33
Frustracija	18.13	13.21	14.38	13.33	18.13	20.91
Složenost zadatka	25.00	19.84	23.13	27.19	29.38	23.38
Situacijski stres	15.00	13.69	14.38	13.56	30.00	20.00
Distrakcije	22.50	24.24	9.38	7.26	36.25	23.82
Perceptualni napor	21.25	23.95	13.13	9.66	30.63	32.83
Kontrola zadatkom	45.00	25.25	13.13	13.21	21.88	23.84

U tablici 4-1 prikazana je aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) ocjena za svaku stavku za svaku igru koja se ispitivala SIM-TLX alatom. Svaka stavka ima skalu od 0 do 100. Kod složenosti zadatka nema značajne razlike u dobivenim rezultatima. Fruit Ninja je ispitanicima bila najmanje mentalno zahtjevna igra i izazivala je najmanje frustracija jer je ta igra kognitivno najjednostavnija pošto igrač dok je igra uvijek radi iste pokrete rukom. S druge strane, Dungeon Brewmaster je igra koja je ispitanicima bila mentalno najzahtjevnija jer od igrača traži najveću koncentraciju (uzimanje i premještanje objekata s jednog mesta na drugo). Fruit Ninja i Space Pirate Trainer su fizički dosta zahtjevnije od Dungeon Brewmaster-a. Pokazalo se da što je igra fizički zahtjevnija, igračima je bila i više vremenski zahtjevna. Space Pirate Trainer ispitanicima je bila najstresnija. Najveće distrakcije i perceptualni napor ispitanici u osjećali tijekom igre Space Pirate Trainer, nešto manje tijekom igranja Dungeon Brewmaster-a, a kod Fruit Ninje distrakcije i perceptualni napor su bili najmanje

prisutni. Ispitanici su tijekom igre Dungeon Brewmaster osjećali da imaju najmanju kontrolu nad zadatkom.

Tablica 4-2: Aritmetička sredina i standardna devijacija vezana uz fizičku nelagodu prije boravka u VR-u za SSQ upitnik (N=8)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
opća neugoda	0.00	0.00	0.13	0.33	0.13	0.33
umor	0.63	0.70	0.63	0.86	0.50	0.50
glavobolja	0.13	0.33	0.13	0.33	0.00	0.00
naprezanje očiju	0.38	0.48	0.50	0.87	0.38	0.70
otežano fokusiranje slike	0.25	0.43	0.25	0.43	0.13	0.33
pojačano slinjenje	0.00	0.00	0.13	0.33	0.00	0.00
znojenje	0.00	0.00	0.13	0.33	0.00	0.00
mučnina	0.00	0.00	0.00	0.00	0.13	0.33
otežano koncentriranje	0.25	0.43	0.38	0.48	0.25	0.43
osjećaj težine/pritiska u glavi	0.13	0.33	0.13	0.33	0.13	0.33
zamućeni vid	0.25	0.43	0.25	0.66	0.13	0.33
ošamućenost/nestabilnost (oči otvorene)	0.00	0.00	0.25	0.66	0.00	0.00
ošamućenost/nestabilnost (oči zatvorene)	0.00	0.00	0.13	0.33	0.13	0.33
rotacijska vrtoglavica	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
nelagodan osjećaj u želucu	0.00	0.00	0.13	0.33	0.13	0.33
podrigivanje	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Tablica 4-3: Aritmetička sredina i standardna devijacija vezana uz fizičku nelagodu nakon boravka u VR-u za SSQ upitnik (N=8)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
opća neugoda	1.13	0.93	1.00	0.50	0.63	0.48
umor	1.50	0.50	1.50	0.50	1.63	0.70
glavobolja	0.38	0.48	0.13	0.33	0.50	0.71
naprezanje očiju	1.00	1.00	0.88	0.78	1.13	0.33
otežano fokusiranje slike	0.50	0.71	1.00	1.12	0.75	0.66
pojačano slinjenje	0.25	0.43	0.13	0.33	0.38	0.70
znojenje	0.38	0.48	0.38	0.70	0.75	0.83
mučnina	0.13	0.33	0.25	0.43	0.25	0.43
otežano koncentriranje	0.63	0.70	0.63	0.70	1.00	0.71
osjećaj težine/pritiska u glavi	1.00	1.00	0.63	0.48	0.63	0.70
zamućeni vid	0.88	0.93	0.75	0.97	0.75	0.66
ošamućenost/nestabilnost (oči otvorene)	0.38	0.48	0.38	0.70	0.38	0.70
ošamućenost/nestabilnost (oči zatvorene)	0.63	0.86	0.50	0.87	0.50	0.71
rotacijska vrtoglavica	0.38	0.70	0.38	0.48	0.00	0.00
nelagodan osjećaj u želucu	0.25	0.43	0.50	0.50	0.25	0.43
podrigivanje	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

U tablicama 4-2 i 4-3 prikazane su aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) ocjena po stavkama koje se odnose na fizičku nelagodu za svaku igru koja se ispitivala SSQ upitnikom prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti. Svaka stavka ima skalu od 0 do 3. Prije boravka u virtualnoj stvarnosti intenzitet svakog simptoma vezanog uz fizičku nelagodu kod ispitanika je bio zanemarivo malen, odnosno nije bio prisutan. Očekivano, nakon boravka u virtualnoj stvarnosti povećao se intenzitet pojedinih simptoma. Nema značajnih razlika u povećanju simptoma između igara, što znači da je do pojave simptoma došlo općenito zbog korištenja VR-a, a ne zbog specifičnosti igre. Najizraženiji simptomi nakon korištenja VR-a su: **opća neugoda, naprezanje očiju i osjećaj težine/pritiska u glavi**. Odabrane igre nisu stvorile gastrointestinalne probleme. Vrtoglavica i ošamućenost su bile prisutne kod ispitanika, ali su bile vrlo malog intenziteta. Znojenje i umor vrlo vjerojatno nisu posljedica boravka u virtualnoj stvarnosti jer bi se oni vjerojatno javili i kada bi se osoba bavila istom razinom tjelesne aktivnosti u stvarnosti.

Tablica 4-4: Aritmetička sredina i standardna devijacija za lokaliziranu bol i umor u mišićima prije boravka u VR-u (po Borg CR10 ljestvici)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
umor u rukama	0.63	0.70	1.13	1.76	0.75	0.66
bol u rukama	0.13	0.33	0.63	0.86	0.25	0.43
umor u vratnim mišićima	0.63	0.70	1.00	1.12	0.63	1.17
bol u vratnim mišićima	0.63	0.48	1.38	2.29	1.00	1.00
umor u leđnim mišićima(gornjim)	1.25	0.93	1.00	1.12	1.13	0.78
bol u leđnim mišićima(gornjim)	1.00	1.00	1.13	1.62	0.50	0.71
umor u leđnim mišićima(donjim)	0.38	0.48	0.38	0.73	0.50	0.71
bol u leđnim mišićima(donjim)	0.50	0.71	0.38	0.73	0.50	0.50

Tablica 4-5: Aritmetička sredina i standardna devijacija za lokaliziranu bol i umor u mišićima nakon boravka u VR-u (po Borg CR10 ljestvici)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
umor u rukama	1.88	1.69	3.00	2.18	1.63	2.40
bol u rukama	1.00	1.00	1.88	1.96	1.34	0.99
umor u vratnim mišićima	1.38	1.58	1.88	1.76	2.34	2.39
bol u vratnim mišićima	0.75	0.66	2.13	2.42	1.34	1.22
umor u leđnim mišićima(gornjim)	2.00	2.18	2.25	1.92	2.00	2.06
bol u leđnim mišićima(gornjim)	1.88	1.45	2.00	1.58	1.13	0.78
umor u leđnim mišićima(donjim)	1.00	1.32	1.25	1.39	1.75	2.17
bol u leđnim mišićima(donjim)	0.63	1.17	1.25	1.48	1.25	1.09

U tablicama 4-4 i 4-5 prikazane su aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) ocjena po stavkama koje se odnose na lokaliziranu bol i umor u mišićima za svaku igru prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti. Budući da se koristila Borg CR10 ljestvica, svaka stavka ima skalu od 0 do 10. Ispitanici prije boravka u VR-u nisu imali značajnije probleme s boli i umorom u mišićima ruku, vrata i leđa. Sve simptome za koje ih se pitalo nisu imali ili su bili vrlo slabo prisutni.

Nakon boravka u VR-u povećala se pojava pojedinih simptoma. Umor i bol u rukama najviše su bili prisutni tijekom igranja Fruit Ninja, a nešto manje tijekom igranja Dungeon Brewmaster-a i Space Pirate Trainera. Razlog tome su stalni pokreti rukama koji su osnovna metoda interakcije kod Fruit Ninja. Iako su navedeni umor i bol u rukama ocijenjeni kao slabici do umjereni, to ipak nije potpuno zanemarivo s obzirom da su ispitanici bili mlađi i zdravi, a VR sesija trajala 20 minuta. Kod različitih demografskih kategorija ili duljeg trajanja VR sesije, ti simptomi bi bili još više izraženi.

Najznačajniji porast boli i umora u mišićima nakon boravka u VR-u kod sve tri igre javio se u gornjim leđnim mišićima, dok su umor i bol u donjim leđnim mišićima bili najmanje prisutni. Općenito, ispitanicima su igre Fruit Ninja i Space Pirate Trainer izazivale više umora i lokalizirane boli u mišićima od igre Dungeon Brewmaster jer je Dungeon Brewmaster dosta statičnija od ostalih igara.

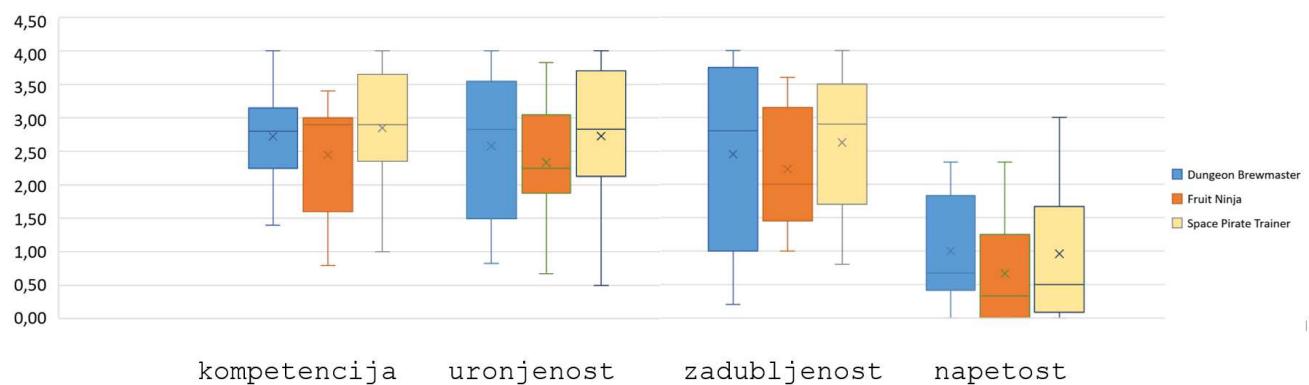
Tablica 4-6: Aritmetička sredina i standardna devijacija za nelagodu zbog boravka u VR-u (po Borg CR10 ljestvici)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
razina fizičkog napora	1.88	1.36	2.13	1.57	3.13	2.42
razina mentalnog umora	2.75	1.85	1.38	1.22	1.63	1.11
nelagoda zbog težine	2.63	1.32	1.38	1.11	2.63	1.87
VR naočala						
nelagoda zbog pritiska	2.75	1.56	1.63	1.49	2.13	1.66
naočala na glavu						
spadanje naočala s	1.50	0.78	0.75	1.09	1.00	1.00
glave						
nelagoda zbog temperature VR naočala	1.88	1.22	1.00	1.32	2.13	1.69
nelagoda zbog zaslona	3.38	1.73	2.50	1.41	2.25	1.30
naočala						
nelagoda zbog kabela	2.00	1.41	1.25	1.09	3.25	2.11

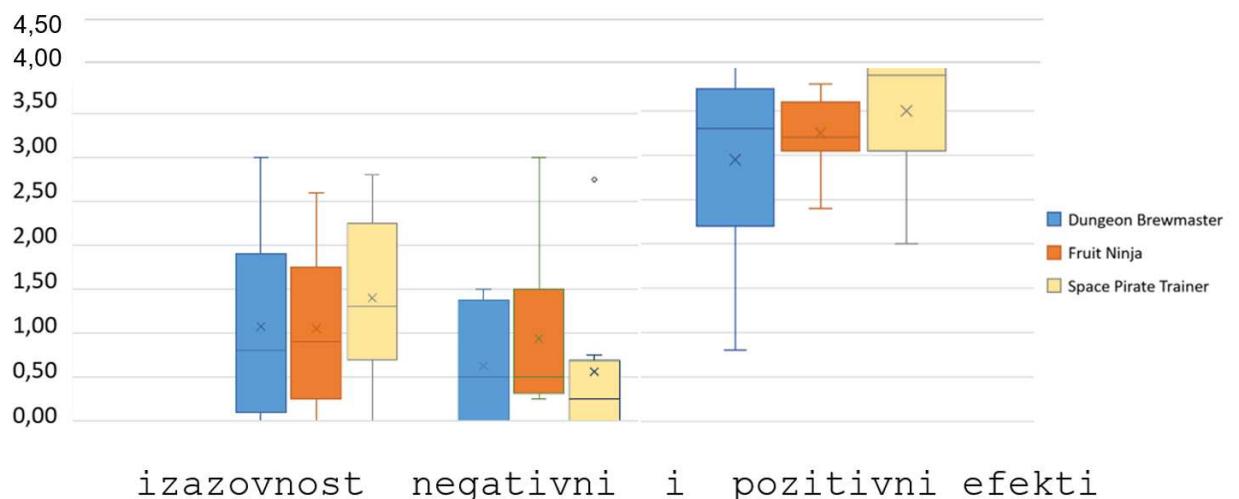
U tablici 4-6 prikazane su aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) ocjena po stavkama koje se odnose na nelagodu koju je uzrokovalo korištenje VR uređaja i boravak u VR-u. Rezultati svih stavki su mjereni pomoću Borg CR10 ljestvice. Igračima je igra Space Pirate Trainer bila fizički najnapornija, Fruit Ninja ih je nešto manje fizički umorila, a Dungeon Brewmaster im je bila najmanje fizički naporna. Dungeon Brewmaster je bila mentalno dosta napornija od ostale dvije igre. To je zbog toga što uzimanje i premještanje objekata koji su glavna metoda interakcije kod igre Dungeon Brewmaster zahtijevaju puno više koncentracije od stalnih istih pokreta rukama kod ostalih igara. Igračima je tijekom igre najviše nelagode stvarala težina i zaslon VR naočala. VR naočale im nisu spadale s glave jer se lako mogu prilagoditi veličini glave stezanjem remena i kotačića pa je tu nelagoda bila najmanje prisutna. Osjećali su i vrlo slabu do slabu nelagodu zbog temperature VR naočala. Tijekom igre Space Pirate Trainer im je najviše smetao kabel jer je ta igra zahtjevala veliku pokretljivost cijelog tijela (izbjegavanje metaka u igri) pa bi se igrači spotakli ili zapleli za kabel.

Tablica 4-7: Aritmetička sredina i standardna devijacija za upitnik iskustva igranja (GEQ)

	Dungeon Brewmaster		Fruit Ninja		Space Pirate Trainer	
	AS	SD	AS	SD	AS	SD
Kompetencija (primjena znanja i vještina u praksi)	2.73	0.72	2.50	0.85	2.85	0.88
Osjetilna i maštovita uronjenost u VR	2.60	1.04	2.33	0.88	2.73	1.05
Zadubljenost u igru (engl. flow)	2.28	1.35	2.30	0.88	2.63	1.02
Napetost / izritiranost	1.00	0.76	0.71	0.78	0.92	0.99
Izazovnost	1.08	0.98	1.05	0.85	1.40	0.86
Negativni efekti	0.81	0.83	0.94	0.90	0.56	0.86
Pozitivni efekti	2.93	1.00	3.25	0.41	3.50	0.68



Slika 4.8 Kutijasti dijagram za upitnik iskustva igranja (GEQ), prvi dio



izazovnost negativni i pozitivni efekti

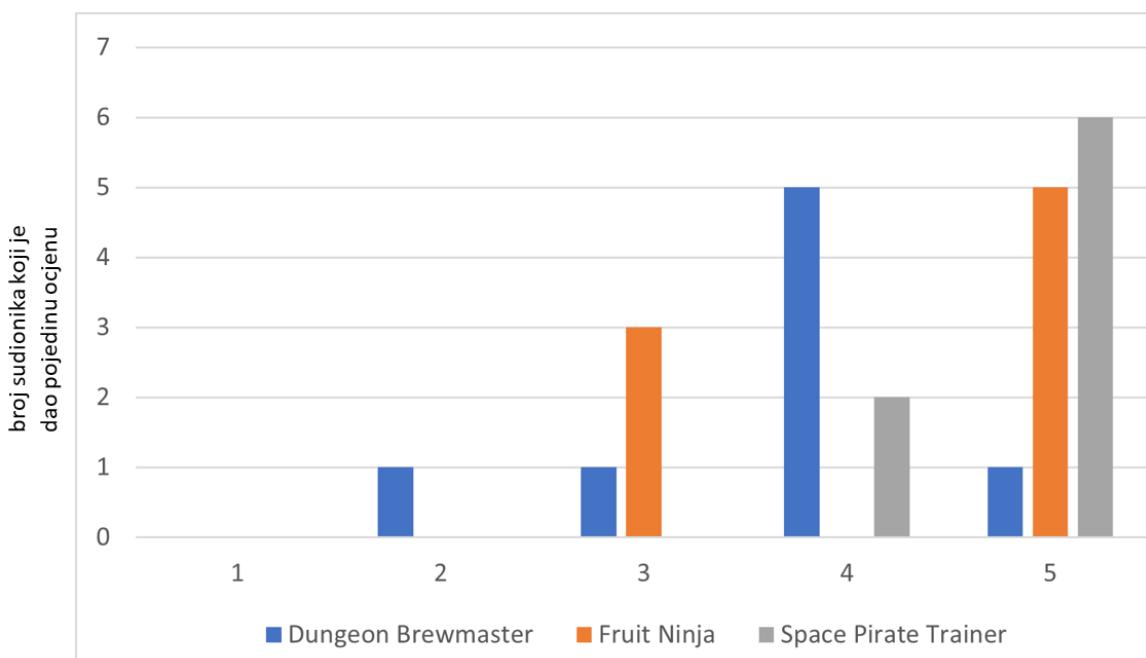
Slika 4.9 Kutijasti dijagram za upitnik iskustva igranja (GEQ), drugi dio

U tablici 4-7 prikazane su aritmetička sredina (AS) i standardna devijacija (SD) komponenti upitnika iskustva igranja za svaku igru. Osim u tablici, podatci dobiveni iz upitnika iskustva igranja prikazani su i na slikama 4.8 i 4.9 radi bolje vizualizacije. Radi se o kutijastim dijagramima (engl. box and whisker plot). Dijagrami se sastoje od pravokutnika koji prikazuju podatke od donjeg do gornjeg kvartila. Vodoravna crta na pravokutniku označava medijan. Donje i gornje horizontalne crte predstavljaju najmanji i najveći podatak koji se nalazi unutar 1,5 puta interkvartilni raspon gledajući od donjeg, odnosno gornjeg kvartila. S lijeve strane dijagrama prikazana je skala upitnika iskustva igranja koja ide od 0 do 4, u koracima od 0,5.

Najveću kompetenciju i osjetilnu uronjenost u igru igračima je pružala igra Space Pirate Trainer, zatim Dungeon Brewmaster pa Fruit Ninja. Igrači su se najizritirajnije osjećali igrajući Dungeon Brewmaster, a Space Pirate Trainer im je bila najizazovnija igra. Općenito, igra koja je na igrače ostavila najpozitivniji dojam i kojom su bili najviše zadovoljni je Space Pirate Trainer.

Tablica 4-10: Rezultati općeg zadovoljstva kod igranja igara (po MOS skali)

Dungeon Brewmaster	3.75
Fruit Ninja	4.25
Space Pirate Trainer	4.75



Slika 4.11 Dijagram ocjenjivanja igara

U tablici 4-10 prikazani su rezultati općeg zadovoljstva ispitanika pojedinom igrom. Ocjene su prikazane pomoću MOS skale koja ide od 1 do 5. Slika 4.11 prikazuje broj ispitanika (lijevi vertikalni rub na dijagramu) koji je dao određenu ocjenu za pojedinu igru (donji horizontalni dio dijagrama). Vidljivo je da je najveći broj ispitanika ocjenu 5 dao igri Space Pirate Trainer, dok je najmanji broj ispitanika igru Dungeon Brewmaster ocjenio odličnom. Igra Space Pirate Trainer je prosječno dobila najveću ocjenu.

Tablica 4-12: Aritmetička sredina za opći umor i nelagodu tijekom igranja igre

	Dungeon Brewmaster	Fruit Ninja	Space Pirate Trainer
Opći umor	1.78	2.70	2.83
Opća nelagoda	2.15	1.6	1.7

Tijekom igre igračima su se na početku te svakih 5 minuta bilježile razine općeg umora i nelagode koju osjećaju u tom trenutku (ukupno 5 puta tijekom jedne VR sesije). U tablici 4-12 prikazane su prosječne vrijednosti općeg umora i opće nelagode za sve igre. Vidljivo je da su igrače najviše umarale igre Fruit Ninja i Space Pirate Trainer, a najviše nelagode im je stvarala igra Dungeon Brewmaster.

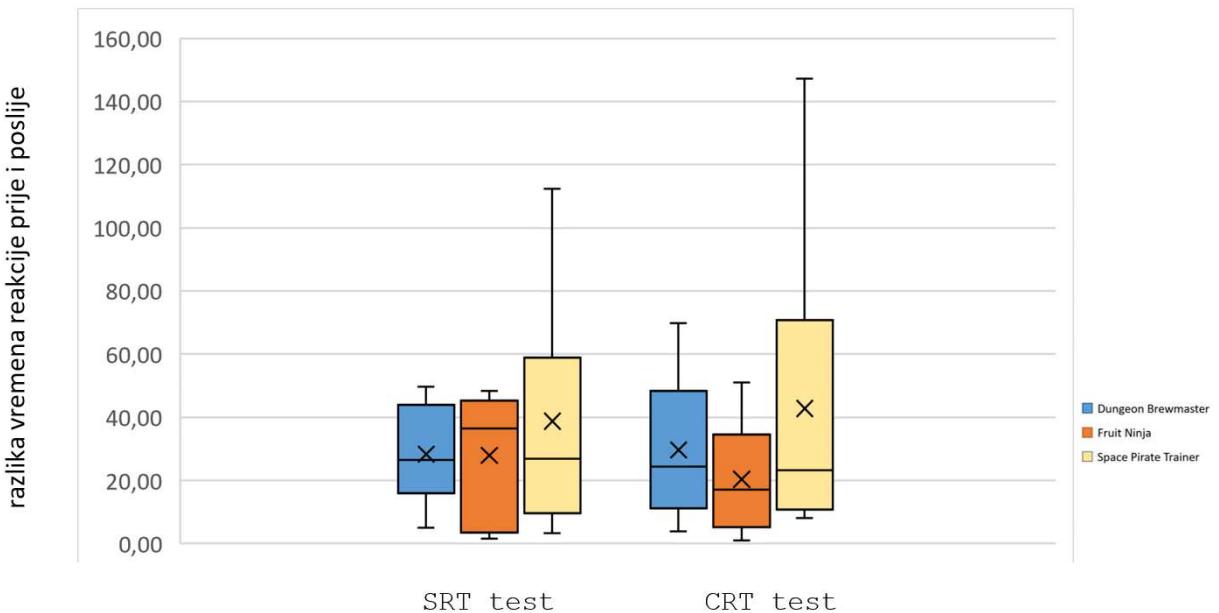
4.2. Analiza objektivnih mjera

Tablica 4-13: Rezultati SRT testa

	Dungeon Brewmaster	Fruit Ninja	Space Pirate Trainer
Prosječno vrijeme reakcije - prije	293.79	310.88	299.98
Prosječno vrijeme reakcije - poslije	318.33	315.25	325.37
Prosječna razlika vremena reakcije prije i poslije	28.29	27.89	38.44
Std. devijacija- prije	32.24	44.17	51.07
Std. devijacija- poslije	59.99	66.88	62.72

Tablica 4-14: Rezultati CRT testa

	Dungeon Brewmaster	Fruit Ninja	Space Pirate Trainer
Prosječno vrijeme reakcije- prije	451.49	434.56	425.83
Prosječno vrijeme reakcije- poslije	430.33	417.22	459.45
Prosječna razlika vremena reakcije prije i poslije	29.65	20.36	42.77
Prosječna pogrešaka- prije	0.75	1.38	1.13
Prosječna pogrešaka- poslije	1.13	2.50	1.50



Slika 4.15 Kutijasti dijagram razlike vremena reakcije prije i poslije VR-a kod SRT i CRT testa

Tablica 4-13 prikazuje rezultate SRT testa. Kod sve tri igre se povećalo prosječno vrijeme reakcije nakon boravka u VR-u, a najviše se povećalo u igri Dungeon Brewmaster. Povećanje vremena reakcije može se povezati s kognitivnim umorom [13]. Boravak u VR-u uzrokuje smanjenje mentalnih sposobnosti pa se povećava uobičajeno vrijeme koje je ispitaniku potrebno da reagira na podražaje. Prosjek razlike vremena reakcije kod SRT testa sudionika prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti je u granicama 20-50 ms, što se slaže s istraživanjem provedenim u [10]. Premda je SRT test pokazao povećanje vremena reakcije kod sve tri igre, rezultati CRT testa su nešto drugačiji (tablica 4-14). Kod igara Dungeon Brewmaster i Fruit Ninja smanjilo se vrijeme reakcije nakon boravka u VR-u, a kod Space Pirate Trainer-a vrijeme reakcije se povećalo. Kutijasti dijagram na slici 4.15 prikazuje razliku vremena reakcija u ms kod SRT i CRT testa prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti. Broj pogrešaka nakon boravka u VR-u se povećao kod sve tri igre, ali to povećanje kod nijedne igre nije od velike važnosti.

5. Diskusija

S obzirom da je ovo istraživanje na neki način nastavak na istraživanje [13] jer su se oba istraživanja provela nad žanrovske slične igre, u ovom poglavlju provedena je usporedba njihovih rezultata. Promatraljući rezultate subjektivnih mjera, ne postoje neke prevelike razlike u dobivenim rezultatima. Kod oba istraživanja saznalo se da su najizraženiji simptomi lokalizirane boli i umora u mišićima nakon boravka u virtualnoj stvarnosti prisutni u rukama. Međutim, osim u rukama, u ovom istraživanju ispitanici su se dosta žalili i na umor i bol u gornjem dijelu leđa. Vezano uz nelagodu uzrokovanu boravkom u VR-u, kod oba istraživanja najviše nelagode ispitanicima je stvarala težina VR naočala. Zanimljivo je da je kabel ispitanicima u istraživanju [13] najviše smetao kod igre kuhanja, dok je u ovom istraživanju kabel najviše nelagode uzrokovao kod igre pucanja (Space Pirate Trainer). U oba istraživanja ispitanicima je igra kuhanja bila mentalno najzahtjevnija.

Što se tiče rezultata objektivnih mjera, oni se dosta razlikuju kod navedenih istraživanja. Razlike u vremenima reakcije kod SRT i CRT testa prije i nakon boravka u virtualnoj stvarnosti kod ovog istraživanja su dosta veće nego kod istraživanja [13]. Međutim, kod istraživanja [13] imamo manja odstupanja razlika vremena reakcije prije i nakon boravka u VR-u od prosječne razlike vremena reakcije prije i nakon boravka u VR-u. U ovom istraživanju kod SRT testa su manje razlike u vremenu reakcije prije i nakon boravka u VR-u nego kod CRT testa, dok je u istraživanju [13] obrnut slučaj. Još uvijek nije potpuno razriješen uzrok takvih rezultata, ali jasno je da boravak u virtualnoj stvarnosti uzrokuje određenu promjenu u vremenu reakcije.

6. Zaključak i budući rad

Iako se tehnologija virtualne stvarnosti posljednjih desetljeća jako unaprijedila, boravak u njoj korisnicima i dalje stvara određene fizičke i kognitivne smetnje. Cilj ovog rada bio je istražiti na koje sve načine korištenje VR-a utječe na korisnike i u kojoj mjeri. Premda već postoje mnoga istraživanja na sličnu temu, ovo istraživanje ih dobro upotpunjuje i donosi neka nova saznanja. Istraživanje je provedeno na tri žanrovske različite igre, a sudjelovalo je 8 ispitanika. Njihova iskustvena kvaliteta te utjecaj boravka u virtualnoj stvarnosti na fizičke i kognitivne sposobnosti ispitivani su pomoću mnogih upitnika i testova koji su pridonijeli boljem razumijevanju problema pojave određenih reakcija nakon korištenja VR-a.

Nakon ispitivanje, napravljena je detaljna analiza dobivenih rezultata. Uočeno je da su umor i bol u rukama najčešći simptomi nakon korištenja VR-a. Igračima nelagodu često stvara i težina VR naočala. To bi u budućnosti mogli biti korisni podatci za istraživače koji će se baviti sličnom temom. Dizajneri VR opreme također bi ove podatke trebali uzeti u obzir kako bi VR naočale i kontroleri po svojim karakteristikama korisnicima bili ergonomski što prihvativiji.

Osim fizičkih smetnji, korisnicima se nakon boravka u VR-u na kratko promijene i kognitivne sposobnosti. Jednostavno vrijeme reakcije se malo poveća. S druge strane, izborni vrijeme reakcije nakon boravka u VR-u se poveća ili smanji, ovisno o žanru igre. Moguće je da su takvi rezultati kod promijene vremena reakcije posljedica specifičnosti igara koje su testirane pa se ne može iznijeti neki generalni zaključak. To otkriva koliko je utjecaj VR-a na vrijeme reakcije zapravo složen i nepredvidiv te zahtijeva još detaljniju analizu u budućim istraživanjima.

Na kraju, vrijedi zaključiti kako je cilj ovog rada ostvaren, s obzirom da su dobivene brojne korisne informacije vezane uz procjenu iskustva igranja u virtualnoj stvarnosti. Međutim, neke stvari su ostale nedorečene pa bi se u budućem radu trebalo više pažnje posvetiti na njihovo razriješavanje i bolje razumijevanje. Primjerice, više pažnje bi trebalo posvetiti istraživanju pojave

umora i boli u rukama kao posljedica boravka u VR-u. Također bi detaljnije trebalo ispitati promjene u vremenu reakcije prije i nakon boravka u VR-u jer još uvijek ne postoje konkretna objašnjenja pojave tih razlika.

Reference:

- [1] Pandžić, Igor Sunday, Pejša, Tomislav, Matković, Krešimir, Benko, Hrvoje, Čereković, Aleksandra, Matijašević, Maja. "Virtualna okruženja - Interaktivna 3D grafika i njene primjene." 1. izdanje. Zagreb, Hrvatska: Element, 2011.
- [2] Le Callet, Patrick, Sebastian Möller, and Andrew Perkis. "Qualinet white paper on definitions of quality of experience." *European network on quality of experience in multimedia systems and services (COST Action IC 1003)* 3.2012 (2012).
- [3] Wingler, Deborah, et al. "Using virtual reality to compare design alternatives using subjective and objective evaluation methods." *HERD: Health Environments Research & Design Journal* 13.1 (2020): 129-144.
- [4] Bouch, Anna, Allan Kuchinsky, and Nina Bhatti. "Quality is in the eye of the beholder: Meeting users' requirements for internet quality of service." *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*. 2000.
- [5] Jain, Ramesh. "Quality of experience." *IEEE multimedia* 11.1 (2004): 96-95.
- [6] Matulin, Marko, and Štefica Mrvelj. "Modelling user quality of experience from objective and subjective data sets using fuzzy logic." *Multimedia Systems* 24.6 (2018): 645-667.
- [7] Muhanna, Muhanna A. "Virtual reality and the CAVE: Taxonomy, interaction challenges and research directions." *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences* 27.3 (2015): 344-361.
- [8] Virvou, Maria, and George Katsionis. "On the usability and likeability of virtual reality games for education: The case of VR-ENGAGE." *Computers & Education* 50.1 (2008): 154-178.
- [9] Zyda, Michael. "From visual simulation to virtual reality to games." *Computer* 38.9 (2005): 25-32.

- [10] Nalivaiko, Eugene, et al. "Cybersickness provoked by head-mounted display affects cutaneous vascular tone, heart rate and reaction time." *Physiology & behavior* 151 (2015): 583-590.
- [11] Chang, Eunhee, Hyun Taek Kim, and Byounghyun Yoo. "Virtual reality sickness: a review of causes and measurements." *International Journal of Human–Computer Interaction* 36.17 (2020): 1658-1682.
- [12] Kong, Xiangjie, and Yuqing Liu. "Strategies and Metrics for Evaluating the Quality of Experience in Virtual Reality Applications." *International Conference on Human Systems Engineering and Design: Future Trends and Applications*. Springer, Cham, 2018.
- [13] Vlahovic, Sara, Suznjevic, Mirko, Pavlin-Bernardic, Nina, & Skorin-Kapov, Lea (2021, June). "The Effect of VR Gaming on Discomfort,Cybersickness, and Reaction Time. " In *2021 Thirteenth International Conference on Quality of Multimedia Experience (QoMEX)* (pp. 1-6). IEEE.
- [14] HTC Vive Pro, URL: <https://vr-compare.com/headset/htcvivepro>, pristupano: 16.5.2021..
- [15] Kennedy, Robert S., et al. "Simulator sickness questionnaire: An enhanced method for quantifying simulator sickness." *The international journal of aviation psychology* 3.3 (1993): 203-220.
- [16] Borg, Gunnar. *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human kinetics, 1998.
- [17] Harris, David, Mark Wilson, and Samuel Vine. "Development and validation of a simulation workload measure: the simulation task load index (SIM-TLX)." *Virtual Reality* 24.4 (2020): 557-566.

[18] IJsselsteijn, Wijnand A., Yvonne AW de Kort, and Karolien Poels. "The game experience questionnaire." *Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven* 46.1 (2013).

[19] Deary, Ian J., David Liewald, and Jack Nissan. "A free, easy-to-use, computer-based simple and four-choice reaction time programme: the Deary-Liewald reaction time task." *Behavior research methods* 43.1 (2011): 258-268.

[20] Fitbit Charge 3, URL: <https://hr.aavstudio.com/fitbit-charge-3-review-easy-lift-275255>, pristupano: 30.5.2021.

[21] Kennedy, Robert S., Kay M. Stanney, and William P. Dunlap. "Duration and exposure to virtual environments: sickness curves during and across sessions." *Presence: Teleoperators & Virtual Environments* 9.5 (2000): 463-472.

Sažetak

Igre virtualne stvarnosti s godinama postaju sve popularnije i traženije. Kako bi se iskustvena kvaliteta korisnika kod igranja igara u VR-u mogla poboljšati, potrebno je saznati koje su pozitivne, a koje negativne posljedice boravka u virtualnoj stvarnosti. Do takvih saznanja dolazi se ispitivanjem igara različitog žanra nad većim brojem ispitanika.

Kroz ovaj završni rad analizirane su subjektivne i objektivne mjeru pomoću kojih se mjeri iskustvena kvaliteta igara te fiziološke i kognitivne promjene kod boravka u virtualnoj stvarnosti. Rezultati navedenih mjeru su dobiveni testiranjem 8 ispitanika u labaratorijskom okruženju na Fakultetu elektrotehnike i računarstva koristeći tehnologiju virtualne stvarnosti. Rezultati provedenog testiranja ukazali su na pojavu raznih fizičkih i kognitivnih smetnji prilikom igranja VR igara. Pokazalo se kako su procjena iskustvene kvalitete i utjecaj VR-a na korisnika zapravo složeni i trebaju se još dosta istražiti.

Ključne riječi: virtualna stvarnost, igre virtualne stvarnosti, iskustvena kvaliteta, nelagoda, vrijeme reakcije

Summary

Virtual reality games are becoming increasingly popular over the years. In order to improve user's quality of experience (QoE) in virtual reality games, it is necessary to find out which are positive and negative sides of being in virtual reality environment. Those facts were obtained by examining virtual reality games of different genres over a larger number of participants.

This final project has analyzed subjective and objective evaluation methods for measuring quality of experience and physiological and cognitive changes during playing games in virtual reality environment. The results of these methods were obtained by testing 8 participants in the laboratory environment at the Faculty of Electrical Engineering and Computing using virtual reality technology. The results of conducted research indicated the appearance of various physical and cognitive discomfort while playing VR games. It has shown that the assessment of quality of experience and the impact of VR on the user are actually complex and need to be more explored in the future.

Keywords: virtual reality, virtual reality games, Quality of Experience (QoE), discomfort, reaction time



Ovime potvrđujem da sam sudjelovao/la u ispitivanju iskustvene kvalitete igara u virtualnoj stvarnosti provedenom u sklopu projekta *Modeliranje i praćenje iskustvene kvalitete imerzivnih višemedijskih usluga u 5G mrežama* — Q-MERSIVE (financira Hrvatska zaklada za znanost, br. projekta IP-2019-04-9793). Kao naknadu za sudjelovanje preuzeo (preuzela) sam uredaj za prijenosno napajanje (powerbank), kapaciteta 6000 mAh, s otisnutim logotipom projekta.

U Zagrebu, _____

Ime i prezime : _____

Potpis: _____

Obrazac za sudjelovanje u korisničkom ispitivanju u uvjetima pandemije virusa COVID-19

Da bih mogao (mogla) pristupiti ispitivanju, izjavljujem da:

- nemam simptome koji upućuju na zarazu virusom COVID-19 (kašljanje, šmrcanje, glavobolja, i st.)
- nemam povisenu temperaturu (37.2°C i više)
- nisam u samoizolaciji
- nisam bio (bila) u bliskom kontaktu s osobama kojima je potvrđena zaraza virusom COVID-19 u posljednjih 14 dana
- nisam boravio (boravila) izvan granica RH u posljednjih 14 dana

Obvezujem se da ću koristiti zaštitna sredstva i druge mjere radi zaštite sebe i drugih osoba koje sudjeluju u provedbi ovog ispitivanja. Svojim potpisom potvrđujem da sam u cijelosti upoznat (upoznata) s epidemiološkim mjerama osmišljenim za provedbu ovog ispitivanja te suglasan (suglasna) sa sudjelovanjem u ispitivanju obzirom na iste.

U Zagrebu, _____

Ime i prezime : _____ Potpis: _____

Obrazac za informirani pristanak

Ovaj obrazac za informirani pristanak namijenjen je sudionicima u korisničkom ispitivanju kvalitete iskustva prilikom korištenja igara u virtualnoj stvarnosti (VR). Korisničko ispitivanje provodi se u okviru projekta *Modeliranje i praćenje iskustvene kvalitete imerzivnih višemedijskih usluga u 5G mrežama – Q-MERSIVE* (financira Hrvatska zaklada za znanost, br. projekta IP-2019-04-9793).

Podaci koje želimo prikupiti

- demografske informacije (dob, spol, razina obrazovanja, razina iskustva s korištenjem digitalnih igara i imerzivnih tehnologija)
- fiziološki signali (elektrodermalna aktivnost, otkucaji srca)
- brzina vremena reakcije
- odgovori na upitnike ličnosti te upitnike kojima se mjeri intenzitet simptoma umora i fizičke nelagode, kvaliteta iskustva igranja i opterećenost zadatkom

Procedura

Ispitivanje pojedinog sudionika provest će se u tri odvojena termina u trajanju 45 do 60 minuta po terminu. U svakom od tri termina ispitanik će 20 minuta igrati jednu VR igru. Raspored igara po terminima će za svakog sudionika biti odabran nasumično, a odabrane igre su Dungeon Brewmaster, Fruit Ninja VR te Space Pirate Trainer. Igre će biti pokrenute na platformi HTC Vive Pro uz korištenje odgovarajućih kontrolera, a zahtijevaju stajanje, veće pokrete ruku te povremeno izmicanje i saginjanje. Na kraju ispitivanja sudionik će dobiti uređaj za prijenosno napajanje (powerbank) u znak zahvalnosti za sudjelovanje u ispitivanju.

Kako osiguravamo Vašu privatnost

Osobni podaci (ime i prezime, kontakt informacije) sudionika neće se nigdje objavljivati. Preostali prikupljeni podaci koristit će se u anonimiziranom obliku i isključivo u znanstvene svrhe.

Rizici

Tijekom korištenja tehnologije za virtualnu stvarnost moguća je pojava simptoma cyberbolesti (mučnina, vrtoglavica, glavobolja, naprezanje očiju). Igre koje će se koristiti u ovom ispitivanju sadrže grafički prikaz nasilja koji može biti uznemirujuć nekim sudionicima.

Vaše sudjelovanje u ovoj studiji je dobrovoljno

Možete zatražiti stanku ili u potpunosti odustati od sudjelovanja u bilo kojem trenutku.

Vaš pristanak

Pročitao (pročitala) sam i razumijem podatke iznesene u ovom obrascu. Dobrovoljno pristajem biti sudionik u ovom ispitivanju.

U Zagrebu, _____

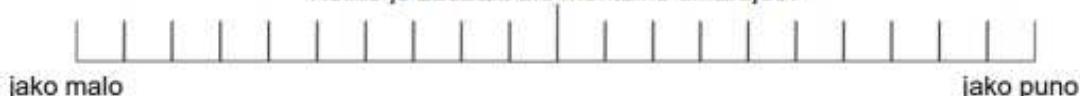
Ime i prezime : _____ Potpis: _____

ID ispitanika: _____

Molimo Vas da evaluirate proceduru označavanjem znaka X na svakoj od 10 skala na critici koja najbolje odgovara Vašem iskustvu.

Mentalna zahtjevnost

Koliko je zadatak bio mentalno umarajuć?



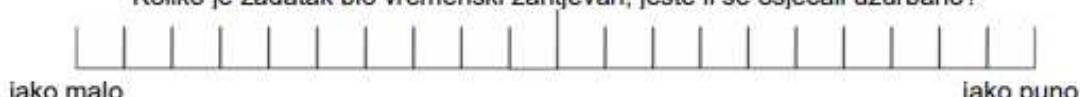
Fizička zahtjevnost

Koliko je zadatak bio fizički umarajuć?



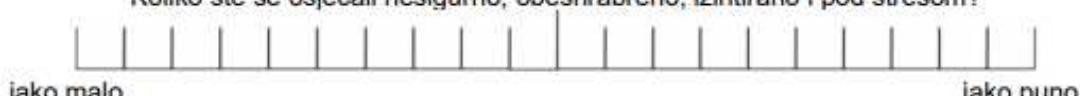
Vremenska zahtjevnost

Koliko je zadatak bio vremenski zahtjevan, jeste li se osjećali užurbano?



Frustracija

Koliko ste se osjećali nesigurno, obeshrabreno, iziritirano i pod stresom?



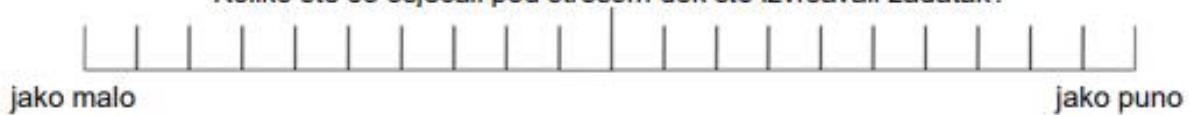
Složenost zadatka

Koliko je zadatak bio složen?



Situacijski stres

Koliko ste se osjećali pod stresom dok ste izvršavali zadatak?



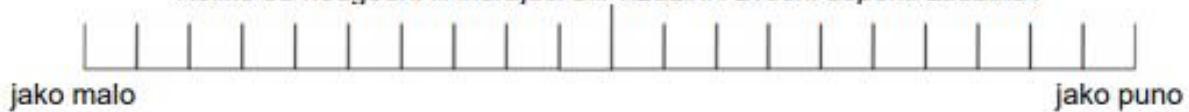
Distrakcije

Koliko je ometajuće bilo okruženje u kojem ste izvršavali zadatak (prostorija, vanjski podražaji, poteškoće vezane uz korištene uređaje...)?



Perceptualni napor

Koliko su neugodni ili iritirajući bili vizualni i zvučni aspekti zadatka?



Kontrola zadatkom

Koliko je zadatak bio težak u smislu upravljanja/kontrola/navigiranja?



Fizička nelagoda prije boravka u virtualnoj stvarnosti

X ::

Označite intenzitet simptoma prije ulaska u virtualnu stvarnost.

- 1 = nimalo
- 2 = malo
- 3 = srednje
- 4 = jako

Opća neugoda. *

1 2 3 4

Nimalo Jako

Umor. *

1 2 3 4

Nimalo Jako

Glavobolja *

1 2 3 4

Nimalo Jako

Naprezanje očiju *

1 2 3 4

Nimalo Jako

Otežano fokusiranje slike *

1 2 3 4

Nimalo Jako

Pojačano slinjenje *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Znojenje *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Mučnina *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Otežano koncentriranje *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Osjećaj težine/pritiska u glavi *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Zamućeni vid *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Ošamućenost/nestabilnost (oči otvorene) *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Ošamućenost/nestabilnost (oči zatvorene) *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Rotacijska vrtoglavica *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

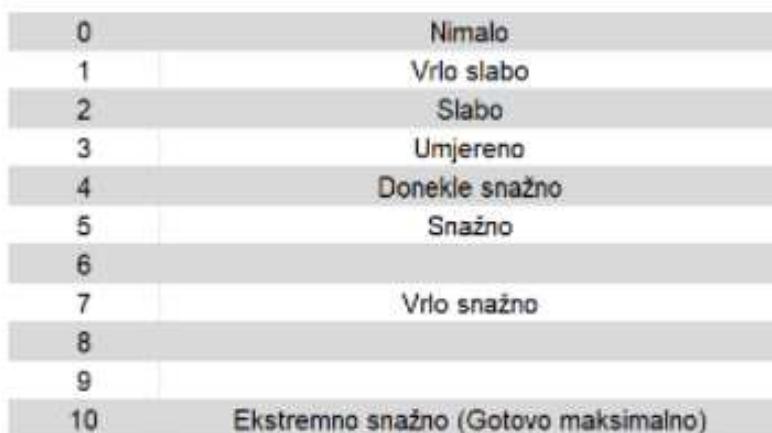
Nelagodan osjećaj u želucu *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

Podrigivanje *

	1	2	3	4	
Nimalo	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Jako

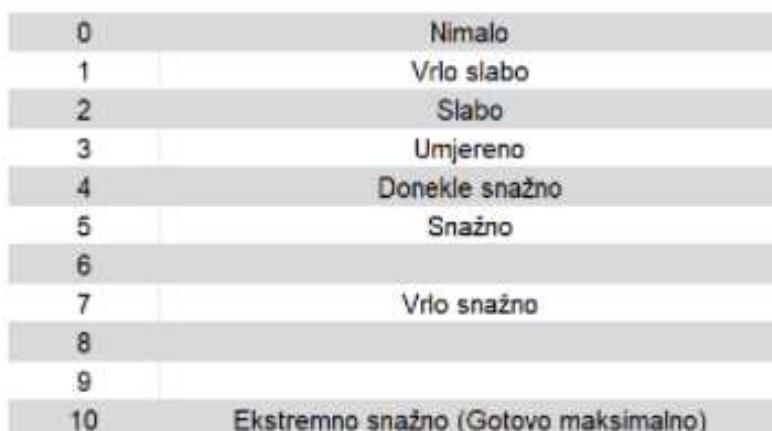
Označite Vašu razinu umora u rukama. *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

Označite Vašu razinu boli u rukama. *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

Označite Vašu razinu umora u vratnim mišićima.*

0	Nimalo
1	Vrlo slabo
2	Slabo
3	Umjereni
4	Donekle snažno
5	Snažno
6	
7	Vrlo snažno
8	
9	
10	Ekstremno snažno (Gotovo maksimalno)

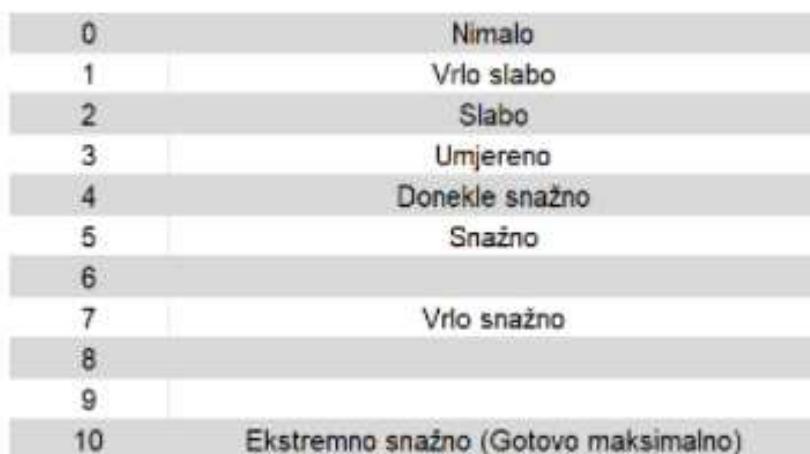


Označite Vašu razinu boli u vratnim mišićima.*

0	Nimalo
1	Vrlo slabo
2	Slabo
3	Umjereni
4	Donekle snažno
5	Snažno
6	
7	Vrlo snažno
8	
9	
10	Ekstremno snažno (Gotovo maksimalno)



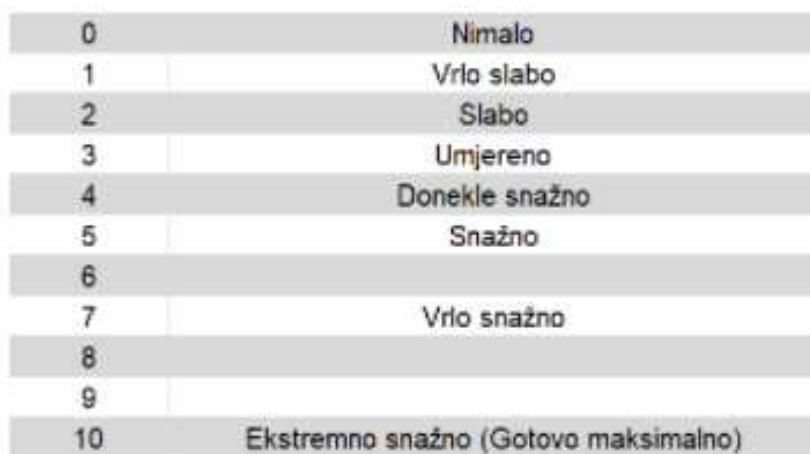
Označite Vašu razinu umora u leđnim mišićima (gornjim). *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

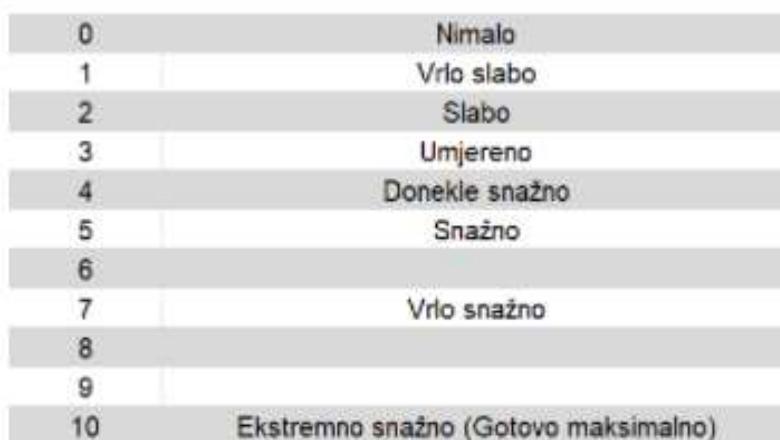
Označite Vašu razinu боли u leđnim mišićima (gornjim). *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

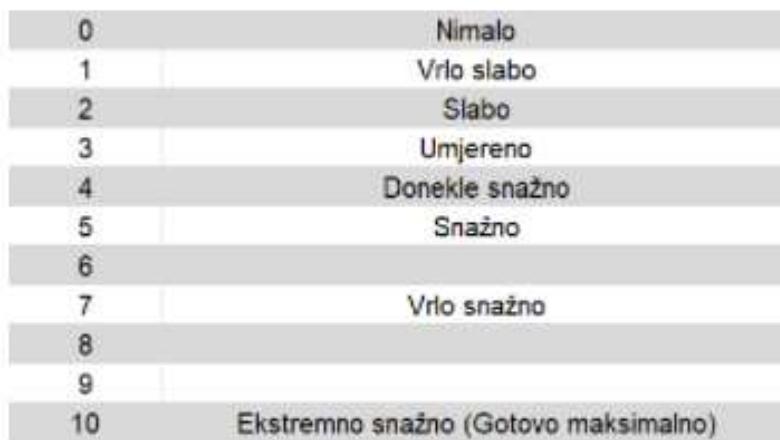
Označite Vašu razinu umora u leđnim mišićima (donjim). *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

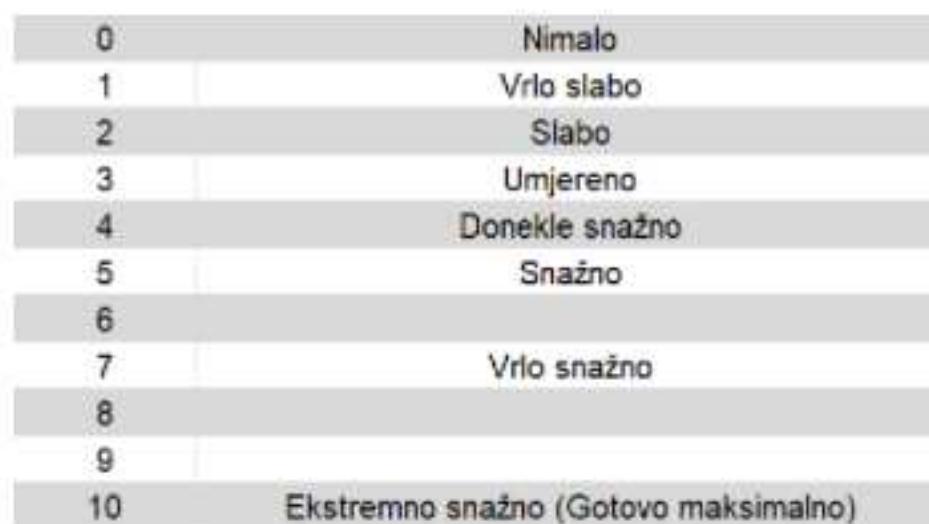
Označite Vašu razinu боли u leđnim mišićima (donjim). *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

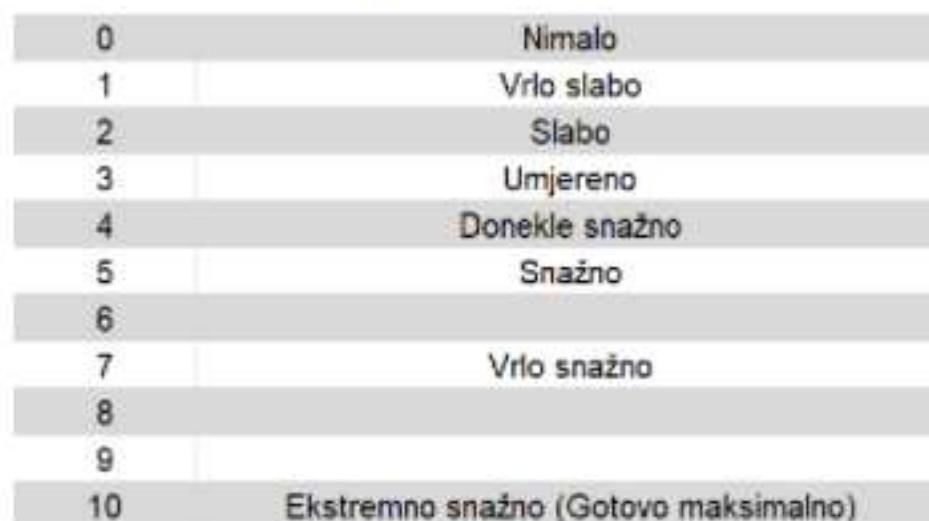
Koja je Vaša razina fizičkog napora u danom zadatku? *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

Koja je Vaša razina mentalnog umora? *

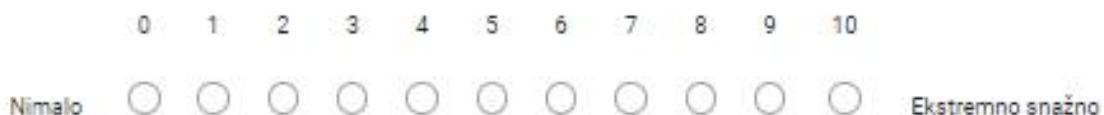


0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

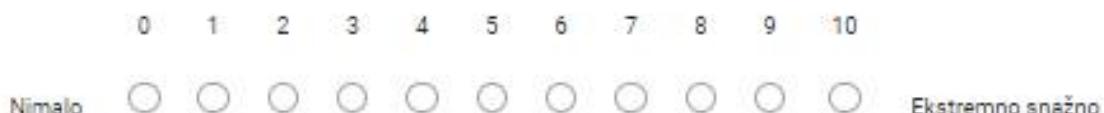
Koja je razina nelagode koju Vam je stvorila težina naočala za virtualnu stvarnost? *

0	Nimalo
1	Vrlo slabo
2	Slabo
3	Umjereno
4	Donekle snažno
5	Snažno
6	
7	Vrlo snažno
8	
9	
10	Ekstremno snažno (Gotovo maksimalno)

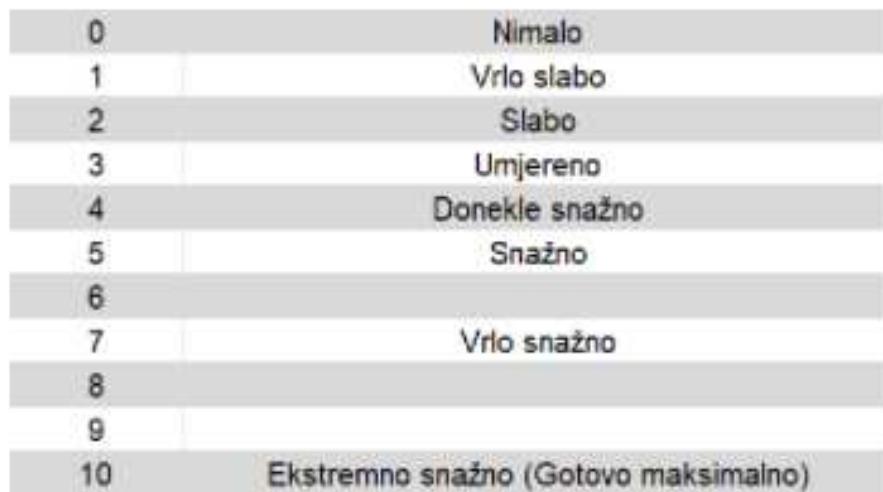


Koja je razina nelagode koju Vam je stvorio dizajn naočala za virtualnu stvarnost - pritišću li Vas za glavu? *

0	Nimalo
1	Vrlo slabo
2	Slabo
3	Umjereno
4	Donekle snažno
5	Snažno
6	
7	Vrlo snažno
8	
9	
10	Ekstremno snažno (Gotovo maksimalno)



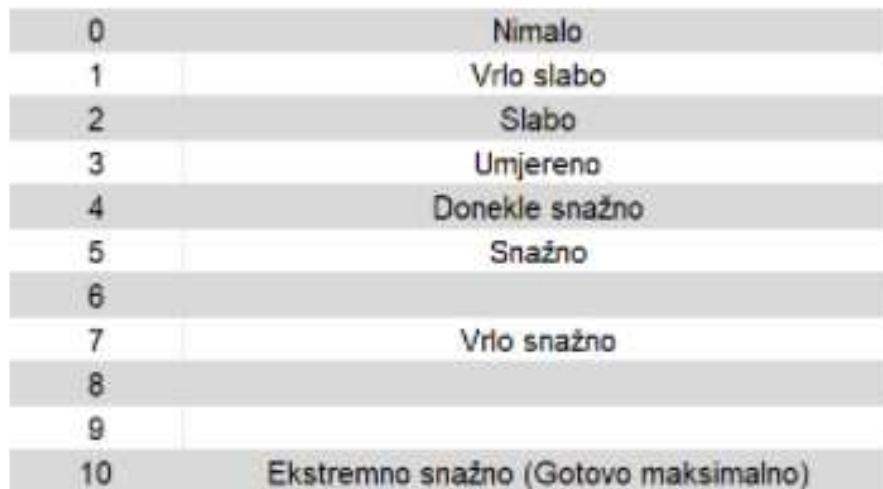
Koja je razina nelagode koju Vam je stvorio dizajn naočala za virtualnu stvarnost - spadaju li Vam s glave?



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

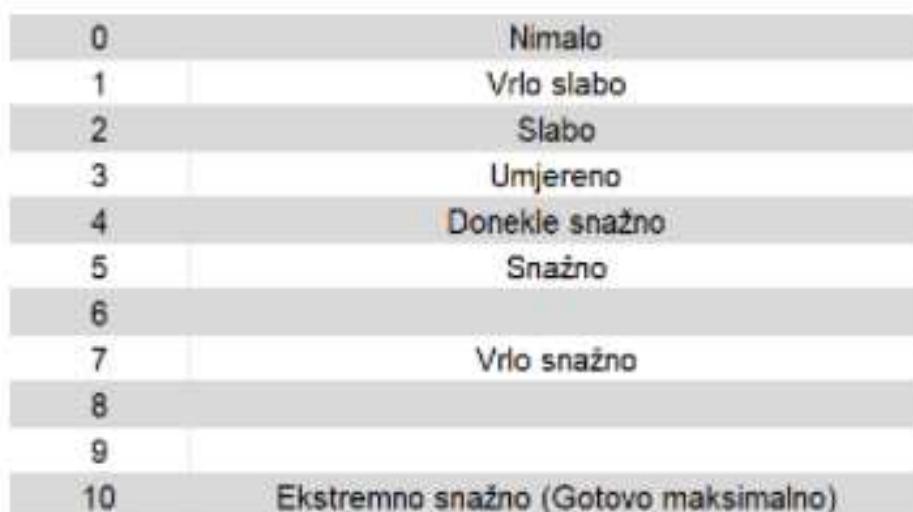
Koja je razina nelagode koju Vam je stvorila temperatura naočala za virtualnu stvarnost? *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

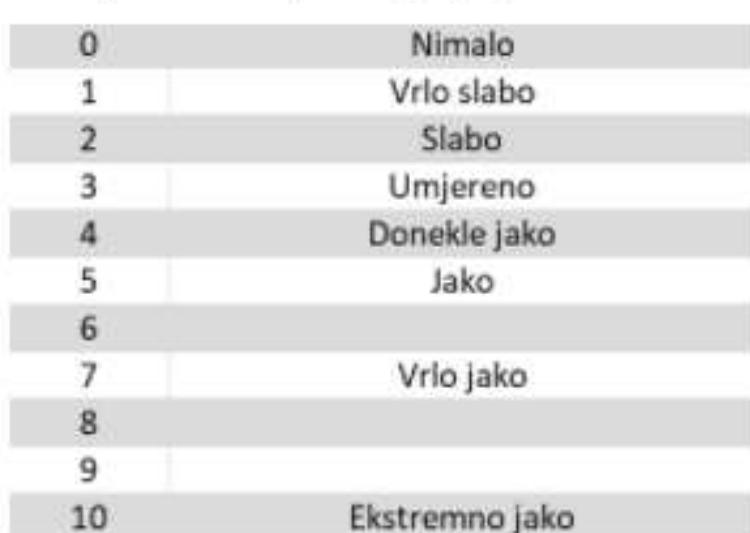
Koja je razina nelagode u očima koju Vam je stvorio zaslon naočala (rezolucija i sl.)? *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno snažno

Koliko Vas je smetao kabel prilikom igranja igre? *



0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Nimalo Ekstremno jako

Koje ste simptome iskusili tijekom igre? *

- Umor u vratu
- Umor u rukama
- Umor u leđima
- Mučnina
- Glavobolja
- Zamor očiju
- Dezorientacija
- Pritisak naočala na lice
- Bol u vratu
- Bol u rukama
- Bol u leđima
- Opća slabost
- Osjećaj vrućine
- Ostalo...

Koji Vas je simptom najviše smetao? *

- Umor u vratu
- Umor u rukama
- Umor u leđima
- Mučnina
- Glavobolja
- Zamor očiju
- Dezorientacija
- Pritisak naočala na lice
- Bol u vratu
- Bol u rukama
- Bol u leđima
- Opća slabost
- Osjećaj vrućine
- Ostalo...

Upitnik iskustva igranja

⋮

Opis (po izboru)

Osjećao/la sam se zadovoljno. *

1

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Osjećao/la sam se vješto. *

2

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Bio/la sam zainteresiran za priču igre. *

3

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Mislio/la sam da je bilo zabavno. *

4	1	2	3	4	5		
	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

Bio/la sam potpuno okupiran/a igrom. *

5	1	2	3	4	5		
	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

Osjećao/la sam se sretno. *

6	1	2	3	4	5		
	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

Izazvalo mi je loše raspoloženje. *

7	1	2	3	4	5		
	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

Razmišlja/o sam o drugim stvarima. *

8



Bilo mi je zamorno. *

9



Osjećao/o sam se kompetentno. *

10



Mislio/la sam da je bilo teško. *

11



12

Bilo je estetski ugodno. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

13

Zaboravio/la sam sve oko sebe. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

14

Osjećao/la sam se dobro. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

15

Bio/la sam dobar/ra u igri. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

16

Bilo mi je dosadno. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

17

Osjećao/la sam se uspješno. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

18

Igra mi je potaknula maštu. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

19

Osjećao/la sam da mogu istraživati stvari. *

	1	2	3	4	5	
Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				

Uživao/la sam. *

20

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Bio/la sam brz/a u postizanju ciljeva igre. *

21

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Osjećao/la sam se iznervirano. *

22

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Osjećao/la sam se pod pritiskom. *

23

1 2 3 4 5

Nimalo



Ekstremno

Osjećao/la sam se iritabilno. *

24

Nimalo 1 2 3 4 5 Ekstremno



Izgubio/la sam pojam o vremenu. *

25

Nimalo 1 2 3 4 5 Ekstremno



Osjećao/la sam da su mi zadaci pružali izazov. *

26

Nimalo 1 2 3 4 5 Ekstremno



Bilo mi je impresivno. *

27

Nimalo 1 2 3 4 5 Ekstremno



Bio/la sam duboko koncentriran/a na igru. *

28	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Osjećao/la sam se frustrirano. *

29	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Činilo mi se kao bogato iskustvo. *

30	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Izgubio/la sam vezu s vanjskim svijetom. ***

31	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Osjećao/la sam vremenski pritisak. *

32	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Morao/la sam uložiti puno truda. *

33	Nimalo	<input type="radio"/>	Ekstremno				
		1	2	3	4	5	

Opće zadovoljstvo

▼ ▲ ...

Opis (po izboru)

Biste li nastavili sesiju igranja da niste bili prekinuti zbog završetka testiranja? *

- Rado bih nastavio(la) sesiju igranja.
- Svejedno mi je - mogao(la) bih nastaviti, ali u redu mi je i prekinuti.
- Ne bih više nastavio(la) igrati.
- Osobno bih odabrao(la) igrati kraće nego što je trajala ova sesija.

Ako ste odgovorili da biste igrali kraće ili ne biste nastavili igrati, koji su razlozi zbog kojih ste željeli prekinuti igru?

Tekst dugog odgovora

Kako biste ocijenili ukupnu kvalitetu iskustva igranja u ovoj sesiji? *

1

2

3

4

5

Loša



Izvrsna