

# Virtualni glumci i Uncanny valley

---

**Kostanjevec, Nino**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2024**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:283502>

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

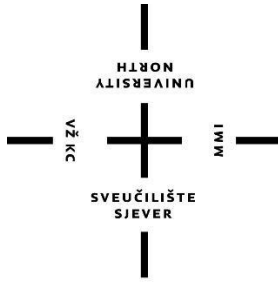
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-05**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

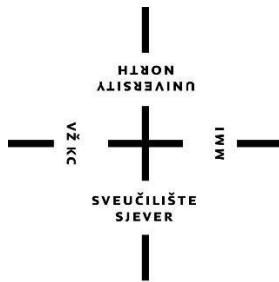
Diplomski rad br: XX/MMD/2024

## Virtualni glumci i Uncanny Valley

Nino Kostanjevec, 4109/336

Varaždin, rujan 2024. godine





# Sveučilište Sjever

Odjel za Multimediju

Diplomski rad br: xxx/MMD/2024

## Virtualni glumci i Uncanny Valley

### Student

Nino Kostanjevec, 4109/336

### Mentor

Robert Geček, izv.prof.art. dr.sc.

Varaždin, rujan 2024. godine

# Prijava diplomskog rada

## Definiranje teme diplomskog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za multimediju		
STUDIJ	diplomski sveučilišni studij Multimedija		
PRISTUPNIK	Nino Kostanjevec	JMBAG	0336034081
DATUM	05.09.2024.	KOLEGIJ	Projektni studio 1
NASLOV RADA	Virtualni glumci i Uncanny valley		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Virtual actors and Uncanny Valley		
MENTOR	Robert Geček	ZVANJE	izv.prof.art.dr.sc.
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. doc. dr. sc. Andrija Bernik - predsjednik		
	2. izv. prof. dr. sc. Emil Dumić - član		
	3. izv. prof. art. dr. sc. Robert Geček - mentor		
	4. doc. art. dr. sc. Mario Periša - zamjenski član		
	5.		

## Zadatak diplomskog rada

BROJ	148-MMD-2024
OPIS	<p>Ovaj rad bavi se razvojem CGI tehnologije u filmskoj i zabavnoj industriji te potkategorijama te iste. Glavni dio rada bavi se virtualnim glumcima i njihovom pojavom, liminalnim prostorima te poveznicom efekta koji se javlja u obje tematike - Uncanny valley.</p> <p>Razvojem tehnologije i napretku u 3D području, virtualni glumci (CGI karakteri) sve su više prisutni u filmovima i serijama. Oni se mogu pojaviti kao replike stvarnih glumaca za neke opasne scene (bodydouble), pomlađivanje starijih glumaca (retrospektivne scene - deepfake tehnologija) ili kao kompletna implementacija mrtvog glumca u stvarnu scenu. Kada je već riječ o virtualnom svijetu, vrlo važno je u istom kontekstu spomenuti i liminalne prostore te na koji način oni utječu na psihologiju lika. Drugi dio rada bavi se upravo tim prostorima. Za kraj, riječ je o efektu poznatom pod nazivom Uncanny Valley. Ovaj efekt nastoji zaokružiti virtualne glumce i liminalne prostore te dati detaljan uvid u kompleksne procese zašto, gdje i kako se javlja kod obje teme, te daje neke od savjeta kako se može izbjeći ili barem smanjiti.</p> <p>Praktični dio prikazuje korake izrade metahuman 3D modela čovjeka pomoću dva stvarna modela (Leo i Antonio). Koristiti će se tehnologija 3D skeniranja, fotogrametrijski modeli, softver za 3D obradu, Unreal Engine 5 i MetaHuman Web aplikacija.</p>

ZADATAK URUČEN

6.9.2024.

POTPIS MENTORA



*[Handwritten signature]*

## **Predgovor**

Zahvaljujem se profesorima Sveučilišta Sjever na zanimljivom i dobrom studiranju te bi posebno izdvojio prof. Andriju Bernika na trudu uloženom na 3D kolegijima i što me inspirirao i potaknuo da se sada bavim ovim područjem. Istaknuo bih još i profesore Roberta Gečeka, Nikolu Jozića i Darija Čerepinka na odličnoj nastavi koju je uvijek bilo zanimljivo slušati. Hvala djevojci Ivani na najvećoj podršci. Hvala ekipi koja je nastala na prvoj godini iz slučajnog susreta i pretvorila se u prijatelje za cijeli život, Lovro i Nikola. Hvala i ekipi iz doma: Ivan K., Josip, Leo, Roberto, Sito, Franka, Luka K., Zdravko, Karlo, Robert, Kristijan i ostali. Hvala obitelji na podršci i za kraj zahvaljujem samom sebi.

## **Sažetak**

Ovaj rad istražuje pojavu virtualnih glumca i liminalnih prostora te istražuje njihovu poveznicu sa uncanny valley efektom, odnosno konceptom koji opisuje osjećaj nelagode koji se pojavljuje kada dođemo u kontakt sa digitalnim (CGI) karakterom/glumcom koji sličí ali ne u potpunosti pravom čovjeku. Također, rad ulazi dublje u tematiku tako što istražuje psihološke, kognitivne i vizualne teorije koje su duboko povezane sa ovim efektom. Preciznom analizom svih područja, ovaj rad predstavlja sažetak ključnih faktora, pregled stručne literature i prijašnjih istraživanja te prikazuje sve to kroz brojne primjere koji bolje i kvalitetnije prikazuju temu. Kroz praktični dio rada nastoji se dati uvid u produkciju virtualnih glumaca dok istraživački dio zaokružuje temu i prati praktični dio u tome što treba raditi, a što izbjegavati kako bi se dobio kvalitetan rezultat.

Ključne riječi: **Virtualni glumci, Liminalni prostor, Uncanny valley, CGI, psihološke, kognitivne, vizualne teorije**

## **Abstract**

This paper explores the phenomenon of virtual actors and liminal spaces and examines their connection to the uncanny valley effect, a concept that describes the feeling of discomfort that arises when we come in contact with a digital (CGI) character who closely resembles, but does not fully look like a real human being. The paper also delves deeper into the topic by investigating psychological, cognitive and visual theories that are closely related to this effect. Through a precise analysis of all relevant areas, this paper provides a summary of key factors, a review of expert literature and previous research, and presents all of this through numerous examples that illustrate the subject with more efficiency and precision. The practical part of the paper aims to provide insight into the production of virtual actors, while the research section rounds out the topic and accompanies the practical part in determining what should be done and what should be avoided to achieve a quality result.

Keywords: **Virtual actors, Liminal space, Uncanny Valley, CGI, Psychological, Cognitive, Visual theories.**



## **Popis korištenih kratica**

<b>CGI</b>	Computer Generated Image
<b>VR/AR</b>	Virtual Reality/Artificial Reality
<b>VFX</b>	Visual Effects
<b>UV</b>	Uncanny Valley
<b>PTSD</b>	Post-traumatic stress disorder
<b>UX</b>	User Experience
<b>4D</b>	4 Dimensional
<b>MHI</b>	MetaHuman Identity
<b>FOV</b>	Field of View
<b>UE5</b>	Unreal Engine 5

## Sadržaj

1. Uvod .....	1
2. Razrada teme.....	3
2.1 Definicija i povijest virtualnih glumaca.....	3
2.2 Teorija „uncanny valley“ .....	5
2.2.1 Razvoj i porijeklo.....	6
2.2.2 Psihološke i Filozofske teorije.....	7
2.3 Tehnološki napredak virtualnih glumaca.....	8
2.4 Strategije smanjenja efekta Uncanny Valley .....	11
2.5 Primjeri virtualnih glumaca u industrijama.....	12
2.5.1 Animacija .....	13
2.5.2 Video igre.....	14
2.5.3 Filmska industrija.....	16
2.5.4 Virtualni influenceri .....	18
2.5.6 Virtualna terapija .....	19
2.6 Teorija i arhitektura „liminalnog prostora,“.....	20
3. Teorije percepcije.....	21
3.1 Teorije percepcije i realizma.....	22
3.2 Interakcija računala i čovjeka (HCI modeli) .....	28
3.3 Afektivno računalstvo i emocionalni odgovor.....	30
3.4 Kognitivna disonanca i njezina uloga u „Uncanny valley“ efektu .....	33
3.5 Liminalni prostori.....	34
3.5.1 Primjeri liminalnih prostora .....	34
3.5.2 Liminalni prostor u virtualnom okruženju.....	38
3.5.3 Temporalna liminalnost i očekivanja .....	39
4. Dizajn istraživanja .....	40
4.1 Istraživačka pitanja .....	40
4.2 Metodologija.....	41
4.3 Rezultati istraživanja.....	41
5. Izrada virtualnog glumca (metahuman).....	56
5.1 3D skeniranje.....	56
5.2 Optimizacija modela u 3D softveru.....	57
5.3 Priprema modela u Unreal engine 5 programu .....	58
5.4 Dorada modela u metahuman web apk .....	61
5.5 Prednosti i nedostaci metahuman web aplikacije u svrhu izrade virtualnog glumca.....	63
6. Zaključak.....	63

<b>7. Literatura.....</b>	<b>64</b>
<b>8. Popis slika .....</b>	<b>66</b>
<b>9. Popis tablica.....</b>	<b>68</b>
<b>10. Popis grafova .....</b>	<b>68</b>
<b>11. Prilozi .....</b>	<b>69</b>

# 1. Uvod

Razvoj računala i njihovih mogućnosti u proteklih 30-ak godina omogućio je pojavu mnogih stvari koje su do onda uglavnom bile prisutne samo u teoriji i nagađanjima onoga što je sve moguće. U svrhu ovog rada, ovdje ćemo pričati uglavnom od 3D tehnologiji i njezinim poveznicama s obzirom da je glavni dio teme direktno ovisan o njoj. Riječ je dakle o virtualnim karakterima/glumcima te njihovom pojavom u filmovima, video igrama i ostalim virtualnim okruženjima. Ti virtualni glumci/karakteristi dizajnirani su sa ciljem da što bolje i točnije oponašaju ljudski izgled i ponašanje sa, uglavnom, što većom stopom realizma.

Unatoč tome, veća stopa realizma i rani pokušaji digitalnog oponašanja ljudskog lika, kod publike su doveli do raznih pojava nelagodnosti i osjećaja da nešto jednostavno ne valja ali nisu 100% sigurni što. Ovu pojavu detaljnije je opisao Masahiro Mori 1970.-te godine pod nazivom „Uncanny Valley“. Kada se mjeri emocionalni odgovor (u smislu reakcije čovjeka prema onome što vidi i emociji koju to izaziva kod njega), ovaj pojam se opisuje kao značajan pad prilikom promatranja emocionalnog odgovora kod promatrača. Drugim riječima, kada se promatra ljudski lik koji je skoro 100% realističan ali mu ipak nešto nedostaje, kod promatrača to podsvjesno izaziva iskonske instinkte straha koji mu govore da nešto ne valja. S obzirom na takve reakcije, ovaj koncept ima značajne primjene ali isto tako i brojne prepreke kako bi se na što bolji način mogao izvesti točno i da bude prihvaćen kod publike.

Izazov stvaranja realnih virtualnih glumaca/karaktera koji mogu gotovo savršeno postojati u istom „svijetu“ kao što i stvarni glumci, prolazi tu početnu granicu realizma te zahtjeva puno više. Radi se dakle o realnom pokretu, ponašanju, izražavanju emocija i mnogih drugih aspekata kako ne bi došlo do pojave uncanny valley efekta. Kako se trenutno sve više priča o pojavi umjetne inteligencije te njezinoj realnoj formi u obliku robota, ovaj pojam također igra bitnu ulogu. Važno je postići dobar omjer stvarnosti i umjetnosti kako ne bi došlo do neželjenih emocija, kako u virtualnim primjenama tako i u stvarnim.

Ovaj rad podijeljen je u nekoliko važnih poglavlja kako bi se dao što bolji i pregledniji uvid u temu i samu problematiku. Nakon uvodnog dijela kreće teorijski pregled i razrada teme

koji su osmišljeni da daju dobar uvid u povijest i razvoj tehnologije te pregled postojeće literature.

Zatim slijedi poglavlje ključnih teorija. Ono uključuje temeljne stavke iz teorijskog dijela te glavne teorije u percepciji stvarnosti, realizma, modela interakcije čovjeka i računala (HCI) te arhitekturu liminalnih prostora.

Sljedeće poglavlje odnosi se na postavljanje istraživanja, prikazuje istraživačko pitanje, metodologiju te cjelokupan dizajn istraživanja. Zatim se prikazuje istraživanje te analiza prikupljenih podataka. Daje se pregled vizualnih te ostalih elemenata (pokret, ponašanje, itd) virtualnih glumaca i pregled istraživanja te poveznica efekta uncanny valley (kroz analize psiholoških reakcija, odgovarajućih faktora utjecanja i načina izbjegavanja efekta).

Predzadnje poglavlje odnosi se na praktični dio ovog rada u kojem je prikazan proces izrade metahuman 3D modela.

Na kraju slijedi zaključak cijelog diplomskog rada koji daje sveukupan pregled svih poglavlja, istraživanja, rezultata istraživanja i kratki osvrt na prikupljene podatke te osobno mišljenje.

Cilj ovog diplomskog rada je istražiti poveznicu između virtualnih glumaca/karaktera i efekta pod nazivom „uncanny valley“. Kroz analizu postojeće literature i vlastitog istraživanja, cilj je sastaviti rad koji ne samo da daje objektivno stajalište o primjeni virtualnih glumaca i njihovoj eventualnoj zamjeni stvarnih ljudi, te oživljavanje mrtvih glumaca, već i dati detaljan pregled postojeće tehnologije i njezinih prednosti u raznim industrijama. Dodatno cijelom istraživanju, u ovom radu će se spomenuti poveznica uncanny valley efektu pod nazivom „Liminalni prostor“ s obzirom da je ona direktno povezana sa tim efektom te je isto tako bitna poveznica u percepciji virtualnih glumaca i pojmu „između stanja“.

Glavna pitanja na koja bi istraživački dio trebao odgovoriti i pitanja kojim se cijeli diplomski rad zapravo i bavi su:

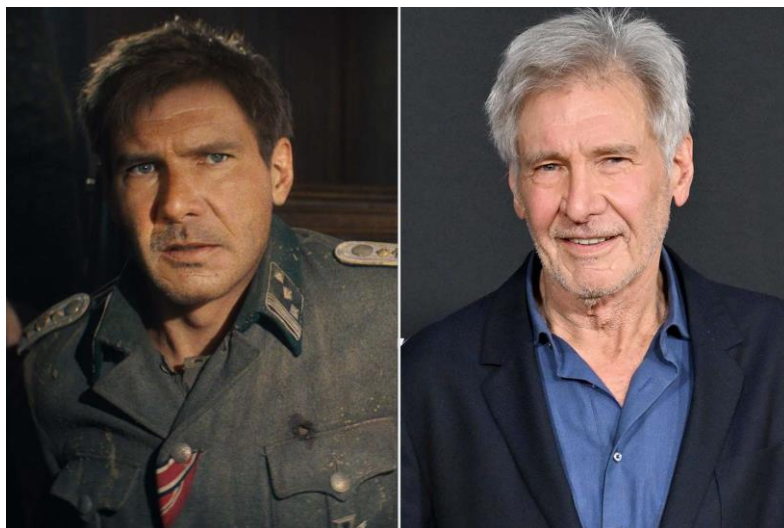
1. Koji su ključni faktori i elementi zbog kojih dolazi do pojave efekta uncanny valley u virtualnim glumcima?
2. Na koji način tehnologija pomaže i odmaže u prikazu realizma i prihvaćanju virtualnih glumaca.
3. Na koji način virtualni glumci i njihova sve češća pojava utječe na percepciju gledatelja te kolika je opća stopa prihvaćanja vraćanja mrtvih glumaca.
4. Koje su strategije smanjivanja pojave uncanny valley efekta te unaprjeđenje dizajna i realizma virtualnih glumaca?

## 2. Razrada teme

Virtualni glumci i pojam uncanny valley usko su povezni. Povezuju razne industrije i tehnike kao što su: računalne grafike, psihologija, robotika, CGI, VFX i slično. Ovo poglavlje će predstaviti povijesni razvoj stvaranja virtualnih glumaca te objasniti bitne definicije, teoriju uncanny valley efekta, prikazati će i objasniti tehnologije korištene u stvaranju virtualnih glumaca kroz razne primjere (od filmova do video igara) te na kraju predstaviti arhitekturu liminalnih prostora.

### 2.1 Definicija i povijest virtualnih glumaca

Kako bi točno definirali što su virtualni glumci, potrebno je spomenuti načine na koji su oni izvedeni i gdje se sve mogu pojavljivati. Ovdje je riječ o nekoliko vrsta tehnologija od kojih uglavnom sve koriste temelje principe 3D tehnologija (3D mapiranje (*eng. 3D tracking*), CGI rekonstrukcija, Deep Fake itd.). Bitno je još i spomenuti tehnologiju starenja i pomlađivanja koja radi na principu da se stvarnom glumcu digitalno promijeni lice da on/ona izgleda mlađe ili starije što ih samim time čini virtualnim glumcima. [1]



Slika 1 Harrison Ford - Pomlađivanje u filmu *Indiana Jones and the Dial of Destiny*

Definicija virtualnih glumaca ili kako su još poznati pod nazivom digitalni glumci ili sintetički karakteri, odnosi se na digitalno konstruirane ili oblikovane likove kojima je cilj simulacija ljudskog lika i ponašanja u što većoj mjeri realizma. Koriste se u raznim primjenama

od filmova, video igara do reklama i virtualnih okruženja (VR i AR). Zamišljeni su da surađuju sa postojećim glumcima, unaprijede ili promijene te iste ili ih u određenim situacijama potpuno zamjene (poznato pod pojmom *eng. Digital body double*). [2] Ova vrsta glumaca ima mogućnost prikazati razne karaktere koji bi bili previše zahtjevni da bi ih se izvelo praktično ili jednostavno nemoguće (primjer: *Hobbit - Smaug*).



Slika 2 Digital Double karaktera glumca Hugh Jackman iz filma Logan

Prvi koncepti virtualnih glumaca javili su se već u prvim godinama računalne animacije i grafike. Prvim filmom u kojem je ova tehnika i tehnologija zaživjela smatra se Disney-jev *Toy Story* (1995.) u kojem se pojavljuju računalno generirani „ljudski likovi“ (iako prikazuju stilizirane ljudske likove, ovdje svejedno dolazi do uncanny valley efekta o kojem će se pričati više kasnije u radu). *Toy Story* jedan je od prvih animiranih filmova koji je demonstrirao mogućnosti i potencijal za korištenje virtualnih glumaca/karaktera na velikom ekranu te potaknuo daljnji rad na tehnologiji. [3]



Slika 3 *Toy Story* (1995.) Andy i uncanny valley efekt



## 2.2 Teorija „uncanny valley“

Kao što je bilo spomenuto u uvodu, teoriju uncanny valley (*hr. Jeziva dolina*) stvorio je japanski robotičar Masahiro Mori 1970. godine. Njegova teorija odnosi se na pojavu u kojoj ljudske replike (konkretno u primjeru roboti sa ljudskim prikazom) koje se čine stvarnima ali nisu 100% realne, izazivaju osjećaj sablasnosti i nelagodnosti kod promatrača. [4] S obzirom da je Mori radio sa robotima, njegova teorija se u početku odnosila samo na njih, a kasnije se počela koristiti u ostalim digitalnim medijima gdje su prikazivani ljudski likovi.

“We are initially delighted and intrigued by robots as they become more humanlike. When they become very human-like, our response switches to revulsion.” (Masahiro Mori) [5]

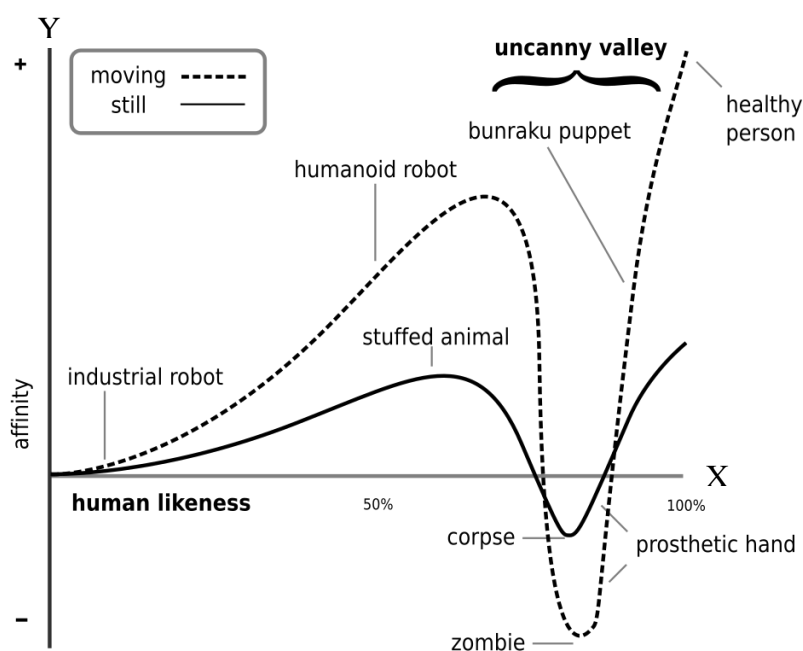


Slika 4 Roboti na kojima je Mori radio i stvorio teoriju Uncanny Valley



## 2.2.1 Razvoj i porijeklo

Prijevod citata iz prethodnog poglavlja govori nam zapravo o temelju njegove teorije. Naime, njegova teorija govori kako se izgled robota sve više i više približava čovjeku, emocionalni odgovor promatrača će biti sve bolji i pozitivniji jer to onda više nije samo stroj već nešto na što je promatrač naviknut (ljudsko lice) i nešto s čime može ući u interakciju. Ali postoji određena granica kada se izgled robota toliko približi savršenom ljudskom izgledu ali ipak nije još uvijek na 100% gdje dolazi do fenomena da odjednom dobro lice i lice koje čovjek može prihvatiti postane naglo odbojno i čak izaziva drastično negativan emocionalan odgovor kod promatrača pa čak i strah. [4] [5] Malo unaprjeđenje nakon te granice/točke i lice dalje postaje prihvaćeno i emocionalan odgovor je izuzetno pozitivan.



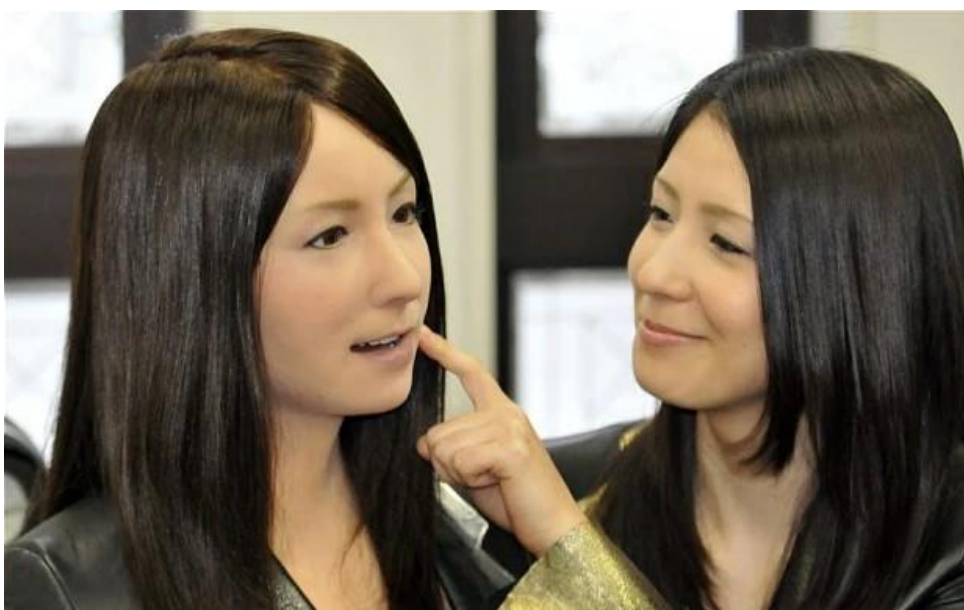
Slika 5 Uncanny valley graf točke prihvaćanja

Ovo su osnove uncanny valley teorije te ovdje možemo vidjeti taj zanimljivi fenomen koji se javlja naglo te isto tako naglo nestaje. Graf se sastoji od X osi koja predstavlja sličnost ljudskom liku i Y osi koja predstavlja emocionalni odgovor promatrača. Uncanny Valley odnosi se na dio gdje linije naglo padaju u negativan dio Y osi prije nego se opet naglo dižu na savršenu razinu prihvaćenosti.

## 2.2.2 Psihološke i Filozofske teorije

Od stvaranja teorije uncanny valley, brojni znanstvenici, psiholozi, filozofi pokušali su objasniti zašto dolazi do tog efekta i zašto se on dešava ovako naglo i točno na određenom postotku. Predložili su dvije teorije koje se i danas koriste prilikom objašnjavanja efekta.

Jedna teorija odnosi se na takozvanu „perceptualnu neusklađenost“ koja govori kako postoji određeno neslaganje između realnih i nerealnih elemenata izgleda virtualnog glumca ili njegovog ponašanja te kako to neslaganje dovodi do kognitivne disonance i osjećaja nelagode i straha. [4] [6]

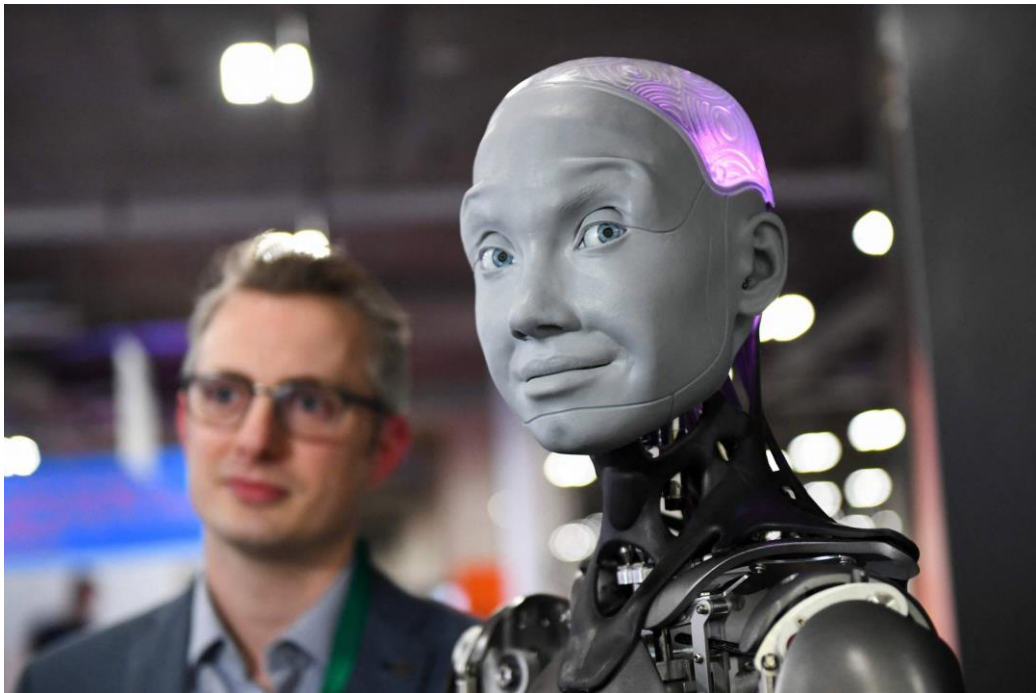


*Slika 6 Kyoto Sveučilište Geminoid F robot*

Druga teorija odnosi se na već spomenut efekt u uvodu. Radi se o tome da ova teorija ima temelje u evolucijskoj psihologiji, odnosno da se uncanny valley efekt javlja kao evolucijski odgovor određene instinkte i podražaje preživljavanja. Ljudi su obično izbjegavali nešto ili nekoga što/tko se čini dobro ili loše vizualno (što se može interpretirati u smislu efekta kao emocionalni odgovor na izgled) jer je takva osoba uglavnom bila bolesna, deformirana, mrtva i slično. Takve osobe bilo je potrebno izbjegavati u svrhu preživljavanja plemena ili skupine ljudi.

Ako logično pristupimo ovoj teoriji, ona ima više smisla od prve jer takvo ponašanje uočeno je i u primatima te nekim nižim vrstama pa nije teško zaključiti da se upravo taj efekt kod čovjeka usadio u podsvjesnost, odnosno instinkte akcije temeljene na preživljavanju.

Postoji još nekoliko teorija kao što je uncanny koncept Sigmunda Freuda u kojem približno isto opisuje već sve spomenuto pa se tako u ovom radu neće detaljnije ulaziti u tu teoriju kao što ni u ostale.



*Slika 7 Robot Ameca*

## **2.3 Tehnološki napredak virtualnih glumaca**

Tehnološki napredak jedan je od ključnih elemenata smanjenja granice i točke uncanny valley efekta. S druge strane, koliko god da je napredak zaslužan za smanjenje te granice, toliko ju i proširuje. Razvoj računalne grafike, motion capture tehnologije, AI sustava i ostalih alata omogućio je stvaranje jako realističnih virtualnih glumaca. [1] [7]

Naime, visoka stopa realizma djeluje u dva smjera. Sa više detalja, manji problemi postaju vidljivi jer je teže postići realizam. Pokret postaje neprirodan jer stvaran pokret ljudi nikad nije 100% savršen. Detalji lica postaju ili previše naglašeni ili premalo te je dobar omjer kvalitete i realizma sve teže postići što na kraju rezultira još bolje naglašenom efektu uncanny valley-a. [6]



*Slika 8 Digitalno rekreiran glumac*

S obzirom na brojne probleme koji se javljaju, kao što se može uočiti iz svih prethodnih poglavlja, potrebno je bilo napraviti detaljnu analizu razloga zbog kojih dolazi do tog neželjenog efekta. Brojna istraživanja su otkrila zašto dolazi do tog efekta te su prema rezultatima znanstvenici definirali određene aspekte koji igraju ulogu u stvaranju efekta. Radi se o ekspresijama lica, pokretima očiju i teksturi kože. Iako se na prvu čine logičnim, kada su obavili istraživanja, zaključilo se da se ovdje radi o ekstremno kompleksnom sustavu koji mora raditi istovremeno pojedinačno i zajedno kako bi ostvario željeni realizam. [2]

Čak i najmanja devijacija od stvarnih mogućnosti ljudskog izgleda ili ponašanja kod promatrača je izazvala osjećaj nelagode i da „nešto ne valja ali nisu sigurni što“. Dobri primjeri ovih devijacija su: beživotne oči, ukočenost, neprirodne ekspresije lica, krive proporcije, manjak detalja kože i slično. Tu se radi doslovno o gotovo neprimjetnim devijacijama ali kao što je spomenuto prije, ljudi kao vizualna bića sve ovo doživljavaju u većini slučajeva podsvjesno.



*Slika 9 Beživotne oči – Primjer 1*

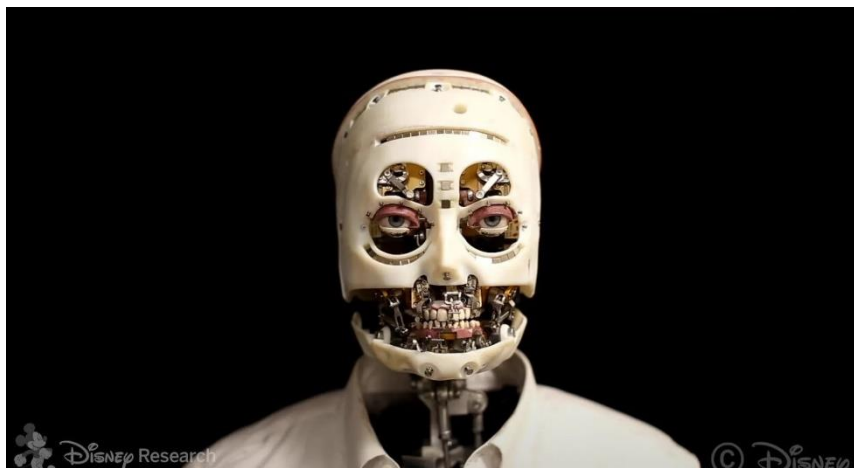


Slika 10 Devijacija proporcija i beživotne oči - Primjer 2

Ovdje možemo predstaviti jednostavan primjer sa jako kompleksnim rješenjem. Ovakvih primjera biti će u istraživačkom dijelu rada kako bi se vidjelo mišljenje javnosti o ovom efektu te da li ga uopće prepoznaju ili ne. 2006. godine Hiroshi Ishiguro stvorio je robota u svrhu učenja „što nas čini nama“. [8] [9]Ovaj robot napravljen je sa ekstremnom preciznošću i posebnom posvetom na detalje. Čak su prilikom izrade koristili njegovu pravu kosu. Robota su nazvali „Geminoid“ (*lat. Geminus - Blizanac*). Iako je sličnost impresivna i dalje nešto nije dobro. Kada se gleda u ovu sliku može se bez prethodnog znanja gotovo odmah zaključiti tko je tko. Postavlja se pitanje zašto?

Jedan od odgovora odmah je vidljiv kada se slika zumira. Problem se nalazi u teksturi kože. Robot ima uočljivo gumenu kožu naspram čovjeka.

Drugi problem su beživotne oči. Postoje smjerovi, knjige, brojna istraživanja oko očiju i što ih čini realnim i bitnim. Jedan od odličnih izvora na ovu temu je i sam Disney s obzirom da oni sami ulažu milijune dolara za robote u svojim parkovima te crtanim i igranim filmovima.



Slika 11 Detalji Disney robota



## 2.4 Strategije smanjenja efekta Uncanny Valley

Kako bi se smanjio uncanny valley efekt, potrebno je sagledati problematiku sa svih strana. Jedan od najlakših i najefikasnijih načina da se ovo postigne je da se karakteri i virtualni glumci namjerno stiliziraju i da ne ciljaju realizam nego da se oslanjaju na izgled likova iz crtanih i animiranih filmova. Ovo je savršen način da se u potpunosti izbjegne efekt UV. [10]

Drugi način je malo zahtjevniji ali i dalje funkcionira. Plan je napraviti virtualne glumce/karaktere što stvarnijim tako da se pređe granica UV-a i tako izbjegnu negativni efekti.



*Slika 12 Stilizirani lik i pokušaj stvarnja realnog*

Nedavni napredak i popularizacija AI tehnologije te unaprijeđena tehnologija strojnog učenja, otvorila su nove mogućnosti za stvaranje stvarnijih likova i virtualnih glumaca. Više nije potrebno raditi sve ručno nego AI može asistirati u stvaranju boljih i ne primjetnijih prijelaza između raznih faza rada. Neki od primjera su animacije lica, govor, ponašanje i općenito manje reakcije i najbitnije, uvođenje mali nasumičnih pokreta koji dodaju novu razinu realizmu. [10]

Ovdje je još bitno napomenuti kako „Deepfake“ tehnologija nije izuzetak uncanny valley efektu iako je riječ o stvarnim glumcima i stvarnoj bazi slika na temelju koje ona stvara rezultat. Ova tehnologija uz pomoć AI-a može dovesti do gotovo savršenih rezultata pomlađivanja i starenja te kompletnog mapiranja lica mrtvog glumca na fizički sličnu zamjenu drugog glumca (Fast and Furious - Paul Walker deepfake) ali i dalje vidimo miješane rezultate u filmovima i serijama od jako dobrih do primjetno loših (Star Wars The Mandalorian - Luke Skywalker). [6]



*Slika 13 The Mandalorian Luke Skywalker Deepfake*

Jedan od nedavno kritiziranih primjera deepfake tehnologije od strane Disney-a. Lijevo je prikazan njihov finalni produkt glumca koji je digitalno pomlađen. Njihova verzija daje uncanny efekt primarno zbog očiju i osvjetljenja na licu. Isto tako sam video nije odrađen prema standardu kvalitete koji se očekuje od multi milijunske produkcije.

Desno je isti glumac pomlađen uz pomoć deepfake tehnologije od strane privatne osobe te se može vidjeti drastični pomak u kvaliteti izvedbe i emociji. Kod ovog prikaza nema uncanny efekta, oči nisu mrtve i djeluje živo.

## **2.5 Primjeri virtualnih glumaca u industrijama**

Evolucija virtualnih glumaca krenula je naglo kao što smo mogli vidjeti u prošlim primjerima. Danas ih se može pronaći u filmovima, serijama, video igrama, televizijskim programima, VR terapiji, društvenim mrežama i slično. Svaki od primjera aktivno radi na smanjivanju uncanny valley efekta te na svojem unaprijeđenu. Ovo je izuzetno važno u području društvenih mreža i digitalnih influencera jer je bitno da se oni mogu povezati sa stvarnim ljudima.

Općom dostupnošću ovih tehnologija dolazi i do nekih neetičkih pojava kao što su pretvaranje i varanje vlastitog izgleda na internetu kako bi se izvukao novac iz ljudi ali više o tome u kasnijim poglavljima.

## 2.5.1 Animacija

Već spomenuti i prvi primjer bio je Toy Story (1995.) produciran od strane Pixar Animation Studios. Ovo je prvi potpuno animiran računalno stvoren film koji je demonstrirao potencijal digitalnih glumaca na velikom ekranu. Iako je izazvao određene uncanny efekte, može se dati protuargument da je ovaj film namjerno stiliziran na taj način. Unatoč svemu tome, ogroman uspjeh filma nije zanemariv i samo pokazuje da je šira publika i dalje spremna prihvatiti ovakve virtualne glumce bez obzira na njihove vizualne mane upravo zato što su dobro izvedeni kroz priču i prezentiraju emocije gledatelju kroz svoje akcije u filmu. [3]



Slika 14 Toy Story Sid



Slika 15 Toy Story Buzz i Woody

Još jedan kontroverzan dječji animirani film je The Polar Express (2004.). U ovom filmu koristili su motion capture tehnologiju kako bi dobili što realnije pokrete i emocije glumaca. Ovo je odličan način da se postigne realizam u najvećoj mjeri ali upravo to je i bio glavni nedostatak filma s obzirom da su brojne kritike bile usmjerene upravo na likove i njihov stvaran ali neprirodan izgled.



Slika 16 The Polar Express



Uz sve loše kritike, ovaj animirani film danas se smatra najboljim primjerom za uncanny valley efekt i odličan je primjer za nove ljude i umjetnike u industriji da upravo iz njega uče što i kako ne raditi.

## 2.5.2 Video igre

Video igra razvijena od strane Team Bondi i objavljena od Rockstar Games studija, L.A. Noire je još jedan primjer korištenja motion capture tehnologije za postizanje realnih pokreta i ekspresija lica. Iako je igra donekle stilizirana da može funkcionirati u stilu koji je potreban za priču, u njoj se pojavljuju „realni“ karakteri/glumci koji su za ono vrijeme imali najbolje i najrealnije animacije i ekspresije koje su bile jako bitne s obzirom da je igra fokusirana na priču detektiva sa većim brojem kratkih neigrivih video prijelaza. Uz sve nagrade i pozitivne recenzije, ova igra je također bila kritizirana da određeni karakteri daju uncanny efekt jer djeluju malo neprirodno.



*Slika 17 L.A. Noire (2011)*

Kada je riječ samo o animaciji lica i video scenama, ova igra je definitivno bila prekretnica u načinu rada u industriji.

Važno je i spomenuti vjerojatno jednu od najboljih video igra kad je riječ o realizmu i izuzetnoj kvaliteti karaktera. Riječ je o igri *The Last of Us Part II* (2020.). Ova video igra, uz odličnu priču, nagrađivana je upravo zbog kvalitete animacija i ekspresija lica. Pokreti su toliko realni i prirodni da se na trenucima može zaboraviti da igrate video igru. [11]

Developeri su uz pomoć motion capture i performance capture tehnologija uspjeli uhvatiti pokrete na filmskoj razini i prikazati ih na 3D likovima. Kako je *The Polar Express* primjer što ne raditi, tako je *The Last of Us Part II* primjer budućim developerima i producentima što i kako raditi da se postignu nevjerojatni rezultati.



*Slika 19 The Last of Us Part II (2020) Ellie*



*Slika 18 The Last of Us Part II (2020) Ellie 2*

### 2.5.3 Filmska industrija

Kada je riječ o filmskoj industriji, jedan od najpoznatijih i do nedavno najprofitabilnijih filmova uzima se kao primjer za odlično izvedene likove i zaobilaznja uncanny efekta. Riječ je o filmu Jamesa Camerona, Avatar (2009.). On je prilikom snimanja koristio najnovije 3D tehnologije i tehnologije motion captur-a kako bi dobio gotovo savršene likove. Iako su donekle stilizirani, to je zapravo pomoglo smanjenju uncanny efektu. Vanzemaljci imaju drugačiji izgled od ljudi u filmu ali sadrže dovoljno ljudski osobina da budu dovoljno slični kako bi se publika mogla emocionalno povezati sa njima. [7] [2]



*Slika 20 Avatar Na'vi*

Ovaj film, 2024. godine dobio je nastavak u kojem su također korištene slične tehnologije i može se sa sigurnošću reći da je direktor James Cameron u potpunosti shvatio kako napraviti karaktera sa ljudskim osobinama bez prisutnosti uncanny valley efekta.



*Slika 21 Avatar 2*



Uz dobre, bitno je spomenuti jedan od impresivnih ali loše prihvaćenih primjera. Rogue One: A Star Wars Story (2016.) primjer je oživljavanja mrtvog glumca iz originalne trilogije. Radi se o digitalno rekreiranom glumcu Peter-u Cushingu i njegovom karakteru Grand Moff Tarkinu te pomlađivanju glumice Carry Fischer i njezinog karaktera Princess Leia. Ovi karakteri napravljeni su uz pomoć CGI tehnologije i performance capture tehnologije. Iako su impresivni, karakter Grand Moff Tarkin dobio je najviše kritika zbog izgleda. Uncanny valley javio se zbog nereálnih ekspresija i pokreta određenih mišića. [7]



Slika 22 Rogue One: A Star Wars Story (2016) - Tarkin

Njegov karakter je kasnije popravljen od strane umjetnika koji su radili na filmu uz pomoć deepfake tehnologije i rezultat je znatno bolji i realniji te sličniji stvarnom glumcu.



Slika 23 Tarkin deepfake usporedba

## 2.5.4 Virtualni influenceri

Virtualni influenceri nova su pojava na tržištu i kako se čini prema dosadašnjim rezultatima, izuzetno popularna i isplativa. Dobar primjer je Lil Miquela stvorena 2016. godine kao koncept digitalnog karaktera koji danas na instagram platformi ima nešto više od 2.5 milijuna pratitelja. Na koji način je ovo profitabilno i zašto je bitno, naime ovo je samo primjer da digitalni proizvod ne mora biti fizički ili neka stvarna osoba, nalazimo se u digitalnom dobu gdje novije generacije odrasle u potpunosti na društvenim mrežama više vjeruju influencerima nego novinskom članku ili nekoj osobi na televiziji. Upravo u tome možemo pronaći i profitabilnost, ovaj karakter promovira brendove i odgovara svojim pratiteljima. [12] Njezini stvaratelji namjerno su joj dali stopu stilizacije kako bi izbjegli uncanny valley efekt.



Slika 24 Lil Miquela instagram

Shudu Gram još jedan je primjer virtualnog influencera. Razlika ovog primjera sa prethodnim je taj da je u ovom slučaju ciljano što veća stopa realizma. Iako je jako dobro izvedeno što je i vidljivo prema komercijalnom uspjehu i raznim promocijama modnih marki koje ovaj model radi na instagramu, upravo taj realizam u određenim slikama malo izvlači uncanny efekt. [12]



*Slika 25 Shudu Gram*

Ovakvo nešto bilo je nezamislivo prije nekih 10-ak godina dok je danas ekstremno popularno među mlađim generacijama. Problem se javlja kada se ovo iskorištava u neetične svrhe prevare i lažnog predstavljanja na društvenim mrežama i općenito internetu. Ovakve stvari teško je regulirati i iako se na prvu čine bezazlenim, dolazi do svakakvih situacija. [12] [13]

### **2.5.6 Virtualna terapija**

Virtualna terapija novo je područje i način pružanja terapije ljudima uz pomoć VR opreme. Jedan od primjera je korištenje interaktivnih okruženja prilikom liječenja PTSD-a i anksioznosti. Iako je ovo dobro zamišljeno i u praksi se ispostavilo efektivnim, važno je dati što više pažnje prilikom dizajniranja ljudskih likova kako se pacijente ne bi dodatno traumatiziralo sa uncanny valley efektom. [14] [15]



*Slika 26 VR terapija*

## 2.6 Teorija i arhitektura „liminalnog prostora,,

Pojam liminalnost dolazi iz latinske riječi **Limem, liminis** [**prag, granica**] i odnosi se na „širu graničnu vrijednost nekog podražaja ispod koje ne postoji doživljajni učinak“. Odnosno, tranzicijsku zonu koja postoji između dva jasno definirana područja/djela. Kao što je slučaj i u teoriji efekta uncanny valley, teorija liminalnog prostora fokusira se na fizikalni i psihološki utjecaj te tranzicijske zone (mjesto između dva mjesta) na promatrača. Ključan faktor tog fokusa je promatranje razine straha, nelagodnosti i surealnog osjećaja.

Kao primjer možemo uzeti prazni bolnički hodnik, prazni školski hodnik, napuštene zgrade, prazan parking kasno navečer, prazne unutarnje bazene, prazne čekaonice, itd. Sva navedena mjesta imaju jednu stvar zajedničku, radi se o samoći promatrača. Isto tako, sva ova mjesta daju osjećaj poznatog i normalnog ali upravo taj manjak drugih ljudi uzrokuje pojavu osjećaja nelagodnosti i da nešto nije kako bi trebalo biti. [16]

Upravo je zato arhitektura liminalnih prostora jako bitna kako bi se postigao taj efekt. Specifična je po tome što ju karakterizira dualnost kroz koju se nastoji koristiti određena monotona rasvjeta sa minimalističinom estetikom dizajna prostora (puno praznog prostora) kako bi se dobio osjećaj prolaznosti i nepostojanosti života.

Iz svega navedeno možemo zaključiti kako uncanny valley nije pojam koji se isključivo koristi za ljudske likove, već i za razne prostore. [4] Liminalni prostori u tom smislu izazivaju gotovo iste osjećaje kod promatrača te im zato možemo dati uncanny naziv. Možemo navesti savršeni primjer koji je od nedavno svima poznat. Za vrijeme covid pandemije, većina ulica, parkirališta, šoping centara i sličnih mjesta ostala su prazna. Ako ste u to vrijeme imali priliku biti na jednom od takvih mjesta koja su sad odjednom naglo postala „napuštena“, mogli ste doživjeti uncanny efekt liminalnosti.



Slika 27 Primjer napuštene igraonice (liminalni prostor)



### 3. Teorije percepcije

Kada spojimo uncanny valley efekt i virtualne glumce, ono što dobijemo kao rezultat multidisciplinarno je područje koje zahtjeva širok spektar industrija kako bi se dobio kvalitetan rezultat. To područje sastoji se od računalne grafike, psihologije, robotike, arhitekture, raznih teorija interakcija računala i čovjeka, dizajna, itd. Dobro razumijevanje osnova obje teorije vrlo je važno shvaćanje kompleksnih veza između tehnologije, percepcije i UX-a.

Ovo poglavlje bavi se ključnim teorijama i konceptima koji su bitni za stvaranje, percepciju uvjerljivih virtualnih glumaca. Na kraju se ulazi detaljnije u pojam liminalnih prostora kako bi se dala bolja poveznica između navedenih teorija. [17]

robots—if they look human, people might presume

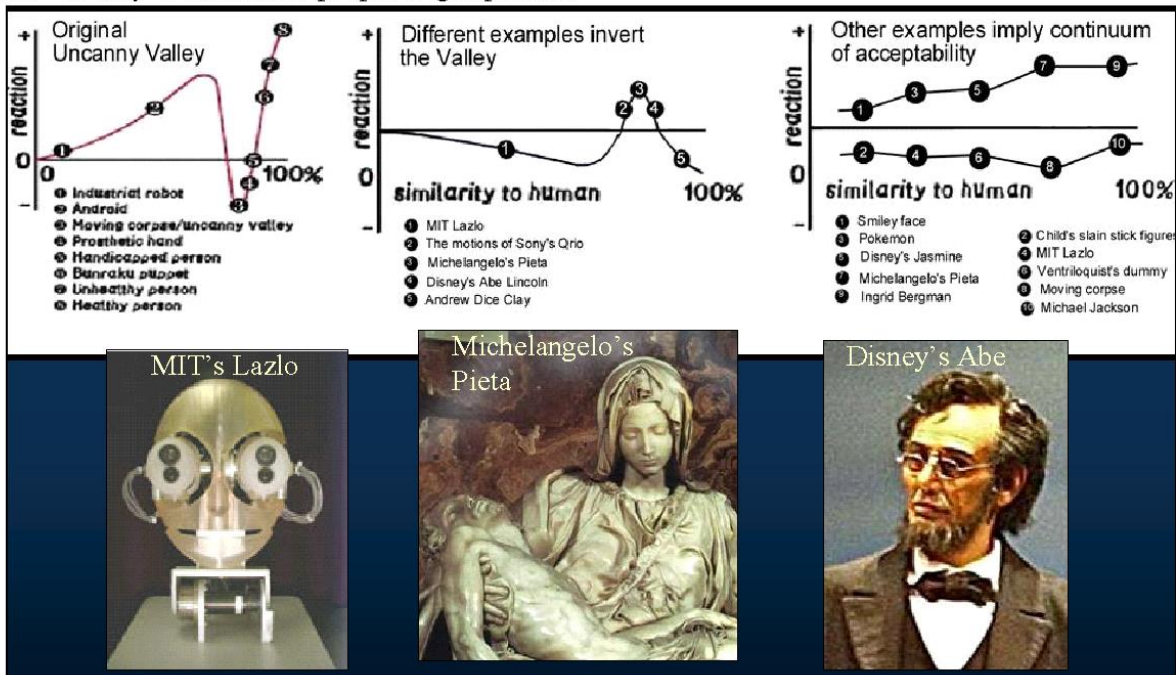


Figure 5. The uncanny valley theory, as Mori posited (on the left, image courtesy of [Bryant, 2002]), and with alternate examples chosen by the authors (center and right graphs)

Slika 28 Primjeri alternativnih stajališta uncanny valley teorije



### 3.1 Teorije percepcije i realizma

**Perceptivni realizam** jedna je od glavnih i najvažnijih teorija. Riječ je o teoriji koja se odnosi na određeni stupanj sličnosti u kojem je virtualni glumac dovoljno uvjerljiv da njegove akcije, pokreti i stanje bude što sličnije pravom čovjeku. Ova teorije je ključna upravo iz tog razloga jer nam detaljno govori zašto određeni virtualni glumci budu prihvaćeni od strane publike i općenito ispadnu kvalitetni, te zašto neki virtualni glumci kod publike izazivaju uncanny valley efekt. [17]



*Slika 29 Perceptualni realizam*

Faktori koje ova teorija koristi su: vizualni podražaju, auditorni te bihevioralni oblici. Uz pomoć tih faktora se zatim stvara graf (krivulja) koji nam govori koliko ti određeni faktori pojedinačno te zajedno utječu na realizam. Uz tri navedena glavna faktora tu su još i tekstura, rasvjeta, kretnje, izrazi lica i slično. Kao što se može vidjeti na priloženoj slici (slika 29), pogođeno je nekoliko faktora što nije dovoljno da se postigne realizam. Jedan od prvih koji se odmah vidi da fali je tekstura kože pa zatim rasvjeta. Sve su to mali faktori koji zasebno ne bi imali neki veći efekt ali kada gledamo širu sliku u svrhu ostvarenja realizma i ako oni ne surađuju u stvaranju finalnog rješenja, onda dobijemo nešto nalik na ovu sliku. [17]

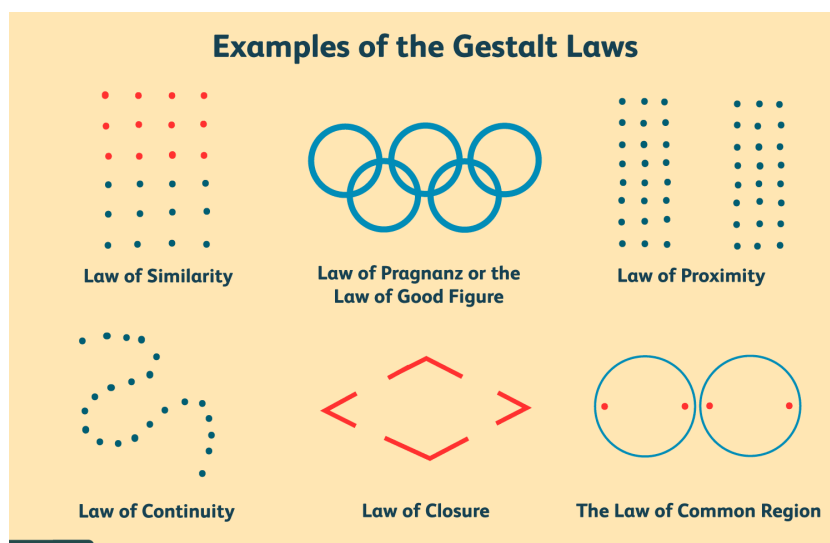
Sljedeća teorije je **Perceptivno neslaganje**. Do ove pojave dolazi kada je prisutna vidljiva neusklađenost između onoga što promatrač očekuje i onoga što je prikazano/vidljivo. To na kraju rezultira sa kognitivnom disonancom (poglavlje 2.2.1 i 2.2.2). Kako bi ovaj pojam približili tematici ovog rada, primjer možemo dati na virtualnom glumcu. Kada su pokreti

izvedeni neprirodno (prebrzo ili presporo, čudan kut okretanja zglobova, neprirodne kretnje...), nekonzistentno osvijetljeni dijelovi tijela (neprirodna i kriva rasvjeta – rasvjeta koja nije realna), nerealistične ekspresije lica (prevelik osmijeh, široko otvorene oči, itd.). Sve navedeno kod promatrača izaziva uncanny valley efekt. [4]



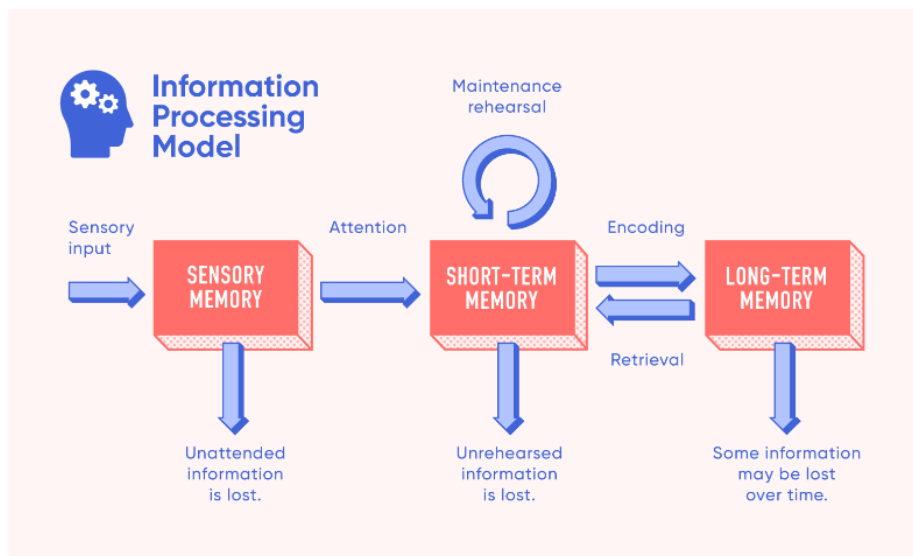
Slika 30 Neslaganje rasvjete i neprirodne ekspresije lica

**Gestalt principi** sastoje se od 6 principa koji opisuju način na koji ljudi grupiraju slične elemente, prepoznaju oblike koji se ponavljaju i pojednostavljaju kompleksne slike. Ovdje možemo povezati te principe na primjeru virtualnog glumca i isto tako uzeti za primjer sliku u iznad (slika. 30). Što se tiče samog dizajna ljudskog karaktera, vrlo je važno pratiti osnovne principe kao što je simetrija elemenata lica, prirodni pokreti tijela, prirodno ponašanje itd. Ove elemente možemo povezati sa dolje navedenim (Sličnost, kontinuitet, zakon zajedničkih elemenata i sl.) [18]



Slika 31 Gestalt principi

**Teorija procesiranja informacija** govori kako ljudska percepcija funkcioniра na način da procesira informacije „korak po korak“. Kada u ovo uključimo virtualne glumce dolazimo do zanimljivog opažanja koje je bilo par puta već spomenuto u prethodnim pojmovima. Ljudski mozak procesira vizualne i auditorne informacije na način da ih prvo pokušava usporediti sa prethodnim iskustvima ili sličnim informacijama kako bi znao što i kako napraviti dalje. U slučaju da te informacije nisu poznate ili čak toliko drastično drugačije, mozak koristi instinkte pomoću kojih štiti samog sebe. Kod loše napravljenih virtualnih glumaca koji daju uncanny efekt, to znači osjećaj nelagodnosti, straha, neprihvatanja i odbijanja. [19] [17]



Slika 32 Model procesiranja informacija

**Ekološka vjerodostojnost i valjanost** odnosi se na to koliko će izgled virtualnog glumca i njegovo ponašanje biti prihvaćeno kao prirodno i realno ovisno o prostoru u kojem se on nalazi. Dobar primjer za to je glumac koji se nalazi u nekom znanstveno fantastičnom okruženju i glumac koji se nalazi u običnom okruženju (pr. Šuma). U prvom primjeru, virtualni glumac će biti bolje prihvaćen čak ako je i to okruženje stilizirano (Thanos, Avnegers Infinty War), dok će hiper realan virtualni glumac biti više kritiziran upravo zbog toga što se nalazi u stvarnom okruženju i od njega se očekuje da bude vjerodostojan (Herrison Ford, Indiana Jones and The Dial of Destiny). [17]



*Slika 34 Thanos - stilizirano okruženje (SCI- FI)*



*Slika 33 Indiana Jones - Realno okruženje (Vlak)*

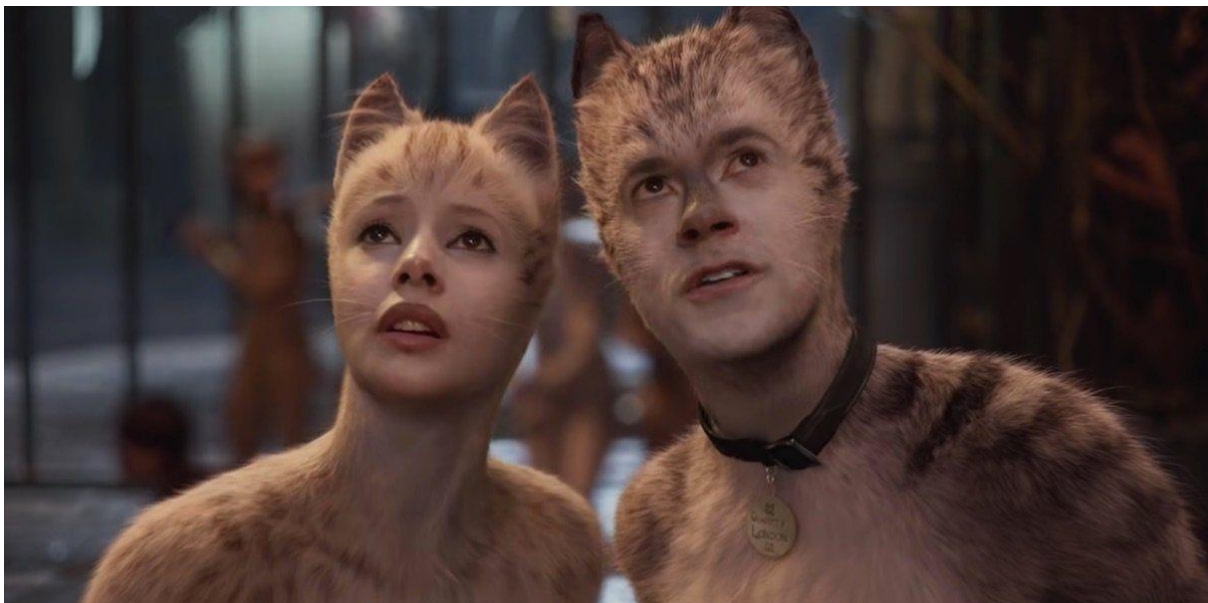
**Antropomorfizam i Dehumanizacija**, ove teorije zanimljive su po tome da na jednostavan način utječu drastično na opće prihvaćanje virtualnog lika. Antropomorfizam se odnosi na davanje ljudskih karakteristika ne ljudskim karakterima što rezultira tome da upravo zbog toga oni budu češće bolje prihvaćeni od strane publike dok se dehumanizacija odnosi na



percepciju lika na način da njemu fale neke ljudske karakteristike što dovodi do veće stope uncanny valley efekta. [20]

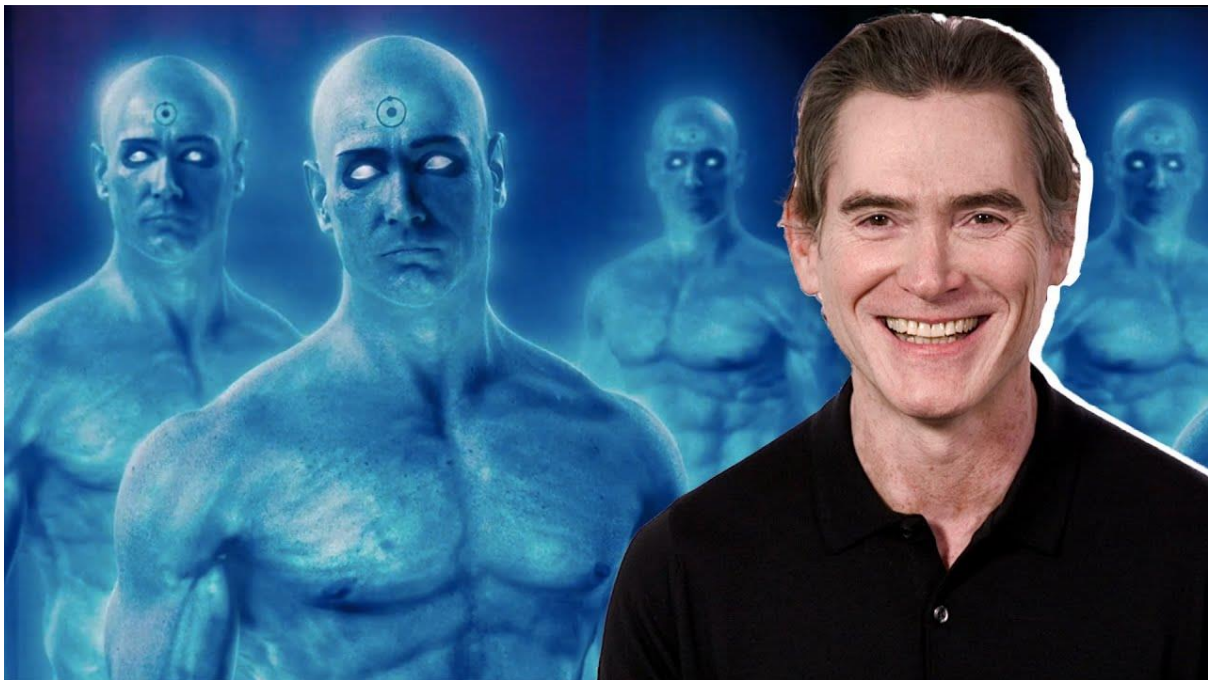


*Slika 35 Primjer Antropomorfizma (Suicide Squad)*



*Slika 36 Primejr Dehumanizacije (Cats)*

**Teorija utjelovljenja**, ova teorija govori o važnosti tijela i njegovih pokreta kako bi se postigla što veća stopa realnosti kod percepcije virtualnog glumca. Mjeri su stupnjevima u kojim promatrač dobiva osjećaj da je određeni virtualni glumac utjelovljen na način da ima fizičku prisutnost na sceni, a ne da je samo još jedan beživotni karakter. Dobar primjer ove teorije je Doctor Manhattan iz filma Watchmen (2009.). Iako se radi o virtualnom glumcu, u određenom dijelu ovaj virtualni glumac bio je stvaran (sve do svoje promjene). Ovo naravno utječe na njegovu percepciju kao dobro utjelovljenog, ali unatoč tome ako gledamo samo performans glumca kao virtualnog, možemo zaključiti da nema uncanny efekta. [17] [21]

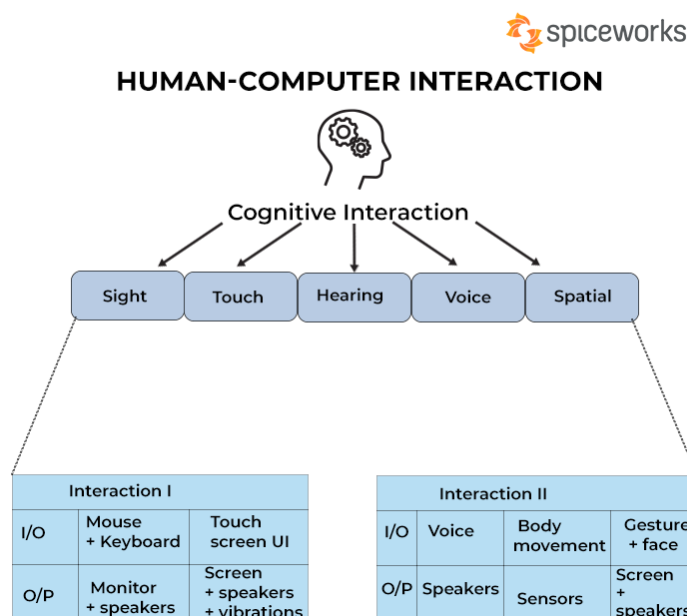


*Slika 37 doctor manhattan*

**Teorija socijalne prisutnosti** govori kako je ,uz sve fizičke osobine, vrlo važno virtualnog glumca smjestiti u prostor sa drugim stvarnim ili isto virtualnim glumcima kako bi se kroz međusobnu interakciju povećala stopa realizma. Možemo reći da je ovo dvosjekli mač, na jednoj strani ovo može drastično pomoći sa određenim manama na modelu ili nekim njegovim karakteristikama jer se promatrač više ne fokusira samo na tog određenog karaktera već prati širu priču. S druge strane, ako je karakter sam po sebi loše izveden, staviti ga u prostor sa drugim glumcima (koji su stvarni ili bolje izvedeni virtualni) može dovesti do još većeg isticanja mana tog glumca i tako smanjiti zadovoljstvo kod gledatelja te čak izazvati i uncanny efekt. [22]

## 3.2 Interakcija računala i čovjeka (HCI modeli)

Human Computer Interaction modeli odnose se na niz područja u kojima se promatra na koji način čovjek ulazi u interakciju sa računalom te kako unaprijediti dizajn računala da bi taj proces bio što prirodniji i efikasniji. Glavno polje promatranja su razni modeli korisničkih sučelja jer se sa njima najviše susrećemo. Kako bi ovo poglavlje bilo razumljivije, ovdje je riječ o smanjenju uncanny valley efekta kod robota, a pojedini dijelovi mogu se iskoristiti i kod dizajna virtualnog glumca. S obzirom na kompleksnost teme, u ovom poglavlju spomenuti će se nekoliko osnovnih modela za potrebe ovog rada dok se u širu tematiku neće ulaziti. [23]



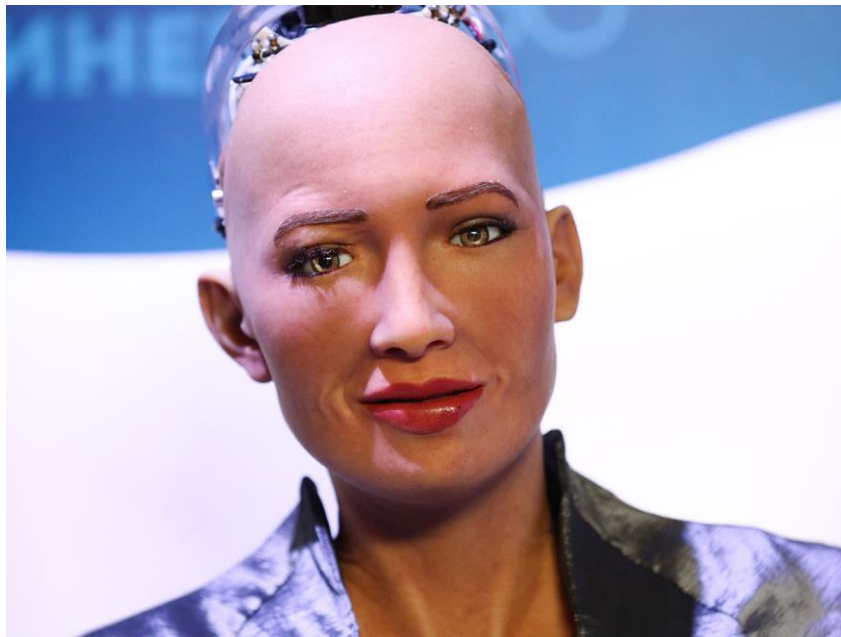
Slika 38 Parametri interakcije računala i čovjeka

**Korisnost i UX** možemo uzeti kao stabilnost interakcije između računalnog sustava (grubo AI) i čovjeka. Korisnost mora osigurati jednostavne, stabilne i intuitivne reakcije nalik na stvarne kako bi se smanjio uncanny efekt kod korisnika i samim time negativan dojam. Glavni principi kojima se ovaj parametar vodi su: efikasnost, sposobnost učenja, pamćenje, rješavanje problema i satisfakcija korisnika. Na kraju, ipak je riječ o proizvodu kojem je plan monetizacija, samim time je i potrebno osigurati da taj proizvod bude što bolje izveden da privuče korisnike a ne da ih prestraši ili razočara. [23] [24]

UX možemo uzeti kao emocionalne i psihološke odgovore i reakcije koje korisnici dobivaju tijekom raznih interakcija sa proizvodom. Najjednostavnije, ovo se može postići sa dobrim dizajnom izgleda i ponašanja. Ako se uspijete poistovjetiti sa drugom osobom u

komunikaciji, vaša komunikacija odmah postaje 50% bolja i više povezana. Ovo je ključan faktor u izvedbi dobrog UX-a.

**Utjelovljena interakcija** odnosi se na važnost prisutnosti fizičkog tijela tijekom interakcije čovjeka i tehnologije na ovakvoj razini. Što se tiče virtualnih glumaca, to se odnosi na kvalitetan 3D model koji odgovara stvarnim karakteristikama i ljudskim osobinama, a što se tiče robota, to se odnosi na kvalitetnu izradu fizičkog tijela koje neće izazvati uncanny efekt i ostale negativne efekte.



*Slika 39 Robot Sophia*

**Prostorna interakcija.** Zadnjih nekoliko godina možemo svjedočiti rastu VR/AR tehnologije. Glavna prekretnica bilo je vrijeme pandemije kada je većina tvrtki prelazila na „remote“ način rada, odnosno „od kuće“. Isto tako, pojavile su se i digitalne konferencije i digitalna radna okruženja (primjer Metaverse). Iako inovativan, nije baš najbolje prihvaćen od opće publike zbog brojnih problema (od cijene opreme do aktualnih kontroverzi oko Meta tvrtke u to vrijeme). Ako gledamo objektivno, zamišljen je kao VR/AR okruženje za djelatnike neke tvrtke koji bi se mogli digitalno naći u okruženju gdje vide jedni druge kao stilizirani avatar ili realni lik. Što se tiče samog dizajna aplikacije i likova unutar nje, ona je stilizirana što odmah u početku isključuje mogućnost uncanny efekta ali je svejedno potrebno karaktere napraviti barem do određene razine realnim u svojim pokretima. [25]



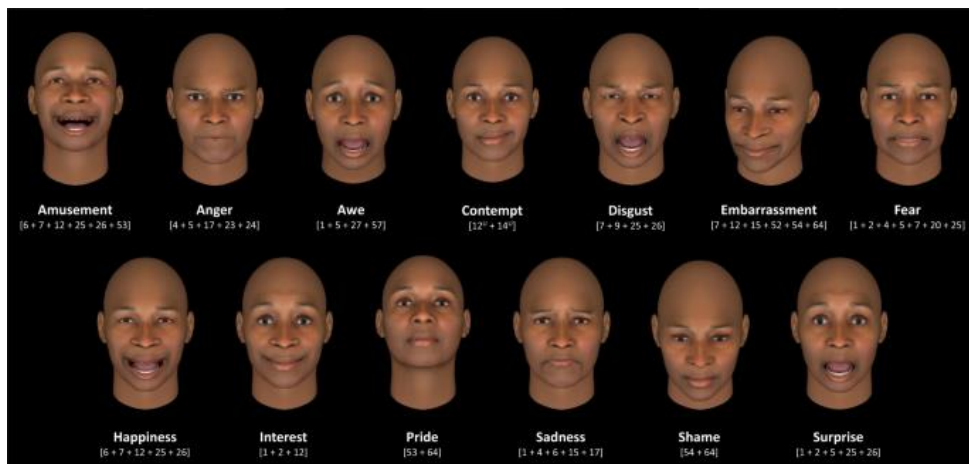


Slika 40 Metaverse

### 3.3 Afektivno računalstvo i emocionalni odgovor

Afektivno računalstvo predstavlja interdisciplinarno područje čiji je fokus na razvoju softverskih i hardverskih rješenja za prepoznavanje, interpretaciju i simulaciju ljudskih emocija i ekspresija. U to područje spada tehnologija prepoznavanja lica (*eng. face recognition*), analiza glasa, analiza jezika tijela, analiza emocija, simulacija emocija, empatija itd.

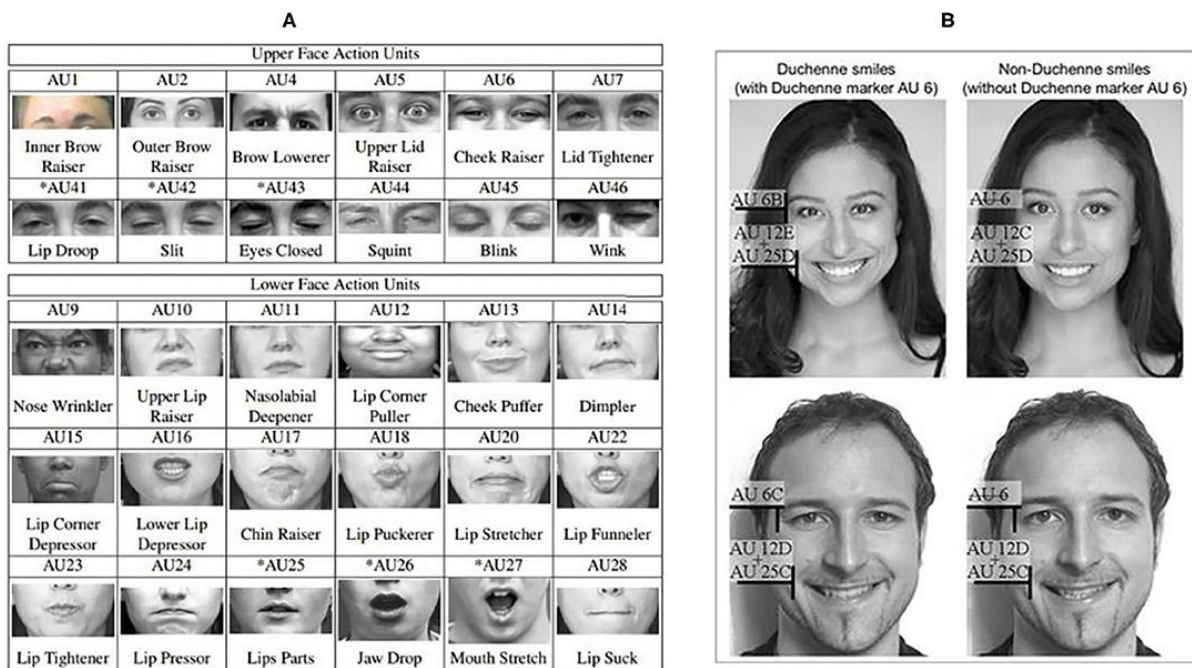
U kontekstu virtualnih glumca, ovo područje igra ključnu ulogu u stvaranju realizma i unaprijeđenju UX-a. Sa precizno ugrađenim sistemima uzetih ih ovog područja, dizajneri virtualnih glumaca mogu stvoriti jaču povezanost sa korisnicima/publikom. Dobra emocionalna povezanost i mogućnost poistovjećenja sa virtualnim likom, dati će tu dodatnu stepenicu kod povezivanja čovjeka i virtualnog glumca . [26]



Slika 41 Blend Shape emocije

**Tehnologija prepoznavanja lica i simulacije** najbitniji su dio afektivnog računalstva. Upotrebom ove tehnologije vrlo brzo se dolazi do rezultata o emocionalnom stanju promatrane osobe. Napredak u AI području drastično je ubrzao ovaj proces i procese strojnog učenja na temelju kojih je ova tehnologija i napravljena.

Napredni algoritmi već sada mogu primijetiti i najmanje razlike u mišićima lica te ih automatski povezati sa određenim emocijama (sreća, tuga, bol, ljutnja, iznenađenost, itd.). Ova tehnologija danas se koristi u brojim područjima, kako u etičnim tako i u ne etičnim (nadzor javnosti u kini). [27]



Slika 42 Algoritmi za prepoznavanje lica

**Analiza glasa** samo je nastavak na tehnologiju prepoznavanja lica. Kako je ton glasa ključan indikator emocija, upravo to ga čini savršenim za bolju detekciju emocije kada spojimo te dvije tehnologije. Nedavni napredak u AI tehnologijama omogućio je široj javnosti upotrebu alata za simulaciju glasa. Potrebno je samo da osoba izgovori određeni set rečenica kako bi softver mogao gotovo savršeno imitirati glas te osobe. To je idealno prilikom stvaranja virtualnih glumaca i služi kao alternativa klasičnom davanju glasa (*eng. voiceover*) kada je riječ o mrtvim glumcima.

**Simulacija emocija** odnosi se na stvaranje realnih ekspresija lica, glasovnih atributa te pokreta tijela. To zahtjeva precizne animacije i glasovne modulacije kako bi virtualni glumci

bili što stvarniji i ne bi izazivali uncanny efekt. Prije se ovo postizalo sa ručnim animacijama što i nije uvijek davalo dobar rezultat pa se tako razvila tehnologija za praćenje pokreta (eng. *Motion tracking*). Pomoću te tehnologije i nekoliko kamera koja prate pokrete lica, virtualni glumci i karakteri dobili su drastično unaprjeđenje što se tiče realizma. Sada je moguće stvarni pokret glumca pretvoriti direktno u realnom vremenu u virtualni oblik. Ova tehnologija koristi se prilikom produkcije gotovo svih modernih filmova koji imaju potrebu za VFX-om. [28]



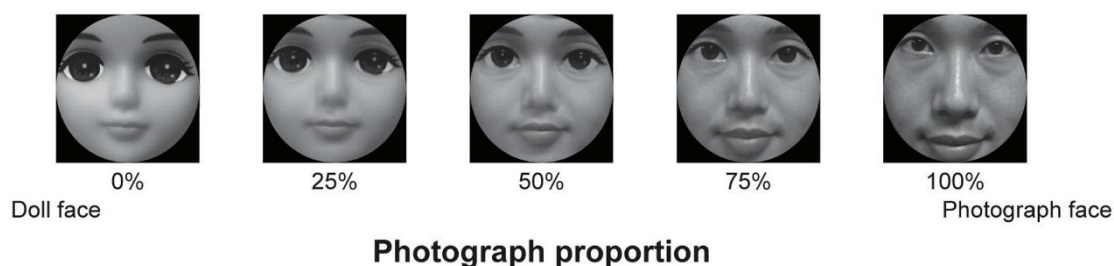
Slika 43 Hulk VFX – motion capture (Tijelo + lice)

U primjeru na slici, glumac Mark Ruffalo u potpunosti je zamijenjen u finalnom obliku filma ali s obzirom da je virtualni karakter baziran na njegovom liku i njegovoj sličnosti, emocije stvarnog glumca pa tako i ekspresije lica 100% su prenesene uz pomoć motion capture tehnologije. [27]

Na donjim slikama u desnom kutu možemo vidjeti kako kamere za praćenje lica u stvarnom vremenu vide njegovo lice i kako je ono mapirano pomoću točaka.

### 3.4 Kognitivna disonanca i njezina uloga u „Uncanny valley“ efektu

Kognitivna disonanca je pojam koji se najviše koristi u području psihologije, a odnosi se na mentalnu nelagodnost kada određeni pojedinac ima kontradiktorne stavove (istovremeno) o određenim uvjerenjima, vrijednostima ili percepcijama. Kao što je već spomenuto u brojnim primjerima u prethodnim poglavljima, kada je riječ o virtualnim glumcima, kognitivna disonanca se pojavljuje kada dolazi do primjetnih razlika u onome što gledatelj očekuje od ljudskog lika (ono što je njemu prirodno i na što je navikao) i onoga što dobije u smislu izgleda i ponašanja virtualnog glumca. [29]



*Slika 44 Postotak sličnosti ljudskom liku*

Postavlja se pitanje zašto dolazi do disonance ovako naglo na 75% sličnosti a ne na ostalim postocima. Unatoč tome, dobro razumijevanje kognitivne disonance i načina kako je spriječiti ili u potpunosti zaobići može dovesti do zanimljivih rezultata. Ovaj postotak od 75% može se uz pomoć dobre animacije, dobro simuliranih emocija i glasa pretvoriti u dobar finalni produkt. Razlog tome je jer još uvijek ima elemente stilizacije i liči na robota/lutku a dovoljno je sličan čovjeku. [29]

Problem je u tome što je tu i dalje prisutna tanka granica između stila i uncanny efekta i malo je primjera gdje je ovo uspjelo unatoč ogromnim naporima. Kognitivna disonanca zahtjeva ogromnu tehnološku i psihološku preciznost a s obzirom na sve dostupne moderne alate, preporučuje se samo u teorijskom dijelu prilikom dizajniranja a ne kao glavni način za zaobilazanje problema uncanny valley efekta. [4]



## 3.5 Liminalni prostori

Liminalni prostor odnosi se na prostor između dva stanja, tranzicijsko područje između dva jasno definirana medija. Taj prostor uglavnom izaziva osjećaje dvosmislenosti, nesigurnosti, nelagodnosti, straha i slično. U poglavlju 3.5.2 biti će prikazani primjeri ovakvih prostora koji daju te emocije. Koncept liminalnosti i liminalnih prostora usko su vezani uz uncanny efekt i zato je bitno da ih se spomene u ovom radu. Čak možemo liminalnost povezati direktno i sa virtualnim glumcima i kognitivnom disonancijom iz prethodnog poglavlja kao zonu poznatoga ali ne dovoljno poznatoga da bi se osjećali ugodno. Ovo poglavlje bavi se detaljnom analizom liminalnih prostora, pojmom liminalnosti i psihološkim efektima. [30] [16]

### 3.5.1 Primjeri liminalnih prostora

Nadovezujemo se na poglavlje 2.6 Teorija i arhitektura „liminalnog prostora,“. U ovom poglavlju biti će prezentirano više primjera liminalnih prostora.



Slika 45 Liminalni prostor 1



*Slika 46 Liminalni prostor 2*



*Slika 47 Liminalni prostor 3*





*Slika 48 Liminalni prostor 4*



*Slika 49 Liminalni prostor 5*

Kada promatramo ove slike, iako su u pitanju različita mjesta sve imaju jednu stvar istu a to je osjećaj usamljenosti, prazni prostor, napušteno. Upravo to nam i daje osjećaj nelagode i da nešto nije u redu. Navikli smo na ovakve lokacije da budu pune ljudi i neobično (odnosno gotovo je nemoguće da nema baš nikoga).

Ovaj koncept potaknuo je mnoge umjetnike i developere na razvoj horror tematike vezane za ovakve lokacije. Od liminalne fotografije kojoj je cilj prikazati takva mjesta i izazvati te emocije do video igara, od kojih je najpoznatija „Back Rooms“.



*Slika 50 Backrooms*

Priča iza koncepta za Back Rooms je da se ovaj prostor nalazi između naše stvarnosti. Zamišljene su kao napušteni poslovni prostor iz 90.-tih raspoređen kao labirint iz kojeg je gotovo nemoguće izaći.

Kao primjer uncanny efekta u smislu prostora i liminalnosti kao takvog, ovo je savršeni primjer jer točno izaziva temeljni strah kod promatrača i nelagodu kakva se teško postiže na ovaj način.

Koncept je kasnije proširen na nekoliko razina stvarnosti ove „dimenzije“ pa tako sada postoje i napuštene igraonice, parkirališta, bazeni i ostali prostori iz gore navedenih primjera. Ideja je toliko dobila na popularnosti da je filmska kuća A24 2023. godine najavila filmsku adaptaciju backroom-a.

### 3.5.2 Liminalni prostor u virtualnom okruženju

Liminalni prostori u virtualnom okruženju mogu se definirati kao konceptualne ili fizičke zone koje osporavaju granice između stvarnog i virtualnog svijeta. Te zone karakterizirane su jasnim osjećajima dvosmislenosti te, kao što je spomenuto u prethodnom poglavlju (Backrooms), potencijalnim transformacijama. Te transformacije se odnose na promjenu okoline u stvarnom vremenu kada ona nije direktno promatrana što izaziva jedinstvenu psihološku reakciju kod pojedinca koji se pronasao u tome.

Kada se izvedu u virtualnom okruženju, liminalni prostori dobivaju dodatnu stepenicu i dimenziju kompleksnosti te otvaraju brojna vrata dizajnerima te zapravo brišu sve granice između onoga što je i što nije moguće.

Stvarni liminalni prostori nisu uključeni u tu stopu kreativnosti, već oni samo postoje onakvi kakvi jesu (što je u nekim slučajevima dovoljno da izazove strah i sve nabrojane emocije kod osobe koja se nađe u takvom prostoru). [30]

Jedan od dobrih primjera liminalnih virtualnih prostora koji se aktivno razvijaju je Metaverse. Ova aplikacija/platforma radi na tome da te prostore disocira pojam straha od liminalnog prostora. Ovo je vrlo važno jer je metaverse zamišljen da ga razvijaju korisnici, a to znači da će ti isti korisnici gotovo sigurno naići na liminalni prostor unutar tog virtualnog svijeta. U prijevodu, loš poslovni plan bi bio kada bi tvrtka sa svojim proizvodom orijentiranim na VR interakcije prestrašila ili izazivala loše emocije kod tih istih korisnika.

Uz taj problem, prisutan je i problem uncanny valley efekta kod virtualni avatara.



Slika 51 Mark - Metaverse

### 3.5.3 Temporalna liminalnost i očekivanja

Kada je riječ o liminalnost, ona ne mora biti samo prostora kao što se moglo vidjeti na brojnim primjerima u prethodnim poglavljima. Ona može biti i temporalna što znači da je riječ o različitoj percepciji vremena. Neki od primjera su usporeno vrijeme, ubrzano vrijeme ili vrijeme koje se ne ponaša u skladu sa normalnim (nelinearno).

Ovakve situacije dovode do zbunjivanja pojedinca i njegove dezorijentacije. Ovdje možemo za primjer uzeti i gubitak pojma o vremenu prilikom dužeg boravka u virtualnom svijetu (primjer iz poglavlja 3.5.4, Metaverse). Dugi i redovit boravak u virtualnom svijetu može dovesti do nekih neželjenih posljedica kao što je gubitak pojma o vremenu i disocijacije sa stvarnošću. Iako je sa komercijalne strane ovo definitivno veliki benefit za stranu tvrtke jer pojedinac troši više vremena, tako je i velik problem za tog pojedinca (hipotetski u slučaju pretjerivanja i/ili stvaranja ovisnosti). [30] [31]

Ovaj problem je savršeno prikazan u filmu „Ready Player One“ gdje je jasno vidljivo da je virtualni svijet idealnije mjesto za provoditi vrijeme od stvarnog svijeta. Film se često uzima kao usporedba za moguću distopijsku budućnost te kao primjer loših strana VR tehnologije.



Slika 52 Ready Player One - Distopija

Već spomenuti nedostatak u nekoliko poglavlja manifestira se kao „dvosmislenost“. Ona se pojavljuje kroz razne situacije koje su u stvarnom svijetu nemoguće ali upravo zato i zbunjuje pojedinca i njegova očekivanja. Kao primjer možemo stvoriti situaciju u kojoj se pojedinac nalazi u hodniku, kako se on kreće kroz taj hodnik tako se taj hodnik duplicira bez kraja i stavlja tog pojedinca u neprekinutu petlju (*eng. Endless loop*). Ili situacija u kojoj se kretanjem kroz neki prostor taj isti na svakom koraku ili okretaju mijenja i kreće (u svrhu usporedbe ovo možemo povezati sa konceptom 4. dimenzije i vizualizacije 4.D prostora).

Nedefinirane i nerealne situacije dovode do iskrivljenih očekivanja te mogu dovesti do zbunjenosti, dezorijentacije i nelagode što je direktno odgovor na njihovo teško shvaćanje. S druge strane, upravo ta misterija i izazov prilikom razumijevanja mogu dovesti do povećanog interesa za dalje istraživanje.

## **4. Dizajn istraživanja**

Kao što je opisano u cijelom teorijskom dijelu, postoji puno faktora određivanja uncanny valley efekta s obzirom da se radi o širokom spektru koji sadrži drastične promjene na vrlo malom postotnom razmaku.

### **4.1 Istraživačka pitanja**

Kako se utvrdilo kroz teorijski dio, graf uncanny valley efekta neobičan je po drastičnim prijelazima iz jednog stanja u drugo. Ovisno o malo postotku promjene (75% do 80%) izgled i prihvaćanje virtualnih i fizičkih likova (robota) izuzetno varira. Ključno je analizirati i dobro procijeniti da li će se ići u stiliziranom smjeru ili odabrati realizam koji može negativno utjecati na promatrače.

Isto tako, liminalnost utječe nekoliko faktora od kojih ne moraju nužno svi izazivati negativne emocije kod pojedinca. Pitanja koje se postavljaju su da li promatrači (u širem smislu publika i korisnici) uopće primjećuju uncanny valley efekt (ispitano prema grafu (slika 5)) i percipiraju li ga negativno ili pozitivno, da ali na temelju toga mogu prihvatiti virtualne glumce (mrtve ili žive (bodydouble)) te kako percipiraju liminalne prostore.



## 4.2 Metodologija

U svrhu istraživanja izrađene su tri različite kategorije od kojih svaka zasebno istražuje vizualni utjecaj na promatrača i prijašnje iskustvo, emocionalni odgovor te kratki upitnik koji zaokružuje cjelinu. Svaka kategorija sadrži pet testnih primjera slika koje se prikazuju ispitanicima uz tri popratna pitanja za svaku sliku. Prva kategorija bavi se uncanny valley efektom. Prvo pitanje priloženo uz sliku u formi je likert skale (ocjena od 1 do 5). Potrebno je označiti broj koji se asocira sa vizualnim osjećajem kojeg daje slika u tri potkategorije (Sličnost čovjeku, sablasnost i neobičnost), drugo pitanje prikuplja karakteristike (oči, usta, nos, kosa i koža) koje su navele na odgovor u prethodnom pitanju i treće pitanje također koristi likert skalu gdje je potrebno odabrati kako bi se osjećali da živate sa tom osobom na slici.

Sljedeća kategorija također koristi likert skalu (od 1 do 10) pomoću koje je potrebno ocijeniti izgled/stvarnost priloženih primjera. Popratno pitanje (od 1 do 5) ispituje osjećaj koji daje glumac na slici. Na kraju poglavlja ispituje se mišljenje ispitanika o njihovoj percepciji i prepoznavanju takvih glumaca. Dio ovog poglavlja odnosi se na ispitivanje sličnosti modela stvorenih u praktičnom dijelu ovog rada.

Zadnje poglavlje bavi se pojmom liminalnosti. Također se na 5 jedinstvenih primjera ispituje vizualni podražaj i emocionalni odgovor.

U testiranju je sudjelovalo 64 ispitanika čiji je materinji jezik hrvatski, engleski ili njemački.

## 4.3 Rezultati istraživanja

Prva dva pitanja bila su demografskog tipa. Prema odgovorima pokazalo se da je 59,4% bilo ženskog spola, a 40,6% muškog. Što se tiče godina, većina je bila u rasponu 18 do 24 (85,9%), nešto manje u 25 do 36 (9,4%), 37 do 44 (3,1%) i 45 do 54 (1,6%).



Slika 53 Demografski podaci ( Godine i spol)

Sljedeća pitanja odnose se na poznavanje pojma te ispitivanje temeljnih fobija/strahova na temelju kojih je ovaj rad zastupljen. Na pitanje da li ste bili upoznati sa pojmom uncanny valley, 48,4% je odgovorilo sa „Da“ dok je 51,6% odgovorilo sa „Ne“. Ovdje je zanimljivo za uočiti kako iako svi gotovo svakodnevno vidimo barem jedan primjer uncanny valley efekta, više od pola ispitanika nije do ispunjavanja upitnika bilo upoznato sa pojmom.

Što se tiče fobija, na pitanje vezano uz koulrofobiju (strah od klauna) samo 17,2% je odgovorilo „Da“, a 82,8% sa „Ne“.

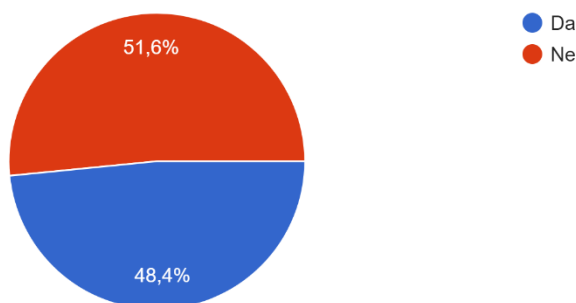
Na pitanje za pediofobiju (strah od lutaka), 29,7% je odgovorilo sa „Da“, a 70,3% sa „Ne“.

Na pitanje za strah od humanoidnih robota, 23,4% je odgovorilo sa „Da“, a 76,6% sa „Ne“.

Na pitanje za strah od maski, 35,9 % je odgovorilo sa „Da“, a 64,1% sa „Ne“,

Zanimljivo je uočiti kako se postotak ljudi koji su odgovorili sa DA povećava kako smanjuje postotak stvarnosti odnosno kako je riječ o neživim predmetima nalik na ljude. Ovo je zapravo i temelj uncanny valley efekta i jedna od potvrda pitanja i problematike kojim se ovaj rad bavi.

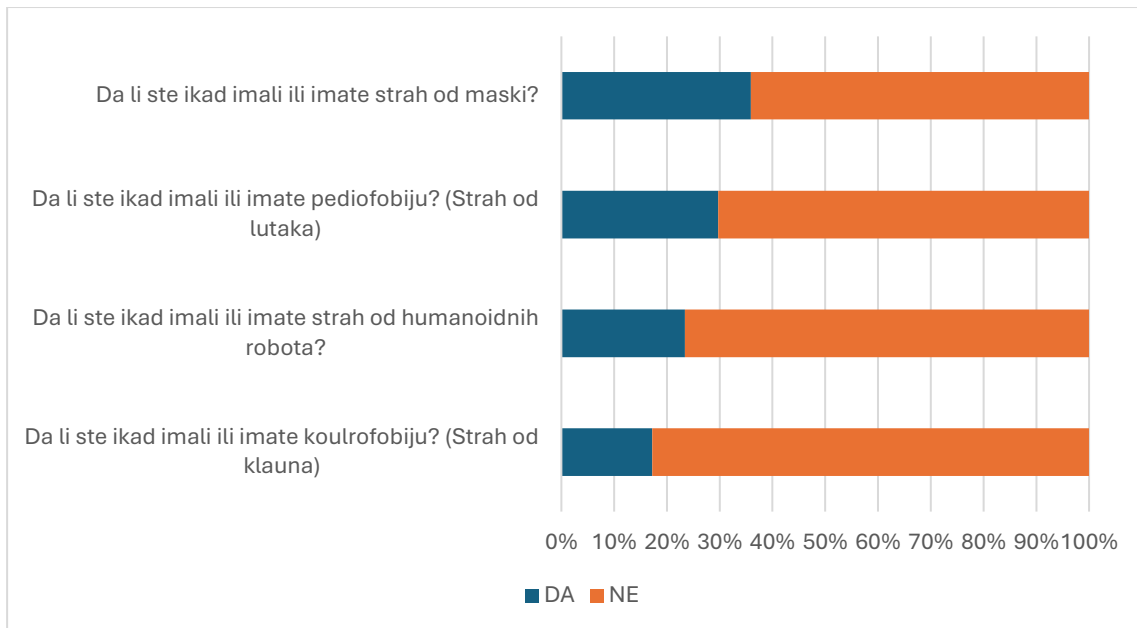
Da li ste prije ispunjavanja bili upoznati sa pojmom "Uncanny Valley"  
64 odgovora



Slika 54 Ispitivanje poznavanja pojma

Stupac1	DA	NE
Da li ste ikad imali ili imate koulrofobiju? (Strah od klauna)	17.20%	82.80%
Da li ste ikad imali ili imate strah od humanoidnih robota?	23.40%	76.60%
Da li ste ikad imali ili imate pediofobiju? (Strah od lutaka)	29.70%	70.30%
Da li ste ikad imali ili imate strah od maski?	35.90%	64.10%

Tablica 1 Ispitivanje strahova



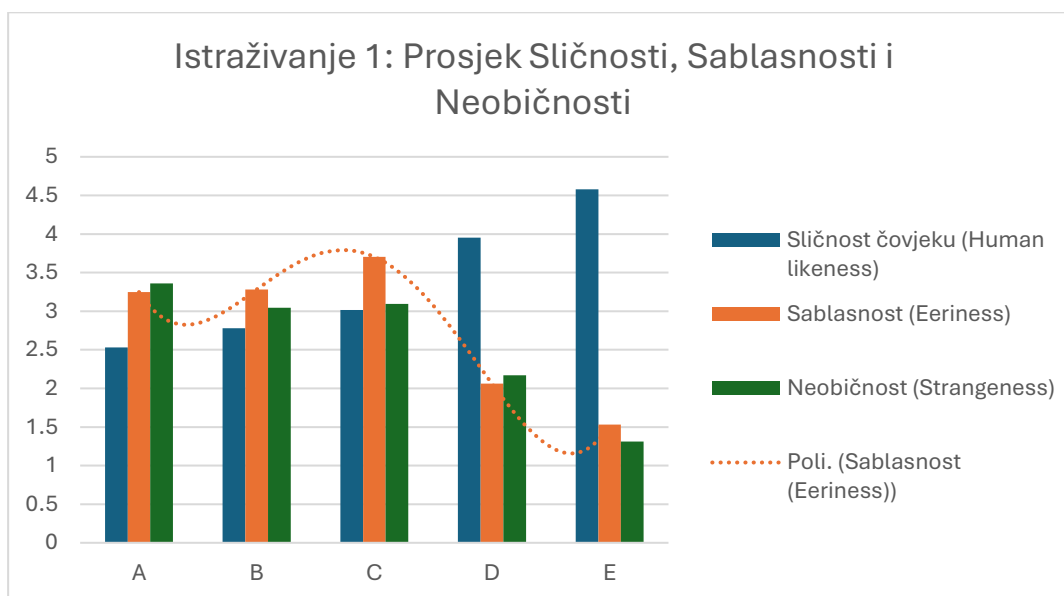
*Graf 1 Ispitaivanje starhova*

Sljedeća pitanja u formi su likert skale od 1 do 5. Istraživao se vizualni podražaj i emocionalni odgovor na temelju tri pitanja popraćenih na jednu sliku (ukupno pet setova pitanja od kojih svaki set ima drugačiju sliku i tri ista pitanja). S obzirom da su odgovori za prvo i treće pitanje bili od 1 do 5, bilo je potrebno stvoriti tablicu srednjih vrijednosti kako bi se dobila srednja vrijednost za svaki set. Također, kako se ne bi nepotrebno zauzimao prostor vrijednosti svih 5 setova sažeti su u jednu tablicu i jedan graf (samim time postiže se i veća stopa preglednosti). \*Zadnje poglavlje „Prilozi“ sadrži podatke iz ankete prema kojima su dobiveni rezultati\*

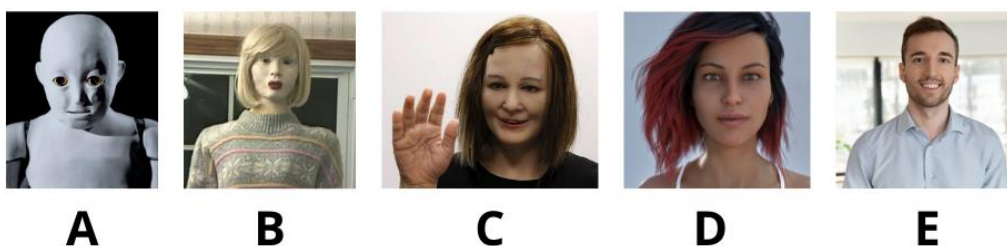
Iz rezultata prvog istraživanja vidimo kako je zapravo najgore ocijenjeni lik pod slovom „A“. Jedan od razloga može biti u tome što je od svih likova ovo jedini humanoidni robot sa prenaglašenim proporcijama. Možemo ga usporediti sa drugim najgore ocijenjenim likom pod slovom „C“. Razlika između A i C je samo 0.224. Isti razlog može se primijeniti i ovdje s obzirom da se također radi o humanoidnom robotu u razliku u tome što C više sličići čovjeku. U prikazanim rezultatima možemo uočiti zanimljivu pojavu, naime kako je u teoriji opisano da se uncanny efekt javlja u poziciji tranzicije score sličnosti, ako u grafu jedan postavimo crtu trenda na podatak „Sablasnost“, vidimo pojavu ove teorije na prijelazu C - D

Prosjeak (1 Nimalo / 5 Vrlo)	A	B	C	D	E
Sličnost čovjeku (Human likeness)	<b>2.5313</b>	2.7813	3.0156	3.9531	<b>4.5781</b>
Sablasnost (Eeriness)	3.25	3.2813	3.7031	2.0625	1.5313
Neobičnost (Strangeness)	3.3594	3.0469	3.0938	2.1719	1.3125

Tablica 2 Prosjeak sličnosti, sablasnosti i neobičnosti



Graf 2 Prosjeak sličnosti, neobičnosti i sablasnosti

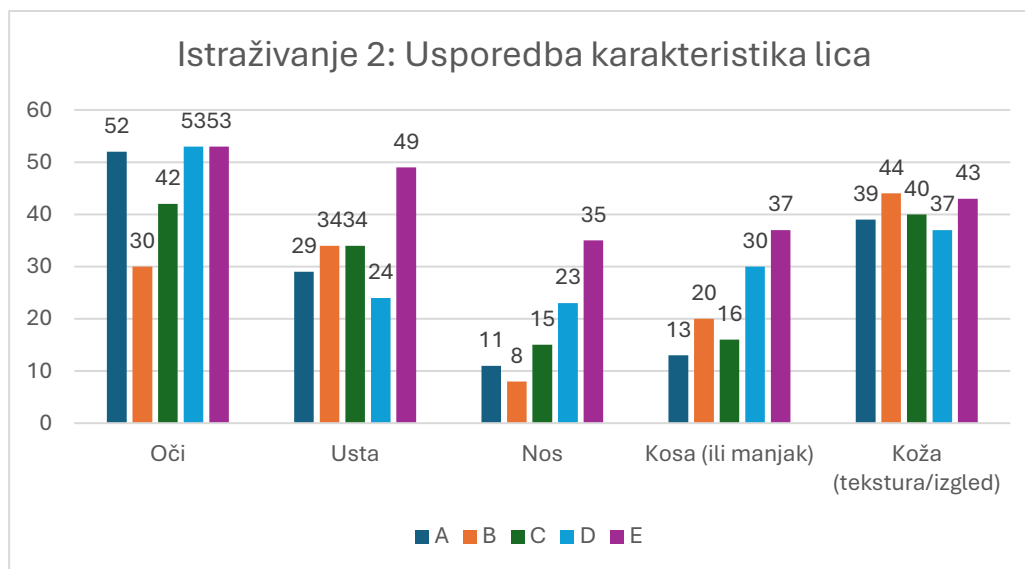


Slika 55 Elementi prvog istraživanja

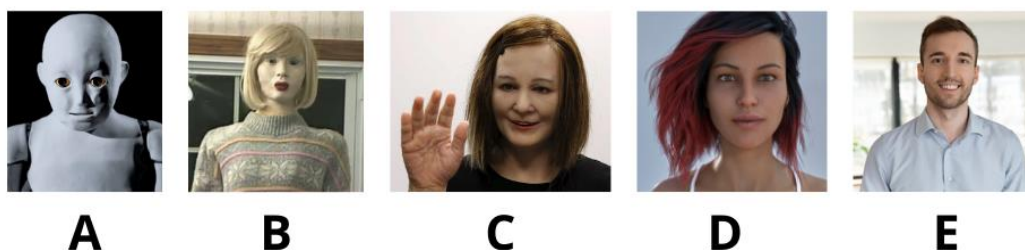
Drugo istraživanje prikuplja podatke na temelju prvog istraživanja. Naime, prikupljaju se karakteristike koje su navele ispitanika da odabere određeni broj na likert skali u prvom istraživanju. Ispitanici su ovdje mogli označiti bilo koji broj karakteristika. Kao i u prethodnom istraživanju, ovdje se također potvrđuje postojanje uncanny efekta s obzirom na odabir glavnih karakteristika. Može se vidjeti kako su oči bile odabrane najviše i to specifično kod robota, humanoidne lutke i stvarnog čovjeka. Druga najzastupljenija karakteristika bila je koža.

Lik	Oči	Usta	Nos	Kosa (ili manjak)	Koža (tekstura/izgled)
A	52	29	11	13	39
B	30	34	8	20	44
C	42	34	15	16	40
D	53	24	23	30	37
E	53	49	35	37	43
<b>Ukp.</b>	<b>230</b>	<b>170</b>	<b>92</b>	<b>116</b>	<b>203</b>

Tablica 3 Karakteristike lika



Graf 3 Usporedba karakteristika lica



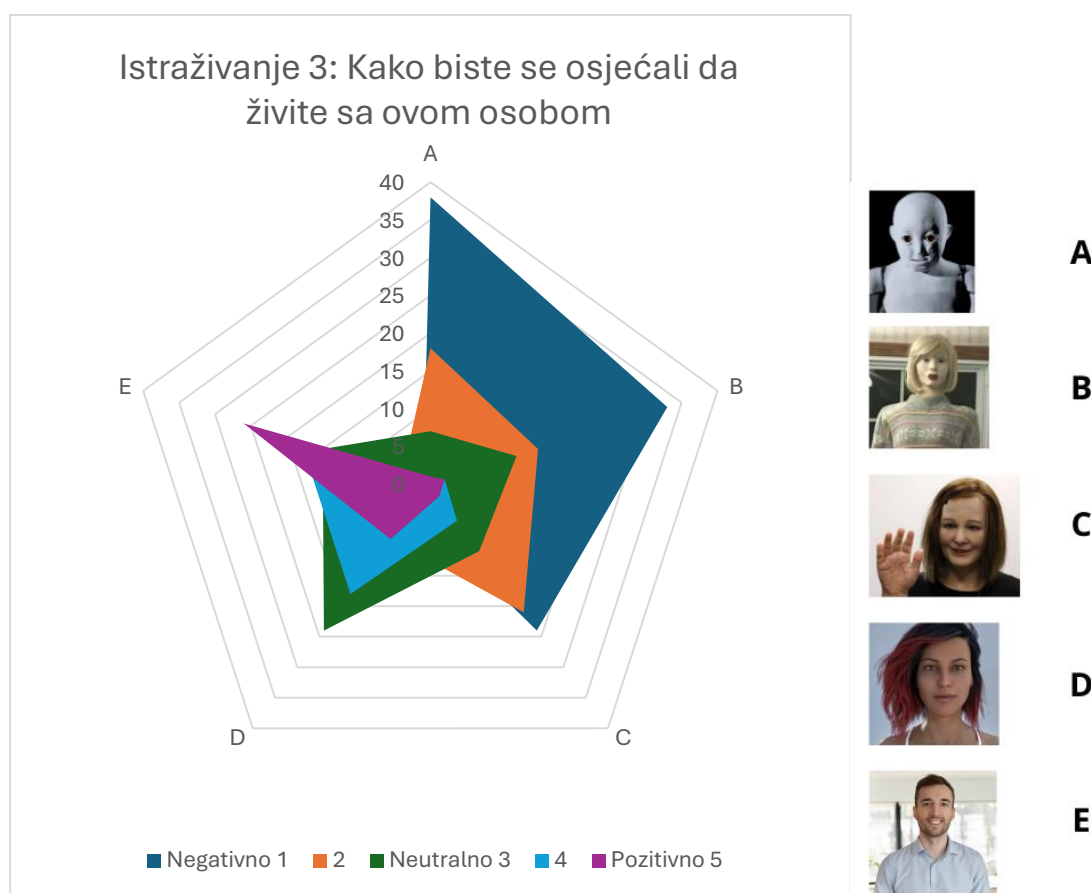
Slika 56 Elementi drugog istraživanja



Treće istraživanje bavilo se pitanjem „Kako biste se osjećali da živite sa ovom osobom“. Možemo vidjeti kako je najviše negativnih ocjena zastupljeno kod A, B i C likova dok D i E imaju drastično manje negativnih glasova. S druge strane, kada je riječ o pozitivnim glasovima, njih je daleko manje nego od očekivanog. I dalje su najviše zastupljeni kod lika E i lika D na drugom mjestu. Kada pretvorimo podatke u srednje vrijednosti, dobijemo očekivane ocijene za pojedine likove.

Osjećaj	Negativno (1)	(2)	Neutralno (3)	(4)	Pozitivno (5)	AVG
A	38	18	7	0	1	1.56
B	33	15	12	2	2	1.83
C	24	21	11	6	2	2.09
D	4	9	24	18	9	3.30
E	1	4	15	18	26	4.00

Tablica 4 Osjećaj zajednog života



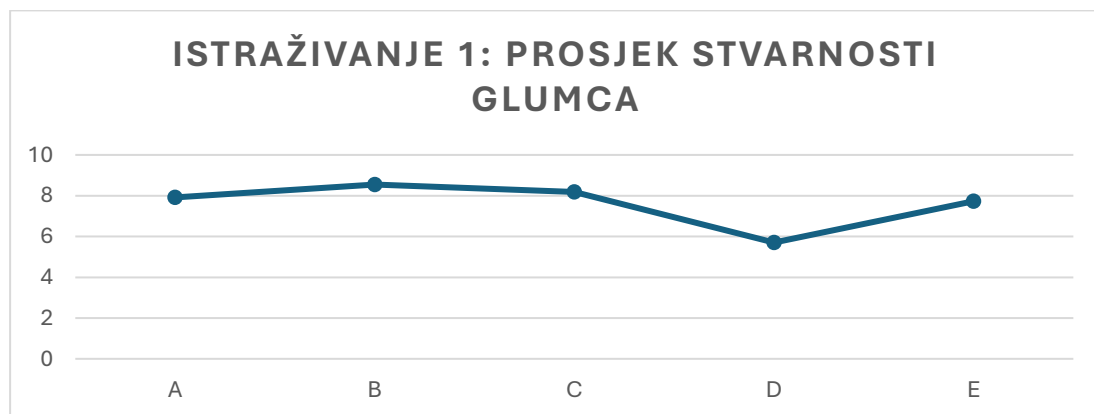
Graf 4 Osjećaj zajednog života

Slika 57 Elementi trećeg istraživanja

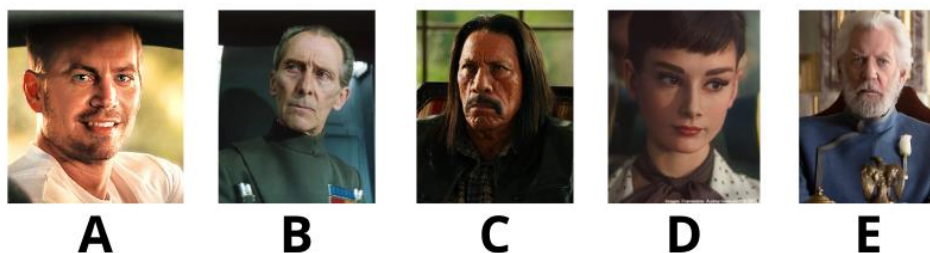
Druga kategorija pitanja bavi se sa pojmom virtualnih glumaca. Princip pitanja sličan je prvoj kategoriji, ispitaniku je prikazana slika i zatim dva pitanja na temelju kojih se istražuje vizualna percepcija i emocionalni odgovor virtualnih glumaca. Prvo pitanje tražilo je od ispitanika da na temelju slike (od A do E priloženo ispod svakog grafa) odgovori koliko stvarno mu/joj se čini određeni glumac na skali od 1 do 10. Podaci su zatim prikupljeni i izračunate su srednje vrijednosti kako bi se oni lakše vizualizirali. Samo istraživanje sastoji se od pet glumaca od koji su samo dva virtualna (A i D), cilj je bio istražiti da li ljudi prepoznaju cgi glumce ili ne te kako ih prihvaćaju i što misle o njima. Možemo vidjeti kako su ocjene relativno visoke za sve glumce osim za „D“.

Prosjek realnosti	skala 1-10
A	7.921875
B	8.546875
C	8.1875
D	5.703125
E	7.734375

Tablica 5 Prosjek realnosti



Graf 5 Prosjek stvarnosti glumca

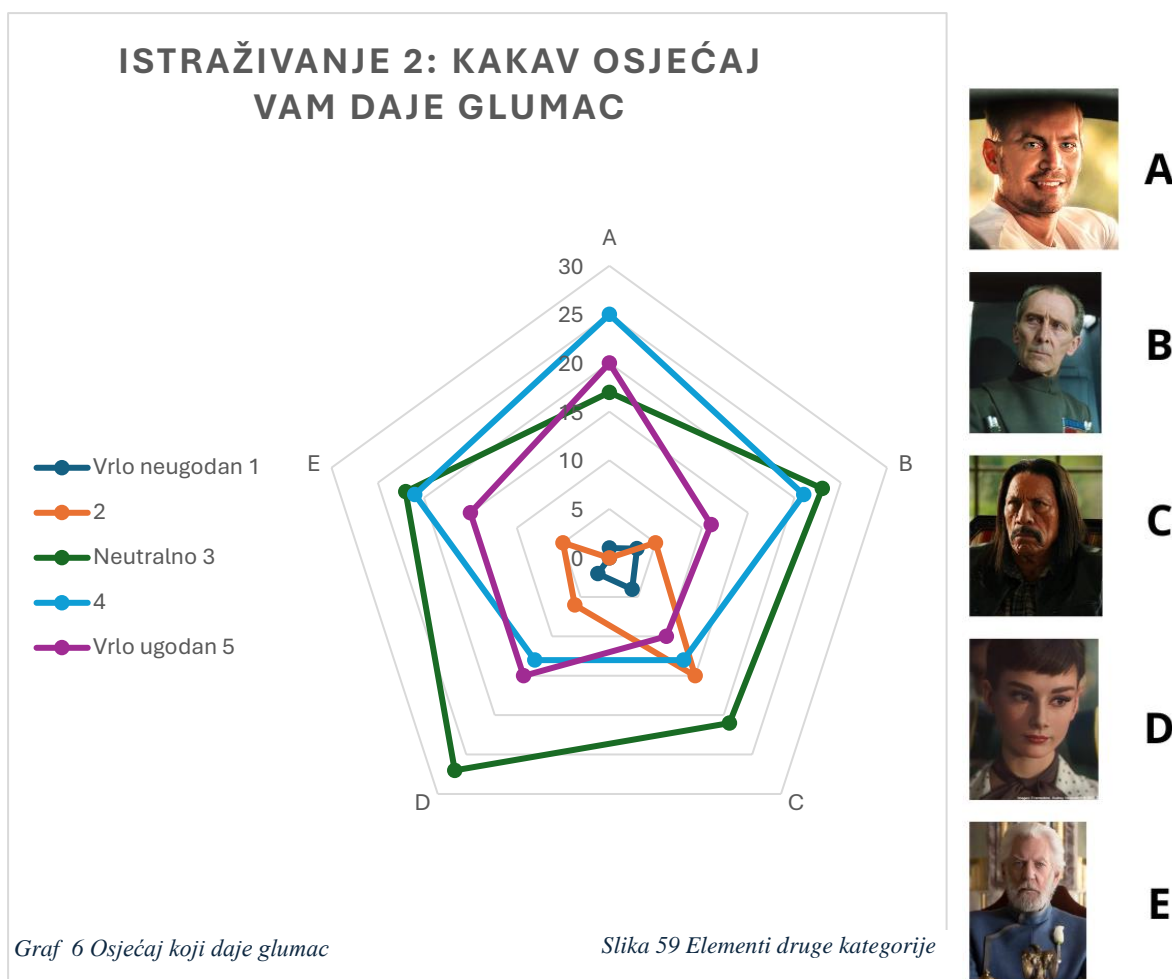


Slika 58 Elementi druge kategorije

Drugo istraživanje u drugoj kategoriji pitanja odnosilo se na emocionalni odgovor ispitanika. Istraživanje je provedeno tako što je na temelju slike iz prethodnog pitanja postavljeno pitanje da se ocijeni kakav osjećaj daje određeni glumac (ocjena od 1 do 5). Odgovori iz svih pitanja su zatim sažeti u tablicu i izračunate su im srednje vrijednosti. Iz rezultata možemo vidjeti kako su ocjene za sve glumce relativno visoke i na sličnim razinama. Dvoje virtualnih glumaca (A i D) nalaze se među bolje ocijenjenim (3.94 i 3.47), dok se stvarni glumci (B=3.45, C=3.11) nalaze na nešto gorim mjestima, a E=3.67 se nalazi na drugom mjestu.

Osjećaj	Vrlo neugodan 1	2	Neutralno 3	4	Vrlo ugodan 5	AVG
A	1	0	17	25	20	3.94
B	3	5	23	21	11	3.45
C	4	15	21	13	10	3.11
D	2	6	27	13	15	3.47
E	0	5	22	21	15	3.67

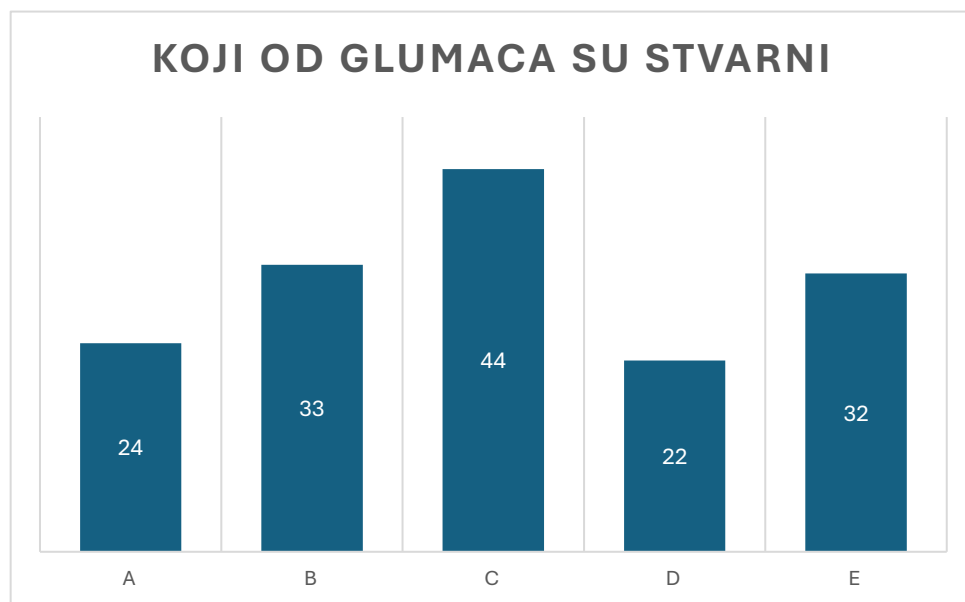
Tablica 6 Osjećaj koji daje glumac



Sljedeće pitanje direktno je povezano na prethodno. Ispitanike se pitalo da probaju prepoznati koji od gore navedenih glumaca su stvarni. U ovom pitanju je također zanimljivo kako su virtualni glumci dobili 4. i 5. mjesto po broju glasova (B= 33 i = 22) a najbolje je ocijenjen glumac C=44.

Glumac	
A	24
B	33
C	44
D	22
E	32

Tablica 7 Broj glasova glumaca

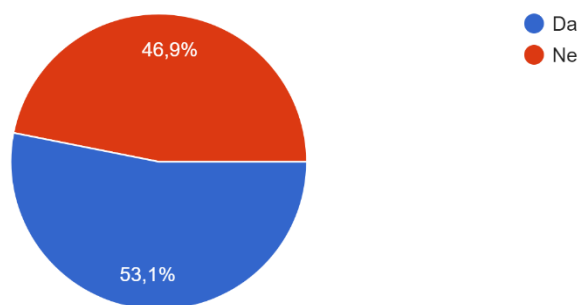


Graf 7 Broj glasova stvarnih glumaca

Na kraju druge kategorije postavljeno je nekoliko općih pitanja vezanih za temu virtualnih glumaca. Pitanja su postavljena na način da ispitanici prvo odgovore što misle o oživljavanju mrtvih glumaca kao virtualni te da li bi gledali takve filmove/serije. Kao što možemo vidjeti, mišljenja su poprilično podijeljena sa tek malom razlikom u broju glasova „Da“. Ovo pitanje također služi i kao testno pitanje da li su ispitanici pratili anketu ili su odgovarali nasumično tako što je u zagradama napisan odgovor na pitanja u prethodna dva istraživanja.

Podržavate li oživljavanje mrtvih glumaca kao virtualnih? (Primjer: Paul Walker - Furious 7)

64 odgovora



Slika 60 Podržavate li oživljavanje mrtvih glumaca

Ako je odgovor bio "Ne", možete li ukratko reći zašto?

25 odgovora

Mislim da to nema smisla i da je dovoljno to što smo dobili od tog glumca. Iako je tehnologija napredovala i takvo nesto može izgledati iznimno realno (i još će napredovati) mislim da je čar u tome da su glumci pravi ljudi i da to nikakva tehnologija ne može zamijeniti
Ako nisu potpisali I prihvatiti to ne bih smatrao to etickim
Tako ba zas bi ozivljavali nekog xd
Eto
Ako ga nema, nema ga. Tocka
Kapitalizam treba stati negdje, alternativa je maltene lutkarstvo sa mrtvačkim tijelima i jezivo je. Ujedno krade opciju i pozicije\likove novijim glumcima. (Što dovodi do toga da kapitalizam vrti stalne prikaze pokojnih ljudi i minimizira si troškove - problematika oko "konstantnog rasta".) (Pokojni) Glumac nema odabira dati svoju privolu u radnji u koju ga se smjeste.
Treba ih pustiti da počivaju u miru, morbidno je zarađivati na slavi preminulih glumaca. Oni su svoje odradili, potrebno je dati priliku novim talentima koji sigurno imaju jednake ili bolje kvalitete.
Nije prirodno
Covjek postaje dio uloge, ulazi u nju i ta uloga ga prati. To je slicno kao kad bi mrtvog pjevaca ozivili. Nema smisla.
Podržavam u svrhu dovršavanja filma ako je glumac preminuo dok je snimanje još trajalo, ali uglavnom ne podržavam jer između ostalog mislim da se ne može prenijeti emocija i autentičnost pravog glumca.
moralni razlozi, pokojni glumac ne može reći bi li prihvatio ili odbio određenu ulogu
Život je prolazan i treba znati uživati u stvorenim sjećanjima.
Nije to to
iz poštovanja prema glumcima
Nema smisla
Strasno je
Ako je netko mrtav, treba tako i ostati
To je kao da uzimate truplo i pretvorite ga u marionetu
Nema potrebe
Bolesno mi je to...
Jer moramo poštivati njihovu ostavštinu. Također postoji mogućnost da se virtualni glumci nađu u scenama na koje ne bi pristali da su živi.
Jer ako su umrli nema potreba za vraćanjem nečega sto više ne postoji nego prihvatiti tu činjenicu jer se neke osobe neće osjećati ugodno

Slika 61 Mišljenja ispitanika o mrtvim glumcima

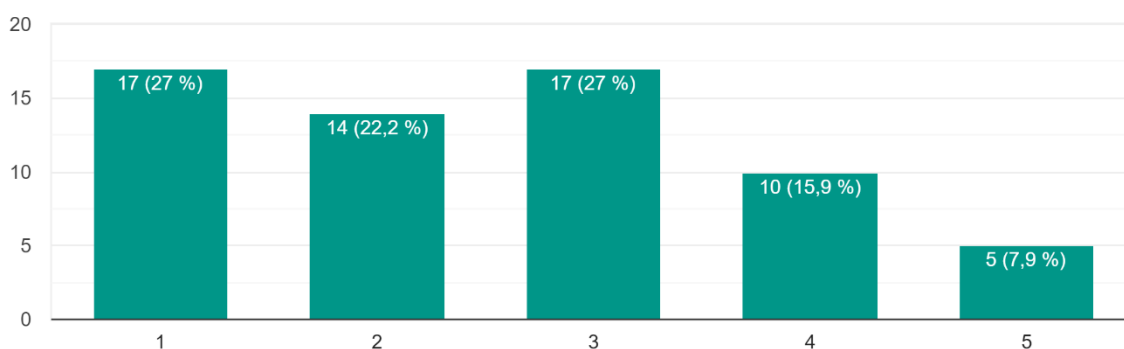


Kao što možemo vidjeti u na prethodnim slikama, mišljenja se uglavnom kreću oko istih stvari. Ispitanici smatraju da nije moralno i da mrtve glumce ne bi trebalo oživljavati osim ako je u pitanju nezavršena scena ili dijelovi filma (primjer - Carrie Fisher u Star Wars The Last Jedi).

Što se tiče mišljenja o filmovima/serijama u kojima su virtualni glumci zastupljeni 100%, reakcije i mišljenja su ekstremno negativna. Prosječna ocjena mišljenja je 2.5/5 što nam govori da ispitanici preferiraju stvarne glumce.

Kakavo je Vaše mišljenje o filmovima/serijama u kojima su 100% virtualni glumci ? (pitanje se ne odnosi na animirane filmove/serije/crtiče i slično)

63 odgovora

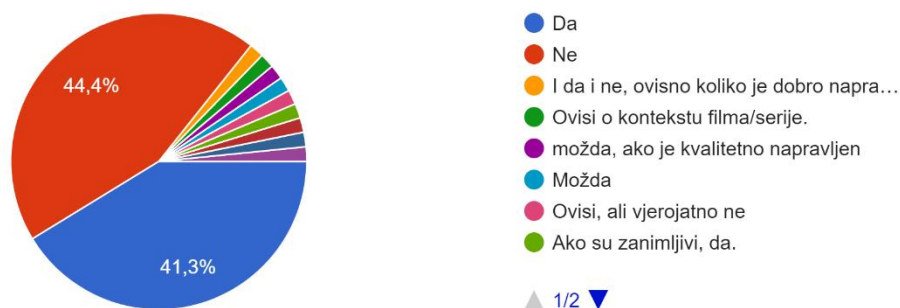


Tablica 8 Mišljenja ispitanika o filmovima/serijama u kojima su 100% virtualni glumci

S obzirom na vrlo negativna mišljenja u tablici gore, gledanost ovakvih filmova/serija nije nastavila u istom smjeru. 41.3% ispitanika je odgovorilo sa „Da“, a 44.4% sa „Ne“. Nešto manji postotak od 14.3% je onih koji nisu mogli odlučiti.

Biste li gledali takve filmove/serije?

63 odgovora

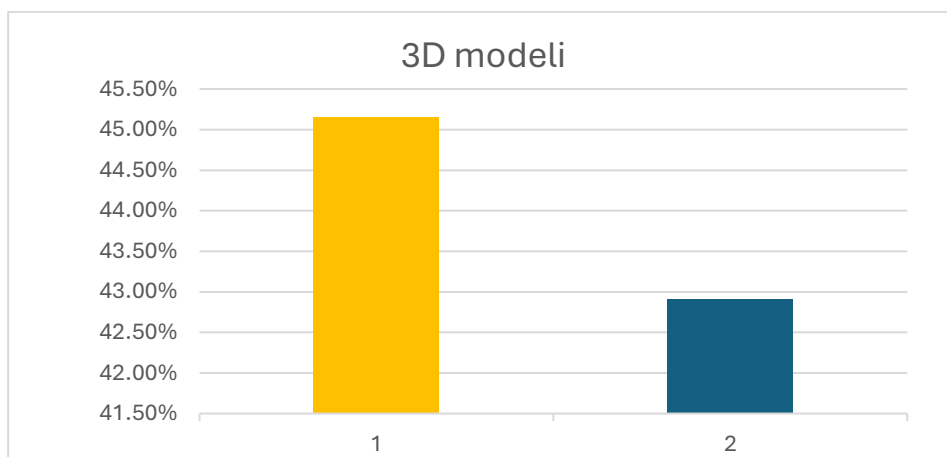


Slika 62 Biste li gledali takve filmove

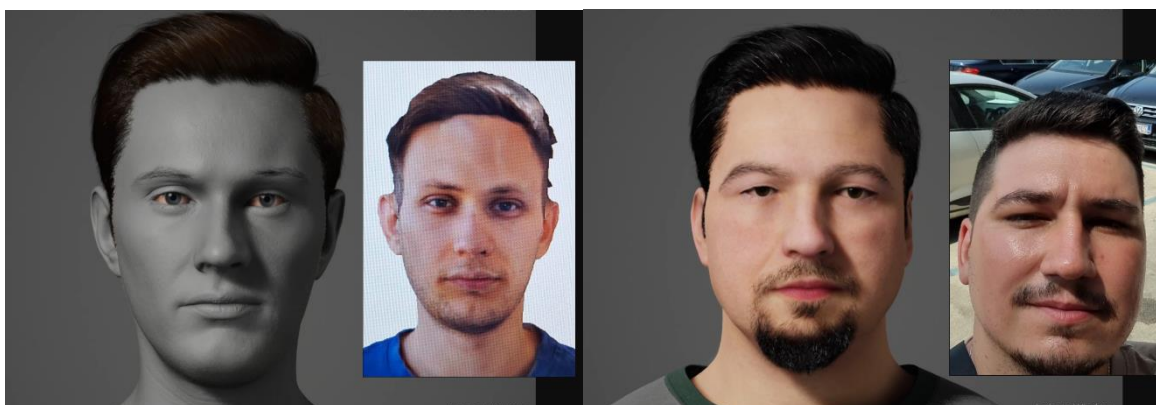
Na kraju druge kategorije nalazio se dio iz praktičnog dijela ovog rada. Ispitanicima su predstavljena dva modela stvorena uz pomoć fotogrametrije i metahuman web aplikacije. Jedan model napravljen je u što kraćem vremenu, a drugi model je snimljen sa boljom opremom i uloženi je malo veći trud kako bi finalni proizvod bio što kvalitetniji. Ispitalo se koliko su ovi modeli slični referenci (na skali od 1 - 10). Rezultati su zatim prikupljeni i pretvoreni u postotak kako bi se bolje prezentirali. Model broj 1 (lijevo) ocijenjen je sa 45.16% sličnosti dok je model broj 2 (desno) ocijenjen sa 42.91% sličnosti.

Model	1	2
Sličnost modela	45.16%	42.91%

Tablica 9 Sličnost 3D modela



Graf 8 Sličnost 3D modela



Slika 63 Model 1

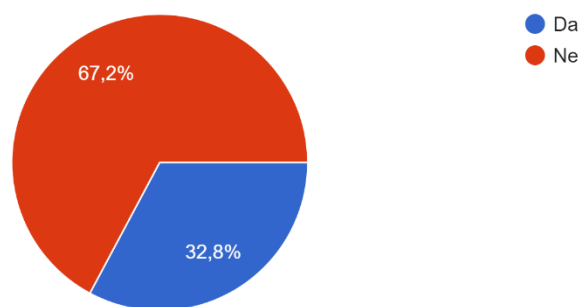
Slika 64 model 2

Treća i zadnja kategorija bavi se pod pojmom uncanny valley kategorije -> Liminalni prostori. Prvo pitanje istražuje opću upoznatost ispitanika sa ovim pojmom i da li su se ikad pronašli u sličnom prostoru. 67.2% ispitanika odgovorilo je „Ne“, a samo 32.8% sa „Da“.

Iako je puno manji postotak onih koji su čuli za pojam ili bili upoznati sa njime, možemo vidjeti kako se 66.7% ispitanika pronašlo u takvom prostoru prije ispunjavanja ankete, a 33.3% nije.

Da li ste prije ispunjavanja bili upoznati sa pojmom "Liminalnost"?

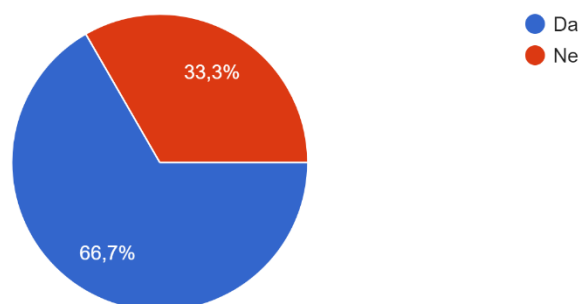
64 odgovora



Slika 65 Opći pojam liminalnost

Da li ste se ikad našli u takvom prostoru?

63 odgovora

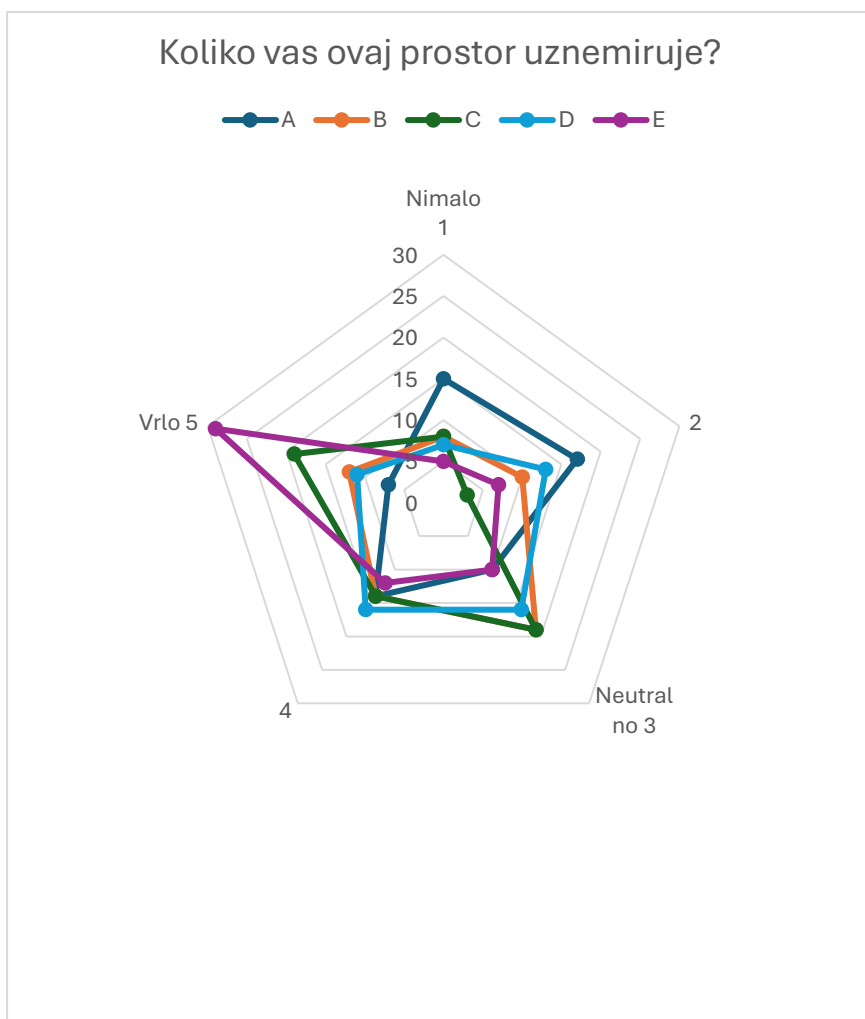


Slika 66 Da li ste se ikad našli u takvom prostoru

Sljedeći dio istraživanja podijeljen je na sličan način kao i prethodne dvije kategorije. Ispitaniku je prikazano 5 setova pitanja od kojih svaki sadrži sliku, pitanje temeljeno na vizualnom zapažanju i pitanju koje istražuje emocionalni odgovor. Možemo vidjeti kako su prostori ocijenjeni relativno različito. Najgore ocijenjen je „E“ prostor sa ocjenom 3.8 i najviše glasova u „vrlo“ = 29. Najbolje je ocijenjen „A“ prostor sa ocjenom 2.7 i 15 glasova sa „nimalo“.

Element	Nimalo 1	2	Neutralno 3	4	Vrlo 5	Avg
A	15	17	10	14	7	2.7
B	8	10	19	14	12	3.2
C	8	3	19	14	19	3.5
D	7	13	16	16	11	3.2
E	5	7	10	12	29	3.8

Slika 67 Ocjene prostora



Graf 9 Koliko vas uznemiruje ovaj prostor



**A**



**B**



**C**



**D**

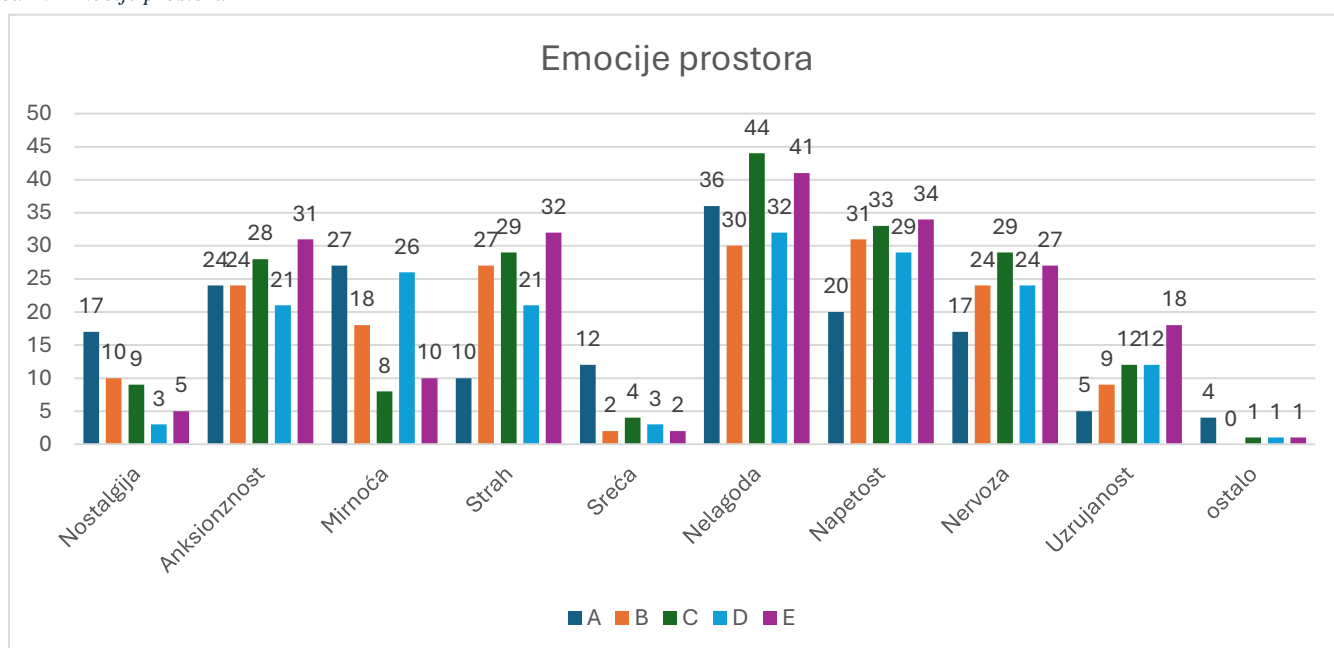


**E**

Slika 68 Elementi istraživanja

El.	Nostalgija	Anks.	Mirnoća	Strah	Sreća	Nelagoda	Napetost	Nervoza	Uzrujanost	ostalo
A	17	24	27	10	12	36	20	17	5	4
B	10	24	18	27	2	30	31	24	9	0
C	9	28	8	29	4	44	33	29	12	1
D	3	21	26	21	3	32	29	24	12	1
E	5	31	10	32	2	41	34	27	18	1
UK	44	128	89	119	23	183	147	121	56	7

Tablica 10 Emocije prostora



Graf 10 Emocije prostora



A



B



C



D



E

Slika 69 Elementi prostora

Možemo vidjeti kako je najviše odabrani osjećaj nelagoda (183) ukupna glasa, prate ju anksioznost (128), nervoza (121) i strah (119). Najmanje odabrani osjećaj je sreća (23) što je bilo i očekivano s obzirom na osjećaje koje bi liminalni prostori trebali izazivati.



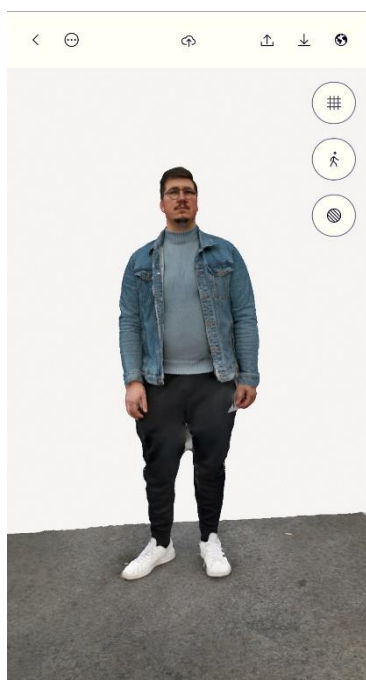
## 5. Izrada virtualnog glumca (metahuman)

U praktičnom dijelu ovog diplomskog rada prikazati će se i opisati jedan od načina izrade virtualnog karaktera/avata/glumca. Ovaj način izrade služi kao primjer i pokazatelj mogućnosti tehnologije dostupne gotovo svima na dnevnoj bazi. Koraci izrade relativno su jednostavni i podijeljeni su u nekoliko faza:

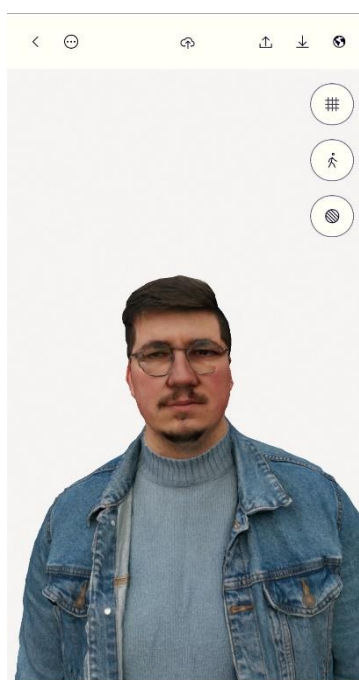
1. 3D skeniranje i prikupljanje podataka
2. Optimizacija modela u 3D softveru
3. Priprema modela u UE5
4. Dorada modela
5. Prednosti i nedostaci metahuman web apk

### 5.1 3D skeniranje

Za početak izrade metahuman 3D modela potrebna je aplikacija polycam (alternativa ovoj aplikaciji su mobiteli koji imaju lidar senzor). Aplikacija funkcionira na principu fotogrametrije, potrebno je izraditi što veći broj fotografija 360° oko modela s posebnim fokusom na licu. Iako je za ovaj proces potrebno samo lice, nekoliko testnih primjera je pokazalo da je bolje skenirati cijeli model jer to daje najbolji rezultat bez rupa i artefakta na 3D skenu.



Slika 70 Skenirani model unutar aplikacije



Slika 71 Skenirani model - blizi prikaz

## 5.2 Optimizacija modela u 3D softveru

Sljedeći korak je skidanje modela sa aplikacije polycam u obliku .fbx i uvoz te datoteke u bilo koji program za 3D modeliranje (u ovom primjeru je korišten Blender).



Slika 72 Import modela u program Blender

Model je zatim potrebno optimizirati, tj. obrisati svu nepotrebnu geometriju i točke te spojiti sve razdvojene točke. Za stvaranje metahuman karaktera potrebno je samo lice sa ušima kako bi geometrija i općenit oblik lica bio što tačniji. Nakon optimizacije ostaje nam ovo:



Slika 73 Optimizacija modela

Za bolji rezultat preporučuje se koristiti mobilne uređaje sa što boljom kvalitetom kamere ili još bolje fotoaparatom. U svrhu izrade i demonstraciji, rezolucija ovog modela biti će dovoljna kao što će se vidjeti na kraju.

### 5.3 Priprema modela u Unreal engine 5 programu

Većina posla odvija se dalje u Unreal Engine 5 programu. Za početak je potrebno napraviti novi prazni projekt u Film/Video sekciji (razlog tome je taj što dobijete minimalno funkcionalan projekt koji će se brže inicijalizirati).

Nakon stvaranja projekta, uvozi se .fbx datoteka koja se spremila nakon optimizacije u blenderu. Uz datoteku stvara se „ADD+ > Metahuman > MetaHuman Identity“. U MHI prozoru otvaramo „Component from Mesh“ i unutar njega otvaramo .fbx model koji smo uvezli na prvim koracima. Uvezeni model potrebno je centrirati sa „F“ tipkom i „WASD“ za manje korekcije. Rasvjeta se postavlja na „unlit“ a FOV na otprilike 15°.

Nakon ovih koraka dobijemo ovakav prikaz. Sljedeći korak je odabir tijela osobe koje se skenirala kako bi softver procijenio proporcije s obzirom da imamo samo lice.



Slika 74 Import optimiziranog modela u UE5

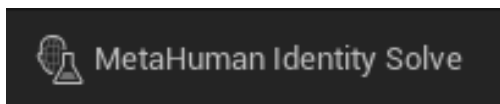
Sljedeći korak je odabrati „neutral pose“ lica u lijevom izborniku, zatim „Promote frame“ i „Track Active Frame“ kako bi program analizirao atribute lica, položaj i geometriju te prema tome napravio 3D model na temelju odabranog tijela. Nakon nekog vremena, dobijemo ovakav prikaz:



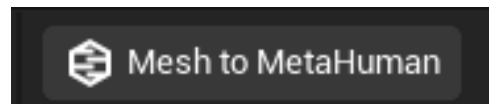
*Slika 75 Korekcija crta lica markerima*

Sljedeći korak je korekcija zelenih točaka kako bi atributi bili što bolje preneseni na 3D model. Korekcija se radi na vrlo lagan način, desni klik služi za kretanje po sceni, kotačić za zumiranje te je potrebno samo podesiti točke na točne lokacije.

Nakon što se sve točke podese na željene lokacije, potrebno je stisnuti na dva gumba koji će sve informacije provesti kroz MetaHuman plugin i prenesti ga na web aplikaciju i cloud za dalje uređivanje.



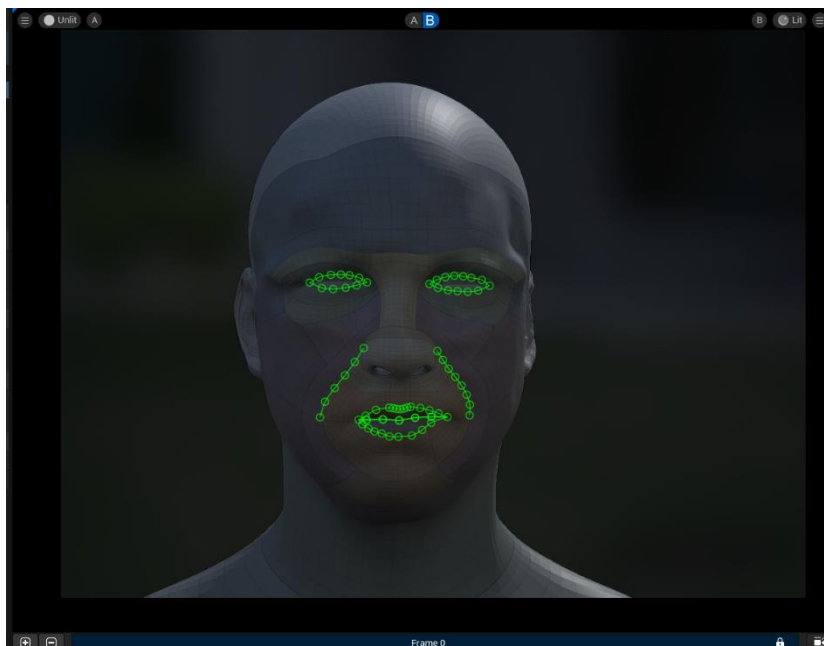
*Slika 77 MetaHuman Identity Solve gumb*



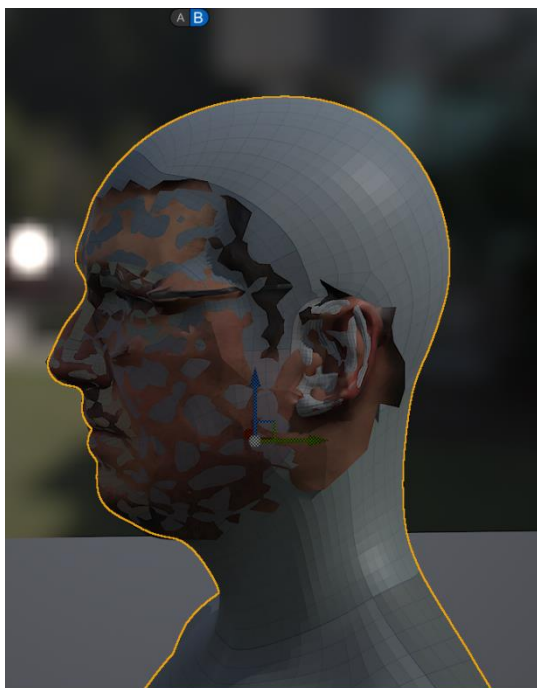
*Slika 76 Mesh to MetaHuman gumb*

MetaHuman Identity Solve služi za unašanje uređenih podataka i njihovu obradu, a Mesh to MetaHuman uvozi podatke na cloud server i web aplikaciju. Odmah nakon prijena podataka dobiva se obavijest da li je on bio prijenos i vama prikazuje finalna 3D geometrija modela na temelju svih podataka koji su bili priloženi. Model je moguće prilagoditi ako su

potrebne korekcije (u ovom slučaju potrebno je ponoviti prethodni korak sa gumbima). Dobije se ovakav prikaz:



Slika 78 Gotove korekcije na 3D modelu lica



Slika 80 Profil mapiranog lica i 3D modela 1



Slika 79 Profil mapiranog lica i 3D modela 2

Iz priloženih slika možemo vidjeti kako je program napravio poprilično dobar rezultat kada je riječ o geometriji. Sa modelom lica relativno male rezolucije dobili smo 3D model lica koje proporcionalno odgovara stvarnom liku.



## 5.4 Dorada modela u metahuman web apk

Proces se nastavlja u web aplikaciji gdje se modelu dodaje tekstura, boja kože, boja oči, kosa, brada, odjeća i ostalo. Za dobar rezultat korisno je imati referentnu fotografiju.

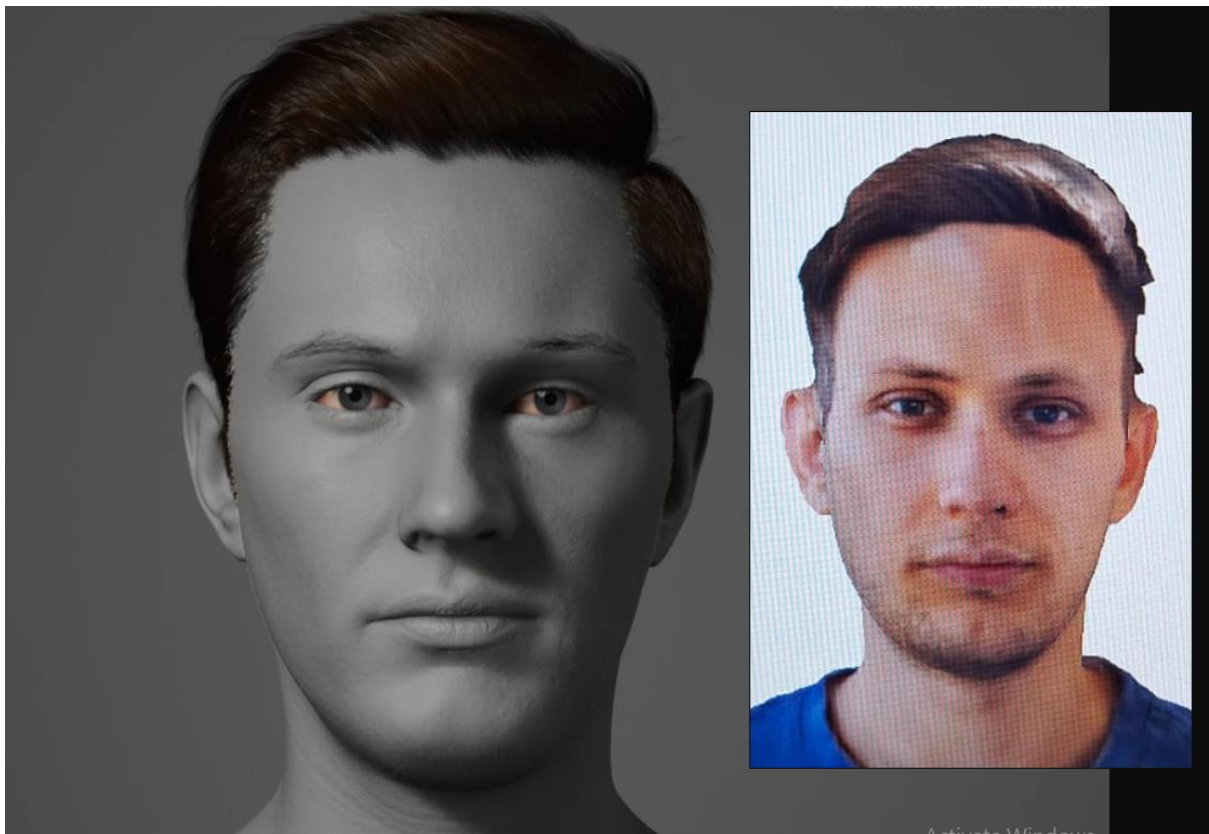


Slika 81 Model unutar Metahuman web aplikacije

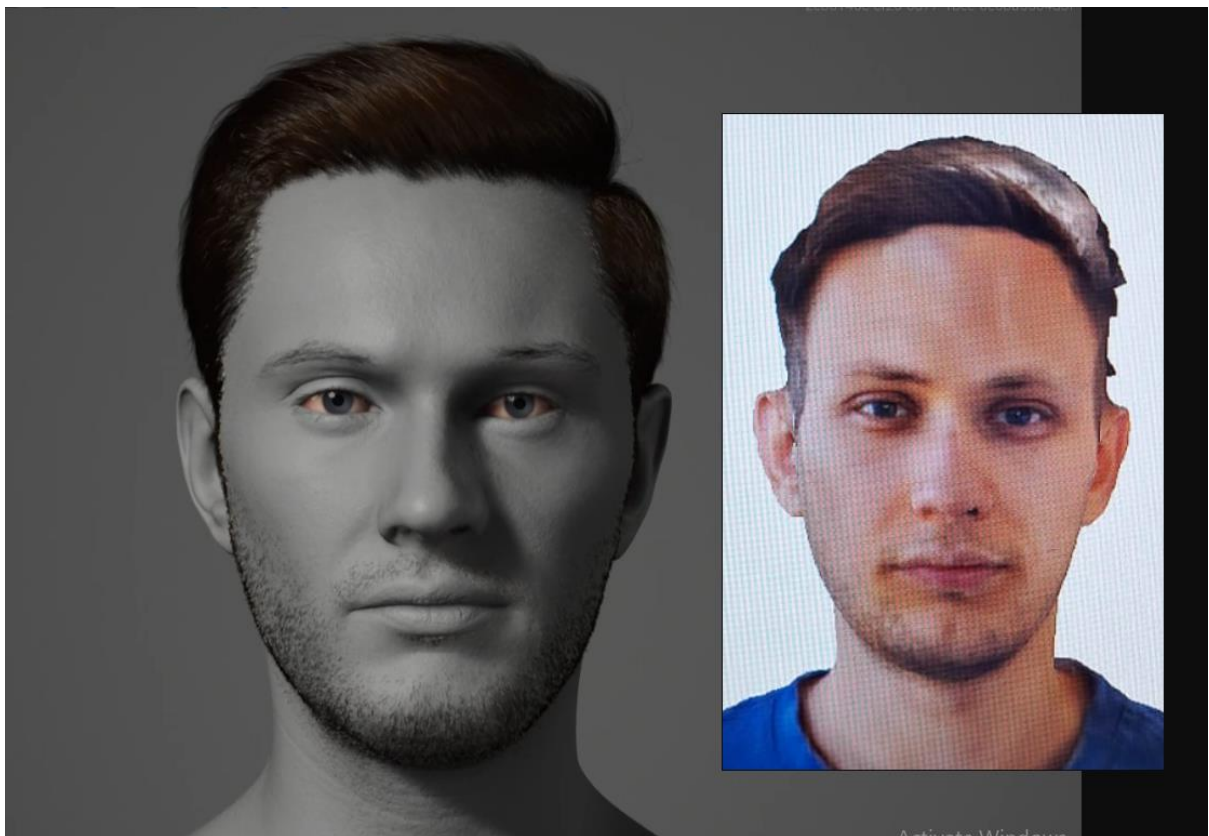


Slika 82 Finalni prikaz modela





*Slika 83 Model br 2 v.1.0*



*Slika 84 Model br 2 v.2.0*

## **5.5 Prednosti i nedostaci metahuman web aplikacije u svrhu izrade virtualnog glumca**

Finalni proizvod ispio je relativno dobro s obzirom na malu rezoluciju 3D skena na početku. Ovo je zapravo i glavni nedostatak cijele izrade zato što finalni izgled i sličnost jako ovise o kvaliteti fotogramterije (kamere). Također, metahuman web aplikacija je trenutno dosta ograničena što se tiče izbora za uređivanje (vrsta kose, brada, boje itd.). Prednosti ovakve izrade uglavnom se vežu uz brzinu izrade i kvalitetu modela. Kroz nekoliko godina i verzija programa, ovaj način mogao bi zaživjeti u potpunosti kako je i zamišljen, do onda još uvijek će se za veće projekte koristiti ručno modelirani karakteri koji su dizajnirani i napravljeni točno po mjeri.

## **6. Zaključak**

Kada bi dublje istraživali pojam i pojavu virtualnih glumaca te koncept uncanny valley efekta, došli bi do zaključka kako je ovo ekstremno kompleksno područje koje se sastoji od nekoliko različitih područja znanosti (psihologija, dizajn, ljudske percepcije, emocionalni odgovori itd.). Iako su se prvi virtualni glumci pojavili tek 1987. godine u filmu „Rendez-vous in Montreal“, nije prošlo mnogo vremena kako se ta tehnologija počela sve više razvijati i rezultati postajati sve bolji. Virtualni glumci kao takvi od samog početka su nastojali oponašati ljudski izgled i ponašanje te izazivali razne reakcije kod publike što je svakom sljedećom generacijom sve više pomicalo granice onoga što je moguće i što se htjelo prikazati kao stvarno. Uncanny valley teorija razvija se upravo u ovom dijelu povijesti virtualnih glumaca. Emocionalni odgovor kod publike vrlo je bitan pa je iz tog razloga vrlo važno virtualnog glumca prikazati na što prirodniji način. Loše emocije kao što su: nelagoda, i strah pojavljivale su se često iz razloga jer nije bilo napravljeno dobro istraživanje i priprema u području anatomije. Virtualni glumci ne bi trebali oponašati ljude, trebali bi ih kopirati što je više moguće.

Unatoč brojnim izazovima, virtualni glumci otvorili su brojna vrata kreativnosti i onoga što je moguće. Također, razvoj tehnologija kao što su motion capture odijela, AI alati rekreacije i asistencije pokreta i slično, unaprijedili su virtualne glumce i smanjili pojavu uncanny valley efekta.

Analiza rezultata provedenih u sklopu ankete potvrdila je prisutnost uncanny valley efekta i pokazala na primjerima na koje karakteristike treba najviše paziti prilikom izrade. Također, praktični dio rada pokazao je samo jedan od načina izrade 3D modela cgi osobe i

prema rezultatima ankete, model ima ocjenu 5/10. Upravo to je jedan od razloga zašto se za kvalitetne modele treba koristiti detaljniji rad i klasične tehnike izrade.

Smatram kako će ove tehnologije postati sve bolje i definitivno pratiti razvoj tehnologije. Iako Ai alati i razne web aplikacije još uvijek nisu na razni na kojoj bi trebali biti za kvalitetan rezultat, to nije toliko bitno zato što se sama tehnologija u zadnjih godinu dana drastično razvila gotovo iz nule. Ako pretpostavimo dalji razvoj iste brzine, možemo očekivati svjetlu budućnosti cgi područja.

## 7. Literatura

- [1] M. Nerber, »What is CGI? An Actor's Guide,« [Mrežno]. Available: <https://www.backstage.com/magazine/article/an-actors-guide-to-cgi-74659/>. [Pokušaj pristupa 15. 07. 2024.].
- [2] J. Jimenez, »The CGI Revolution: Is It Replacing Actors?,« [Mrežno]. Available: <https://medium.com/@JohnWritesMed/the-cgi-revolution-is-it-replacing-actors-1839d5ed0188>. [Pokušaj pristupa 15. 07. 2024.].
- [3] F. Kaba, »Hyper-Realistic Characters and the Existence of the,« [Mrežno]. Available: [https://www.irssh.com/yahoo\\_site\\_admin/assets/docs/17\\_IRSSH-436-V4N2.44204045.pdf](https://www.irssh.com/yahoo_site_admin/assets/docs/17_IRSSH-436-V4N2.44204045.pdf). [Pokušaj pristupa 18. 07. 2024.].
- [4] M. Mori, K. F. MacDorman i N. Kageki, »The Uncanny Valley [From the Field],« [Mrežno]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6213238>. [Pokušaj pristupa 16. 07. 2024.].
- [5] K. Rausch, »The “uncanny valley” in robotics?,« [Mrežno]. Available: <https://www.houseofethics.lu/2021/04/17/the-uncanny-valley-in-the-robotics/>. [Pokušaj pristupa 15. 07. 2024.].
- [6] K. W. N. H. I. & C. Valentin Schwind, »Avoiding the uncanny valley in virtual character design,« [Mrežno]. Available: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3236673>. [Pokušaj pristupa 16. 07. 2024.].
- [7] Y. Furukawa i J. Ponce, »Dense 3D motion capture for human faces,« [Mrežno]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5206868>. [Pokušaj pristupa 18. 07. 2024.].
- [8] D. S. S. K. D. R. t. B. i. K. L. K. Michael L. Walters, »Avoiding the uncanny valley: robot appearance, personality and consistency of behavior in an attention-seeking home scenario for a robot companion,« [Mrežno]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10514-007-9058-3>. [Pokušaj pristupa 16. 07. 2024.].
- [9] Z. Paré, »The Art of Being Together with Robots: A Conversation with Professor Hiroshi Ishiguro,« [Mrežno]. Available:

- <https://link.springer.com/article/10.1007/s12369-014-0264-9>. [Pokušaj pristupa 17. 07. 2024.].
- [10] D. C. Karl F. MacDorman, »Reducing consistency in human realism increases the uncanny valley effect; increasing category uncertainty does not,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010027715300755>. [Pokušaj pristupa 17. 07. 2024.].
- [11] A. Tinwell, *The Uncanny Valley in Games and Animation*, Taylor & Francis Group.
- [12] P. K. S. V. Anand Jhavar, »The emergence of virtual influencers: a shift in the influencer marketing paradigm,« [Mrežno]. Available: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/YC-05-2022-1529/full/html>. [Pokušaj pristupa 19. 07. 2024.].
- [13] C. F. V. D. G. C. Sean Sands, »False idols: Unpacking the opportunities and challenges of falsity in the context of virtual influencers,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0007681322001008>. [Pokušaj pristupa 20. 07. 2024.].
- [14] P. M. E. i. K. Meyerbröker, »Virtual Reality Therapy in Mental Health,« [Mrežno]. Available: <https://www.annualreviews.org/content/journals/10.1146/annurev-clinpsy-081219-115923>. [Pokušaj pristupa 21. 07. 2024.].
- [15] K. M. H. i. M. B. P. Peter M. Yellowlees, »Therapy in Virtual Environments—Clinical and Ethical Issues,« [Mrežno]. Available: <https://www.liebertpub.com/doi/abs/10.1089/tmj.2011.0195>. [Pokušaj pristupa 20. 07. 2024.].
- [16] J. R. i. P. V. Ray Land, »Learning in the liminal space: a semiotic approach to threshold concepts,« [Mrežno]. Available: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10734-013-9705-x>. [Pokušaj pristupa 22. 07. 2024.].
- [17] A. Démuth, »Perception Theories,« [Mrežno]. Available: [https://ff.truni.sk/sites/default/files/publikacie/demuth\\_perception\\_theories\\_1.1.pdf](https://ff.truni.sk/sites/default/files/publikacie/demuth_perception_theories_1.1.pdf). [Pokušaj pristupa 01. 08. 2024.].
- [18] K. Koffka, »Perception: an introduction to the Gestalt-Theorie.,« [Mrežno]. Available: <https://psycnet.apa.org/buy/1922-16013-001>. [Pokušaj pristupa 01. 08. 2024.].
- [19] J. E. Cutting, »PERCEPTION AND INFORMATION,« [Mrežno]. Available: <https://biomotionlab.ca/psyc930/cutting87.pdf>. [Pokušaj pristupa 02. 08. 2024.].
- [20] N. E. i. J. T. C. Adam Waytz, »Social Cognition Unbound: Insights Into Anthropomorphism and Dehumanization,« [Mrežno]. Available: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.1177/0963721409359302>. [Pokušaj pristupa 02. 08. 2024.].
- [21] K. Aizawa, »Understanding the Embodiment of Perception,« [Mrežno]. Available: <https://www.jstor.org/stable/20619993>. [Pokušaj pristupa 04. 08. 2024.].
- [22] W. B. S. J. Mark Snyder, »Behavioral confirmation in social interaction: From social perception to social reality,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/0022103178900215>. [Pokušaj pristupa 02. 08. 2024.].
- [23] J. M. Carroll, »HCI Models, Theories, and Frameworks: Toward a Multidisciplinary Science,« [Mrežno]. Available: <https://books.google.hr/books?hl=en&lr=&id=gGyEOjkdpbYC&oi=fnd&pg=PP1&dq=HCI+models&ots=6BpiCrlRiX&sig=H-dhO7CkHP->

grOyBMvJ1Z\_GOtyQ&redir\_esc=y#v=onepage&q=HCI%20models&f=false.  
[Pokušaj pristupa 03. 08. 2024.].

- [24] J. M. Carroll., »Human Computer Interaction (HCI),« [Mrežno]. Available: [https://snoopedu.com/app/uploads/2022/03/Reading1\\_HCI.pdf](https://snoopedu.com/app/uploads/2022/03/Reading1_HCI.pdf). [Pokušaj pristupa 05. 03. 2024.].
- [25] K. H. i. M. Lombard, »Social and Spatial Presence: An Application to Optimize,« [Mrežno]. Available: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=51b53435c010e2e1ead878d327a6c27cf8da4e3a#page=85>. [Pokušaj pristupa 05. 08. 2024.].
- [26] H. Hamdi, P. Richard, A. Suteau i P. Allain, »Emotion assessment for affective computing based on physiological responses,« [Mrežno]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6250778>. [Pokušaj pristupa 10. 08. 2024.].
- [27] R. J. Baron, »Mechanisms of human facial recognition,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020737381800016>. [Pokušaj pristupa 11. 08. 2024.].
- [28] C. D. Wilson-Mendenhall, »Constructing emotion through simulation,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352250X17300167>. [Pokušaj pristupa 11. 08. 2024.].
- [29] E. Aronson, »The Theory of Cognitive Dissonance: A Current Perspective,« [Mrežno]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0065260108600751>. [Pokušaj pristupa 12. 08. 2024.].
- [30] J. Banfield, »From liminal spaces to the spatialities of liminality,« [Mrežno]. Available: <https://rgs-ibg.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/area.12791>. [Pokušaj pristupa 15. 08. 2024.].
- [31] R. Moseley, »The Space Between Worlds: Liminality, Multidimensional Virtual Reality and Deep Immersion,« [Mrežno]. Available: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-22871-2\\_37](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-030-22871-2_37). [Pokušaj pristupa 16. 08. 2024.].

## 8. Popis slika

Slika 1 Harrison Ford - Pomlađivanje u filmu Indiana Jones and the Dial of Destiny.....	3
Slika 2 Digital Double karaktera glumca Hugh Jackman iz filma Logan .....	4
Slika 3 Toy Story (1995.) Andy i uncanny valley efekt .....	4
Slika 4 Roboti na kojima je Mori radio i stvorio teoriju Uncanny Valley.....	5
Slika 5 Uncanny valley graf točke prihvatanja .....	6
Slika 6 Kyoto Sveučilište Geminoid F robot .....	7
Slika 7 Robot Ameca .....	8
Slika 8 Digitalno rekreiran glumac .....	9
Slika 9 Beživotne oči – Primjer 1 .....	9
Slika 10 Devijacija proporcija i beživotne oči - Primjer 2.....	10
Slika 11 Detalji Disney robota.....	10
Slika 12 Stilizirani lik i pokušaj stvarnja realnog .....	11

Slika 13 The Mandalorian Luke Skywalker Deepfake .....	12
Slika 14 Toy Story Sid.....	13
Slika 15 Toy Story Buzz i Woody .....	13
Slika 16 The Polar Express .....	13
Slika 17 L.A. Noire (2011) .....	14
Slika 18 The Last of Us Part II (2020) Ellie 2 .....	15
Slika 19 The Last of Us Part II (2020) Ellie .....	15
Slika 20 Avatar Na'vi .....	16
Slika 21 Avatar 2 .....	16
Slika 22 Rogue One: A Star Wars Story (2016) - Tarkin .....	17
Slika 23 Tarkin deepfake usporedba.....	17
Slika 24 Lil Miquela instagram.....	18
Slika 25 Shudu Gram.....	19
Slika 26 VR terapija.....	19
Slika 27 Primjer napuštene igraonice (liminalni prostor) .....	20
Slika 28 Primejri alternativnih stajališta uncanny valley teroije .....	21
Slika 29 Perceptualni realizam.....	22
Slika 30 Neslaganje rasvjete i neprirodne ekspresije lica .....	23
Slika 31 Gestalat principi .....	23
Slika 32 Model procesiranja informacija .....	24
Slika 33 Indiana Jones - Realno okruženje (Vlak).....	25
Slika 34 Thanos - stilizirano okruženje (SCI- FI).....	25
Slika 35 Primjer Antropomorfizma (Suicide Squad).....	26
Slika 36 Primejri Dehumanizacije (Cats).....	26
Slika 37 doctor manhattan .....	27
Slika 38 Parametri interakcije računala i čovjeka.....	28
Slika 39 Robot Sophia .....	29
Slika 40 Metaverse.....	30
Slika 41 Blend Shape emocije .....	30
Slika 42 Algoritmi za prepoznavanje lica.....	31
Slika 43 Hulk VFX – motion capture (Tijelo + lice).....	32
Slika 44 Postotak sličnosti ljudskom liku .....	33
Slika 45 Linimalni prostor 1 .....	34
Slika 46 Linimalni prostor 2 .....	35
Slika 47 Linimalni prostor 3 .....	35
Slika 48 Linimalni prostor 4 .....	36
Slika 49 Linimalni prostor 5 .....	36
Slika 50 Backrooms .....	37
Slika 51 Mark - Metaverse.....	38
Slika 52 Ready Player One - Distopija .....	39
Slika 53 Demografski podaci ( Godine i spol).....	41
Slika 54 Ispitivanje poznavanja pojma .....	42
Slika 55 Elementi prvog istraživanja .....	44
Slika 56 Elementi drugog istraživanja .....	45
Slika 57 Elementi trećeg istraživanja.....	46
Slika 58 Elementi druge kategorije.....	47
Slika 59 Elementi druge kategorije.....	48
Slika 60 Podržavate li oživljavanje mrtvih glumaca.....	49
Slika 61 Mišljenja ispitanika o mrtvim glumcima .....	50
Slika 62 Biste li gledali takve filmove .....	51



Slika 63 Model 1 .....	52
Slika 64 model 2 .....	52
Slika 65 Opći pojam liminalnost.....	53
Slika 66 Da li ste se ikad našli u takvom prostoru.....	53
Slika 67 Ocjene prostora .....	54
Slika 68 Elementi istraživanja .....	54
Slika 69 Elementi prostora.....	55
Slika 70 Skenirani model unutar aplikacije .....	56
Slika 71 Skenirani model - blizi prikaz.....	56
Slika 72 Import modela u program Blender .....	57
Slika 73 Optimizacija modela .....	57
Slika 74 Import optimiziranog modela u UE5 .....	58
Slika 75 Korekcija crta lica markerima .....	59
Slika 76 Mesh to MetaHuman gumb .....	59
Slika 77 MetaHuman Identity Solve gumb.....	59
Slika 78 Gotove korekcije na 3D modelu lica .....	60
Slika 79 Profil mapiranog lica i 3D modela 2.....	60
Slika 80 Profil mapiranog lica i 3D modela 1.....	60
Slika 81 Model unutar Metahuman web aplikacije .....	61
Slika 82 Finalni prikaz modela .....	61
Slika 83 Model br 2 v.1.0.....	62
Slika 84 Model br 2 v.2.0.....	62

## 9. Popis tablica

Tablica 1 Ispitivanje strahova .....	42
Tablica 2 Prosjek sličnosti, sablasnosti i neobičnosti .....	44
Tablica 3 Karakteristike lika .....	45
Tablica 4 Osjećaj zajednog života .....	46
Tablica 5 Prosjek realnosti.....	47
Tablica 6 Osjećaj koji daje gumac .....	48
Tablica 7 Broj glasova glumaca.....	49
Tablica 8 Mišljenja ispitanika o filmovima/serijama u kojima su 100% virtualni glumci.....	51
Tablica 9 Sličnost 3D modela .....	52
Tablica 10 Emocije prostora .....	55

## 10. Popis grafova

Graf 1 Ispitivanje strahova .....	43
Graf 2 Prosjek sličnosti, neobičnosti i sablasnosti.....	44
Graf 3 Usporedba karakteristika lica .....	45
Graf 4 Osjećaj zajednog života .....	46
Graf 5 Prosjek stvarnosti glumca.....	47
Graf 6 Osjećaj koji daje glumac.....	48
Graf 7 Broj glasova stvarnih glumaca .....	49
Graf 8 Sličnost 3D modela.....	52
Graf 9 Koliko vas uznemiruje ovaj prostor.....	54

## **11. Prilozi**

Link na tablicu podataka prikazanih u formi grafova i tablica u poglavlju istraživanja:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/17WR->

[J2ucH6smSj8OFrQYD9HIIoFENKxvsN3EGVh-Tsc/edit?usp=sharing](https://docs.google.com/spreadsheets/d/17WR-J2ucH6smSj8OFrQYD9HIIoFENKxvsN3EGVh-Tsc/edit?usp=sharing)

## IZJAVA O AUTORSTVU

Završni/diplomski/specijalistički rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, NINO KOSTANJEVC (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/specijalističkog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom VIRTUALNI GLUMCI I UNCANNY VALLEY (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:  
(upisati ime i prezime)

Ninko

(vlastoručni potpis)

Sukladno članku 58., 59. i 61. Zakona o visokom obrazovanju i znanstvenoj djelatnosti završne/diplomske/specijalističke radove sveučilišta su dužna objaviti u roku od 30 dana od dana obrane na nacionalnom repozitoriju odnosno repozitoriju visokog učilišta.

Sukladno članku 111. Zakona o autorskom pravu i srodnim pravima student se ne može protiviti da se njegov završni rad stvoren na bilo kojem studiju na visokom učilištu učini dostupnim javnosti na odgovarajućoj javnoj mrežnoj bazi sveučilišne knjižnice, knjižnice sastavnice sveučilišta, knjižnice veleučilišta ili visoke škole i/ili na javnoj mrežnoj bazi završnih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice, sukladno zakonu kojim se uređuje umjetnička djelatnost i visoko obrazovanje.