

# Analiza krivulje privlačnosti u odnosu na realnost izgleda ispitanog subjekta

---

Kessler, Lana

Undergraduate thesis / Završni rad

2014

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:531197>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-07**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
GRAFIČKI FAKULTET**

# **ZAVRŠNI RAD**

Lana Kessler



Sveučilište u Zagrebu  
Grafički fakultet

Smjer: tehničko-tehnološki

# ZAVRŠNI RAD

ANALIZA KRIVULJE PRIVLAČNOSTI U ODNOSU NA  
REALNOST IZGLEDA ISPITANOG SUBJEKTA

Mentor:  
izv.prof.dr.sc.Bjelovučić Kopilović Sanja

Student:  
Lana Kessler

Zagreb, 2014.

Rješenje o odobrenju teme završnog rada

**Sažetak:**

Jezovita dolina (*engl. "The Uncanny Valley"*) je pojam koji označava područje grafa krivulje privlačnosti u odnosu na realnost izgleda ispitanog subjekta ispod referentne točke.

U teorijskom dijelu opisane su karakteristike dobrog modela/subjekta, koje se nalaze na uzlaznom dijelu krivulje, te su uspoređene s karakteristikama odbojnog modela/subjekta koji se nalazi u samoj dolini. Ispitivanja su provedena na 3D animiranim likovima iz animiranih filmova i računalno iscrtanim (*engl. rendered*) likovima. Ukratko su opisani povijest i trendovi izrade, te do danas najmoderniji postupak izrade.

Eksperiment: ispitanicima su prikazani kratki isječci sa spomenutim likovima, a oni su ih rangirali prema privlačnosti, simpatičnosti i vjerodostojnosti ljudskom liku, te još nekim parametrima. Obradom podataka dobiva se prvobitna krivulja i tako je dokazano postojanje jezovite doline.

**Ključne riječi:** jezovita dolina, 3D animirani likovi, računalno iscrtani (*engl. rendered*) likovi.

## Sadržaj

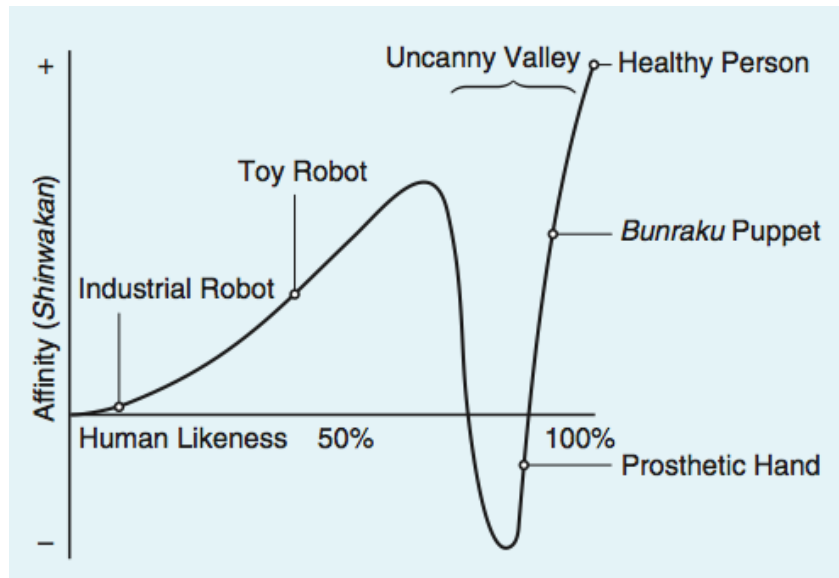
1. Uvod .....	1
2. Jezovita dolina .....	4
1) Hvatanje gibanja ( <i>engl. Motion Capture</i> ) .....	6
2) Image Matrics .....	8
3) Proces izrade Benjamina Buttona .....	9
1. Ostarjeli glumci .....	10
4) MPEG-4 FBA standardi za izradu lica .....	11
3. STVARANJE LICA .....	13
5) Mišići .....	13
6) Koža .....	14
7) Lubanja i čeljust .....	15
8) Proporcije lica .....	16
9) Oči .....	16
10) Usne i usna šupljina .....	17
11) Kosa .....	17
4. Eksperimentalni dio .....	19
12) Rezultati ispitivanja .....	20
13) Ispitivanje putem slika i fotografija .....	21
14) Rezultati slika: .....	25
15) Likovi u pokretu .....	29
16) Usporedba slika i video isječaka .....	31
5. Zaključak .....	33
6. Literatura .....	34

## 1. UVOD

U ovom radu biti će objašnjen pojam „Jezovita dolina“ (engl. *“The Uncanny Valley”*), kako je nastao i zašto je važan za filmsku industriju. Opisati će se danas najčešće korištene tehnike kreiranja animiranih računalnih likova - kvaliteta izrade likova, njihova fotorealističnost, vrijeme i isplativost korištenja tehnika, prednosti i mane, te uvjeti za izradu što fotorealističnijeg računalno kreiranog lika.

Rad istražuje utjecaj izgleda virtualnog lika u odnosu na prihvaćanje kao realnog od strane ljudi. Istraživanje se radi kako bi bolje shvatili kriterije za izradu što fotorealističnijeg računalno kreiranog lika.

Idealni lik je onaj koji se ne može razlikovati od stvarnog ljudskog bića. No takvog je jako teško napraviti i u radu se opisuju razne prepreke prilikom izrade. Polaznica je graf koji prikazuje krivulju privlačnosti u odnosu na realnost izgleda ispitanog subjekta. Graf je izumio Masariko Mori u eseju „Bukimo no Tani Gensho“, 1970. god. Ovaj japanski profesor robotike objavio je svoje mišljene o robotima koji su počeli izgledati sve više ljudski. Primijetio je kako se roboti s nekim ljudskim karakteristikama sviđaju ispitanicima (ljudima) više nego oni bez ljudskih karakteristika. Dodavanjem sve više detalja, roboti su bivali bolje prihvaćeni. No u jednom trenutku postali bi odbojni. Kada su roboti sadržavali sve ili većinu ljudskih karakteristika ispitanici su ih opisivali kao čudnim ili zastrašujućim. Upravo ta pojava odbojnosti izgleda na grafu kao ponor. Taj ponor danas je poznat pod nazivom „*the uncanny valley*“ - „jezovita dolina“ ili „sablana dolina“.



Slika 1. Masariko Mori: The Uncanny Valley

<http://www.scientificamerican.com/article/why-uncanny-valley-human-look-alikes-put-us-on-edge/>

Animirani filmovi oduvijek su pomicali granicu mašte i kreativnosti. Kod filmova s ljudskom postavom, snimanom kamerom, redatelj je bio ograničen samo onime što vidimo. Uz pomoć efekata i redateljskom vještinom, neke scene su postale moguće, ali ne i uvjerljive. Film je samo sugerirao što se događa, ali nas nije i uvjerio da je to moguće. Kada bismo željeli prikazati isti lik u mladoj i zreloj dobi, morali bismo zaposliti dva glumca za istu ulogu. Kada bismo isti lik željeli prikazati u starijoj dobi, upotrijebili bismo scensku šminku i protetičke dijelove za bolji doživljaj ili bismo zaposlili glumca u starijoj dobi. U ovakvim situacijama javlja se problem nekonzistentnosti, kada nas film nije uvjerio da je to isti lik, jer primjećujemo sve razlike u izgledu glavnog lika (tri različita glumca), ne uvjetovane godinama, već različitim DNK-om.

Na sreću to su problemi prošlosti, današnja tehnologija omogućila je potpuno novo rješenje ovog problema. Umjesto korištenja više različitih glumaca za istu ulogu, koristi se samo jedan glumac, a sve ostale verzije (mladi i stari) su računalno stvorene, korištenjem glavnog glumca kao predloška.



Kod tradicionalnih animiranih filmova nije bilo ograničenja u izvedbi i realnosti. Sve što se poželjelo napraviti bilo je potrebno samo nacrtati i animirati. Jedini ograničavajući faktor bila je kreativnost. Što se tiče realnosti, ona nikada nije bila upitna, nije postojala i nije se uopće dovodilo do usporedbe stvarnosti likova i pozadine s realnošću. Tradicionalni animirani film bio je u potpunosti nerealan. No ta nereálnost nije igrala ulogu u uspješnosti filma i poruke koju je prenosio. Iako likovi nisu bili ni približno ljudskog izgleda (razlika je bila neupitna), publika ih je prihvaćala i poistovjećivala se s njima.

Kako je moguće da su stvarni ljudski likovi bili odbojniji od onih animiranih?

Animirani likovi su imali samo neke ljudske karakteristike, no to je bilo dovoljno. Znajući da oni nisu ljudska bića publika je počela uočavati samo ljudske dijelove na likovima. Što su više sličnosti imali sa stvarnim ljudskim likovima, to su bili bolje prihvaćeni.

Ohrabrena tom spoznajom filmska industrija je uložila više sredstava i truda u izradu što realnijeg animiranog lika. I dobili su rezultate. Što je lik bio bolje razrađen u detalje, publika ga je više simpatizirala. No likovi još uvijek nisu bili uvjerljivi kao stvarni. I baš kada se mislilo da je tradicionalni animirani film došao do vrhunca u izradi realnih likova, koji se nije mogao prijeći, pojavila se računalna animacija. S računalnom animacijom bila su otvorena vrata prema novim mogućnostima. Vremenski faktor je uvelike smanjen, količina detalja je povećana, a otvorila se mogućnost i prema trodimenzionalnoj izradi. I tako je nastavljen razvoj animiranih likova u što realnije. No pojavio se problem. S tadašnjom tehnologijom i računalnim programima tvrtka Pixar proizvela je prvi kratki animirani film (Tin Toy) u potpunosti računalno stvoren. No problem nije bio u glavnome liku Tinnyju, oživljenoj igrački. Problem je bio u njegovom vlasniku Billyju, maloj bebi koja je u potpunosti zastrašila sve gledatelje svojim izgledom. Do tada najrealnije izrađeni ljudski lik u animiranom filmu bio je u potpunosti nerealan kao ljudska beba, više podsjećajući na zombija ili đavolju lutku.



Slika 2. Billy, Tin Toy, 1988., Pixar

<http://cumpannis.wordpress.com/2010/07/22/evolucao-da-animacao-digital/>

## 2. JEZOVITA DOLINA

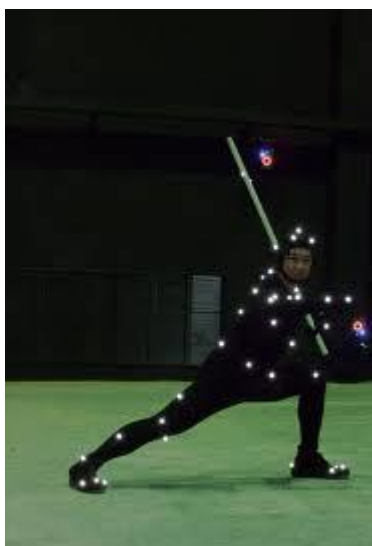
Ovaj pojam prvi put se spominje u radu Masariho Moria. 1970., japanski inženjer robotike Masahiro Mori objavio je rad “The Uncanny Valley.” „Prihvatiti ćemo sintetičkog čovjeka koji izgleda i giba se realistično, napisao je Mori, ali samo do neke točke; naše zadovoljstvo opada drastično kada sličnost postane dovoljno blizu, skoro – ali ne sasvim – toga da bi nas prevarila. Šarmira nas R2-D2, divimo se humanoidnijem C-3PO, udobno nam je još malo dalje duž spektra odatle. Ali odbijaju nas humanoidni strojevi koji idu još neznatno dalje prema sličnosti čovjeku. Morijeva teorija postepeno je probila svoj put izvan svijeta robotike u krugove digitalne animacije. Pikselizirani ljudi mogli su upasti u Jezovitu dolinu jednako lako kao roboti. Stilizirani animirani filmovi - “Incredibles” obitelj, klišeizirani starac u “Up”— često nas ispunjavaju empatijom, ali pseudo-ljudski likovi kao što je konduktar u vlaku u filmu “The Polar Express”, kojemu glas posuđuje Tom Hanks, imaju takav učinak na nas da se želimo sakriti ispod kreveta. Posljednjih nekoliko godina, obasuti smo, jednim za drugim, hollywoodskim filmovima koji pokušavaju prijeći Jezovitu dolinu - “Beowulf,” “The Adventures of Tintin”—ali njihovi digitalni likovi pogodili su većinu gledatelja svojim mrtvim očima i ukočenošću.“ [1]

Tražeci prijevod za pojam „uncanny“ dobivamo rezultate: „jezovit“, „neoprezan“, „žestok“, „opasan“ i „neprirodan“. Kada pogledamo prijevod za „uncanny valley“ dobiveni rezultat je „sablana dolina“. No kada je u pitanju „the uncanny valley“ onda je prijevod „jezovita dolina“.

Zašto dolazi do pojave jezovite doline? Razlog je evolucija. U evolucijskom procesu ljudska bića su razvila sposobnost razlikovanja ljudskih lica bolje od svih ostalih vrsta. To je jedan od mehanizama preživljavanja. Ljudsko lice prenosi veliku količinu informacija, pa tako i neverbalnu komunikaciju. Kako bi razvili sposobnost detektiranja tih informacija, uočavanje svih suptilnih pokreta i detalja na licima bilo je ključno za opstanak. Ako lice nije u skladu s normom, to može sugerirati na bolesti koje bi nama mogle naškoditi. Prirodna lica su opuštena i ne odupiru se pokretima mišića. Kada ljudska bića pokušavaju prikriti svoje namjere, njihova lica postaju kruća i manje prirodna. Stoga smo takve izraze lica naučili povezivati uz nešto loše i smatramo ih odbojnima. Računalno animirani likovi imaju veliki nedostatak u realističnim prikazima svih izraza lica. Kako nemaju sve mišiće i pokrete koje ima stvarno ljudsko lice, povezujemo ih s opasnošću. To je instinktivno.

## 1) Hvatanje gibanja ( *Motion Capture* )

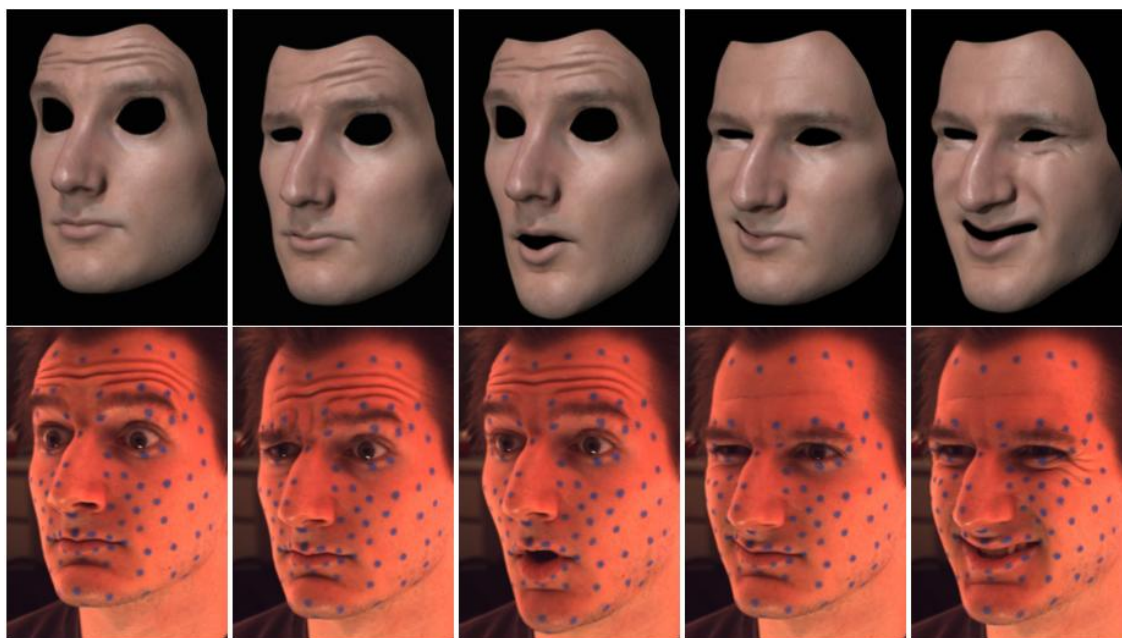
*Motion Capture* je proces snimanja pokreta ljudi, životinja ili objekata. U filmskoj industriji koristi se najčešće za stvaranje animiranih likova. Postoji više metoda, u nastavku je opisana sljedeća: glumcima se snima lice i cijelo tijelo, te se ta snimka koristi kao predložak za stvaranje potpuno virtualnog lika. Pokret se hvata uz pomoć markera. Markeri su specijalne oznake, okruglog oblika, vrlo svijetle boje i jake refleksije, koje se pozicioniraju na glumčevo lice i tijelo. Kamere sadrže emitere crvene svjetlosti koja se odbija s markera i vraća leći kamere. Pozicioniranje markera je ciljano, stavlja se na područja najvažnija za animiranje virtualnog lika. Obuhvaćaju područja oko usta, oko očiju, jagodica, obrve, nos i osnovnu konstrukciju lica. Kod mapiranja cijelog tijela prati se osnovna konstrukcija, a detalji su na zglobovima, te na području šake. Nažalost nije moguće mapirati same oči, niti direktnu kožu usnice, pa ni jezik. Kada su postavljeni svi markeri, oni se snimaju i povezuju s računalnim likom. Računalni program translatira



Slika 3. Body Motion Capture Suite

podatke o gibanju s glumca na virtualne markere lika. Kako bi kalibracija bila što točnija glumci izvode niz vježbi prije početka snimanja scena. Osnovna je T poza, gdje je glumac statičan s raširenim rukama u raskoraku. Mapira se taj položaj i povezuje s likom. Nakon toga se izvode poze u pokretu kako bi se utvrdio karakter kretnji glumca. Tako je svaki

pokret prenesen s glumca na lik. Ova metoda je jako korisna kada se radi o hvatanju gibanja, no kada je potrebno prenositi emocije s glumca na virtualno lice dolazi do problema. Kako nema zabilješke o kretnjama očiju, taj prostor ostaje prazan ili ima samo dva nepomična oka, što nije nimalo ljudski (osim u slučaju smrti ili poremećaja). Da bi lik izgledao živo, moraju mu se stvoriti pokretne oči. One se animiraju kadar po kadar, što oduzima puno vremena. S obzirom da su oči jedan od prvih detalja koji ljudska percepcija uočava, jako ih je teško napraviti u potpunosti fotorealističnima. Isto vrijedi za usta i jezik. Ako lik ne govori, onda nije problem, ali ako lik govori ili pjeva, usta i jezik se moraju posebno animirati. Za bolje snimke lica postavlja se posebna kamera za lice. Ona je pričvršćena na kacigu i pozicionirana točno ispred lica, gdje hvata svaku zabilješku markera bez obzira na položaj glumca. Ali i dalje se ne dobiva fotorealistični izgled lica. Postavljeni markeri daju rezoluciju do 100 poligona, za 100 markera. Rezultat je na slici ispod. Potrebna je puno veća rezolucija za izradu fotorealističnijeg lika.



Slika 4. Motion Capture lica

<http://graphics.uni-bielefeld.de/research/faces/>

## 2) Image Matrics

Tehnologija tvrtke Image Matrics prva je omogućila *motion capture* bez upotrebe markera, upotrebom snimke glumca, te izrade lika po uzoru na snimku. U procesu se koriste već postojeće ili novo snimljene snimke glumčeva izraza lica. Video se snima kamerom visoke rezolucije. Svi podaci zabilježeni na videu analiziraju se i preslikavaju na virtualni 3D model, što uključuje kretnje zubi, jezika, usana i očiju. Ova tehnika dakle koristi preslikavanje (*engl. mapping*), samo što se ne markira sam glumac, već njegova snimka. Kako snimka nema problema s reagiranjem na markere omogućeno je preslikavanje (*engl. mapping*) čitavog lica i svih detalja, što nije bilo moguće kod tradicionalnog hvatanja pokreta markerima. Animatori stvaraju virtualne likove i markiraju ih. Marker se transliraju sa snimke glumca na virtualni lik i tako imamo gotov proces, bez dodatne nadogradnje ili izmjene dijelova lica. Oči su pokretne i realne, nije ih potrebno dodatno animirati. Isto je i sa ustima i usnom šupljinom.



Slika 5. Emily, Image Matrics, 2006.

[http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building\\_the\\_Picture\\_National\\_Gallery\\_review\\_the\\_uncanny\\_mad/](http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building_the_Picture_National_Gallery_review_the_uncanny_mad/)

„*Neobična priča o Benjaminu Buttonu*“ je prvi film koji je prešao jezovitu dolinu. Tijekom prvih sat vremena filma glavni lik je u potpunosti računalno stvoren. No nitko to nije primjetio. 2009. godine film je osvojio tri Oskara, između ostalog i onaj za specijalne efekte. Tehnologija izrade Benjamin Buttona sastojala se od dva dijela.

### 3) Proces izrade Benjamina Buttona

Prvi dio se bazira se na radu Paula Eckmana, „Kako je moguće kategorizirati ljudsko lice u sedamdeset osnovnih oblika (F.A.S.C)“. Iz tih osnovnih oblika moguće je kombinirati i ekstrapolirati sve ostale izraze lica. Drugi dio je upotreba konturne tehnike - na lice se umjesto markera nanosi fluorescentna boja šminke. Time dobivamo podatke o površini, ne samo točkama. Rezolucija je od 100.000 do milijun poligona na licu. Prati se 10.000 točaka. Glumac s takvom šminkom stoji u posebnoj kupoli svjetlosti, gdje je snimljen pod različitim svjetlosnim uvjetima s više kamera iz različitih kutova. I tako za svaki osnovni izraz lica.



Slika 6. Benjamin Button, Digital Domain, 2006-2008.

<http://smhvfx.blogspot.com/>



## 1. Ostarjeli glumci

*Motion Capture* se može koristiti i za stvaranje ostarjele verzije glumca. Potrebno je izraditi odljev glumčeva lica, te ga postarati uz pomoć maketa. Makete prolaze kroz sve položaje kao i glumac u kupoli svjetlosti. Kada su svi podaci uneseni, translatairaju se sa stvarne snimke na snimku makete. S obzirom da se radi o istom glumcu u oba slučaja, dobivamo stvarni doživljaj starenja. Sve što glumac odglumi s licem, moguće je rekreirati s F.A.S.C.-om. Jedino što s ovim sustavom nije moguće izvesti je pokret unutarnjih organa lica. Oči, usta, jezik i zubi dodaju se putem video markera.



Slika 7. Benjamin Button, Digital Domain, 2006-2008.

<http://smhvfx.blogspot.com/>

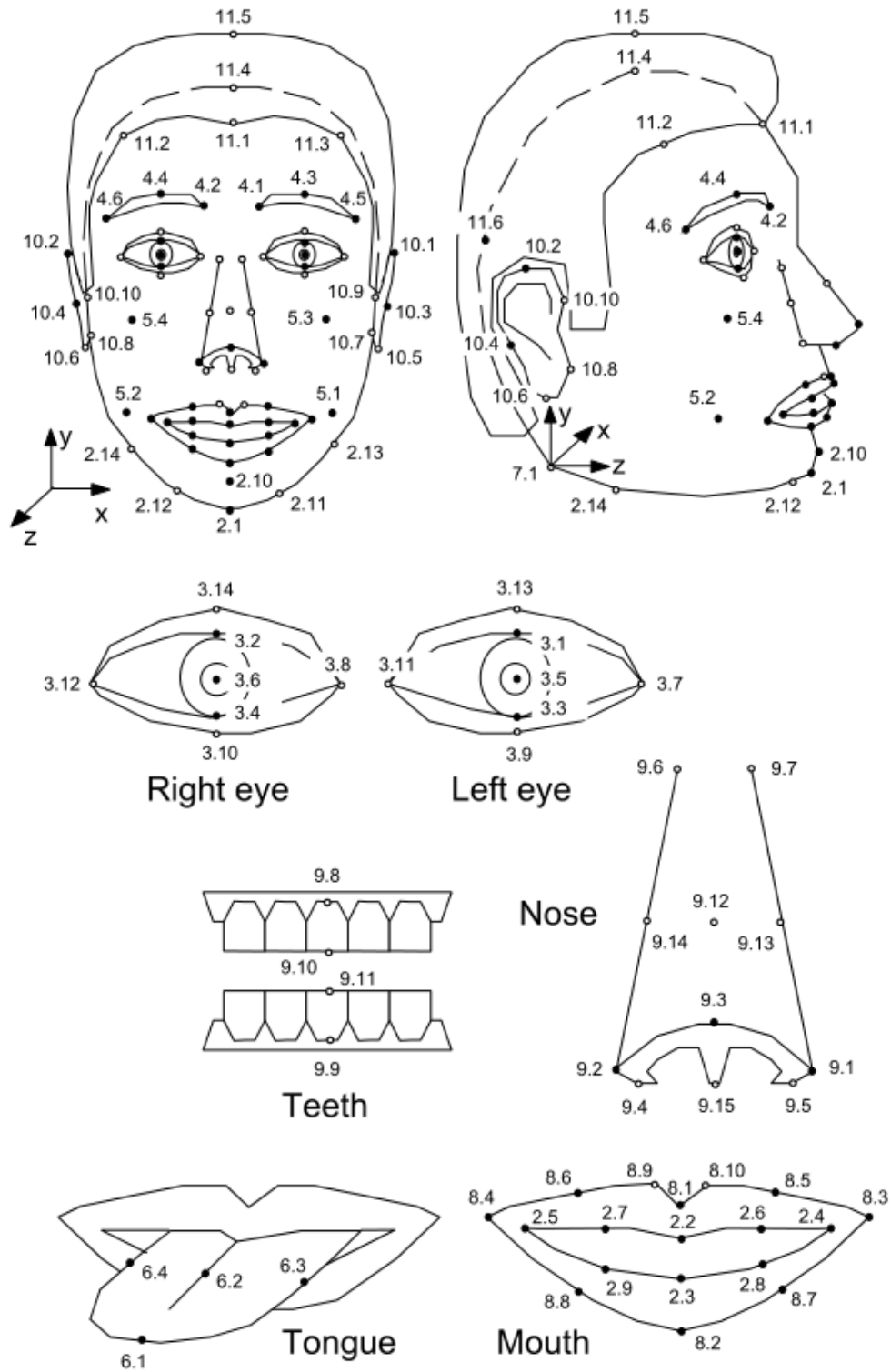


#### **4) MPEG-4 FBA standardi za izradu lica**

(Moving Picture Experts Group) (ISO14496)

Lice se definira s ukupno 86 parametara za definiranje lica (FDP- *Face Defining Parameters*). Svaki PDL (parametar za definiranje lica) obilježava jednu točku na licu (npr. vrh nosa, rub desnog oka, vrh jagodice...). Svaka točka je definirana trodimenzionalnim vektorom kako bi ju mogli pozicionirati u prostoru. Parametri za definiranje lica nalaze se na neutralnom licu, odnosno licu bez izražene emocije. Uvjeti su dolje navedeni:

- oči su otvorene, usta zatvorena
- glava je paralelna s podom
- svi mišići lica su opušteni
- kapci su tangentni na šarenicu oka
- promjer zjenice je jedna trećina promjera šarenice oka
- usnice su u kontaktu, dodirna linija usnica je paralelna s tлом i u ravnini s rubovima usnice
- usta su zatvorena i gornji zubi dodiruju donje zube
- jezik je spljošten, paralelan s vrhom jezika koji dodiruje točku gdje se zubi (gornji i donji) dodiruju



- Feature points affected by FAPs
- Other feature points

Slika 8. MPEG-4 FBA (ISO14496)

### 3. STVARANJE LICA

Animacija ljudi ima dosta specifičnosti te se zbog svoje složenosti promatra kao zasebno područje animacije. Štoviše, zbog svoje složenosti sama animacija ljudi dijeli se na animaciju lica i tijela, te animaciju specifičnih dijelova ljudskog tijela, poput animacije kose, odjeće, suza, bora i sl.

Animaciju lica možemo podijeliti u dva područja: animacija na niskoj i na visokoj razini. Premda se postojeći sustavi ne dijele strogo na ovaj način, tj. često su integrirani, daleko je jednostavnije promatrati animaciju lica podijeljenu na ove dvije funkcionalne cjeline. Animacija na niskoj razini podrazumijeva pokretanje geometrije lica (pomaci usana, obrva, očiju itd.) pomoću nekog skupa parametara. Parametri su obično relativno niske razine, npr. parametar za podizanje vanjskog ruba lijeve obrve, parametar za istezanje lijevog kuta usana i sl. Važno je imati takav skup parametara kojima se lice može deformirati u bilo koji izraz. Jedan primjer animacije na niskoj razini je interpolacija. Jednostavnom interpolacijom položaja vrhova u modelu možemo dobiti sve međupoložaje. Time smo praktično implementirali parametar za otvaranje usta. Model s otvorenim ustima može se pripremiti ručno ili nekom drugom metodom. Ovaj model, koji služi kao krajnja točka interpolacije, naziva se interpolacijski cilj (engl. *morph target*).“ [2]

#### 5) Mišići

Ljudsko lice sastavljeno je od 43 mišića, koje kontrolira 7 ličnih živaca. Za iskazivanje emocija koristi se minimalno 5 mišića. Za stvaranje uvjerljivog lica potrebno je simulirati postojanje svih mišića lica. Iako se neki ne koriste u kreiranju svih izraza, neizravno sudjeluju u formiranju ekspresija. Neizravni mišići imaju ulogu ublažavanja ekspresija i ograničavanja kretanja posred lica, tako da osmijeh nije prenatlažen i obrve ne odlaze previsoko. Mišići pružaju karakteristično oblikovanje lica i njegovih ekspresija. Iako koža prekriva sve mišiće, oni su najveći faktor u prepoznavanju i razlikovanju lica. Zanimarivanjem stvaranja svih ličnih mišića možemo i dalje stvoriti simpatičan i dobro prihvaćen lik, ali ne i realan. Takvi likovi se nalaze na lijevom vrhu jezovite doline.

## 6) Koža

Koža je platno za emocije. Ona nosi sve što smo proživjeli izvana, ali upućuje i na ono što se događa u nama. Ako smo bolesni, to se može vidjeti preko kože. Kada smo sretni, koža kao da nam „blista ili sjaji“. Kada se sramimo ili nam je neugodno, koža se zarumeni. Sve što osjećamo iznutra, koža ocrtava izvana. Tako simulacija kože ima važnu ulogu u stvaranju likova, a pogotovo u kreaciji fotorealističnih likova. Površina kože puna je neravnina, neke su mikroskopske, a neke i vidljive. Mikroskopske neravnine stvaraju dojam teksture. Što je plića udubina, to je površina glađa. S većim neravninama dobivamo grublju površinu i bore. Osim teksturnog dojma, koža ima jako važnu ulogu kod apsorpcije i refleksije svjetlosti. Kako bi se stvorila fotorealistična računalna replika ljudskog lica, kontrola svjetlosti mora biti apsolutna. Poznavanje svih pojava vezanih uz svjetlost su nužne. Među najvažnijima je kako se svjetlost reflektira, te pod kojim uvjetima dolazi do refleksije. Koje površine pružaju maksimalne refleksije, a koje ne reflektiraju, već apsorbiraju. Koje su mogućnosti kože za apsorpciju i refleksiju svjetlosti, te kako pojedine valne duljine reagiraju s površinom. Prozirnost kože također ima ulogu u interakciji sa svjetlošću i stvaranja dojma o boji kože. Jako važni su procesi odbijanja svjetlosti unutar površine (*subsurface scattering*), jer oni daju pozadinsko obojenje kože. Izravno reflektirana svjetlost od površine (*specular shine*) daje oblik i boju kože. Kod likova na vrhu lijeve strane jezovite doline koža ima jednostavnu paletu boja i glatku teksturu. Ako je s desne strane, onda mora nalikovati na ljudsku jer koža pokriva najveći postotak površine lica. Uz oči, ona je ključni faktor u odlučivanju o realnosti lika.

„Moraš doći do toga da osjetiš kožu kao dinamičku, zgnječivu površinu. Ljudsku kožu je vraški teško simulirati. To je ljudi krajolik paperja i marmelade.“ [1]

## 7) Lubanja i čeljust

Generalni oblik glave uvjetovan je oblikom lubanje i kosti čeljusti. To je prvo što primijetimo na osobi i na liku. Ako je oblik nerealno napravljen, ili s greškom, svi ostali parametri neće moći popraviti dojam lika. On će biti nerealan i najčešće odbojan. Tako da oblik mora biti što više anatomski nalik stvarnoj lubanji kako bi dobili dojam realnosti. Takvi likovi se nalaze na desnom vrhu jezovite doline. No ako se nalaze na lijevoj strani, onda je itekako prihvatljivo napraviti nerealan oblik glave. Dosta često je i namjerno napravljena nerealno široka ili izdužena, lik je stiliziran. Razlog tome je što će dati određen karakter liku, a neće pasti u ponor jezovite doline. Kako je ranije objašnjeno, takvi nerealni likovi sadrže dovoljno ljudskih karakteristika da izazovu empatiju, ali nedovoljno da bi ih svrstali u realne likove.



181590\_1\_u015b\_1cpubAComp.pub&119\_R3n2.jpg "UP" (L-R) Russell and Carl Fredrickson ©Disney/Pixar. All Rights Reserved.

Slika 9. Up, Pixar, 2009.

[www.sharewallpapers.org](http://www.sharewallpapers.org)

## 8) Proporcije lica

Proporcija lica povezana je s ljepotom. No u svijetu računalne animacije ona je i važan faktor za izradu realnog lica. Proporcije variraju od osobe do osobe te se razlikuju ovisno o rasi. Svaka rasa ima svoja karakteristična obilježja i proporcije koje ih prate. Realna lica nisu savršeno simetrična, tako da ni virtualna ne smiju biti. Kada se radi o likovima s lijeve strane jezovite doline, njihove proporcije često su nerealne. Likovi se često stiliziraju, kako bi se izbjeglo padanje u dolinu. Namjerno se naglašavaju neki dijelovi. Tako su gotovo uvijek oči veće, a nosovi manji. Lik ima sve dijelove koji ga čine ljudskim, ali nisu razrađeni u fine detalje niti su proporcionalni. Takvi likovi izazivaju veliku povezanost s gledateljima, bez da ih plaše ili pružaju neugodu.



Slika 10. Frozen, Disney, 2013.

<http://postgradproblems.com/i-refuse-to-watch-frozen/>

## 9) Oči

Oči su fokusne točke, prvo što pogledamo na liku. Uz kožu, one predstavljaju najvažnije faktore u odlučivanju o realnosti lika. S obzirom da su ljudska bića u svakodnevnom kontaktu, naša sposobnost prepoznavanja i razlikovanja lica je gotovo savršena. Najprepoznatljiviji detalj na ljudskom licu su oči. One su također i prvi detalj koji uočavamo. Izreka: „Oči su prozori duše“ je smisljena. Oči nam mogu otkriti namjere i emocije. Širenje zjenica popratna je pojava ubrzanja rada srca, koje se često događa kada

lažemo, mislimo učiniti nešto opasno, osjećamo strah, pa i ljubav... Svaki pokret očiju otkriva nam nešto o sugovorniku, pa čak i kada ih zaklope. Iz tih razloga animiranje očiju jedan je od težih zadataka u izradi likova. Često se jedan član produkcijskog tima postavlja na poziciju animiranja samo očiju, kako bi mogli uvjerljivo stvoriti lik. Taj animator zadužen je za praćenje svih kadrova u kojima se vide oči lika, te ih za svaku scenu posebno animira, pazeći pritom na sve uvjete okoline, anatomiju virtualnog oka, dopuštena kretanja oka, ali i emocije koje svaki pogled i izraz lica prenose. S druge strane doline, kako je već spomenuto, anatomija oka je donekle zanemarena i služi samo u kratkim crtama za bolje naglašavanje izraza lica. Oči su često naglašene i izvan proporcija normalnog ljudskog lica. Mogu biti bilo koje boje. Čak i ne trebaju biti okrugle, da bi lik bio dobro prihvaćen.

## **10) Usne i usna šupljina**

Kao dio lica, usnu šupljinu je najteže simulirati. Oči su možda najvažnije, ali usne i usna šupljina sadrže puno više detalja na koje treba obratiti pažnju kada se animiraju. Usna šupljina zauzima tri puta više prostora od očiju jer ide u dubinu. Dok su pokreti očiju uglavnom osnovani na vidljivom dijelu (samo vanjski dio oka), usnice otkrivaju cijelu usnu šupljinu kada su otvorene i obuhvaćaju jezik, zube, desni, nepce i sve ostale teksture i detalje u usnoj šupljini. Kako se postavlja zasebni animator kod animiranja očiju, tako se i za potrebe animiranja jezika postavlja samostalni animator. Njegov zadatak je isključivo vezan uz animiranje jezika. On je u suradnji s animatorom usana i usne šupljine.

## **11) Kosa**

Kosa igra veliku ulogu u određivanju spola lika. Ona je atribut koji može zavarati gledatelje, jer su već uvjetovani da tumače dugu kosu kao obilježja žena, a vrlo kratku kosu kao obilježje muškaraca. To je nepisano pravilo koje ne mora biti točno, ali najčešće je. Kao i koža, kosa otkriva dosta o samim likovima, te nam daje dojam o njihovom karakteru. Vrlo je teško simulirati kosu, ona ima određen faktor neovisnosti i slobode gibanja, ali je ovisna i o gibanju tijela. Današnji algoritmi za simulaciju kose srećom puno su napredniji od nekadašnjih, pa kosa nije više tako velik problem osim što za iscrtavanje iziskuje jako puno resursa. Kao i za animiranje očiju i usne šupljine, samo za simulaciju kose u produkcijskom timu zadužena je obično barem jedna osoba.



Slika 11. Brave, Disney, 2012.

<http://www.dailyrecord.co.uk/news/scottish-news/alex-salmond-says-brave-give-1167581>

Iz gore navedenih primjera za stvaranje fotorealističnog lika potreban je cijeli tim ljudi i svaki ima posebnu funkciju. Naravno postupak izrade je različit od tvrtke do tvrtke, no koriste se slični principi izrade. Uvijek se nastoji dobiti anatomski korektan oblik lica i tijela. Za pomoć pri izradi koriste se svi dostupni izvori, od medicinskih knjiga do stvarnih kostura. Za simuliranje pokreta lica, animatori koriste video predloške glumaca. Ako takve snimke nisu dostupne onda koriste sebe ili kolege kod simuliranja pokreta. Izvode pokrete ispred ogledala ili se snimaju. Važno je biti kreativan i snalažljiv tijekom istraživanja te vrlo pedantan i strpljiv u postupku izrade. Kreiranje lika najčešće počinje od najkrućih i najmanje mobilnih dijelova prema mekšim i elastičnijim dijelovima. Iz unutrašnjosti prema van. Stvara se virtualni kostur gdje se definira visina lika. Dodaju se mišići kojima dobivamo grubi oblik lika, te koža i svi vidljivi organi kao što su oči, usta, uši, kosa i na kraju detalji na koži.

Za animiranje svih parametara postoji nekoliko različitih modela. Odabirom koji će se koristiti ovisi o potrebama i vještini animatora.



## 4. EKSPERIMENTALNI DIO

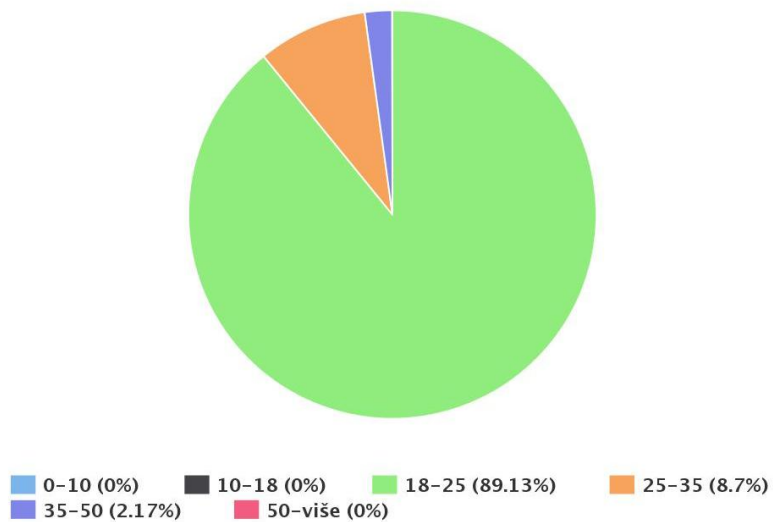
Ovaj dio rada sadrži postupak provedbe eksperimenta, rezultate i obradu podataka.

Eksperiment se provodio putem besplatne internet ankete „Kwiksurveys“: <http://www.kwiksurveys.com/login-form/?message=1#/400867/>

Period testiranja bio je od 7. kolovoza 2014. do 15. kolovoza 2014. Ukupno 7 dana. U tom periodu anketu je ispunilo 56 ispitanika. Bilo je postavljeno 19 pitanja od kojih su prva 4 bila vezana uz demografske podatke (slike 12 do 15). Sljedećih 10 je bilo vezano uz ocjenjivanje 9 računalno generiranih slika i jedne fotografije snimljene stvarnim fotoaparatom, stvarnih osoba. Zadnjih 5 je bilo ocjenjivanje 5 video isječaka – od čega 4 računalno generiranih a jedan snimljen stvarnom video-kamerom, govora stvarne osobe. Fotografija i snimka stavljene su kao kontrolna grupa jer sadrže prava ljudska bića. Ispitanicima nije dano do znanja da će biti kontrolnih grupa, već su ocjenjivali s pretpostavkom da su svi likovi računalno kreirani. Svrha kontrolnih grupa bilo je utvrđivanje stvarne percepcije ispitanika, te postavljenje minimalnih i maksimalnih granica za virtualno stvorene likove.

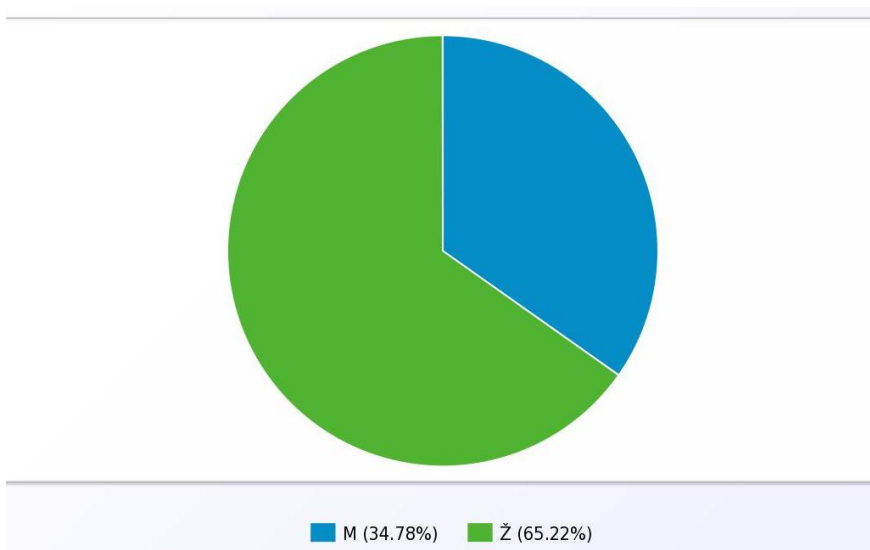
## 12) Rezultati ispitivanja

Dob:



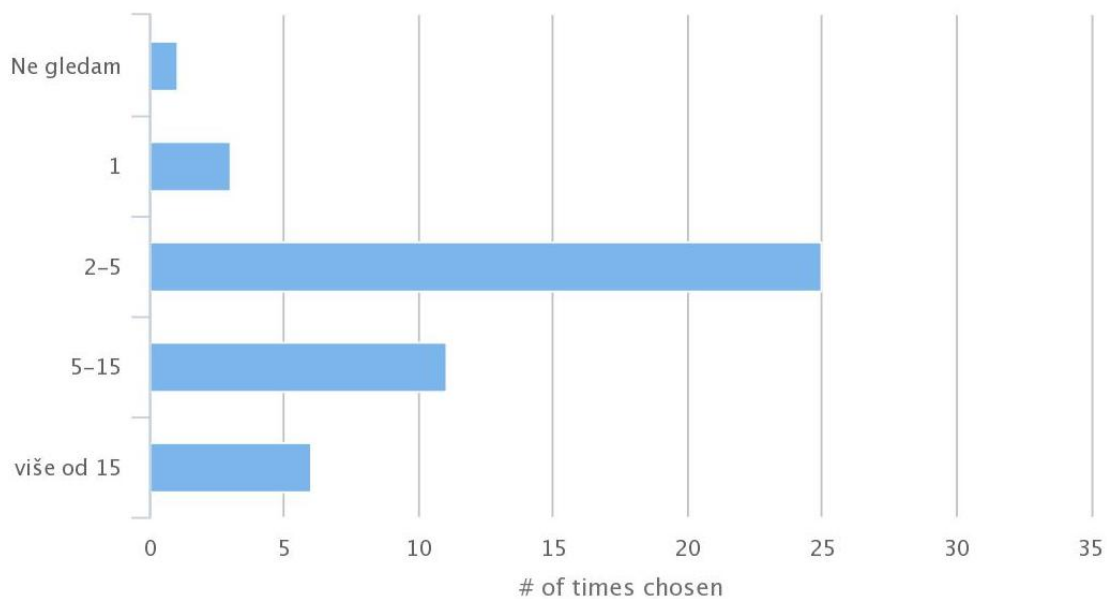
Slika 12

Spol:



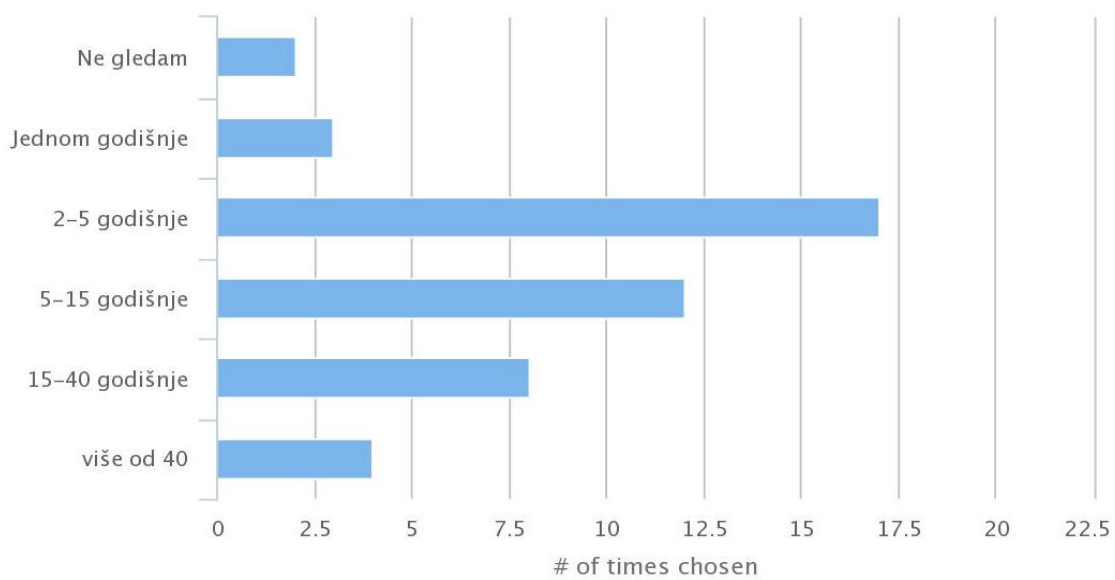
Slika 13

### Koliko animiranih filmova pogledate godišnje?



Slika 14

### Koliko često gledate filmove sa „specijalnim efektima“?



Slika 15

### 13) Ispitivanje putem slika i fotografija

Dolje navedeni uzorci su korišteni u ispitivanju. Sudionici su dobili zadatak ocijeniti na skali od 1 do 10 zvjezdica dva parametra. Prvi parametar je bio simpatičnost gdje se od ispitanika tražilo da izraze svoj prvi dojam o subjektu na slici. Ovaj parametar je na emocionalnoj osnovi i nije bilo potrebno razmišljati o njemu. Prvotna reakcija na subjekt je ona najispravnija. Drugi parametar je bio realnost izgleda likova. Kod ocjenjivanja subjekata po ovom parametru zatraženo je od ispitanika da diskriminiraju subjekte. Diskriminacija se temeljila na stvarnosti izgleda subjekta, te koliko je koji element doista izgledao ljudski. Traženo je da se procjene svi elementi: postoje li uopće (npr. nedostaju li obrve ili nos), ako postoje, koliko su vjerodostojni (u smislu oblika i teksture) te koliko oni zajedno daju dojam realnosti izgleda subjekta (proporcija i opći dojam).

Slike koje slijede (sl. 13. – sl. 22.) poredane su jednakim redosljedom kojim su bile poredane i u anketi.



Slika 16

[www.clipartbest.com](http://www.clipartbest.com)



Slika 17

[www.clipartbest.com](http://www.clipartbest.com)



Slika 18

[http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building\\_the\\_Picture\\_National\\_Gallery\\_review\\_the\\_uncanny\\_mad/](http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building_the_Picture_National_Gallery_review_the_uncanny_mad/)



Slika 19

<http://snhwallpapers.com/cute-anime-girl-with-book-wallpaper/>



Slika 20

<http://www.telegraph.co.uk/culture/books/booknews/10708064/Tolkien-translation-of-Beowulf-to-be-published-for-first-time.html>



Slika 21

<http://peoplecd.com/>



Slika 22

<http://www.disneyinternational.com/>



Slika 23

[www.deviantart.com](http://www.deviantart.com)



Slika 24

<http://smhvfx.blogspot.com/>



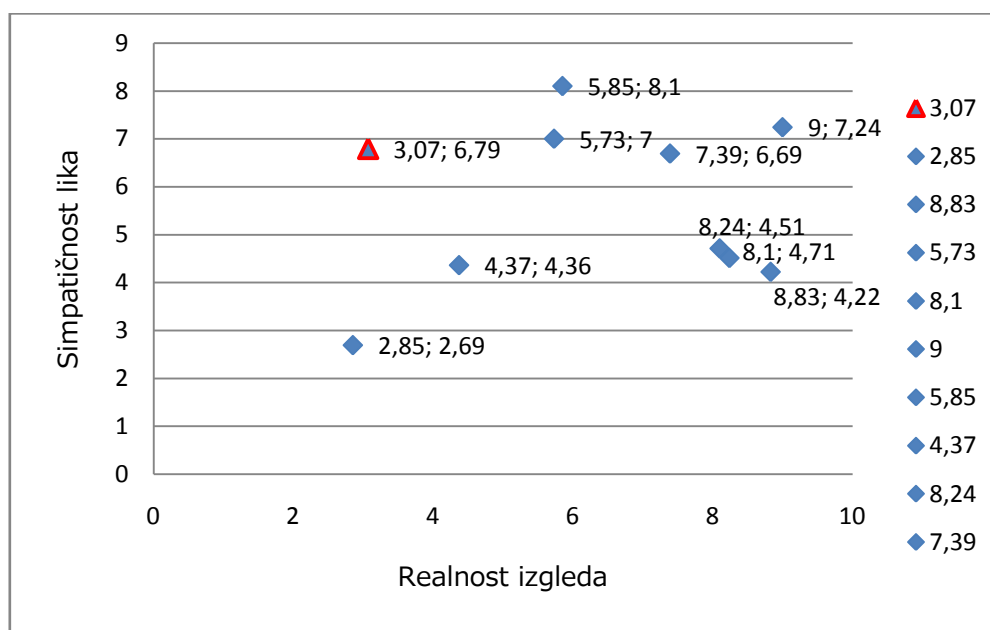
Slika 25

[http://drafhouse.com/movies/kid\\_party\\_the\\_polar\\_express/winchester](http://drafhouse.com/movies/kid_party_the_polar_express/winchester)

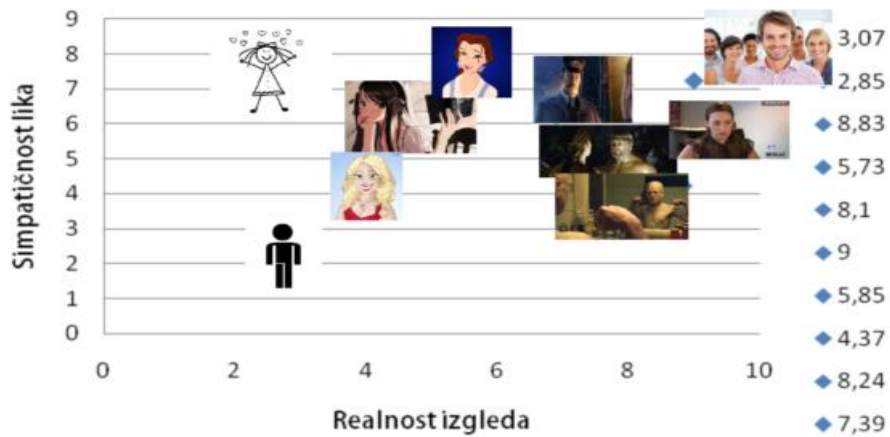
## 14) Rezultati slika:

Tablica 1. Rezultati slika

Slika	Simpatičnost	Realnost	Ukupna
16	6,79	3,07	4,95
17	2,69	2,85	2,77
18	4,22	8,83	6,55
19	7	5,73	6,37
20	4,71	8,1	6,42
21	7,24	9	8,13
22	8,1	5,85	6,99
23	4,36	4,37	4,36
24	4,51	8,24	6,4
25	6,69	7,39	7,04

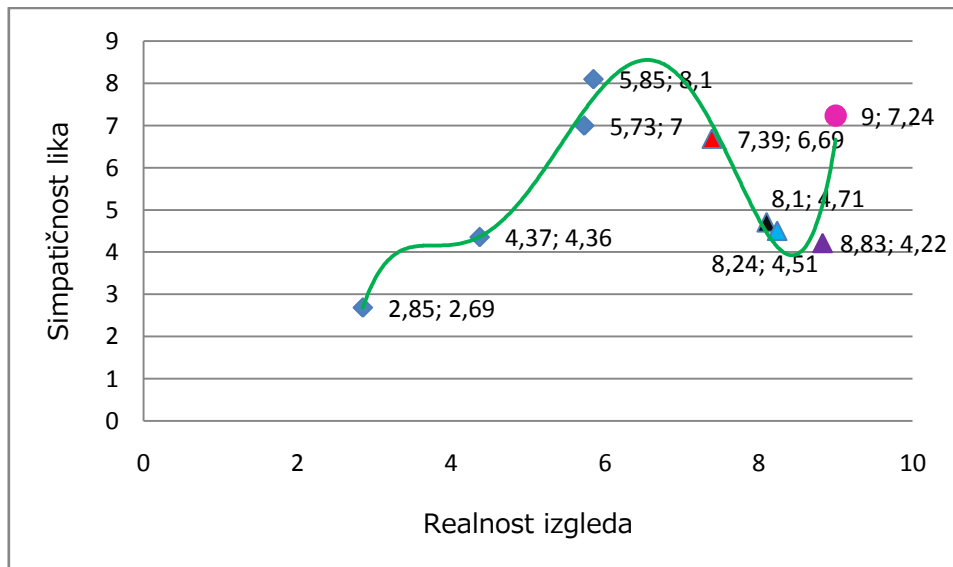


Graf 1. Slike i fotografija



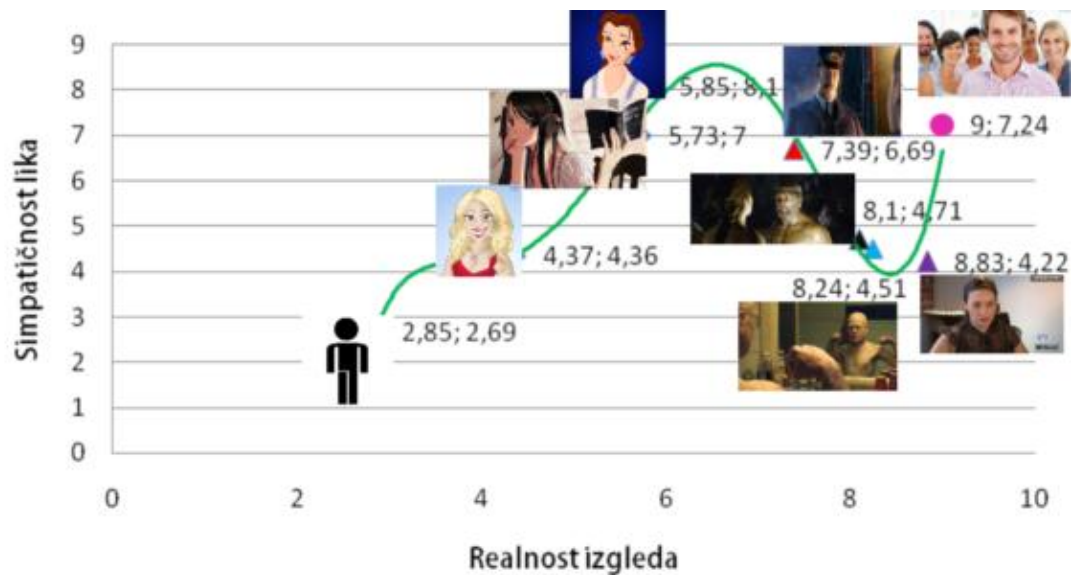
Graf 2. Slike i fotografija

Dobiveni podaci imali su dosta podudarnosti s prvotnim grafom Masariha Moria, s jednom iznimkom. Trokutić uokviren crveno predstavlja sliku br. 1 u anketi (sl. 13.). Dječje nacrtana djevojčica s osmijehom i srcima odskakuje od grafa. Smatram kako su ti dodaci imali utjecaja u podizanju vrijednosti y-osi puno više iznad norme, te su zbog toga uklonjeni s grafa.



Graf 3. Slike i fotografija bez devijacije





Graf 4. Slike i fotografija bez devijacije

Usporičavanje s lijeve strane grafa poklapa se s očekivanjima. Piktogram na dnu s najmanje ljudskih karakteristika dobio je najniže vrijednosti oba parametra. Što je viši uspon po lijevoj strani grafa likovi imaju više detalja i ljudskih karakteristika. Proporcije počinju poprimiti vrijednosti bliže pravim ljudima. Najvišu ocjenu u kategoriji simpatičnosti dobiva animirani lik „Bell“ iz Disneyjeva animiranog filma „Ljepotica i zvijer“, osvojivši 8,1 boda, najvišu ocjenu simpatičnosti od svih ispitanih subjekata, čak i od kontrolne fotografije. Iako ona ima sve potrebne uvjete za pošteno osvajanje tih vrijednosti, moguća je sentimentalna pristranost ispitanika. Nakon nje počinje ponor u jezovitu dolinu. Na pola puta do dna nalazi se kondukter iz filma „Polarni ekspres“. Na samom dnu doline nalaze se likovi Beowulf i Benjamin Button. Za Beowulfa je to očekivano, ali za Benjamin Buttona nije. Benjamin Button je od svih ispitanih subjekata najrealniji, no nije dobio najvišu ocjenu, već drugo mjesto. No još veći podbačaj je u parametru simpatičnosti, gdje je dobio jako nisku ocjenu, samo 4,5 od 10. Što ga je spustilo na 6. mjesto na skali simpatičnosti. Mogući razlog tome je dob virtualnog lika. On je stvoren prema modelu sedamdesetogodišnjaka. Na samom dnu doline nalazi se Emily, već spomenuta ranije u radu. Iako je njezina realnost za pola boda viša od Benjaminove, u kategoriji simpatičnosti

prošla je slabije sa 4,22 boda. Na desnom vrhu nalazi se kontrolna fotografija, što je očekivano. U kategoriji realnosti dobila je 1. mjesto s najvišom ocjenom - 9, a u kategoriji simpatičnosti osvaja 2. mjesto s ocjenom 7,24. Uzevši u obzir ocjene kontrole, ostale ocjene mogu se prilagoditi.

Tablica 2. Naziv i broj ispitanih slika

Broj slike	Naziv
16	Djevojčica
17	Piktogram
18	Emily
19	Anime
20	Beowulf
21	Kontrolna
22	Bell
23	Cartoon human
24	Benjamin
25	Polarni ekspres



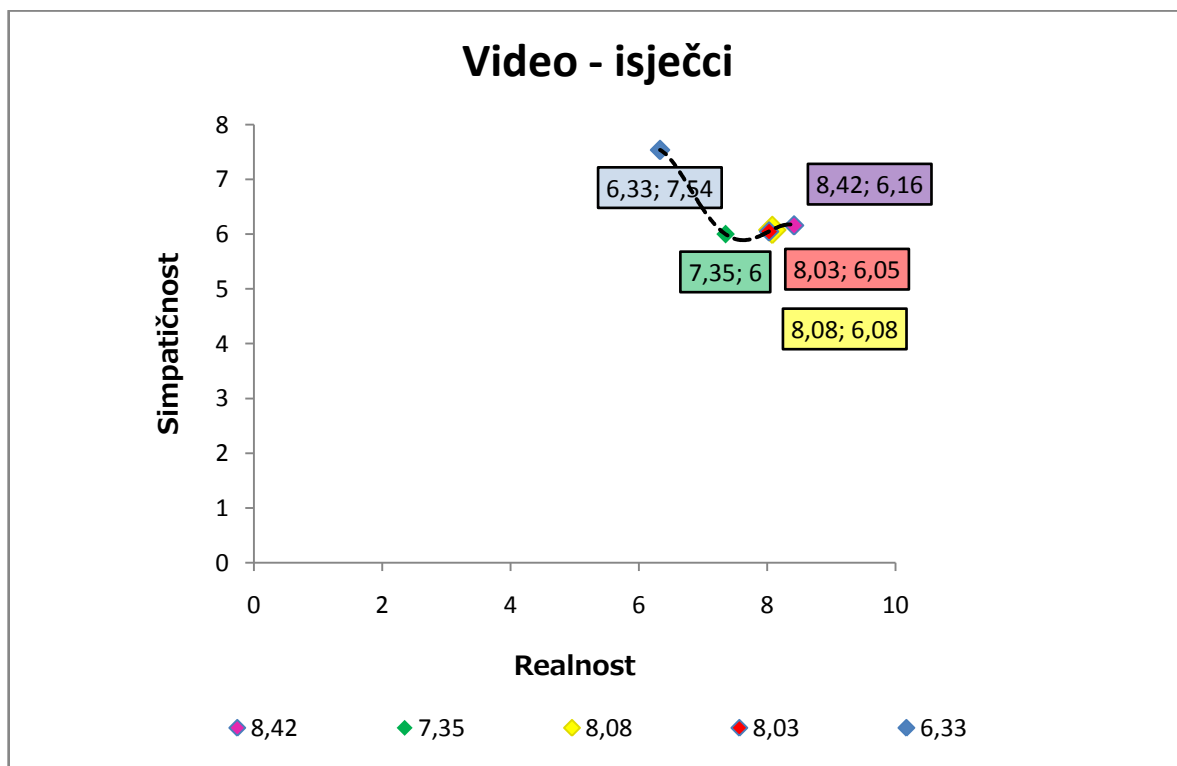
Graf 5. Prilagodeni graf

## 15) Likovi u pokretu

Zadnji dio eksperimenta sastojao se od 4 računalno generirana video isječka i 1 video-snimke kamerom. Kriteriji za ocjenjivanje bili su isti kao i za slike. Prva 4 video isječka bila su vezana uz ranije ocijenjene slike, a video-snimka nije bila povezana s kontrolnom fotografijom. Dobiveni rezultati podudarali su se s očekivanjima. U tabl.3. poredani su video-isječci prema rasporedu prikazivanja ispitanicima. Različite boje služe za bolje snalaženje.

Tablica 3. Ocijene video isječaka

Video	Simpatičnost	Realnost	Ukupna
1	6,16	8,42	7,24
2	6	7,35	6,68
3	6,08	8,08	7,07
4	6,05	8,03	7,03
5	7,54	6,33	6,95



Graf 6. Video isječci

U odnosu na statične slike, svi video isječci imali su više ocjene u kategoriji simpatičnosti, dok su se ocjene u kategoriji realnosti izgleda smanjile. Ovime je dokazano da je faktor pokreta važan prilikom stvaranja likova, te utječe na procjenu gledatelja kada odlučuje o realnosti izgleda lika. U kategoriji realnosti kontrolna snimka je dobila 8 bodova od mogućih 10, što opet spušta granicu za sve ostale likove. U ovom slučaju Emily je dobila višu ocjenu od kontrolne. Benjamin Button je na istoj razini s kontrolnom, s ocjenom manjom za 0,5 od kontrolne. Beowulf je uvjerljivo ispod granice realnosti sa 7,3, a Polarni ekspres na zadnjem mjestu sa 6,3 boda. U kategoriji simpatičnosti svim likovima je porasla ocjena, te su svi ispitani likovi dobili približno iste ocijene, osim Polarnog ekspresa koji je bio za bod i pol viši od ostalih. Dodavanjem pokreta, Polarni ekspres je dobio zamjenu vrijednosti. Realnost izgleda se smanjila, dok je simpatičnost likova porasla. Postoji šansa da je Polarni ekspres dobio toliko visoku ocjenu zbog scene koja je prikazana. Prikazana je finalna scena u kojoj je ugodno ozračje, svi likovi su sretni, te je prisutan lik Djeda Mraza. Atmosfera je dosta euforična, što je najvjerojatnije imalo utjecaja na ocjenu.

Kako postoje velike razlike u odnosu simpatičnosti i realnosti uvedena je ukupna ocjena. Ukupna ocjena je srednja vrijednost obje ocijene, te se koristi za izražavanje ukupnog dojma lika. Sa ovom ocjenom može se dobiti stvarna procjena likova.

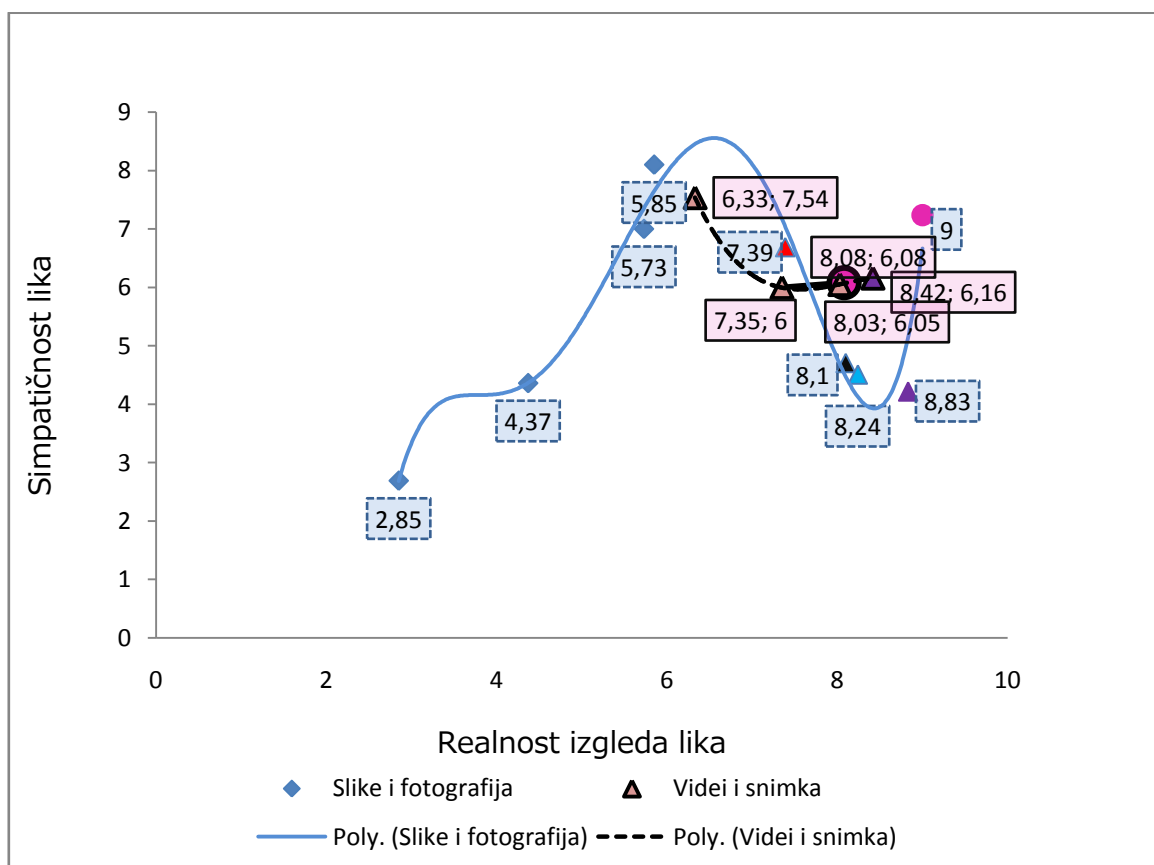
Tablica 3. Sve ocijene

<b>Video</b>	<b>Simpatičnost</b>	<b>Realnost</b>	<b>Ukupna</b>	<b>Slika</b>	<b>Simpatičnost</b>	<b>Realnost</b>	<b>Ukupna</b>
<b>1 Emily</b>	6,16	8,42	7,24	1	4,22	8,83	6,55
<b>2 Beowulf</b>	6	7,35	6,68	2	4,71	8,10	6,42
<b>3 Kontrolna</b>	6,08	8,08	7,07	3	7,24	9,00	8,13
<b>4 Benjamin</b>	6,05	8,03	7,03	4	4,51	7,39	7,04
<b>5 Polarni ekspres</b>	7,54	6,33	6,95	5	6,69	8,24	6,40

1.	Meet Emily - Image Metrics Tech Demo - <a href="https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=bLiX5d3rC6o">https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=bLiX5d3rC6o</a>
2.	Beowulf (2/10) Movie CLIP - They Say You Have A Monster Here (2007) HD - <a href="https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=-A9rFt7ITy4">https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=-A9rFt7ITy4</a>
3.	The Polar Express (4/5) Movie CLIP - The First Gift of Christmas (2004) HD - <a href="https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=dofECCtTfaM">https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=dofECCtTfaM</a>
4.	Seven, but I look a lot older. (The Curious Case of Benjamin Button) - <a href="https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=vnoEQoOvwSE">https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=vnoEQoOvwSE</a>
5.	Guardians of the Galaxy movie review - <a href="https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=bGh93H-hvl0">https://www.youtube.com/watch?feature=player_embedded&amp;v=bGh93H-hvl0</a>

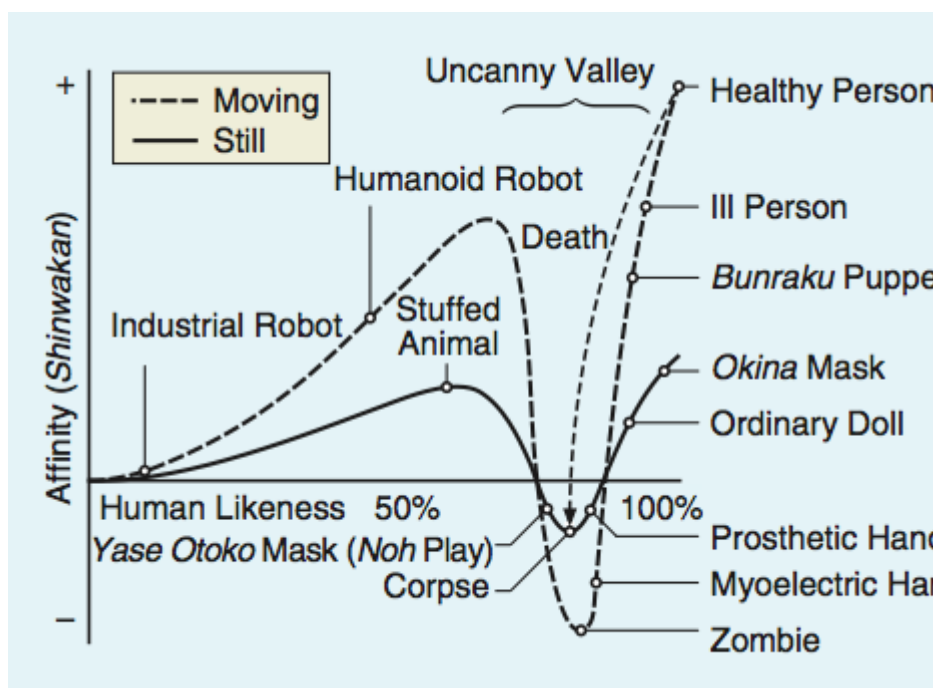
Tablica 4. Ispitni video isječci, po redosljedu prikazivaja

## 16) Usporedba slika i video isječaka



Graf 7. Usporedba oba grafa

Kada se usporede oba grafa može se primijetiti smanjenje jezovite doline. Ovakvo ponašanje krivulje je suprotno od očekivanog. U radu Masariha Moria iznesena je pretpostavka da roboti u pokretu propadaju dublje u dolinu, ako se nalaze u njoj. Kod likova koji se nalaze na rubovima dolazi do višeg uspona. Moguće je da se takvo ponašanje krivulje odnosi samo na robote i lutke, dok se kod animiranih likova krivulja ponaša drugačije. Kako bi se ta pretpostavka mogla dokazati potrebno je provesti još testiranja.



Slika 26. Masariho Mori: the uncanny valley

<http://www.scientificamerican.com/article/why-uncanny-valley-human-look-alikes-put-us-on-edge/>

## 5. ZAKLJUČAK

Jezovita dolina postoji. No njezina dubina nije tolika u području animiranih likova, kao što je u području robotike. Prema dobivenim podacima, likovi realnijeg izgleda doživjeli su blagi pad na krivulji, ali ne i ispod referentne točke. Razlog manjeg pada može biti uvjetovan navikom na virtualne likove. Ovakve likove ispitanici su vidjeli prije i često se susreću s njima. Najveći postotak ispitanika bio je u dobi između osamnaest i dvadeset i pet godina. Prosječni kontakt s virtualnim likovima je jednom mjesečno. Kada su u pitanju roboti humanoidnog izgleda, izloženost nije tolika, što sigurno ima utjecaja na dubinu doline.

Fotorealistični računalno animirani likovi sve su više prisutni, ne samo u filmovima, već i u drugim oblicima zabave. Medij koji ih najviše koristi su video igre. Bez obzira igraju li se na računalu ili igraćoj konzoli, video igre su jako popularne u mlađoj populaciji i tako uvjetuju buduće generacija na prihvaćanje, ali i na bolje razlikovanje virtualnih likova.

Primjena je široka. Dosta tvrtki koje nisu sponzorirane od strane filmske industrije dobiva sredstva od strane vojnih snaga. Najčešće se koriste za simuliranje vojnih vježbi, gdje su uvjeti preteški za simuliranje u stvarnom svijetu, a reakcija ispitanika je gotovo jednako dobra. Iz sličnih razloga veliku primjenu ima i u medicini, gdje se kompleksne virtualne operacije mogu izvježbati bez opasnosti za pacijente.

Kako ima jako puno faktora koji mogu podići ili spustiti ocjenu testiranih likova, ovo testiranje nije idealno za dokazivanje ili odbacivanje Mori-eve pretpostavke i njegovog grafa. Kako bi bilo moguće provođenje testiranja bez svih ometajućih faktora, potrebno je kreirati jedan lik različitim tehnikama. Od najjednostavnije prema najsloženijoj, s fotorealističnim likom na kraju. Lik mora biti u neutralnom okruženju s neutralnim izrazom lica. Smatram da bi tada rezultati ispitivanja bili nepristraniji i najispravniji.

Hoćemo li doživjeti dan kada će jezovita dolina biti premošćena? Da li je moguć konačni uspon na desni vrh realnosti? Mislim da ćemo doživjeti taj dan i da je on u skoroj budućnosti.

## 6. LITERATURA

Članci:

[1] Talbot M., Onward and Upward with the Arts

Pixel Perfect *The scientist behind the digital cloning of actors*. The New Yorker

<http://www.newyorker.com/magazine/2014/04/28/pixel-perfect-2> 19.8.2014.

[2] [Pandzic02] MPEG, 4 Facial Animation, The standard, implementations, applications,

Igor S. Pandzic, R. Forchheimer, Editors, John Wiley & Sons Ltd.

<http://www.visagetechologies.com/uploads/2012/08/MPEG-4FBABOverview.pdf>

19.8.2014.

Intervjui:

[3] [http://www.youtube.com/watch?v=qZJUP3kZgxM&feature=youtube\\_gdata\\_player](http://www.youtube.com/watch?v=qZJUP3kZgxM&feature=youtube_gdata_player)

16.08.2014.

[4] [http://www.youtube.com/watch?v=jUifiLplNqQ&feature=youtube\\_gdata\\_player](http://www.youtube.com/watch?v=jUifiLplNqQ&feature=youtube_gdata_player)

16.08.2014.

[5] <https://www.youtube.com/watch?v=bLiX5d3rC6o> 16.08.2014.

Slike

[6] <http://giggsey.com/videos/index.php?type=films&film=565> 14.08.2014.

[7] <http://snhwallpapers.com/cute-anime-girl-with-book-wallpaper/>

[8] [http://drafthouse.com/movies/kid\\_party\\_the\\_polar\\_express/winchester](http://drafthouse.com/movies/kid_party_the_polar_express/winchester) 15.08.2014.

[9] <http://smhvfx.blogspot.com/> 15.08.2014.

[10] <http://www.disneyinternational.com/> 15.08.2014.

[11]

[http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building\\_the\\_Picture\\_National\\_Gallery\\_review\\_the\\_uncanny\\_mad/](http://article.wn.com/view/2014/04/28/Building_the_Picture_National_Gallery_review_the_uncanny_mad/) 15.08.2014.

[12] <http://www.telegraph.co.uk/culture/books/booknews/10708064/Tolkien-translation-of-Beowulf-to-be-published-for-first-time.html> 15.08.2014.

[13] [happyhomosapien.com](http://happyhomosapien.com) 15.08.2014.

[14] [www.sharewallpapers.org](http://www.sharewallpapers.org) 15.08.2014.



- [15] <http://peoplecd.com/> 15.08.2014.
- [16] [www.resourcehub.iastate.edu](http://www.resourcehub.iastate.edu) 23.08.2014.
- [17] [www.deviantart.com](http://www.deviantart.com) 23.08.2014.
- [18] [www.clipartbest.com](http://www.clipartbest.com) 23.08.2014.
- [19] <https://www.fer.unizg.hr/download/repository/VO-V5-upute%5B4%5D.pdf>  
26.8.2014
- [20] <http://www.visagetechologies.com/uploads/2012/08/MPEG-4FBAOverview.pdf>  
21.08.2014.
- [21] <http://postgradproblems.com/i-refuse-to-watch-frozen/> 23.08.2014.
- [22] <http://cumpannis.wordpress.com/2010/07/22/evolucao-da-animacao-digital/>  
18.08.2014.
- Web:
- [23] <http://graphics.uni-bielefeld.de/research/faces/> 21.08.2014.
- [24] <http://www.scientificamerican.com/article/why-uncanny-valley-human-look-alikes-put-us-on-edge/> 19.08.2014.