

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA

ZAVRŠNI RAD br. 4742

**SIMULACIJA IZGOVORA TEKSTA NA
MODELU LJUDSKOG LICA**

Josip Tomić

Zagreb, lipanj 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA
ODBOR ZA ZAVRŠNI RAD MODULA

Zagreb, 18. ožujka 2016.

ZAVRŠNI ZADATAK br. 4742

Pristupnik: **Josip Tomić (0036479683)**
Studij: Računarstvo
Modul: Računarska znanost

Zadatak: **Simulacija izgovora teksta na modelu ljudskog lica**

Opis zadatka:

Proučiti animaciju ljudskog lica prilikom izgovaranja pojedinih slova i riječi. Ostvariti trodimenzijski model ljudskog lica te proučiti tehnike upravljanja modifikacijom izgleda lica. Povezati upravljanje modifikacijom lica s izgovorom pojedinih riječi. Načiniti ocjenu i usporedbu ostvarenih rezultata. Izraditi odgovarajući programski proizvod. Rezultate rada načiniti dostupne putem Interneta. Radu priložiti algoritme, izvorne kodove i rezultate uz potrebna objašnjenja i dokumentaciju. Citirati korištenu literaturu i navesti dobivenu pomoć.

Zadatak uručen pristupniku: 18. ožujka 2016.

Rok za predaju rada: 17. lipnja 2016.

Mentor:

Prof. dr. sc. Željka Mihajlović

Predsjednik odbora za
završni rad modula:

Prof. dr. sc. Siniša Srbljić

Djelovođa:

Doc. dr. sc. Tomislav Hrkać

Sadržaj

1. Uvod	1
2. Modeliranje ljudskog lica.....	2
2.1. 3D modeliranje i topologija	2
2.2. Metode 3D modeliranja	3
3. Animacija ljudskog lica.....	5
3.1. Vrste izrade animacija	5
4. Izgovor riječi na ljudskom licu	7
4.1. Govor, grafemi i fonemi	7
4.2. Visemi	7
5. Programska implementacija.....	8
5.1. Korišteni alati.....	8
5.2. Izrada modela glave	9
5.2. Animiranje modela glave	11
5.3. Učitavanje modela i teksture u skriptu.....	13
5.4. Korisničko sučelje.....	14
5.5. Pretvorba teksta u animaciju	14
5.6. Moguća poboljšanja	16
6. Zaključak.....	17
7. Literatura.....	18
8. Sažetak.....	19
8. Abstract.....	19

1. Uvod

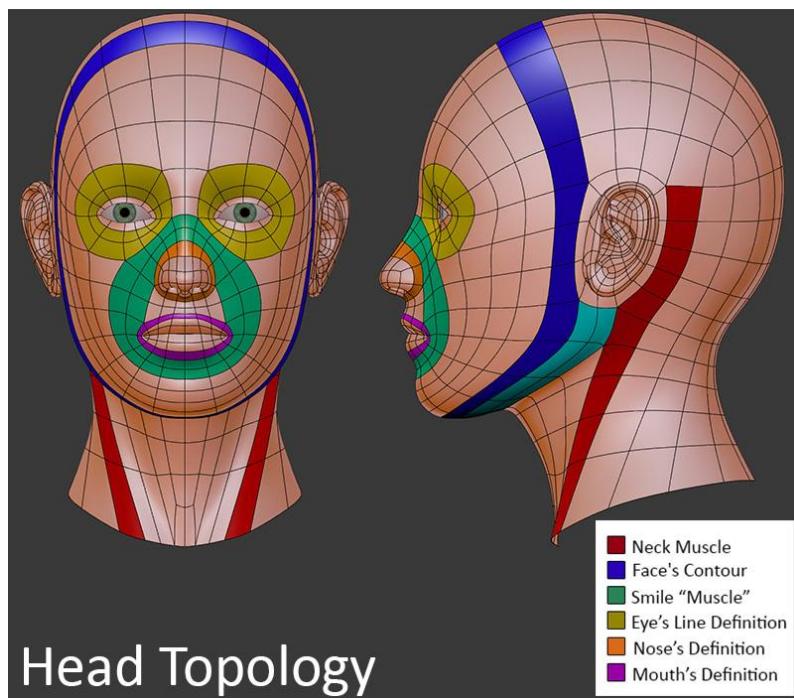
Filmska industrija te industrija video igara u današnje vrijeme su glavni pokretači razvoja računalne grafike. Navedeni ulažu ogromne novce kako bi njihov proizvod bio najbolji koliko im tehnologija dopušta. Često za svoje proizvode imaju potrebu raditi modele ljudi ili humanoidnih stvorenja. Kako je ljudsko tijelo dosta kompleksno, animiranje postaje problem te iziskuje dosta vremena. U problemima prednjači animiranje ljudskog lica jer je potrebno mnogo truda i iskustva da se ostvari realistična animacija.

Cilj ovoga rada je predstaviti razne tehnike pomoću kojih se u današnje vrijeme modeliraju i animiraju ljudska lica, te demonstrirati rješenje koje na temelju teksta generira animaciju ljudskog lica koje čita taj tekst. Takvo rješenje bi pomoglo manje iskusnim 3D dizajnerima da si olakšaju i skrate proces izrade svoga proizvoda. Gotov proizvod bi se mogao koristiti za pomoć osobama sa slabijim sluhom prilikom učenja čitanja s usana ili za jednostavnije animacije u igrama.

2. Modeliranje ljudskog lica

2.1. 3D modeliranje i topologija

Modeliranje je proces izrade trodimenzionalnog modela nekoga objekta iz prirode. 3D modeliranje se izvodi pomoću posebnih alata koji omogućuju manipulaciju vrhovima i ploham. Geometrijske i površinske karakteristike tako izrađenog modela nazivamo topologija (eng. *topology*). 3D dizajneri teže k što „čišćoj“ topologiji modela, što podrazumijeva efikasnu distribuciju poligona, korištenje četverokuta kao poligona te odgovarajuće korištenje petlji ploha (eng. *face loop*). Još jedan od aspekata dobre topologije je korištenje većeg broja poligona na mjestima koja podliježu najvećoj količini deformacije prilikom animiranja. Neka od tih mesta su zglobovi i značajke lica.



Slika 1. Topologija ljudskog lica

Prilikom modeliranja ljudskoga lica bitno je očuvati dobru topologiju kako ne bi zakomplicirali proces animiranja. Kvalitetan model ljudskoga lica sadrži odgovarajuće petlje ploha za oblik lica, definiciju očiju, nosa i usta te odgovarajuće gustoće točaka. Primjerice, vrh glave treba imati samo onoliko točaka koliko je dovoljno da se oblikuje zakrivljenost glave, dok područje usta i nosa mora imati puno

veću gustoću radi bolje mogućnosti manipulacije prilikom animiranja. Jedna takva kvalitetna topologija prikazana je slici 1. Takva topologija podudara se s mišićima ljudskog lica. Kod izrade modela lica, oči se modeliraju kao odvojeni objekti, tipično s jednostavnim sferama odgovarajućeg radiusa. Kako bi olakšali izradu modela ljudske glave, 3D dizajneri koriste referentne fotografije osoba koje crtaju. Najčešće se koriste dvije do tri fotografije, većinom fotografija profila lica te fotografija sprijeda.

2.2. Metode 3D modeliranja

Postoje tri popularna načina reprezentacije modela: poligonalno modeliranje, modeliranje pomoću krivulji te digitalno skulptiranje.

Poligonalno modeliranje predstavlja izradu modela koji se sastoji od jedinica u 3D prostoru koje nazivamo točke. Takve točke spojene su linijama i stvaraju mrežu poligona. Velika većina 3D modela sadašnjice izrađena je, ili se na pri kraju izrade pretvara u ovaj prikaz zbog njegove fleksibilnosti i brzini iscrtavanja. Izrada poligonalnih modela uglavnom se svodi na generiranje jednostavnog modela, poput kocke ili sfere, nad kojim se izvode operacije translatiranja, skaliranja i rotiranja točaka te izvlačenja (eng. *extruding*), presjecanja (eng. *loop cutting*) i podjele (eng. *subdivision*) ploha. Rjeđi su slučajevi kod kojih se točke dodaju ručno jedna po jedna u 3D prostor. Broj točaka i ploha konačnog modela bitan je za brzinu iscrtavanja. Modeli s manje točaka (eng. *lowpoly model*) koriste se u okruženjima gdje se iscrtavanje vrši u stvarnom vremenu (npr. igre), dok se modeli s više točaka koriste kada se izrada slike ili animacije vrši odvojeno od prikaza (npr. filmovi).

Modeliranje pomoću krivulji izvodi se tako da se zadaju kontrolne točke krivulje koje definiraju oblik površine. Kontrolne točke sadrže faktor težine koja određuje koliko ta točka utječe na ukupnu deformaciju plohe. Najpoznatija tehnologija koja se koristi za modeliranje pomoću krivulji su NURBS plohe. Ovakav način izrade modela uglavnom se koristi kod CAD modeliranja.

Digitalno skulptiranje proces je izrade modela posebnim alatima koji omogućuju oblikovanje modela na način koji podsjeća na modeliranje gline u lončarstvu. Alati predstavljaju razne kistove kojima se dodaje ili uklanja volumen modela. Implementacija takvih procesa izrade koriste guste poligonalne modele s

mnogo točka ili voksele. Metoda digitalnog skulptiranja koristi se pri izradi organskih modela s mnogo detalja.

Pri izradi ljudskoga lica koriste se kombinacije digitalnog skulptiranja i poligonalnog modeliranja. Proces je uglavnom takav da se prvo izradi obris glave s vratom te se nad tim obrisom dodaju detalji skulptiranjem. Konačan skulptirani model se prebacuje nazad u poligonalni model, te se vrši retopologija (eng. *retopology*), a detalji se spremaju u bump ili normal mapu. Retopologija je proces izrade modela jednostavne topologije iz modela sa složenom topologijom.

3. Animacija ljudskog lica

3.1. Vrste izrade animacija

3D animacija predstavlja modifikaciju 3D objekta u vremenu. Najčešće korištena tehnika animiranja je animacija pomoću kostura (eng. *skeletal animation*). Animacija pomoću kostura podrazumijeva izradu pojednostavljenog modela koji predstavlja „kostur“ objekta. Prilikom animiranja objekta zapravo animiramo kostur i time se smanjuje opseg i komplikiranost posla kojeg treba obaviti. Navedena tehnika se najčešće koristi zato što je primjenjiva na skoro svaki objekt.

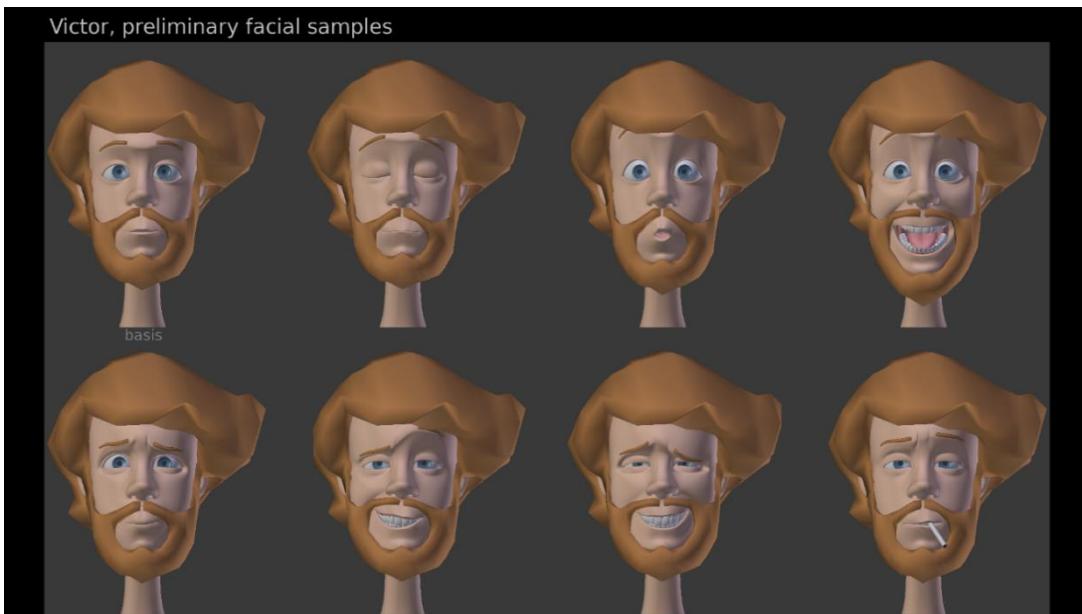
Tehnika koju CGI studiji koriste prilikom izrade animacija za filmove ili foto-realistične igre je hvatanje pokreta (eng. *motion capture*). Hvatanje pokreta je proces snimanja kretanja objekata ili ljudi. Na objekte (ili ljudi) se postavljaju posebni senzori ili markeri (slika 2.) te se slikaju mnogo puta u sekundi pomoću posebnih kamera. Pomaci takvih markera se računalno preslikavaju na 3D model



Slika 2. Motion capture

koji se tako animira da izvodi jednake radnje kao glumac koji izvodi pokrete. Kako bi se ubrzalo procesiranje podataka, kamere za hvatanje pokreta često ignoriraju fizički izgled objekta koji se kreće te se samo koncentriraju na markere. Uz to se koriste posebni markeri sa slojem retroreflektivnog materijala da bi jasnije razdvojili marker od objekta.

Jedna od rjeđe korištenih tehnika animacije je animacija interpolacijom oblika. Izrada animacije takvom tehnikom sastoji se od definiranja određenog broja ciljnih modela određenog objekta koji predstavljaju rezultat animacije. Jedan od tih modela predstavlja bazni model animacije. Animacija se stvara definiranjem postotka u vremenu kojim želimo da se neki od tih ciljnih modela prikazuje. Animirani model za dati trenutak u vremenu generira se interpolacijom između baznog i ciljnih modela objekta. Tehnika se koristi većinom u izradi animacije ljudskog ili



Slika 3. Animiranje ljudskog lica pomoću interpolacije oblika

humanoidnog lica, no u prošlosti (u vrijeme ranih 3D igra) se znala koristiti za sve animacije likova. Neke od tih igara su Quake i Crash Bandicoot. Kod animacije lica interpolacijom oblika bazni model uglavnom bude model koji predstavlja neutralan položaj bez prikaza osjećaja. Ciljni modeli tada sadrže manje deformacije lica koje odgovaraju npr. zatvaranju očiju, smiješenju, namrgođenosti i slično. Jedan od primjera animacije interpolacijom oblika na ljudskom licu vidimo na slici 3. No tom tehnikom se mogu izraditi puno kompleksnije stvari na dosta jednostavan način. Primjerice, moguće je izraditi dva modela s jednakim brojem točaka koji predstavljaju potpuno drugačije objekte ili bića. Prvi od ta dva modela proglaši se baznim, a drugi ciljnim modelom. Interpolacijom između ta dva modela dobiva se animacija transformacije npr. čovjeka u vukodlaka, Jekyll-a u Hyde-a ili Bruce Banner-a u Hulka.

4. Izgovor riječi na ljudskom licu

4.1. Govor, grafemi i fonemi

Govor je sposobnost čovjeka da zvučnom komunikacijom prenese poruke. Govor nastaje u govornim organima. Govorni organi su pluća, glasnice, usna šupljina, jezik i zubi.

Fonem je najmanja jezična jedinica govora koja je bitna za značenje u određenom jeziku. Prikaz fonema uobičajeno se bilježi unutar kosih crta (npr. /t/). Hrvatski standardni jezik ima 32 glasa u ulozi fonema koji se opisuju prema njihovim akustičnim i tvorbenim svojstvima [1].

Grafem je najmanja semantički određujuća jedinica pisanog jezika. U grafeme spadaju pismo abecede, numeričke znamenke, interpunkcijski znakovi te drugi pojedinačni znaci bilo kojeg svjetskog sustava pisanja. Grafem može, ali ne mora odgovarati jednom fonemu.

4.2. Visemi

Visem [2] (eng. *viseme*) je naziv za bilo koji od različitih glasova čiji izgled izgovaranja izgleda isto. Kod preslikavanja fonema na viseme, najčešće je da više fonema odgovara jednom visemu. Primjerice, fonemi /p, b, m/ odgovaraju istom visemu. Razlozi takvoga preslikavanja leže u činjenici da se razlike između određenih fonema događaju u govornim organima čije kretanje slabije ili uopće ne primjećujemo (npr. glasnice i manji pomaci jezika). Zbog toga su engleske riječi *pet* i *men* ljudima koji čitaju s usana teške za razlikovati. Nasuprot tome, neki glasovi koji se teže razlikuju zvučno se vizualno mogu jako razlikovati. Zbog toga se češće događa da sugovornika lošije razumijemo prilikom razgovora preko telefona nego uživo. Visemi se primjenjuju u obradi i detektiranju govora te računalnoj animaciji lica. Također se kao pojam spominju u kontekstu učenja čitanja s usana.

5. Programska implementacija

5.1. Korišteni alati

Za izradu programskog proizvoda korišteni je alati Blender (verzija 2.77a) te THREE.js Javascript biblioteku za WebGL.

Blender je programski alat otvorenog koda s mogućnostima izrade modela, njihovo animiranje, teksturiranje i iscrtavanje, uz opcije obrade slike, videa i slično. U ovome projektu Blender je korišten za modeliranje, izradu tekstura te stvaranje baznih i ciljnih modela animacija. U Blenderu se navedeni modeli zovu „*shape keys*“. Postoje dvije vrste *shape key*-eva, relativni i absolutni. Relativni *shape key*-evi su zapravo interpolacije pomoću baznog i ciljnih modela opisane u trećem poglavlju. Uz uobičajenu funkcionalnost, Blender nudi opciju da se interpolacija ciljnog modela vrši spram nekog drugog ciljnog modela, a ne isključivo baznog. Apsolutni *shape key*-evi vrše interpolaciju spram prethodnog i prema slijedećem *shape key*-u. Pri korištenju absolutnih *shape key*-eva, Blender omogućava biranje interpolacijske funkcije koja se koristi. Prilikom izrade modela i testiranja animacije korišteni su relativni *shape key*-evi, no funkcionalnosti slične absolutnim korištene su za interpolaciju između različitih visema.

Javascript je dinamički, netipizirani skriptni jezik visoke razine. Uz HTML i CSS, jedan je od tri jezgrene tehnologije web-a. Podržan je na svim modernim preglednicima. Uz to, koristi se i u razvoju igara, izradi desktop i mobilnih aplikacija, te kao serverska okruženja uz pomoć Node.js-a.

WebGL (*Web Graphics Library*) je JavaScript programsko sučelje (API) za prikazivanje interaktivne 2D i 3D računalne grafike unutar web preglednika bez potrebe za dodacima preglednika. WebGL programi se sastoje od koda napisanog u JavaScriptu te *shader*-a koji se izvode direktno na grafičkoj kartici računala. Izradila ga je te ga održava neprofitabilna Khronos grupa. Projekt „Canvas 3D“ autora Vladimira Vukičevića iz Mozilla-e idejni je prethodnik WebGL-a.

THREE.js je JavaScript biblioteka koja koristi WebGL za stvaranje i prikazivanje 3D računalne grafike i animacija u preglednicima. Također nudi

proširenja za alate za 3D modeliranje poput Blendera za izvoz modela u JSON formatu koje THREE.js razumije. Uz navedeni JSON format, podržava i standardne .obj, .mtl, .svg i Collada tipove datoteka.

5.2. Izrada modela glave

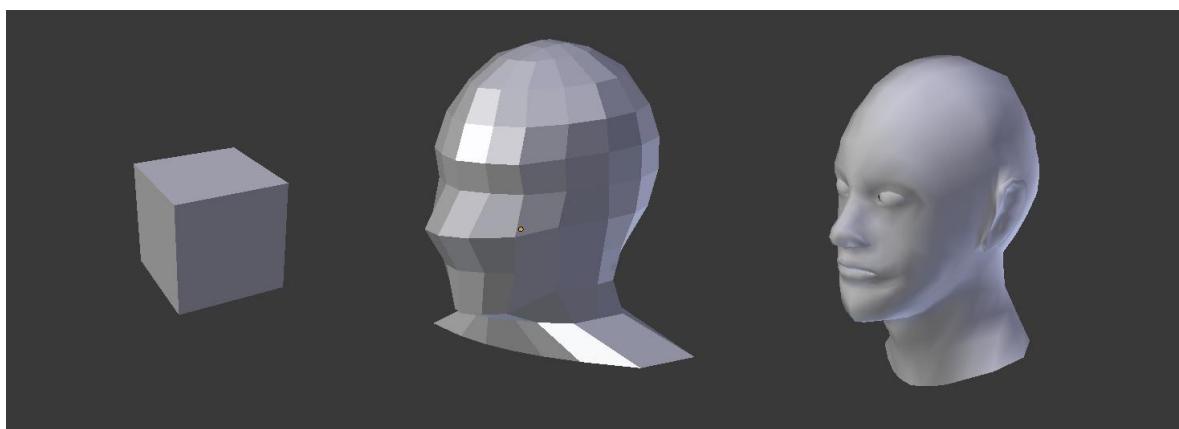
Model glave za konačni program izrađen je u Blenderu. Za pomoć pri izradi modela korištene su dvije referentne fotografije prikazane na slici 4. Kod izrade



Slika 4. Referentne fotografije za izradu modela glave

referentnih fotografija valja pripaziti da ključne točke lica (oči, usta, nos, uši) budu na istoj visini na obje slike. To se može postići korištenjem mreže smjernica prilikom fotografiranja. Smjernice koje su korištene u ovome projektu određivale su pravokutnik u kojem se nalazi lice, liniju sredine očiju, vrha nosa, pozicije liniju usta pri neutralnom položaju te početak i kraj ušiju.

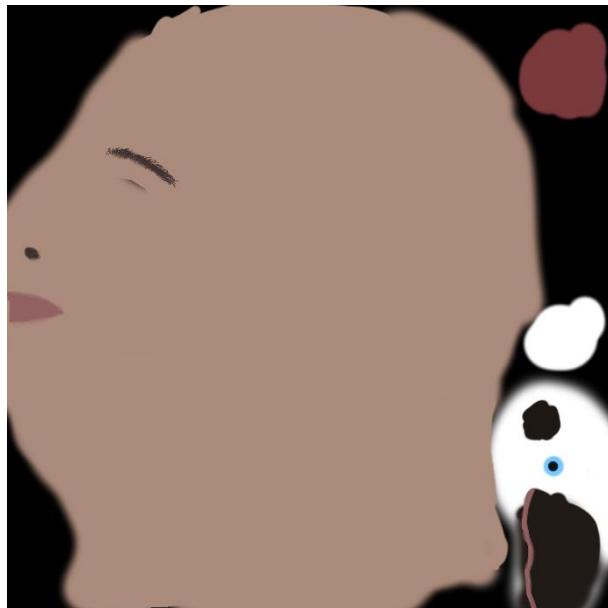
Svaka izrada modela počinje odabirom primitiva kojem se dodaju detalji. U ovom slučaju korišten je primitiv kocke kojemu su se polako dodavale točke i razdjeljivale plohe kako bi se dobio obris glave. Obris je modificiran prateći smjernice za dobru topologiju lica. Nakon dovršavanja oblika i karakteristika lica obrisane su plohe na mjestima gdje trebaju biti oči, umetnuti primitivi sfera te zaobljene okolne točke kako bi pratile obrise tih sfera. Na kraju su dodane jednostavne uši te je modelirana unutrašnjost usta dodajući zube i jezik koji su potrebni za realističnu animaciju izgovora pojedinih slova. Tokom cijele izrade modela korišten je modifikator zrcaljenja kako bi sve točke zrcalio preko y osi. Time se ujedno i zanemaruju manje asimetrije lica koje nisu toliko bitne za ovaj projekt. Proces razvoja modela od primitiva do konačnog modela lica prikazan je na Slici 5.



Slika 5. Razvoj od primitiva do konačnog modela

Kako završni model ne bi bio jednobojan, izrađena je tekstura. Prvo je napravljeno UV odmotavanje modela. UV odmotavanje je proces preslikavanja ploha 3D modela na 2D teksturu kako bi se boje preslikale na odgovarajuće poligone modela. U i V predstavljaju horizontalnu i vertikalnu koordinatu pojedine točke 3D modela na 2D teksturi te se izražavaju u rasponu od 0 do 1, što predstavlja postotak širine (ili visine) teksture na kojoj se ta točka nalazi. Nakon UV odmotavanja obojana je tekstura modela. Za bojanje teksture korišten je Blenderov interni uređivač slika. Kako je prilikom izrade modela bio aktivan modifikator

zrcaljenja, na konačnoj teksturi (slika 6.) vidimo samo jednu stranu glave, jer se i prilikom UV odmotavanja i bojanja koristi zrcaljenje.



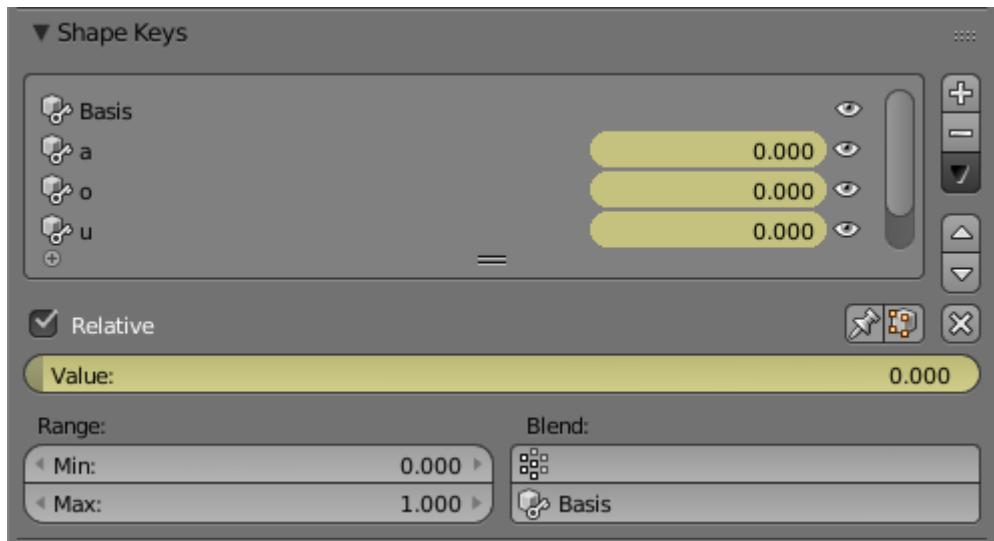
Slika 6. Tekstura boje modela

Kao što je i vidljivo s slika 5. i 6., u projektu se nije davala velika pozornost detaljima te je konačan model bio jednostavna reprezentacija glave s onolikom rezolucijom ploha koliko je dovoljno da bi animacije govora bile prepoznatljive.

5.2. Animiranje modela glave

Animacija modela vrši se interpolacijom ciljnih modela koji odgovaraju visemima. Bazni i ciljni modeli izrađeni su u Blenderu. Animiranje pomoću interpolacije oblika u Blenderu se naziva *shape keys*. Sučelje za korištenje *shape keys*-a prikazano je na slici 7. Preko sučelja možemo dodati novi *shape key* te kontrolirati utjecaj svih dosad dodanih *key-eva*. Prilikom prvog dodavanja, definira se bazni model s kojim se interpoliraju ostali *shape key-ovi*. Također baznom modelu se, logično, ne može kontrolirati utjecaj.

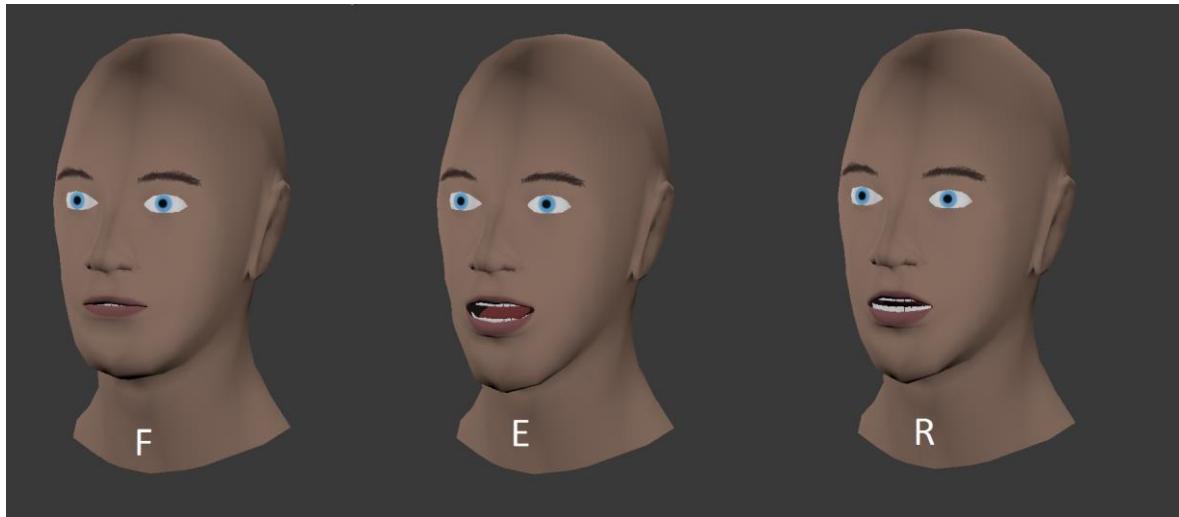
Stvaranje novog ključa izvodi se tako da se označi *shape key* za koji se definira oblik te se vrše modifikacije na modelu za koje želimo da predstavljaju ciljni model s vrijednošću 1. U okviru ovoga projekta, to predstavlja izradu položaja lica



Slika 7. Shape key sučelje Blendera

za odgovarajući visem. Interpolaciju između baznog i ciljnog modela možemo vidjeti pomicajući vrijednost pomoću klizača *value*.

Za konačnu verziju projekta izrađeno je nekoliko *shape key-eva* za odgovarajuće viseme. Prikaz visema koji odgovaraju slovima riječi „fer“ vidljivi su na slici 8. Izrada ciljnih modela sastojala se od ručne transformacije točaka usta, brade



Slika 8. Ciljni modeli za viseme riječi "fer"

zubi te jezika uz očuvanje simetrije lica. Proces izrade donekle je složen zbog utjecaja koje i najmanje transformacije imaju na konačan izgled ciljnog modela, koji određuje hoće li se prikazani visem moći razaznati.

5.3. Učitavanje modela i teksture u skriptu

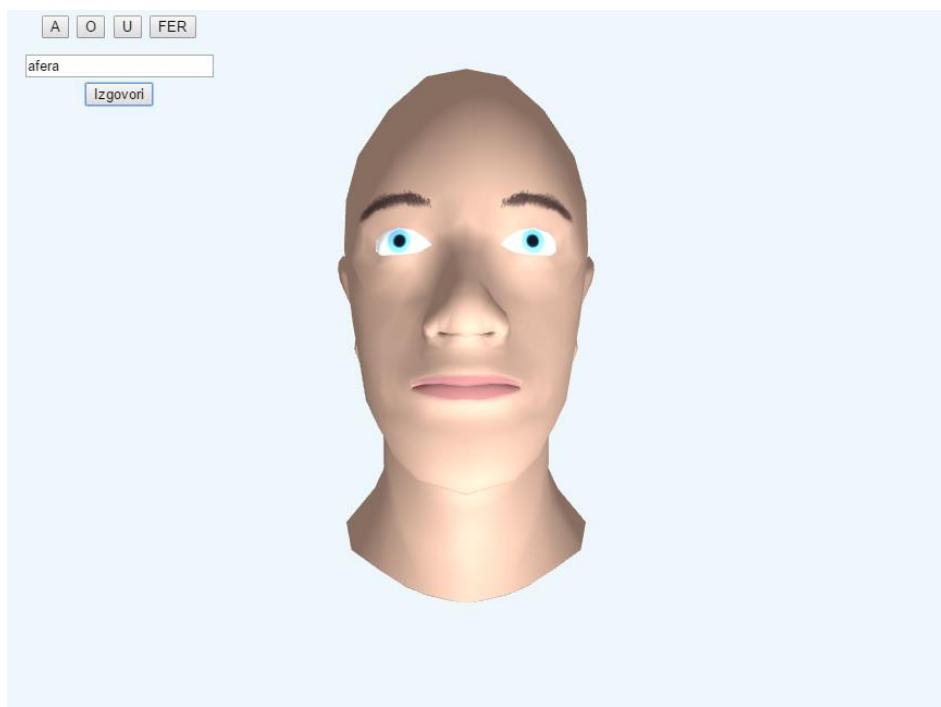
Kako bi se model izveo za prikaz pomoću THREE.js biblioteke, korišteno je proširenje za Blender koje modele iz blendera konvertira u JSON format. Navedeni format sadrži informacije o poligonima, točkama, normalama, uv koordinatama te ciljnim modelima za animaciju interpolacijom oblika. Posljednje navedeno se u THREE.js-u naziva *morphTargets* te odgovara pojmu *shape key* iz Blendera. Za učitavanje i dodavanje JSON objekta u scenu koristi se slijedeći programski isječak:

```
var loader= new THREE.JSONLoader();
loader.load( 'head.json', function(geometry) {
    var textureLoader = new THREE.TextureLoader();
    textureLoader.load('diffuse.png', function(texture) {
        material = new THREE.MeshPhongMaterial( { map: texture, shininess: 5, morphTargets: true } );
        mesh = new THREE.Mesh( geometry, material );
        scene.add( mesh );
    });
    console.log("Loaded mesh successfully");
})
```

U navedenom isječku vrši se učitavanje datoteke „head.json“ koja sadrži definiciju modela glave. Uz to učitavamo i teksturu objekta sadržanu u datoteci „diffuse.png“. Pomoću teksture se kreira materijal modela koji koristi Phongovo sjenčanje te se iz novostvorenog materijala i učitane geometrije stvara objekt koji se dodaje u THREE.js scenu.

5.4. Korisničko sučelje

Korisničko sučelje (slika 9.) izvedeno je kao jednostavna web stranica u HTML5. Preko cijele stranice prostire se `<canvas>` tag kojeg THREE.js koristi za iscrtavanje 3D grafike. U lijevom gornjem kutu nalaze se kontrole aplikacije s gumbima za izgovor slova „A“, „O“ i „U“ i riječi „FER“ te poljem za unos teksta. Prilikom pokretanja na sredinu prozora vrši se iscrtavanje prethodno učitanog modela ljudskog lica koji je tada spreman za animiranje.



Slika 9. Korisničko sučelje

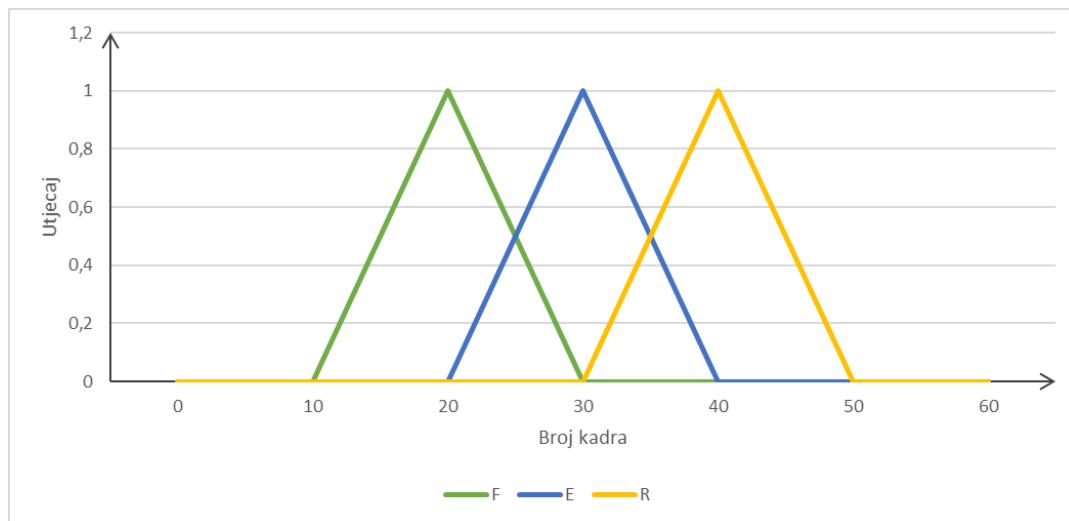
5.5. Pretvorba teksta u animaciju

Nakon unosa željenog teksta u prikladno polje, potrebno je stisnuti gumb „Izgovori“. Time se poziva funkcija `sayText` koja prima sadržaj polja za unos teksta. Funkcija prvo provjerava ispravnost unesenog teksta, te nakon toga vrši pretvorbu slova u odgovarajuće ciljne modele potrebne za animaciju. Pritom koristi pomoćno polje `implemented_letters` koje služi kao rječnik koji povezuje slova i indekse THREE.js-ovih `morphTarget`-a.

Animacija izmjene ciljnih modela izvodi se uz pomoć tri varijable koje pamte trenutno „padajuće slovo“, „rastuće slovo“ te spremnika ostatka slova koja čekaju animiranje. Padajuće/rastuće slovo predstavlja ciljni model visema čiji utjecaj u nekom određenom pada/raste.

Nakon što funkcija `sayText` preslikava slova u indekse modela, poziva se metoda `fillBuffer` koja resetira navedene tri varijable, te potom puni spremnik indeksima ciljnih modela. Na posljetku funkcija vadi prvi indeks modela iz spremnika te ga dodjeljuje kao vrijednost varijable rastućeg slova.

Konačna animacija se izvršava u funkciji `animate`. Ta funkcija za svaki kadar provjerava ima li rastućeg ili padajućeg slova u tom trenutku. Ako neki od tih indeksa postoji, njegov utjecaj se linearno povećava ako je riječ o rastućem slovu, tj. srušta ako se radi o padajućem. Jednom kada rastuće slovo dosegne puni utjecaj (koji je jednak 1), izvodi se zamjena pri kojoj padajuće slovo postaje rastuće, a rastuće postaje slijedeće iz spremnika ostalih slova, ako takvo postoji. Graf izmjene utjecaja ciljnih modela pojedinih slova u riječi „FER“ prikazan je na slici 10.



Slika 10. Graf izmjene utjecaja ciljnih modela pojedinih slova pri izgovoru riječi "FER"

5.6. Moguća poboljšanja

Trenutni rezultat rada aplikacije daje solidne rezultate koji u većini slučajeva izgledaju slično kao stvaran izgovor te prosječan korisnik može razaznati o kojoj se riječi radi do na par slova greške. Mogući problemi nastaju zbog manjka definiranosti trajanja određenog visema pri izgovoru. Dodavanje takve funkcionalnosti uvelike bi otežalo transformaciju teksta u animaciju. Zbog toga trenutna verzija aplikacije najbolje radi za kratke riječi koje se inače brzo izgovaraju. Još neka moguća proširenja aplikacije uključivala bi sintetizaciju zvuka, izgovor više riječi ili cijelih rečenica te podršku za interpunkcijske znakove u rečenicama.

6. Zaključak

Ljudsko lice je složena struktura koju nije jednostavno animirati. U ovome radu prikazano je kako se taj složeni proces animiranja govora može pojednostaviti. Iako rezultati dobiveni opisanim metodama ne mogu konkurirati profesionalno izrađenim animacijama, sasvim su dovoljni za jednostavnije projekte s manjim budžetom. Također, izrada projekta sličnog kalibra nije ni vremenski zahtjevna, te se prvi rezultati mogu vidjeti u roku od tjedan dana.

Alati korišteni u izradi programske implementacije pokazali su se jednostavnim i prihvatljivim. Blender, iako je program za modeliranje otvorenog koda, jednak je moćan kao i poznatiji komercijalni proizvodi poput 3ds Max-a ili Maye. Uz to, WebGL i THREE.js su, kao tehnologije prezentacijskog sloja, jednostavni za korištenje te se uz malo linija koda mogu ostvariti impresivni rezultati spremni za dijeljenje preko interneta. Valja napomenuti da algoritmi korišteni pri izradi animacija nisu složeni te se mogu bez problema implementirati i pri izradi desktop aplikacija uz OpenGL.

7.Literatura

[1] Fonemi hrvatskog jezika,

<http://hrvatskijezik.eu/glasovi-hrvatskoga-standardnog-jezika/>

[2] Viseme, <https://en.wikipedia.org/wiki/Viseme>

[3] THREE.js docs, <http://threejs.org/docs/>

[4] Shape keys Blender

https://www.blender.org/manual/animation/shape_keys.html

8. Sažetak

Ovaj rad proučava izradu modela i animiranje ljudskog lica te proces animacije tog lica iz napisanog teksta. U početku su navedeni su različiti procesi modeliranje 3D modela lica te su istaknute njihove prednosti i mane. Nakon toga opisani su načini izrade animacija takvih modela. Slijedi opis problematike izgovora pojedinih slova i riječi uz obrazloženje pojmove fonem, grafem i visem. Na posljetku prikazan je jedan od mogućih načina implementacije animiranja izgovora uz pomoć alata Blender i THREE.js.

Ključne riječi: modeliranje, animacija lica, izgovor riječi, fonem, visem, Blender, WebGL, THREE.js

8. Abstract

This paper explores the process of modeling and animating human face with generating facial animation of text excuses. First part lists different 3D modeling techniques for making models of human faces with their advantages and disadvantages. In the following, various means of animating facial models have been described. Next chapter deals with processes of letter and text excuses with definition of terms like phoneme, grapheme and viseme. Last chapter shows one of the possible implementations of animating humang face while reading with the help of tools like Blender and THREE.js

Keywords: modeling, facial animation, word exuces, phoneme, viseme, Blender, WebGL, THREE.js