

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

ZAVRŠNI RAD br. 606

## **MODELI LJUDSKIH LIKOVA**

Adam Ergotić

Zagreb, lipanj 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**FAKULTET ELEKTROTEHNIKE I RAČUNARSTVA**

ZAVRŠNI RAD br. 606

## **MODELI LJUDSKIH LIKOVA**

Adam Ergotić

Zagreb, lipanj 2022.

## **ZAVRŠNI ZADATAK br. 606**

Pristupnik: **Adam Ergotić (0036524760)**  
Studij: Elektrotehnika i informacijska tehnologija i Računarstvo  
Modul: Računarstvo  
Mentorica: prof. dr. sc. Željka Mihajlović

Zadatak: **Modeli ljudskih likova**

### Opis zadatka:

Proučiti način modeliranja ljudskih likova. Proučiti upotrebu skeletnog modela i izgradnje sustava za upravljanjem pokreta. Razmotriti mogućnosti korištenja skripti u upravljanju pokretima. Ostvariti animaciju modela ljudskih likova upotrebom skeletnih modela. Načiniti testiranje na nizu primjera. Analizirati i ocijeniti ostvarene rezultate. Diskutirati upotrebljivost ostvarenih rezultata kao i moguća proširenja. 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.

Rok za predaju rada: 10. lipnja 2022.

## Sadržaj

Uvod .....	1
1. Korištene tehnologije i alati .....	2
1.1. Programski alat Blender .....	2
1.2. Programski pogon Unreal Engine 5 .....	2
1.3. Programski alati Adobe Premiere Pro i Adobe After Effects.....	2
2. Izrada ljudskih modela.....	4
2.1. Izrada tijela ljudskog modela .....	4
2.1.1. Izrada nogu ljudskog modela.....	7
2.1.2. Izrada ruku ljudskog modela .....	8
2.1.3. Izrada glave ljudskog modela .....	9
2.2. Krajnji rezultat .....	10
2.3. Izrada modela u Blenderu pomoću dodatka MB-Lab.....	12
3. Izrada sustava za upravljanje pokretima .....	14
3.1. Izrada sustava za upravljanje pokretima unutar Blendera .....	14
3.2. Izrada sustava za upravljanje pokretima za ljudski model .....	15
3.3. Konfiguriranje težina kostiju .....	20
3.3.1. Ručno podešavanje težina kostiju.....	21
4. Izrada animacije ljudskih modela .....	24
4.1. Izrada animacije za šetanje .....	25
4.2. Izrada animacije s programskim kodom.....	27
5. Korištenje ljudskih modela .....	31
5.1. Ljudski modeli u video igrama .....	31
5.1.1. Moguće poteškoće pri uvozu modela .....	34
5.2. Ljudski modeli u televizijskim reklamama.....	36
5.3. Ostale primjene ljudskih modela .....	36

6. Moguća poboljšanja .....	38
Zaključak .....	39
Literatura.....	40
Sažetak.....	41
Summary .....	42
Privitak.....	43

## Uvod

Ljudske modele možemo pronaći posvuda: u televizijskim reklamama, animiranim filmovima, video igrama i mnogim drugim medijima. U današnjim vremenima korištenje modela ljudskih likova postalo je jako popularno, pogotovo u slučajevima kada se određena situacija ne može rekreirati u pravom svijetu poput prometnog sudara ili letenje čovjeka u filmovima. Zbog naglog poboljšanja tehnologije u zadnjih nekoliko godina, danas je moguće koristiti hiperrealistične ljudske modele u filmovima bez da ljudsko oko primijeti da se radi o virtualnoj reprezentaciji čovjeka (Slika 1). Primjena ljudskih modela je vrlo široka te se koristi i u ostalim područjima poput medicine, arhitekture i ostalima.



Slika 1: Stvarna slika i računalno generirana slika[1]

Cilj ovog rada je proučiti metode izrade animacija ljudskog lika te korištenje tih metoda kako bi se napravile animacije pokreta koje ljudi rade svaki dan. Osim toga, cilj je prikazati uporabu napravljenog modela ljudskog lika u video igrici i televizijskoj reklami gdje ih vrlo često možemo pronaći.

# 1. Korištene tehnologije i alati

## 1.1. Programski alat Blender

Blender je programski alat otvorenog koda koji omogućuje izradu 3D objekata. Blender sadrži mnogo različitih alata za izradu modela te ima ugrađene i mnoge druge funkcionalnosti za rad s modelima. Osim za modeliranje, Blender će se koristiti i za animaciju modela.

Blender se koristi za izradu ljudskih modela i animacija.

Alternative Blenderu su programi poput 3DS MAX i Maya.

Verzija Blender-a korištena u ovom radu je 3.0.1.

## 1.2. Programski pogon Unreal Engine 5

Unreal Engine 5 je programska pogon za izradu video igara. Unreal Engine je gotovi *game engine* koji omogućuje izradu video igrica od nule do gotovog proizvoda. Unreal Engine omogućuje vrlo jednostavan uvoz modela pomoću FBX datoteke koja sadrži sve potrebne informacije o animacijama određenog modela i mnoge druge informacije o modelu.

Unreal Engine koristi se za provjeru izgleda modela te testiranje animacija za isti model.

Verzija Unreal Engine-a korištena u ovom radu je 5.0.1.

## 1.3. Programski alati Adobe Premiere Pro i Adobe After Effects

Adobe Premiere Pro i Adobe After Effects su programi koji služe za uređivanje videozapisa. Pomoću njih je napravljena mala reklama kao jedan od krajnjih rezultata ovog rada.

Verzija programa Adobe Premiere Pro korištena u ovom radu je 22.1.2.

Verzija programa Adobe After Effects korištena u ovom radu je 22.1.1.

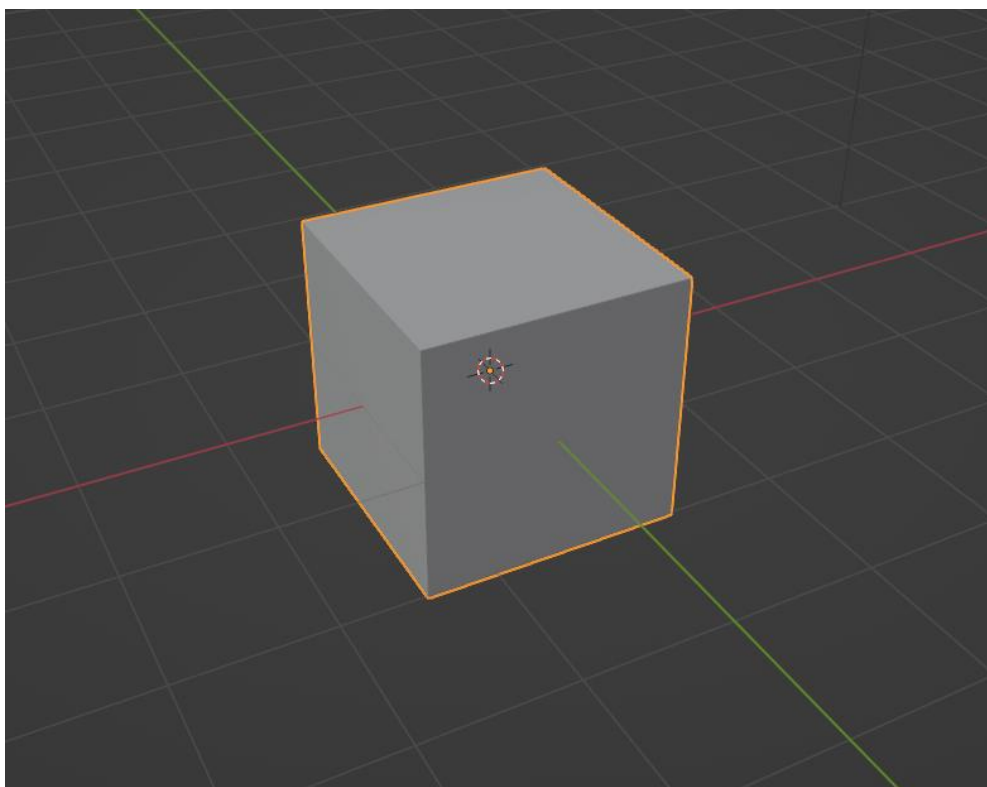


## 2. Izrada ljudskih modela

Izrada ljudskih modela napravljena je pomoću programa Blender. Unutar Blendera postoje različiti alati (*Layout mode*, *Sculpting mode*...) koji omogućavaju kvalitetnu izradu modela koji se potom mogu isporučiti u različitim formatima: Wavefront (.obj), FBX (.fbx) i ostali. Za testiranje u okruženju Unreal Engine 5 potrebno je isporučiti modele u FBX formatu budući da Unreal Engine 5 najbolje podržava taj format.

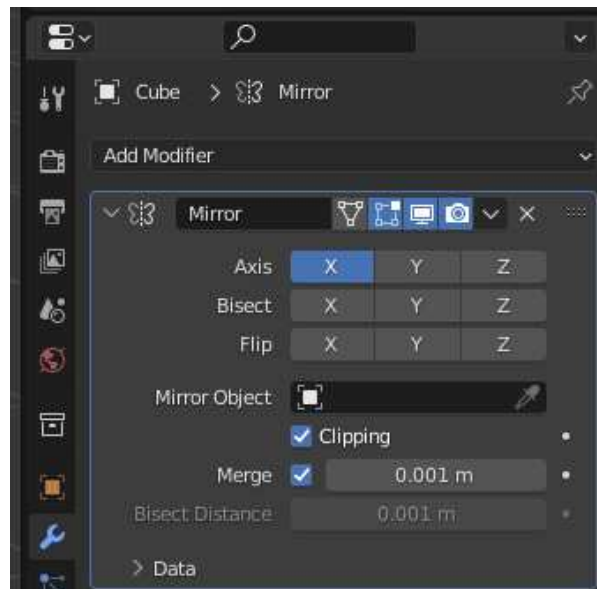
### 2.1. Izrada tijela ljudskog modela

Početni poligonalni model (*engl. mesh*) iz kojeg se pravi ljudski model je kocka (Slika 2).



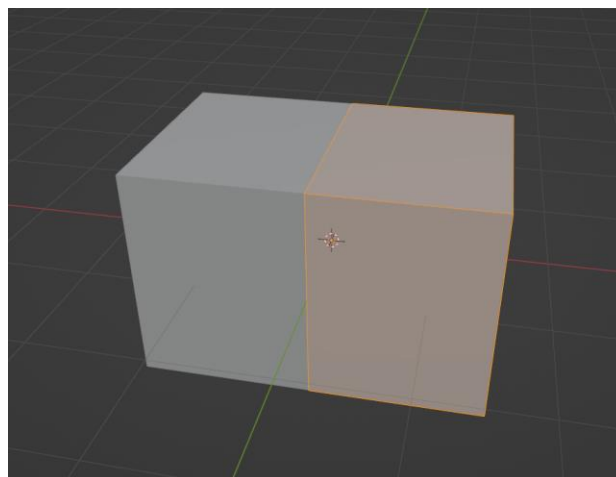
Slika 2: Početni poligonalni model

Na početku je odmah dodan modifikator<sup>1</sup> pod nazivom „Mirror“ (Slika 3) koji omogućuje zrcaljenje odabranog objekta u odnosu na jedno od osi (u ovom slučaju se os x, označena crvenom bojom). To omogućava izradu samo jedne strane tijela (druga strana tijela nastaje zrcaljenjem).



Slika 3: Modifikator "Mirror"

Nakon dodavanja modifikatora, potrebno je pomaknuti kocku na jednu stranu x-osi za početak rada na jednoj strani tijela (odmah se može vidjeti utjecaj „Mirror“ modifikatora na slici 4).

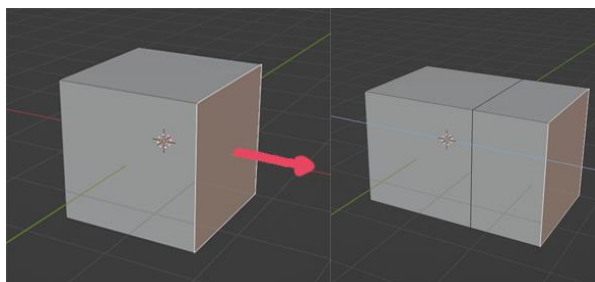


Slika 4: Utjecaj "Mirror" modifikatora (lijeva kocka nastala zrcaljenjem desne preko ravnine YZ)

---

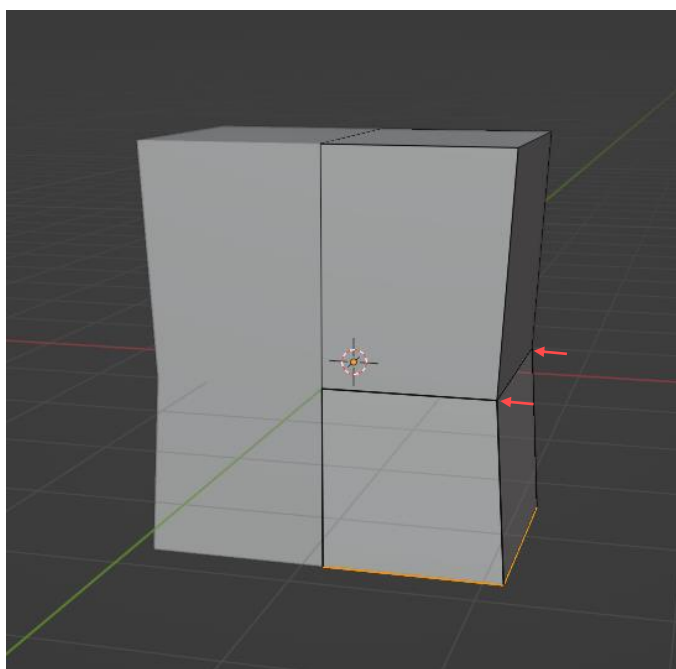
<sup>1</sup> Operacije koje utječu na geometriju (oblik) određenog objekta na nedestruktivan način (promjene nisu konačne te se mogu povratiti)

Nakon postavljanja dosadašnjih postavki, ostale promjene se rade u načinu rada *Edit mode*<sup>2</sup>. Za izradu baze modela tijela vrlo često koristi se funkcija *Extrude* koja omogućuje ekstruziju poligona iz odabrane strane (Slika 5).



Slika 5: Prije i poslije *Extrude* funkcije

Nakon izvođenja ekstruzije (*Extrude*) funkcije na donju stranu kocke i minimalno pomicanje vrhova dobije se rezultat prikazan na slici 6.



Slika 6: Baza modela tijela

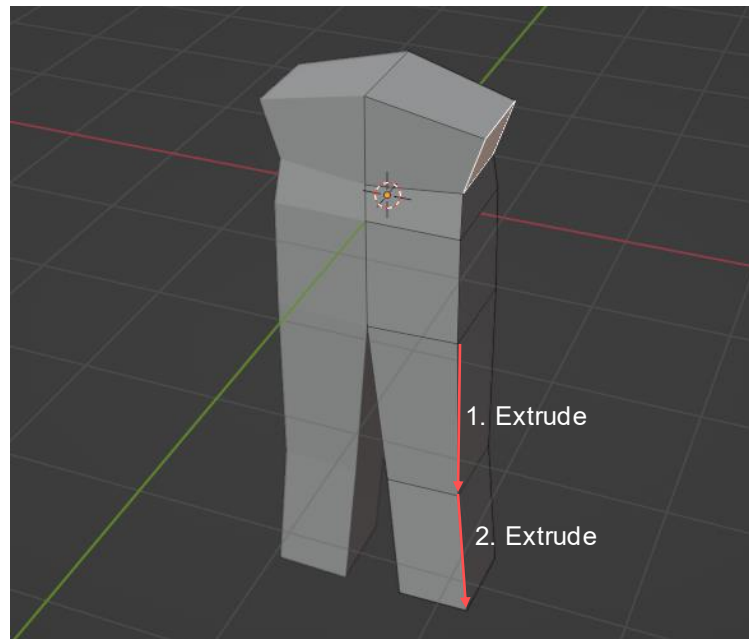
Ova je baza modela ljudskog tijela koja se koristi u sljedećim poglavljima te se u svakom poglavlju postupno dodaje novi dio tijela modelu (noge, ruke, glava).

---

<sup>2</sup> Način rada u Blenderu koji omogućuje detaljnu transformaciju objekta putem njegovih vrhova, bridova ili strana.

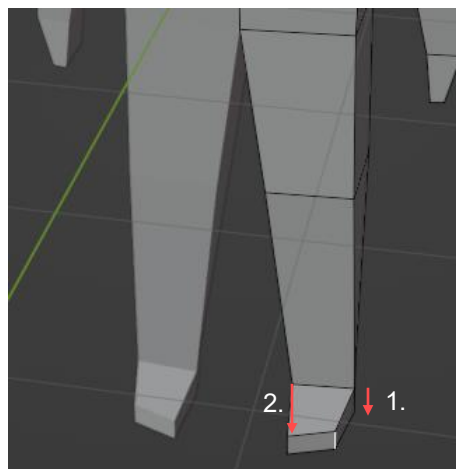
### 2.1.1. Izrada nogu ljudskog modela

Za noge je potrebno dva puta napraviti *Extrude*, prvi put za dio noge do koljena te drugi dio za ostatak noge. Vrlo bitno je isključiti *Clipping* opciju unutar „Mirror“ modifikatora tijekom izrade nogu kako bi se noge mogle odvojiti (inače bi noge bile spojene). Nakon što se obavi *Extrude* potrebno je ponovno upaliti opciju *Clipping* jer će biti potrebna do kraja izrade modela. Do sada napravljene promjene su vidljive na slici 7.



Slika 7: Rezultat nakon dvije *Extrude* funkcije

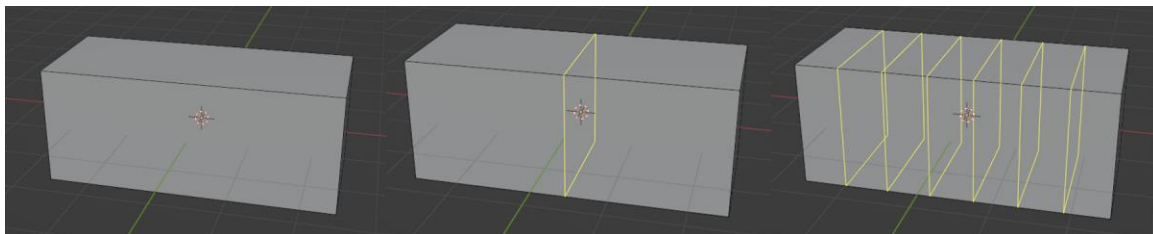
Za izradu stopala napravljene su dvije *Extrude* funkcije, jedna iz donje strane noge, a druga iz prednje strane elementa nastalog iz prethodnog koraka. Uz male promjene položaja vrhova na stopalu dobije se rezultat prikazan na slici 8.



Slika 8: Dobiven rezultat izrade stopala

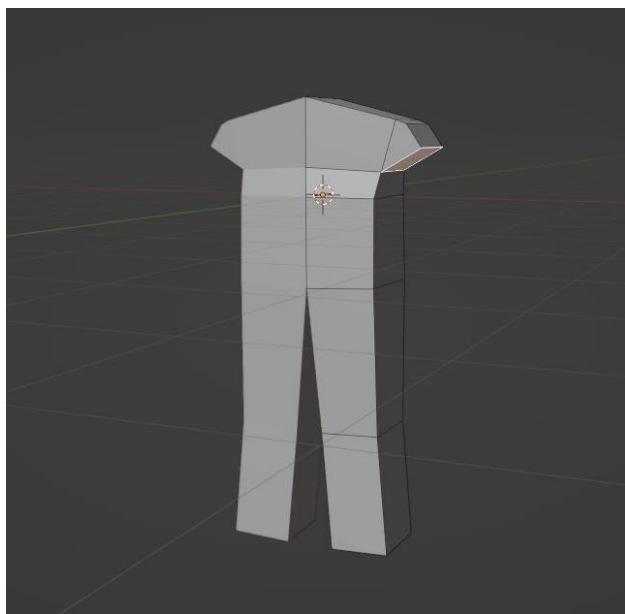
## 2.1.2. Izrada ruku ljudskog modela

Za dodavanje ruke napravljena je dodatna podjela gornjeg dijela tijela pomoću alata *Loop Cut* koji omogućuje da se dio tijela podijeli na dva ili više dijelova (Slika 9).



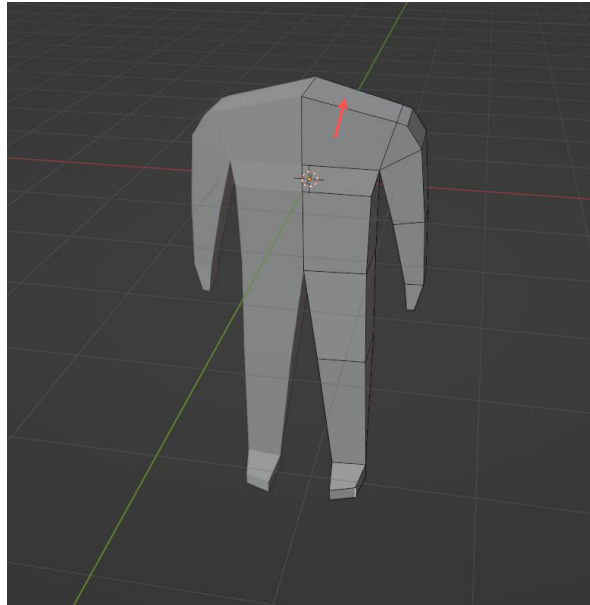
Slika 9: Alat *Loop Cut*

Prvo se obavlja *Loop Cut* na gornji dio tijela te se tada novonastala strana malo zarotira oko y osi (označena zelenom bojom na slikama). Potom se izvodi funkcija *Extrude* na istu stranu čime nastaje rezultat prikazan na slici 10.



Slika 10: Rezultat nakon provođenja funkcija *Loop Cut* i *Extrude*

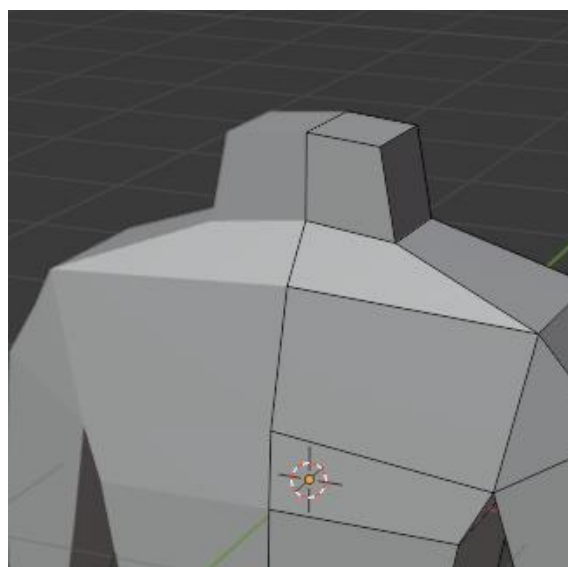
Nakon toga napravljene su još dvije izvedbe koje služe za pravljenje ruke. Dodatno je smanjeni drugi dio ruke kao što je inače na ljudskom tijelu. Potom je izvedena još jedna *Extrude* funkcija za šaku. Nakon rotacija i skaliranja pojedinih poligona dobije se rezultat na slici 11.



Slika 11: Rezultat dodavanja ruku

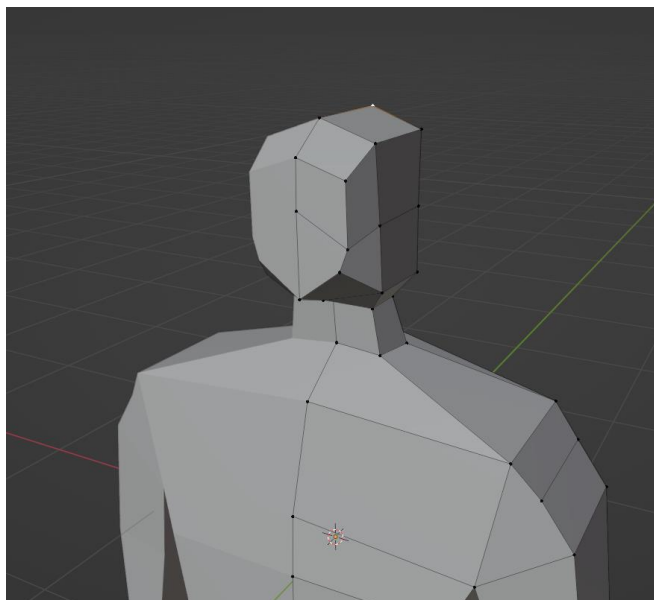
### 2.1.3. Izrada glave ljudskog modela

Izrada glave napravljena je primarno s funkcijom *Extrude*. Prvo se koristila funkcija nad najgornjom stranom (označena na slici 11). Povodom pokretanja funkcije poligon je smanjen te nakon toga pomaknut na rub. Nakon izdizanja označene stranice dobije se rezultat prikazan na slici 12.



Slika 12: Rezultat nakon izdizanja (vrat)

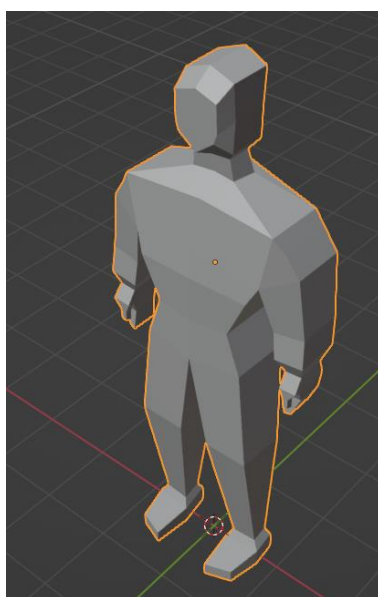
Nakon nekoliko dodatnih *Extrude* funkcija dobije se i glava modela. Uz nekoliko promjena položaja bridova i vrhova dobije se rezultat koji se nalazi na slici 13.



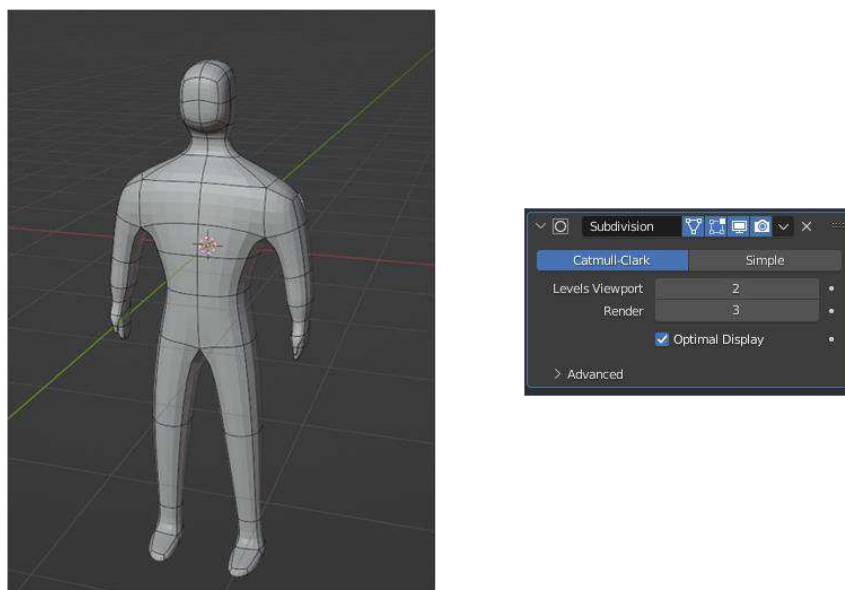
Slika 13: Krajnji rezultat izrade lica

## 2.2. Krajnji rezultat

Nakon provođenja svih dodataka dobije se rezultat na slici 14 i slici 15.

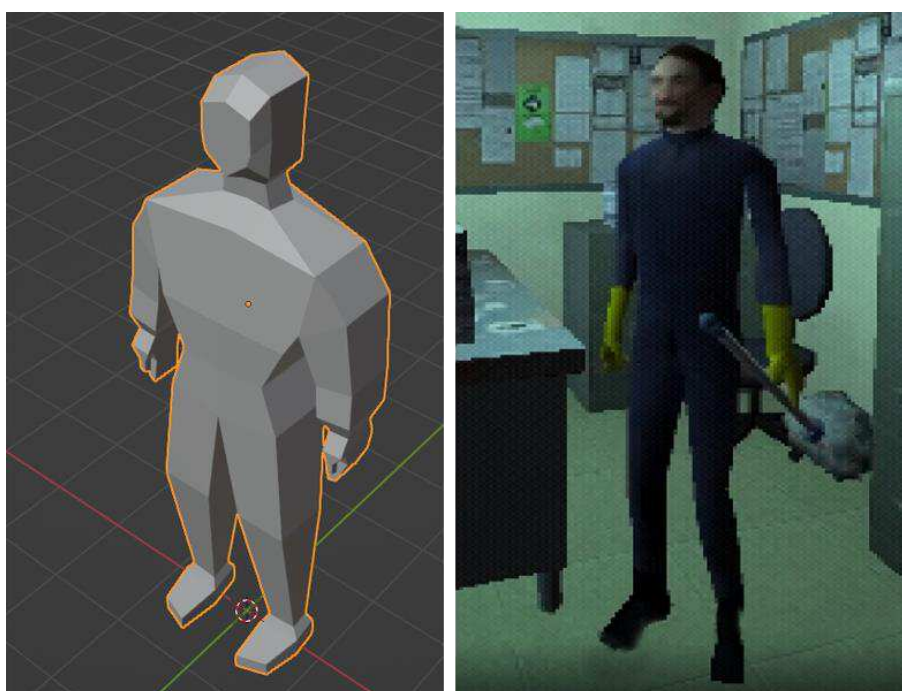


Slika 14: Krajnji rezultat



Slika 15: Korištenje dodatne podjele, engl. *subdivision* (Catmull-Clark)

Primjer korištenja ovakvih ljudskih modela češće se može vidjeti u *retro* video igricama u kojima je igra izrađena u stilu video igara iz 80-tih godina. Primjer takvog modela (uz dodane teksture) može se vidjeti na slici 16.

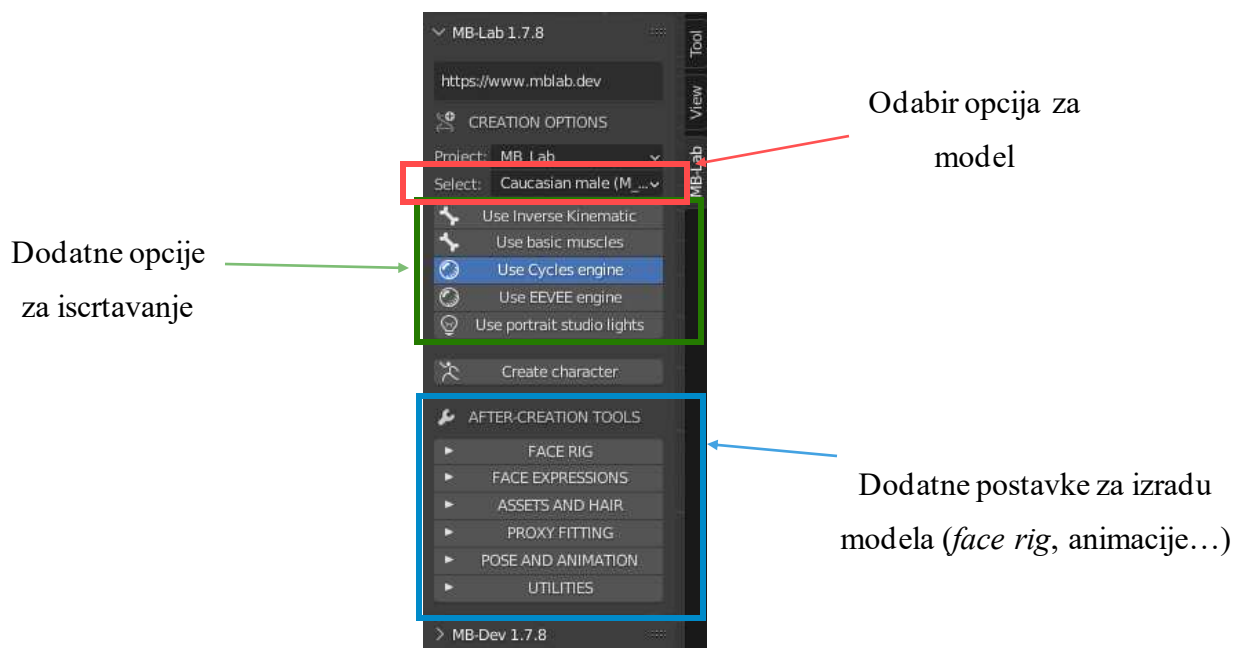


Slika 16: Napravljeni model i model iz igre *Murder House*[2]



## 2.3. Izrada modela u Blenderu pomoću dodatka MB-Lab

Iako se model ljudskog lika može napraviti ručno, također postoji mnoštvo programskih dodataka (engl. *plugins*) koji omogućuju generiranje već predefiniраниh modela koji imaju već pripremljene animacije i sve potrebne postavke već napravljene. Neki od takvih dodataka su: Human Generator<sup>3</sup> (potrebno platiti) i MB-Lab<sup>4</sup> (besplatna alternativa). Nakon instalacije i uključivanja dodatka MB-Lab moguće je krenuti s izradom modela. S desne strane programa prikazuje se izborni meni (slika 17) u kojem se može podesiti nekoliko postavki te odabrati koju predefiniранu opciju modela želimo.



Slika 17: Izborni meni dodatka MB-Lab

Kada je sve postavljeno, može se kliknuti na tipku „Create character“ čime se napravi model. Povodom pritiska na tipku počinje se generirati model zajedno sa sustavom za pokretanje modela. Osim toga pojavljuju se nove opcije u izbornom meniju koje nam omogućuju detaljniju konfiguraciju generiranog modela. Prikaz generiranog ljudskog modela i novog izbornog menija može se vidjeti na slici 18.

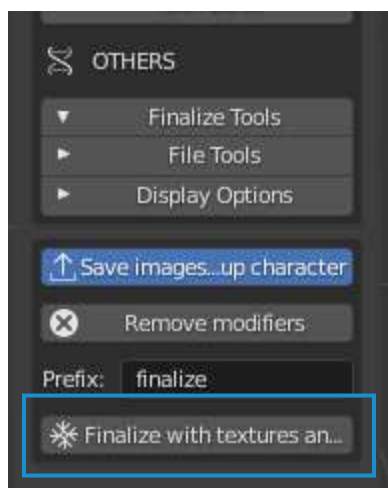
<sup>3</sup> <https://www.humgen3d.com/>

<sup>4</sup> <https://mb-lab-community.github.io/MB-Lab.github.io/>



Slika 18: Generirani ljudski model i nove opcije u izbornom meniju

Jedino što je preostalo je finalizirati kreiranje modela tako da pod „Finalize tools“ odaberemo opciju „Finalize with textures and backup“ (slika 19).



Slika 19: Finalizacija kreiranja modela

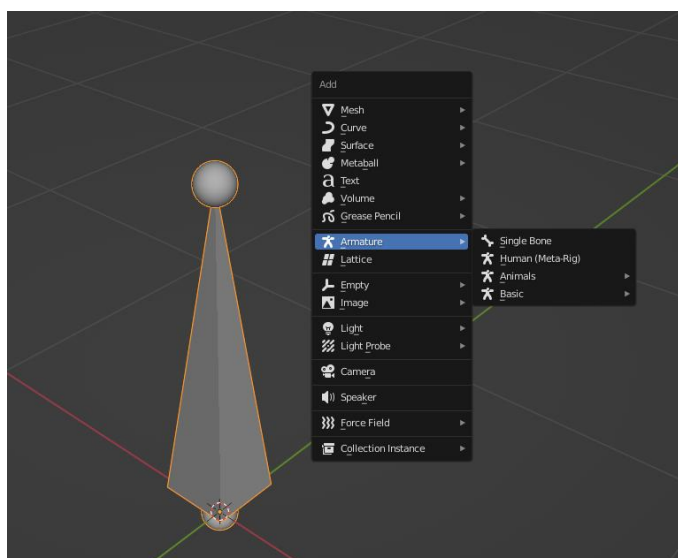
Nakon obavljanja zadnjeg koraka finalizacije moguće je koristiti generirani model ljudskog lika.

### 3. Izrada sustava za upravljanje pokretima

Nakon izrade ljudskog modela moguće je krenuti u izradu potrebnih animacija. Za izradu animacija prvo je potrebno napraviti tzv. sustav za upravljanje pokretima modela (engl. *rigging system*). On se sastoji od „kostiju“ (engl. *bone*) koji povezuju i utječu na dijelove modela. Pomicanjem ili rotacijom kostiju dobiva se pokret modela te skup pokreta u određenom vremenskom intervalu čine animaciju.

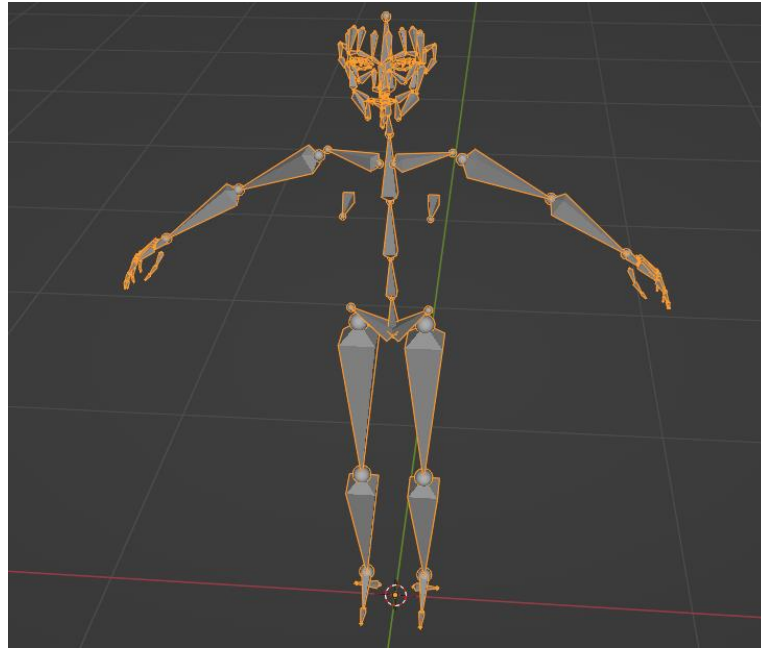
#### 3.1. Izrada sustava za upravljanje pokretima unutar Blendera

U Blenderu je moguće dodati kosti tako da se unutar „Add“ menija (kombinacija tipki Shift + A) odabere „Armature“ te „Single Bone“ kao što je prikazano na slici 20.



Slika 20: Prikaz kosti modela

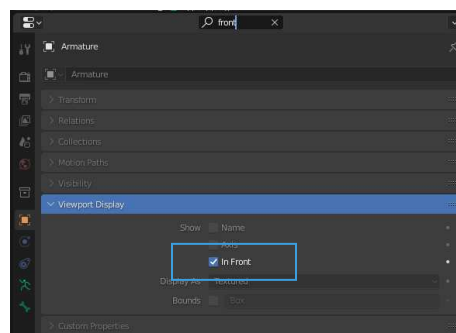
Blender, uz dodatak „Rigify“, također omogućuje korištenje predefinirane koštane sustave za čovjeka ili neke osnovne životinje (npr. ptice, mačke...). Prikaz predefiniranog koštanog sustava za čovjeka može se vidjeti na slici 21.



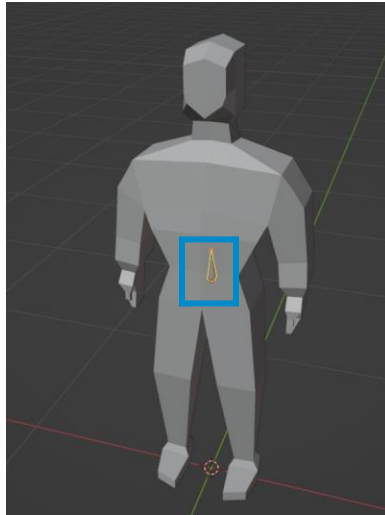
Slika 21: Predefiniran koštani sustav za čovjeka

## 3.2. Izrada sustava za upravljanje pokretima za ljudski model

Izrada sustava za upravljanje pokretima za napravljeni ljudski model u ovom radu radit će se od početka, odnosno neće se koristiti predefinirane opcije unutar Blendera. Drugim riječima, dodavat će se kosti koje će se međusobno nadovezivati i na kraju omogućiti pokret modela. Kako bi se lakše vidjelo gdje se postavljaju kosti unutar modela, upaljena je opcija „In Front“ (slika 22) koja omogućuje da se kosti uvijek vide (čak i ako je neki objekt ispred njih). Za početak, dodana je jedna kost koja je postavljena u položaj kukova ljudskog modela (slika 23).

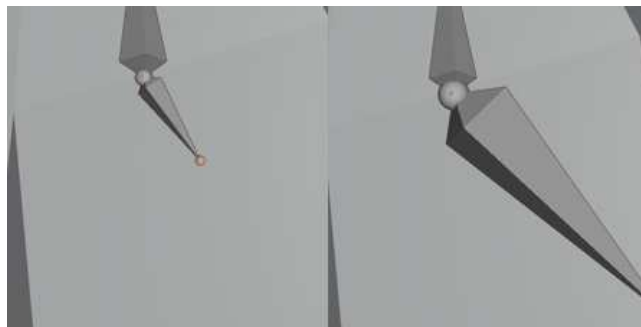


Slika 22: Opcija „In Front“



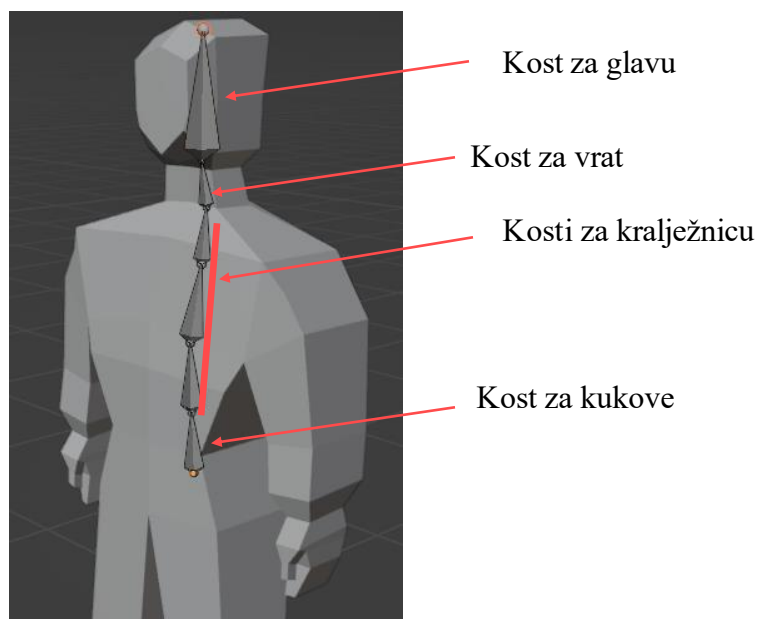
Slika 23: Početak izrade sustava za upravljanje pokreta - dodavanje kosti

Kao i kod izrade modela, postoji *Extrude* funkcija koja omogućuje pravljenje kosti iz već napravljene kosti (Slika 24).



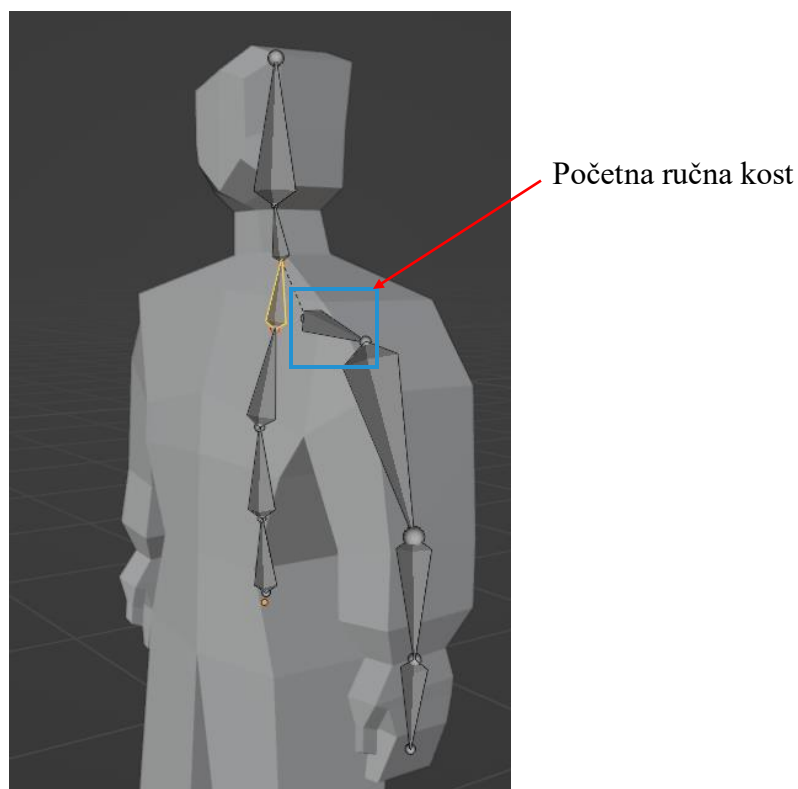
Slika 24: Prikaz *Extrude* funkcije nad kostima

Dodavanje kostiju pomoću navedene funkcije dobije se kralježnica ljudskog modela kao što je prikazano na slici 25.



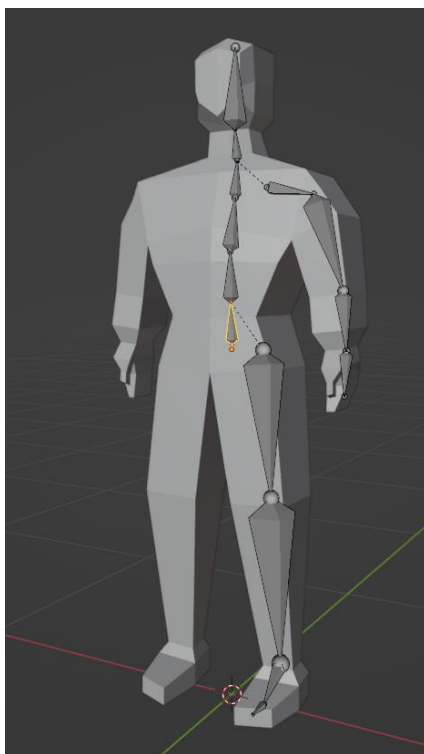
Slika 25: Kralježnica ljudskog modela

Nakon dodavanja kralježnice potrebno je još dodati kosti za ruke i noge. Za početak, potrebno je dodati početnu kost za ruku (postupak dodavanja opisan u poglavlju 3.1) te pomoću *Extrude* funkcije napraviti cijelu ruku. Krajnji rezultat dodavanja kosti za ruke prikazan je na slici 26.



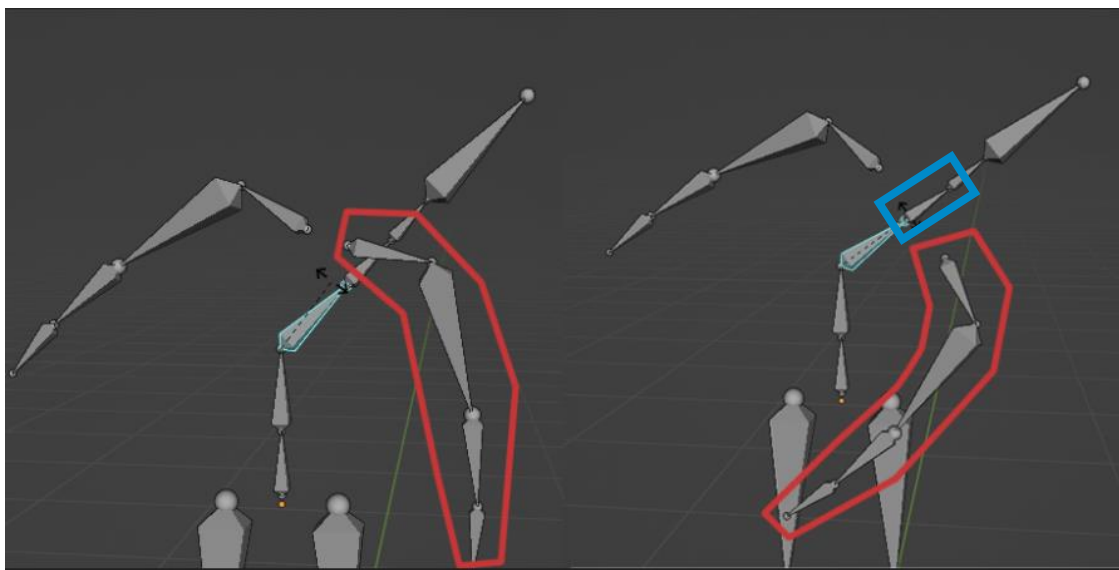
Slika 26: Dodane kosti za ruku

Jedino što je još preostalo je dodavanje kostiju za noge. Postupak dodavanja kostiju za noge je isti kao i kod ruku i kralježnice. Rezultat dodavanja kostiju za noge može se vidjeti na slici 27.



Slika 27: Rezultat dodavanja kostiju za noge

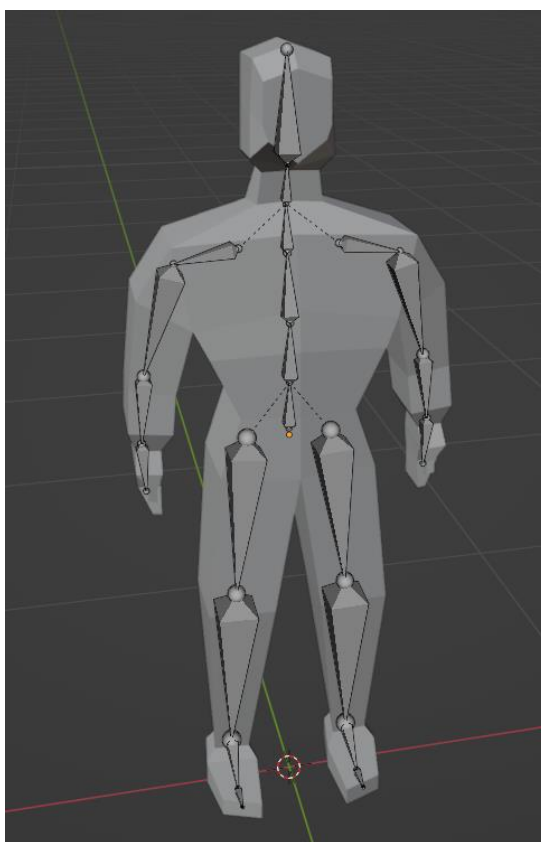
Vrlo važno je povezati kosti ruku i nogu sa kralježnicom jer bi inače ruke i noge ostale statične čak i kad bi se pomicali ostali dijelovi tijela. To se može primijetiti na slici 28.



Slika 28: Nepovezane (lijevo) i povezane (desno) kosti

Za povezivanje kostiju potrebno je odabrati početnu kost za ruku te odabrati gornju kost kralježnice (označena svjetlo plavom bojom na slici 28) i potom ih spojiti (CTRL + P >> „Keep Offset“). Isti postupak potrebno je napraviti i za kosti noge.

Budući da su lijeva i desna strana modela iste, potrebno je kopirati (točnije zrcaliti) desnu stranu na lijevu. To je moguće napraviti tako da se odaberu sve kosti (osim kostiju kralježnice, vrata, i glave) i zrcale preko X osi. To se može napraviti sljedećim slijedom naredbi: tipka „a“ (odabir svih navedenih kostiju) >> SHIFT+D (dupliciranje) >> tipka „s“ (skaliranje) >> tipka „x“ (preko X osi) >> tipkanjem „-1“ na tipkovnici >> tipka Enter. Rezultat je prikazan na slici 29.



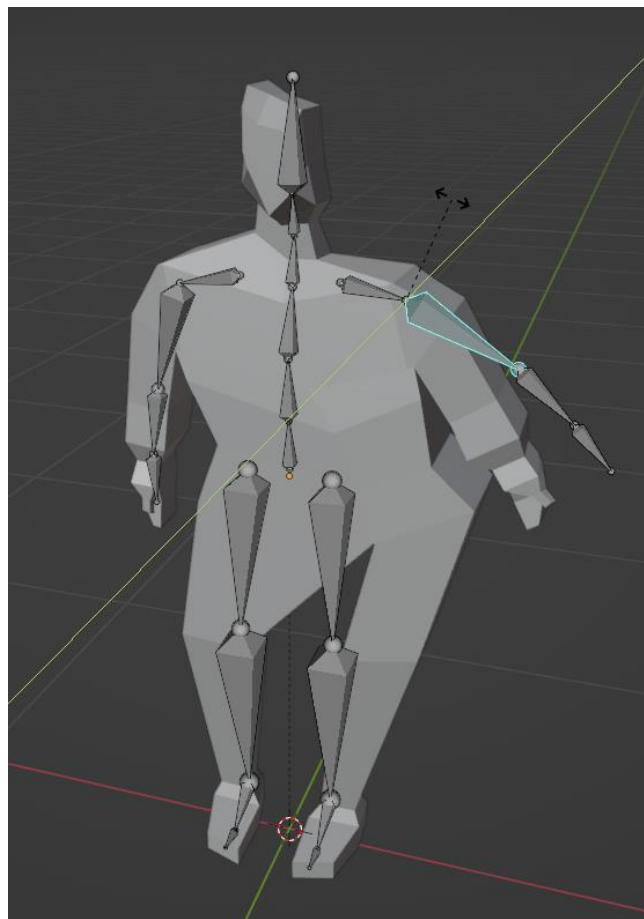
Slika 29: Rezultat zrcaljenja kostiju preko X osi

Također je potrebno obaviti sljedeći slijed naredbi: tipka „a“ (odabir svih kostiju) >> SHIFT+N (rekalkulacija vrijednosti *Roll*) >> opcija „Global +Y Axis“. Ovo je potrebno napraviti jer su zrcaljenjem „zaokrenute“ kosti desne ruke (i noge) te ih je stoga potrebno točno postaviti kako bi se animacije točno izvodile.



### 3.3. Konfiguriranje težina kostiju

Jedino što je još preostalo je povezati napravljeni koštani sustav s poligonalnim modelom (engl. *mesh*) ljudskog lika. To se može napraviti sljedećim nizom naredbi: lijevi klik na *mesh* >> SHIFT + lijevi klik na kosti >> CTRL + P >> unutar opcije „Armature Deform“ odabrati „With Automatic Weights“. To omogućuje automatsko podešavanje težina kostiju<sup>5</sup> za odabrani model. Sada bi trebali moći pokretati modele unutar okoline *Pose Mode*. Naime, ukoliko se pokuša pomaknuti jedna od kostiju, dolazi do vrlo neobičnog izobličenja modela (slika 30). Razlog tome je što Blender nije uspio točno kalibrirati težine te ih je stoga potrebno ručno konfigurirati. Postupak je opisan u sljedećem potpoglavlju.



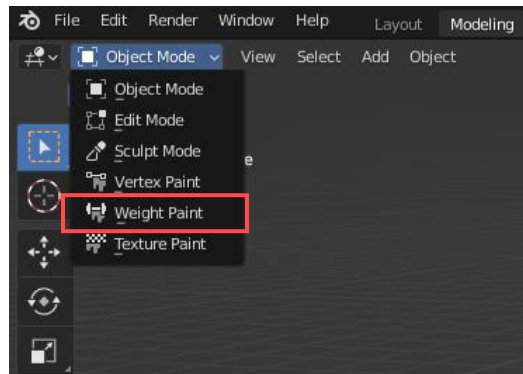
Slika 30: Čudno izobličenje modela povodom pomicanja kosti lijeve ruke

---

<sup>5</sup> Težina kosti određuje koliko pomicanje određene kosti utječe na deformaciju poligona modela koji je povezan s istim koštanim sustavom

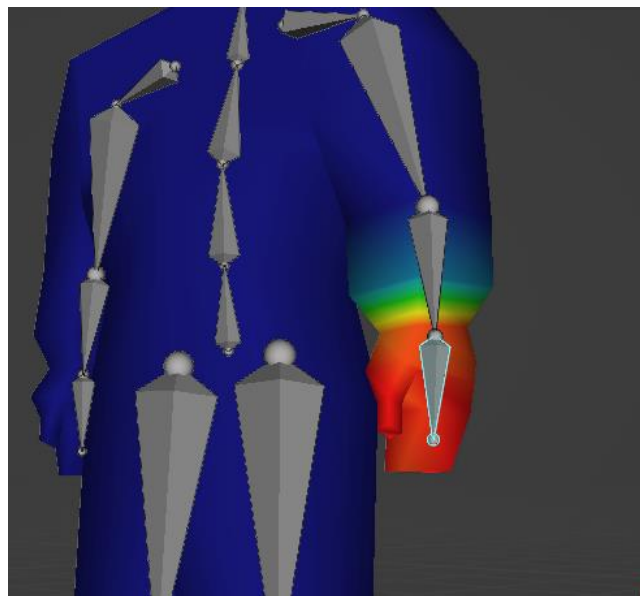
### 3.3.1. Ručno podešavanje težina kostiju

Za početak, potrebno je odabrati kostur te potom odabrati poligonalnu mrežu ljudskog lika (kombinacijom SHIFT + lijevi klik miša) i onda odabrati „Weight Paint“ okolinu rada (slika 31).



Slika 31: „Weight Paint“ okolina

U ovoj radnoj okolini moguće je odrediti koliko će određena kost utjecati na deformaciju određenih dijelova modela. Primjer raspodjele težina za jednu od kostiju napravljenog modela može se vidjeti na slici 32.



Slika 32: Težine za kost šake

Tamno plava boja prikazuje da pomicanjem označene kosti uopće ne utječe na deformaciju tih poligona dok crvena boja označava da ista kost potpuno utječe na deformaciju poligona. Na primjeru koji je prikazan na prethodnoj slici, kost šake potpuno

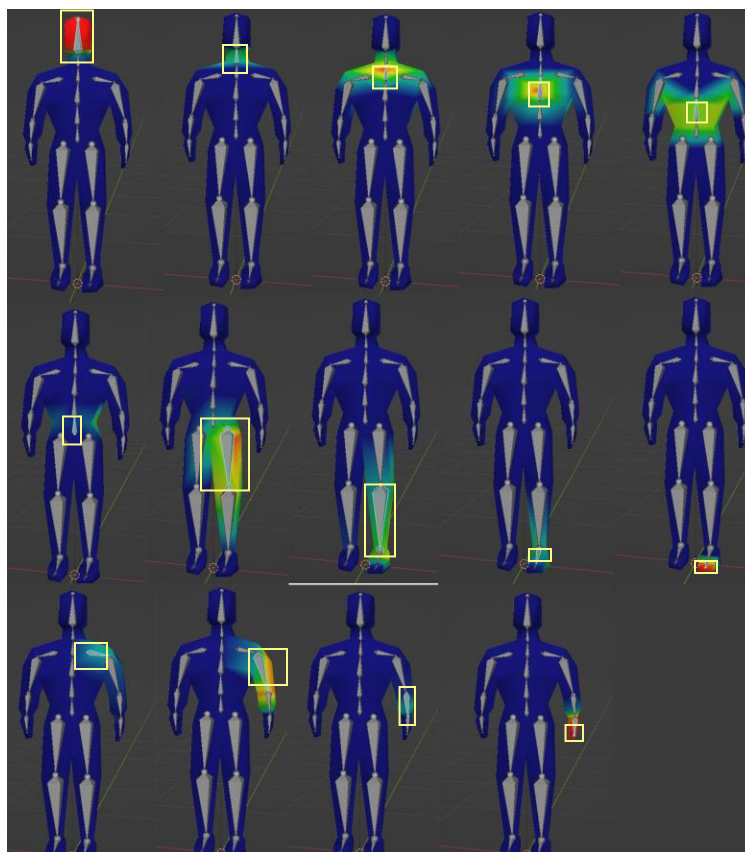
utječe na šaku modela (crvena boja) i slabije utječe na zglob šake (žuta/zelena boja) te uopće ne utječe na ostale dijelove tijela (tamno plava boja).

Blender omogućava definiranje težina za kosti pomoću alata poput kista. Moguće je namjestiti težinu koja se želi nanijeti, radijus kista te snaga kista<sup>6</sup> koja određuje koja se težina pridjeljuje određenom dijelu modela. Postavke kista vidljive su na slici 33.



Slika 33: Postavke kista

Prvo je potrebno odabrati kost za koju je potrebno odrediti težine (CTRL + lijevi klik miša). Nakon toga moguće je bojati težine za odabranu kost klikom lijevog miša. Na slici 34 prikazane su težine za sve kosti (s prednje strane) koje se nalaze u kosturu za napravljeni modela.

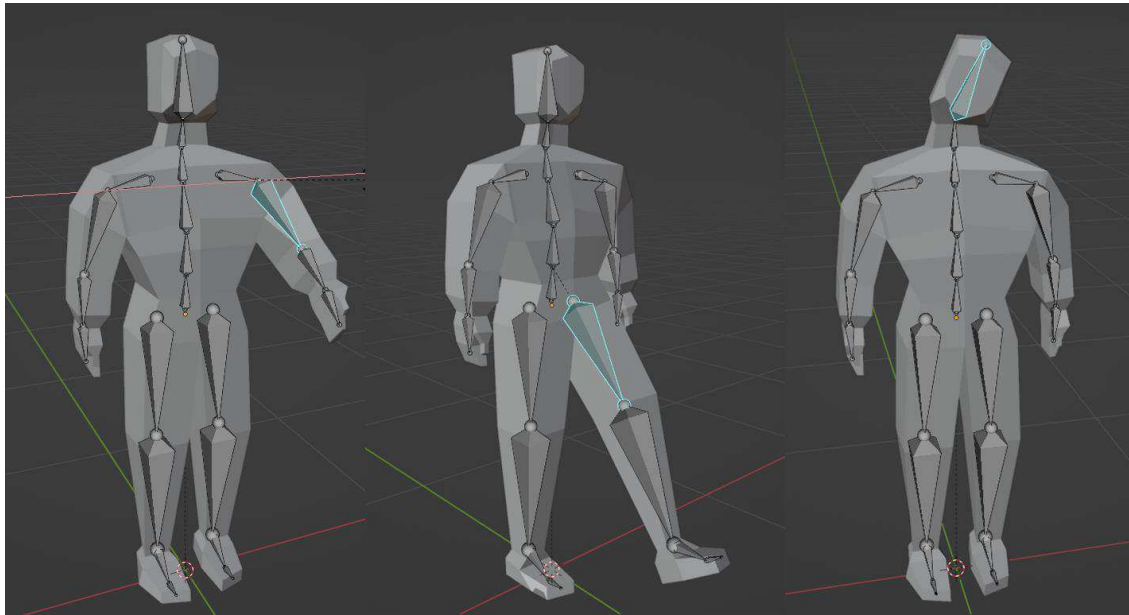


Slika 34: Prikaz težina kostiju s prednje strane

---

<sup>6</sup> Na primjer, ukoliko je težina koja se nanosi 0.7, a snaga kista je 1, onda će se lijevom klikom miša na vrh nanijeti težina od 0.7 za odabrani vrh. U slučaju da je težina 0.7, a snaga kista 0.5, onda će se nanijeti težina 0.35 (rezultat množenja  $0.7 * 0.5$ ).

Primjer pomicanja dijelova tijela s točno podešenim postavkama težina kostiju može se vidjeti na slici 35.



Slika 35: Pokreti s točno podešenim postavkama težina kostiju

Sad kada je napravljen model ljudskog lika i točno postavljen kostur za upravljanje pokreta modela moguće je krenuti u izradu animacija za napravljeni model.

## 4. Izrada animacije ljudskih modela

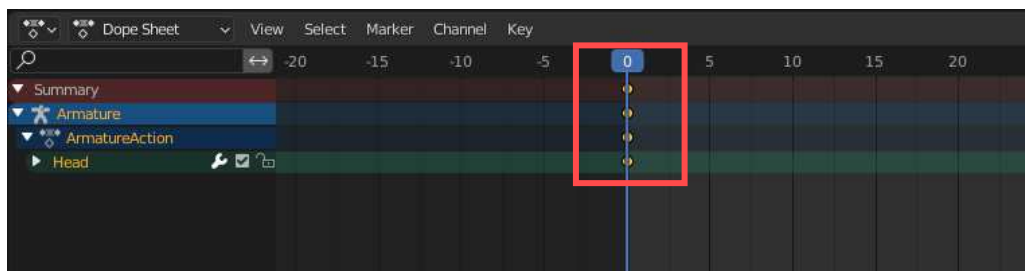
Kao što je napomenuto na početku, za izradu animacija će se također koristiti Blender. Za početak potrebno je otići u „Animation“ okolinu unutar koje se nalaze svi potrebni alati za kreiranje i spremanje animacija za određeni objekt.

Pritiskom na tipku „Animation“ otvara se sučelje koje sadrži alate potrebne za izradu animacija. Dijelovi sučelja prikazani su na slici 36.



Slika 36: Sučelje u "Animation" okolini

Ključni dio sučelja je „Dope Sheet“ traka (označen crvenom bojom). U njemu će se uređivati cijeli tijek micanja modela čovjeka pomoću ključnih okvira (engl. *keyframes*). Oni označavaju da se u određenom trenutku promijenila vrijednost (položaj, rotacija ili neka druga značajka modela). Na primjer, ukoliko pomaknemo glavu, pojavit će se ključni okvir na traci koja označava da se u 0. vremenskoj točki dogodila promjena (slika 37).

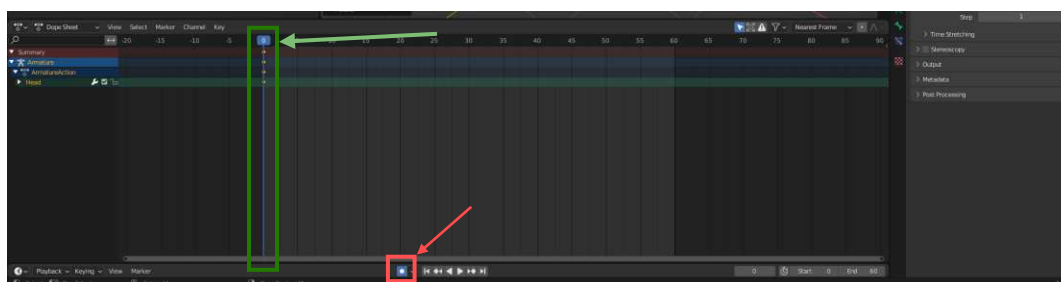


Slika 37: Postavljanje ključnih okvira

Pomicanje dijelova tijela moguće je u zeleno označenom prozoru (slika 36; potrebno biti u *Pose mode* okolini). Korištenjem ove tehnike će se napraviti animacija za šetanje.

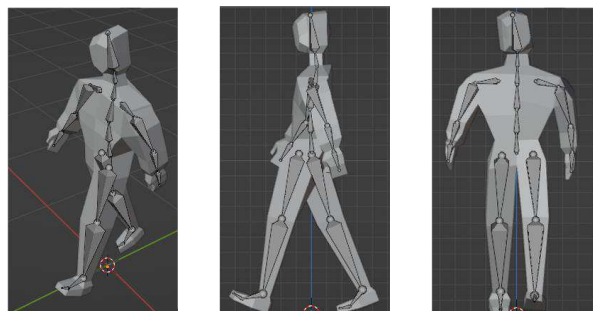
## 4.1. Izrada animacije za šetanje

Prije početka izrade animacije, potrebno je upaliti opciju „Auto Keying“ koja se može pronaći na dnu sučelja programa (slika 38).



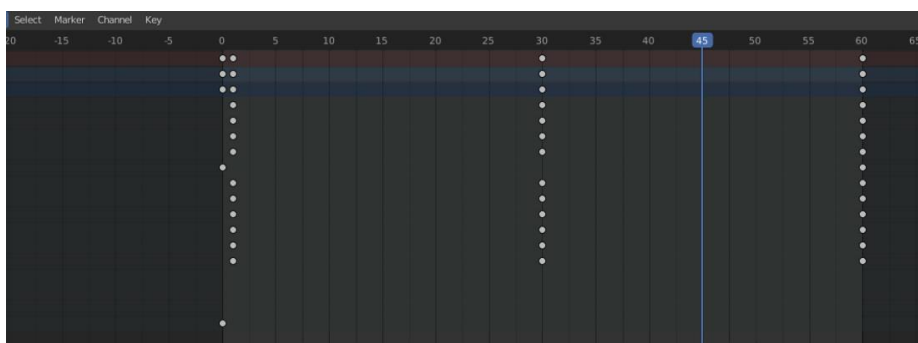
Slika 38: Opcija "Auto Keying"

Za početak potrebno je postaviti plavu traku na 0. okvir (engl. *frame*) animacije kao što je na slici 38 (zeleni strelica). U početnom trenutku potrebno je napraviti inicijalni položaj tijela pomicanjem i rotiranjem kostiju unutar *Pose mode* okoline. Krajnji rezultat prikazan je na slici 39.



Slika 39: Inicijalni položaj tijela (+ profil sa strane i od naprijed)

Sada kada je napravljen inicijalni položaj modela, potrebno je kopirati napravljene ključne okvire (engl. *keyframes*) u 0. okviru animacije tako da ih držanjem lijevog klika miša sve odaberemo te kliknemo kombinaciju tipki CTRL+C. Potom je potrebno na kraj animacije (u ovom slučaju 60. okvir animacije) postaviti te iste podatke. To je moguće napraviti tako da se plava traka postavi na 60. okvir te se pritisne kombinacija tipki CTRL+V. Nakon toga potrebno je na sredini animacije (u ovom slučaju 30. okvir) postaviti inverzni položaj od inicijalnog (druga ruka te druga noga trebaju biti naprijed). Za to je potrebno prvo postaviti plavu traku na 30. te potom pritisnuti kombinacija CTRL+SHIFT+V. Prethodno navedena kombinacija tipki omogućuje da kopiramo ključne okvire, ali tako da su okrenuti (engl. *flipped*). Nakon svih navedenih koraka, traka za animaciju bi trebala izgledati kao na slici 40.

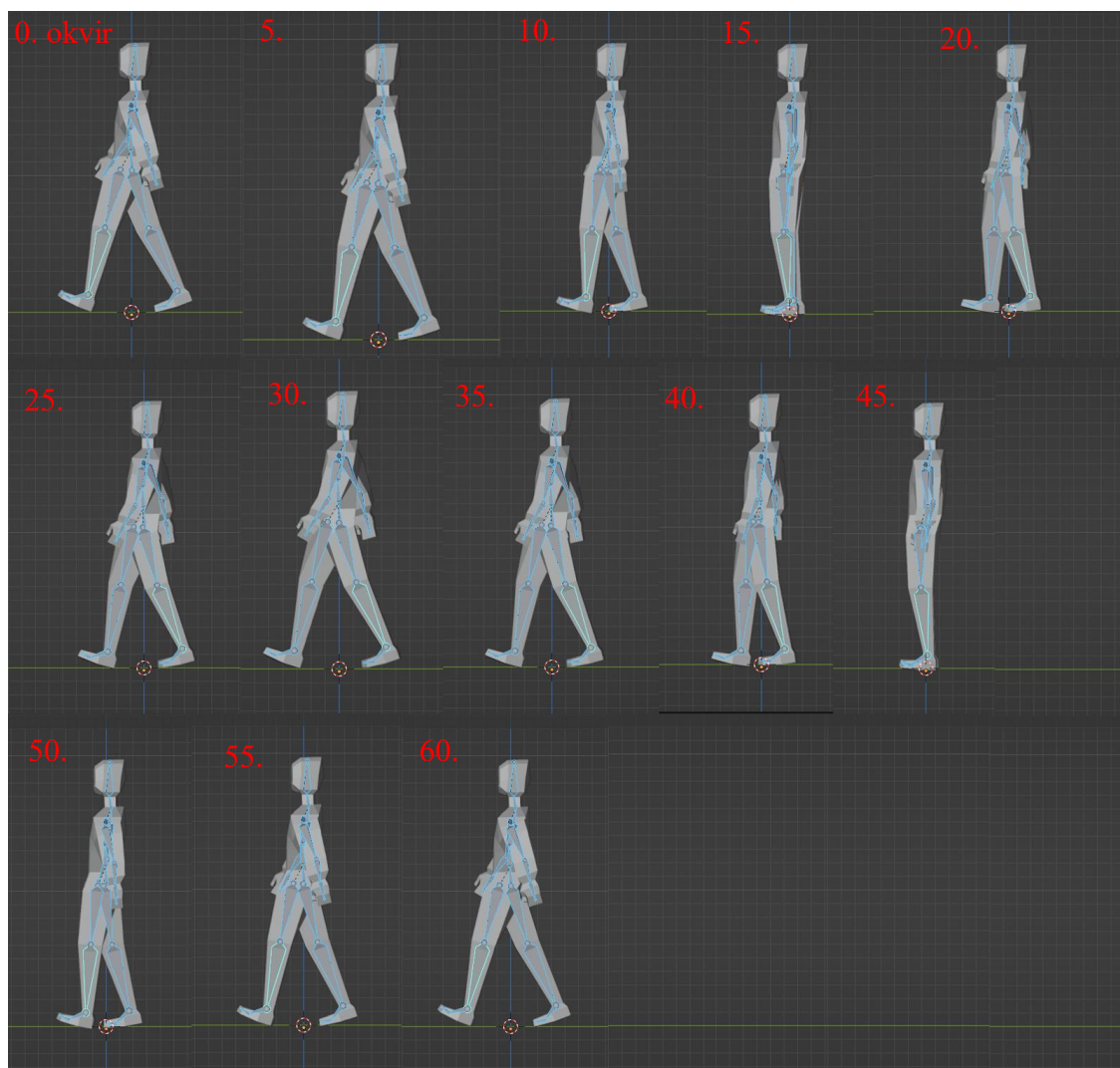


Slika 40: Animacija hodanja modela ljudskog lika

Sada kad je napravljena animacija, pritiskom tipke *Spacebar* može se vidjeti pokretanje animacije iz kamere u plavo označenom prozoru (slika 36).

Prikaz animacije može se vidjeti na slici 41 te u videozapisu putem poveznice: <https://youtu.be/m8xtPCYRqI>.





Slika 41: Animacija šetanja (svaki 5. okvir)

Iako animacija radi, pokreti modela izgledaju vrlo neprirodno. To je moguće poboljšati tako da se u nekoliko ključnih okvira detaljnije i točnije podese položaji nekih dijelova tijela (npr. da noga nije ravna tijekom cijele animacije, nego samo kada je pri tlu). Nakon nekoliko optimizacija, animacija izgleda puno bolje. Animaciju s optimizacijom moguće je vidjeti u sljedećem videozapisu: <https://youtu.be/62mSzBrr1hI>.

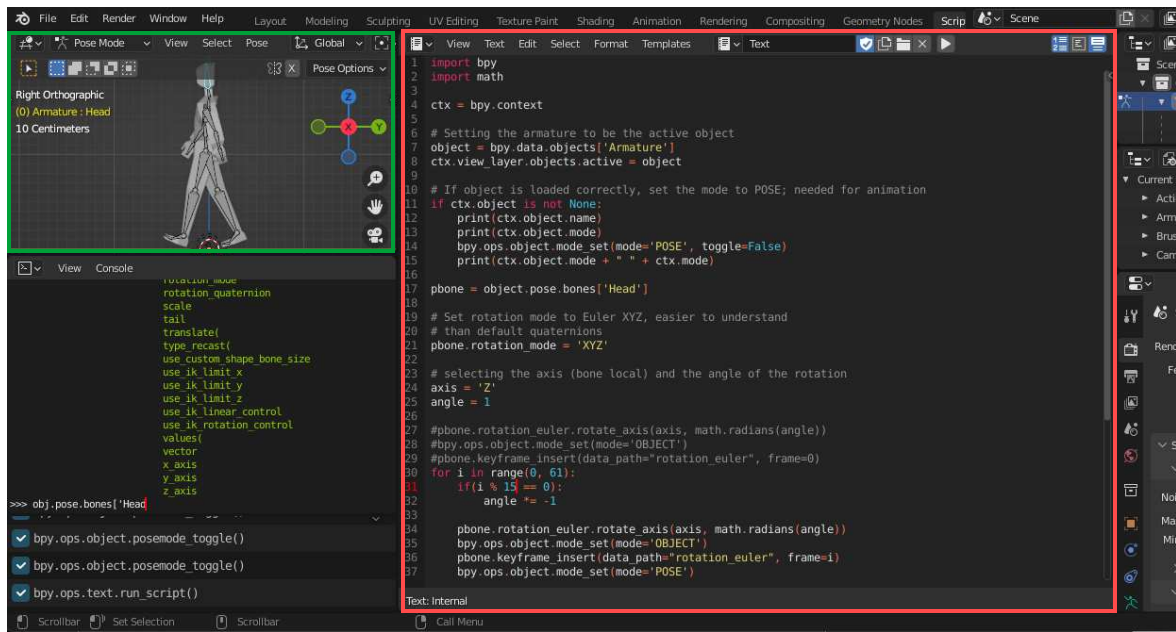
## 4.2. Izrada animacije s programskim kodom

Uz prethodno opisani način animiranja objekata, u Blenderu je također moguće animirati pomoću programiranja. Pomoću programskog jezika Pythona i vrlo fleksibilne



biblioteke *BPY* (skraćeno od Blender Python) moguće je, pomoću programskog koda, pristupiti mnogim različitim podacima o objektima unutar scene.

Za početak, potrebno je otići u okolinu „Scripting“ (slika 42). U ovoj okolini moguće je pisati kôd u velikom prozoru (označen crvenom bojom) te vidjeti sve promjene u malom prozoru (označen zelenom bojom).



Slika 42: Okolina „Scripting“

Glavni alat za rad u Blenderu pomoću programiranja je biblioteka *BPY*. Ona sadrži informacije o svim objektima koje se nalaze u sceni, sadrži kontekst u kojem se aplikacija trenutno nalazi (npr. koja okolina je aktivna, koji je prozor unutar aktivne okoline aktivan ...) i mnoge druge informacije.

Za pristup kosturu modela koji je potreban za animaciju koriste se sljedeće naredbe:

```
object = bpy.data.objects['Armature'] # 'Armature' je naziv
                                         # kostura
```

Prije izrade animacije, potrebno je prvo postaviti odgovarajuću okolinu. Drugim riječima, potrebno je postaviti kostur kao aktivni objekt te nakon toga postaviti Blender u okolinu „Pose Mode“. To se može napraviti pomoću sljedećih naredbi:

```

ctx.view_layer.objects.active = object

# If object is loaded correctly, set the mode to POSE;
# needed for animation
if ctx.object is not None:
    print(ctx.object.name)
    print(ctx.object.mode)
    bpy.ops.object.mode_set(mode='POSE', toggle=False)
    print(ctx.object.mode + " " + ctx.mode)

```

Nakon što je postavljen aktivni objekt i okolina, moguće je krenuti s animiranjem modela. Za početak moguće je dohvatiti bilo koju kost pomoću `object.pose.bones[„Naziv kosti“]`. Za primjer će se koristiti kost glave:

```

pbone = object.pose.bones['Head']

```

Nakon odabira kosti, nad njome je moguće raditi različite akcije. U sljedećem kodu se obavlja rotacija kosti:

```

pbone.rotation_mode = 'XYZ'

axis = 'Z' #select local axis

angle = 1 #in degrees

for i in range(0, 61):
    if(i % 15 == 0):
        angle *= -1

    pbone.rotation_euler.rotate_axis(axis, math.radians(angle))

    bpy.ops.object.mode_set(mode='OBJECT')

    pbone.keyframe_insert(data_path="rotation_euler", frame=i)

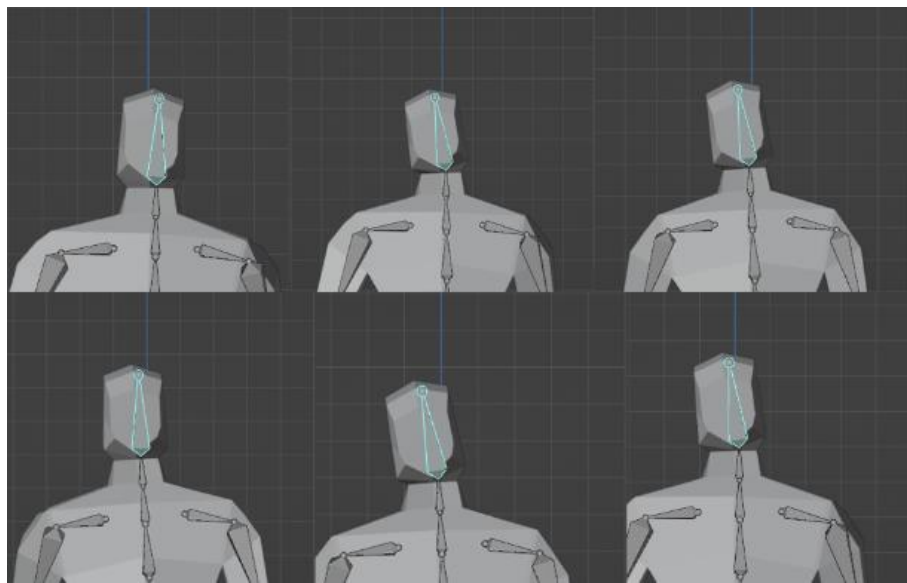
    bpy.ops.object.mode_set(mode='POSE')

```

Funkciji `pbone.rotation_euler.rotate_axis()` predaju se lokalna os po kojoj želimo okretati kost te kut za koji želimo okrenuti kost u radijanima. Nakon toga se

postavlja ključni okvir za rotaciju odabrane kosti objekta pomoću funkcije `pbone.keyframe_insert()` kojoj se predaju ime atributa koji se mijenja te u kojem okviru želimo postaviti ključni okvir. Budući da animacija traje 0. do 60. okvira varijabla `i` će postavljati vrijednosti za okvire u intervalu `[0, 60]`. Također, svaki 15. okvir se promijeni vrijednost varijable `angle` tako da glava ide lijevo pa desno. Moguće je postaviti početnu vrijednost varijable na neki veći ili manji broj ukoliko se želi povećati kut položaja glava svaki okvir.

Pokretanjem skripte će se postaviti ključni okviri te je moguće pokrenuti animaciju. Krajnji rezultat može se vidjeti na slici 43.



Slika 43: Rezultat nakon pokretanja skripte

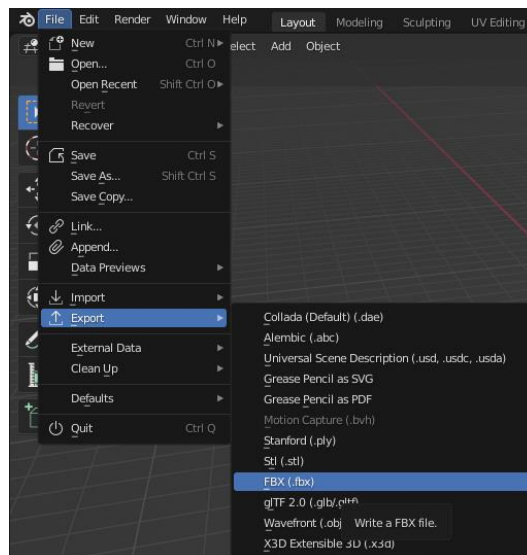
## 5. Korištenje ljudskih modela

U ovom poglavlju prikazuju se dvije primjene ljudskih modela koje su napravljene kao rezultati ovog rada te ću nabrojati još nekoliko dodatnih primjena u kojima su ljudski modeli potrebni ili korisni.

### 5.1. Ljudski modeli u video igrama

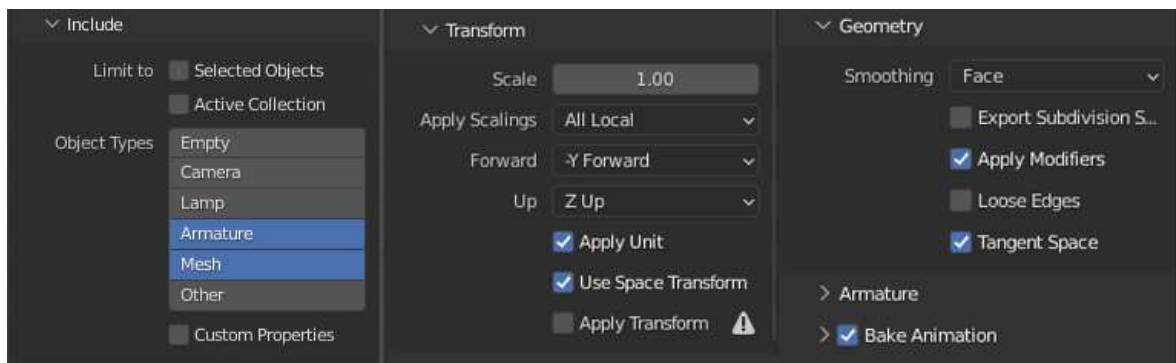
Za prikazivanje ove primjene koristiti će se Unreal Engine 5 zbog vlastitog iskustva s programskom okolinom te zato što omogućuje relativno jednostavno testiranje rada modela. Moguće pogreške prilikom uvoza spomenute su u potpoglavlju 5.1.1.

Za uvoz (engl. *import*) modela u Unreal Engine potrebno je prvo napraviti izvoz (engl. *export*) modela iz Blender-a. Za izvoz potrebno je u alatnoj traci odabrati sljedeći niz opcija: *File >> Export >> FBX (.fbx)*. Isti postupak prikazan je na slici 44.



Slika 44: Izvoz modela iz Blender-a

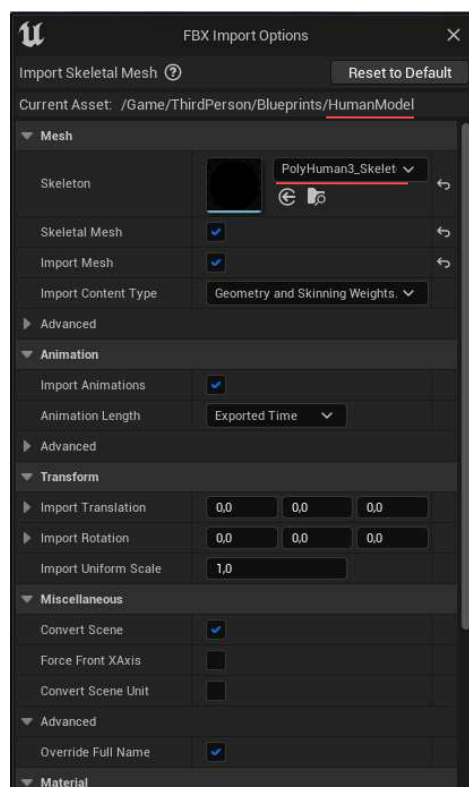
Nakon toga pojavljuje se prozor u kojem je potrebno postaviti postavke za FBX datoteku te lokaciju spremanja datoteke. Potrebne postavke za FBX datoteku prikazane su na slici 45.



Slika 45: Postavke za FBX datoteku

Jedino što je preostalo je specificirati lokaciju gdje će se nalaziti FBX datoteka modela i pritisnuti na tipku „Export FBX“. Sada je samo potrebno uvesti model u Unreal Engine.

Za uvoz u Unreal Engine potrebno je odabrati FBX datoteku i dovući je u Content Drawer koji se nalazi u sučelju Unreal Engine-a. Nakon toga pojavljuje se prozor u kojem je potrebno podesiti postavke za uvoz. Potrebne postavke nalaze se na slici 46. Budući da je model već uvezen, za „Skeleton“ opciju je odabrano „PolyHuman3\_Skeleton“, ali ukoliko se prvo put uvozi trebalo bi pisati „(imedatoteke)\_Skeleton“ (u ovom primjeru bi bilo „HumanModel\_Skeleton“).



Slika 46: Unreal Engine postavke za FBX datoteku

Nakon uvoza, u Unreal Engine-u se mogu pronaći model, njegove animacije i njegov koštani sustav (slika 47). Stavke „Animation Blueprint“ i „BlendSpace“ su potrebne za rad animacija modela. One nisu detaljno opisane u ovom radu (izvan dosega teme).

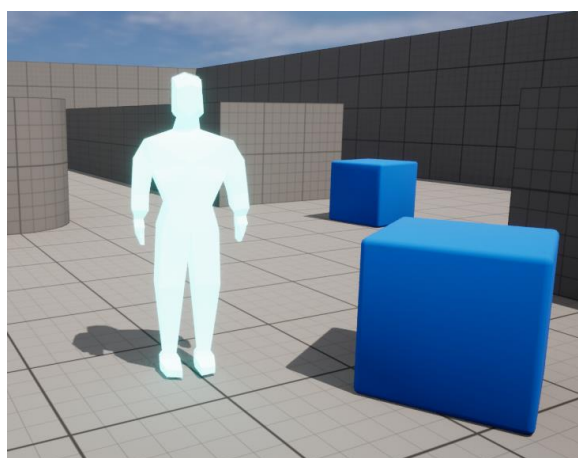


Slika 47: Uvoz modela u Unreal Engine

Sada je moguće uvesti model u igru ili ga koristiti kao model za glavnog igrača. Obje primjene su prikazane na slikama 46 i 47. Također je moguće vidjeti isto na videozapisu: <https://youtu.be/ig0YCiu3QSS>.



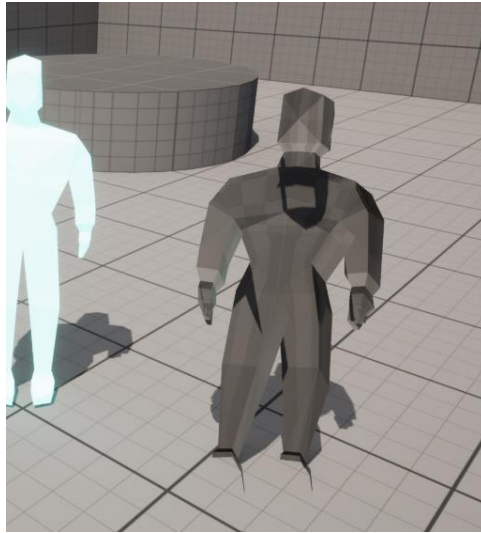
Slika 48: Korištenje modela u Unreal Engine-u – model



Slika 49: Korištenje modela u Unreal Engine-u – model glavnog igrača

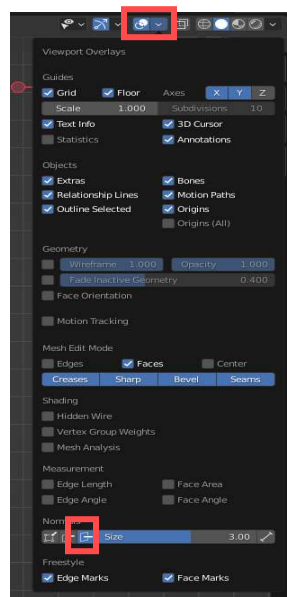
### 5.1.1. Moguće poteškoće pri uvozu modela

Postoji nekoliko poteškoća koje se mogu dogoditi prilikom uvoza modela u Unreal Engine (ili bilo koju drugu aplikaciju). Prva moguća poteškoća jest da se model prikazuje, ali samo njegovi poligoni iznutra. Vanjski poligoni koji bi trebali biti vidljivi se ne prikazuju. Opisani slučaj može se vidjeti na slici 50.



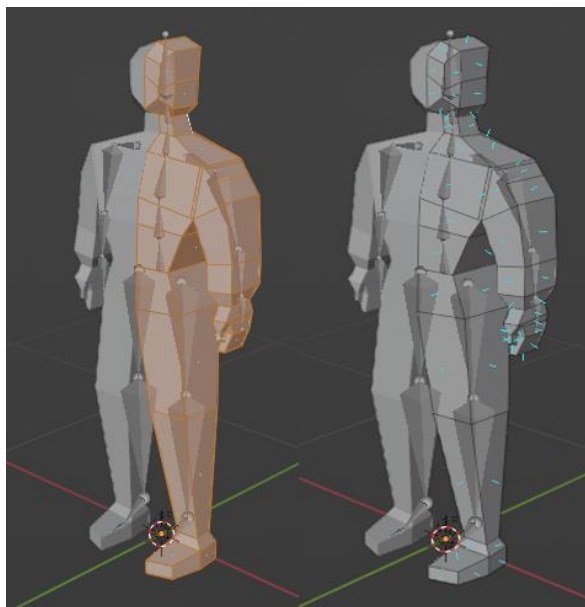
Slika 50: Poteškoće - čudan prikaz modela

Razlog ove pogreške su smjer normala poligona. U Unreal Engine-u (i u mnogim drugim programima) koristi se konvencija da normala uvijek mora pokazivati izvan modela. U Blender-u se također može vidjeti smjer normala tako da se odabere postavka u gornjem desnom kutu sučelja dok je aktivan *Edit mode* (slika 51).



Slika 51: Prikaz normala poligona

Nakon što se upali prikaz normala poligona, na modelu se ne vidi ni jedna normala. Razlog tome je krivi smjer normala (pokazuju u model). Za popravak ovog problema potrebno je napraviti sljedeći niz naredbi: 3 (omogućen odabir strana) >> tipka „a“ (odabir svih strana) >> Alt+N (izbornik za postavke normala) >> opcija „Flip“ (promjena smjera normala). Razlika prije i nakon promjene smjerova normala prikazan je na slici 52.



Slika 52: Krivo (lijevo) i dobro (desno) postavljene normale

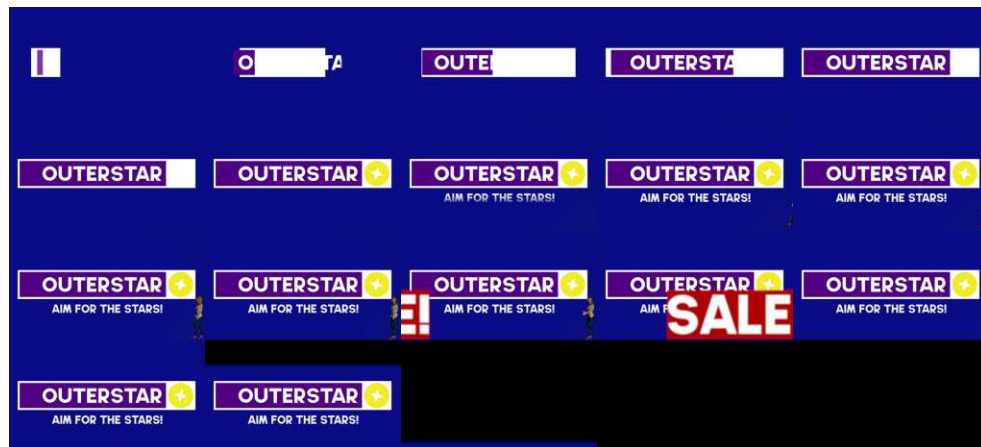
Još jedna pogreška koju je moguće napraviti prilikom uvoza u Unreal Engine je krivo podešavanje postavki unutar Blender-a. Za ispravan uvoz u Unreal Engine prvo je potrebno napraviti nekoliko malih promjena unutar Blender-a. Unutar „Scene Properties“ potrebno je postaviti „Length“ na mjernu jedinicu centimetri te za „Unit Scale“ postaviti vrijednost 0.01.

Nakon postavljanja ovih postavki, model je spreman za uvoz u okolinu Unreal Engine-a. Ukoliko se zaboravi na početku podesiti Blender na navedene postavke, one se mogu promijeniti i kasnije samo što će najvjerojatnije biti potrebno sve objekte skalirati jer će inače biti vrlo mali.



## 5.2. Ljudski modeli u televizijskim reklamama

Za izradu reklame koristio sam Adobe Premiere Pro i After Effects. Za model ljudskog lika koristio sam model s interneta<sup>7</sup>. Izgled reklame moguće je vidjeti na slici 53. Reklamu je također moguće vidjeti u video formatu klikom na sljedeću poveznicu: <https://youtu.be/GxqVAXpCYo4>.



Slika 53: Korištenje ljudskih modela u reklamama

Sljedeća poveznica prikazuje primjer korištenja ljudskih modela u pravoj TV reklamama: <https://youtu.be/KriBQVhsgZk>.

## 5.3. Ostale primjene ljudskih modela

Osim prijašnje navedenih primjera primjene, postoji još puno različitih područja u kojima se mogu koristiti 3D modeli čovjeka.

Jedno od područja u kojima se vrlo često koriste modeli su filmovi. Mnogi filmovi koriste modele jer postoje likovi za koje se puno više isplati napraviti model. Modeli se također koriste kako bi se napravila „skica“ neke scene filma prije nego što se uživo snima tako da se glumci mogu bolje pripremiti. Primjeri korištenja ljudskih modela u filmovima mogu se vidjeti na slici 54.

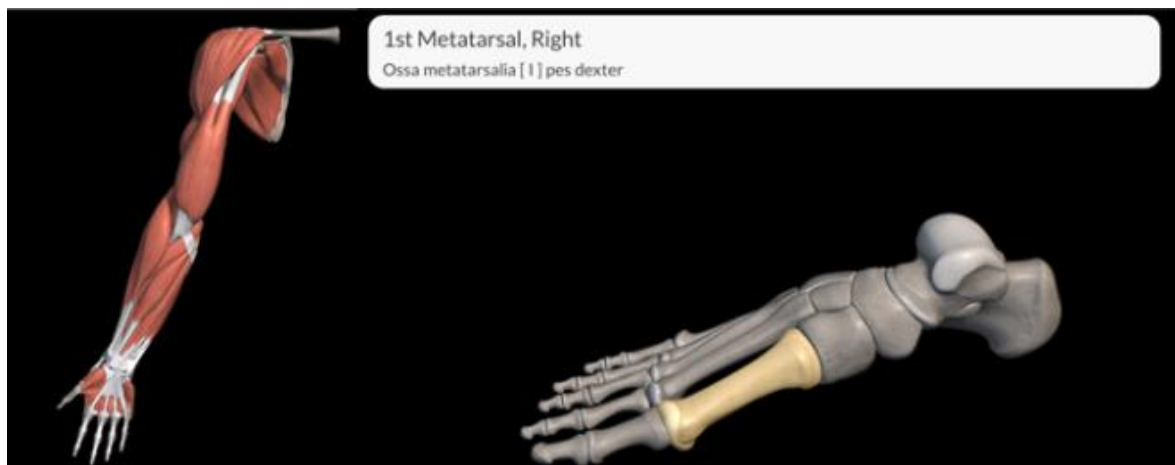
---

<sup>7</sup> <https://www.turbosquid.com/3d-models/3d-style-couple-casual-man-model-1387761>



Slika 54: Na'vi iz *Avatara* (lijevo) i Gollum iz *Lord of the Rings* (desno)

Još jedno područje u kojemu pomaže prikaz 3D modela ljudskog lika je medicina. On omogućuje detaljan prikaz koštanog sustava, živčanog sustava i ostalih sustava ljudskog tijela. Vrlo detaljan prikaz ljudskog lika može poslužiti kao vrlo edukativni alat za studente, ali i za profesionalce (npr. priprema prije operacije). Primjeri ovakve primjene prikazani su na slici 55.



Slika 55: Prikaz anatomije pomoću ljudskih modela

## 6. Moguća poboljšanja

Što se tiče poboljšanja, postoje mnogi različiti aspekti koji bi se mogli poboljšati na napraavljenom modelu.

Za početak, jedno od mogućih poboljšanja bi bilo dodavanje tekstura za ljudski model. Njihovim dodavanjem bi se povećala razina detalja na modelu te tijekom primjene ne bi bitno narušavale performanse programa. Ukoliko bi se povećao broj poligona i dodala realistična tekstura čovjeka, mogao bi se napraviti jedan vrlo detaljan model ljudskog čovjeka.

Osim izgleda modela, mogle bi se još dodatno poboljšati animacije. Jedan od načina je da se u određenim trenucima točnije podese određeni dijelovi tijela (kao što je napomenuto u poglavlju 4.1). Još jedan način na koji se mogu dodatno poboljšati animacije jest da se animacije naprave pomoću opreme za snimanje pokreta (engl. *motion capture*). Pomoću njega možemo snimiti prave pokrete čovjeka te ga prenijeti u program (poput Blendera) te iskoristiti za određeni objekt (u ovom slučaju ljudski model). Osim snimanja pomoću opreme za snimanje pokreta, danas je moguće i preko programa snimati pokret koji se može uvesti u Blender. Naime radi se o aplikaciji u koju se uveze snimak pokreta čovjeka koja onda pomoću umjetne inteligencije prepoznaje pokrete te ih sprema za uporabu u programu. Primjer takve aplikacije je: [plask.ai](https://plask.ai).

## Zaključak

Glavnu temu koju ovaj rad opisuje je izrada modela ljudskoga lika te izrada animacija za taj model. Nakon izrade modela i animacija pomoću Blendera, model se koristi i testira u simulaciji igre unutar programskog pogona Unreal Engine te se koristi za izradu televizijske reklame.

Postupak izrade ljudskog modela može biti vrlo kompliciran budući da se sastoji od puno koraka (izrada modela, izrada pokretnog sustava modela, izrada animacija modela, izrada teksture modela, mapiranje tekstura i mnogo drugih koraka). Samim time što se sastoji od puno koraka, uvijek postoji način kako se može poboljšati napravljeni model. Izrada kvalitetnog ljudskog modela zahtjeva jako puno vremena i iskustva kako bi se dobili optimalni rezultati koji bi se kasnije koristili u stvarnom svijetu. Osim iskustva s izradom modela, bitno je i iskustvo s programskom okolinom za izradu modela. Poznavanje okoline znatno ubrzava izradu modela te omogućuje minimalne pogreške tijekom izrade modela kako bi uvoz u neki drugu okolinu bio što jednostavniji.

Prilikom modeliranja ljudskog lika, napravljen je model s manjim brojem poligona (engl. *low poly*) kako bi se izbjegli složeniji dijelovi tijela poput ruku i lica. Napravljene animacije su potom korištene unutar Unreal Engine-a i reklame. Pri korištenju animacije unutar Unreal Engine-a bilo je potrebno postaviti nekoliko postavki kako bi animacije uspješno proradile, dok su za TV reklamu animacije radile od početka.

## Literatura

- [1] Blender Foundation, 9. ožujka 2022., *Blender 3.1 Manual*, <https://docs.blender.org/manual/en/latest/index.html>, pristupio 22. travnja 2022.
- [2] Blender Foundation, *Tutorials – blender.org*, <https://www.blender.org/support/tutorials/>, pristupio 22. travnja 2022.
- [3] PIXXO 3D, 24. svibnja 2021., *Tutorial: Blender MODELLING For Absolute Beginners - Simple Human*, <https://www.youtube.com/watch?v=9xAumJRKV6A>, pristupio 23. travnja 2022.
- [4] Baolong Zhang, 8. studeni 2015., *Realtime character : Khaleesi Unreal engine 4*, <https://youtu.be/MK64twSZrA0>, pristupio 23. travnja 2022.
- [5] Puppet Combo, 23. listopad 2020., *Murder House*, [https://puppetcombo.fandom.com/wiki/Murder\\_House](https://puppetcombo.fandom.com/wiki/Murder_House), pristupio 25. travnja 2022.
- [6] Gordon Vart, 13. prosinac 2020., *How to Create Blender Animation for Unreal*, <https://www.youtube.com/watch?v=AEmz-1RQDoQ>, pristupio 25. svibnja 2022.
- [7] Epic Games, 19. travnja 2022., *Unreal Engine 5 Documentation*, <https://docs.unrealengine.com/5.0/en-US/>, pristupio 25. svibnja 2022.
- [8] Matt Aspland, 6. svibnja 2020., *How To Make An Animation Blueprint And Blendspace – Unreal Engine 4 Tutorial*, pristupio 25. svibnja 2022.
- [9] Josh Spiegel, 9. svibanj 2019., *The best CGI characters in movie history*, <https://screencrush.com/best-cgi-characters-in-movies/>, pristupio 28. svibanj 2022.

# Sažetak

## Modeli ljudskih likova

U ovom završnom radu napravljena je izrada modela ljudskog lika, izrada sustava za pokretanje te animacije. Izrada navedenog modela i njegovih animacija napravljena je pomoću programa Blender. Animacije su napravljene pomoću grafičkog sučelja Blendera te programskog koda Python. Navedeni model se koristio unutar simulacije igre u programskom pogonu Unreal Engine te se također koristio za izradu reklame u kojima se mogu vidjeti izgled i primjena napravljenog modela te njegove animacije.

**Ključne riječi:** Izrada modela, model ljudskog lika, sustav za upravljanje pokreta, animacije, Blender, Unreal Engine 5

# Summary

## Human character models

The main theme of this thesis is the creation of a human character model, rigging system for the model and animations. The model was created with a 3D modelling program called Blender. The animations were made using the graphical interface of the program and some programming code in Python. The model was used in a game simulation via the Unreal Engine game engine and in the making of a commercial ad where the model and its animations can be seen in operation.

**Key words:** Model creation, human character model, rigging system, animations, Blender, Unreal Engine 5

# Privitak

## **Datoteke korištene u ovom radu**

Sve datoteke koje su korištene u ovom radu dostupne su na sljedećoj poveznici:

<https://github.com/Wuffl/final-work>