

**TEHNOLOŠKI PROCES IZRADA KOMPJUTERSKE ANIMACIJE****THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF COMPUTER ANIMATION PRODUCTION**Vladimir Jugović, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – Predmet rada je upoznavanje sa tehnološkom izradom kompjuterske animacije, njenim radnim tokom, ugledajući se na pristup rešavanju problema tokom izrade tradicionalne i stop moušn animacije, zadovoljavajući osnovne principe animacije.

**Ključne reči:** Rašunarska grafika, Tehnološki proces, Kompjuterska animacija.

**Abstract** – The basis of this paper is the acquaintance with the technological process of computer animation production and the influence traditional animation and stop motion have on it's pipeline.

**Keywords:** Computer graphics, Technological process, Computer animation.

**1. UVOD**

Danas kada se govori o animiranom filmu kao vidu filmske umetnosti, obično se uzima u obzir proizvod koji je kreiran upotrebom kompjuterskih softvera i periferija.

Rapidni razvoj kompjuterske tehnologije, a time i grafičke, proteklih decenija doprineo je migraciji različitih procesa kreiranja i obrade podataka, namenjeni za proizvodnju animiranih filmova, iz fizičkog oblika u digitalni.

Zbog toga, animacija dobijena starijim tehnološkim postupkom izrade dvadesetog veka, iz ekonomskih razloga biva zapostavljena te dobija naziv tradicionalna animacija. Iako se danas celokupni tradicionalni proces izrade ne praktičuje, pojedini pristupi rešavanju problema određenih segmenata izrade se i dalje primenjuju u kompjuterskoj animaciji.

**2. TEORIJSKI DEO**

Teorijski deo rada obuvata uvid u osnovne pojmove koje čine animaciju, principe animacije i produkcijski pajplajn izrade tradicionalne, stop moušn i kompjuterske animacije.

**2.1. Percepcija pokreta**

Animirani film u svojoj osnovi pruža gledaocu mogućnost da percipira pokret.

Percepcija pokreta nastaje posmatranjem sekvencijalnih slika i zasnovana je na optičkoj iluziji zvana beta fenomen.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Uroš Nedeljković, vanredni profesor.

Nakon pada svetlosnog snopa na mrežnjaču, u zavisnosti od njenog inteziteta, čulna memorija zadržava tu informaciju u periodu od jedne desetine sekunde. Kada izmene svetla nastaju brže od samog perioda zadržavanja, oko nije u stanju da ih registruje. U tom slučaju, promene ostaju nezapažene ili se reprodukuju kao jedna neprekidna slika.

Prilikom gledanja filma na bioskopskom platnu, stiče se utisak da je platno konstantno osvetljeno brzom izmenom slika. Međutim, u malom vremenskom periodu, prilikom zamene slike novom, platno nije osvetljeno. Oko nije u stanju da registruje ovakvu izmenu ukoliko se sukcesivne slike smenjuju dovoljno brzo [1].

**2.2. Principi animacije**

Paralelno sa izumom filma, animacija je početkom dvadesetog veka kao nova umetnost i industrijska grana bila opravdano ograničena neiskustvom umetnika.

Vremenom su umetnici različitih animacionih kompanija pod pritiskom konkurencije bili prinuđeni da pronalaze nove metode i tehnike animiranja.

Nove metode i tehnike bi ubrzavale proces animiranja, uvećavale osećaj realizma i doprinosile dopadljivošću animaciji.

Kompanija Dizni je već početkom druge polovine dvadesetog veka prednjačila u odnosu na ostale konkurente svojim fluidnim i dopadljivim animacijama likova.

Umetnici ove kompanije su pospešavali svoje metode animiranja posmatrajući i analizirajući glumce u pokretu kako uživo tako i na filmu. Proučavanjem kretanja, animatori su izmišljali pojedinačne procedure animiranja koje bi donosile predvidljive ishode u produkciji. Te procedure su vremenom postepeno preformulisane u dvanaest fundamentalnih principa animacije.

Fundamentalni principi animacije su : gnječenje i istežanje, anticipacija, izvođenje nastupa, prateća i preklapajuća akcija, sukcesivno animiranje i animiranje od poze do poze, ubrzavanje i usporavanje akcije, kretanje u lukovima, sekundarna akcija, tajming, preuveličavanje, jasnoća i dopadljivost [2].

**2.3. Izrada animacije**

Tok izrade, ili pajplajn izrade (engl. pipeline) je industrijski termin koji se odnosi na definisanje svih procesa izrade proizvoda uključujući i njihov redosled. Za pajplajn se može reći da je sredstvo koje spaja sav rad umetnika pri izradi proizvoda.

Pajplajn je zasnovan na principu industrijske montažne trake, kojoj se prilažu gotovi delovi proizvoda i prosleđuju u nizu kako bi se na kraju spojile u namenjen finalni oblik. Za razliku od izrade fabričke robe, tok izrade umetničkog kreativnog proizvoda, kao što je animirani film, inkorporira cikličan pregled, odnosno cikličnu recenziju proizvoda na osnovu čega se proizvod i sam pajplajn, ukoliko je nužno, modifikuje.

Ključni izazov animacionog pajplajna je predviđanje problema procesa izrade pre nego što se manifestuju. Na taj način, pajplajn se formira prvenstveno istraživanjem osnovnih faktora kao što su broj animacionih sekvenci, raspodela zadataka i broj umetnika koji će raditi, čuvanje podataka i mnogih drugih.

Tok izrade svake vrste animacije se može podeliti na tri faze: predprodukcija, produkcija i post-produkcija [3].

#### 2.4. Tehnološki proces izrade tradicionalne animacije

Tradicionalna animacija je tehnika oblikovanja animacije u kojoj se elementi kadra pretežno crtaju rukom nakon čega se precrtavaju i boje na transparentnim celuloidnim folijama.

Izrada tradicionalne animacije sadrži sledeće procese: skiciranje probne animacije, dokumentovanje listovima ekspozicije, preslikavanje i bojenje na celuloidnu foliju, snimanje kamerom, snimanje zvuka i sinhronizacija zvuka.



Slika 1. Primer animacionog cela sa naslikanim likom.

#### 2.4. Tehnološki proces izrade stopmoušn animacije

Stop moušn animacija je tehnika animiranja koja se dobija manipulacijom fizičkih objekata na sceni. Fotografisanjem individualnih inkrementalnih pomeraja objekata stiče se iluzija kretanja. Ovakvom tehnikom, animator je limitiran na animiranje koje se zasniva na principu kadar po kadar, te svaka izmena zahteva ponovno snimanje. Zbog toga animator, tokom pred-procesa, prvo razrađuje plan pomoću dvodimenzionalne animacije, drugačije zvan animatik, po čijoj će referenci pokretati objekte na setu.

Prema materijalu koji se koristi za oblikovanje, stopmoušn animacije se deli na marionetsku animaciju, animaciju glinom, piksilaciju i kolažnu animaciju.

Tehnološki proces izrade marionetske animacije se zasniva na kreiranju lutke vajanjem, postavljanju armature u kalup pomoću kog se vrši livenje lutke, nakon čega se ona boji. Pristup izrade marionete pomoću vayanja i bojenja i njena manipulacija pomoću armature se umnogome primenjuje u kompjuterskoj 3D animaciji.

Marionetska stopmoušn animacija je karakteristična prema načinu na koji se animiraju lica lutaka. Prema tehnici izrade animacionih lica one se dele na gninenu animaciju lica i animacija zamenljivih lica koji se izrađuju pomoću tehnologije 3d štampe [4].



Slika 2. Minijturni stopmoušn set sa lutkama i animator

#### 2.5. Tehnološki proces izrade kompjuterske animacije

Izrada animacije pomoću kompjuterske grafike sadrži procese čiji se pristupi rešavanja problema zasnivaju na procesima koji se primenjuju u tradicionalnoj i stopmoušn animaciji.

Procesi koji se primenjuju pri oblikovanju kompjuterske animacije su predprodukcijski kao što su pisanje priče, storiborda, vizuelni razvoj okruženja i lika. Produkcijski deo radnog toka izrade kompjuterske animacije sadrži procese kao što su plan lika, modelovanje, teksturisiranje, rigovanje, animacija, osvetljenje i renderovanje scene.

Postprodukcijski deo izrade sadrži proces kompozitovanja tokom kog se uklapaju svi izrenderovani elementi u vidu slojeva rendera. Kompozitovanje se vrši po ugledu na fotografisanju slojeva celova u tradicionalnoj animaciji pomoću multiplanarne ili setbek kamere [5].

### 3. PRAKTIČAN DEO

U okviru praktičnog dela rada prikazan je uprošćen niskobudžetni radni tok pri oblikovanju kratkog animiranog filma kompjuterskom tehnikom izrade.

Za realizaciju praktičnog rada korišćene su moderne softverske aplikacije koje prednjače po popularnosti, pristupačnosti, pojednostavljenom upravljanju i dobrim korisničkim servisom. Ovi programi se mogu kategorisati prema primeni u radnom toku izrade, među kojima su: Adobe Photoshop, Pixologic Zbrush, Autodesk 3ds Studio Max, Substance Painter, Autodesk Maya i Adobe After Effects.

#### 3.1. Uspostavljanje priče

Priča je svedena na kratki improvizovani geg koji uključuje radnju protagoniste trapave prirode kroz interakciju sa predmetom u sceni.

Bezbrzišnim kretanjem samopouzdanog lika kroz scenu, stiče se određena anticipacija nadolazeće interakcije u kojoj lik namerava da podigne predmet. Geg nastaje u trenutku kada se objekat neočekivano odupre, iznenađujući i samog protagonistu stavljajući ga u neugodnu poziciju. Posle drugog neuspelog pokušaja, glavni lik prihvata nove uslove situacije i kako bi prikrio neugodnost, bezbrzišno se oslanja o predmet.

Predmet se u ovom trenutku neočekivano izmiče, terajući glavnog lika da se spotakne, gde gledalac, već naviknut na nov odnos subjekta i objekta, biva iznenađen po drugi put, doprinoseći komičnom efektu.

### 3.2. Vizuelni razvoj lika i okruženja

Drugi korak pred-produkcijske faze izrade podrazumeva sagledavanje priče, na osnovu koje se karakter i okruženje konceptuju. Kako je u pitanju prezentacija gega koji nastaje interakcijom jednog subjekta i jednog objekta, sama radnja je situirana u malom okruženju koji može biti obuhvaćen jednim kadrom. Glavni lik priče je konceptovan u vidu iskarikiranog Vikinga, koristeći se pravilima dizajniranja lika, odnosno pomoću osnovnih geometrijskih oblika kao što je opisano u teorijskom delu rada. Silueta lika je formirana pomoću trouglastih oblika i oštrog uglova kako bi se na prvi pogled dočarala neustrasiva priroda Vikinga. Na drugi pogled, pravougaoni i zakrivljeni oblici tela ističu dobroćudan karakter.



Slika 3. Koncept lika animacije

### 3.3. Kreiranje storiborda

Nakon vizuelnog razvoja lika i okruženja, planiranje same animacije se postiže vizualizacijom upotrebom storiborda. Tokom ovog procesa, skicirani su ključni momenti radnje u kojima se jasno definišu poze glavnog lika, njegova pozicija u sceni i redosled radnje.

### 3.4. 3D modelovanje lika i okruženja

Prvi proces izrade 3D animacije podrazumeva olikovanje 3D modela scene, a obuhvataju model glavnog lika, rekvizite i pozadinske modele. Koristeći se planom lika koji je dobijen tokom vizuelnog razvoja, proporcije glavnog lika se ustanovljavaju metodom boks modelovanja. U trenutku kada su osnove vizuelnog koncepta zadovoljene, model se prebacuje u softversku aplikaciju namenjena za digitalno vajanje.

Kako je u pitanju niskobudžetna izrada u kojoj raspoloživi uređaji sporo procesuiraju softverske operacije tokom animiranja hajpoli modela, kreiraju se loupoli verzije metodom retopologije. Radi boljeg razvijanja UV mape, topologija modela je svedena na ravnomernu raspodelu poligona. Istim pajplajnom su izmodelovani pozadinski rekviziti namenjeni za set dressing okruženja. Pored frontalnih trodimenzionalnih elemenata kao što su stabla, kamenje i drveće, korišćen je postupak oblikovanja dalekih pozadinskih elemenata od dvodimenzionalnih slika na kojima su nacrtane siluete drveća. Ovim rešenjem dobija se željeni efekat paralakse pri pokretu kamere po ugledu na tehniku setbek kamere tradicionalne animacije.

### 3.5. Teksturisanje lika

Nakon razvijanja UV mape loupilija, detalji hajpoli modela se bejkuju u vidu teksturalnih mapa, pomoću softvera koji je namenjen za teksturisanje. Koristeći se

vizuelnim planom, pored bejkovanih mapa, modelima se nanose boje i naknadno iscertavaju dodatni detalji. Ovaj proces nalikuje procesu bojenja marionete koja se dobija tokom izrade stopmoušn animacije. Na kraju procesa dobijene mape koje se koriste za definisanje šejdera su kolor, normal, mapa hrapavosti i metalik mapa.



Slika 4. Teksturisani 3D modeli lika i predmeta

### 3.6. Rigovanje lika

Kako bi se implementirali specifični principi animacije u stilizovanom kratkom animiranom filmu, humanoidni lik obuhvata kompleksan rig. Pored osnovnog hijerarhijskog skeleta, koriste se dodatni skeletni sklopovi koji pružaju mogućnost animiranja po principu gnječenja i istežanja, poznati u animacionoj industriji kao streči rig

Za rig lica lika upotrebljena je blendšejp metoda deformacije. Po ugledu na metodu animiranja zamenljivih lica stopmoušn animacije, upotrebljavaju se zasebni modeli glave lika sa ekspresijama. Za svaku ekspresiju koristi se kopija originalnog modela, koja se digitalno vaje.



Slika 5. Rig lika u vidu skeleta i kontrola

### 3.7. Animacija lika

Za ostvarivanje stilizovnog tipa animacije po ugledu na tradicionalne crtane filmove, za ovaj rad izabran je artistski tip animiranja. Izabrani frejmejnt animacije ima vrednost od 30 fps zbog čega pokreti deluju fluidniji od tradicionalne animacije koja praktikuje upotrebu od 24 frejma po sekundi.

Prema storibordu, animacija je podeljena na više nadovezujućih segmenata, odnosno radnji, na osnovu kojih se postavljaju poze ekstrema. Tokom ovog procesa primenjuju se kombinacija principa animacije kao što su princip animiranja od poze do poze i sukcesivnog animiranja. Raspoređivanjem kifrejmovih ekstrema po vremenskoj liniji primenjuje se princip tajminga i spejsinga. Upotrebom principa gnječenja i istežanja u kratkim vremenskim intervalima, postiže se na suptilan način dopadljiva animacija. Takođe, za ovaj rad je obimno korišćen princip prateće i preklapajuće akcije. Kretanjem pratećih elemenata glavnog lika kao što su brada, brkovi, kosa, plašt i kaciga, bolje se dočarava fluidnost cele radnje.

Poslednja faza animiranja predstavlja recenziju celokupne animacije i njeno naknadno obrađivanje upotrebom kriva u vidu bezije kriva.



Slika 6. Isečci sukcesivnih frejmova na kojima se mogu uočiti primenjeni principi animacije.

### 3.8. Osvetljenje scene

Pri postavci svetala na 3D sceni, za brži prikaz rezultata, koristi se moderna metoda renderovanja u realnom vremenu. Kako primarno osvetljenje ima za zadatak da mimikuje dnevno svetlo, za ovaj rad izabran je usmereni svetlosni izvor svetlo-žute boje. Za pomoćna svetla, koja celoj sceni daju dopadljiv ambijent, korišćeni su površinski izvor svetla, kako bi se senke dobijene usmerenim svetlom ublažile, dok je za ostvaranje većeg kontrasta između karaktera i okruženja izabrano svetlo reflektora.

### 3.8. Renderovanje

Za poslednji proces izrade praktičnog rada vrši se renderovanje svake slike kadra. Vreme trajanja kratkog animiranog filma je svedeno na 40 sekundi, odnosno 1222 frejmova. Kako je rad niskobudžetne prirode, izabran je metod renderovanja u realnom vremenu. Ovom metodom, renderovanje koje bi inače pri renderovskom metodom trajalo par minuta po svakoj slici, renderovanje je svedeno na par sekundi po frejmu.

### 3.9. Kompozitovanje

Poslednji završni proces izrade podrazumeva prikupljanje, uklapanje i kompozitovanje izrenderovanih sekvenci u slojevima različitih render pasova. Kako bi se pri kompozitovanju lakše vršila izmena pojedinih detalja, kao što su jačina osvetljenja, količina senki, kolor korekcija svih elemenata scene itd. potrebno je izrenderovati sekvence svih frejmova

Pomoću softvera namenjen za kompozitovanje primenjeni su razni filteri i efekti kako bi se finalni izgled animacije ulepšao.



Slika 7. Prikaz finalnog rendera kadra uklopljenih slojeva svih render pasova

## 4. ZAKLJUČAK

Uvidom u različite tehnološke pristupe pri izradi animacije koji se razmatraju u ovom radu, može se zaključiti da kompjuterska tehnološka izrada danas postaje najpouzdaniji vid oblikovanja animacije. Primeri koji se navode kroz teorijski deo rada, svedoče o kontinualnom tehnološkom razvitku različitih segmenata produkcije. Korišćenjem dvodimenzionalnih slika u trodimenzionalnom prostoru u vidu pozadinskih elemenata, primene zamenljivih lica i glinenih lica u stop mouš tehnici izrade, kompozitovanje po slojevima, manipulacija pomoću skeleta itd., kompjuterska animacija prenosi i kombinuje ove principe u digitalni oblik.

Na taj način, produkcija animacije postaje fleksibilna, pojednostavljena a time i pristupačnija manjim umetničkim timovima kao što je to prikazano kroz praktičan deo ovog rada.

## 5. LITERATURA

- [1] „Motion pictures: The grand optical illusion,“ [Na mreži]. Available: <http://thebrain.mcgill.ca>
- [2] F. Thomas i O. Johnston, The Illusion of Life, 1981.
- [3] R. Dunlop, Production Pipeline Fundamentals for Film and Games, 2014.
- [4] „Introduction to stop motion animation,“ dragonframe, [Na mreži]. Available: <http://www.dragonframe.com/introduction-stop-motion-animation>.
- [5] R. Parent, Computer Animation: Algorithms and Techniques, 2001.

### Kontakt adresa autora:

MSc Vladimir Jugović

E-mail: [vladmer.x@gmail.com](mailto:vladmer.x@gmail.com)