

**IZRADA ANIMACIJE GRAFIČKOG SISTEMA DIGITALNE UV ŠTAMPE ZA PRIMENU U SISTEMIMA ZA UČENJE NA DALJINU****ANIMATION OF THE DIGITAL UV PRINTING SYSTEM FOR DISTANCE LEARNING APPLICATION**

Jovana Bošnjaković, Ivan Pinčjer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu detaljno je opisan princip digitalne štampe na kome se bazira mašina Roland LEC-540. Kombinacijom znanja iz oblasti štampe, 3D modelovanja i animacije formira se 3D animacija rada mašine. Ona se bazira na 4 različita videa koja je objedinjuju u jedan i čine jedinstvenu celinu, odnosno video animaciju štampe, čišćenja, postavljanje boje i ricovanje. Za iradu rada korišćeni su softveri 3DS Max i Adobe After Effects.

**Ključne reči:** 3D animacija, digitalna štampa, učenje

**Abstract** – The paper describes the principle of digital printing on which the Roland LEC-540 machine is based. By combining knowledge from the fields of printing, 3D modeling and animation, a 3D animation of the machine's operation is formed. It is based on four different videos that combine it into one and form a unique whole, namely the video animation of printing, cleaning, color placement and ripping. 3DS Max and Adobe After Effects software were used to create the work

**Keywords:** 3D animation, digital printing, learning

**1. UVOD**

Digitalizacija je pojam koji se u 21. veku ne može izbeći. Ona je uticala na razvoj i funkcionisanje brojnih oblasti, od medicine, kompjuterske grafike, automobilske industrije, saobraćaja i, naposljetku, grafičke industrije. Za samu grafičku industriju, digitalizacija je uvela sasvim novi način štampe i otvorila vrata ka mnogim drugim mogućnostima. Digitalna štampa nas uvodi u sasvim drugačiji koncept, kako gradnje samih štamparskih mašina, tako i samog procesa štampe.

Kombinacijom znanja iz digitalne štampe, 3D modelinga i animacije, rad prikazuje izradu animacije mašine Roland LEC-540 u svrhu primene u aplikaciji učenja na daljinu. Animacija će predstaviti sam rad mašine i prikazivaće u formi animacije ključne funkcije mašine kao što su ubacivanje boje u mašinu, štampa, čišćenje štampajućih glava a prikazaće se i mogućnost isecanja materijala. Za samo razumevanje rada mašine neophodno je poznavati teoriju i princip rada digitalne Ink Jet štampe.

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Ivan Pinčjer, van. prof.

Pored toga, specifičnost mašine ogleda se u upotrebi UV boja kao i UV laka koji omogućavaju štampu na neupojnim podlogama kao i postizanje različitih efekata oplemenjivanja otiska.

U saradnji sa GRID laboratorijom, bilo je neophodno detaljno se upoznati sa mašinom i njenim osnovnim delovima kako bi se bolje pristupilo modelovanju i razumevanju rada mašine, odnosno kako na najlakši način animirati njen rad kako bi animacija bila dosledna i razumljiva. Koristeći 3DS Max softver za pravljenje modela i animacije, mašina se modeluje uz pomoć box modelovanja, vodeći računa da nivo detalja i broj poligona odgovaraju realističnom prikazu mašine.

Ovaj segment učila na daljinu se sastoji iz više animacija, koje će omogućiti korisniku interaktivnost i nelinearnost prilikom korišćenja učila. Pored 3DS Max softvera za izradu animacije korišćen je i Adobe After Effects koji je povezao segmente animacije u potrebne celine.

**2. TEORIJSKE OSNOVE****2.1. Digitalna štampa**

Štamparski postupci bez štamparske forme ili skraćeno NIP (Non-Impact Printing) postupci se baziraju na digitalno-elektronski upravljanim sistemima štampanja. Proseć otiskivanja boje na podlogu se odvija bez pritiska što omogućava štampu na različitim materijalima. Najčešće primenjena Non-Impact tehnologija, pored elektro-fotografije, je Ink Jet. Od svih savremenih tehnika štampe, Ink Jet spada u jednu od najjednostavnijih tehnika. Radi se o potpuno beskontaktnoj tehnici u kojoj se boja nanosi direktno na podlogu. Da Ink Jet postaje primarni postupak štampe pokazuju brojne izvedbe mašina u ovoj tehnologiji od strane najvećih svetskih proizvođača. Pored grafičke industrije, ova tehnologija nalazi primenu u biologiji, elektronici, biomedicini kao i u mnogim drugim oblastima. Ovaj postupak je Computer to Print tehnologija kod koje se boja prska iz mlaznica [1, 2]. Rezolucija štampača, linijatura rastriranja i veličina rasterskih ćelija su presudni faktori u ovoj tehnici štampe. Osnovni uslovi za izradu visoko kvalitetnih otisaka su velika rezolucija slike koja određuje količinu informacija koje slika sadrži i linijatura rastera koju štamparska mašina može da postigne (adresibilnost) tj. broj rasterskih elemenata po jedinici dužine koje mašina može da reprodukuje. Promenom vrednosti linijature se direktno utiče na kvalitet reprodukcije. Smanjenjem dolazi do porasta rasterske tačke, smanjenja broja uočljivih rasterskih elemenata i smanjenja reprodukovane tonske

vrednosti, a povećanjem linijature se postiže suprotan efekat [1].

Otisak na podlozi dobija se uz pomoć kapljica koje izlaze iz mlaznica. Kapljice nastaju složenim procesom odvajanja kapljice od vrha mlaznice. Ovaj proces zavisi od sastava tečnosti, veličine i oblika mlaznice.

Nastajanje jedne kaplice se može podeliti na tri faze. Prva faza je formiranje meniskusa gde dolazi do delovanja površinskih energije. Druga faza je razvlačenje kapljice (dolazi do delovanja viskozne disipacije). I treća faza, formiranje same kaplice. U ovoj fazi dolazi do delovanja kinetičke energije [2, 8, 9].

## 2.2. Animacija

Pojam animacije izveden je od latinske reči *anima* što znači duša i *animare* što je oživljavanje. Kompjuterski generisane animacije se nalazi u mnogim oblastima, poput industrije video igara, preko inženjerstva i sve do medicine. Animacija kao oblik izražavanja je kreativan način prikazivanja, bilo prinipa rada ili ideje. Ima jedinstven jezik koji omogućava stvaranje nemogućeg. Ona kontinualno nudi nove mogućnosti, narativno, estetski i tehnički podstičući kreatore da koriste tradicionalne i nove alate u realizaciji svoje ideje [3, 4].

Animacija za inženjering se veoma razlikuje od tradicionalne animacije. Postoje i drugi zahtevi koji se moraju ispuniti, kao što je mogućnost da se u inženjerskoj animaciji nedvosmisleno identifikuje svaki poseban, mehanički deo u sceni. Upotreba multimedije kao što je video animacija može povećati motivaciju studenata za kako bu lakše učili i poboljšati razumevanje [5, 6, 7].

## 3. ANIMIRANJE RADA MAŠINE

Animacija se deli na četiri glavna dela koja čine jedan segment učila a zajedno jedinstvenu celinu koja simulira rad mašine. Ove četiri pojedinačne animacije su: animacija ubacivanja boje u mašinu, animacija štampe, zatim, ricovanje i na kraju čišćenja štampajuće glave mašine.

Video snimci počinju i završavaju se istim frejmom kako bi se u učilu mogli aktivirati nelinearno a da ne dođe do seckanja videa. Kod svake od animacija je neophodno obratiti pažnju da nema naglih skretanja kamere kako posmatraču ne bi delovalo iznenađeno i neočekivano. Za svaku animaciju, pre samog početka, neohodno je postaviti odgovarajući broj frejmova, odnosno koliko će sekundi trajati animacija.

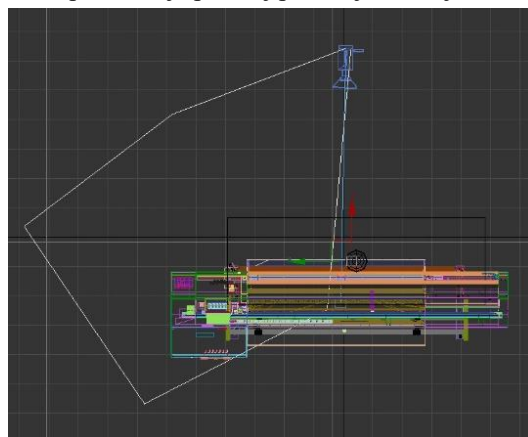
Ono što, pored dužine trajanja animacije, treba podesiti jeste koliko frejmova po sekundi da se prikazuje. Za svaku datu sekundu se mora prikazati minimum 24 frejma, ne manje. Ova brzina frejmova stvara prirodan i prijatan osećaj pokreta za gledaoca i smatra se da je dovoljno glatka za većinu prikaza. Za potrebe ovih animacija, broj frejmova po sekundi je postavljen na 30.

Prvi korak jeste pravljenje 2D objekta, linije, po kojoj će se kamera kretati, prikazano na slici 1.

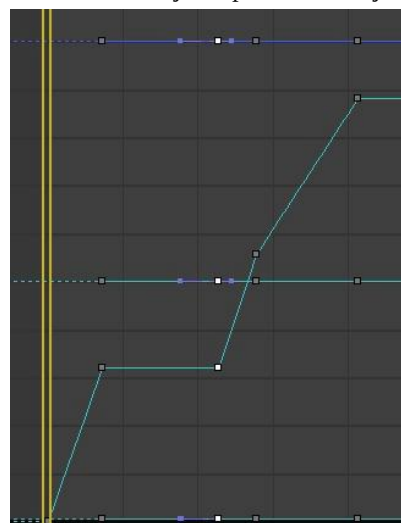
Postavljanjem keyframeova se definiše na kojim pozicijama tokom kretanja po putanji će doći do promene.

Kada se izabere frejm na kom će kamera da se zaustavi kako bi prikazala deo mašine na kom se odvija radnja, njegov keyframe se mora duplirati i postaviti na drugi

frejm, odnosno na onaj gde ona treba da nastavi kretanje. Na slici 2 prikazan je položaj postavljenih frejmova.



Slika 1. Putanja za prvu animaciju



Slika 2. Postavljanje frejmova

Pored kretanja kamere treba predstaviti i kretanje objekta koji je centralni ceo svake od animacija. Prva animacija pokazuje ubacivanje ketridža sa bojom u mašinu, kao korak koji je neophodan kako bi se moglo pristupiti štampi. Animacija je urađena tako da se ketridži, postavljaju izvan mašine i tu se zadaje keyframe. Nakon toga, neophodno je prikazati otvaranje zadnjih vrata gde se ubacuju ketridži.

Animacija vrata urađena je rotacijom po X osi. Prave se 4 keyframe-a u tom slučaju. Prvi koji predstavlja prvobitno stanje vrata, odnosno zatvoreno. Zatim drugi koji u sebi sadrži informacije o položaju modela (vrata) nakon otvaranja, odnosno pomeranja po X osi. Taj frejm se duplira kako bi vrata ostala otvorena, tačnije u tom položaju neko vreme i na kraju se dodaje četvrti keyframe koji je isti kao prvi, kako bi se vrata vratila u prvobitni položaj. Ovim principom se treba voditi kod svakog objekta gde je neohodno prikazati promenu položaja gde se on posle određenog vremena vraća u prvobitni. Za vreme koje su vrata otvorena, ketridžima se samo menja položaj, odnosno ulaze u mašinu.

Na slici 3 prikazan je frejm u kom se vrata otvaraju, dok su na slici 4 prikazani ketridži kako ulaze.

Druga animacija predstavlja štampu i kod nje je specifično to što se na papiru pri svakom prolasku štampajuće glave prikaže slika. Da bi se to postiglo,

neophodno je napraviti zasebnu, 2D animaciju gde se slika posle svakih 10 sekundi delimično prikaže. Ona se mora čuvati kao sekvenca slika, ne kao video, kako bi se mogla ubaciti u 3D softver bez problema.



*Slika 3. Otvaranje vrata*



*Slika 4. Ubacivanje boje*

Da bi se mogla primeniti na 3D objekat, postavlja se na slot za materijal, odnosno ponaša se kao materijal. U material editoru se bira bitmapa kao opcija. Kada program ponudi fajlove kao opcije za bitmapu, bira se prvi fajl i opcija *Image sequence* i na taj način se ubacuju svi frejmovi kao materijal. Da bi ovo bilo izvodljivo, svi frejmovi sačuvani kao slike moraju biti u istom folderu i pod istim nazivom kako bi iz prgram prepoznao kao sekvenca slika.

Takođe je neophodno obratiti pažnju na to da objekat na koji se postavlja ima iste dimenzije kao i materijal, odnosno animacija, kako ne bi došlo do deformisanja slike.

Kod animacije štampe neophodno je podesiti da šampajuća glava u odgovarajućem momentu pređe preko papira jer se prikazivanje slike na papiru ne može modifikovati u 3D softveru, odnosno bilo bi neophodno ponovo praviti animaciju prikaza. Tačnije, da se glava nađe iznad papira u momentu kada se u primenjenoj 2D animaciji prikaže novi deo slike.

Na slici 5 prikazano je kako se slika, u momentu kada se glava nađe iznad papira, prikaže.

Animacija ricovanja se ne razlikuje više od prethodne dve. Kamera ima svoju putanju po kojoj se kreće i, slično

drugoj, zadržava se pogled na stolu za štampu kako bi prikazala šta se dešava unutar mašine. Skreće se pažnja na alat kojim se vrši radnja koji se aktivira u trenutku kada mašina započinje proces ricovanja, tj. delimičnog isecanja podloge, a zatim se i prikazuje na koji način se odija. Razlika između animacije ricovanja i štampe je ta što kod ricovanja nema potrebe animirati postepno prikazivanje slike već samo kretanje glave za štampu koja na sebi ima alat za ricovanje, slika 6.



*Slika 5. Štampa*



*Slika 6. Alat za ricovanje*

Pored toga, neophodno je animirati vraćanje papira svaki put kad glava mora da promeni položaj u kom seče. Ono što se još dodaje na samom kraju jeste odvajanje isečenog materijala od podloge kako bi bilo jasnije šta je urađeno.

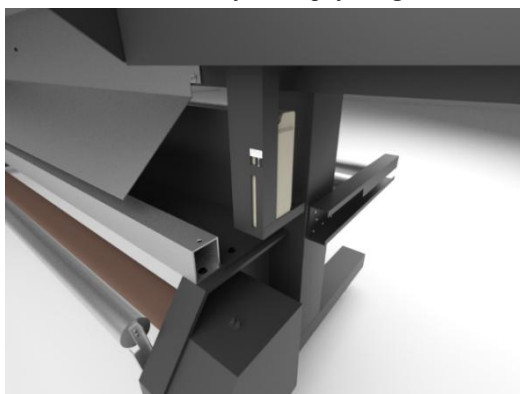
Za prikaz čišćenja neophodno je otvoriti desna vrata mašine. Animira se tako što se samo menja položaj elemenata koji se trebaju ukloniti (štafovi, vrata) kako bi se pristupilo glavi za štampu koja se mora čistiti. Kamera se približava glavi koja se otvara kako bi se bolje videlo šta se dešava pri čišćenju. Sunderi se podižu ka boji i upijaju višak koji ostaje posle štampe (slika 8).

Zatim se glava pomera i prikazuje se čišćenje rakelom koji se pomera po X osi. Kod rakel postojne samo 2 keyframe-a koji se kopiraju 3 puta jer ima ukupno 6 izlaza boje, a brišu se po dve glave u jednom prolazu. Pred kraj same animacije neophodno je da kamera, pred povratak u početni položaj, prikaže otpad, odnosno deo u koji sav taj višak boje ide, što je prikazano na slici 9.

Ono na šta treba obratiti pažnju, kako zbog kvaliteta tako i zbog resursa računara, najbolje je renderovati pojedinačne frejmove, a ne kompletnu animaciju kao video fajl. U zavisnosti od podešavanja rendera utiče se na kvalitet prikaza ali i dužinu vremena potrebnu za dobijanje rendera.



Slika 8. Čišćenje štampajuće glave



Slika 9. Posuda za otpadnu boju

Render sa realnijim prikazom materijala, osvetljenja i rezolucije iziskuje više resursa i duže vreme renderovanja. U ovakvim slučajevima kada se radi o animaciji koja ima više frejmova, odnosno za koju će trebati duže vreme renderovanja, treba naći optimalno rešenje na kojem će prikaz biti dovoljnog kvaliteta, bez šuma, a da vreme potrebno za dobijanje krajnjeg rezultata ne bude predugačko, jer je samo za jednu sekundu videa bilo potrebno renderovati 30 frejmova.

Sve četiri animacije se ubacuju u program za editovanje videa, kao slike. Spajanjem frejmova se dobija animacija koja objedinjuje najbitnije delove mašine kao i njene glavne funkcije.

#### 4. ZAKLJUČAK

Napredak i pristupačnost novih tehnologija omogućuje ljudima da imaju više mogućnosti ka usavršavanju i učenju. Animacijom bilo kog posla, nauke i inženjerstva omogućava se pristup objektima koje svakodnevno ljudi nemaju priliku da vide.

Radom je obuhvaćen princip rada digitalne štampe. Animacija njenog rada i funkcija pruža priliku mnogima da nauče i bolje razumeju kako radi jedna mašina digitalne ink jet štampe.

Kroz ovakve animacije, korisnicima se omogućava da na siguran i jednostavan način dobiju jasnu sliku o tome kako različite komponente sistema i procesi unutar istih

funkcionišu zajedno. Ovo ne samo da poboljšava razumevanje i znanje korisnika, već i doprinosi boljem obučavanju i pripremi za rad sa složenim tehnologijama. Animacija pored toga što unapređuje proces učenja, unapređuje i otvara vrata novim mogućnostima za istraživanje i inovacije.

#### 5. LITERATURA

- [1] N. Kašiković, D. Novaković, Ž. Pavlović, "Ink Jet" u *Digitalna štampa*, FTN Izdavaštvo, Novi Sad, 2013.
- [2] R. Bernasconi, S. Brovelli, P. Viviani, M. Soldo, D. Giusti, L. Magagnin "Piezoelectric Drop-On-Demand Inkjet Printing of High-Viscosity Inks" [online], <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/adem.202100733> (pristupljeno: 04.09.2023.)
- [3] A. Ivanovski "Animacija i animator kao deo modernih sportsko rekreativnih aktivnosti" Banja Luka, 2011.
- [4] P. Wells "The Fundamentals of Animation", AVA Publishing, Švajcarska, 2006.
- [5] N. Tsukasa, T. L. Kunii "ANIMENGINE", Univerzitet u Tokiu, Tokio, 1985.
- [6] M. Noor, N. A., Mahamod, Z., Hamat, A., & Embi, M. A. "Persepsi Pelajar Terhadap Aplikasi Perisian Multimedia dalam Pembelajaran KOMSAS Bahasa Melayu Tingkatan 1", u *Jurnal Pendidikan Bahasa Melayu*, Muar, 2012.
- [7] M.E. Ismail, I. Mahazir, I., Othman, H., Amiruddin, M.H., A. Ariffin, "The use of animation video in teaching to enhance the imagination and visualization of student in engineering drawing", Univerzitet Tun Hussein Onn, Johor, 2017.
- [8] S. B. Fuller, E. J. Wilhelm, J. M. Jacobson, "Ink-Jet Printed Nanoparticle Microelectromechanical Systems" *Journal of microelectromechanical systems*, 2002.
- [9] S. Seipel, J. Yu, V. A. Nierstrasz, "Effect of physical parameters and temperature on the piezo-electric jetting behaviour of UV-curable photochromic inks", u Scientific reports, 2020.

#### Kratka biografija:



**Jovana Bošnjaković** rođena je u Novom Sadu 2000. god. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajna odbranila je 2024.god, Diplomski rad je odbranila 2023. god, na temu "Razvoj koncepta elektronskog učenja za grafički uređaj digitalne štampe Roland Versa UV-LEC540" kontakt: j.bosnjakovic03@gmail.com



**Prof. dr Ivan Pinčjer** rođen 1980. godine u Sremskoj Mitrovici. Doktorirao je na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičkog inženjerstva i dizajn 2016. god., a od 2022 je u zvanju vanrednog profesora na Fakultetu tehničkih nauka. kontakt: pintier@uns.ac.rs