

**UPOREDNA ANALIZA REPRODUKCIJE TEKSTA U BOJI U ZAVISNOSTI OD REZOLUCIJE ŠTAMPE INK DŽET I ELEKTROFOTOGRAFSKOG POSTUPKA****COMPARATIVE ANALYSIS OF COLOR TEXT REPRODUCTION DEPENDING ON THE RESOLUTION OF INK JET AND ELECTROPHOTOGRAPHY**

Staša Laličić, Sandra Dedijer, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad*

**Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

**Kratak sadržaj** – U ovom radu vršena je analiza uticaja rastriranja na reprodukciju teksta u boji u elektrofotografiji i ink džetu. Analize koje su izvršene za kako malo tako i veliko slovo i serifni i bezserifni font u različitim veličinama su pokazale da postoji uticaj rezolucije rastriranja na reprodukciju teksta u digitalnoj štampi – ink džet i elektrofotografiji. Pri tome je pokazano da i od inicijalne veličine slovnog znaka kao i boje zavisi reprodukcija slovnog znaka.

**Ključne reči:** digitalna obrada slike, softveri za obradu slike, ImageJ, digitalna štampa

**Abstract** – In this paper, an analysis of the effect of rasterization on color text reproduction in electrophotography and inkjet was performed. Analyzes performed for both lowercase and uppercase letters and serif and sans-serif fonts in different sizes showed that there is an influence of raster resolution on text reproduction in digital printing - inkjet and electrophotography. In doing so, it was shown that the reproduction of the letter depends on the initial size of the letter as well as the print color.

**Keywords:** digital image processing, image editing software, ImageJ, digital printing

**1. UVOD**

Digitalna štampa je u poslednjih 20 godina doživela neverovatan razvoj u svakom pogledu. Sveukupna tehnologija se toliko razvija da je učinila digitalnu štampu pristupačnom i dostupnom na svakom koraku. Digitalni štampači su postali poprilično dostupni svakom, a uloga štampača u industrijske svrhe je nikad veća. Štampaju se dokumenta, računari, knjige, časopisi, obeležavaju prehrambeni proizvodi, odeća, ambalaža, bilbordi, pa čak i saobraćajna signalizacija. Metode digitalne štampe se razlikuju po tome što nemaju direktan fizički uticaj na podlogu. U studijama kvaliteta štampe korišćenjem procesne boje, postoji niz varijabli, kao npr deformacija rasterske tačke, koji može izazvati varijacije tonova i može imati negativni uticaji na tačnost reprodukcije boja.

**2. INK DŽET ŠTAMPA**

Ink džet štampa je vrsta digitalne tehnike štampe koja kreira otisak ispuštanjem kapljica boje na podlogu za štampu. Ink džet mašine za štampu su najčešće korišćena vrsta mašina za digitalnu štampu i kreću se od malih

potrošačkih modela do skupih profesionalnih mašina [1]. U Ink džet štampi nema ograničenja u izboru podloge za štampu. Glavna prednost Ink džet štampe u odnosu na druge tehnike digitalne štampe jeste u tome što je ona štampa bez kontakta.

**3. ELEKTROFOTOGRAFIJA**

Elektrofotografija je tehnologija koju je otkrio i patentirao Čerster Karlson 1938. godine. Osnova tehnologije se najprostije može objasniti kao proces nanošenja tonera, tj. boje u prahu na papir, elektrostatičkim putem. S obzirom da laser ispisuje željenu sliku na rotirajući fotoosetljivi valjak unutar štampača, štampači koji koriste ovu tehnologiju se u nekim literaturama nazivaju i “laserski štampači” [2].

**4. SEGMENTACIJA (BINARIZACIJA) SLIKA**

U zavisnosti od načina dobijanja, slike se mogu svrstati u različite tipove, kao što su: vizuelne slike, slike opsega ili dubine, slike magnetne rezonance, termalne slike itd. Sve tehnike slike mogu da se grupišu pod opštim okvirom – inženjeringom slike (Image Engineering – IE), koji se sastoji od tri sloja: procesiranja slike (Image Processing) – niži sloj, analize slike (Image Analysis) – srednji sloj, i razumevanja slike (Image Understanding) –visoki sloj. Segmentacija slike je prvi korak, i jedan od najkritičnijih zadataka analize slike. Ona ima za cilj dobijanje informacija (predstavljenih podacima), iz slike preko segmentacije slike (Image Segmentation), reprezentacije objekta (Object Representation) i merenja odlike (Feature Measurement). Segmentacija ima za cilj klasterizaciju, odnosno grupisanje piksela u smislene regione na slici, tj. regione koji odgovaraju pojedinim površinama na slici, objektima ili delovima prirodnih objekata na slici [3].

**4.1 METODE SEGMENTACIJE**

U literaturi postoje mnogobrojne podele kada su u pitanju tehnike koje se primjenjuju pri segmentaciji slika. Međutim, kada se govori o osnovnoj podeli, izdvajaju se dve najčešće korištene tehnike: pronalaženje ivica – izdvajanje samo onih piksela koji pripadaju ivicama objekata, i izdvajanje regiona – izdvajanje celog objekta od pozadine pridružujući piksele čija je svetlost ispod nekog praga na pozadini, a ostale objektu i obrnuto [4]. Segmentirane regije slike imaju sledeće željene karakteristike: regije su uniformne s obzirom na neko svojstvo (kao npr. vrednost tačke ili tekstura), granice regija moraju biti jednostavne, regije ne smeju imati male otvore, susedne regije se moraju značajno razlikovati [5]. Segmentacija se deli na: segmentacija pragom (Thresholding), segmentacija klasterizacijom (Clustering), segmentacija regionom (Region), segmentacija granicom regiona (Edge) [5].

**NAPOMENA:**

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Sandra Dedijer, vanr. prof.

## 4.2 SOFTVER ZA DIGITALNU ANALIZU SLIKE - IMAGEJ

ImageJ je softver u javnom domenu za obradu i analizu slika, sa mnogim varijantama, uključujući ImageJ 2, Fidži i druge. To je besplatan program za analizu slika, dostupan na internetu. Originalni ImageJ je u stalnom razvoju od 1997. godine. Uvek je bio, i nastavlja da bude, projekat Vejnea Rasbenda, uz pomoć mnogih saradnika. Prvobitno je razvijen 1997. godine kao verzija platforme NIH Image za više platformi.

Vremenom je napredovao jer je Vejn nastavio da dodaje funkcije prema zahtevima korisnika. Sada postoji mnogo stotina, verovatno hiljada dodataka koje su napisali članovi različite zajednice [6].

## 5. METOD I MATERIJALI

U ovom radu vršena je uporedna analiza reprodukcija teksta u boji, štampano ink džet i elektrofotografskim postupkom. Analiza je vršena za slovne znakove „M“ i „a“, u veličinama od 3 do 10 pt, bezserifnog fonta Arial i serifnog fonta Times New Roman u različitim rezolucijama štampe i rezoluciji skeniranja od 600 dpi.

Odgovarajuća test karta štampana je na UV ink džet štamparskoj mašini Roland Versa LEC-540 u rezolucijama 720x1440dpi, 720x1080dpi, 360x720dpi, 1440x1440dpi i digitalnoj mašini na bazi elektrofotografije, Xerox Versant 80 sa sledećim podešavanjima: brightness 100%, rezolucija štampe i kvalitet slike: 600dpi/best, 600dpi/normal, 1200dpi/best i 1200dpi/normal. Ištampane test karte smo skenirali na skeneru CanoScan 5600F na rezoluciji od 600dpi i bez uključenih podešavanja kontrasta i sl. Zatim se učitala svaka skenirana slika dela test karte u softver ImageJ. Potom se vršila binarizacija, opcijama Binary/Make Binary, gde se korištena inicijalna podešavanja binarizacije zadata u samom softveru. Nakon dobijanja binarizovane slike, alatkom Wand je selektovana površina slovnog znaka koja se želela izračunati putem funkcije Analyze/Measure.

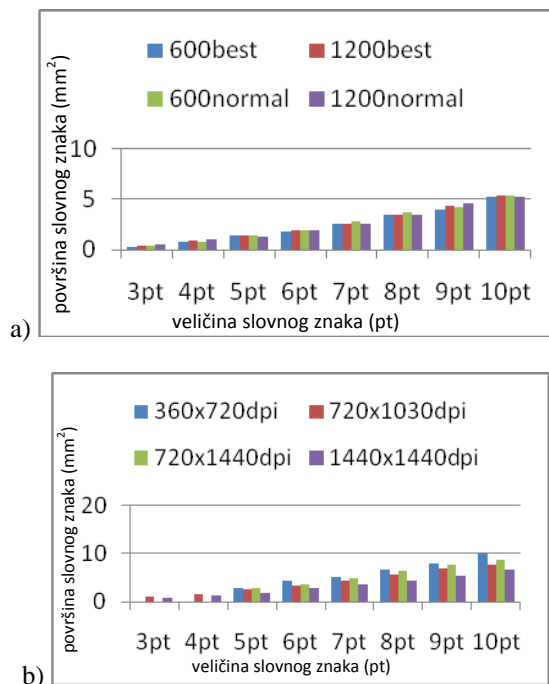
### 5.1 Analiza reprodukcije površine slovnih znakova

Na slici 1 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka „M“, u 8 veličina, font Arial, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u cijan boji.

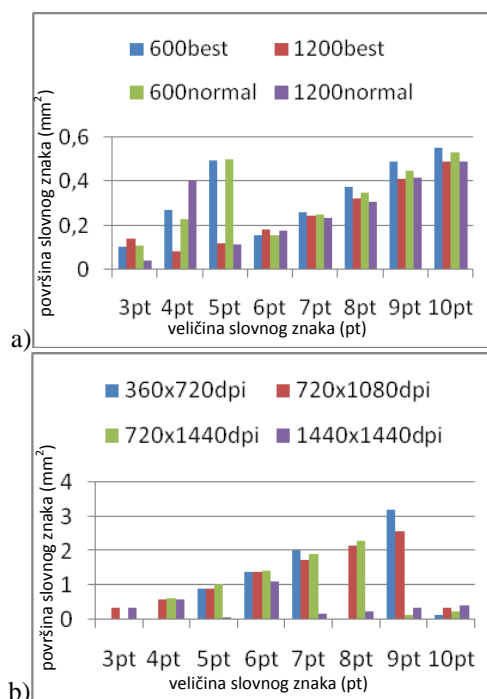
Na osnovu grafičkog prikaza može se videti da sa promenom rezolucije štampe, dolazi i do promene u reprodukovanoj površini slovnih znakova. Ovaj trend je značajno više izražen u slučaju ink džet postupka, gde sa povećanjem rezolucije štampe smanjuje se detektovana površina slovnog znaka. Takođe, što je veća razlika u rezoluciji to i izmerene vrednosti površina više međusobno odstupaju. Primećuje se da su površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće od onih štampanih elektrofotografskim postupkom.

Na slici 2 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka „a“, u 8 veličina, font Times New Roman, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u cijan boji.

Analizom predstavljenih grafika uočeno je da se površine slovnih znakova štampanih elektrofotografskim postupkom sa različitim rezolucijama štampe međusobno približavaju jedno drugome kako se povećava veličina slovnog znaka, dok su kod ink džet postupka međusobno približnije površine kod manjih veličina slovnog znaka.



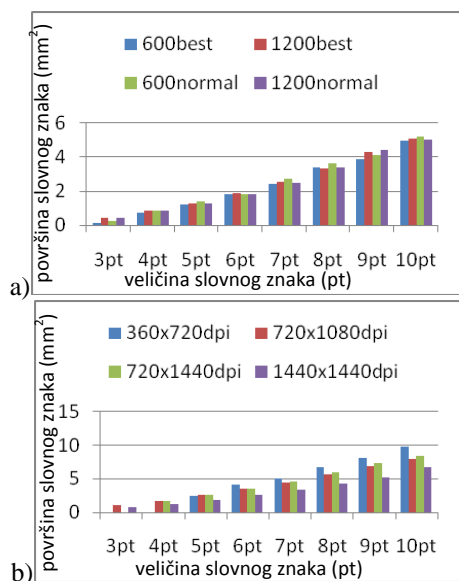
Slika 1. Površine slovnog znaka „M“, font Arial, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, cijan boja



Slika 2. Površine slovnog znaka „a“, font Times New Roman, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, cijan boja

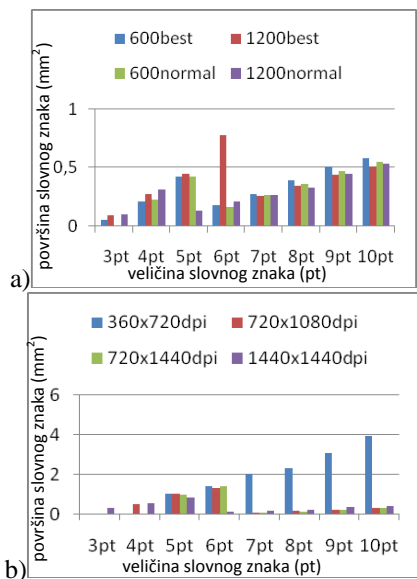
Ovde je takođe primetno da su površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće od onih štampanih elektrofotografijom i kod obe tehnike štampe sa povećanjem rezolucije štampe generalno se površina slovnog znaka smanjuje.

Na slici 3 predstavljen je grafički prikaz površine slovnog znaka „M“, u 8 veličina, font Arial, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u magenta boji. Na grafičkom prikazu se može videti da sa povećanjem rezolucije, povećavaju se i razlike u površini slovnih znakova.



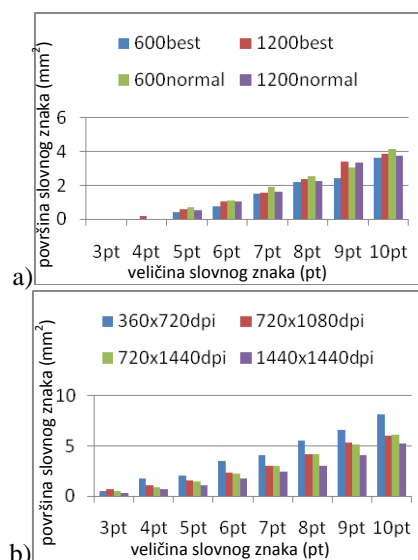
Slika 3. Površine slovnog znaka "M", font Arial, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, magenta boja

Površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće su od onih štampanih elektrofotografijom, a primećeno je i da se kod ink džet postupka sa povećanjem rezolucije štampe smanjuje površina slovnog znaka.



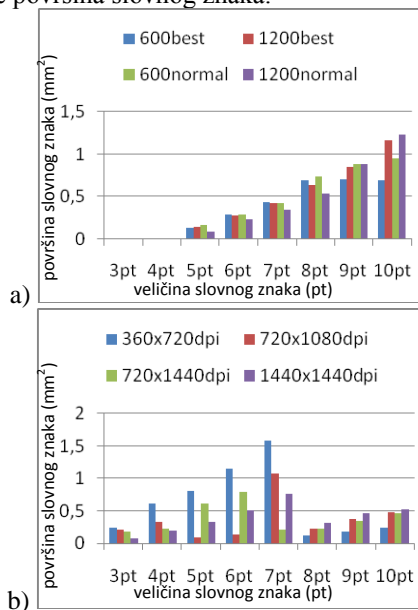
Slika 4. Površine slovnog znaka "a", font Times New Roman, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, magenta boja

Na slici 4 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka "a", u 8 veličina, font Times New Roman, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u magenta boji. Grafički prikaz ukazuje da su površine slovnih znakova štampanih elektrofotografijom sličnih površina za veću veličinu slovnog znaka, dok su kod ink džet postupka približnije površine kod manjih veličina slovnog znaka. Ovde takođe je primetno da su površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće od onih štampanih elektrofotografijom. Na slici 5 predstavljen je grafički prikaz površine slovnog znaka "M", u 8 veličina, font Arial, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u žutoj boji.



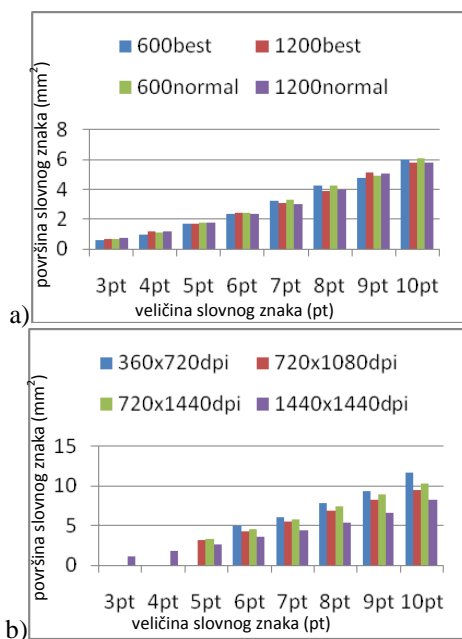
Slika 5. Površine slovnog znaka "M", font Arial, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, žuta boja

Sa grafika se vidi da sa povećanjem rezolucije, povećavaju se i razlike u površini slovnih znakova. Slovni znak veličine od 3pt nije vidljiv nakon binarizacije skenirane slike ni u jednoj rezoluciji u elektrofotografiji. Površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće su od onih štampanih elektrofotografijom, takođe kod ink džet postupka sa povećanjem rezolucije štampe smanjuje površina slovnog znaka.



Slika 6. Površine slovnog znaka "a", font Times New Roman, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, žuta boja

Na slici 6 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka "a", u 8 veličina, font Times New Roman, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u žutoj boji. Grafički prikaz ukazuje da su površine slovnih znakova štampanih elektrofotografijom međusobno približnijih površina nego kod ink džet postupka, naročito za manje veličine slovnog znaka. Ovde takođe se primećuje da su površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom uglavnom veće od onih štampanih elektrofotografijom. Elektrofotografskim postupkom slovne znake veličine 3 i 4 pt nije bilo moguće analizirati.

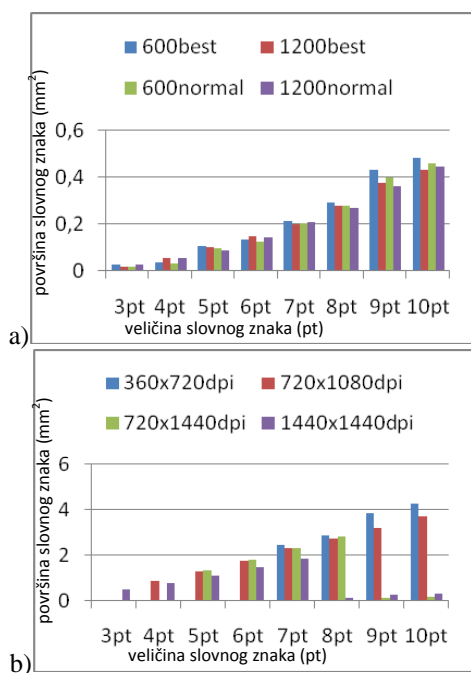


Slika 7. Površine slovnog znaka "M", font Arial, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, crna boja

Na slici 7 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka "M", u 8 veličina, font Arial, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u crnoj boji. Predstavljene grafice ukazuju da sa povećanjem rezolucije, povećavaju se i razlike u površini slovnih znakova.

Površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće od onih štampanih elektrofotografijom, gde se kod ink džet postupka sa povećanjem rezolucije štampe smanjuje površina slovnog znaka.

Nakon binarizacije slike slovo veličine 3 i 4 pt, štampano ink džet postupkom, je vidljivo samo u najvećoj rezoluciji.



Slika 8. Površine slovnog znaka "a", font Times New Roman, rezolucija skeniranja 600 dpi i štampano a) elektrofotografskim i b) ink džet postupkom, crna boja

Na slici 8 dat je grafički prikaz površine slovnog znaka "a", u 8 veličina, font Times New Roman, skenirano u rezoluciji od 600 dpi, štampano elektrofotografskim i ink džet postupkom u crnoj boji. Prema prikazanim graficima uočava se da su površine slovnih znakova štampanih elektrofotografijom međusobno približnijih površina nego kod ink džet postupka. Ovdje se takođe primećuje da su površine slovnih znakova koji su štampani ink džet postupkom veće od onih štampanih elektrofotografijom. Kod ink džet štampe sa povećanjem rezolucije površina slovnog znaka je manja, a kod ovog postupka takođe primećujemo i da su vrednosti površina slovnih znakova štampanih u većim veličinama (8-10 pt) i na najvećoj rezoluciji značano manje nego u slučaju nižih rezolucija i veličina slovnih znakova št ose može pripisati potencijalno nastalim greškama u procesu binarizacije. Takođe, za veličine slovnih znaka 3 i 4 pt, nije bilo moguće izračunati površine za asve rezolucije štampe.

## 5. ZAKLJUČAK

Na osnovu predstavljenih rezultata može se zaključiti da povećanjem rezolucije, povećavaju se i razlike u površini slovnih znakova. Površine slovnog znaka štampanog ink džet postupkom su veće od površina štampanih elektrofotografijom. Što se tiče međusobnog odnosa površina slovnih znakova u odnosu na korištene rezolucije štampe, međusobno približnije vrednosti su se dobijale u slučaju štampe elektrofotografskim postupkom.

## 6. LITERATURA

- [1] BISMY (2020) Inkjet printing (Online)  
Dostupno na:  
<https://notesongraphicdesign.wordpress.com/2020/03/20/inkjet-printing/>  
[Pristupljeno: 20.8.2021]
- [2] Evoke (2016) Uvod u digitalnu štampu (Online)  
Dostupno na:<https://www.difol.net/uvod-u-digitalnu-stampu>  
[Pristupljeno: 20.8.2021]
- [3] Lazarević D., Dr Mišić M., Dr Ćirković B (2014) Postojeće tehnike za segmentaciju slike (Online) Dostupno na:  
[http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus\\_1/10.pdf](http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus_1/10.pdf)  
[Pristupljeno:22.8.2021]
- [4] Lazarević D., Dr Mišić M., Dr Ćirković B (2014) Postojeće tehnike za segmentaciju slike (Online) Dostupno na:  
[http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus\\_1/10.pdf](http://www.cqm.rs/2014/cd2/pdf/papers/focus_1/10.pdf)  
[Pristupljeno:22.8.2021]
- [5] Lončarić S. (2014) Segmentacija slike (Online) Dostupno na:[https://www.fer.unizg.hr/\\_download/repository/09-OI-SegmentacijaSlike%5B2%5D.pdf](https://www.fer.unizg.hr/_download/repository/09-OI-SegmentacijaSlike%5B2%5D.pdf)  
[Pristupljeno:25.8.2021]
- [6] Schneider, C. A., Rasband, W. S., Eliceiri, K. W. (2012) ImageJ (Online) Dostupno na:  
<https://imagej.net/software/imagej/>  
[Pristupljeno:11.9.2021]

## Kratka biografija:

**Staša Laličić** rođena je u Somboru 1998. godine. Master rad na Fakultetu tehničkih nauka iz oblasti Grafičko inženjerstvo i dizajn odbranila je 2022. godine.

kontakt: [stasaa998@gmail.com](mailto:stasaa998@gmail.com)

**Dr Sandra Dedijer**, vanredni profesor

kontakt: [dedijer@uns.ac.rs](mailto:dedijer@uns.ac.rs)