

KONTROLA OŠTRINE FOTOGRAFIJA DOBIJENIH POMOĆU PREDNJIH KAMERA MOBILNIH TELEFONA**SHARPNESS CONTROL OF THE IMAGES REPRODUCED BY THE FRONT CAMERAS OF MOBILE PHONES**Jovan Jokić, Ivana Jurič, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAFIČKO INŽENJERSTVO I DIZAJN**

Kratak sadržaj – Pronalaženje i analiziranje sličnosti i razlika između prednjih kamera pet različitih mobilnih telefona. Preciznije, upoređivanje i kontrola oštine fotografija dobijenih mobilnim telefonima čiji modeli će biti naznačeni u tekstu. Koristeći se specijalnim grafikonima za testiranje i Imatest softverom, može se doći do kvantitativnih rezultata koji nam pružaju informacije vezane za kvalitet oštine.

Ključne reči: Digitalna fotografija, oština fotografije, atributi kvaliteta fotografije

Abstract – Finding and analyzing the similarities and differences between the front cameras of five different mobile phones. More precisely, comparing and controlling the sharpness of photos obtained by mobile phones whose models will be indicated in the text. Using special test charts and Imatest software, quantitative results can be obtained that provide us with information related to quality of sharpness.

Keywords: Digital photography, image sharpness, image quality attributes

1. UVOD

Tehnologija koja se koristi za dobijanje slika pomoću kamere je veoma uznapredovala od početnog dugotrajnog postupka hemijskim reakcijama pa do savremenog doba u kome se fotografija dobija gotovo momentalno, digitalnim postupkom. Kao što i profesionalne kamere (DSLR – Digital single lens reflex) postaju sve sofisticiranije i naprednije, tako i kamere pametnih telefona (engl. smartphones) idu u korak sa novim tehnologijama. Stoga postoje mogućnosti za automatskim poboljšanjima na lokalnom nivou slike što ranije nije bio slučaj.

U ovom radu predstavljene su osnovne komponente kamere mobilnih telefona i objašnjen je princip na kome se zasniva njihovo funkcionisanje. Opisani su atributi kvaliteta slike koji se uglavnom mogu i kvantifikovati i služe da se što bolje i jasnije predstave kako dobre, tako i loše karakteristike fotografije. Dalje, objašnjen je standard koji je usvojen i namenjen je isključivo za ocenjivanje i poređenje kvaliteta slika dobijenih kamerama mobilnih uređaja.

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bila dr Ivana Jurič, docent.

Odnos između subjektivnog i objektivnog određivanja kvaliteta fotografije. I pošto se tema rada zasniva na oštini fotografija, ovaj atribut kvaliteta biće posebno obrađen.

U drugom delu rada predstavljen je eksperimentalni deo koji se odnosi na kontrolu oštine fotografije dobijene prednjim kamerama mobilnih telefona, gde je opisan postupak po kojem je izvršen eksperiment, kao i odgovarajuća oprema koja je korišćena poput grafikona, stalka sa osvetljenjem, kao i softvera koji je namenjen baš za tu svrhu.

2. KAMERE MOBILNIH TELEFONA

Prednja kamera na mobilnom telefonu koja će se koristiti za eksperimentalni deo ovog rada, danas je prisutna na gotovo svakom pametnom telefonu. Poput nekih drugih elektronskih uređaja kao što su tableti i laptopovi, i mobilni telefoni imaju kameru koja je na strani displeja i najčešće se koristi kako bi korisnici napravili sliku ili snimak sebe, dok je na samom displeju uređaja pregled onoga što ta kamera snima. Najviše su doprinele obavljanju video poziva i slikanju selfija [1].

Prednja kamera je uglavnom niže rezolucije u odnosu na zadnju kameru, jer proizvođači telefona znaju da se zadnja kamera koristi češće za slikanje, kao što je slučaj sa digitalnim kamerama. Takođe, i sam raspored delova telefona je delom zaslužan za ovo. Senzor se nalazi na zadnjem delu, i nedostatak prostora na prednjem delu telefona - ekran osetljiv na dodir, senzor za svetlost, zvučnik, LED dioda za notifikacije, ali i sama baterija telefona koja zauzima dobar deo prostora [2].

2.1. Komponente kamere mobilnih telefona

Osnovni delovi kamere mobilnih telefona i njihovi softveri [3] su:

- Sočivo
- Senzor slike
- Procesor signala slike
- Softver za kontrolu kamere
- Softver za naknadnu obradu

2.2. Atributi kvaliteta fotografije

Utisak koji ostavlja slika može biti povezan sa nekoliko karakteristika scene: boja, oblik, tekstura, dubina polja i opseg osvetljenosti. Neko može kvalitet slike da opiše koristeći attribute kao što su mutno, nisu dobre boje, previše je zrnasta, itd. Međurim, ovo je zapravo opis

atributa kvaliteta slike koje nazivamo oština, boja i šum. Ako na primer svi atributi sem jednog ukazuju na visok kvalitet slike, taj jedan će učiniti da krajnji utisak bude loš kvalitet slike. Tako recimo da slika ima nizak nivo šuma, savršenu oštrinu, bez optičke distorzije, ali je balans bele boje poremećen i zato beli i neutralni objekti deluju zelenkasto.

Krajnji utisak ovakve slike biće da je ona lošeg kvaliteta [4]. Stoga je potrebno upoznati se sa osnovnim atributima kvaliteta slike kao što su: oština, šum, dinamički opseg, distorzija, bleštavost, moire, ISO osetljivost i ekspozicija, vinjetiranje, hromatska aberacija i gubici nakon kompresije.

U ovom radu izdvojen je samo jedan atribut kvaliteta fotografije – oština. Ona je jedino analizirana u eksperimentalnom delu na fotografijama dobijenim prednjim kamerama mobilnih telefona.

3. EKSPERIMENTALNI DEO

U eksperimentalnom delu rada predstavljena je sva oprema i materijali koji su iskorišćeni za dobijanje traženih rezultata. Za svaki deo opisane su glavne karakteristike, podešavanja i parametri koji su određeni za merenja. U nastavku, opisan je i sam tok eksperimenta od prvog do poslednjeg koraka. Izdvojene su i najbitnije osobine korišćenih mobilnih telefona. Na kraju su izdvojeni rezultati MTF50 vrednosti za konkretne oblasti od interesa, na osnovu kojih su izneti konačni zaključci međusobnim poređenjem tih vrednosti između svih kamera mobilnih telefona.

3.1. Softver za analizu oštine fotografija

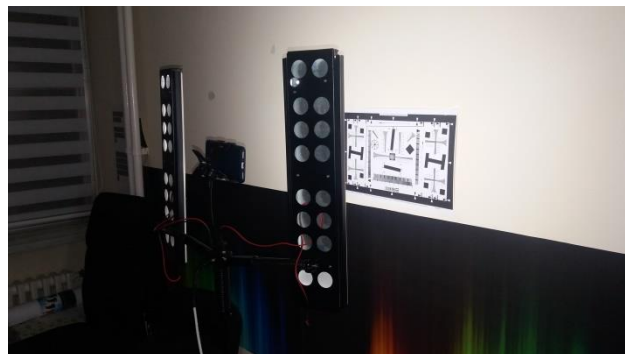
Imatest je kompanija nastala 2004. godine, koja pruža fotografima softver, grafikone i opremu koji im omogućuju da testiraju performanse digitalnih kamera i oštrinu objekta. Imatest je pomogao preduzećima u različitim industrijama, uključujući mobilnu, automobilsku, medicinsku i proizvodnu. U svojoj ponudi ima softverski paket koji meri oštrinu i kvalitet slike digitalnih kamera i digitalizovanih filmskih slika. Ranije fotografi nisu mogli meriti performanse svojih fotoaparata i objektivna sa takvom preciznošću i pogodnošću. Moguće je jednostavno i lako izvršiti sopstvena merenja, fotografisanjem test karti i analizom rezultata pomoću softvera.

Poseđuje više modula za testiranje, dok je za ovaj konkretan eksperiment korišćen SFR modul. SFR meri oštrinu fotoaparata i objektivna pomoću jednostavne iskošene ivice (ili industrijski standard ISO 12233 test karta ili test karta koju korisnik može sam odštampati na visokokvalitetnom inkdžet štampaču). Softver ima standardizovani algoritam koji omogućava poređenje kvaliteta digitalnih fotoaparata, kao i svih njegovih komponenti posebno. SFR takođe analizira hromatične aberacije i šum i procenjuje *Shannonov* informacijski kapacitet - pokazatelj kvaliteta slike na osnovu oštine i šuma [5].

3.2. Opis toka eksperimenta

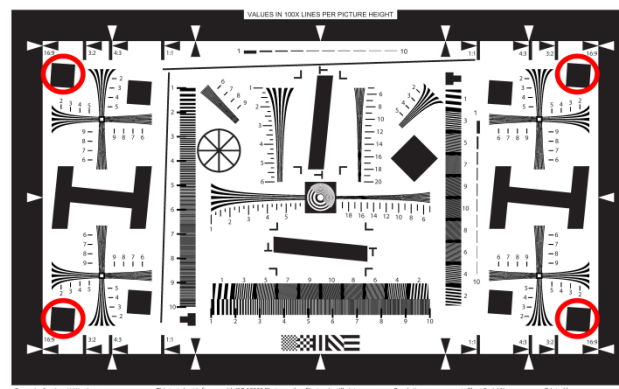
Za sprovođenje eksperimenta neophodno je da uslovi u prostoriji u kojoj se odvija budu odgovarajući, tj. da postoji određeno osvetljenje koje je udaljeno od test karte za pola metra. Pored toga, u prostoriji ne bi trebalo da

budu prisutni drugi izvori svetlosti. Staljak je postavljen da bude u ravni sa test kartom ISO 12233, koja je zalepljena na zid, kao što je prikazano na slici 1. Lampe su upaljene i telefon, sa uključenom prednjom kamerom, je postavljen na središnji deo stalka. Kada je utvrđeno da je test karta vidljiva na displeju telefona, odgovarajućim daljinskim upravljačem se aktivira kamera i napravi nekoliko fotografija.



Slika 1. Izgled toka eksperimenta

Kada je ovaj postupak urađen za prvi telefon, isti se ponavlja i za preostala četiri telefona. Treba napomenuti da su podešavanja kamera ostala standardna, odnosno nepromenjena, tako da opcije poput fokusiranja i selektivne osvetljenosti nisu korišćene. Sledeći korak bio je prikupljanje svih dobijenih fotografija na jedan računar gde se sređuju za sledeći postupak. Kako je ugao iskošenih ivica na slikanim elementima bitan za određivanje rezolucije, potrebno je da test karte budu pod pravim uglom u odnosu na ugao slikanja. Sve one fotografije koje su ispale krivo, naknadno su ispravljene u softveru Adobe Photoshop. Nakon ispravljanja, sledi isecanje četiri elemenata sa iskošenim ivicama od 5°, koji su označeni na slici 2.



Slika 2. Označeni elementi koji se isecaju

Svaki element se posebno analizira tako što se odredi površina od interesa (engl. ROI - Region Of Interest). Otvara se prozor gde se nalaze kontrole kojima manuelno može da se podesi okvir za analiziranje, tzv. površina od interesa. Važna stvar je da krstić unutar te površine bude na ivici, tj. na samom prelazu belog u crni deo. Obzirom da se kamere mobilnih telefona međusobno razlikuju po pitanju rezolucije, nije moguće odabrati uvek iste površine od interesa za svaki analizirani deo. Tako na primer, za iPhone SE, koji od datih pet telefona ima najmanju rezoluciju kamere, odabrana je površina od 10 x 25 piksela, koju je mogao da predstavi. Zbog toga je i za

ostale telefone izabrana ista površina od interesa, kako taj parametar ne bi uticao na dobijene rezultate. U Tabeli 1 predstavljeni su svi mobilni telefoni koji su korišćeni u eksperimentu, prikazane su vrednosti otvora blende i rezolucija prednjih kamera.

Tabela 1. Karakteristike kamera mobilnih telefona

Model telefona	Otvor blende	Rezolucija kamere
IPhone SE	f/2.4	1.2 MP
Samsung Galaxy A5	f/1.9	4608 x 3456 px 15.93 MP
Huawei Y6	f/2.4	2592 x 1944 px 5.04 MP
Samsung Galaxy A70	f/2	6528 x 4896 px 31.96 MP
Samsung Galaxy J5	f/1.9	2576 x 1932 px 4.98 MP

Nakon određivanja površine od interesa, u sledećem koraku biraju se jedinice odziva prostorne frekvencije a to su ciklusi po pikselu - Cy/Pxl (engl. Cycles per pixel), ali je takođe izabrana i širina linije po visini slike - LW/PH (engl. Line width per picture height) koja se koristi za poređenje performansi kamera na mobilnim telefonima, dok su ostale opcije podešavanja ostavljene na svojim podrazumevanim vrednostima. Ovo je ujedno i poslednji korak u programu nakon čega se dobijaju rezultati za određeni isečeni element u vidu grafikona zajedno sa brojčanim vrednostima (vrednost MTF50 koja se koristi za poređenje i analizu oštine sistema).

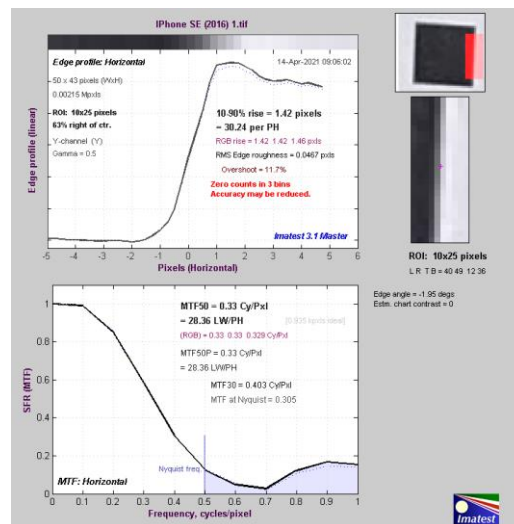
4. REZULTATI MERENJA

Na slici 3 se može videti rezultat merenja koji se dobija u softveru Imatest kada se analizira oština fotografije. U gornjem delu se nalazi profil reflektanse (engl. Edge profile), a u donjem delu je MTF (engl. Modulation Transfer Function) kriva koja se koristi za analizu oštine, tačnije vrednost MTF50. Vrednost MTF50 je prostorna frekvencija u kojoj je kontrast slike polovina (50%) niskih frekvencija. MTF50 je izvrsna mera percepcije oštine slike jer su detalji umanjeni, ali i dalje vidljivi i zato što je u regionu gde odziv većine kamera najbrže opada. Posebno je koristan za poređenje oštine različitih kamera, ujedno je i pokazatelj čije vrednosti će biti razmatrane.

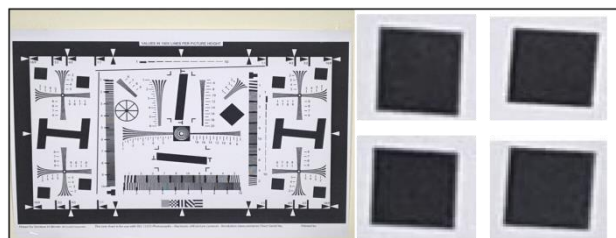
Na slikama 4-8 prikazane su uslikane test karte kao i izdvojeni isečci koji su korišćeni za merenje i analizu oštine fotografija. Vizuelno se već jasno vidi da postoji razlika kako između isečaka u okviru jedne test karte, tako i između fotografija dobijenih različitim mobilnim telefonima.

Na slici 9 dat je grafički prikaz vrednosti MTF50 dobijenih za sve mobilne telefone. Na osnovu rezultata može se primetiti da postoji određena neujednačenost između dobijenih vrednosti u okviru jedne test karte slikane istim mobilnim telefonom.

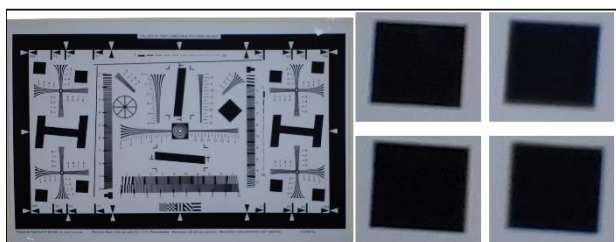
Najveće vrednosti i samim tim najveća oština dobijena je za fotografije uslikane telefonom sa najvećom rezolucijom kamere (Samsung Galaxy A70).



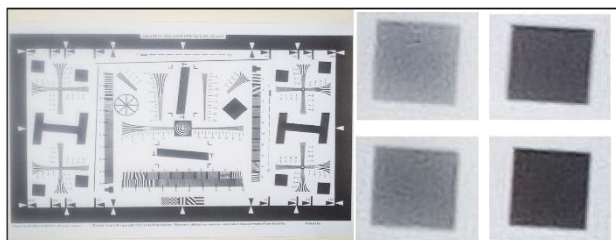
Slika 3. Primer grafika rezultata za prvi isečak, ROI 10 x 25 piksela (telefon IPhone SE)



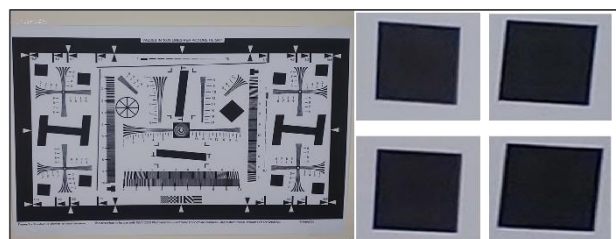
Slika 4. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon IPhone SE)



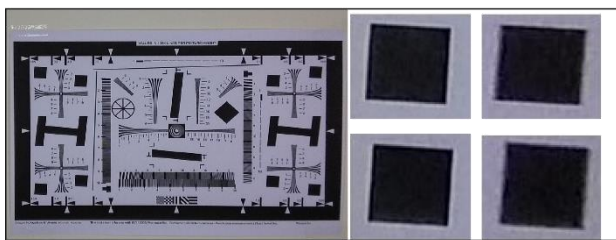
Slika 5. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Samsung Galaxy A5)



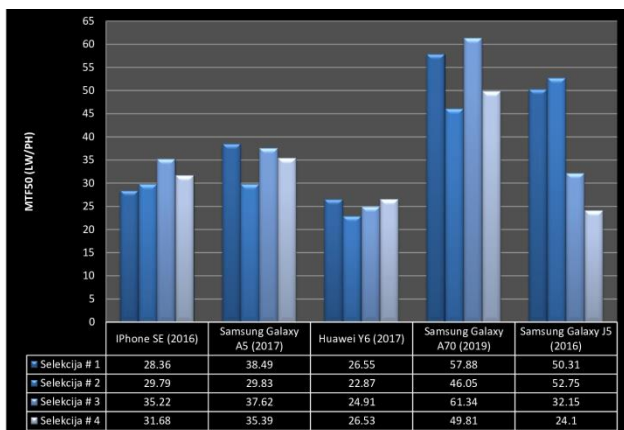
Slika 6. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Huawei Y6)



Slika 7. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Samsung Galaxy A70)



Slika 8. Uslikana test karta i iseći za merenje (telefon Samsung Galaxy J5)



Slika 9. Grafik rezultata MTF50 vrednosti(LW/PH) za sve mobilne telefone

4. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je osnovni princip funkcionisanja kamere na mobilnim telefonima, zajedno sa svim delovima od kojih se ona sastoji. Objašnjeni su glavni atributi kvaliteta fotografije i kako oni i u kojoj meri mogu da utiču na krajnji izgled fotografije. Izdvojen je jedan atribut od značaja, a to je oštrina fotografije. Oštrina je ta koja nam govori o količini detalja koju fotografija može da prenese.

U eksperimentu je korišćen softver i test karta kompanije Imatest, zajedno sa pet različitih mobilnih telefona sa kamerama.

Prilikom izvođenja eskperimenta, poštovani su uslovi za testiranje naznačeni od strane Imatest kompanije, kako bi dobijeni rezultati merenja bili ispravni, tj. u skladu sa odgovarajućim standardom. Nakon svih merenja, analize i diskusije dobijenih rezultata, može se doći do nekoliko glavnih zaključaka.

Telefon Samsung Galaxy A70 ima najveće vrednosti oštine fotografije. Veća rezolucija kamere ne mora uvek da znači i veću oštrinu fotografije, kao što se može videti u primeru između telefona iPhone SE i Huawei Y6, tako što je kamera manje rezolucije napravila fotografiju veće oštine u odnosu na kameru sa više megapiksela. Ono što se još dodatno može zaključiti je da se za isti telefon mogu dobiti neujednačene vrednosti na različitim površinama, međutim u ovom eksperimentu ne postoje neka veća odstupanja u tom pogledu.

Vrednosti MTF50 za telefon Huawei Y6 se najmanje razlikuju za sva četiri merena isečka međusobno, što znači da je oštrina uniformna na celoj slikanoj površini, iako na njima vizuelno postoji razlika u svetlini, ali se ona objašnjava oštećenjem sistema sočiva kamere. Vrednosti MTF50 koje se najviše razlikuju između četiri isečka pripadaju telefonu Samsung Galaxy J5, što znači da njegova prednja kamera daje najmanje uniformnu oštrinu na slikanoj površini, ovo se isto može primetiti i vizuelno, jer su iseći sa jedne strane mnogo više zamućeni u poređenju sa onima na drugoj strani. Kada je u pitanju oštrina fotografije, ovakva merenja nam mogu pomoći da još bolje razumemo o kakvoj kameri se radi, da zaključimo koje su joj to prednosti a koje su slabije tačke.

5. LITERATURA

- [1] <https://www.phonescoop.com/glossary/term.php?gid=473> (pristupljeno u februaru 2021.)
- [2] <https://smartphonephotographytips.com/whats-better-a-rear-camera-or-front-selfie-camera-on-a-smartphone/> (pristupljeno u martu 2021.)
- [3] <https://www.masterphonephotography.com/how-do-phone-cameras-work/> (pristupljeno u martu 2021.)
- [4] J.B. Phillips, H. Eliasson, "Camera Image Quality Benchmarking", *Wiley-IS&T Series in Imaging Science and Technology*, 2018.
- [5] <https://www.imatest.com/2004/09/imatest-10-image-quality-evaluation-software-released/> (pristupljeno u avgustu 2021.)

Podaci za kontakt:

MSc Jovan Jokić, jovanjokic01@gmail.com

Dr Ivana Jurić, rilovska@uns.ac.rs