

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

Kratak sadržaj – *Analiziranje i određivanje razlika i sličnosti između zadnjih kamera pet različitih modela mobilnih telefona. Vršiti se upoređivanje i kontrola oštine fotografija dobijenih mobilnim telefonima koji su detaljnije opisani u daljem tekstu. Upotrebom specijalnih test karti za testiranje i Imatest softvera, dolazi se do kvantitativnih rezultata koji pružaju informacije vezane za kvalitet oštine.*

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

Abstract – *Analyzing and determining the differences and similarities between the rear cameras of five different mobile phones. The sharpness of photos obtained by mobile phones is compared and controlled, which are described in more details below. Using special test charts and Imatest software, quantitative results are obtained that provide information related to quality of sharpness.*

Keywords: *Digital photography, image sharpness, image quality attributes*

1. UVOD

Mobilni telefoni su napravili značajan iskorak van svoje osnovne funkcije, ali ujedno i veliki napredak. Najveći udarac će svakako podneti obični kompakt fotoaparati, dok će zakoni fizike mobilne telefone zauvek držati na lestvici nižeg kvaliteta fotografije u odnosu na fotoaparate sa većim senzorom i većim objektivima. I dalje postoji mogućnost veštačke kreacije bokeha (poznati koncept fotografije koji se odnosi na zamagljenu pozadinu u fotografijama), ali će ona kao takva biti dobra samo onima koji ne znajući za bolje, takvo rešenje vide kao prihvatljivo. Većina prosečnih korisnika mobilnih telefona kao fotoaparata, nije opterećena poigravanjem sa dubinskom oštrinom, baš kao što i nemaju pretenziju zalaska u umetničku zonu fotografija.

Fotografija je slika (negativ) osobe ili stvari štampane na fotoosetljivom papiru. Ona je proizvod hemijskog i optičkog procesa. Reč potiče od grčke reči φως phos („svetlo”) i γραφίς graphis („crtanje”) što znači “crtanje pomoću svetlosti”. Pre 15 godina, bilo bi teško poverovati u kvalitet slike koje danas pruža prosečna kamera za mobilne telefone.

NAPOMENA:

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

Ona bi, zapravo bila bolja u poređenju sa kompaktnim kamerama koje su tada bile na raspolaganju.

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

2. PAMETNI TELEFONI I KAMERE

Da bi se mogle opisati karakteristike slike fotoaparata, neophodno je dobro razumevanje njegovog rada. Rad fotoaparata zasnovan je na principima utvrđenim pre nekoliko stotina godina, pri čemu je i ova perspektiva postala dragocena za potpuno razumevanje digitalne fotografije. Kombinovanjem nekoliko polja nauke i tehnologije formiraju se slike pomoću digitalnog fotoaparata. Fizika, pružajući osnovne koncepte predstavlja najvažniji deo područja poput obrade signala, optike i elektronike, kao i nauke o boji i vidu, što ukazuje na važnu ulogu u opisivanju i formiranju fotografije. Reč kamera potiče od latinskog naziva Camera obscura, što doslovno znači „mračna komora”. Princip kamere obscura je izuzetno jednostavan: na jednom kraju komore je napravljena mala rupa ili otvor. Svetlosni zraci sa scene prolaze kroz otvor i na kraju osvetljavaju zadnji zid unutar komore, stvarajući tako sliku scene [1].

2.1. Digitalna fotografija

Prvi digitalni fotoaparati na tržištu minimalne rezolucije (640 x 640 K), brzo su zamenjeni većom (1600 x 1200 = 2,1 Mp), itd. Trenutno veći broj digitalnih fotoaparata dostiže oko 20 megapiksela za kompaktne digitalne fotoaparate i više od 50 za profesionalne (DSLR kamere). Tako su kupci digitalnih fotoaparata, slično kupcima računara, postali uslovljeni da nadograđuju svoje uređaje na svakih nekoliko godina [2].

2.2. Građa kamere u mobilnom telefonu

Kako su telefoni postajali sve veći i bolji tokom vremena, tako su se i njihove kamere menjale i napredovale. Ono što se nalazi unutar kamera mobilnih telefona se može razumeti, ukoliko se dobro poznaju njihove funkcije kao i njihova preciznost koja omogućava fotografisanje [3].

Unutar kamere mobilnog telefona se nalaze njegove komponente [4]: sočiva, senzor, procesor signala slike i senzor za dubinu (engl. Time of flight).

Kamera pametnog telefona radi skoro isto kao i svaka druga kamera tako što koristi svetlost za kreiranje slike. Optičke (fizičke) pojave koje dovode do skretanja i usmeravanja svetlosti u sočivima su takođe prilično slične. Po dizajnu, kamere pametnih telefona moraju biti veoma male u poređenju sa drugim digitalnim fotoaparatom. Ovo u velikoj meri utiče na funkcionisanje mobilnih kamera i na kvalitet slika koje mogu da proizvedu [4].

3. EKSPERIMENTALNI DEO

Eksperimentalni deo rada predstavlja opremu i materijale koji su iskorišćeni za dobijanje traženih rezultata. U okviru svakog dela opisane su glavne karakteristike, podešavanja i parametri koji su određeni za merenja. Opisan je i sam tok eksperimenta od prvog do poslednjeg koraka. Najbitnije karakteristike korišćenih mobilnih telefona su detaljnije objašnjene. 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 kompanija nastala je 2004. godine. Ona pruža fotografima mogućnosti upotrebe softvera, test karti i opreme koja im omogućuje da testiraju performanse digitalnih kamera i/ili objektivna. Imatest je pomogao preduzećima u različitim industrijama, uključujući mobilnu, automobilsku, medicinsku i proizvodnu.

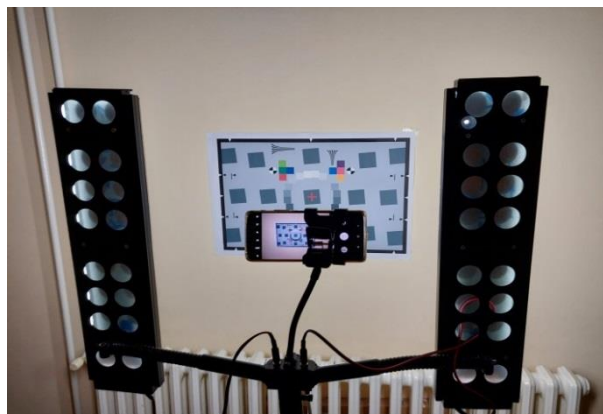
Ovaj program nudi softverski paket koji meri oštrinu i druge atribute kvaliteta slike digitalnih kamera i digitalizovanih filmskih slika. Ranije fotografi nisu mogli meriti performanse svojih fotoaparata i objektivna sa takvom preciznošću i pogodnošću. Moguće je jednostavno i lako izvršiti sopstvena merenja, fotografisanjem test karti i analizom rezultata pomoću softvera.

Imatest sadrži više modula za testiranje, a tokom ovog eksperimenta konkretno je korišćen SFR modul. SFR modul 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 hromatske aberacije i šum i procenjuje *Shannonov* informacijski kapacitet - pokazatelj kvaliteta slike na osnovu oštine i šuma [5].

3.2. Opis toka eksperimenta

Eksperiment se sprovodi prilikom odgovarajućih uslova u prostoriji u kojoj se odvija. Upotrebljava se određeno osvetljenje koje je udaljeno od test karte. Senzor kamere je postavljen u ravni sa centrom test karte, dok je udaljenost stalka 70 cm od karte. U prostoriji ne bi trebalo da budu prisutni drugi izvori svetla osim postavljenog na stalku koje ima temperaturu od 5000 K. Stalac je postavljen da bude u ravni sa test kartom eSFR, koja je zalepljena na zidu, kao što je prikazano na slici 1. Lampe su upaljene i telefon, sa uključenom zadnjom kamerom je postavljen na središnji deo stalka.

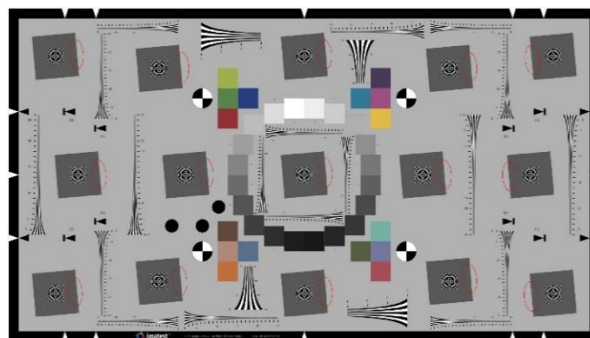
Kada je utvrđeno da je test karta vidljiva na displeju telefona, odgovarajućim daljinskim upravljačem se aktivira kamera i napravi nekoliko fotografija. Na slici 1. je prikazan izgled toka eksperimenta sa test kartom, telefonom i lampama.



Slika 1. Izgled toka eksperimenta

Nakon što je ovaj postupak urađen za prvi telefon, on se ponavlja i za preostala četiri telefona. Pri ponovljenom postupku, podešavanja kamere su ostala standardna, odnosno nepromenjena, tako da opcije poput fokusiranja i selektivne osvetljenosti nisu korišćene. Zatim se vrši prikupljanje svih dobijenih fotografija na jedan računar gde se sređuju za naredni postupak.

Ugao iskošenih ivica na fotografisanim elementima bitan je za određivanje rezolucije, pa je potrebno da test karte budu pod pravim uglom u odnosu na ugao fotografisanja. Fotografije koje malo iskošene, naknadno su korigovane u softveru Adobe Photoshop. Na svakoj test karti je izmerena oštrina za 15 iskošenih kvadrata, koji su označeni na slici 2.



Slika 2. Označeni elementi korišćeni za merenje oštine

Svaki element (kvadrat) 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. Veoma je bitno da krstić unutar te površine bude na ivici, tj. na samom prelazu belog u crni deo. Površina od interesa je dimenzija 80 x 160 px za sve telefone.

U Tabeli 1 predstavljeni su svi mobilni telefoni koji su korišćeni u eksperimentu, prikazane su vrednosti otvora blende i rezolucija zadnjih kamera.

Nakon što se odredi površina od interesa, sledeći korak jeste izbor jedinice odziva prostorne frekvencije a to su ciklusi po pikselu - Cy/Pxl (engl. Cycles per pixel) ili

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.

To predstavlja poslednji korak u programu, pri čemu se dobijaju rezultati za određeni isečeni element u vidu grafikona zajedno sa brojčanim vrednostima, gde su predstavljeni rezultati za jedan od elemenata korišćenih u eksperimentu.

Tabela 1. Karakteristike kamera mobilnih telefona

Model telefona	Otvor blende	Rezolucija kamere
Samsung Galaxy A52s 5G	f/1.8	2400 x 1080 px 64 MP
LG K10	f/2.2	720 x 1280 px 13 MP
Huawei Mate 10 Lite	f/2.2	1080 x 2160 px 16 MP
Apple Iphone 11 Max Pro	f/2.4	2688 x 1242 px 12 MP
Xiaomi Redmi Note 10	f/1.9	1080 x 2400 px 48 MP

4. REZULTATI MERENJA

Na grafikonu sa slike 3 prikazani su rezultati merenja koji se dobijaju u softveru Imatest kada se analizira oštrina fotografije. Kriva reflektancije (engl. Edge profile) se nalazi u gornjem delu a u donjem delu je MTFkriva (engl. Modulation Transfer Function), tj. kriva koja se koristi za analizu oštrine.

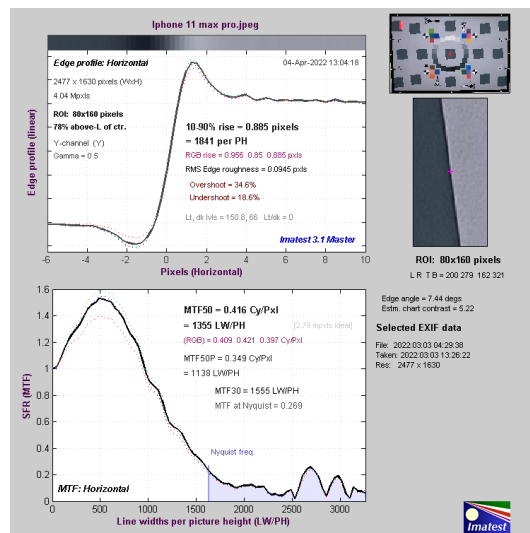
Vrednost MTF50 je prostorna frekvencija u kojoj je kontrast slike polovina (50%) niskih frekvencija i ta vrednost se očitava sa MTF krive. MTF50 predstavlja meru percepcije oštrine slike jer su detalji umanjeni, ali i dalje vidljivi. Nalazi se u regionu gde odziv većine kamera najbrže opada. Koristan je za poređenje oštrine različitih kamera, a ujedno je i pokazatelj oštrine čije vrednosti će biti razmatrane u radu.

Na slikama 4-8 prikazane su uslikane test karte svakim telefonom pojedinačno, kao i obeleženi isečci sa izmerenim MTF50 vrednostima koji su korišćeni za analizu oštrine fotografija. Vizuelno se može primetiti da postoji razlika kako između isečaka u okviru jedne test karte, tako i između fotografija dobijenih različitim mobilnim telefonima.

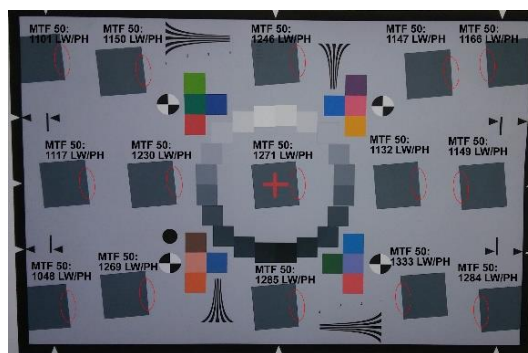
Na slici 9 dat je grafički prikaz srednjih vrednosti MTF50 dobijenih za sve mobilne telefone. U radu se nalazi kompletna tabela svih 15 isečaka za svaki telefon. Na osnovu njihove srednje vrednosti vršen je odabir kamere sa najvećom oštrinom.

Na osnovu rezultata može se primetiti da postoji određena neujednačenost između dobijenih vrednosti u okviru jedne test karte slikane istim mobilnim telefonom.

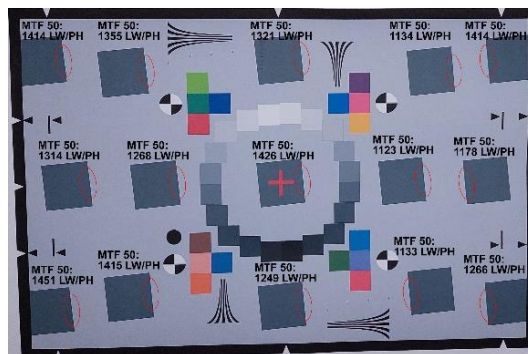
Najveće vrednosti i samim tim najveća oštrina je dobijena za fotografije uslikane telefonom Apple Iphone 11 Max Pro. Apple Iphone 11 Max Pro ima srednju vrednost MTF50 od 1500.6 LW/PH.



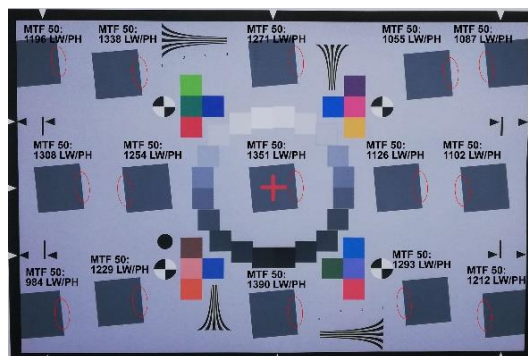
Slika 3. Primer grafika rezultata za prvi isečak, ROI 80 x 160 piksela (telefon Iphone 11 Max Pro)



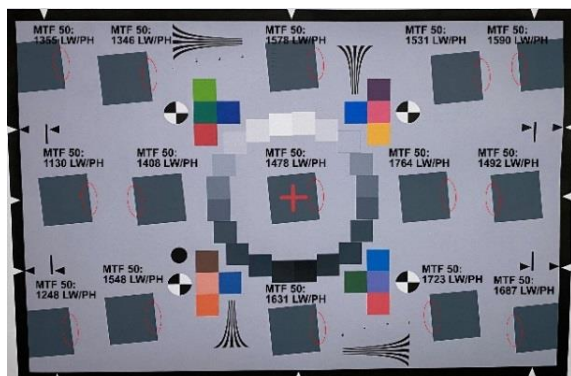
Slika 4. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon LG K10)



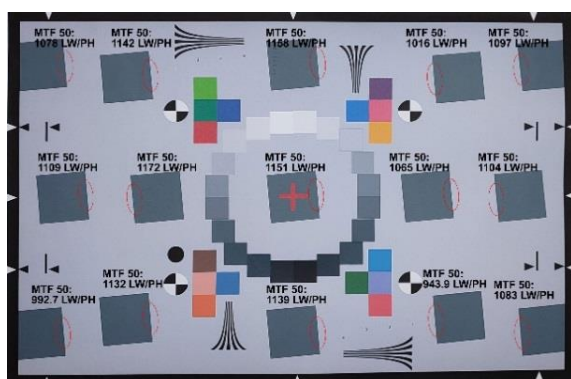
Slika 5. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Samsung Galaxy A5)



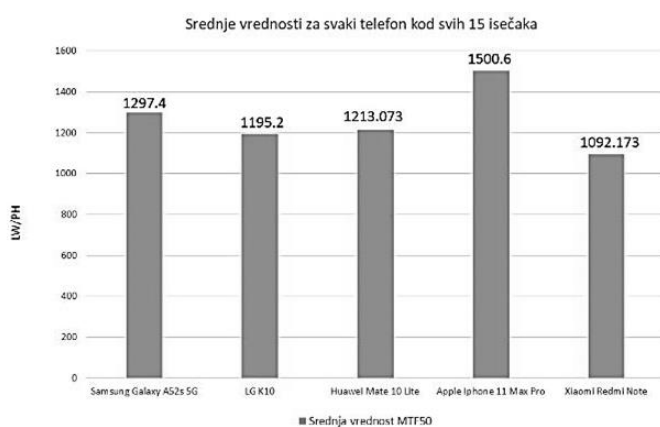
Slika 6. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Huawei Mate 10 Lite)



Slika 7. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Iphone Apple 11 Max Pro)



Slika 8. Uslikana test karta i isečci za merenje (telefon Xiaomi Redmi Note 10)



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

5. ZAKLJUČAK

Osnovni princip funkcionisanja zadnjih kamera na mobilnim telefonima detaljnije je opisan u ovom radu, zajedno sa svim delovima od kojih se one sastoje. Takođe su detaljnije objašnjeni glavni atributi kvaliteta fotografije i u kojoj meri se koriste, kao i na koji način mogu da utiču na krajnji izgled fotografije. Atribut oštine dobija najveći značaj, kao najvažniji faktor kvaliteta, i ujedno ključna tačka ovog rada. Oština je ta koja ukazuje na količinu detalja koju fotografija može da prenese. U okviru rada opisan je i standard koji je namenjen za kvantifikovanje performansi mobilnih uređaja, koji u sebi sadrži kameru, i ima naziv Kvalitet kamera mobilnih telefona - CPIQ (engl. Camera Phone Image Quality).

Njegov cilj jeste da standardizuje merenja kvaliteta slika, poveže objektivne rezultate merenja sa ljudskom percepcijom, kako bi se dobili podaci za smislen sistem ocenjivanja. Korišćen softver u eksperimentu ovog rada, kao i test karta pripadaju kompaniji Imatest. Zajedno sa njima, upotrebljeno je pet različitih mobilnih telefona sa različitim rezolucijama kamere, kao i različitim komponentama unutra kamera. Prilikom izvođenja eksperimenta ispoštovani su uslovi za testiranje naznačeni od kompanije Imatest, kako bi dobijeni rezultati merenja bili ispravni, tj. u skladu sa odgovarajućim standardom.

Telefon Apple Iphone 11 Max Pro ima najveće vrednosti oštine fotografije. Veća rezolucija kamere ne mora da znači i veća oština fotografije, kao što se može videti u primeru između telefona Iphone 11 Max Pro i Samsung Galaxy A52s 5G, tako što je kamera manje rezolucije - 12MP napravila sliku veće oštine u odnosu na kameru sa više megapiksela - 64MP. Korišćena je jedna površina od interesa, i ono što se može zaključiti na osnovu toga jeste 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 Samsung Galaxy A52s 5G se najmanje razlikuju za svih 15 izmerenih isečaka međusobno, što znači da je oština uniformna na celoj slikanoj površini, ali je šum više prisutan u odnosu na ostale telefone. Vrednosti MTF50 koje se najviše razlikuju između 15 isečaka pripadaju telefonu Xiaomi Redmi Note 10, što znači da njegova zadnja kamera daje najmanje uniformnu oštinu na slikanoj površini, iako je kamera čak 48MP. Ovo se isto može primetiti i vizuelno, jer su isečci sa jedne strane mnogo više zamučeni u poređenju sa isečcima kod fotografija ostalih telefona.

6. LITERATURA

- [1] J.B. Phillips, H. Eliasson, "Camera Image Quality Benchmarking", *Wiley-IS&T Series in Imaging Science and Technology*, 2018.
- [2] D. Simon, "Digital Photography Bible", *Wiley Publishing, Inc, Indianapolis, Canada*, 2004.
- [3] [What's Inside Smartphone Camera: Hardware-Software Unity Explained \(fossbytes.com\)](https://fossbytes.com/what-inside-smartphone-camera-hardware-software-unity-explained/) (pristupljeno u septembru 2021.)
- [4] <https://thesmartphonephotographer.com/how-phone-camera-works/> (pristupljeno u septembru 2021.)
- [5] <https://www.imatest.com/2004/09/imatest-10-image-quality-evaluation-software-released/> (pristupljeno u novembru 2021.)

Podaci za kontakt:

MSc Teodora Stojanović,
teodora.stojanovic95@gmail.com

Dr Ivana Jurić,
rilovska@uns.ac.rs