

# Objektivizacija vizualne prihvatljivosti degradacije originala fotografske slike

---

**Ptiček, Petra**

**Doctoral thesis / Doktorski rad**

**2021**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University of Zagreb, Faculty of Graphic Arts / Sveučilište u Zagrebu, Grafički fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:216:496727>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-29**



*Repository / Repozitorij:*

[Faculty of Graphic Arts Repository](#)





Sveučilište u Zagrebu

Grafički fakultet

Petra Ptiček

**OBJEKTIVIZACIJA VIZUALNE  
PRIHVATLJIVOSTI  
DEGRADACIJE ORIGINALA  
FOTOGRAFSKE SLIKE**

DOKTORSKI RAD

Mentor: doc. dr. sc. Miroslav Mikota

Zagreb, 2021.



University of Zagreb

Faculty of Graphic Arts

Petra Ptiček

**OBJECTIFICATION OF THE ORIGINAL  
PHOTOGRAPHIC IMAGE  
DEGRADATION VISUAL  
ACCEPTABILITY**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisor: Associate Professor Miroslav Mikota, PhD

Zagreb, 2021.

**UDK 655:77**

***Imenovano Povjerenstvo za ocjenu doktorskoga rada:***

1. prof. dr. sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član
3. doc. art. dr. sc. Mario Periša, Sveučilište Sjever, vanjski član

***Imenovano Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada:***

1. prof. dr. sc. Klaudio Pap, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, predsjednik
2. prof. dr. sc. Nikola Mrvac, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, član
3. doc. art. dr. sc. Mario Periša, Sveučilište Sjever, vanjski član
4. doc. dr. sc. Ivan Budimir, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, zamjenski član
5. izv. prof. dr. sc. Krunoslav Hajdek, Sveučilište Sjever, vanjski zamjenski član

***Mentor:***

doc. dr. sc. Miroslav Mikota, Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

***Datum obrane doktorskoga rada:*** 10. rujna 2021.

***Mjesto obrane doktorskoga rada:*** Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet

***Povjerenstvo za obranu doktorskoga rada donijelo je sljedeću odluku:***

„Obraniła s ocjenom summa cum laude (*s najvećom pohvalom*) jednoglasnom odlukom Povjerenstva“

## ŽIVOTOPIS MENTORA

Miroslav Mikota je rođen 4. ožujka 1967. g. u Zagrebu gdje je završio osnovnu školu, Klasičnu gimnaziju i Grafički fakultet Sveučilišta u Zagrebu na kojem je diplomirao 1990. g., magistrirao 2005. g. te doktorirao 2007. g. Od 1990. g. radi na Grafičkom fakultetu, danas kao docent na Katedri za grafički dizajn i slikovne informacije, a od akademske godine 2016./2017. i kao prodekan za nastavu. Bio je pokretač i voditelj Katedre za primijenjenu i umjetničku fotografiju. 2011. g. je izabran u znanstveno zvanje znanstvenog suradnika, 2013. g. u naslovno zvanje profesora visoke škole, a 2015. g. u znanstveno-nastavno zvanje docent. Autor je više od 90 znanstvenih i stručnih radova, više od 400 leksikografskih članaka i većeg broja osvrti i komentara fotografskih izložbi. Kao urednik je, recenzent i autor surađivao s Maticom hrvatskom, časopisom Reporter i časopisom Grafička revija. Suraduje s Leksikografskim zavodom Miroslav Krleža kao urednik struke Tiskarstvo na projektu Hrvatske enciklopedije i Tehničkog leksikona te Likovnog leksikona kao urednik struke Fotografija. Sudjelovao je na većem broju stručnih i znanstvenih konferencija. Voditelj je organizacije Međunarodne konferencije tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić te je član Znanstvenih odbora Međunarodnog znanstvenog skupa Tiskarstvo & Dizajn, Međunarodne znanstvene konferencije MATRIB, Međunarodne konferencije tiskarstva, dizajna i grafičkih komunikacija Blaž Baromić, International Conference Management of Technological Changes i International Seminar on Quality Management in Higher Education. Urednik je znanstvenih knjiga i zbornika radova i sažetaka sa znanstvenih skupova te znanstvenog časopisa Acta Graphica. Objavio je knjigu Kreacija fotografijom i dvije skripte. Autor je i izvođač više programa kolegija dodiplomskih, preddiplomskih, diplomskih i doktorskog studija te je recenzent jednog sveučilišnog programa preddiplomskog studija i većeg broja znanstvenih radova. Sudjelovao je u organizaciji i vođenju fotografskih tečajeva, seminara i radionica te je član i predsjednik stručnih žirija i strukovnih udruga. Objavio je preko 1000 fotografija te njima ilustrirao naslovne stranice, knjige, kataloge, kalendare, novine, časopise, razglednice, plakate i web stranice, a fotografije je izlagao na 30 izložbi. Široj je javnosti najpoznatiji po portretima hrvatskih književnika te ličnosti iz kulturnog života te HDR zimskim pejzažima.

*Ovaj rad posvećujem svojoj sestri Sonji, koja je bila moja najveća snaga i ljubav.*

*Mojim najdražim roditeljima, ocu Branku, majci Štefici od srca veliko hvala, na izuzetnoj ljubavi, strpljivosti i podršci. Koji su na mene prenijeli prave životne vrijednosti i bili pravi uzor, poticaj i ohrabrenje u izradi ove disertacije.*

*Od srca veliko hvala Domagoju na beskrajnom razumijevanju, svim riječima ohrabrenja, vjeri i iskrenoj radosti.*

## **ZAHVALA**

*Veliko hvala mentoru, doc. dr. sc. Miroslavu Mikoti, na dobroj volji, izuzetnoj pomoći, podršci, i savjetima u izradi ove disertacije. Zahvaljujem se svim članovima povjerenstva za ocjenu i obranu doktorskog rada, prof. dr. sc. Klaudiu Papu, prof. dr. sc. Nikoli Mrvcu, doc. art. dr. sc. Mariu Periši, doc., dr. sc. Jure Ahtiku, izv. prof. dr. sc. Krunoslavu Hajdeku na pomoći, potpori i savjetima.*

*Zahvaljujem se svim kolegama na Grafičkom fakultetu, koji su mi prenosili svoja znanja i iskustva te mi pomogli u ostvarenju mojih istraživanja. Posebno hvala kolegicama Ivani Žganjar, Lei Tijan, Mateji Martinec.*

*Zahvaljujem se Mariu Ozimec, svim profesorima i prijateljima, koji su bili uz mene i pomogli mi na bilo koji način na ostvarenju doktorskog rada.*



## SAŽETAK

Fotografska slika je najčešći medij prenošenja informacija dvodimenzionalnom statičnom slikom. Kako bi se osigurao odabir fotografskih slika koje prenose željene informacije, potrebno je osigurati objektivizaciju njihove vizualne prihvatljivosti. Odabir fotografskih slika koje prenose određene informacije, bez obzira ostvaruje li se ta slika kao samostalan medij ili kroz druge, medije, tiskane ili elektronske, primarno se temelji na vizualnim procjenama. Informacije koje prenosi fotografska slika određene su njezinom semantikom koja je definirana tehničkim i sintaktičkim aspektima. U disertaciji se provode istraživanja vizualnim uspoređivanjem kreiranih originala i obradom degradiranih originala fotografskih slika te mjernim određivanjem ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma, sposobnosti razdvajanja linija i faktora sličnosti kao pokazatelja njihovih deskriptivnih karakteristika. Istraživanja upućuju na mogućnost definiranja granica prihvatljivosti promjena pojedinih tehničkih i sintaktičkih vrijednosti fotografske slike uz zadržavanje informacija koje prenosi, kao i mogućnost upravljanja pojedinim parametrima digitalnog zapisa fotografske slike sa svrhom mijenjanja informacije koja se prenosi uz zadržavanje ikoničkog karaktera konkretne fotografske slike odnosno prihvaćanja te slike kao realnog zapisa. U području promjena plavog, zelenog i crvenog kanala digitalnog zapisa fotografske slike u granicama zadržavanja ikoničkog karaktera, istraživanje dokazuje povezanost mjernih karakteristika boja fotografske slike i percepcije fotografske slike, ali i povezanost granica prihvatljivosti promjena vrijednosti kanala zapisa i motiva fotografske slike. Provedena istraživanja povezuju percepciju, odnosno vizualnu procjenu, fotografske slike s vrijednostima promijene dinamičkog raspona, ekspozicije, tonskih vrijednosti, ukupne promijene boja  $\Delta E_{00}$ , svjetline i sposobnosti razdvajanja linija kao parametara objektivne procjene promjena definiranih fotografskih slika u odnosu na originalnu fotografsku sliku, te ukazuju na povezanost navedenih mjernih karakteristika fotografske slike, faktora sličnosti te vizualnih ekspertnih i procjena šire skupine konzumenata. Potvrđuju mogućnost objektivizacije procjene degradacije originala fotografske slike, odnosno prihvatljivosti te degradacije, a da degradirana fotografska slika zadržava ikoničnost u odnosu na originalnu fotografsku sliku.

**Ključne riječi:** fotografska slika, degradacija originala, prihvatljivost degradacije, vizualna procjena, mjerne karakteristike fotografske slike

## **EXTENDED ABSTRACT**

The photographic image is the most common medium of two-dimensional static image information transfer. In order to ensure the selection of those photographic images that transmit the preferred information it is necessary to determine the objectiveness of their visual appropriateness.

The choice of photographic images, regardless of whether they are realised as an individual medium or through other media, print or electronic, is primarily based on visual assessment. In order to ensure the selection of those photographic images that transmit the exact preferred information it is necessary to determine the objectiveness and repeatability of their choice. The information that is transferred by a photographic image is determined by its technical and syntactical aspects.

Previous research has shown the possibility of objective representation of individual technical and syntactical characteristics of photographic images, and with that the semantics and transfer of information. In this dissertation research is conducted by visual comparison of created originals and editing of degraded originals of photographic images and by measuring to determine the total change in colour, light, chromatics, dynamic range, histogram values, line separation ability and similarity factor as indicators of their descriptive characteristics.

Research indicates that there is a possibility to define the limit of acceptability of change in individual technical and syntactical values of a photographic image with keeping the transferred information, as well as the possibility of manipulating the individual parameters of a digital record of a photographic image with the purpose of changing the transferred information with keeping the iconic character of the photographic image, i.e., accepting the image as a real record.

In the area of changes to the blue, green and red channels of the photographic image's digital record within the limits of keeping the iconic character, research has proved a connection of the colour metrics of the photographic image and the perception of the photographic image, but also the connection of the limits of acceptability of the changes in the values of the record channel and the motif of the photographic image.

The conducted research connects perception, i.e., visual assessment, of the photographic image with the values of the change in the dynamic range, exposition, tonal values, total change in colour  $\Delta E_{00}$ , lightness and line separation ability as the parameters of objective

assessment of changes in the defined photographic images in relation to the original photographic image and indicate that there is a connection between the listed metrics of a photographic image, the similarity factor and expert visual and assessment of a wider group of consumers. It confirms the possibility of objectiveness of the evaluation of the degradation of the original of a photographic image, i.e., of the acceptability of this degradation, while the degraded photographic image remains iconic in relation to the original photographic image.

**Keywords:** objectification, degradation, visual assessment, line separation ability, syntax, semantics

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	1
<b>2. TEORETSKI DIO</b> .....	3
2.1. Digitalni fotografski sustav .....	3
2.1.1 Razvoj fotografskog digitalnog sustava .....	4
2.1.2 Stvaranje fotografske slike u digitalnom fotografskom sustavu.....	22
2.1.2.1 Snimanje digitalnim fotografskim aparatom.....	22
2.1.2.2 Obrada digitalnog zapisa fotografske slike .....	30
2.1.3 Formati zapisa digitalne fotografske slike .....	32
2.1.3.1 JPEG zapis .....	34
2.1.3.2 Sirovi (RAW) zapisi .....	34
2.1.3.3 Ostali formati zapisa (TIFF) .....	35
2.1.4 Prostori boja u digitalnom fotografskom sustavu .....	36
2.1.4.1 Adobe RGB prostor boja .....	39
2.1.4.2 sRGB prostor boja .....	40
2.2. Atributivne i mjerne karakteristike fotografske slike i procijena prihvatljivosti .....	42
2.2.1 Tonovi, kontrast i dinamički raspon .....	43
2.2.2 Oštrina crteža i sposobnost razdvajanja linija .....	44
2.2.3 Boje, ton boje, svjetlina, zasićenje i ukupna razlika boja $\Delta E$ .....	46
2.2.4. Vizualna procjena fotografske slike .....	59
2.2.5. Histogrami digitalnog zapisa fotografske slike .....	60
2.2.6. Faktori sličnosti digitalnog zapisa fotografske slike .....	62
2.2.6. Dinamički raspon i ekspozicija .....	64

<b>3. EKSPERIMENTALNI DIO</b> .....	66
3.1 Metodologija .....	66
3.2 Plan istraživanja .....	67
3.3 Snimanje i obrada testnih uzoraka .....	69
3.4 Vizualna analiza i ispitanici .....	73
3.5 Korišteni uređaji .....	75
<b>4. REZULTATI</b> .....	83
<b>5. RASPRAVA</b> .....	144
<b>6. ZAKLJUČAK</b> .....	159
<b>7. LITERATURA</b> .....	162
<b>8. PRILOZI</b> .....	171
8.1 Popis slika .....	171
8.2 Popis tablica .....	179
8.3 Popis formula.....	185
8.4 prilozi statistička obrada podataka .....	189
<b>9. ŽIVOTOPIS</b> .....	199
<b>10. POPIS RADOVA</b> .....	200

## 1. UVOD

Fotografija kao umjetnost i znanost o fotografskoj slici kao mediju razvijane su kroz više disciplina, kao rezultat potrebe, istraživanja i prakse. Proces fotografiranja rezultira slikom koja će biti promatrana; stoga razmatranje fotografiranja, u praksi ili teoriji, mora uključiti promatrača. Brojne funkcije fotografskih slika znače da su pristup i zahtjevi iz procesa fotografiranja različiti. Praksa fotografiranja, bez obzira na funkciju fotografske slike, neizbježno podrazumijeva potrebu za stjecanjem tehničkih vještina, znanja i razumijevanja teorije koja stoji iza procesa fotografiranja. Poznavanje čimbenika koji utječu na sve faze fotografiranja omogućava manipulaciju i rezultira u procesu konačnom fotografskom slikom. Dublje proučavanje temeljne znanosti o fotografiranju, osim što je zanimljivo i raznoliko, služi za poboljšanje praktičnog procesa fotografiranja, jer se može steći razumijevanje uključenih mehanizama, a procesi i sustavi mogu se okarakterizirati i kontrolirati tako da nastanu potrebni i predvidljivi rezultati. Proučavanje znanosti o fotografskim slikama obuhvaća prirodu svjetlosti, fotometriju, vizualnu percepciju, optiku, znanost o boji i reprodukciji, psihofiziku i još mnogo toga. Pruža metodologije za procjenu slikovnih sustava i rješava složeno pitanje procjene kvalitete slike. [1]

Stoga, se u disertacije provode istraživanja vizualnim uspoređivanja kreiranih originala i obradom degradiranih fotografskih slika te mjernog određivanja ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma, sposobnosti razdvajanja linija i faktora sličnosti kao pokazatelja njihovih deskriptivnih karakteristika.

Cilj disertacije je objektivizirati vizualnu procjenu prihvatljivosti degradacije originala fotografske slike povezivanjem vizualnih uspoređivanja i mjernih karakteristika kako bi se osigurao odabir fotografskih slika koje prenose željene informacije. Pri tome postavljene su i osnovne hipoteze rada:

H1 Vizualna prihvatljivost fotografske slike povezana je s mjernim karakteristikama boja, tonских vrijednosti i oštine crteža.

H2 Prihvatljivost promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža ovisna je o sintaktičkim i semantičkim karakteristikama fotografske slike.

H3 Povezivanjem prihvatljivosti promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža i vizualnog uspoređivanja objektivizira se vizualna procjena prihvatljivosti degradacije originala fotografskih slika kao metoda njihova izbora.

Te je predviđen znanstveni doprinos:

D1 Povezivanje mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža s vizualnim procjenama fotografske slike.

D2 Određivanje granica prihvatljivosti promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža sa sintaktičkim i semantičkim karakteristikama fotografske slike.

D3 Unapređenje odabira i ponovljivosti odabira fotografske slike povezivanjem prihvatljivosti degradacije mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža te vizualnog uspoređivanja fotografskih slika kao temelja objektivizacije prihvatljivosti degradacije i prepoznavanja slike umjetnom inteligencijom.

## 2. TEORETSKI DIO

### 2.1 DIGITALNI FOTOGRAFSKI SUSTAV

Fotografija kao medij kreativnog likovnog izričaja ima jedinstvene značajke koja se može promatrati iz perspektive autora i konzumenta, što podrazumijeva cjelokupni proces, koji kreće od ideje te završava realizacijom, a tehnički uključuje snimanje, obradu, pohranu, ispis te realizaciju kroz fotografski ili neki drugi medij. Početna faza je snimanje te postavljanje osnovnih kreativnih i tehničkih svojstva fotografije, a obrada ovisno o autoru obuhvaća niz radnji koje definiraju konačna kreativna i tehnička svojstva fotografske slike. [2]

Klasični fotografski sustavi podrazumijevaju snimanje fotografskim aparatom na fotoosjetljivi medij, u pravilu na film, koji je, ujedno, i medij pohrane na kojem se, nakon kemijske obrade dobiva ili konačna fotografska slika ili matrica koja podrazumijeva daljnju obradu i realizaciju koja rezultira konačnom fotografskom slikom. [3]

Za razliku od klasičnih fotografskih sustava, digitalni fotografski sustav (Slika 1.) započinje snimanjem kojim se osvjetljava fotoosjetljivi medij-senzor te se tako dobivena slika, kao digitalni zapis, pohranjuje na medij za pohranu, najčešće memorijska kartica. Tako dobiveni digitalni zapis se doručuje u odgovarajućem programu za obradu te priprema za realizaciju-ispisom, projekcijom, reprodukcijom na zaslonu, tiskom ili na neki drugi način (Slika 1.). [2, 3]



Slika 1. Shematski prikaz digitalnog fotografskog sustava



### **2.1.1 RAZVOJ FOTOGRAFSKOG DIGITALNOG SUSTAVA**

Tehnički razvoj fotografije kao medija može se kontinuirano pratiti od 18. stoljeća tj. primjene prvog fotografskog aparata 1816. godine i fotoosjetljivog medija-metalne pločice oslojene posebnim slojem bitumena što rezultira prvim fotografskim sustavom-heliografijom. Heliografija koja nije imala praktičnu primjenu, predstavlja poticaj razvoju dagerotipije i kalotipija (sredinom 19. stoljeća) prvih fotografskih sustava realne primjene koji su se pojavili sredinom 19. stoljeća. Kalotipija, temeljena na negativ-pozitiv postupku, temelj je razvoja fotografije kakvu danas poznajemo, izvorno crno-bijelog negativ-pozitiv sustava ali, primarno fotografije kao medija koji se danas primarno ostvaruje kroz digitalni fotografski sustav. Do dominacije digitalnog sustava, od kalotipije (talbotipije) prošlo je mnogo faza razvoja-uvođenja filma kao fotoosjetljivog medija sedamdesetih godina 19. stoljeća, pronalaznja fotoosjetljivih medija koji su osjetljivi na cijeli vidljivi dio spektra, u prelazu 19. u 20. stoljeće, razvoja i implementacije kolor fotografije (od autokromatskog sustava početkom 20. stoljeća, do patentiranja kolor dijapozitiv i negativ-pozitiv sustava do početka 2. svjetskog rata). [3]

Uvođenjem leica formata 1925. godine jednakih reflexnih (SLR) fotografskih aparata šezdesetih godina 20. stoljeća.

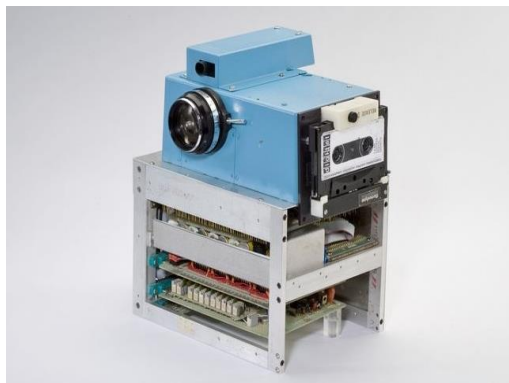
TTL sustav-sustav mjerenja svjetla kroz objektiv fotografskog aparata i automatika sedamdesetih godina 20. stoljeća, implementacije sustava automatskog izoštravanja (autofokus-osamdesetih godina 20. stoljeća) do dominacije digitalnog fotografskog sustava početkom 21. stoljeća.

Fotografske slike se koriste za bilježenje, izražavanje, predstavljanje, manipuliranje i priopćavanje ideja i informacija. Uslijedila je promjena u tehničkom pristupu fotografiranju digitalnim tehnologijama za snimanje i digitalnu obradu slika. Prvi sustav elektroničkih kamera za potrošače predstavljen je javnosti 1981. godine, ali potreban je razvoj osobnog računala i njegov skok do široke uporabe, prije nego što je digitalno snimanje postalo praktično. Internet je uzrokovao i olakšao eksponencijalno povećanje proizvodnje i širenja slika. Razmišljanje je preraslo u prihvaćanje informatike i računalne grafike u simbiotskom odnosu u kojem svaka disciplina koristi elemente drugih. [4] U tijeku s promjenama u tehnologiji zahtjeva stjecanje različitih novih vrsta znanja: na primjer tehničke vještine rada računalom i računalnim programima, nasuprot poznavanja kemijskih procesa obrade negativa i pozitiva u klasičnim fotografskim procesima. Potreba za novim praksama i alternativnim

pristupima nastavlja se u skladu s daljnjim razvojem tehnologije, iako je tehnologija promijenila način proizvodnje i konzumiranja fotografske slike, velik dio temeljne znanosti na kojoj su izgrađeni temelji fotografske slike ostaje važan i relevantan. [4]

Tehnološki razvoj digitalnog fotografskog sustava usporedo se može promatrati duboko u prošlosti još od početka uz razvoj televizije. [4, 5]

Godine 1968. Edward Stupp, Pieter Cath i Zsolt Szilagy, koji su radili u Philips Labs u New Yorku, izumili su „All Solid State Radiation Imager“, koji je primio i pohranio optičku sliku na matricu sastavljenu od niza fotodioda. Bio je to prethodnik CCD-a čipa (*Charged Coupled Device*-osjetljivi senzor na svjetlo) koji su 1969. godine izumili Willard Boyle i George E. Smith iz Bell Labsa. Fairchild Semiconductor uzeo je CCD čip (*Charged Coupled Device*) te ga poboljšao, mogao se koristiti u video kamerama. Steven Sasson, inženjer u firmi Kodak je do prosinca 1975. godine izgradio prvu video kameru. Sasson je izgradio prototip za radnu kameru koja koristi CCD čip, koji je mogao zabilježiti i informacije o slikama u veličini od 100 piksela po širini 100 piksela po visini. Pomoću ovog, Kodak-ovi istraživači su mogli snimiti analogni zapis slike na magnetnu traku u periodu od 23 sekunde. Ovako je konstruirana video kamera (Slika 2.). [6, 7]

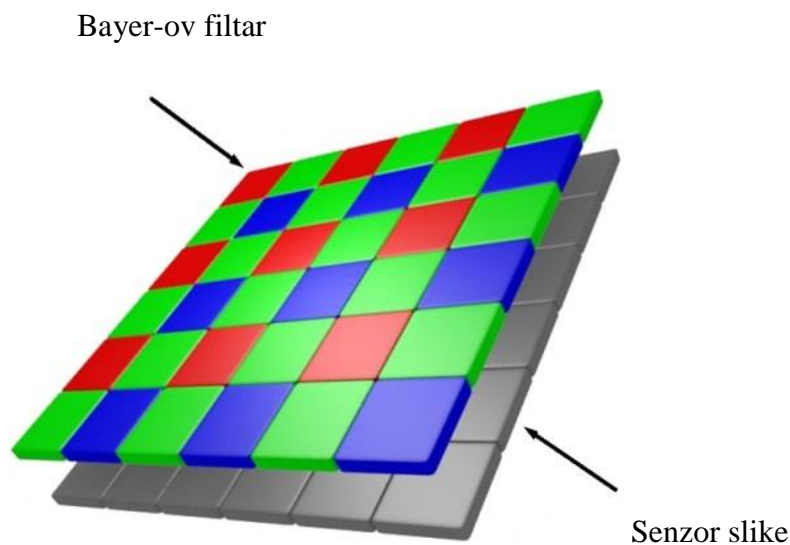


Slika 2. Prototip prvog digitalnog fotografskog aparata, 1975. godina.

Izvor: Marsh, A., How the Digital Camera Transformed Our Concept of History

Prvi elektronički fotografski aparati su bili analogni elektronički fotografski aparati i bili su korak prema pravim digitalnim fotografskim aparatima. Analogni fotografski aparati snimali su slike kao kontinuirane signale, kao što su to radile VHS video kamere.

Godina 1975. bila je još jedna prekretnica u povijesti digitalne fotografije, izumom Bayerovog filtera, Bryca Bayera. Bayer filter je mozaik od niza filtera u boji (*CFA-Color Filter Array*) za organiziranje RGB filtera u boji na kvadratnoj rešetki foto senzora. Uzorak filtra je 50% zeleno, 25% crveno i 25% plavo, a također se naziva RGBG (crveno-zeleno-plavo-zeleni), GRGB (zeleno-crveno-zeleno-plavi) ili RGGB (crveno-zeleno-zeleno-plavi). Bayer filtri s bojama koriste se gotovo u svim digitalnim fotografskim aparatima danas (Slika 3.). [6]



Slika 3. Bayer filter

Početakom osamdesetih godina 20. stoljeća vidljiva je snaga japanskih brendova, koji ulaze na novo polje, a upravo je Sony napravio prve korake sa svojom markom fotografskog aparata Mavica. Točnije 1981. godine pojavio se prvi komercijalni elektronički fotografski aparat pod imenom Sony Mavica (*Magnetic Video Camera*), sa CCD senzorom. Pohranjivao je snimke na magnetskom disku. Rezolucija je bila 570x490 piksela, postojala je mogućnost korištenja sa tri promjenjiva objektiva od 25 mm, F/2.0; 50 mm, F/1.4; i tele objektiv 65 mm, F1/4 mm. Mavica je analogni fotografski aparat koji je nakon snimanja slike pomoću posebnog uređaja omogućavao prikaz fotografske slike na televizoru (Slika 4.). [7, 8]



Slika 4. Mavica digitalni fotografski aparat, 1981. godina

Izvor: <https://www.digitalkameramuseum.de/en/prototypes-rarities/item/sony-mavica>

U srpnju 1984. godine, u Los Angelesu Canon je povodom Olimpijskih igara u pokus postavio profesionalne fotografske aparate koji su pomoću CCD senzora analogno bilježili kolor fotografsku sliku (*Still Video System D 413*), slike su prenijete u Japan preko telefonskih linija za manje od 30 minuta. Neposredno prije igara, Canon je najavio svoj uspješan razvoj elektroničkog kolor fotografskog aparata dizajniranog za komercijalno emitiranje. Upotreba regeneratora i odašiljača je razvijena u isto vrijeme. Elektronički fotografski aparat s CCD sensorom od 400 KP, bilo je prvi takav praktični fotografski aparat. Na temelju podataka i iskustva iz tih testova, Canon je započeo razvoj proizvoda koji je kulminirao u Canon Still Video sustavu iz 1986. godine. [4]

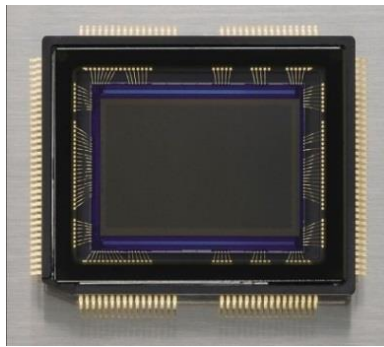
Prvi komercijalni analogni elektronički fotografski aparat bio je Canon RC-701 koji se pojavio 1984. godine. Ti su fotografski aparati bili vrlo skupi i imali su slabiju kvalitetu slika u odnosu na klasične fotografske aparate koji su imali vlastiti flim. Bila je potrebna oprema za snimanje i ispis slika, što također nije pomoglo da analogni fotografski aparati dođu do šire javnosti. Uglavnom su ih koristili novinari i vojska (Slika 5.).



Slika 5. Canon RC-701, 1984. godina

Izvor: <https://global.canon/en/c-museum/history/story07.html>

Kodak predstavlja senzor od 1,4 megapiksela 1986. godine. Ovaj senzor je korišten u fotografskom aparatu Videk Megaplus dizajniranom za znanstvenu i industrijsku uporabu. Bio je to prvi fotografski aparat s dovoljnom razlučivosti za proizvodnju ispis kvalitete fotografije 9x13 cm. Cijena se kretala između 10 000 i 40 000 dolara (Slika 6.). [8]



Slika 6. Kodak 1.4 megapixel sensor, 1986. godina

Izvor: <https://aehistory.wordpress.com/1986/10/09/1986-kodak-invents-the-megapixel-sensor/#jp-carousel-174>)

Na sajmu Photokina u Njemačkoj Godine 1988. godine Fujifilm je najavio FUJIX DS-1P, prvi fotografski aparat sa spremanjem podataka na memorijsku karticu s poluvodičem. Time je napravljen prvi digitalni fotografski aparat s tada impresivnih 2 megabajta SRAM-a (*Static Random Access Memory*), a poluvodička memorijska kartica mogla je pohraniti podatke od 5 do 10 fotografskih slika (Slika 7.). [7]



Slika 7. FUJIX DS-1P, 1988. godina

Izvor: <https://www.fujifilm.com/innovation/achievements/ds-1p/>

Iste godine u prodaju je pušten prvi softver za uređivanje slika pod nazivom Digital Darkroom, a bio je namijenjen za Macintosh računalo. Iste godine dogodio se još jedan ključni događaj u povijest digitalne fotografske slike postavljanjem MPEG standarda te pojavom prvog JPEG formata. Ovi standardi postavljeni su umjesto univerzalnog formata koji je omogućavao slike (JPEG) i video (MPEG) za pohranu u komprimirani format. [9]

Macintosh je profesionalni program za slike Letterset objavio 1989. godine Color Studio 1.0, prvi profesionalni program za upravljanje slikama za Macintosh računala. Iste godine u redovnu upotrebu ušao je MegaVision Tessera prvi Tessera sustav u komercijalnom foto studiju u Minneapolisu (*Photo Mechanical Services, Inc.*). Desetljeće devedesetih važno je za napredak u svijetu digitalne fotografije. U to vrijeme je Adobe predstavio prvu verziju Photoshopa koji ostaje standardni softver za uređivanje slika još i danas. Ostala značajna postignuća u tome desetljeća bili su izum i puštanje Kompaktne Flash memorijske kartice. [10]

Kodak 1990. godine razvija sustav Photo CD i predlaže prvi svjetski standard za definiranje boja u digitalnom okruženju računala i računalnoj perifernoj opremi. [7]

U SAD-u predstavljen je prvi digitalni fotografski aparat 1990. godine pod nazivom Dycam Model 1 (Slika 8.). Ovaj je fotografski aparat mogao snimati samo crno-bijele fotografije rezolucije 0,09 megapiksela. Drugim riječima, za gotovo 1000 dolara moglo bi se posjedovati fotografski aparat koji bi mogao proizvesti prenijeti fotografije izravno na računalo.



Slika 8. Dycam Model 1 (Logitech FotoMan), 1990. godina

Izvor: <http://historical-cameras.blogspot.com/2008/11/dycam-model-1-logitech-fotoman.html>

Godine 1991. predstavljen je Kodak DCS-100 (Slika 9.), koji je bio namjenjen profesionalnim fotoreporterima, a cijena mu je bila 13 000 dolara. Kodak DCS-100 zapravo je bio digitalni CCD senzor od 1,3 megapiksela koji se može priključiti na Nikon F3 ili Canon F1 New SLR fotografski aparat. Ovaj digitalni senzor je zauzeo mjesto filma omogućavajući snimanje u elektroničkom obliku i zatim spremanje na tvrdi disk DSU (*Digital Storage Unit*) jedinice, 200 megapiksela. [11]



Slika 9. Kodak DCS-100 kamera sa svojom jedinicom za digitalno pohranjivanje (DSU).

Izvor: <https://www.nikonweb.com/dcs100/>

Samo nakon godinu dana predstavljen je novi Kodakov model pod nazivom DCS-200 (Slika 10.). Riječ je o fotografskom aparatu DCS-200 Digital Still. Riječ je o opipljivom proizvodu sudara dva svijeta, dugogodišnjoj industriji filmskih kamera i rastućoj industriji digitalnih fotografskih aparata. DCS 200 fotografski aparat omogućavao je snimanje kolor fotografskih slika, te je posjedovao unutarnji tvrdi disk kapaciteta 50 slika. DCS 200 fotografski aparat radi s nemodificiranim fotografski aparatom Nikon N8808s, s Kodakovim dodatkom pričvršćenim na tijelo fotografskog aparata. [8, 9]



Slika 10. Kodakov model pod nazivom DCS-200, 1992. godina

Izvor: <http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/Kodak/index.htm>

Fuji DS-200F bio je jedan od prvih modela digitalnih fotografskih aparata koji su osigurali da sadržaj snimljen u memoriji nije u potpunosti hlapljiv. Za razliku od drugih modela, kojima je bilo potrebno napajanje kako bi se zajamčila pohrana, on je radio s tipom SSD-a, što je danas poznato kao flash memorija. Na tržištu se pojavio 1993. godine (Slika 11.).



Slika 11. Fuji DS-200F digitalni fotografski aparat, 1993. godina

Izvor: <https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/fujix-ds-200f>

Prvi digitalni fotografski aparat namijenjeni široj populaciji potrošača, koji su radili s kućnim računalom putem serijske žice bili su: Apple QuickTake 100 (1994. godine), Kodak DC40 (1995. godine), Casio QV-11 s LCD monitor (kraj 1995. godine) i Sonyjev digitalni fotografski aparat Cyber-Shot (1996. godine). [10]

Apple QuickTake 100 fotografski aparat (Slika 12.) jednostavn je za korištenje. Masa mu je 1 kilogram, a rezolucija s 0,3 MP, što je dovoljno da bi se zaslone ispunio na 13-inčnim VGA monitorima. Napajanje je bilo iz tri AA baterije. Fotografski aparat bio je kompatibilan samo s Mac računarom i spajao se na bilo koja Mac računala putem serijskog ulaza. Bilo ih je vrlo lako povezati, što je velika stvar u vrijeme kada je većina fotografskih aparata koristila SCSI (*Small Computer Systems Interface-jedno od najstarijih brzih sučelja za komunikaciju osobnog računala i vanjskih jedinica.*). QuickTake 100 je imao 1MB flash memorije, nema izmjenjivu memoriju, imao je 8 slika u punoj rezoluciji ili 32 slike u 320x240 P. Sve su fotografije imale 24-bitnu boju, a koristila se Macova sposobnost da obradi 24-bitnu dubinu boja, nije bilo zaslona za pregled; slike su morale biti preuzete kako bi se pregledale. Bez zaslona za pregled ne bi bilo moguće izbrisati pojedinačne slike, a gumb Trash je izbrisao sve. Jednobojni LCD zaslon koristio je informacije o statusu. Korišteno je optičko tražilo, bez automatskog izoštravanja, objektiv je bio fiksne žarišne daljine, a slika je bila oštra za udaljenost, od 4 metra do fotografske beskonačnosti. Objektiv od 8 mm ekvivalentan je



50 mm objektivu u leica formata. Objektiv je bio fiksno fokusiran, bez mogućnosti zoomiranja, a na dnu je bila ugrađena bljeskalica, navoj za stativ, a vrijeme eksponiranja od 1/30 do 1/175 sekunde, dostupan je i samookidač. Slike su snimljene u PICT (format grafičke datoteke predstavljen na izvornom računalo Apple Macintosh kao standardni format metadatoteke, koji omogućuje razmjenu grafike, bitmapirane, vektorske, i određenu ograničenu tekstualnu podršku između Mac aplikacija) ili izvornom QuickTake formatu. QuickTake 100 s jednostavnim softverom, Apple QuickTake v1.0. Slike se mogu obrezati, zakrenuti i spremiti kao TIFF, PICT ili JPEG komprimirani formati. Fotografski aparat se nije mogao koristiti s OSX, samo System7 do OS9, zbog činjenice da su se koristili jedinstveni kompresijski kodek koji nije dio modernih verzija QuickTimea. Moderan Mac također nema serijski priključak RS-232.

Apple QuickTake 100 pratio je QuickTake 150 1995. godine, što je dodalo Windows povezivost. QuickTake 200 1996; ima autoizoštravanje, i uklonjivu memoriju, a izgradio ga je Fujifilm. Linija fotografskih aparata QuickTake prekinuta je 1997. nedugo nakon što se Steve Jobs vratio u Apple. Istodobno je ukinuo nekoliko njihovih neosnovnih proizvoda, digitalne fotografske aparate QuickTake, PDC-ove Newton i pisače LaserWriter. Ubrzo nakon objavljivanja QuickTakea, više fotografski orijentiranih tvrtki, poput Kodaka, Fujifilma, Canona i Nikona, počele su objavljivati digitalne fotografske aparate. [8, 9]



Slika 12. Apple QuickTake 100 kamera

Izvor: <https://istyle.hr/blog/kako-je-apple-promijenio-nas-svijet-revolucionarni-uredaji>



Slika 13. Kodak DC40, 1995. godina

Izvor: <https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/kodak-dc40>

Casio QV-11 je proizvod predstavljen krajem 1995. godine, bio je prvi digitalni fotografski aparat na svijetu koji dolazi s 1,8 inčnim LCD kolor ekranom za pregled i gledanje slika. Imao je tekstualni prikaz na ekranu, i pohranu od 96 fotografskih slika rezolucije 320x240 piksela u memoriji (Slika 14.). [8, 9]



Slika 14. Casio QV-11 s LCD monitor, 1995. godina

Izvor: <https://www.digicammuseum.de/geschichten/erfahrungsberichte/casio-qv-11/>

Sony Cyber-Shot DSC-F1, sadrži CCD senzor od 350 000 piksela i proizvodi kolor fotografije maksimalne rezolucije 640x480 piksela, slike se pohranjuju u JPEG format. Objektiv s fiksnom žarišnom duljinom je Sony Video objektiv 4,8 mm F2 u ekvivalentu leica formata. Postavljen je na rotirajuću platformu za 180 stupnjeva, a može se izoštravati za 0,7 m do fotografske beskonačnosti, a u makro načinu od 0,08 do 0,25 m. Ugrađena bljeskalica ima maksimalni doseg od 3 m. Ugrađena je memorija od 4 MB koja može pohraniti 58 slika u standardni način rada. Zajedno s optičkim tražilom, sustav za gledanje uključuje kolor LCD zaslon, većina je tipki na lijevoj strani tijela. Koristi jog kotač sustav upravljanja stilom za manipuliranje korisničkim sučeljem. Desno od tijela nalazi se gumb za odabir funkcije i okidanje. Za povezivanje koristi 9-pinski priključak na temelju protokola RS232 (Slika 15.). [8, 10]



Slika 15. Sony Cyber-Shot DSC-F1, 1996. godina

Izvor: <https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/sony-dsc-f1>

Krajem devedesetih godina 20. stoljeća počinje masovna upotreba digitalnih fotografskih aparata, namijenjena širokoj populaciji. Veća kvaliteta i manja cijena osigurale su sigurnu prodaju. Kodak je ušao u agresivnu kampanju za marketing kako bi promovirao model DC40 (Slika 13.) i pomogao javnosti predstaviti ideju digitalne fotografije. Kinko i Microsoft su surađivali s Kodakom na stvaranju digitalnih radnih stanica i kioska za izradu fotografskih slika, koji su kupcima omogućili izradu CD-a s fotografskim slikama, i dodavanje digitalnih slika dokumentima. IBM je surađivao s Kodakom u izradi internetske razmjene slika. Razvijaju se tehnike ispisa digitalnih zapisa fotografskih slika (HP, Epson, Canon, Durst M). [11]

S napretkom tehnologije i povećanjem dostupnosti pojavili su se različiti proizvođači proizvodeći svoje digitalne fotografske aparate, koji su imali svoje nadogradnje i išli su korak dalje u razvoju. Tako se osim projiciranje slike na LCD ekranu s tekstualnim prikazom funkcija, pojavljuju se modeli digitalnih fotografskih aparata koji imaju mogućnost snimanja videa. Padom cijena, sve većom kvalitetom i razlučivošću te novim aplikacijama digitalni fotografski aparati počeli su privlačiti pažnju prosječnog potrošača. [11]

Nikon D1 je bio digitalni SLR fotografski aparat koji ima senzor od 2,74 MP (Slika 16.).



Slika 16. Nikon D1 prvi digitalni profesionalni fotografski aparat, 1999. godina

Izvor: <https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/nikon-d1>

Canon te 2001. godine na tržište lansira novi model profesionalnog SLR digitalnog fotografskog aparata pod nazivom Canon EOS 1D, dizajniran da udovolji strogim zahtjevima profesionalnih fotografa. Omogućuje poboljšanu kvalitetu slike i kroz novo razvijeni senzor leica formata, visoke rezolucije, i vlastitim brzim digitalnim procesorom, koji provodi detaljnu obradu slike i omogućava visokokvalitetan prikaz boja. Fotografski aparat ima

laganu i čvrstu vanjsku masu legure magnezija te temeljito brtvljenje otporno na vodu i prašinu na svim prekidačima i cijelim tijelom. EOS-1D je također očitio strogo ispitivanje izdržljivosti od 150.000 snimaka (Slika 17.). [8]



Slika 17. Canon EOS 1D, 2001. godine

Izvor: [https://www.outbackphoto.com/reviews/equipment/Canon\\_EOS\\_1D/Canon\\_1D\\_review.html](https://www.outbackphoto.com/reviews/equipment/Canon_EOS_1D/Canon_1D_review.html)

Daljnijim razvojem digitalne fotografije od 2003. godine digitalni fotografski aparati postaju sve jeftiniji i pristupačniji te dolazi do pada prodaje klasičnih fotografskih aparata i filmova.

Znanost ide korak dalje te iste godine razvija novi CMOS (*Complementary Metal Oxide Device*) senzor. Prednost ovoga je u tome što se svaki piksel može očitati s čipa pojedinačno. CMOS senzori su također jeftiniji od CCD-a za proizvodnju, manje je vjerojatno da sadrže nedostatke i troše manje energije, što je od posebne važnosti za digitalni fotografski aparat u smislu kašnjenja zatvarača i vremena osvježavanja. Zbog dodatne sklonosti na svakom mjestu piksela, područje osjetljivosti slike piksela je manje od područja ekvivalentnog CCD piksela. Poboljšanja u tehnologiji i upotreba naprednih tehnika obrade slike na senzoru značili su da CMOS senzor postaje izbor u velikom broju profesionalnih fotografskih aparata. Jedan od prvih aparata bio je Canon EOS 300D 2003. godine s CMOS senzorom (Slika 18.). [6, 7]

Pravu revoluciju donose 2008. godine Canon EOS 5D Mark II (Slika 19.) koji nudi i Full HD videozapisa, a koristi CMOS senzor leica formata uz 14-bitnu razlučivost. Slične karakteristike ima i Nikon 5D iz tog vremena (Slika 20.).



Slika 18. Canon EOS 300D, digitalni fotografski aparat sa CMOS senzorom, 2003. godina  
Izvor: [https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht\\_Canon\\_EOS\\_300D/1982.aspx](https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_300D/1982.aspx)



Slika 19. Canon EOS 5D Mark II, 2008. godina  
Izvor: [https://www.nikon.hr/hr\\_HR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d90](https://www.nikon.hr/hr_HR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d90)



Slika 20. Nikon 5D, 2008. godina  
Izvor: [https://www.photographyblog.com/reviews/samsung\\_nx10\\_review/specifications](https://www.photographyblog.com/reviews/samsung_nx10_review/specifications)

Početakom 21. stoljeća započinje revolucija fotografskih aparata bez zrcala, tako su 2010. godine Samsungovi APS-C fotografski aparati bez zrcala otvorili su put ovom području. NX10 je bio prvi, donijevši senzor od 14,6 MP i HD (720p) video zapis. Ovi fotografski aparati uklanjaju pentaprizmu i zrcalo tipičnog SLR-a radi uštede težine i prostora. [10] Ipak u području profesionalne fotografije danas prevladavaju digitalni jednooki reflektivni fotografski aparati (Slika 21.).



Slika 21. Samsung NX10, 2010. godina

Izvor: [https://www.photographyblog.com/reviews/samsung\\_nx10\\_review/specifications](https://www.photographyblog.com/reviews/samsung_nx10_review/specifications)

U rujnu 2010. godine, na Photokini Fujifilm predstavlja X100 koji koristi Advanced Photo System type-C senzor, X100 je kompletan fotografski aparat s fiksnim objektivom, hibridnim tražilom koje uključuje elektroničko koje se može koristiti kao visokokvalitetno tražilo za komponiranje ili reprodukciju snimaka (Slika 22.). [8]



Slika 22: Fujifilm X100, 2011. godina

Izvor: <https://www.kenrockwell.com/fuji/x100.htm>

Sony Cyber-shot DSC-RX100 proglašen je jednim od najboljih fotografskih izuma u 2012. godini. Sony Cyber-shot DSC-RX100 je kompaktni fotografski aparat koji se temelji na CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) senzoru od 20 MP 1. Karakterizira ga LCD zaslon s 1,2 MP (Slika 23.). [8, 9, 10]



Slika 23. Sony RX100, 2012. godina

Izvor: <https://www.imaging-resource.com/PRODS/sony-rx100/sony-rx100A.HTM>

U doba brze komunikacije i potrebe za dijeljenjem na društvenim mrežama korisnici fotografiraju, dijele fotografije svake minute svakog dana zahvaljujući velikom poboljšanju tehnologije fotografskih aparata i puno boljoj mobilnoj povezanosti. Tako se 2013. godine na tržištu pojavio mobilni telefon Nokia Lumia 1020 (Slika 24.), s mogućnošću fotografiranja i dijeljenja fotografskih slika. Koristi objektiv marke Zeiss sa šest elemenata, s maksimalnim otvorom objektiva 2, 2, ksenonsku bljeskalicu. Za slike u punoj veličini može snimiti fotografije od 38MP, 7136x5360 u formatu 4:3 ili 7712x4352 u formatu 16:9, ima optički zoom, i sustav za stabilizaciju slike f/2,8 F1,7. [8]



Slika 24. Nokia Lumia 1020, 2013. godina

Izvor: <https://gadgets.ndtv.com/nokia-lumia-1020-923>

Leica Q (Typ 116) iz 2015. godine vrhunski je kompaktni fotografski aparat s autofokus objektivima f/28, F1,7 fiksnim lećama 24 MP senzorom (Slika 25.). [10]



Slika 25. Leica Q, 2015. godina

Izvor: <http://digicamchart.com/leica/leica-q-typ-116-185>

Panasonic Lumix DC-GH5 (Slika 26.) predstavljen je 2017. godine. Prvi fotografski aparat koji je primarno usmjeren na video. To je bez zrcalni fotografski aparat koji može snimati video 4K rezolucije. [5, 10]



Slika 26. Panasonic GH5, 2017. godina

Izvor: <https://shop.panasonic.com/cameras-and-camcorders/cameras/lumix-interchangeable-lens-ilc-cameras/DC-GH5KBODY.html>

Nikon iste godine predstavlja fotografski aparat leica formata D850 (Slika 27.) s novim senzorom od 45,75 MP, 4K video snimanjem. Aparat nudi niz inovativnih i promišljenih novih značajki koje poboljšavaju tijek rada. Ovaj fotografski aparat omogućuje slanje snimljenih fotografskih slika na kompatibilne pametne uređaje putem Bluetooth vezom. [5]



Slika 27. Nikon D850, 2017. godina

Izvor: [https://www.nikon.com/news/2017/0824\\_dslr\\_01.htm](https://www.nikon.com/news/2017/0824_dslr_01.htm)

Desetljeće digitalne revolucije, raznih inovativnih rješenja, razvojem sve snažnijih procesora, GPS (*Global Positioning System*) označavanja, Wi-Fi (*Wireless Fidelity*) čipa ili povezivanja fotografskih aparata s Internetom, te niza opcija za uređivanje fotografskih slika u



fotografskom aparatu, od LED (*Light Emitting Diode*) tehnologije ekrana, koji su ekonomičniji i jednostavniji za upotrebu zahtijevajući jače pozadinsko svjetlo. Još jednu prekretnicu za fotografe profesionalce i amatere na tržištu 2018. predstavlja DJI, vodeći svjetski proizvođač potrošačkih dronova, pod imenom dron DJI Mavic. Mavic Air je, prenosan preklopni dron s 4K video zapisom i nizom brzih opcija. Sadrži i najnaprednije izbjegavanje prepreka (sprijeda, prema dolje i unatrag) i napredne sustave za pomoć pilotima (APAS) koji omogućavaju bespilotnom letu da leti iznad i oko prepreka. Ispod prednje strane nalazi se 1/2, 3-inčna 12-megapikslna kamera s F2,8 objektivom što je postavljeno na 3-osni mehanički kardan. Mavic Air može snimati 32-megapikslnu Sphere panorame, te spajanjem 25 slika može stvoriti potpunu sferičnu sliku, vodoravnu, okomitu i podršku za panoramu od 180°. Novi HDR sustav osigurava bolje uravnoteženje svijetlih i zatamnjenih aspekata kadra. Što se tiče video zapisa, glavna značajka je snimanje od 4 K 30 fps, a DJI koristi brzinu prijenosa od 100 Mbps. Fotografskim slikama se pristupa putem USB, 3.0 priključka Type-C. Uređaj koristi nosače od magnezijeve legure koji se koriste za navigaciju i lebdenje. Uz upravljanje s DJI-jevim daljinskim upravljačem, aplikacije za iOS (*iPhone operating sistem*), Android (*ADT-android development tools*), i vlastiti 2,4 / 5,8 GHz WiFi za komunikaciju s Mavic Airom. Dok leti, na zaslon mobilnog telefona vraća se uživo 720p HD (*High-definition*) video prijenos. Omogućuje upravljanje gestama, uključujući pokretanje i zaustavljanje snimanja videozapisa i fotografiranje (Slika 28.). [12, 13]



Slika 28. Dron DJI Mavic Air, 2018. godina

Izvor: <https://www.exportersindia.com/thirdidigital-company6168658/dji-mavic-air-drone-4732970.htm>

Fujifilm GFX 100 je fotografski aparat srednjeg formata od 100 megapiksela (Slika 29.). Fotografski aparat bez ogledala. Kombinacija visoke razlučivosti, stabilizacije slike, i detekcije faze na senzoru, ima prednost velikog senzora u odnosu na full-frame, proširuje vrste fotografskih slika na koje se lako primjenjuje srednji format. Potencijalno najfleksibilnija kamera veća od punog kadra.



Slika 29. Fujifilm GFX100, 2019. godina

Izvor: [https://www.juzaphoto.com/recensione.php?l=en&t=fujifilm\\_gfx100](https://www.juzaphoto.com/recensione.php?l=en&t=fujifilm_gfx100)

U 2020. godini predstavljeni su Canon EOS-1D X Mark III (Slika 30.), ažurirani i nadograđeni Sony A9 Mark II i novi Nikon D6 kao trenutno najnapredniji digitalni fotografski aparati leica formata. Kao i ostali fotografski sustavi, digitalni započinje snimanjem fotografskim aparatom. [4, 5, 10]



Slika 30. Canon EOS-1D X Mark III, 2020. godina

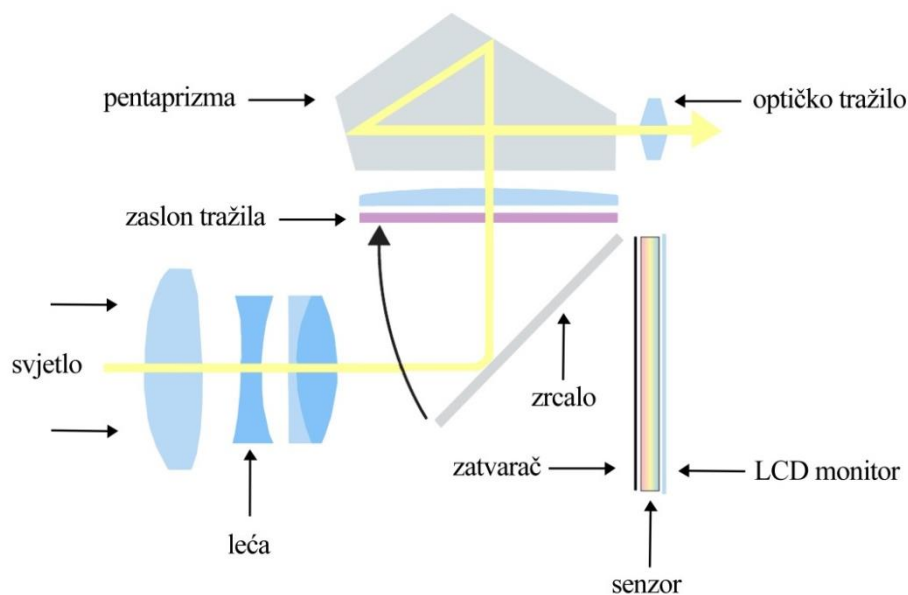
Izvor: <https://www.canon-europe.com/cameras/eos-1d-x-mark-iii/>

## 2.1.2 STVARANJE FOTOGRAFSKE SLIKE U DIGITALNOM FOTOGRAFskom SUSTAVU

Stvaranje fotografske slike u digitalnom fotografskom sustavu započinje snimanjem fotografskim aparatom kao i kod ostalih fotografskih sustava.

### 2.1.2.1 SNIMANJE DIGITALNIM FOTOGRAFskim APARATOM

Tijekom snimanja, objektiv fotografskog aparata prelama svjetlost sa scene i fokusira na ravninu fotoosjetljivog medija koji sadrži materijal osjetljiv na svjetlost. Za razliku od fotografskih fotoaparata koji se koriste u klasičnim sustavima, digitalni fotografski aparat za formiranje slike koristi fotoosjetljivi senzor putem kojeg se stvara digitalni zapis fotografske slike koji se pohranjuje na odgovarajući medij za pohranu, u pravilu na karticom. Danas se, profesionalno, najviše koriste digitalni jednooki reflektivni fotografski aparati prikazani na slici 31. [1, 3, 14]



Slika 31. Presjek DSLR digitalnog fotografskog aparata

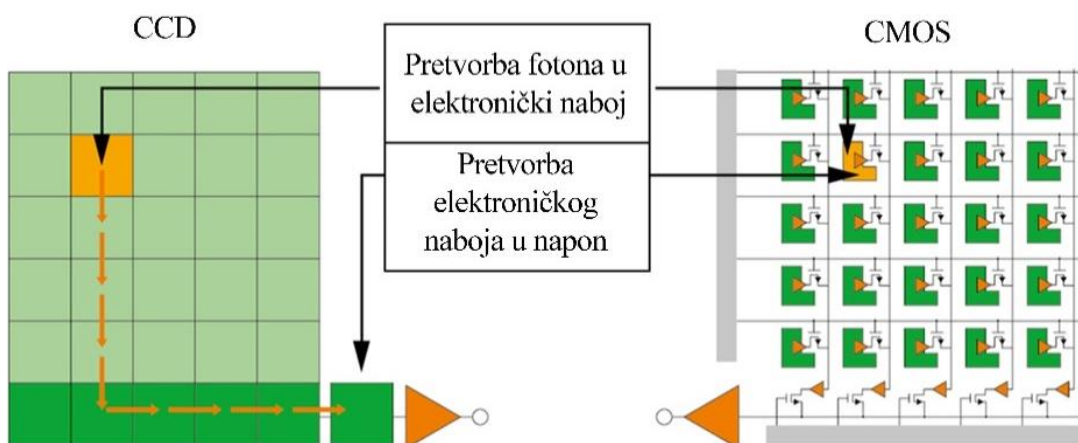
Digitalni fotografski aparati u sebi sadrže elektroničke komponente-fotoosjetljive senzore za nastajanje slike pod nazivom CCD (*Charged Coupled Device*) ili CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*), a nazale u tijelu digitalnog fotografskog aparata. CCD je poluvodički senzor, tanka silicijska ploča podijeljena u geometrijski pravilni niz od svjetlosno

osjetljivih područja koja hvataju i pohranjuju informacije o slici u obliku lokaliziranog električnog naboja koji varira s intenzitetom upadne svjetlosti. [15] CCD čipovi sadrže velik broj elemenata osjetljivih na svjetlost (piksela) raspoređenih u dvodimenzionalni niz. Osnovna jedinica senzora za osvjetljenje CCD-a je kondenzator poluvodiča metalnog oksida (*MOS- Metal Oxide Semiconductors*) koji djeluje kao fotodioda i uređaj za pohranu nosača naboja. Obrnuta pristranost uzrokuje da negativno nabijeni elektroni migriraju u područje ispod pozitivno nabijene elektrode na vratima. Elektroni oslobođeni interakcijom fotona pohranjuju se u područje iscrpljivanja do onoga što se naziva kapacitetom rezervoara s punim jamama. U cjelovitom CCD-u pojedinačni osjetni elementi u nizu odvojeni su u jednoj dimenziji naponima primijenjenim na površinske elektrode. Oni su također električno izolirani od svojih susjeda u drugom smjeru izolacijskim pregradama ili graničnicima kanala unutar silicijske podloge. Svjetlosno osjetljivi fotodiodni elementi CCD-a reagiraju na upadne fotone apsorbirajući velik dio njihove energije, oslobađajući tako elektrone. [17] Proces tvori mjesta s nedostatkom elektrona unutar rešetke kristalnog silicija, po jedan par elektronskih rupa iz svakog apsorbiranog fotona, rezultirajući naboj koji se nakuplja u svakom pikselu linearno je proporcionalan broju upadajućih fotona. Vanjski naponi primijenjeni na elektrode svakog piksela kontroliraju pohranu i kretanje nakupljenih naboja. Iako se mogu nakupiti negativno nabijeni elektroni ili pozitivno nabijene rupe (ovisno o dizajnu CCD-a), naboji generirani upadnom svjetlošću obično se nazivaju fotoelektronima. Postupak stvaranja slike CCD-a često se dijeli u četiri faze: stvaranje naboja interakcijom fotona s fotosenzorima uređaja, prikupljanje i pohranjivanje oslobođenog naboja, prijenos naboja i mjerenje naboja. Prvo se elektroni i rupe generiraju kao odgovor na upadne fotone u području iscrpljivanja MOS (*Metal Oxide Semiconductors*) kondenzatora, a oslobođeni elektroni migriraju u potencijalno dobro oblikovan ispod susjedne pozitivno pristranske elektrode vrata. Postoji sustav aluminijskih ili (prozirnih) polisilicijskih površinskih elektroda koje su odvojene od kanala za nošenje naboja ukopanih unutar sloja izolacijskog silicij-dioksida smještenog između strukture vrata i silikonske podloge. Elektroni generirani u području iscrpljivanja u početku se sakupljaju u električno pozitivne potencijalne jažice povezane sa svakim pikselom. Tijekom očitavanja, prikupljeni naboj se naknadno pomiče duž prijenosnih kanala dok se naponi primjenjuju na strukturu vrata s odgovarajućim vremenom. [18]

Pohranjeni naboj iz svakog osjetnog elementa u CCD-u prenosi se u čvor za očitavanje postupkom prijenosa naboja. Punjenje se premješta preko uređaja manipulirajući naponima na vratima kondenzatora u uzorku koji uzrokuje prelijevanje naboja iz jednog kondenzatora u

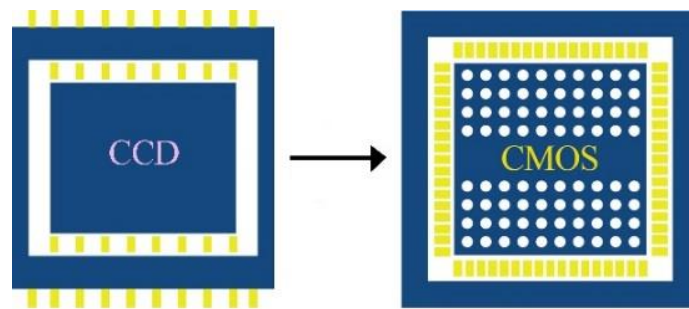
sljedeći ili iz jednog reda kondenzatora u sljedeći. Budući da je CCD serijski uređaj, paketi punjenja čitaju se jedan po jedan. Kombinacija paralelnih i serijskih prijenosa isporučuje paket punjenja svakog senzorskog elementa, u slijedu, do jednog mjernog čvora. [18] Mreža CCD elektroda (vrata) tvori pomični registar za prijenos naboja. Pomicanje povezanog nabojem cijelog paralelnog registra pomiče red naboja piksela najbliže rubu registra u specijalizirani pojedinačni red piksela duž jednog ruba čipa koji se naziva serijski registar. Iz ovog se reda paketi naboja redom premještaju na pojačalo na čipu radi mjerenja. Jednom ispražnjen, serijski registar se puni još jednim pomicanjem reda paralelnog registra i ciklus se ponavlja. [19, 20, 21]

CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*) senzori su poluvodički svjetlosni senzori poput CCD-a. Imaju približno istu strukturu kao i CMOS memorijski čipovi koji se koriste u računalima, ali dok memorijski čipovi koriste red za redom tranzistora za bilježenje podataka, CMOS senzori sadrže redove fotodioda povezanih s pojedinačnim pojačalima za pojačavanje električnog signala s fotodioda. [22] Ova struktura ne samo da omogućuje CMOS sensorima da rade na manje električne energije od CCD-a, već omogućuje brže i lakše očitavanje električnih naboja. Za razliku od CCD-a čija proizvodnja uključuje komplicirane procese koji ih čine skupim, CMOS senzori mogu se proizvesti modificiranjem relativno jeftinih postupaka koji se koriste za proizvodnju računalnih mikroprocesora i drugih čipova. [19] Fotodiode akumuliraju električni naboj kada su izložene svjetlosti, a ti se naboji pretvaraju u napon, pojačavaju i prenose kao električni signali (Slika 32.). [23, 24, 25]



Slika 32. Razlika CCD i CMOS senzora u prijenosu i pretvorbi naboja

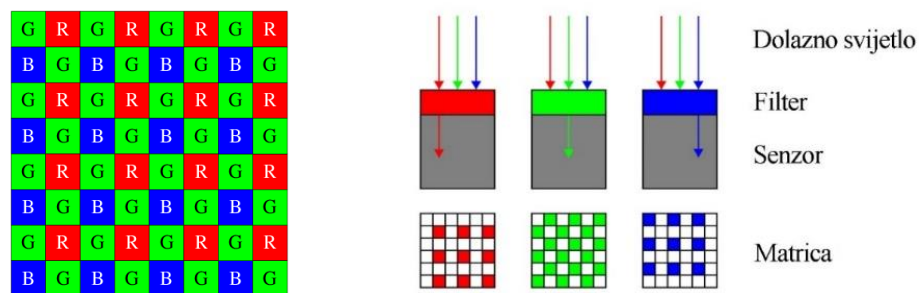
Digitalni fotografski aparati s CCD senzorem stvaraju monokromatske digitalne slike, intenzitet uzorkovanja senzora s izvorne scene. Trikromacija je korištena za proizvodnju boja u digitalnim fotografskim aparatima pomoću aditivnog snimanja tri zasebne slike koje odgovaraju crvenom, zelenom i plavom sadržaju izvorne scene, što je postignuto postavljanjem dikroičnih filtara ispred tri odvojena senzora koji su bili izloženi pomoću zračenja. [14] To je dalo vrijednosti crvene, zelene i plave piksele, kombinirane da predstavljaju boju u sceni. Nakon hvatanja jedne vrijednosti na svakom mjestu piksela, vrijednosti za druga dva kanala u boji stvaraju se interpolacijom između vrijednosti za svaki kanal iz okolnih piksela. Proces interpolacije daje procjene vrijednosti koje bi se proizvele da su zapravo uzorkovane; što ne poboljšava razlučivost, a kako je interpolacija prosjek i stoga proces zamućenja može rezultirati gubitkom u kvaliteti slike (Slika 33.). [18]



Slika 33. CMOS i CCD senzor vizualni izgled čipa

Bayerov filtar je izumio 1976. godine dr. Bryce E. Bayer, znanstvenik koji je radio za Eastmanov Kodak (zbog izmjeničnog rasporeda crvena-zelena i plava-zelena, ponekad se naziva RGBG filtrom, *Color Filter Array-CFA*, američki patent br. 3.971,065 ). [16] U Bayerovom nizu postoji dvostruko veći broj zeleno osjetljivih piksela od broja crvene ili plave. Ova je značajka djelomično posljedica činjenice da je vršna osjetljivost ljudskog vidnog sustava na zeleno svjetlo, na oko 554 nanometara u normalnim uvjetima dnevnog svjetla, što znači da smo pogreške u zelenom kanalu uočljivije nego kod plavog ili crvenog kanala. [19] Bayerov mozaik filtra niz je filtara u boji (*CFA-Color Filter Array*) za slaganje RGB(*R-red, G-green, B-blue*) filtara u boji na kvadratnu mrežu fotosenzora. Njegov poseban raspored filtara u boji koristi se u većini digitalnih senzora slike s jednim čipom koji se koriste u digitalnim fotografskim aparatima, videokamerama i skenerima za stvaranje slike u boji. Uzorak filtra je 50% zeleni, 25% crveni i 25% plavi. [19] Zelene filtrirane fotosione nazvao je

elementima osjetljivim na osvjetljenje, a crvene i plave elementima osjetljivim na kromaciju. Upotrijebio je dvostruko više zelenih elemenata od crvene ili plave kako bi oponašao fiziologiju ljudskog oka. Ove Bayerove uzorke podataka sa senzora nazivamo RAW slikovnim podacima. Da bi se rekonstruirala RGB slika u boji iz podataka prikupljenih nizom filtra u boji, potreban je neki oblik interpolacije za popunjavanje praznih mjesta. Matematika ovdje podliježe individualnoj provedbi i naziva se demosaiciranje, Bayerova interpolacija ili CFA interpolacija (Slika 34.). [16, 19, 21]



Slika 34. Bayer filter i raspored filtra u matrici

Izvor: Wang, D., Yu, G., Zhou, X., i Wang, C., Image Demosaicking for Bayer-patterned CFA Images Using Improved Linear Interpolation

Jednostavne metode interpoliraju vrijednost boje piksela iste boje u susjedstvu. Pksel sa zelenim filtrom pruža točno mjerenje zelene komponente. Crvena i plava komponenta za ovaj piksel dobivaju se od susjeda. Za zeleni piksel, dva crvena susjeda mogu se interpolirati kako bi se dobila crvena vrijednost. Također, dva plava piksela mogu se interpolirati kako bi se generirala vrijednost plave boje. [16, 17,18]

Bez obzira na fotografski sustav, prva je faza svih fotografskih sustava snimanje fotografskim aparatom. Ujedno, ako se uspoređuju klasični s digitalnim fotografskim sustavom, ovo je faza sustava u kojoj postoje najmanje razlike između sustava. Samo snimanje digitalnim, kao i klasičnim, fotografskim aparatom može se podijeliti u pet osnovnih faza-pripremu fotografskog aparata za snimanje, kadriranje, određivanje elemenata ekspozicije, izoštravanje i okidanje. [26]

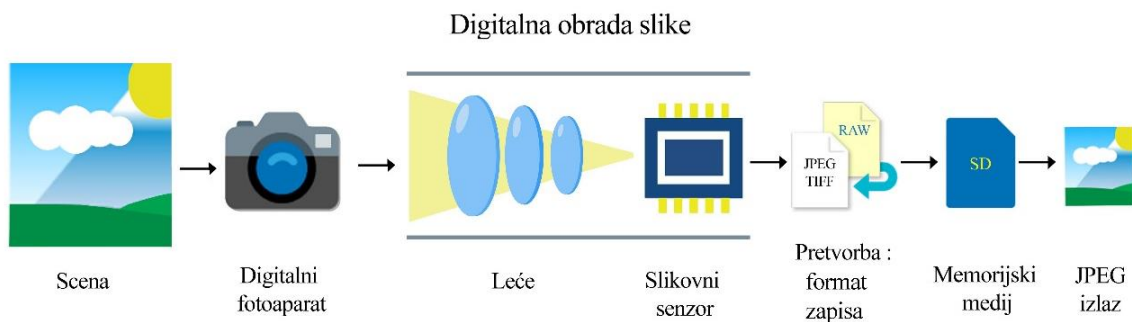
Pri pripremi digitalnog fotografskog aparata za snimanje potrebno je odabrati format zapisa digitalne fotografske slike te se bira između sirovog RAW formata koji omogućuje maksimalnu kvalitetu zapisa, ali i veliko zauzimanje memorijskog prostora i JPEG

(*Joint Photographic Expert Group*) formata s kompresijom. [27] Pored stupanja kompresije, moguće je birati i rezoluciju pri snimanju. Razlika između RAW i JPEG formata je i u dubini zapisa boja gdje JPEG zapis omogućuje 8 bitni zapis po kanalu, a dok RAW format omogućuje veću dubinu zapisa boja, ovisno o karakteristikama senzora digitalnog fotografskog aparata (Slika 35., 36.). [28]



Slika 35. Dijelovi digitalnog fotografskog aparata





Slika 36. Digitalni put slike

Priprema digitalnog fotografskog aparata za snimanje obuhvaća i odabir prostora boja pri snimanju te omogućuje odabir širokog Adobe RGB prostora boja i općereproducibilnog sRGB prostora boja.

Kao i kod snimanja klasičnim fotografskim aparatom, priprema digitalnog fotografskog aparata podrazumijeva i odabir osjetljivosti. Osjetljivost se pri snimanju danas standardno izražava u ISO jedinicama koje obuhvaćaju vrijednost u ASA i DIN jedinicama ili, skraćeno najčešće u ASA jedinicama (npr. 100/21 ISO ili skraćeno 100 ISO). [29] Za razliku od klasičnih fotografskih sustava gdje je osjetljivost određena odabirom filma, osjetljivost senzora je uvijek ista, ali je moguće pojačati signal i time simulirati povećanu osjetljivost (npr. dvostruko veća osjetljivost od 100/21 ISO je 200/24 ISO). Povećanjem osjetljivosti, tj. pojačavanjem izlaznog signala, moguće je snimati u slabijim svjetlosnim uvjetima, koristiti kraća vremena eksponiranja ili smanjiti otvor objektiva, ali se pojačava i šum senzora. Naime svaki sensor ima piksele koji prejako ili preslabo djeluju na svjetlo (tzv. šum stalnog uzorka), a taj se šum povećava povećanjem temperature pri snimanju (tzv. termički šum). Povećanjem osjetljivosti, tj. pojačavanjem izlaznog signala, pojačavaju se i ovi šumovi (tzv. šum pojačala). [30]

Kadriranjem se definira što će sve biti zabilježeno na fotografskoj slici prilikom snimanja te je temelj fotografske kompozicije. U tehničkom smislu, kadriranje pri snimanju bitno ovisi o odabiru objektiva fotografskog aparata, odnosno o žarišnoj duljini objektiva. Ako je žarišna duljina objektiva približno ista kao i dijagonala aktivnog dijela senzora (npr. za leica format 50 mm), vidni kut objektiva odgovara vidnom kutu aktivnog ljudskog pogleda te se govori o normalnom objektivu. Smanjenjem žarišne duljine, vidni kut objektiva se povećava pa se

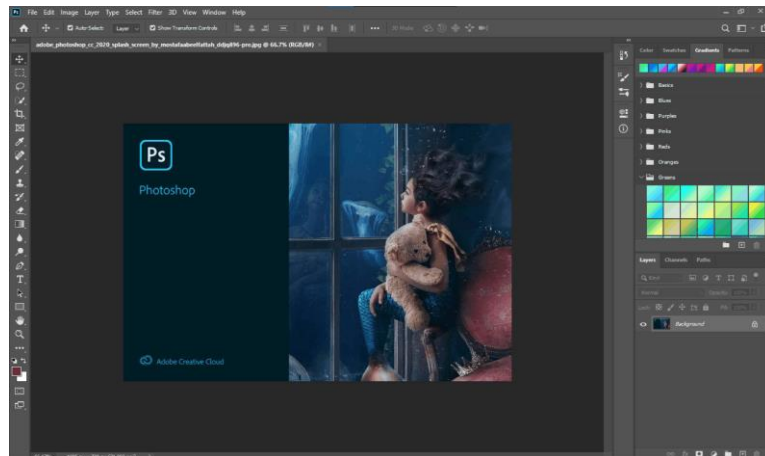
govori o širokokutnim objektivima, a povećanjem žarišne duljine vidni kut postaje manji, a takvi se objektiv nazivaju teleobjektivi. [30]

Elementi ekspozicije su vrijeme eksponiranja i otvor objektiva. Za određenu odabranu osjetljivost, do senzora digitalnog fotografskog aparata je uvijek potrebno dovesti istu količinu svjetla što znači da ako se produlji vrijeme eksponiranja (npr. dvostruko s 1/250 s na 1/125 s), potrebno je smanjiti otvor objektiva (dvostruko npr. s vrijednosti 5,6 na vrijednost 8). Tijela fotografskih aparata i objektiv nude različite raspone vremena eksponiranja i otvora objektiva. Standardne vrijednosti vremena eksponiranja su izražene u sekundama 30, 15, 8, 4, 2, 1,  $\frac{1}{2}$ ,  $\frac{1}{4}$ , 1/8, 1/15, 1/30, 1/60, 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000 i kraća (uz oznaku B-eksponiranje traje toliko koliko je vremena pritisnut okidač), a standardne vrijednosti otvora objektiva su 1, 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, 22, 32. Smanjenjem vremena eksponiranja, moguće je pri snimanju zamrznuti pokret objekta i smanjiti vjerojatnost pomicanja fotografskog aparata pritiskom na okidač dok se zatvaranjem objektiva povećava dubinska oštrina, tj. područje oštro zabilježene scene ispred i iza točke izoštravanja. Određivanje elemenata ekspozicije može se provesti manualno ili automatski. Automatsko određivanje elemenata ekspozicije provodi se odabirom rada s prioritetom vremena eksponiranja, prioritetom otvora objektiva i primjenom programa. Danas se određivanje elemenata ekspozicije najčešće provodi primjenom sustava mjerenja svjetla kroz objektiv fotografskog aparata (TTL sustav). Izoštravanje slike je moguće korištenjem autofokus sustava digitalnog fotografskog aparata ili ručnog izoštravanja. [31]

Nakon što je digitalni fotografski aparat pripremljen za snimanje, određen je kadar snimanja, određeni su i postavljeni elementi slike te je slika izoštrena, slijedi samo eksponiranje senzora, odnosno okidanje pritiskom okidača fotografskog aparata. Prije okidanja, kod primjene jednookog refleksnog fotografskog aparata, kao najčešće profesionalne izvedbe, svjetlo prolazi kroz objektiv fotografskog aparata, odbija se od zrcala koje je pod kutom od  $45^\circ$  u odnosu na mutno staklo kroz koje prolazi i dolazi u tražilo, tj. pentaprizmu u kojoj se višestruko lomi i dolazi do okulara tražila smještenog na leđima fotografskog aparata. Pritiskom na okidač, zrcalo se podiže te dolazi u planparalelan položaj s mutnim staklom, otvara se zatvarač u vremenu definiranom odabirom vremena eksponiranja te se slika, istovjetna onoj koja je viđena u tražilu formira na senzoru. Po završetku vremena eksponiranja, zatvarač se zatvara i zrcalo spušta u početni položaj, a digitalni se zapis snimljene fotografske slike pohranjuje na medij za pohranu. [32]

### 2.1.2.2 OBRADA DIGITALNOG ZAPISA FOTOGRAFSKE SLIKE

Pristup obradi digitalnog zapisa fotografske slike ovisi prvenstveno o formatu zapisa pri snimanju, odnosno, ako je fotografska slika pohranjena u sirovom RAW zapisu (crw (Canon), nef (Nikon), mrw (Minolta), ptx (Pentax), raf (Fuji), orf (Olympus) i dng (Adobe, Leica, Hasselblad), potrebno je prvo provesti predobradu tog zapisa (Slika 37.). [33]

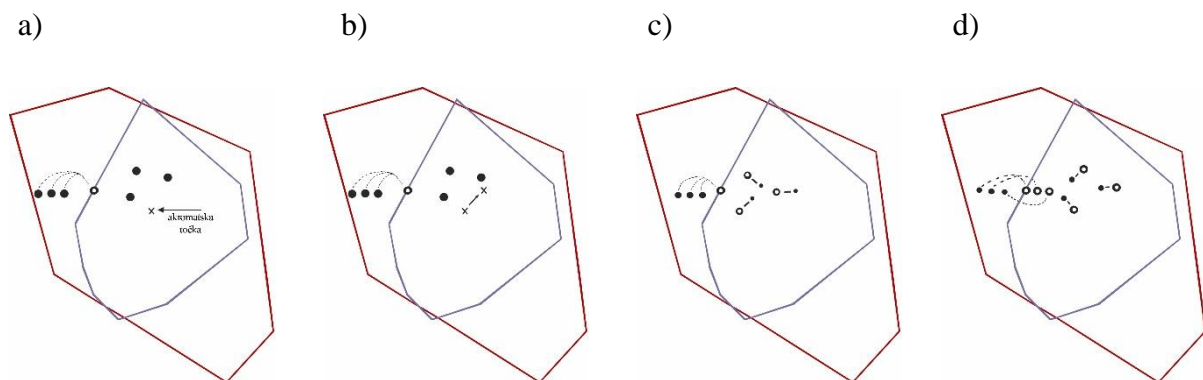


Slika 37. Sučelje programa za predobradu i obradu digitalnog zapisa fotografske slike Adobe Photoshop 2020.

Predobradom RAW zapisane fotografske slike, uz nadzor efekata na monitoru računala, definiraju parametri koje se pri snimanju i bilježenju u JPEG format definiraju postavkama fotografskog aparata. Ovo podrazumijeva eventualnu digitalnu korekciju ekspozicije, podešavanje bijelog balansa, opće podešavanje boja fotografije (promjenom kontrasta, zasićenja i tona boje, utjecanje na oštrinu, šum i zrnatu strukturu fotografije te odabrati prostor i dubinu. Predobrađena se fotografija sprema u JPEG ili TIFF, a daljnji postupak obrade odgovara postupku obrade digitalnog zapisa fotografske slike spremljene u JPEG format nakon snimanja. [28, 14, 33]

Pri snimanju digitalnim fotografskim aparatom najčešće se koristi Adobe RGB prostor boja, koji je širok, ali nije reproducibilan na većini izlaznih jedinica digitalnog fotografskog sustava (monitori, printeri, projektori). Zbog toga se, u pravilu, digitalni zapisi snimljeni u ovom prostoru boja prebacuju u reproducibilni sRGB prostor boja tzv. postupkom renderiranja. Postoji više pristupa renderiranju: renderiranje uz apsolutne i relativne kolorimetrijske namjere, renderiranje uz saturacijske namjere i renderiranje uz percepcijske namjere

(Slika 38.). [34, 35] Kod renderiranja uz apsolutne kolorimetrijske namjere, boje se iz jednog prostora boja prevode u drugi prostor boja uz apsolutno zadržavanje njihovih kolorimetrijskih vrijednosti, a boje Adobe RGB prostora većeg zasićenja veće od maksimalno zasićenih boja sRGB se prevode u odgovarajuće maksimalno zasićene sRGB prostore. Kod renderiranja s relativnim kolorimetrijskim namjerama se u obzir uzima pomak bijele u sRGB prostoru u odnosu na bijelu u Adobe RGB prostoru, dok se primjenom kolorimetrijskog načela renderiranja, u sRGB prostoru u potpunosti gube razlike zapisanih boja koje nisu obuhvaćene tim prostorom boja. Za prebacivanje Adobe RGB prostora boja snimljenih fotografija u sRGB prostor boja se pri obradi digitalnog zapisa fotografske slike u pravilu koristi renderiranje uz percepcijske namjere koje se naziva i fotografsko renderiranje. Kod ovog se renderiranja boje iz Adobe RGB prostora u sRGB prostor prebacuju tako da se doživljajno ukupni doživljaj boja fotografske slike minimalno mijenja, ali dolazi do kolorimetrijskih promjena svih boja. [36, 37]



Slika 38. Pristupi renderiranju: a) uz apsolutne kolorimetrijske namjere, b) s relativnim kolorimetrijskim namjerama, c) uz saturacijske namjere, d) uz percepcijske namjere

Za obradu digitalnih zapisa fotografskih slika se definira dubina boja od 8 bitova po kanalu (R, G i B tj. ukupno 24 bita) Kod te dubine je, svaki kanal podijeljen u 256 (28) koraka, što ukupno čini prikaz 16,8 milijuna boja, a što je i standard dobre reprodukcije boja. [31]

Za ispis fotografija se definira fotografska slika u omjeru 1:1 u rezoluciji 180-300 dpi, a promjena veličine digitalnog zapisa i formata realizacije fotografske slike se provodi bikubičnom metodom (za povećavanje Bicubic Smoother, a za smanjenje Bicubic Sharper).

Ako se kolor fotografska slika želi prebaciti u crno-bijelu, provodi se tzv. konverzija. Osnovni načini konverzije su u grayscale mod, prebacivanje u Lab mod te odabir L kanala i izdvajanje R, G ili B kanala. [38]

Kroz daljnju se obradu digitalnog zapisa fotografske slike provodi niz akcija primjenama različitih alata i naredbi konkretnog programa za obradu čime se tehnički i kreativno definira konačna reproducibilna slika koja se pohranjuje najčešće u JPEG (\*.jpg) i Photoshop (\*.psd) formatu ili, sve rjeđe, u TIFF (\*.tif) format zapisa. [39]

### **2.1.3 FORMATI ZAPISA DIGITALNE FOTOGRAFSKE SLIKE**

Svaka digitalna datoteka koristi binarni kod za elektroničko bilježenje podataka, bilo da se radi o slici ili tekstu, što omogućuje njihovo pohranjivanje, obradu i manipulaciju na računalu Iako su sve slike napisane u binarnom kodu, postoji niz formata datoteka za spremanje slika. Svaki format ima jedinstvenu metodu prevođenja razlučivosti, vrijednosti oštine i boje digitalne slike, a svaki ima svoje prednosti i ograničenja. Iz tog je razloga važno odabrati format datoteke, prije stvaranja bilo kakvih slika jer kasnije promjene u izvornom formatu mogu rezultirati gubitkom kvalitete slike. Većina digitalnih fotografskih aparata nudi nekoliko mogućnosti formata datoteka kao što su JPEG, RAW, kao i niz postavki kvalitete u raznim rezolucijama poput niske, srednje i visoke, koje se mogu postaviti tako da udovolje potrebama određene situacije. Moraju se znati razlike između različitih formata datoteka i postavki kvalitete, kao i konačne veličine ispisa, da bi se dobili željeni rezultati. [40] Za potrebnu kvalitetu slike, bitno je razumjeti kompresiju slike. Algoritmi kompresije, skup matematičkih programskih uputa, dizajnirani su da smanje izvornu veličinu datoteke kako bi stvorili dodatni prostor za pohranu ili ubrzali prijenos datoteka mrežom. Digitalni fotografski aparati mogu komprimirati slike radi spremanja datoteke na memorijske kartice. Postoje brojne vrste kompresije datoteka, ali sve se uklapaju u dvije osnovne kategorije: bez gubitaka i s

gubitkom. Sažimanje bez gubitaka koristi algoritam koji komprimiranoj datoteci omogućuje oporavak svih izvornih podataka kada je datoteka nekomprimirana. Gubitak kvalitete slike pri kompresiji s gubicima proporcionalan je količini kompresije. Većina vrsta datoteka s gubicima daje mogućnosti za podešavanje količine kompresije. Različite vrste datoteka najbolje su za različite programe. Glavni formati datoteka slika, kvalitetne kamere mogu spremati slike u tri formata datoteka: JPEG (komprimirano), TIFF (nekomprimirano) i RAW (neprerađeno). [41, 42]

Postoje još i drugi formati koji se koriste kao što su:

GIF (*Graphics Interchange Format*) format grafičke razmjene, i format s gubitkom koji se primarno koristi za web. GIF je izvrstan za grafiku u ravnoj boji, ali nije idealan za fotografije.

PNG (*Portable Network Graphics*), format dizajniran je da zamijeni stariji GIF format. Format datoteke bez gubitaka s dobrom kompresijom, dvije glavne namjene su joj World Wide Web i uređivanje slika. To je zamjenski format za mnoge uobičajene upotrebe TIFF formata.

EPS (*Encapsulated PostScript*) datoteke dizajnirane su za spremanje dokumenata visoke rezolucije, ilustracija i fotografskih slika za elektroničku pripremu za tisak za softver za raspored stranica u grafičkoj industriji.

PICT je kodiran format QuickDrawa datoteke u Macintoshovom grafičkom jeziku, isključivo za Apple računala. PICT datoteke razmjenjuju bitmapirane, vektorske grafike i tekstualnu podršku unutar Mac aplikacija. Imaju gubitak, mogu se otvoriti na Windows platformi i mogu se spremati u većinu softverskih aplikacija.

BMP (*Bitmap*) je standardni format slike za Windows. Bez gubitaka je i dizajniran za slike ili grafike.

Vrste datoteka specifične za program, kao što su Photoshop (.psd) ili Illustrator (ai), izvorni su formati datoteka koji sadrže maksimalnu količinu podataka o slici za upotrebu u vlastitom izvornom programu. Ponekad su te izvorne datoteke mnogo veće od sličnih uobičajenih formata datoteka, jer se programske značajke spremaju samo u izvornim formatima datoteka. Prilikom spremanja slike u uobičajeni format datoteke, koji se ponekad naziva i format koji nije izvorni, slojevi slike možda će se morati kombinirati i određene informacije o oblikovanju mogu se ukloniti. [41, 43]

### **2.1.3.1 JPEG ZAPIS**

JPEG (*Joint Photographic Experts Group*), označuje format datoteke koji omogućuje maksimalan broj slika po megabajtu memorije fotografskog aparata. JPEG je format kompresije koji koristi osnovne, normalne i fine postavke na fotografskom aparatu za upravljanje količinom kompresije i rezultirajućom kvalitetom slike. JPEG je različit od postavke koje kontroliraju kvalitetu slike kompresijom s postavkama veličine slike Large, Medium i Small koje kontroliraju veličinu dokumenta. JPEG je izvrstan format datoteke, ali slike se ne mogu vratiti u izvornu veličinu datoteke jer su podaci trajno uklonjeni. Format JPEG slikovne datoteke koristi shemu kompresije s gubicima i obično se koristi za slike niske razlučivosti, kontinuirane tonove na Webu. Kompresija u JPEG-u također omogućuje tvorcu da odluči o kompromisu između veličine datoteke i kvalitete slike: veća kvaliteta znači veću veličinu datoteke, a manja veličina datoteke znači da nižu kvalitetu slike. JPEG datoteke ne treba otvarati i više puta spremati, jer će slike polako propadati (zbog sheme kompresije s gubicima) i postaju mekani i piksirani. Kompresija je poput drobljenja ljuske jaja i ponovnog lijepljenja. Tijekom postupka obnove, sitni komadići se gube, ljepilo se razmazuje i oblik nije sasvim gladak. Što se više drobi, to su uočljiviji nedostaci: nagle gradacije boja i isticanja, gubitak oštine, neravne crte i vrtložni uzorci nekoliko su takvih problema, poznatih kao artefakti. Uvijek je najbolje vratiti se i raditi iz izvornog formata datoteke (RAW, TIFF, PSD i Photoshop datoteka) prilikom prepravke JPEG datoteka. [44]

### **2.1.3.2 SIROVI (RAW) ZAPISI**

RAW formati datoteka su nekomprimirani sirovi podaci koji predstavljaju samo zabilježene podatke o svjetlosti i gustoći za svaki piksel u nizu fotografskog aparata. Datoteke sastoje se od neprerađenih podataka senzora, ona je vrsta formata za uvoz/izvoz, a ne format za pohranu. Taj format datoteke neki nazivaju čistim „digitalnim negativom“, jer sadrži nemanipulirane binarne datoteke s informacijama koje se odnose samo na pojedine piksele sa senzora slike. Kada se RAW format slike spremi, spremaju se samo podaci senzora; nema naknadne obrade za ravnotežu boja, kompresiju palete boja, veličinu, bijelog balansa ili izoštravanje koja je potrebna s drugim formatima datoteka. Podaci nisu formatirani za određenu aplikaciju, a glavna prednost ovih datoteka je u tome što su izvorne i nekomprimirane. Sva obrada slike provodi se kasnije pomoću računalnog softvera za obradu slika; to omogućava neusporedivu kontralizaciju nad interpretacijom slike u smislu tonske

reprodukcije, ravnoteže boja i zasićenosti te prikazivanja detalja (smanjenje šuma i izoštravanje). Značajka RAW zapisa osigurava da izvorno snimanje ostane netaknuto, što format RAW datoteke čini idealnim za trajnu pohranu slikovnih datoteka. RAW formati datoteka su nekomprimirani sirovi podaci koji predstavljaju samo zabilježene podatke o svjetlosti i gustoći za svaki piksel u nizu fotografskog aparata. RAW podaci za snimanje nemaju postavke unutar fotografskog aparata ili pretprerade, poput razlučivosti, oštine, ravnoteže boja ili veličine slike. Slika u formatu RAW datoteke digitalni je ekvivalent latentnoj slici na bazi srebra, izložena, ali neprerađena slika koja sadrži sve podatke potrebne za izradu konačne slike. [40, 41]

Profesionalni fotografi koriste RAW format kada ne žele da fotografski aparat primijeni bilo kakve tehnike obrade na izvornu slikovnu datoteku. RAW datoteke moraju se otvarati i obrađivati u odgovarajućim softverom, specifičnim za proizvođača fotografskog aparata ili univerzalnim (npr. Photoshop, Slika 36.). [45]

### **2.1.3.3 ZAPIS TIFF**

TIFF (*Tag Image File File*), stvorila je korporacija Aldus 1986. godine. 1994. godine, prodaje prava Adobeu koji je od tada vlasnik autorskih prava za TIFF format. TIFF je format datoteke bitmap slike koji podržava CMYK, RGB, laboratorij, indeksirana boja i sive boje; 8, 16 ili 32 bita po kanalu podržane su dubine bita. Maksimalna veličina za TIFF datoteka je 4 GB. Format pruža podršku za oznake, više slojeva slike, prozirnost. TIFF sprema datoteku bez kompresije i trenutni je standard u grafičkim poljima i poljima za ispis te u slučajevima kada sliku treba digitalno ispitati. TIFF format koristi se za razmjenu datoteka između aplikacije, računalne platforme i za visokokvalitetni ispis. Opcije kompresije s manje gubitka dostupne su za TIFF datoteke, ali uglavnom se ne koriste jer će mnogi visokokvalitetni izlazni uređaji prihvatiti samo nekomprimirane TIFF datoteke. Čak su i komprimirane TIFF datoteke mnogo veće od inherentno komprimiranih GIF ili JPEG datoteka. TIFF je poznat kao format razmjene, lako se otvara na bilo kojoj platformi i smatra se jednim od univerzalno prihvaćenih formata datoteka visoke razlučivosti. Međutim TIFF format se danas sve manje koristi u digitalnom fotografskom sustavu. [46]



## 2.1.4 PROSTORI BOJA U DIGITALNOM SOFTVERSKOM SUSTAVU

Prostor boja je način numeričkog određivanja boje, trostruki brojevi koji predstavljaju položaje u trodimenzionalnom prostoru boje. Prostori boja su trodimenzionalni jer naše oči imaju tri različite vrste stanica osjetljivih na boju, pa stoga svaki prostor boja mora, na ovaj ili onaj način, kodirati tri različita intenziteta boje. Ova metoda koristi najčešću vrstu prostora boja, RGB prostor, nazvan po bojama crvena, zelena i plava. Većina modela u boji imaju tri primarne komponente (npr. RGB, CMY, LCH, HSV,  $L^* a^* b^*$ ). Neki modeli boja specifični za primjenu koriste više komponenata, na primjer CMYK. Photoshop i drugi programi za uređivanje slika rade s više modela u boji (neki znanstveni modeli boja poput x, y). Y ili  $L^* a^* b^*$  obuhvaćaju čitav ljudski vid i imaju definiranu ljestvicu tako da određena boja uvijek ima isti niz vrijednosti. Prilično je korisno moći dodijeliti numeričku vrijednost boji na temelju toga kako ljudi percipiraju boje. Ostali modeli boja poput RGB ili CMYK nemaju standardno definiranu ljestvicu ili referencu. Ovi modeli boja su apstrakcije i ne mogu opisati određenu boju bez prethodnog definiranja. Navedeni su jednostavno omjer primarnih komponenata (u ovom slučaju RGB) bez potrebne skale. Moguće je ucrtati bilo koje tri primarne vrijednosti u tri dimenzije tretirajući primarne vrijednosti kao koordinate u prostoru. Tako se stvara čvrsta masa ili volumen koji predstavlja sve moguće boje u tom prostoru boja (to se podrazumijeva pod nazivom prostor boja). Prostor boja je model boje koji ima poznatu referencu i mjerilo, u ovom slučaju primarne sastojke i ljestvicu. Pretpostavi li se navođenje boje kao R10/G130/B50, navedena je referenca boje rekavši da je prostor boja Adobe RGB (1998), koji definira mjerilo RGB primarnosti; koordinate boja ovog prostora boja. Skup brojeva R10/G130/B50 sada može reproducirati boju bilo kome s odgovarajućim alatima jer su definirani referenca i skala. Različiti RGB prostori boja koriste različitu skalu crvenih, zelenih i plavih primarnih boja. Adobe RGB (1998) i sRGB različiti su prostori boja, no oba se temelje na modelu RGB boja koji koristi RGB početne slojeve. Iako svaki prostor boje koristi ista tri primarna sastojka (R, G i B), specifična kolorimetrijska ljestvica svakog prostora boja je različita. Maksimum crvene, zelene i plave boje zasićeniji je u prostoru boja Adobe RGB (1998) od sRGB prostora boja. Iako je R0/G255/B0 najzeleniji zeleni sastojak i u Adobe RGB-u (1998) i u sRGB-u, saznanje da se ljestvica razlikuje u oba prostora boja objašnjava zašto je ova zelena vrijednost zasićenija u Adobeu RGB (1998). Ovo također ilustrira kako R0/G255/B0 ne može reći koliko je zelena ova boja. Što vrijedi i za mnoge druge modele u boji poput CMYK, HSB, sive boje. [47]

Prostori boja podijeljeni su u tri kategorije boja: 1. Ovisno o uređaju , 2. Neovisno o uređaju  
3. Unutarnji prostori boja.

1. Prostor boja ovisan o uređaju je prostor boja u kojem rezultirajuća boja ovisi o opremi i postavkama korištenim za njezino stvaranje. Boja proizvedena pomoću određenih vrijednosti piksela R, G, B će bit promijenjena s promjenom svjetline i kontrasta na zaslonu. Na isti način, crvena, zelena i plava fosfora monitora imaju malo drugačije karakteristike i proizvedena boja će se promijeniti. Primjeri prostora boja ovisnih o uređaju uključuju RGB i CMYK. Prostori boja koji ovise o uređaju definiraju boju za određeni slikovni uređaj. Prednost rada s prostorom boja o uređaju ovisi u tome što se podaci mogu lako dobiti s uređaja i koristiti u mnogim softverskim aplikacijama (web stranice, grafičke aplikacije, procesori teksta itd.). Dva uređaja za obradu slike, poput dva skenera, mogu stvoriti različite RGB vrijednosti za zadani original. Iz tog razloga, prostori boja ovisni o uređaju ne pružaju dovoljno podataka za definiranje određene stvarne boje.

2. Prostor boja neovisan o uređaju je onaj u kojem će koordinate korištene za određivanje boje proizvesti istu boju gdje god se primijene. Ti se prostori boja sastoje od matematičkih prikaza boja koji su neovisni o uređaju za obradu slike, na primjer CIE prostori boja. Prednost korištenja prostora boja neovisnog o uređaju je u tome što se boje mogu lako kvantificirati. Očiti nedostatak je taj što samo nekoliko softverskih aplikacija stvarno može raditi s prostorima boja neovisnim o uređaju. Za prikaz ili ispis slike u prostoru boja neovisnom o uređaju, mora se pretvoriti u prostor boja koji ovisi o uređaju.

3. Unutarnji ili radni prostori boja križaju se između uređaja ovisno o uređaju i prostora neovisnih o uređaju. Da bi se stvorio unutarnji prostor boja, provodi se matematička transformacija kako bi se informacije o boji neovisne o uređaju pretvorile u standardni skup RGB vrijednosti (kalibrira RGB vrijednosti). Primjeri unutarnjih prostora boja uključuju Adobe RGB i sRGB. Kada se definiraju točne kromatske vrijednosti primarnih crvene, zelene i plave boje, model boja postaje apsolutni prostor boja, poput sRGB (s=standard) ili Adobe RGB (koji ima znatno veći opseg). Skup primarnih boja, poput primarnih sRGB, definira trokut boja unutar dijagrama kromatičnosti. Miješanjem primarnih boja mogu se reproducirati samo boje unutar ovog trokuta (opseg boja). Kromatičnost rasvjetnog sredstva (D65, D50 ili C) je bijela točka. Koordinate kromatičnosti crvene, zelene, plave i bijele točke su (0,64, 0,33), (0,30, 0,60), (0,15, 0,06) i (0,31, 0,33). Od 2007. godine sRGB je daleko najčešće korišten prostor RGB boja, posebno u području digitalnog fotografskog sustava, jer se smatra

prikladnim za većinu potrošačkih aplikacija i izlaznih jedinica. [48] Pogodno je imati na svim uređajima isti prostor u boji jer sliku nije potrebno pretvoriti iz jednog prostora u drugi (upravljanje bojama) prije prikazivanja. Međutim, ograničeni opseg sRGB-a izostavlja neke visoko zasićene boje, širi opseg Adobe RGB ugrađen je u digitalne fotografske aparate, a unutarnji prostori u boji pružaju dvije glavne prednosti, proizvode slikovne podatke kojima se lako može rukovati softver za obradu slika sličan podacima o boji ovisno o uređaju, točno definiraju boju pod određenim skupom uvjeta. Ova su dva čimbenika vrlo prikladna za korisnike koji žele pohraniti slike u zajednički prostor boja. Glavni nedostatak je što slike u boji i dalje treba pretvarati naprijed-natrag između prostora boja koji ovisi o uređaju i radnog prostora boja. Sivi prostori imaju jednu crnu komponentu, te se sivi razmaci koriste za crno-bijeli prikaz i ispis. Uređaji za snimanje i reproduciranje slika, bilo to fotografski aparat, monitor ili pisač u osnovi se razlikuju po načinu na koji reproduciraju boju, odnosno imaju različit raspon boja ili gamut koje se mogu reproducirati. Također su usklađeni sa sustavom Colour Management i ICC (*International Colour Consortium*) konzorcijem. Međunarodni konzorcij za boje je okvir prostora za povezivanje profila i format profila. ICC je regulatorno tijelo koje vidi protokole za upravljanje bojama između dobavljača softvera, proizvođača opreme i korisnika. Početkom 1990-ih niz vodećih tvrtki u tehnologiji boja razvijali su aplikacije za stolno izdavanje boja. Budući da nije bilo zajedničkog okvira za upravljanje bojama za sustave, svaka se aplikacija morala uskladiti s određenim dobavljačem hardvera. Redovito su se uvodili novi sustavi i nije bilo kompatibilnosti između sustava, niti dosljednosti među rezultatima. Kada je u odabranom rješenju nedostajala željena značajka, korisnici su kupovali dijelove sustava od različitih dobavljača. Tehnologija se razvijala i nije postojao sustav koji bi podržao novi način rada. Svi dogovori unutar ICC konzorcija priopćavaju se korisnicima i dobavljačima putem specifikacije ICC profila. Specifikacija je tehnički dokument koji opisuje strukturu i format ICC profila, nastavlja se mijenjati i razvijati, a trenutna verzija specifikacije uvijek je dostupna na web mjestu ICC-a. Profili generirani prema svakoj verziji specifikacije označeni su sukladno tome, stoga se može ispuniti profil verzije 2(v2) ili profil verzije 4(v4) itd. Specifikacije se također dostavljaju putem odgovarajućih nacionalnih i međunarodnih odbora kako bi objavljeni kao međunarodni standardi, ISO 15076 (v2 i v4) i ISO 20677(v5), stvorio univerzalni sustav za upravljanje bojama koji je revolucionirao i donio veliku korist cijeloj industriji. Vlasnički sustavi izbačeni su u korist otvorene arhitekture koja osigurava praktičnost i besprijekornu interoperabilnost za krajnjeg korisnika. Jedan od razloga što trenutni sustav tako dobro funkcionira jest taj što cjelokupna struktura zajednice, format i sadržaj ICC profila. Međutim, kako digitalni

fotografski sustav podrazumijeva realizaciju različitim izlaznim jedinicama, ovakav je pristup rijedak te se u pravilu koristi Adobe RGB sustav pri snimanju koji se renderiranjem transformira u univerzalno reproducibilan sRGB prostor boja. [40, 41, 49]

#### **2.1.4.1 ADOBE RGB PROSTOR BOJA**

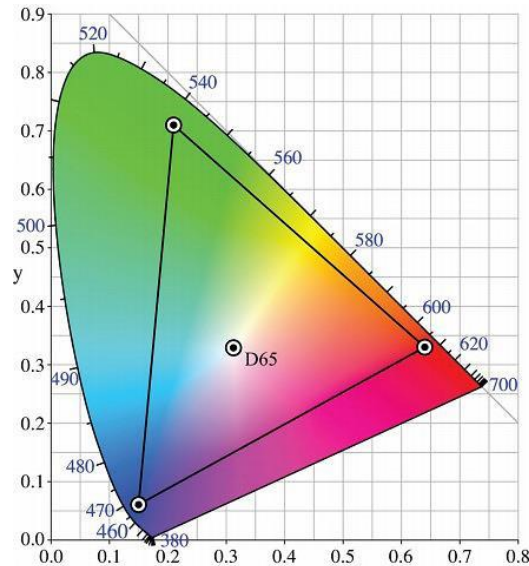
Prostor boja Adobe RGB (1998), koji je Adobe razvio kao vlastiti standard, temelji se na istom općem konceptu kao i sRGB, ali pokazuje znatno veći opseg, što njegovu upotrebu posebno proširuje na tiskane programe. Prikazuje uočenu razliku između opsega sRGB i Adobe RGB u trodimenzionalnom prostoru boja CIE XYZ. Bijela točka Adobe RGB odgovara standardu D65 ( $x=0,3127$ ,  $y=0,3290$ ), a vrijednost gama je 2.199 (u usporedbi s 2.4 za sRGB) za korekciju prema naprijed, odnosno 2.100 za inverznu korekciju. Pridružena specifikacija datoteke predviđa niz različitih kodiranja (od 8 do 16-bitnih cijelih brojeva i 32-bitnih pokretnih zareza) za komponente u boji. Adobe RGB se često koristi u profesionalnoj fotografiji kao alternativa  $L^* a^* b^*$  prostoru boja i za aplikacije za arhiviranje slika. [45]

Adobe Photoshop softver za uređivanje slika ima taj izvorni prostor boja, te je najrašireniji u fotografskoj industriji. Izlaz-odnosi se na 8 bita po kanalu, kodiranje boja s primarnim bojama (isto kao one koje koristi NTSC-TV sustav koji se koristi u SAD-u i drugim zemljama) i nelinearnim karakteristikama prijenosa na temelju CRT izlaza s gama 2.2. nisu različiti od onih iz sRGB-a, iako obuhvaćaju nešto veći opseg boja, prvenstveno u cijan-zelenoj regiji. Ta se različitost često naglašava predstavljanjem RGB-ovih boja na nejednolikoj CIE  $x$ ,  $y$  dijagram kromatičnosti. Spe provjera Adobe RGB 1998, uključujući transformaciju iz/u CIE XYZ koordinate, dostupna je od tvrtke Adobe Systems.

Adobe RGB (1998) osnovala je Adobe softverska tvrtka (SMPTE-240M) i dizajniran je da obuhvati većinu boja dostižnih na CMYK printerima u boji. Odnos između XYZ i linearnog RGB dan je jednadžbom: XYZ mora biti skaliran kako bi bio u rasponu 0-1. To se obično postiže dijeljenjem vrijednosti XYZ sa 100. RGB linearne vrijednosti nalaze se u rasponu 0-1. Izračuni pretpostavljaju standardni promatrač i osvjetljivač D65 iz 1931. godine. Obrnuti odnos jednadžbom na tablici 1. iz koje se može pokazati da su za prikaz bijele boje (gdje je  $R=G=B=1$ ) vrijednosti tristimulusa  $X=95,05$ ,  $Y=100,00$  i  $Z=108,90$  (Slika 39.). [41, 45, 47]

Tablica 1. Transformacija boje između linearnih R, G, B sRGB i CIE XYZ

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.4124 & 0.3576 & 0.1805 \\ 0.2126 & 0.7152 & 0.0722 \\ 0.0193 & 0.1192 & 0.9505 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$



Slika 39. Adobe RGB prostor boja unutar dijagrama kromatičnosti

Izvor: Salvaggio, N., L., i Shagam, J., Basic Photographic Materials and Processes

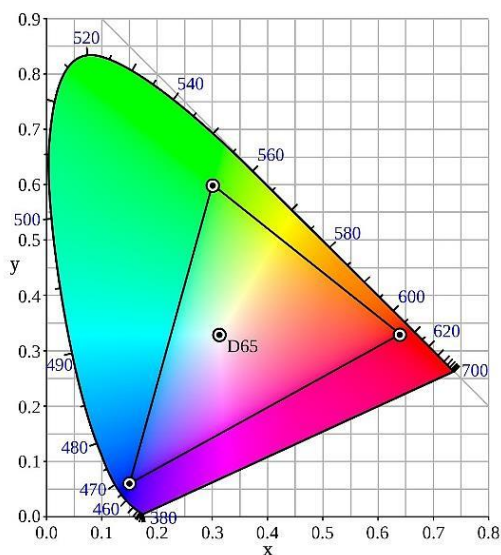
#### 2.1.4.2 sRGB PROSTOR BOJA

sRGB prostor boje su izvorno dizajnirali HP i Microsoft kao zadano kodiranje prostora boja za Internet sredinom 1990-ih. Od tada je široko prihvaćen u industriji potrošačkih slika. sRGB, namijenjen širokoj upotrebi, ali posebno za upotrebu u Microsoftovim operativnim sustavima, HP-ovim proizvodima i Internetu. sRGB je dizajniran da bude kompatibilan sa standardom Rec.709 i stoga su kromatske vrijednosti primarnih dijelova iste kao na tablici 2. za Rec. 709. Puna specifikacija koja uključuje prijenosnu funkciju (gama krivulja), koja je tipična za većinu CRTS-a omogućuje izravno prikazivanje slika kodiranih kao sRGB na tipičnim CRT monitorima. [47, 48]

Tablica 2. Inverzna transformacija R, G, B, R, G, B sRGB i CIE XYZ

$$\begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 3.2406 & -1.5372 & -0.4986 \\ -0.9689 & 1.8758 & 0.0415 \\ 0.0557 & -0.2040 & 1.0570 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}$$

sRGB prostor boja je izlazno kodiranje prostora boja, koje se temelji na monitorima visoke razlučivosti (HD) i funkciji prijenosa. Standard određuje crni digitalni kod tipičnih primarnih CRT prikaza (identičan ITU-R BT.709-3, O i bijeli od 255 za 24-bitno (8 bitova/kanal) kodiranje. Snaga sRGB-a je njegova jednostavnost, činjenica da se temelji na stvarnom uređaju te da je jeftin za primjenu i računski učinkovit. Dostupan je u većini potrošačkih digitalnih fotografskih aparata, a implementiran je i u većini LCDS-a, koji omogućuju sRGB postavku da simulira tipični CRT izlaz. Međutim, kako je sRGB prostor boja uži od Adobe RGB prostora boja, posebno u području zelene boje, na koju je ljudsko oko najosjetljivije, pri snimanju digitalnim fotografskim aparatom se preferira korištenje Adobe RGB prostora boja, a digitalni zapisi fotografskih slika se pri obradi prebacuju u sRGB prostor boja koji će osigurati reproducibilnost na praktički, svim izlaznim jedinicama (Slika 40.). [47, 48, 49]



Slika 40. sRGB prostor boja unutar dijagrama kromatičnosti

Izvor: Salvaggio, N., L., i Shagam, J., Basic Photographic Materials and Processes

## 2.2 ATRIBUTIVNE I MJERNE KARAKTERISTIKE FOTOGRAFSKE SLIKE I PROCJENA PRIHVATLJIVOSTI

Na izgled slika utječe pet osnovnih atributa kvalitete slike, a to su: ton (ili kontrast), boja, razlučivost, oštrina i šum. Ti glavni atributi, koji se nazivaju i dimenzijama kvalitete slike, zajedno s pripadajućim vizualnim deskriptorima procjenjuju se pomoću subjektivnih i objektivnih mjerenja, kolektivno (procjene ukupne kvalitete slike) ili pojedinačno. Mjere ih ili procjenitelji kvalitete slike ili ih nesvjesno uzimaju u obzir kad ih se gleda. Individualna subjektivna procjena ovih atributa objekt je rasprave, jer su mnogi tvrdili da sudovi o atributima slike vjerojatno neće biti neovisni od drugih svojstava, dok je odnos između njih opsežno proučavan. Reprodukcijski ton bavi se reprodukcijom intenziteta i razlikama u intenzitetu između originala i slike, odnosno objektivnom reprodukcijom tona, kao i promatračevim dojmom o tim kvalitetama, odnosno subjektivnom reprodukcijom tona. Reprodukcijski tonova najvažniji je atribut kvalitete slike, koji je kritična komponenta subjektivnog dojma izvrsnosti slike i vjernosti reprodukcije. [1] Njegova je važnost u činjenici da akromatski vizualni kanal nosi većinu vizualnih informacija kojima upravlja. Ostali atributi kvalitete slike, kontrast slike i njihovo mjerenje, poput boje, razlučivosti i oštine, optimalna su reprodukcija tona. Da bi se proizvela pouzdana mjerenja, potrebno je razumjeti čimbenike koji utječu na kvalitetu slike. Subjektivna procjena kvalitete slike funkcija je ljudskog vizualnog sustava (*HVS-Human Visual System*), kao i kriteriji kvalitete promatrača. HVS jako ovisi o uvjetima gledanja, kao i fizičkim svojstvima testnih podražaja, odnosno testnih slika korištenih u procjeni. Kriteriji kvalitete promatrača temelje se na raznim kognitivnim čimbenicima, poput pamćenja, utjecaja, iskustva, očekivanja i mnogih drugih, a rezultiraju procjenama varijacija među pojedincima, kao i vremenskim varijacijama za bilo kojeg pojedinca. Različiti promatrači mogu preferirati malo drugačiju reprodukciju boja istog objekta ili isti promatrač s vremenom može promijeniti svoje sklonosti zbog, suvremenih trendova ispisa u boji. Svrha i kontekst u kojem će se slika koristiti također utječe na subjektivnu procjenu kvalitete slike. Mjerenja koja se odnose na kvalitetu slike pretpostavljaju da postoji funkcionalna veza između subjektivnog dojma kvalitete slike i nekih odabranih atributa promatranih podražaja. Ova se pretpostavka temelji na iskustvu stečenom psihofizičkim eksperimentima, čija je svrha pružiti kvantifikaciju kvalitativnih atributa. Psihofizički testovi kontrolirali su uvjete gledanja i mjerili subjektivnu kvalitetu slike ili njene attribute, koristeći panel promatrača i statističku analizu za kvantificiranje odgovora promatrača. Objektivna kvaliteta slike, s druge strane, koristi mjerenja izvedbe, provedena na

slikama ili sustavima za obradu slika. Korisna mjerenja performansi su ona koja uspješno koreliraju sa subjektivnim dojmom kvalitete slike. Nadalje, proračun i modeliranje koriste se za izradu složenih objektivnih mjera, poput modela i kvalitete slike. Oni često uključuju modele HVS-a zajedno s mjerenjima performansi snimljenim sa slika ili sustava. [1, 41, 49]

### **2.2.1 TONOVI, KONTRAST I DINAMIČKI RASPON**

Tonovi i opseg tonova je ljestvica osvjetljenja u rasponu od crne do bijele, dok je kontrast scene omjer između najsvjetlijih i najtamnijih tonova u sceni i raspona mogućih razina intenziteta između njih. Na to utječu apsorpcijske karakteristike osvjetljenih površina, ali i njihov položaj u odnosu na osvjetlivače scene, mogu se koristiti svjetlosne tehnike za promjenu kontrasta slike. Dodavanjem izvora svjetlosti, promjenom kuta, udaljenosti predmeta u odnosu na rasvjetna tijela, razlika između istaknutog i sjene može se komprimirati ili proširiti. Reprodukcijski uređaji ili materijala opisuje kako se raspon intenziteta u izvornoj sceni preslikava na intenzitet konačne slike. Reprodukcijski raspon ograničen je mnogim čimbenicima u lancu slike, uključujući dinamički raspon senzora. [50]

Pojam dinamički raspon u inženjerstvu koristi za definiranje omjera između najveće i najmanje količine koja se razmatra. Kod fotografskih slika, promatrana količina je razina osvjetljenosti i koristi se nekoliko mjera dinamičkog raspona, ovisno o primjeni. Omjer kontrasta mjera je koja se koristi kod definiranja monitora i definira omjer osvjetljenja najsvjetlije boje koju može proizvesti (bijela) i najtamnije (crne). U slučaju da monitor ne emitira svjetlost na nultoj razini, kao na primjer na HDR zaslonima, prva upravljačka razina iznad nule smatra se najtamnijom za izbjegavanje beskonačnosti. Omjer se obično normalizira tako da je druga vrijednost uvijek jedna, na primjer 1000:1, a ne 100:0,1. Dinamički raspon se razmatra kao raspon između najsvjetlije i najtamnije osvjetljenosti u danoj sceni. Raspon se izračunava kao razlika između logaritma (baza 10) najsvjetlijih i najtamnijih mjesta. Prednost korištenja logaritamskih vrijednosti je u tome što one bolje opisuju opaženu razliku u dinamičkom rasponu od omjera kontrasta. Vrijednosti se obično zaokružuju na prvi decimalni razlomak. Širina ekspozicije definirana je kao raspon osvjetljenosti koji film može uhvatiti umanjen za opseg osvjetljenosti fotografirane scene i izražava se pomoću baze logaritma 2 s preciznošću do 1/3. Izbor logaritamske osnove motiviran je skalom postavki ekspozicije, zatvaranjem otvora objektiva i vremenom eksponiranja, pri čemu jedan korak udvostručuje ili prepolažuje količinu propuštene svjetlosti. Stoga raspon ekspozicije govori fotografima



koliko veliku pogrešku mogu napraviti u postavljanju parametara ekspozicije, a da pritom dobivaju zadovoljavajuću sliku. Odnos signala i šuma (*SNR-Signal-to-noise ratio*) najčešće se koristi za izražavanje dinamičkog raspona digitalnog fotografskog aparata. U tom se kontekstu mjeri kao omjer intenziteta, koji počinje zasićivati senzor slike i minimalnog intenziteta koji se može opaziti iznad razine šuma senzora. Izražava se u decibelima [dB] korištenjem 20 puta logaritma baze-10. Fizički opseg osvjetljenja, zabilježen gornjim mjerama, ne odgovara nužno opaženoj veličini dinamičkog raspona. To je zato što je kontrastna osjetljivost značajno smanjena za niže razine osvjetljenja. [51]

### 2.2.2 OŠTRINA CRTEŽA I SPOSOBNOST RAZDVAJANJA LINIJA

Optički sustavi, uključujući fotografske aparate, koriste prostornu frekvenciju za procjenu i izvještavanje o kvaliteti, govoreći nam koliko ciklusa po milimetru objektiv ili sustavi mogu reproducirati. Ti se ciklusi izmjenjuju u bijelim i crnim crtama, pri čemu slika takvog uzorka teoretski kruži između maksimalne i minimalne svjetline (bijeke i crne). Uzorak od 10 redaka na milimetar koristi se za ocjenu performansi kontrasta, a 30 linija po milimetru za procjenu razlučivosti. Počinje se propuštanjem savršenog uzorka kroz sustav i bilježi izlaz. Ako je snimljeni uzorak točna replika, sustav pokazuje savršenu reprodukciju kontrasta 1:1. Reproducirana slika uzorka ima različitu modulaciju i može se pomicati. Tehnički gledano, oštrina se definira kao oštrina ili kontrast između rubova predmeta na slici (Slika 41.). [52]

Razlučivost je atribut prostorne slike. Bavi se sposobnošću sustava da reproducira sitne detalje, informacije o visokim prostornim frekvencijama na slikama. Ova sposobnost je funkcija broja osnovnih točaka slike ili funkcija širenja točaka (*PSFS- Point Spread Function*) po jedinici udaljenosti, naziva se funkcija veličine osnovne točke slike. Poput razlučivosti, oštrina je prostorna i bavi se definicijom, točnije definicijom rubova, objektivne mjere oštine, međutim, uzimaju u obzir mikroskopski kontrast slike i tako koreliraju sa subjektivnim dojmom definicije. Dojam koji promatrač promatra gledajući dobro razriješene elemente slike. Iako su razlučivost i oštrina vrlo usko povezane, postoje slučajevi kada se slike niske razlučivosti mogu pojačati oštrije od slika visoke rezolucije zbog povećanog kontrasta (Slika 42.). [53, 54]

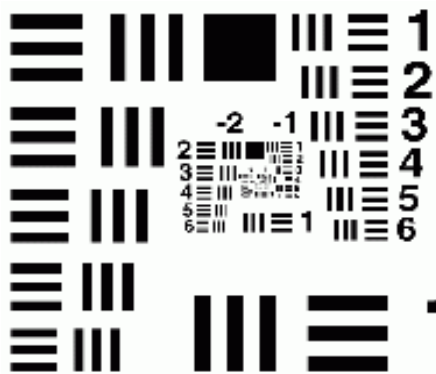
Tradicionalno se u fotografskim i optičkim sustavima objektivna oštrina procjenjuje mjerenjem ili vodljivosti ili MTF (*Modulation Transfer Function*) sustava. Iako mjerenja vodljivosti daju jednu jedinstvenu vrijednost za procjenu oštine slike, MTF je daleko uspješnija mjera, budući da je funkcija koja opisuje reprodukciju kontrasta mikro-slike na

svim dostupnim prostornim frekvencijama i pada na neku graničnu vrijednost, i smatra se ograničavajućom rezolucijom sustava. Danas je MTF dominantna mjera u ocjeni oštine svih slikovnih uređaja. Teorija MTF-a strogo je primjenjiva na linearne, stacionarne sustave, i omogućuje određivanje cjelokupnog MTF sustava iz MTF-a pojedinih komponenata slike. [41] Potrebno je nadoknaditi različite nelinearnosti koji predstavljaju sustav za njegovu preciznu evaluaciju. To se može postići ispravljanjem nelinearnosti ulaz-izlaz (prijenos) ili ograničavanjem ispitnog cilja na vrlo nizak kontrast, tj. raspon intenziteta u kojem se pretpostavlja da se sustav ponaša linearno. MTF pri 10 linija/mm obično je bolja funkcija prijenosa modulacije od 30 linija/mm, što znači da objektiv pokazuje bolju reprodukciju kontrasta od performansi oštine. Mjerenja kontrasta uglavnom se dijele na kategorije izvrsnih (većih od 0,9), vrlo dobrih (0,7-0,9) i prosječnih (0,5-0,7). Vrijednost manja od 0,5 označava objektiv mekoće.

Ljestvica razlučivosti je subjektivna, i temelji se na najčešćoj metodi procjene kvalitete objektiva (mjerenje njegove funkcije prijenosa modulacije ili MTF). MTF mjeri performanse objektiva, oštrinom i sposobnošću reprodukcije kontrasta. Mjeri količinu detalja koje reproducira objektiv. [56] Za sposobnost razdvajanja linija ukupna ocjena rezolucije i oštine koristi se karta ISO 12233 (Slika 43.). Za procjenu kvalitete digitalnog fotografskog aparata nisu potrebni samo određeni objektivni podaci, već također treba kombinirati stvarni rad i dokaze o snimanju. Stoga se procjena temelji na principu objektivnih podataka i kombiniranoj racionalnoj analizi iskusnih recenzenata kako bi se dobili najobjektivniji rezultati procjene. Karta razlučivosti standardni je dokaz koji može pružiti potpomognuto ispitivanje vertikalne razlučivosti i vodoravne razlučivosti stvarnog snimanja. Test razlučivosti koristi kartu ispitivanja razlučivosti ISO 12233 i usvaja jedinstveni kut i okoliš snimanja. Karta se snima u mjerilu 1:1, te se vizualno određuje posljednje polje, na kojem se vide dvije razdvojene linije. Brojkom 20 označeno je najfinije polje i označava sposobnost razdvajanja linija 2000 LW/PH odnosno 0,1 debljine razdvajanja linije. Brojke ispod polja pomnožene sa 100 daju rezultat vrijednosti razlučivosti linija po visini slike LW/PH (*Line Widhts/PictureHight*). [52, 54, 83]

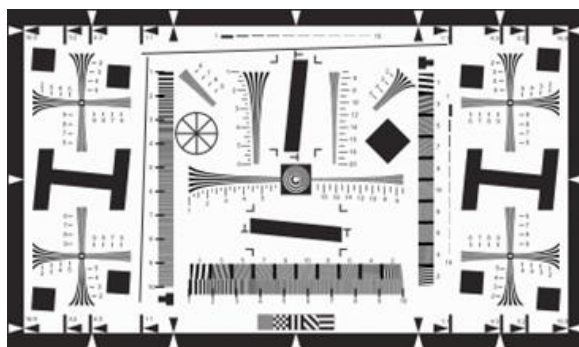


Slika 41. Uzorak šipke ,izvornik (gore); s degradacijom leće (dolje)



Slika 42. Tablica razlučivosti USAF, 1951. godina

Izvor: Allen, E., i Triantaphillidou, S., The manual of photography



Slika 43. Tablica ISO 12233 sposobnost razdvajanja linija

Izvor: <https://www.iso.org/standard/71696.html>

### 2.2.3 BOJE, TON BOJE , SVJETLINA, ZASIĆENJE I UKUPNA RAZLIKA BOJA $\Delta E$

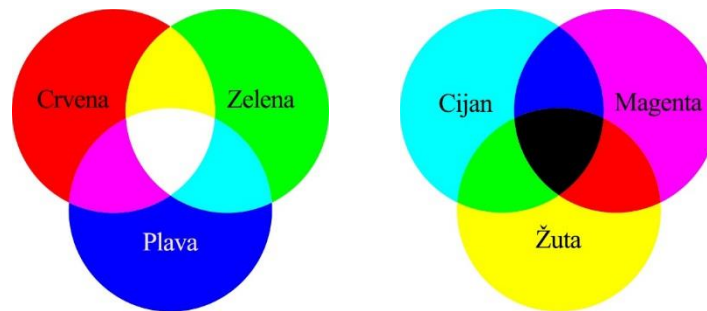
Boja je vizualno iskustvo, doživljaj, percepcija, ona se mijenja u skladu sa fiziološkim i psihološkim reakcijama na svjetlost. Boja nastaje u prisutnosti svjetlosti. Kada svjetlo padne na objekt, dio zraka reflektira objekt, a ostatak se apsorbira. Dio koji se odražava, određuje boju. Svi sustavi reprodukcije boja djeluju na pretpostavci da ljudsko oko zadržava tri različite vrste receptora za boju. Da bi kolor fotografski sustav bio uspješan, mora biti sposoban snimati i kontrolirati crvene, zelene i plave dijelove svjetlosnog pojasa koji se odbija, prenosi ili emitira od objekta. Postoje dvije osnovne metode za kontrolu boje svjetlosti koja se stvara u sustavu za reprodukciju boja: aditivna metoda boja koja uključuje kombiniranje crvenog, zelenog i plavog svjetla; i suptraktivna metoda boja koja uključuje bojila koja selektivno upijaju crveno, zeleno i plavo svjetlo. [55]

Svi sustavi za reprodukciju boja djeluju pod pretpostavkom da ljudsko oko sadrži tri različite vrste receptora ili čunjeva u boji. Iako su predložene i korištene za opisivanje različitih vizualnih pojava, trikromatska teorija vida u boji nudi najzadovoljavajuće rezultate pojašnjenja percepcije boja u vezi s kolor fotografskom slikom (najčešći testovi za sposobnost uočavanja suptilnih razlika u bojama koriste se pseudoizokromatskim pločama. Uključuju HRR pseudoizokromatski test (dostupan od PIA/GATF (*Printing Industries of America/Graphic Arts Technical Foundation*)) i Ishihara test. Akutna diskriminacija vida u boji može se izmjeriti pomoću Farnsworth-Munsellovog 100-Hue testa, također dostupnog od PIA/GATF). [56]

U aditivu se proizvode široke raznolikosti boja miješanjem različitih količina crvene, zelene i plave svjetlosti. To se može ilustrirati uporabom tri identična projektora, predmemorijom opremljenom filterom različitih boja (crvena, zelena i plava) i usmjerenom na projekcijsko platno. Opremanje predmemorijskog projektora s promjenjivim otvorom objektiva omogućit će osvjetljenje boje predmemorije u sustavu, moguće je prilagoditi za stvaranje svjetlijih ili tamnijih boja. Preklapajući plavo i zeleno svjetlo i mijenjajući osvjetljenje svakog od svjetala, stvorit će se ostaci cijan boje. Dodavanje crvenog svjetla u sustav i njegovo preklapanje s plavim svjetlom rezultirat će magenta bojama. Preklapanjem crvenog svjetla sa zelenim svjetlom stvorit će se serije žutih boja. Svaka od tri zrake svjetlosti pada pojedinačno na zaslon, i preklapa ostale zrake. [57]

Vizualno su proizvedene boje u skladu s konturama učinjenim primarnim bojama jer mješavina crvenog i zelenog svjetla izgleda žuto pomalo je nevjerojatan rezultat, jer žuta ni na koji način nije svijetla. Ovaj fenomen povezan je s teorijom vida u boji. Tamo gdje je crveno svjetlo i zelene zrake triju projektora se preklapaju, dobiva se bijela boja. Arka zaslona na kojoj nema izravne svjetlosti je crne boje. Ovo ilustrira temeljnu metodu stvaranja aditivnih boja, udruživanjem različitih količina triju boja svjetlosti nastaju različite boje. Svi aditivni sustavi za reprodukciju boja zahtijevaju upotrebu tri boje predstavljene u ovom primjeru: crveno svjetlo, zeleno svjetlo i plavo svjetlo. Učinkovitom kontrolom rada tri projektora, može se proizvesti bilo koja boja. Atributi boja: nijansa, svjetlost i zasićenost-mogu se kontrolirati, a previše su zasićeni da bi se mogli simulirati promjenom količine crvene, zelene i plave svjetlosti koja pada na zaslon (boje koje se ne mogu proizvesti su spektralne boje). [58]

Suptraktivno stvaranje boje, karakterizira miješanje bojila. Iako suptraktivna sinteza uključuje bitno drugačiji princip, takav sustav može proizvesti gotovo isti raspon boja kao i aditivni sustav. Da bi supstraktivni sustav stvaranja boja bio uspješan, bojila moraju biti sposobna kontrolirati crvenu (*R-red*), zelenu (*G-green*) i plavu (*B-blue*) svjetlosnu komponentu bijelog svjetla za gledanje. Kao rezultat, samo tri boje mogu ispuniti ovaj zahtjev: cijan (*C-cyan*), magenta (*M-magenta*) i žuta (*Y-yellow*). Cijan se koristi jer apsorbira crvenu svjetlost i reflektira (ili propušta) plavo i zeleno svjetlo, stvarajući svoj plavo-zeleni izgled. Magenta se koristi jer apsorbira zeleno svjetlo i reflektira (ili propušta) plavo i crveno svjetlo, uzrokujući njegov plavo-crveni izgled. Žuta se koristi jer apsorbira plavu svjetlost i reflektira crvenu i zelenu svjetlost (Slika 44.). [57, 58]



Slika 44. Aditivni i Suptraktivni model boja

Izvor: Sharma, A., Understanding Color Management

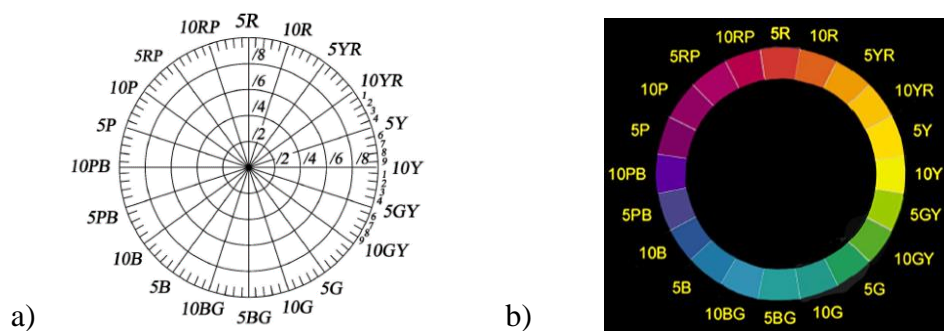
Mnogo godina prije konvencije CIE, oko 1900. godine, Albert H. Munsell, umjetnik, empirijski je pripremio niz karata u boji s gotovo ujednačenim prikazom boja (Munsell, 1905., 1912.). U Munsellovom prostoru boja boje su predstavljene u cilindru s bojama nulte zasićenosti (crna, siva i bijela) uzduž osi cilindra (Slika 45.).

Najniža krajnost osi cilindra odgovara crnoj boji, dok najviša krajnost odgovara bijeloj boji. Položaj duž ove osi, s 10 koraka od do devet, naziva se vrijednost, koja predstavlja percipiranu lakoću koja je nelinearna s osvjetljenjem  $Y$ . Kako bi se objasnila ta nelinearnost, vrijednost je izvorno uzeta kao kvadratni korijen osvjetljenja, iako je kasnije redefiniran kako bi se poboljšao odnos između vrijednosti i osvjetljenja.

Kroma predstavlja stupanj zasićenost boje (relativne količine bijele i spektralno čiste boje određuju zasićenost ili kromu). Povećava se u okomitom smjeru na os, prema rubu cilindra, s vrijednostima od nule do osam, s jednobožnim i ljubičastim bojama oko periferije (ton boje

predstavljen je kutom). Munsellov krug podijeljen je u sljedećih 10 kutnih sektora s kutom od  $36^\circ$ : žuta (Y), žuto-crvena (YR), crvena (R), crveno-ljubičasta (RP), ljubičasta (P), ljubičasto-plava (PB), plava (B), plavo-zelena (BG), zelena (G) i zeleno-žuta (GY).

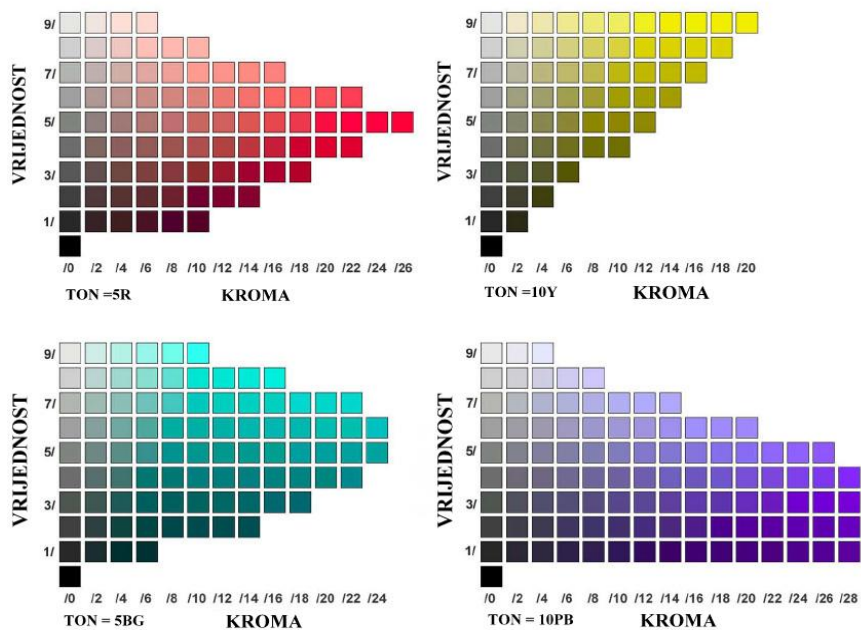
Svaki od ovih sektora podijeljen je u 10 podsektora s kutom od  $3,6^\circ$ . U ovom su sustavu različite boje određene vrijednošću nijanse/boje. 3D prikaz svih boja u Munsellovom prostoru boja formiran je nizom radijalnih ravnina s konstantnom nijansom. Na svakoj radijalnoj ravnini sve boje imaju isti ton, ali s povećanjem kroma prema van od središnje osi, a vrijednost raste s visinom. Sve ravnine nemaju jednak oblik; izboče se prema van za plave i ljubičaste boje pri niskim vrijednostima, a za žute boje pri visokim vrijednostima. Za najnižu vrijednost uzima se samo crna boja, dok bijela predstavlja najvišu. Munsell sustav gotovo je savršeno ujednačen sustav boja, gdje je svaka boja od najbližeg susjeda odvojena jednakim percepcijskim udaljenostima u usporedbi s položajem istih boja na CIE x-y dijagramu (Slika 46.). [58]



Slika 45. a) organizacija boja u Munsellovom krugu s konstantnom vrijednošću,

b) krug Munsellovih boja za zadanu Munsellovu vrijednost.

Izvor: Malacara, D., Color vision and colorimetry: theory and applications



Slika 46. Približni prikaz Munsellovih boja za četiri različite nijanse  
 Izvor: Malacara, D., Color vision and colorimetry: theory and applications

Ton boje je vrsta boje (naziv) ili atribut, koji podrazumijeva vizualnu percepciju koja se odnosi na promatranu površinu određene boje ili vizualnu percepciji dviju suprotnih boja. Izračunava se u stupnjevima. Ima raspon od  $0^\circ$  do  $360^\circ$  i odnosi se na osnovnu boju (Slika 47.). [59]



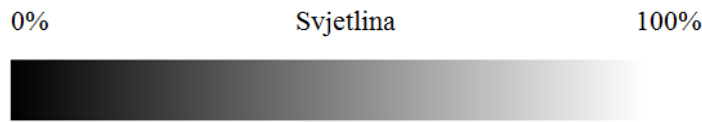
Slika 47. Ton boje

Zasićenje ili čistoća boje (Slika 48.). Zasićenje predstavlja količinu sive boje proporcionalno nijansi, mjerenu kao postotak od 0 (siva) do 100 (potpuno zasićena). [56]



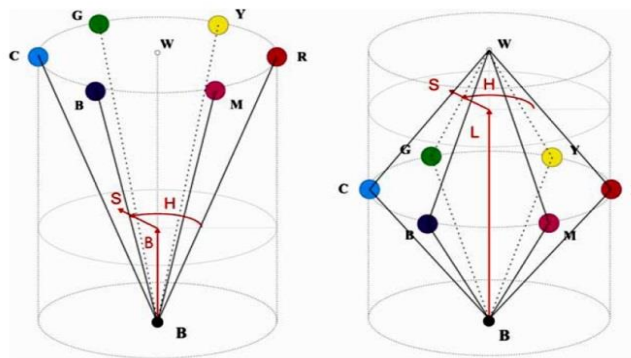
Slika 48. Zasićenje boje

Svjetlina definira koliki se udio crne boje nalazi u nekoj zadanoj boji. To znači koliko je boja svijetla i ima raspon od 0 do 100% (crna do bijela). Ona je također atribut u vizualnoj percepciji koja se definira na temelju odnosa uspoređivanja površina u odnosu na emitiranu površinu ili koliko količinu svjetla reflektira (Slika 49.). [60]



Slika 49. Svjetlina boje

Modeli boja koji ne uzimaju u obzir veličinu svjetline, a omogućuju definiranje boje na osnovi tona koriste se i imaju primjenu u računalnom sustavu nazivaju se HSB i HLS modeli boja. HSB (*Hue, Saturation i Brightness*) model boja postavljen je u krugu, gdje se boje nalaze na udaljenosti od  $120^\circ$ , to su aditivne boje raspoređene R, G i B u obliku trokuta. Njihovim miješanjem nastaju boje koje se nalaze između njih, primarne boje (suptraktivne) C, M i Y. HLS (*Hue, Luminescence i Saturation*) model boja svojom strukturom omogućuje dvostruko povećanu vrijednost svjetline svojim heksagonalnim oblikom (Slika 50.) [61]



Slika 50. HSB i HLS model boja

Izvor: Lilley C., Lin F., Hewitt W. T., Howard T. L. J., Colour in Computer Graphics

CIE predložio je 1976. godine, dva prostora boja, CIELUV i CIELAB, koji za razliku od CIEXYZ sustava proširuju tristimulusnu kolorimetriju na trodimenzionalne prostore s dimenzijama koje su u korelaciji s percipiranom nijansom, svjetlošću i kromom (tj. tri glavna perceptivna svojstva boje). To je postignuto ugrađivanjem elemenata koji objašnjavaju



vizualnu kromatsku prilagodbu i nelinearni vizualni odgovor na svjetlosnu energiju. Izračun nelinearnog vizualnog odgovora osiguralo je vizualnu ujednačenost prostora boja i omogućilo mjerenje vizualno značajnih razlika u boji između dva podražaja u boji, uzimajući euklidske razlike između dviju točaka u tim prostorima. [56]

Izvođenje koordinata boja CIELUV i CIELAB prostora nije različito. Oba prostora koriste zajedničku jednoliku ljestvicu svjetlosti,  $L^*$ , koja u kombinaciji s dvije koordinate boje ( $u^*$  i  $v^*$  za CIELUV ili  $a^*$  i  $b^*$  za CIELAB) daje trodimenzionalni prostor boja. [62, 83]

Prostor boja CIE 1976 ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ), koji se naziva CIELAB (Slika 54.), definiran je normalizacijom vrijednosti tristimulusa,  $X$ ,  $Y$  i  $Z$ , boje na bijelu boju izvora ili osvjetljiivača,  $X_n$ ,  $Y_n$  i  $Z_n$ , a zatim ih podvrgava korijenu kocke. Ovo predstavlja odnos između mjerenja fizičke energije i perceptivnih odgovora za sve razine osvjetljenja, ali vrlo niske razine gdje je odnos linearan:

$$L^* = 116 \left( \frac{Y}{Y_n} \right)^{1/3} - 16 \quad \text{for } \frac{Y}{Y_n} > 0.008856, \quad (2.1)$$

$$= 903.3 \left( \frac{Y}{Y_n} \right) \quad \text{for } \frac{Y}{Y_n} \leq 0.008856,$$

$$a^* = 500 \left[ f \left( \frac{X}{X_n} \right) - f \left( \frac{Y}{Y_n} \right) \right], \quad (2.2)$$

$$b^* = 200 \left[ f \left( \frac{Y}{Y_n} \right) - f \left( \frac{Z}{Z_n} \right) \right], \quad (2.3)$$

Osvjetljenost je predstavljena duž osi  $z$  u kartezijanskom sustavu koordinata, s vrijednostima od nule za crno do 100 za savršeno bijelo tijelo, dok negativna  $a^*$  os predstavlja količinu zelene boje. Pozitivna  $b^*$  os predstavlja količinu žute, a negativna  $b^*$  osi količina plave boje. Maksimalna moguća veličina vrijednosti na tim osima je funkcija osvjetljenja, između +100 i +200 za  $a$  i  $b^*$ . Jednadžbe transformacije korištene za prelazak iz CIE  $x$ ,  $y$ ,  $z$  sustava prema CIE  $L^*$   $a^*$   $b^*$  sustavu. Pozitivna  $a^*$  os predstavlja iznos od  $1/3 L^* = 116 - 16$  za  $> 0.008856$ ,  $= 903,3 < 0,008856$ .

Jednadžba razlike u boji CIELAB je udaljenost u CIELAB dijagramu između referentne boje i izmjerene boje, dana gdje indeks  $ref$  predstavlja referentnu ili ciljanu vrijednost (Slika 51.).

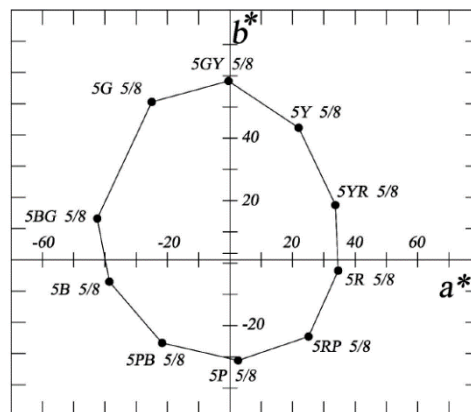
Pozitivna vrijednost  $\Delta L^*$  znači da je izmjerena boja svjetlija od referentne, a negativna vrijednost tamnija od referentne. Pozitivna vrijednost  $\Delta a^*$  znači da je uzorak previše crven, a uzorak prezelen ako je  $\Delta a^*$  „negativan“. Pozitivna vrijednost  $\Delta b^*$  znači da je uzorak previše žut, ili je previše plav ako je  $\Delta b^*$  negativan.

$$\Delta E_{ab}^* = \left[ (\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2} \quad (2.4)$$

$$\Delta L^* = L^* - L_{ref}^*, \quad (2.5)$$

$$\Delta a^* = a^* - a_{ref}^*, \quad (2.6)$$

$$\Delta b^* = b^* - b_{ref}^*, \quad (2.7)$$



Slika 51. Relativno mjesto nekih Munsellovih perceptivno jednako razmaknutih boja u CIELAB ab dijagramu

Izvor: Malacara, D., Color vision and colorimetry: theory and applications

U sustavu CIELCH razlika u kromatičnosti može se zapisati kao referenca, pri čemu pozitivna vrijednost ukazuje na veću kromu od referentne, a negativna vrijednost označava nižu kromu od referentne. Razlika u nijansi ne izračunava se prema kutnoj razlici. Daje se dijelom koji ostaje nakon uzimanja u obzir razlika u svjetlosti i kromaciji, kako je dato u jednadžbi :

$$\Delta C_{ab}^* = C_{ab}^* - C_{abref}^*, \quad (2.8)$$

pri čemu pozitivna vrijednost ukazuje na veću kromu od referentne, a negativna vrijednost označava nižu kromu od referentne. Razlika u nijansi ne izračunava se prema kutnoj razlici. Daje se dijelom koji ostaje nakon uzimanja u obzir razlika u svjetlosti i kromaciji, kako je dato u jednadžbi :

$$\Delta h_{ab}^* = \left[ (\Delta E_{ab}^*)^2 - (\Delta L_{ab}^*)^2 - (\Delta C_{ab}^*)^2 \right]^{1/2}, \quad (2.9)$$

$$\Delta h_{ab}^* = \left[ (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 + (\Delta C_{ab}^*)^2 \right]^{1/2}, \quad (2.10)$$

Godine 1976., konvencija CIE preporučila je prostor boja  $L^*u^*v^*$ , skraćeno CIELUV, za upotrebu u industriji televizije i video prikaza. Ovaj je prostor modifikacija u', v', definiranog sa :

$$L^* = 116f\left(\frac{Y}{Y_n}\right) - 16, \quad (2.11)$$

$$u^* = 13L^*(u' - u_n), \quad (2.12)$$

$$v^* = 13L^*(v' - v_n). \quad (2.13)$$

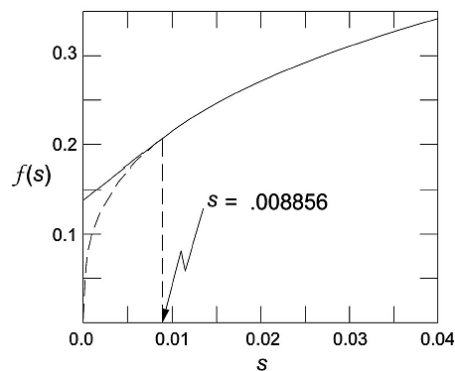
Opažena lakoća L nije linearna s osvjetljenjem Y. Ovdje je definirana nelinearnom kubnom funkcijom korijena.

$$f(s) = 7.787s + \frac{16}{116} \quad \text{for } s \leq 0.008856, \quad (2.14)$$

$$= s^{1/3} \quad \text{for } s > 0.008856.$$

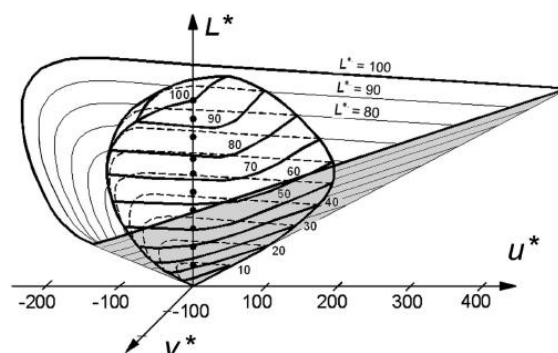
Jednadžba poboljšava izvornu funkciju kvadratnog korijena. Ne postoji vrijednost diskontinuiteta funkcije nagiba točke na kojoj se spajaju obje definicije, kao što je prikazano na slici 52. Vrijednosti  $u_n$  i  $v_n$  su koordinate nominalne bijele boje, koje se mogu izračunati pomoću vrijednosti tristimulusa  $X_n$ ,  $Y_n$  i  $Z_n$  koje odgovaraju savršenom difuzoru kada se osvjetljavaju standardnim osvjetljivačem poput D65. Stoga je standardno mjesto osvjetljenja u dijagramu  $u^*$ ,  $v^*$  uvijek ishodište. Izrazi za koordinate  $u^*$  i  $v^*$  pomnože s vrijednošću

osvjetljenja  $L^*$ . Dakle, na dijagramu  $u^*$ ,  $v^*$  boja s određenom nijansom i kromom nije jedinstveno predstavljena s istim vrijednostima  $u^*$ ,  $v^*$  za sve moguće vrijednosti osvjetljenja. Jedina iznimka su neutralne boje (bijela, siva i crna), koje su na  $u^*=v^*=0$ , jer te koordinatne vrijednosti ovise o vrijednosti  $L^*$ . Međutim, svojstvo da se ravna crta u  $x$ ,  $y$  dijagramu pretvara u ravnu crtu u dijagramu  $u^*$ ,  $v^*$  vrijedi ako je  $L$  konstanta. Skica čvrstog materijala CIE  $L^*u^*v^*$  prikazana je na slici 53. Lokus svih monokromatskih boja za sve moguće vrijednosti osvjetljenja je konus s vrhom u ishodištu, budući da koordinate  $u^*$ ,  $v^*$  množe se s osvjetljenjem. Razlog za ovaj stožasti oblik je taj što se smanjivanjem osvjetljenja razlike u bojama teže uočavaju, tj. MacAdam elipse rastu u veličini  $x$ , pa prema tome sve boje konvergiraju u crnu točku kada jačina postane nula. Ako se jednadžbe transformacije primijene na CIE potkovičasti lokus jednobojnih boja za mnoge vrijednosti osvjetljenja, dobiva se konusna površina s vrhom na crnoj boji nulte jačine. Tada su za minimalnu i maksimalnu vrijednost sjaja-nula i 100, moguće samo akromatske boje (crna i bijela).



Slika 52. Funkcija  $f(s)$  za prostor boja CIE  $L^*u^*v^*$  i CIE  $L^*a^*b^*$

Izvor: Malacara, D., Color vision and colorimetry: theory and applications



Slika 53. CIE, 1976.,  $L^*u^*v^*$  model boja

Izvor: Malacara, D., Color vision and colorimetry: theory and applications

Jednadžba razlike u boji CIELUV je :

$$\Delta E_{uv}^* = \left[ (\Delta L^*)^2 + (\Delta u^*)^2 + (\Delta v^*)^2 \right]^{1/2}, \quad (2.15)$$

$$\Delta L^* = L^* - L_{ref}^*, \quad (2.16)$$

$$\Delta u^* = u^* - u_{ref}^*, \quad (2.17)$$

$$\Delta v^* = v^* - v_{ref}^*, \quad (2.18)$$

indeks *ref* predstavlja referentnu ili ciljanu vrijednost. Pozitivna vrijednost  $\Delta L^*$  znači da je izmjerena boja svjetlija od referentne, a negativna inače. Pozitivna vrijednost  $\Delta u^*$  znači da je uzorak previše crven ili previše zelen ako je negativan. Pozitivna vrijednost  $\Delta v^*$  znači da je uzorak previše žut ili previše plav ako je negativan. Ponekad se umjesto navođenja boje pomoću  $L'$ ,  $u'$  i  $v'$  koriste veličine  $L^*$ ,  $C^*$  i  $h^*$ , pri čemu zasićenje ili boja, je kut nijanse s nultom vrijednošću duž osi  $u$ .

$$C^* = (u^{*2} + v^{*2})^{1/2} \quad (2.19)$$

$$h^* = \arctan \left[ \frac{v^*}{u^*} \right] \quad (2.20)$$

Kolorimetrijska razlika između dvije boje u modelu prostora boja  $L^*$   $a^*$   $b^*$  definira se matematičkom formulom  $\Delta E^*$ :

$$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (2.21)$$

$$\Delta L = L_0 - L_1, \quad \Delta a = a_0 - a_1, \quad \Delta b = b_0 - b_1 \quad (2.22)$$

gdje je veličina  $L_1$ ,  $a_1$  i  $b_1$  – za uspoređivanu boju, a  $L_0$ ,  $a_0$  i  $b_0$  – mjeri se odstupanje referentne boje.

$\Delta E^*$  je prva međunarodno odobrena formula koju je uvela Međunarodna komisija za osvjetljenje (CIE). 1994. godine formula je razrađena i definirana za izradu ISO standarda pod nazivom CIE94 sljedećeg izraza:

$$\Delta E_{94}^* = \sqrt{\left(\frac{\Delta L^*}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C_{ab}^*}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H_{ab}^*}{k_H S_H}\right)^2} \quad (2.23)$$

$$S_L = 1 \quad (2.24)$$

$$S_C = 1 + 0,045 \cdot C_{ab}^* \quad (2.25)$$

$$S_H = 1 + 0,015 \cdot C_{ab}^* \quad (2.26)$$

Godine 2001. prihvaćena je nova formula pod nazivom CIE  $\Delta E_{2000}$ . u svhu poboljšanja razlike akromatskih boja i definiranja razlike boja u plavom dijelu spektra.  $\Delta E_{2000}$  nastala je i temelji se na formuli  $\Delta E_{94}$ . Te ona glasi :

$$\Delta E_{00} = \left[ \left(\frac{\Delta L'}{k_L S_L}\right)^2 + \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C S_C}\right)^2 + \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H S_H}\right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'_{ab}}{k_C S_C}\right) \left(\frac{\Delta H'_{ab}}{k_H S_H}\right) \right]^{0,5} \quad (2.27)$$

gdje je:

$$S_L = 1 + \frac{0,015(\bar{L} - 50)^2}{\left[20 + (\bar{L} - 50)^2\right]^{0,5}} \quad (2.28)$$

$$S_C = 1 + 0,045 \bar{C}'_{ab} \quad (2.29)$$

$$S_H = 1 + 0,015 \bar{C}'_{ab} T \quad (2.30)$$

gdje je:

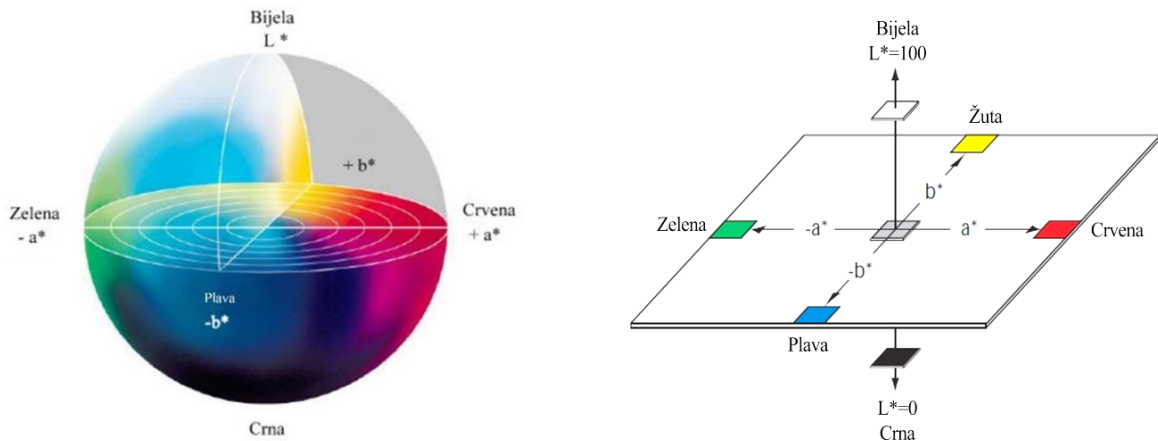
$$T = 1 - 0,17 \cos(\bar{h}'_{ab} - 30^\circ) + 0,24 \cos(2h'_{ab}) + 0,32 \cos(3\bar{h}'_{ab} + 6^\circ) - 0,20 \cos(4\bar{h}'_{ab} - 63^\circ)$$

$$R_T = -\sin(2\Delta\Theta) R_C \quad (2.31)$$

$$\Delta\Theta = 30 \exp\left\{-\left[\frac{\bar{h}'_{ab} - 275^\circ}{25}\right]^2\right\} \quad (2.32)$$

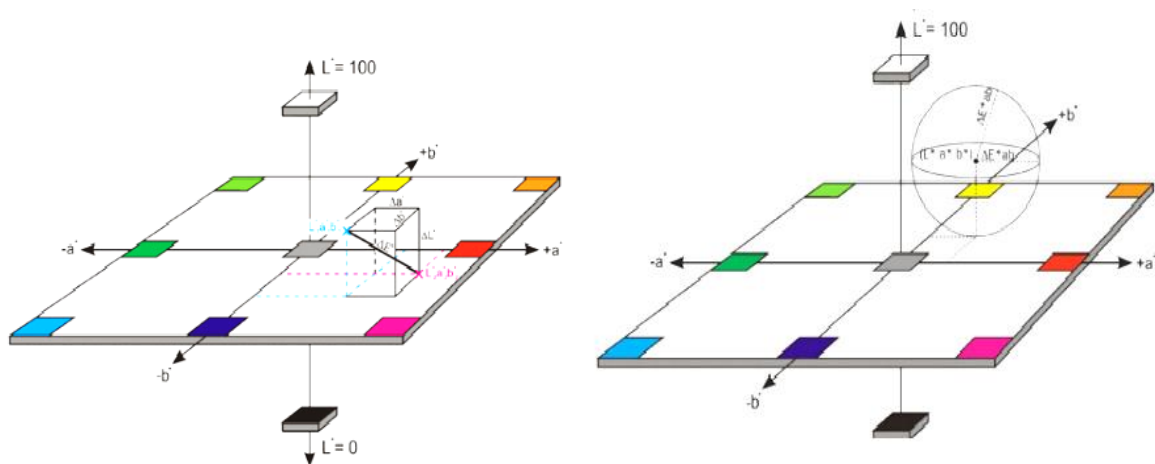
$$R_C = 2 \left(\frac{\bar{C}'_{ab}{}^7}{\bar{C}'_{ab}{}^7 + 25^7}\right)^{0,5} \quad (2.33)$$

Kolorimetrijske razlike kod vizualne procjene sa strane ispitanika - promatrača određuju se vrednovanjem veličine po kriterijima:  $\Delta E^* < 1$  - ne primjećuje se razlika,  $\Delta E^* = (1-2)$  - mala razlika,  $\Delta E^* = (2-3,5)$  - srednja razlika,  $\Delta E^* = (3,5-5)$  - velika razlika,  $\Delta E^* > 6$  - primjećuje se vrlo velika razlika (Slika 55.). [62, 63, 64, 65, 82]



Slika 54. CIE  $L^*a^*b^*$  model boja

Izvor: Sharma, A., Understanding Color Management



Slika 55. Grafička interpretacija razlike u boji i prostora boja koji se razlikuju od uzorka vrijednosti manje od  $\Delta E^*_{ab}$

Izvor: Mokrzycki W.S., i Tatol, M., Colour difference  $\Delta E$  - A survey

## 2.2.4 VIZUALNA PROCJENA FOTOGRAFSKE SLIKE

Vizualna procjena fotografske slike definira se kroz pet tehnika vizualnog ocjenjivanja: memorijsko usuglašavanje, sukcesivno -binokularno - memorijsko usuglašavanje, simultano-binokularno usuglašavanje, simultano-haploskopsko usuglašavanje, sukcesivno-„Gazfeldovo“ -haploskopsko usuglašavanje.

Braun, Fairchild i Alessi 1996. godine objavili opsežnu seriju pokusa usmjerenih na uspoređivanje različitih tehnika gledanja za usporedbu slika u više medija, kao vizualno ocjenjivanje između originala i reprodukcije. Koristeći svaku tehniku gledanja, petnaest promatrača izvelo je psihofizički eksperiment bez kojeg su procijenili koliko se dobro podudaraju reprodukcije CRT-a, proizvedene s pet modela u boji, vidljivost ispisanih izvornih slika osvijetljenih u rasvjetnoj kabini. Odabir najprikladnije tehnike gledanja postignut je ispitivanjem korelacije između tehnika gledanja, osjetljivosti skale svake tehnike gledanja i sklonosti promatrača.

1. Tehnika memorijskog usuglašavanja: promatrač ima zadatak na osnovi memorijskog usklađivanja dati ocjenu originalne i reprodukcijske slike. Razlog tome je što promatrač ne može ponovno vidjeti originalnu sliku, niti u isto vrijeme gledati originalnu sliku i reprodukciju.
2. Tehnika sukcesivno-binokularno-memorijsko usuglašavanje: promatrač ima isti zadatak kao i kod tehnike memorijskog usklađivanja, ocjenu daje na osnovi memoriranja. Razlika od prethodne tehnike je što promatrač ima mogućnost ponovno vidjeti originalnu sliku.
3. Tehnika simultano-binokularno usuglašavanje: u ovoj tehnici ocjenjivanje traje kraće nego kod prethodne dvije tehnike, i daje točnije rezultate, zbog toga što u isto vrijeme promatrač ispred sebe (jednu pored druge) ima originalnu i reprodukcijску sliku.
4. Tehnika simultano-haploskopsko usuglašavanje: u ovoj tehnici promatrač između očiju ima pregradu kako bi istovremeno jednim okom promatrao originalnu sliku, a drugim reprodukcijску sliku.
5. Tehnika sukcesivno „Gazfeldovo“ -haploskopsko usuglašavanje: promatrač ima isti zadatak ocjenjivanja kao i kod tehnike simultano-haploskopsko usuglašavanja, razlika se pojavljuje u tome što originalna i reprodukcijška slika se promatraju odvojeno, ali ne istovremeno-jedno za drugom. [66]

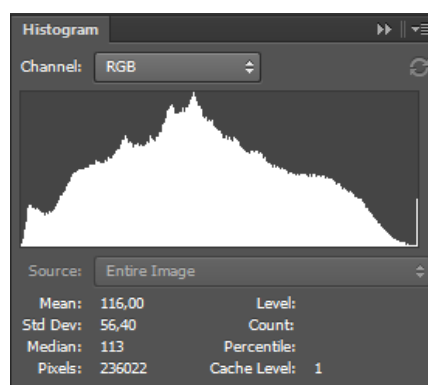


## 2.2.5 HISTOGRAMI DIGITALNOG ZAPISA FOTOGRAFSKE SLIKE

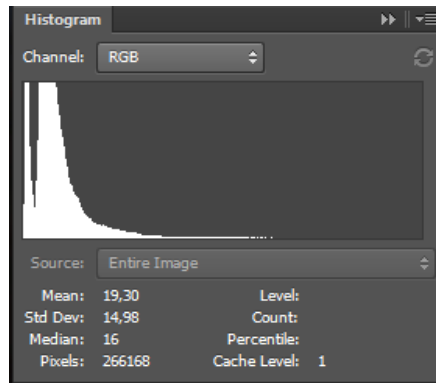
Histogram je najvažniji statistički grafički prikaz digitalne ekspozicije koji prilikom pregledavanja slika na monitoru fotografskog aparata, pruža dodatne informacije o slici. Histogramom se prikazuje procjena raspona intenziteta unutar slike (od najsvjetlijih do najtamnijih). Vrijednost piksela slike uzima vrijednost između 0 (crna boja) i maksimalne vrijednosti 255 (bijela boja) za 8-bitnu sliku. Raspodjela frekvencije u kojem os x predstavlja raspon vrijednosti podataka svjetlost ili intenzitet svjetlosti, a os y predstavlja relativnu količinu svjetlosti u bilo kojem danom intenzitetu, odnosno koliko je tona prisutno na slici. Lijevi rub histograma prikazuje tamna mjesta, a desni rub prikazuje svjetlija mjesta. Histogrami u kojima postoji uski raspon između najtamnijih i najsvjetlijih piksela prikazuju slike s niskim kontrastom. Histogrami dijele se na nekoliko vrsta a to su: RGB histogram, histogram sjaja i zasebni R, G i B histogrami.

RGB histogram je zbrajanje zasebnih vrijednosti R, G i B na način koji ne ovisi o pikselu. Histogram sjaja uzima ponderirani prosjek tonskih vrijednosti crvenog, zelenog i plavog kanala za zadani piksel. Bijela boja nastaje kada svi R, G i B imaju vrijednost 255, dok crna boja nastaje kada svi imaju vrijednost nula.

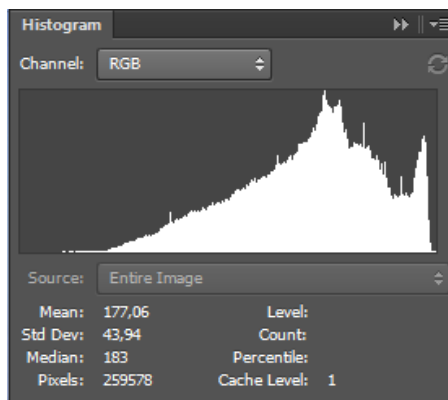
Histogram nam govori kada je slika preeksponirana ili premalo eksponirana te jesu li osvjetljenje i kontrast na slici uravnoteženi (Slika 56., 57., 58., 59.) [67, 68, 69]



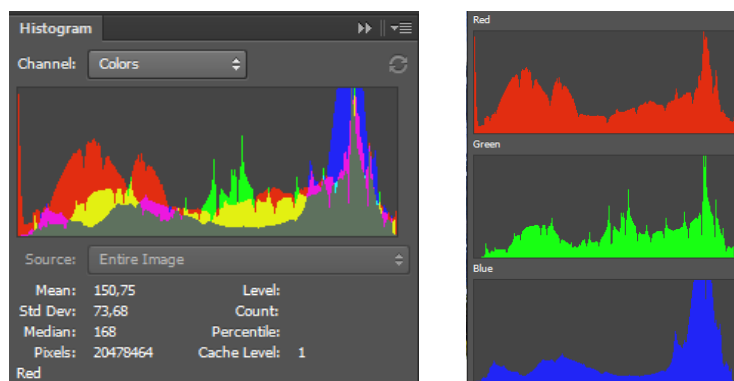
Slika 56. Histogram slike koja prikazuje puno detalja u cijelom tonalnom rasponu



Slika 57. Histogram slike s prirodno tamnim tonalnim karakteristikama



Slika 58. Histogram visokokvalitetne slike sa svijetlim tonovima



Slika 59. RGB histogram

## 2.2.6 FAKTORI SLIČNOSTI DIGITALNOG ZAPISA

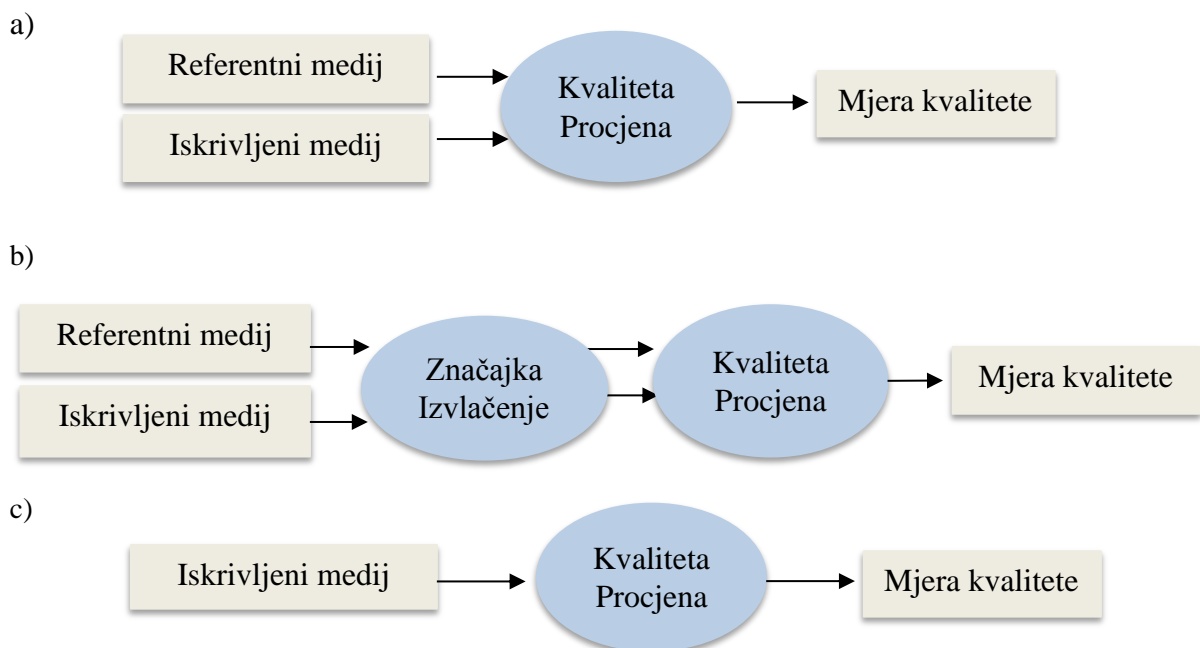
Kvaliteta slike obično se procjenjuje pomoću mjernih podataka s ciljem uspoređivanja mjera strukturne i značajke sličnosti između obnovljenih i izvornih objekata na osnovi percepcije. Kvaliteta slike može se opisati tehnički i objektivno kako bi se ukazalo na odstupanje od idealnog ili referentnog modela. Također se odnosi na subjektivnu percepciju ili predviđanje slike. Percepcija vizualne kvalitete slike uvjetovana je ljudskim vizualnim sustavom. Vizualne informacije mogu sadržavati brojne korake poput akvizicije, poboljšanja, kompresije ili prijenosa. Neke informacije koje pružaju značajke slike mogu se deformirati nakon završetka obrade. Zbog toga bi kvalitetu trebao procjenjivati perceptom ljudskog pogleda. [70]

Kvaliteta slike može se mjeriti objektivnim ili subjektivnim metodama. Objektivne metode mogu se temeljiti na ispitnim ciljevima ili algoritmima. Metode algoritma mogu se klasificirati kao mjere kvalitete pune reference FR (*Full-Reference*), nerefereentne NR (*No-Reference*), i reducirane reference RR (*Reduced-Reference*). Ova se klasifikacija odnosi na dostupnost referentnih slika. [71]

FR (*Full-Reference*), mjerni podaci primjenjivi su za aplikacije kao što su filtriranje ili kompresija gdje je izvorna slika obrađena, a izlaz se ne razlikuje po temama mjerila, rotacije ili geometrijskog izobličenja. Pristupi usredotočeni su na procjenu kvalitete testne slike u usporedbi s referentnom slikom. Ova referentna slika smatra se slikom savršene kvalitete. Primjerice, izvorna se slika uspoređuje sa JPEG komprimiranom slikom. Unutar ove metode postoje nekoliko modela faktora sličnosti kao što su: PSNR (*Peak Signal to Noise Ratio*)-usporedba transformirane slike i originala za najbolju ocjenu vizualne kompresije slike, MSE (*Mean Squared Error*)-srednja kvadratna pogreška, pogreška je razlika između procjenitelja i procijenjenog ishoda. To je funkcija rizika s obzirom na očekivanu vrijednost kvadratnog gubitka pogreške ili kvadratnog gubitka, SSIM (*Structural Similarity Index*)-model indeksa strukturne sličnosti zasnovan je na percepciji. U ovom se modelu degradacija slike smatra promjenom percepcije u strukturnim informacijama. Također, uzima u obzir i neke druge važne činjenice temeljene na percepciji, poput maskiranja osvjetljenja, kontrastnog maskiranja. Izraz strukturne informacije naglašava snažno međusobno ovisne piksele ili prostorno zatvorene piksele. Ovi jako ovisni pikseli upućuju na neke važnije informacije o vizualnim objektima u domeni slike. Granice prihvatljivosti unutar SSIM-a su između 0 i 1. Nula znači da nema sličnosti između ispitane slike i originala, a jedan nam daje rezultat da između slika nema razlike, slike su potpuno iste. [72, 73]

NR (*No-Reference*) često se koristi za mjerenje pojedinog artefakta, mjerni podaci o kvaliteti slike također su kategorizirani za mjerenje određene vrste degradacije, poput blokade, zamućenosti. U ovoj se metodi ne koristi referentna slika. NR mjerni podaci primjenjivi su samo kada je vrsta izobličenja poznata, a prostor izobličenja je niskodimenzionalan. Mnogi mjerni podaci NR oštine zrnatost ili šum tumače kao rubove ili neku drugu strukturu slike (NR metode često su vrlo specifične za slikovni sadržaj). [74]

RR (*Reduced-Reference*) metoda pruža kompromis između NR i FR metoda. RR metoda ne zahtijeva puni pristup referentnoj slici, potreban joj je samo skup izdvojenih značajki. Pomoću RR značajki moguće je izbjeći probleme povezane s ovisnošću o sadržaju slike i višedimenzionalnim prostorom izobličenja. RR metoda može biti nepromjenjiva prema mjerilu, orijentaciji ili geometrijskim razlikama (Slika 60.). [75]



Slika 60. Pregled (a) Potpuno referentne metode FR, (b) Smanjene reference RR, (c) Bezreferentna metoda NR.

### 2.2.7 DINAMIČKI RASPON I EKSPOZICIJA

Digitalni zapis fotografske slike dobiva se izlaganjem senzora fotografskog aparata, svjetlu tijekom određenog razdoblja vremena, koje se naziva vrijeme izlaganja. Tijekom vremena eksponiranja senzor nastavlja prikupljati naboj. Ukupni prikupljeni električni naboj pretvara se u digitalne vrijednosti svjetline.

Osnovne informacije pohranjene u digitalnoj slici su ekspozicija piksela, odnosno integral upadnog zračenja na vrijeme izlaganja. Način kontrole ekspozicije je mijenjanjem vremena ekspozicije, odnosno mijenjanjem ukupnog vremena koje senzor neprestano sakuplja, ali mogu biti i drugi parametri fotografskog aparata kontrolirano radi mijenjanja izloženosti na različite načine: upravljanje otvorom leće; promjena osjetljivosti filma/senzora (ISO); pomoću filtera neutralne gustoće; modulirajući intenzitet izvora svjetlosti.

Dinamički raspon je omjer između maksimalne i minimalne fizičke mjere. Njegova definicija ovisi o tome na što se odnosi dinamički raspon. Za scenu je dinamički raspon omjer između najsvjetlijih i najtamnijih dijelova scene. Za fotografski aparat je dinamički raspon omjer zasićenja i šuma. Optimalna ekspozicija ovisi o odnosu između raspona osvijetljenosti predmeta i dinamičkog raspona fotografskog aparata, sadržaju scene i namjerama fotografa, kako bi se utvrdilo koja su područja scene najvažnija na slici i zahtijevaju optimalnu reprodukciju tona, moguće na štetu drugih područja.

Dinamički raspon senzora, prije analogno-digitalne pretvorbe, definiran omjerom između kapaciteta pune jažice piksela (razine zasićenja ili maksimalnog broja elektrona koje piksel može zarobiti) i dna šuma (minimalno punjenje uočljivo iznad buke senzora). Kapacitet pune bušotine povezan je s veličinom piksela, što znači da će senzori s većim pikselima (na primjer, digitalnom SLRS-u u usporedbi s kompaktnim fotografskim aparatima) imati veći kapacitet, a time i veći potencijalni dinamički raspon. Pod šuma ovisi o tipu senzora i vrlo je varijabilan. Grubost kvantizacije analogno-digitalne pretvorbe ograničavajući je faktor u dinamičkom rasponu. Preciznost pretvarača definira maksimalni broj razina koje se mogu reproducirati, a time i teoretski maksimalni dinamički raspon bez ograničenja buke.

U nerenderiranoj RAW datoteci može se primijeniti 10-, 12- ili 14-bitni zapis. Kako se broj razina dodijeljenih svakom sljedećem zaustavljanju/zoni povećava od prethodne za faktor 2, maksimalni broj predstavljenih zaustavljanja i korisni dinamički raspon manji su od dubine bita kvantizera u praksi. [76, 77]

Budući da dinamički raspon mnogih scena premašuje raspoloživost kamere, potrebno je izložiti scenu tako da su važne informacije pravilno izložene, što može značiti žrtvovanje nekih detalja na bilo kojem kraju tonskog raspona. Treba imati na umu da dinamički raspon senzora neće biti u potpunosti iskorišten na prikazanoj slici. JPEG slike, ograničene su na 8 bita. Nerenderirani RAW podaci mogu zadržati veći dio dinamičkog raspona senzora, dopuštajući neke prilagodbe izloženosti u fazi naknadne obrade prije nego što se slika generira na 8 ili 16 bita. To se postiže kao rezultat određivanja elemenata ekspozicije i naknadne obrade, bez isijecanja istaknutih dijelova jer je isijecanje isticanja vizualno problematičnije od izrezivanja sjene. Jednostavne metode automatske ekspozicije ne mogu odrediti što je važno u pogledu sadržaja scene. Stoga je za određene vrste scena presudno mjerenje određenih zona slike ili upotreba sofisticiranih programiranih načina ekspozicije presudno za postizanje zadovoljavajućih rezultata. Slika visokog dinamičkog dometa (HDR slika) pruža potencijalno rješenje problema senzora niskog dinamičkog dometa. [78, 79]

### **3. EKSPERIMENTALNI DIO**

#### **3.1 METODOLOGIJA**

Eksperimentalni dio definiran je nakon osnovne analize preliminarnog istraživanja i rezultata eksperimenta, te je podijeljen na istraživanja vizualnih uspoređivanjima kreiranih originala i obradom degradiranih originala fotografskih slika te mjernog određivanja ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma, sposobnosti razdvajanja linija i faktora sličnosti kao pokazatelja njihovih deskriptivnih karakteristika. Na temelju postavljenih hipoteza i problema cilj je objektivizirati vizualnu procjenu prihvatljivosti degradacije originala fotografske slike povezivanjem vizualnih uspoređivanja i mjernih karakteristika kako bi se osigurao odabir fotografskih slika, koje prenose željene informacije. Istraživanja su podjeljena u dva dijela i provode se temeljem vizualnih i mjernih metoda u sedam faza.

Vizualnom metodom utvrđuju se uspoređivanja fotografskih slika ciljano snimljenih digitalnim fotografskim aparatom i obrađenih te definiranih kao originali. Obradom tako dobivenih originala te mjerenja provedenih na Adobe Camera Raw tablici boja, ISO 12233 tablici i digitalnim zapisima promatranih fotografskih slika, vizualni se dio istraživanja provodi s dvije skupine ispitanika-ekspertima i konzumentima, korištenjem simultanog i memorijskog usklađivanja.

Mjernim se metodama određuju ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma digitalnih zapisa i faktora sličnosti kao pokazatelja deskriptivnih karakteristika fotografske slike-boja, tonskih vrijednosti i oštine zapisa.

Tijek istraživanja sadrži: opis korištenih materijala, opreme, strukture ispitanika, okvirni plan i tijek istraživanja.

Eksperimentalni dio objedinjuje istraživačke aktivnosti vezane uz statističke analize i konačnih podataka dobivenih istraživanjima te rasprave i zaključaka istog.

### 3.2 PLAN ISTRAŽIVANJA

Istraživanja se provode temeljem vizualnih metoda uspoređivanja fotografskih slika ciljano snimljenih digitalnim fotografskim aparatom i obrađenih te definiranih kao originali i obradom tako dobivenih originala te mjerenja provedenih na Adobe Camera Raw tablici boja, ISO 12233 tablici i digitalnim zapisima promatranih fotografskih slika. Mjernim se metodama određuju ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma digitalnih zapisa i faktora sličnosti kao pokazatelja deskriptivnih karakteristika fotografske slike-boja, tonkih vrijednosti i oštine zapisa. Vizualni se dio istraživanja provodi s dvije skupine ispitanika-ekspertima i ispitanicima konzumentima, korištenjem simultanog i memorijskog usklađivanja. Istraživanje je podijeljeno u sedam faza:

U prvoj fazi, kako bi se dobile referentne fotografske slike-originali, fotografske slike različitih motiva i sintaktičko-semantičkih karakteristika se snimaju digitalnim fotografskim aparatom leica formata Canon 5DS R uz maksimalnu rezoluciju snimanja (50 MP) u Adobe RGB prostoru boja uz ispravan bijeli balans za izmjerenu temperaturu svjetla, ispravnu ekspoziciju određenu TTL sustavom fotografskog aparata i standardno zasićenje pri snimanju. Sve se fotografije snimaju uz osjetljivost 100/21 ISO te pohranjuju u najfinijem JPEG zapisu. Dobiveni digitalni zapisi fotografskih slika se učitavaju u Adobe PhotoShop 2020 program, uz percepcijsko renderiranje i prebacuju iz Adobe RGB u reproducibilni sRGB prostor boja i pohranjuju u najvećoj finoći JPEG zapis.

U drugoj se fazi fotografske slike definirane kao originali obrađuju kako bi im se promijenile boje, tonske vrijednosti te oština fotografske slike. Kako bi se promijenile tonske vrijednosti i boje, obradom digitalnih zapisa u programu Adobe PhotoShop 2020 se simulira promjena ekspozicije u koraku +/- 1/3 otvora objektiva, zasićenje uz korak promjene +/- 5 te vrijednosti plavog, zelenog i crvenog kanala zapisa s korakom promjene +/- 3%. Degradacija oštine fotografskih slika se postiže uz korak promjene 10 i pohranjivanjem originala u manjim finoćama JPEG zapisa (High, Medium, Low).

Rasponi promjena se definiraju vizualnom procjenom, direktnom usporedbom s originalom, do promjene kada se fotografska slika procjenjuje kao neprihvatljiva u odnosu na original. Pri obradi digitalnih zapisa fotografskih slika te pri njihovoj procjeni se koriste kalibrirani monitori uz standardne uvjete promatranja.



U trećoj fazi se obrađuje Adobe Camera Raw tablica boja i ISO 12233 tablica. Nakon što se tablica boja učitava u program Adobe PhotoShop 2020, digitalnom se zapisu simulira promjena ekspozicije, mijenja zasićenje i vrijednosti plavog, zelenog i crvenog kanala zapisa. Koraci i rasponi promjena su isti kao i u drugoj fazi istraživanja.

ISO 12233 tablici se degradira oština uz korak promjene 10 te pohranjivanjem u manjim finoćama JPEG zapisa (High, Medium, Low).

Četvrta faza istraživanja se provodi vizualnim procjenama prihvatljivosti fotografskih slika koju provode eksperti-stručnjaci iz područja primjene fotografije. Ekspertne procjene fotografskih slika se provode simultanim i memorijskim usklađivanjem originala i fotografskih slika dobivenih obradom kojom se simuliraju degradacije u informacijama u području boja, tonских vrijednosti i oštine.

U petoj se fazi provode vizualne procjene degradacija informacija promjenama tehničkih karakteristika digitalnih zapisa u odnosu na originalne fotografske slike, kao što je rađeno u drugoj fazi.

Ova se faza istraživanja provodi s ispitanicima-konzumentima koji nemaju direktno iskustvo u području primjene fotografije, ali imaju interes prema vizualnim komunikacijama, memorijskim usklađivanjem.

Svi ispitanici su ispitani Ishihara testom raspoznavanja boja. Ova se faza istraživanja provodi metodom memorijskog usklađivanja uz korištenje Likertove ljestvice za procjenu usklađenosti s originalom.

Šesta faza istraživanja obuhvaća primjenu mjernih metoda određivanja CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrijednosti, ukupne razlike boja delta E 2000, dinamičkog raspona, sposobnosti razdvajanja linija, vrijednosti histograma digitalnih zapisa i faktora sličnosti originala i degradiranih fotografskih slika.

Temeljem izmjerenih CIE  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrijednosti, određuju se ukupne promjene boja (delta E 2000) za Adobe Camera Raw tablicu boja za standardne boje fotografskih motiva, primarne i sekundarne boje aditivne izgradnje boja te promjene svjetline i kromatičnosti pojedinih boja.

Mjerenjem vrijednosti akromatskih boja Adobe Camera Raw tablice, određuju se promjene dinamičkog raspona.

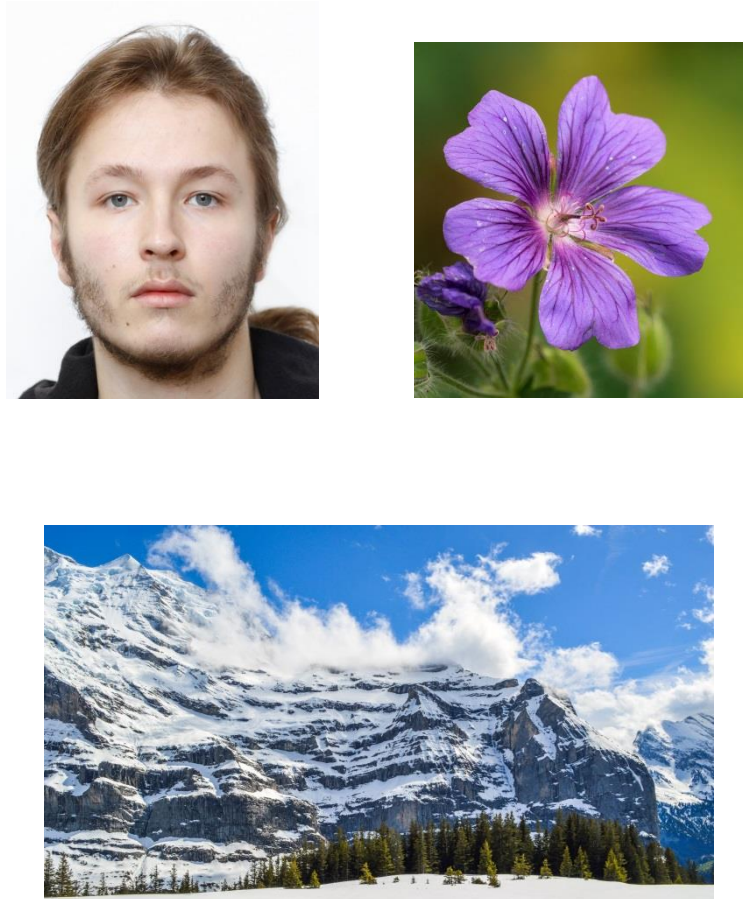
Pomoću ISO 12233 tablice boja se određuju promjene u sposobnosti razdvajanja linija izražene kao LPH i LPW vrijednosti. Određuju se vrijednosti histograma promatranih fotografskih slika te faktori sličnosti Full Reference (FR) metodom.

U sedmoj se fazi istraživanja utvrđuje povezanost rezultata vizualnih procjena i mjernih istraživanja deskriptivnom analizom i primjenom odgovarajuće statističke metodologije.

Sintezom rezultata pojedinih faza istraživanja te analizom prethodnih istraživanja povezuju se vizualne procjene degradacije originala fotografskih slika i tehničke karakteristike tih fotografskih slika sa ciljem objektivizacije vizualne prihvatljivosti fotografskih slika kao primarne metode odabira čime se osigurava prijenos željenih informacija te ponovljivost izbora.

### **3.3 SNIMANJE I OBRADA TESTNIH UZORAKA**

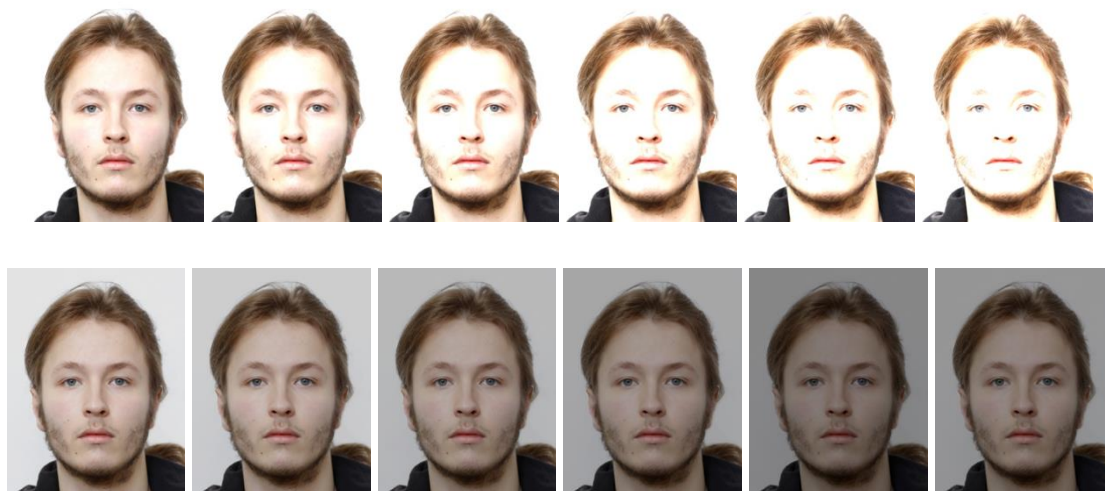
Za potrebe eksperimenta, snimljeni su realni fotografski motivi-biometrijski portret, makrofotografska slika, i slika zimski pejzaž s karakterističnim bijelim površinama i bojom plavog neba (Slika 61.). Referentne fotografske slike-originali snimljeni su digitalnim fotografskim aparatom leica formata Canon 5DS R, s maksimalnom razlučijom snimanja od 50 MP u Adobe RGB prostoru boja s ispravnom ravnotežom bijele za izmjerena temperatura svjetlosti, ispravna ekspozicija određena sustavom TTL fotografskog aparata i standardna zasićenost boja. Korišten je Canon RF 50 mm f/1,2 L USM objektiv (portret), objektiv Tamaron Canon 90 mm f /2.8 AF SP DI, Macro 1:1 VC USD (makrofotografsku sliku), Canon Zoom objektiv 70-200 mm f/2.8 USM EF-L (pejzaž). Sve fotografske slike snimljene su s osjetljivošću od 100/21 ISO i pohranjene u najfiniju JPEG datoteku najveće finoće i razlučivosti od 300 dpi. Rasvjeta koja se koristila za karakteristični standardni izvor svjetlosti-Haiser reflektor Kaiser 1000, JN-600 Kingpa AC Studio Strobe, Softbox, Godox 304 studijski tronožac, i svjetiljka halogena, Redhead CTR-800H continual light s dimmerom postavljena je u pravcu fotografskog aparata. Svjetlo je mjereno TTL sustavom fotografskog aparata segmentarnim mjerenjem svjetlosti na standardnu boju. Sljedeći su elementi ekspozicije navedeni za snimanje: otvor objektiva 2,8, vrijeme eksponiranja 1/60s.



Slika 61. Snimljeni realni fotografski motivi: a) portret b) makrofografija c) pejzaž

Snimljene fotografske slike učitane su u računalo Lenovo X1 Carbon 8th Generation Intel® Core™ procesor i5-8365U, pomoću čitača memorijskih kartica-Lexar u RAW formatu, u program Adobe PhotoShop 2020, kako bi se zadržale razlike u percepciji za sve boje s perceptivnim prikazom i prenijeli iz Adobe RGB u ponovljivi sRGB prostor boje i pohranili u najvećoj finoći JPEG zapisa. Sve su fotografije definirane uz dubinu 8 bitova po kanalu odnosno 24 bita za kolor fotografiju. Fotmat i rezolucija fotografskih slika definirani su i iznose 18x24 cm u JPEG formatu najveće finoće zapisa 300dpi. Dobivene su fotografske slike pohranjene u najvećoj finoći zapisa definirane kao originali te je za njih simulirana promjena ekspozicije u koraku 1/3 otvora objektiva u rasponu +/- 2 otvora objektiva i zasićenje +/- 30 na skali od -100 do +100 uz korak promjene 5. Oštrina fotografskih slika je degradirana do vrijednosti 50 na skali od 0 do 100 uz korak promjene 10 kao što je prikazano na slikama 62.,

63., 64. Na isti način degradacije su simulirane i za ostale testne uzorke (realne motive): pejzaž i makroforografiju.



Slika 62. Promjena ekspozicije u koraku 1/3 otvora objektiva u rasponu +/- 2 otvora objektiva za portret

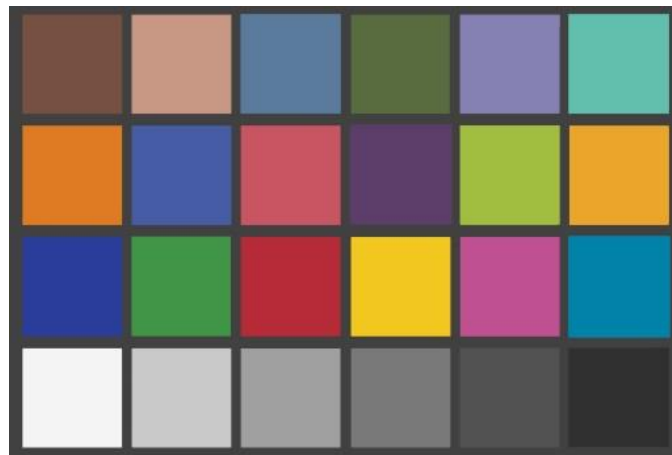


Slika 63. Promjena zasićenja u korak promjene +/- 30 na skali od -100 do+100 uz korak promjene 5 za portret



Slika 64. Oštrina fotografskih slika degradirana do vrijednosti 50 na skali od 0 do 100 uz korak promjene 10 za portret

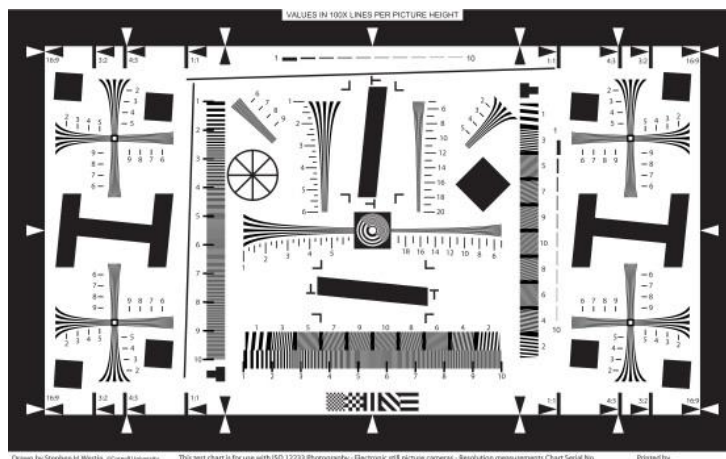
Snimljeni i obrađeni testni uzorci definirani kao originali, obradom tako dobivenih originala provedena su mjerna istraživanja koja obuhvaćaju mjernu metodu određivanja CIE L\* a\* b\* vrijednosti. Temeljem izmjerenih CIE L\* a\* b\* vrijednosti, određuju se ukupne promjene boja  $\Delta E_{00}$  za Adobe Camera Raw tablicu boja za standardne boje fotografskih motiva, primarne i sekundarne boje aditivne izgradnje boja te promjene svjetline i kromatičnosti pojedinih boja, simulacijom ekspozicije u koraku 1/3 otvora objektiva u rasponu +/- 2 otvora objektiva te zasićenje +/- 30 na skali od -100 do +100 uz korak promjene 5 (Slika 65.).



Slika 65. Adobe Camera Raw tablica boja

Mjerenjem vrijednosti akromatskih boja Adobe Camera Raw tablice, određene su promjene dinamičkog raspona, a pomoću ISO 12233 karte određene su promjene u sposobnosti

razdvajanja linija kao debljina po visini izražene kao LW/PH (*Line Widths/Picture Height*) vrijednosti koja se izražava u vodoravnom i okomitom smjeru. Vrijednosti histograma promatranih fotografskih slika te faktori sličnosti određeni su Full Reference (FR) metodom (Slika 66.).



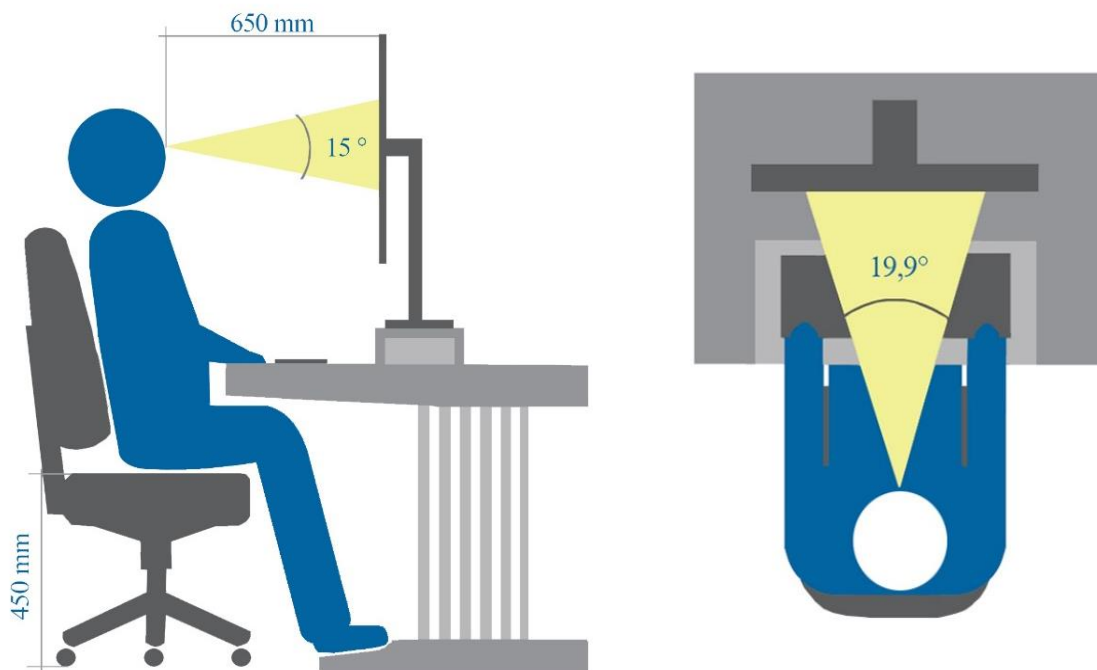
Slika 66. ISO 12233 tablica

### 3.4 VIZUALNA ANALIZA I ISPITANICI

Vizualna analiza eksperimentalnog dijela provodi se sa užom i širom skupinom ispitanika. Uža skupina sastoji se od eksperata-stručnjaka iz područja primjene fotografije. Ekspertne procjene fotografskih slika su provedene simultanim i memorijskim usklađivanjem originala i fotografskih slika. U ekspertnoj skupini sudjelovalo je 5 eksperata: 3 muške osobe, 2 ženske osobe u dobi od 31-40 godina. Te široj skupini ispitanika, konzumentima koji nemaju direktno iskustvo u području primjene fotografije, ali imaju interes prema vizualnim komunikacijama, memorijskim usklađivanjem. Šira skupina konzumenata sastojala se od 50 ispitanika: 21 muška osoba, 29 ženskih osoba u dobi od 18-50 godina (18-20 godina (10 muški, 10 ženski = 20); 21-30 godina (11 muški, 13 ženski = 24); 31-40 godina: (5 žena); 41-50 godina: (1 žena)). Prije pristupanja eksperimentu svi ispitanici prošli su Ishihara test za provjeru defektnosti vida, a eksperimentalnom ispitivanju pristupili samo oni ispitanici koji su imali sto postotni rezultat pri testiranju. Eksperiment je izveden isključivo po definiranim ambijentalnim uvjetima promatranja za grafičku tehnologiju i profesionalnu fotografiju

(propisanim normama/standardima ISO, 3664: 2009; ISO, 12646: 2015, ISO, 9241-305: 2008; ISO, 9241-305: 2008).

Eksperiment se izvodio u tamnoj zamračenoj prostoriji sa potpuno zatamnjenim prozorima bez dodatnog osvjetljenja. Udaljenost ispitanika od ekrana bila je 650 mm, a ispitanici sjedili su na podesivoj stolici koja je bila na visini 450 mm (od poda), tako da su svi sudionici, bez obzira na visinu tijela, sjedili na jednakoj visini i imali oči okomite na zaslon. Kut gledanja bio je u okomitom smjeru  $15^\circ$ , u vodoravnom  $19,9^\circ$ . Veličina zaslona iznosila je 759 x 436 mm, te rezolucija 2560 x 1440 piksela. Svaki od ispitanika ispunjavao je anketni upitnik uz korištenje Likertove ljestvice za procjenu usklađenosti s originalom, a sastojao se od ocjena: 1) u potpunosti neprihvatljiva, 2) neprihvatljiva, 3) prihvatljiva, 4) u potpunosti prihvatljiva (Slika 67).



Slika 67. Slikovni prikaz položaja ispitanika

### 3.5 KORIŠTENI UREĐAJI

U eksperimentalnom dijelu rada za snimanje korišten je digitalni fotografski aparat leica formata Canon EOS 5DS R , objektiv, rasvjetna tijela (reflektori) tehničkih karakteristika:

Tablica 3. Tehničke karakteristike Digitalnog fotografskog aparata Canon EOS 5DS R

<b>FOTOGRAFSKI APARAT: Canon EOS 5DS R</b>	
Slikovni Senzor	Tip - 36 x 24 mm CMOS
Ukupno piksela	Pribl. 53 megapiksela , Omjer - 3:2
Procesor slike	Tip : Dvostruki "DIGIC 6"
Izoštavanje	Tip : TTL-CT-SIR s namjenskim CMOS senzorom AF sustav/točke : 61 točka / 41 f/4 križne AF točke, uključujući i 5 dvostrukih križnih točaka pri f/2,8 i 1 križnu točku pri f/8 (broj križnih AF točaka razlikuje se ovisno o objektivu). Radni domet automatskog izoštravanja - EV -2 – 18 (pri 20 °C i ISO100)
Kontrola ekspozicije	za RGB+IR mjerenje sa 150 000 piksela OS iSA sustav s mjerenjem u
Načini mjerenja	252 zone
Senzor	Opseg mjerenja EV 0 - 20 (pri 23 °C s objektivom od 50 mm f/1,4 pri osjetljivosti ISO 100) Kompenzacija ekspozicije +/-5 ekspozicija u pomacima od 1/3 ili 1/2 koraka (moguće kombinirati s AEB-om). AEB 2, 3, 5 ili 7 snimaka +/-3 EV u koracima od 1/3 ili 1/2 ISO osjetljivost - 100 – 6400 (po 1/3 koraka ili cijeli korak) ISO se može povećati na L: 50 ili H1: 12 800
Zatvarač	Tip - Elektronički kontrolirani zatvarač u žarišnoj ravnini
Brzina	30 - 1/8000 s (u koracima od 1/2 ili 1/3 EV), Bulb (Ukupni raspon vremena ekspozicije. Dostupan raspon ovisi o načinu snimanja)
Tražilo	Tip – Pentaprizma
LCD zaslon	Tip - Clear View II TFT dijagonale 8,11 cm (3,2 inča), pribl. 1 040 000, Pokrivenost - Pribl. 100%



Bljeskalica	E-TTL II automatska bljeskalica, ručno mjerenje X-sync 1/200 s
Vrsta datoteke - Vrsta fotografije - JPEG:	2 opcije za komprimiranje (sukladno s Exif 2.3) / Design rule za sustav Camera File (2.0), RAW: RAW, M-RAW, S-RAW (14-bitni, izvorno RAW 2 izdanje tvrtke Canon), Digital Print Order Format [DPOF] sukladan s verzijom 1.1 RAW+JPEG simultano snimanje
	Veličina fotografije - JPEG: Puni kadar – (L) 8688 x 5792, (M1) 7680 x 5120, (M2) 5760 x 3840, (S1) 4320 x 2880, (S2) 1920 x 1280, (S3) 720 x 480 RAW: (RAW) 8688 x 5792, (M-RAW) 6480 x 4320, (S-RAW) 4320 x 2880



Slika 68. Digitalni fotografski aparat leica formata Canon EOS 5DS R

## KORIŠTENI OBJEKTIVI

Tablica 4. Tehničke karakteristike objektiva Tamaron Canon 90 mm

<b>OBJEKTIV Tamaron Canon 90 MM , F / 2.8 AF SP DI , Macro 1:1 VC USD</b>	
Žarišna duljina	90 mm
Veličina filtera	58 mm
Raspon otvora objektiva	2.8-32
Uvećanje	1:1
Vidni kut	17°37' - 27°02'
Dužina	114,5 mm - 122,9 mm
Promjer	76,48 mm
Težina	550 g



Slika 69. Tamaron Canon 90 Mm , f / 2.8 AF SP Di , Macro 1:1 VC USD

Tablica 5. Tehničke karakteristike objektiva Canon RF 50mm

<b>OBJEKTIV Canon RF 50MM F / 1.2 L USM</b>	
Žarišna daljina	50 mm
Veličina filtera	77 mm
Raspon otvora objektiva	1,2-16
Uvećanje	0,40m - 0,19x
Vidni kut	40°, 27°, 46°
Dužina	108 mm
Promjer	77 mm
Težina	950 g



Slika 70. Canon objektiv RF, f / 1.2 L USM

Tablica 6. Tehničke karakteristike objektiva Canon Zoom 70-200 Mm

<b>OBJEKTIV Canon zoom 70-200MM, F / 2.8 USM EF-L</b>	
Žarišna daljina	70-200 mm
Veličina filtera	77 mm
Raspon otvora objektiva	2.8-32
Uvećanje	0,17 (200mm)
Vidljivi kut:	29°-10°, 19°30' - 7°, 34°-12°
Dužina	193.6 mm
Promjer	84.6 mm
Težina	1310 g



Slika 71. Canon zoom objektiv 70-200 mm, f / 2.8 USM EF-L

## KORIŠTENA RASVJETA

Tablica 7. Tehničke karakteristike studijske rasvjete JN-600 Kingpa, Softbox, Godox 304

<b>JN-600 Kingpa AC Studio Strobe, Softbox, Godox 304 studijski tronožac</b>	
Okidanje	Kabel za sinkronizaciju, IC ili bežični odašiljač
Recikliranje	LED ili zvučni ton
Korisnička promjenjiva cijev bljeskalice	Kondenzatori, bljeskalice ugrađeni u stabilizacijski krug kako bi se osigurao stabilan i precizan izlaz bljeskalice
Ventilator hlađen	hlađen
Lampa za modeliranje	250 vata halogena
Temperatura boje	5600 k
Napon okidača	4,3 volta
Radni napon	220 V / 50 HZ
Veličina	365 x 120 x 210 mm
Težina	2,5 kg



Slika 72. JN-600 Kingpa AC Studio Strobe, Softbox, Godox 304 studijski tronožac

Tablica 8. Tehničke karakteristike studijske rasvjete Redhead CTR-800H

<b>SVJETILJKA HALOGENA, Redhead CTR-800H continual light s dimmerom</b>	
Halogena svjetiljka	otvorene konstrukcije, za studijske fotografije
Stalno svjetlo	CTR 800 W
Boja temperatura	3200 K
kontrolni izlaz	kontinuiranu, uz prigušivanje
Barn vrata	sa stezaljkama za distributere i filtera
Veličina	310x260x260 mm



Slika 73. Svjetiljka halogena, Redhead CTR-800H continual light s dimmerom

Tablica 9. Tehničke karakteristike studijske rasvjete Kaiser Videolight 6 1000 W 93304

<b>SVJETILJKA HALOGENA, Kaiser Videolight 6 1000 W 93304</b>	
Halogena žarulja	1000 W, 3400 K
Osigurač	F 6,3 A
Težina	približno 1300 g
Dimenzije (s preklopljenom ručkom):	približno 100 x 140 x 190 mm
Visina s ručkom	približno 250 mm



Slika 74. Svjetiljka halogena, Kaiser Videolight 6 1000 W 93304

## RAČUNALO

Tablica 10. Tehničke karakteristike računala Lenovo X1 Carbon 8th Generation Intel

<b>LENOVO X1 CARBON 8TH GENERATION INTEL® Core™ i5-8365U Processor with vPro™ (1.60 GHz, up to 4.10 GHz with Turbo Boost, 4 Cores, 8 Threads, 6 MB Cache) 16 GB LPDDR3 2133MHz (Soldered)</b>	
Procesor -10 gen. Intel ® Core ™ i5-10210U	1.60 GHz, do 4,20 GHz s Turbo Boost, 4 jezgre, 8 Konac, 6 MB cache)
Operacijski sustav	Linux Fedora, Windows 10 Početna, Windows 10
Prikaz	14,0 "FHD (1920 x 1080) IPS, anti-odsjaj, male snage, 400 nita
Memorija	16 GB LPDDR3 2133 MHz
Grafika	Integrirana Intel ® UHD grafika

Dimenzije	323 mm x 217 mm x 14,9 mm / 12,71 "x 8,54"x0,59 "
Težina	1,09 kg



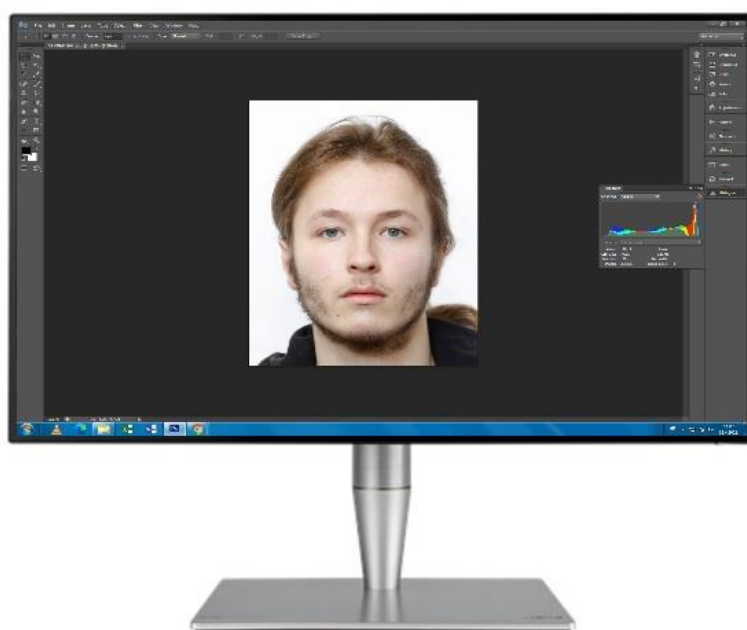
Slika 75. Računalo Lenovo X1 Carbon 8th Generation Intel® Core™ i5-8365U

## MONITOR

Tablica 11. Tehničke karakteristike monitora ASUS PA27AC

<b>Asus PA27AC 27" WQHD 2560x1440 HDR-10 100% sRGB TB3 DP 1.2 HDMI 2.0a ProArt Monitor with Eye Care</b>	
Zaslon rezolucije	27 inča WQHD (2560 x 1440)
HDR -10	podržava svjetlinu do 400 nita za bogate i detaljne kontraste
Tvornički je unaprijed kalibriran	za izvanrednu točnost boja (DeltaE<2) sa 100% sRGB i Rec. 709 prikaz u boji
ASUS ProArt™	kalibracije s 14-bitnom tablicom za provjeru (LUT) i sposobnošću kompenzacije jednolikosti
Veličina ploča	Wide Screen 27.0" (68.47cm) 16: 9
Zasićenost boja	100% sRGB

Prikaz Pregled prostoru	608,6 x 348,3 mm (HxV)
Kut gledanja (CR $\geq$ 10)	178 ° (H) / 178 ° (V)
Preciznost boje	$\Delta E < 2$
Gama podešavanje	Da (Podržava gama 1,8 / 2,0 / 2,2 / 2,4 / 2,6)
Podešavanje boje	R, G, B, C, M, Y
Dimenzija ŠxVxD	759 x 436 x 297 mm
Težina	11,5 kg



Slika 76. ASUS PA27AC, HDR profesionalni monitor

#### 4. REZULTATI

Rezultati mjerenja  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrijednosti i ukupne razlike boja  $\Delta E_{00}$  u odnosu na Adobe Camera Raw tablicu boja za standardne boje uz simulaciju ekspozicije i zasićenja prikazani su u tablicama od 13 do 24.

Tablica 12.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  vrijednosti originalne Adobe Camera Raw standardne tablice boja

	<b>NAZIV BOJE</b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>
1.	<b>TAMNA KOŽA</b>	38	15	16
2.	<b>SVIJETLA KOŽA</b>	67	17	18
3.	<b>PLAVO NEBO</b>	50	-5	-22
4.	<b>LIŠĆE</b>	43	-14	22
5.	<b>PLAVI CVIJET</b>	56	9	-25
6.	<b>PLAVKASTO ZELENA</b>	71	-32	0
7.	<b>NARANČA</b>	62	35	61
8.	<b>PURPURNO PLAVA</b>	40	9	-43
9.	<b>UMJERENO CRVENA</b>	52	48	17
10.	<b>LJUBIČICA</b>	31	21	-21
11.	<b>ŽUTOZELENA</b>	73	-23	57
12.	<b>NARANČASTOŽUTA</b>	73	19	68
13.	<b>PLAVA</b>	29	19	-54
14.	<b>ZELENA</b>	55	-39	33
15.	<b>CRVENA</b>	42	56	29
16.	<b>ŽUTA</b>	82	5	78
17.	<b>MAGENTA</b>	51	50	-13
18.	<b>CIJAN</b>	50	-28	-29
19.	<b>BIJELA</b>	96	0	0
20.	<b>NEUTRALNA 8</b>	81	0	0
21.	<b>NEUTRALNA 6.5</b>	66	0	0
22.	<b>NEUTRALNA 5</b>	51	0	0
23.	<b>NEUTRALNA 3.5</b>	35	0	0
24.	<b>CRNA</b>	20	0	0



Tablica 13. L\*, a\*, b\* i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +0,33, +0,66

NAZIV BOJE	+0,33				+0,66			
	L*	a*	b*	$\Delta E_{00}$	L*	a*	b*	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	42	16	18	6,1435	47	17	20	10,9469
2. SVIJETLA KOŽA	74	18	19	5,4258	81	20	21	10,5264
3. PLAVO NEBO	55	-5	-24	4,9881	61	-6	-26	10,5282
4. LIŠĆE	48	-14	24	4,8865	53	-16	27	10,1651
5. PLAVI CVIJET	61	11	-29	4,8238	68	12	-31	10,584
6. PLAVKASTO ZELENA	78	-35	1	5,3208	86	-38	1	10,8224
7. NARANČA	68	39	66	5,1805	73	35	68	9,1076
8. PURPURNO PLAVA	44	10	-47	3,8297	49	11	-51	8,7995
9. UMJERENO CRVENA	57	52	18	4,9282	63	56	20	10,3266
10. LJUBIČICA	35	22	-23	3,3748	39	25	-24	6,9003
11. ŽUTOZELENA	81	-26	63	5,9718	88	-27	67	10,6698
12. NARANČASTOŽUTA	80	19	73	5,2147	85	9	76	10,9684
13. PLAVA	33	21	-60	3,5885	36	23	-65	6,3324
14. ZELENA	60	-42	35	4,6851	67	-47	39	10,7909
15. CRVENA	47	61	32	4,9264	51	66	35	9,1758
16. ŽUTA	89	0	83	5,561	95	-11	87	12,2311
17. MAGENTA	56	56	-15	5,1776	62	60	-16	10,597
18. CIJAN	55	-21	-33	5,0485	61	-23	-35	10,5512
19. BIJELA	100	0	0	2,3298	100	0	0	2,3298
20. NEUTRALNA 8	89	0	0	5,2605	97	0	0	10,119
21. NEUTRALNA 6.5	73	0	0	5,4471	80	0	0	10,4582
22. NEUTRALNA 5	56	0	0	4,8433	62	0	0	10,1821
23. NEUTRALNA 3.5	39	0	0	3,3773	43	0	0	6,9393
24. CRNA	22	0	0	1,3987	25	0	0	3,5533
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>4,6555</b>				<b>9,3168</b>

Tablica 14.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +1, +1,33

NAZIV BOJE	+1				+1,33			
	L	a*	b*	$\Delta E_{00}$	L	a*	b*	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	52	18	21	15,9959	57	20	22	21,4744
2. SVIJETLA KOŽA	87	14	20	14,626	93	5	18	20,965
3. PLAVO NEBO	67	-8	-28	15,6975	74	-7	-31	20,9502
4. LIŠĆE	58	-18	30	15,4614	64	-19	31	20,7921
5. PLAVI CVIJET	74	13	-33	15,1796	81	11	-28	19,7351
6. PLAVKASTO ZELENA	93	-39	-2	15,2063	94	-32	-10	16,9038
7. NARANČA	77	26	70	13,775	81	17	72	19,2365
8. PURPURNO PLAVA	54	12	-55	14,1089	60	13	-60	20,6056
9. UMJERENO CRVENA	67	55	17	13,482	69	50	12	15,1509
10. LJUBIČICA	43	26	-27	10,6172	47	29	-29	14,5546
11. ŽUTOZELENA	96	-27	72	15,68	98	-18	71	17,3168
12. NARANČASTOŽUTA	90	-2	78	17,7498	97	-13	83	25,1129
13. PLAVA	40	25	-70	9,9088	44	28	-77	13,787
14. ZELENA	74	-51	42	16,265	81	-55	46	21,3182
15. CRVENA	57	72	38	15,5995	58	72	35	16,5257
16. ŽUTA	98	-15	88	14,8825	98	-15	87	14,8908
17. MAGENTA	67	63	-19	14,8259	70	60	-28	17,7061
18. CIJAN	67	-24	-39	15,6568	74	-27	-40	20,967
19. BIJELA	100	0	0	2,3298	100	0	0	2,3298
20. NEUTRALNA 8	100	0	0	11,8466	100	0	0	11,8466
21. NEUTRALNA 6.5	87	0	0	15,0867	96	0	0	20,5446
22. NEUTRALNA 5	68	0	0	15,0585	75	0	0	20,2635
23. NEUTRALNA 3.5	47	0	0	10,7057	52	0	0	15,736
24. CRNA	28	0	0	5,7789	31	0	0	8,0792
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>13,5635</b>				<b>17,3663</b>

Tablica 15.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +1,66, +2

NAZIV BOJE	+1,66				+2			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	63	22	25	28,3845	70	25	27	34,9773
2. SVIJETLA KOŽA	99	-3	15	29,3529	99	0	3	27,5835
3. PLAVO NEBO	81	-10	-29	25,8107	88	-16	-18	31,0063
4. LIŠĆE	70	-21	35	25,6842	78	-23	38	31,3883
5. PLAVI CVIJET	88	7	-17	24,5939	96	4	-5	31,4959
6. PLAVKASTO ZELENA	94	-28	-9	16,8739	95	-22	-7	17,6523
7. NARANČA	86	7	74	25,8261	92	-4	77	33,2539
8. PURPURNO PLAVA	65	8	-54	25,1101	70	2	-46	29,0473
9. UMJERENO CRVENA	72	45	8	17,7704	76	38	3	21,4895
10. LJUBIČICA	52	31	-31	19,6126	58	35	-35	26,3582
11. ŽUTOZELENA	98	-13	68	17,9109	98	-13	63	17,5618
12. NARANČASTOŽUTA	98	-15	81	26,2582	98	-14	78	25,8497
13. PLAVA	49	29	-81	18,5725	52	23	-75	21,4759
14. ZELENA	89	-59	50	26,5633	91	-57	46	27,5255
15. CRVENA	60	70	31	18,3694	61	68	26	19,4341
16. ŽUTA	98	-16	86	15,2729	98	-15	84	14,935
17. MAGENTA	73	57	-35	20,7835	76	51	-35	23,0048
18. CIJAN	80	-36	-31	25,6751	88	-47	-19	32,9356
19. BIJELA	100	0	0	2,3298	100	0	0	2,3298
20. NEUTRALNA 8	100	0	0	11,8466	100	0	0	11,8466
21. NEUTRALNA 6.5	100	0	0	22,8109	100	0	0	22,8109
22. NEUTRALNA 5	82	0	0	25,0226	100	0	0	35,5911
23. NEUTRALNA 3.5	57	0	0	21,1538	90	0	0	46,7472
24. CRNA	34	0	0	10,4582	64	0	0	39,8282
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>20,9186</b>				<b>26,0886</b>

Tablica 16. L\*, a\*, b\* i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: -0,33, -0,66

NAZIV BOJE	<b>-0,33</b>				<b>-0,66</b>			
	L*	a*	b*	$\Delta E_{00}$	L*	a*	b*	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	34	13	15	1,6593	31	11	14	4,4125
2. SVIJETLA KOŽA	61	15	16	5,2054	55	14	16	10,604
3. PLAVO NEBO	45	-5	-20	5,0006	41	-5	-19	8,7099
4. LIŠĆE	39	-12	20	3,855	35	-12	19	7,1615
5. PLAVI CVIJET	50	9	-24	5,889	46	8	-22	10,0846
6. PLAVKASTO ZELENA	65	-30	0	4,8298	59	-27	-1	10,1407
7. NARANČA	57	32	56	4,6594	51	29	52	10,5587
8. PURPURNO PLAVA	36	8	-39	3,6694	33	7	-36	6,2781
9. UMJERENO CRVENA	47	44	16	5,1637	42	40	14	10,1385
10. LJUBIČICA	28	19	-19	2,6317	25	18	-18	4,9283
11. ŽUTOZELENA	66	-22	52	5,6423	60	-19	48	10,8565
12. NARANČASTOŽUTA	67	18	63	4,8134	61	17	58	9,9783
13. PLAVA	26	18	-50	2,6554	23	16	-47	4,8476
14. ZELENA	50	-35	30	5,1564	46	-33	27	9,4027
15. CRVENA	38	52	27	3,7164	34	48	24	7,3349
16. ŽUTA	75	6	72	5,1748	68	5	67	10,5534
17. MAGENTA	46	47	-13	5,0572	42	43	-12	9,0054
18. CIJAN	45	-19	-27	5,066	41	-18	-24	8,9665
19. BIJELA	88	0	0	4,9187	80	0	0	10,2165
20. NEUTRALNA 8	74	0	0	4,9746	67	0	0	10,3404
21. NEUTRALNA 6.5	60	0	0	5,0659	54	0	0	10,5547
22. NEUTRALNA 5	46	0	0	4,9645	42	0	0	8,7179
23. NEUTRALNA 3.5	31	0	0	3,2087	28	0	0	5,513
24. CRNA	18	0	0	1,3696	16	0	0	2,7112
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>4,3478</b>				<b>8,4173</b>

Tablica 17.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: -1, -1,33

	NAZIV BOJE	<b>-1</b>				<b>-1,33</b>			
		<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b><math>\Delta E_{00}</math></b>	<b>L*</b>	<b>a*</b>	<b>b*</b>	<b><math>\Delta E_{00}</math></b>
1.	TAMNA KOŽA	28	12	12	6,1911	25	10	11	8,8262
2.	SVIJETLA KOŽA	50	13	14	15,5731	45	12	13	20,8808
3.	PLAVO NEBO	37	-4	-17	12,3258	33	-3	-16	15,7039
4.	LIŠĆE	32	-11	18	9,687	29	-9	17	12,3065
5.	PLAVI CVIJET	41	8	-20	15,1587	37	6	-18	18,7659
6.	PLAVKASTO ZELENA	53	-24	0	15,8327	48	-23	-1	20,8124
7.	NARANČA	47	28	47	14,9031	42	25	44	20,4572
8.	PURPURNO PLAVA	29	6	-32	9,7156	26	7	-31	12,2476
9.	UMJERENO CRVENA	39	38	12	12,963	35	33	12	16,6362
10.	LJUBIČICA	23	16	-15	7,0442	20	15	-14	9,2347
11.	ŽUTOZELENA	55	-18	44	15,5331	50	-17	41	20,4501
12.	NARANČASTOŽUTA	55	15	53	15,5386	50	14	49	20,5017
13.	PLAVA	21	14	-42	6,8265	18	13	-39	9,1472
14.	ZELENA	41	-30	25	14,3923	37	-28	23	18,0223
15.	CRVENA	31	44	21	10,1389	27	40	19	13,4811
16.	ŽUTA	62	4	61	15,6642	56	4	56	21,0791
17.	MAGENTA	37	40	-11	13,4699	34	36	-10	16,2231
18.	CIJAN	37	-16	-23	12,4759	33	-16	-21	15,8169
19.	BIJELA	73	0	0	15,1995	66	0	0	20,5446
20.	NEUTRALNA 8	61	0	0	15,2895	55	0	0	20,6017
21.	NEUTRALNA 6.5	49	0	0	15,5021	44	0	0	20,8353
22.	NEUTRALNA 5	37	0	0	13,0577	34	0	0	15,5021
23.	NEUTRALNA 3.5	25	0	0	7,7353	23	0	0	9,1737
24.	CRNA	14	0	0	4,0255	12	0	0	5,3133
<b>Prosječna vrijednost :</b>					<b>12,2601</b>				<b>15,9401</b>

Tablica 18.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: -1,66, -2

	NAZIV BOJE	<b>-1,66</b>				<b>-2</b>			
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1.	TAMNA KOŽA	22	10	10	10,9102	20	9	8	12,8051
2.	SVIJETLA KOŽA	41	12	11	25,44	37	9	11	30,3093
3.	PLAVO NEBO	30	-3	-14	18,1852	27	-3	-13	20,471
4.	LIŠĆE	26	-8	15	14,8078	23	-8	14	16,9504
5.	PLAVI CVIJET	34	7	-18	21,1832	30	6	-16	24,3908
6.	PLAVKASTO ZELENA	44	-22	0	25,068	40	-20	0	29,7115
7.	NARANČA	38	23	40	24,9125	34	21	37	28,754
8.	PURPURNO PLAVA	14	6	-28	20,3054	21	5	-26	16,1097
9.	UMJERENO CRVENA	31	32	11	19,7691	28	28	10	22,4186
10.	LJUBIČICA	18	13	-13	11,0072	16	13	-12	12,3618
11.	ŽUTOZELENA	45	-16	37	25,8041	40	-14	35	31,42
12.	NARANČASTOŽUTA	45	13	45	25,8201	41	12	41	30,4334
13.	PLAVA	16	12	-36	10,8745	14	11	-33	12,6141
14.	ZELENA	33	-26	22	21,3362	30	-24	19	23,9245
15.	CRVENA	24	37	18	15,8758	21	34	16	18,3248
16.	ŽUTA	51	3	52	25,8882	46	3	48	31,0036
17.	MAGENTA	30	34	-10	19,4075	27	31	-9	21,8854
18.	CIJAN	30	-14	-20	18,2729	26	-13	-18	21,4006
19.	BIJELA	60	0	0	25,4463	54	0	0	30,6762
20.	NEUTRALNA 8	50	0	0	25,3395	45	0	0	30,3953
21.	NEUTRALNA 6.5	40	0	0	25,3641	36	0	0	29,9021
22.	NEUTRALNA 5	31	0	0	17,8429	27	0	0	20,818
23.	NEUTRALNA 3.5	20	0	0	11,2695	18	0	0	12,6273
24.	CRNA	10	0	0	6,5756	9	0	0	7,1974
<b>Prosječna vrijednost :</b>		<b>19,4460</b>				<b>22,3710</b>			

Tablica 19.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +5, +10

NAZIV BOJE	+5				+10			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	38	14	17	2,8134	38	16	18	2,7763
2. SVIJETLA KOŽA	67	18	19	0,6815	67	18	20	1,1113
3. PLAVO NEBO	50	-5	-23	0,4473	50	-5	-25	1,2945
4. LIŠĆE	44	-14	23	1,0675	44	-15	25	1,7253
5. PLAVI CVIJET	55	10	-27	1,3027	55	12	-29	2,0507
6. PLAVKASTO ZELENA	72	-33	0	0,8644	73	-35	1	2,0402
7. NARANČA	63	38	63	1,4832	63	40	66	2,0828
8. PURPURNO PLAVA	40	10	-44	0,3606	39	11	-48	1,5055
9. UMJERENO CRVENA	52	50	17	0,679	52	52	21	2,009
10. LJUBIČICA	31	21	-22	0,6044	31	23	-23	1,1899
11. ŽUTOZELENA	74	-25	60	1,2407	75	-25	62	2,0252
12. NARANČASTOŽUTA	74	21	70	1,2645	75	23	73	2,496
13. PLAVA	28	20	-56	0,907	28	23	-60	1,6004
14. ZELENA	55	-40	34	0,4269	56	-42	36	1,5692
15. CRVENA	42	58	31	0,8337	43	60	34	2,2156
16. ŽUTA	83	7	80	1,3573	85	7	83	2,4758
17. MAGENTA	51	52	-14	0,6829	51	56	-14	1,7673
18. CIJAN	50	-20	-30	0	50	-20	-30	0
19. BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20. NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21. NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22. NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23. NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24. CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>0,7090</b>				<b>1,3306</b>

Tablica 20.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +15, +20

	NAZIV BOJE	+15				+20			
		$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1.	TAMNA KOŽA	38	16	18	2,7763	38	19	20	3,7497
2.	SVIJETLA KOŽA	67	18	20	1,1113	67	21	22	2,5805
3.	PLAVO NEBO	50	-5	-25	1,2945	50	-6	-26	1,9907
4.	LIŠĆE	44	-15	25	1,7253	44	-16	28	2,97
5.	PLAVI CVIJET	55	12	-29	2,0507	54	13	-32	3,4841
6.	PLAVKASTO ZELENA	73	-35	1	2,0402	74	-39	1	3,5815
7.	NARANČA	63	40	66	2,0828	65	45	71	4,4318
8.	PURPURNO PLAVA	39	11	-48	1,5055	38	14	-53	2,7642
9.	UMJERENO CRVENA	52	52	21	2,009	52	58	24	3,7081
10.	LJUBIČICA	31	23	-23	1,1899	30	26	-25	2,7196
11.	ŽUTOZELENA	75	-25	62	2,0252	78	-28	67	4,5908
12.	NARANČASTOŽUTA	75	23	73	2,496	77	25	77	4,1965
13.	PLAVA	28	23	-60	1,6004	27	28	-66	3,2973
14.	ZELENA	56	-42	36	1,5692	58	46	40	55,8648
15.	CRVENA	43	60	34	2,2156	44	65	40	4,6156
16.	ŽUTA	85	7	83	2,4758	85	7	83	2,4758
17.	MAGENTA	51	56	-14	1,7673	51	60	-15	2,876
18.	CIJAN	50	-20	-30	0	50	-20	-30	0
19.	BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20.	NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21.	NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22.	NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23.	NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24.	CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>					<b>1,3306</b>				<b>4,5790</b>



Tablica 21.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +25, +30

NAZIV BOJE	+25				+30			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	38	19	22	4,2809	39	21	23	5,4596
2. SVIJETLA KOŽA	67	23	25	4,0209	67	24	27	4,8766
3. PLAVO NEBO	50	-7	-28	3,1333	50	-6	-30	3,4509
4. LIŠĆE	45	-18	30	4,2317	46	-18	31	5,0316
5. PLAVI CVIJET	53	14	-34	4,6577	53	15	-37	5,5857
6. PLAVKASTO ZELENA	75	-40	1	4,3295	77	-43	2	6,1567
7. NARANČA	66	48	74	5,7052	66	49	74	5,978
8. PURPURNO PLAVA	37	16	-56	3,7489	37	17	-59	4,2443
9. UMJERENO CRVENA	52	61	27	4,9723	53	65	29	6,0702
10. LJUBIČICA	30	27	-26	3,2229	30	29	-29	4,4525
11. ŽUTOZELENA	79	-29	70	5,5797	81	-30	73	7,0956
12. NARANČASTOŽUTA	77	25	77	4,1965	77	25	77	4,1965
13. PLAVA	26	31	-71	4,5334	26	35	-75	5,5055
14. ZELENA	59	-48	43	5,2746	60	-50	45	6,3995
15. CRVENA	45	67	45	6,6321	46	69	49	8,2655
16. ŽUTA	85	7	83	2,4758	85	7	83	2,4758
17. MAGENTA	51	63	-15	3,6577	51	67	-14	4,7029
18. CIJAN	50	-20	-30	0	50	-20	-30	0
19. BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20. NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21. NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22. NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23. NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24. CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>3,1105</b>				<b>3,7478</b>

Tablica 22.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -5, -10

NAZIV BOJE	<b>-5</b>				<b>-10</b>			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	38	14	16	2,6391	38	13	15	2,9012
2. SVIJETLA KOŽA	67	16	17	0,7092	67	15	15	1,8522
3. PLAVO NEBO	50	-5	-21	0,4643	50	-5	-20	0,9466
4. LIŠĆE	43	-13	21	0,7131	43	-13	21	0,7131
5. PLAVI CVIJET	56	9	-25	0	56	9	-24	0,6473
6. PLAVKASTO ZELENA	71	-31	-1	0,8025	70	-30	0	1,1471
7. NARANČA	61	34	59	1,0212	61	32	56	1,6842
8. PURPURNO PLAVA	41	9	-41	1,3027	41	8	-39	1,5919
9. UMJERENO CRVENA	52	46	15	1,0666	52	44	15	1,4303
10. LJUBIČICA	32	20	-19	1,3388	32	19	-19	1,4914
11. ŽUTOZELENA	72	-22	55	0,9665	71	-22	52	2,1094
12. NARANČASTOŽUTA	72	19	65	1,1495	71	18	62	2,1691
13. PLAVA	29	18	-52	0,505	30	17	-50	1,2774
14. ZELENA	55	-38	31	0,7688	54	-36	31	1,4814
15. CRVENA	42	55	26	1,3814	42	52	24	2,1914
16. ŽUTA	81	5	76	0,818	80	5	73	1,7882
17. MAGENTA	51	49	14	13,444	51	46	-13	1,2949
18. CIJAN	49	-19	-30	1,129	48	-19	-28	2,1725
19. BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20. NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21. NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22. NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23. NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24. CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>1,2591</b>				<b>1,2037</b>

Tablica 23.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -15, -20

NAZIV BOJE	<b>-15</b>				<b>-20</b>			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	39	12	13	4,1614	38	12	12	3,7773
2. SVIJETLA KOŽA	67	14	15	2,2198	67	12	14	3,62
3. PLAVO NEBO	50	-4	-19	1,7486	50	-4	-18	2,1895
4. LIŠĆE	42	-12	19	1,991	42	-12	-18	29,1109
5. PLAVI CVIJET	57	8	-22	1,7907	58	7	-21	2,7054
6. PLAVKASTO ZELENA	69	-28	-1	2,4372	69	-27	-1	2,7893
7. NARANČA	60	30	53	2,9587	60	28	51	3,6507
8. PURPURNO PLAVA	41	7	-36	2,393	42	5	-34	2,8297
9. UMJERENO CRVENA	52	42	13	2,485	53	39	12	3,6296
10. LJUBIČICA	32	17	-17	2,7371	32	17	-16	3,117
11. ŽUTOZELENA	70	-21	50	3,0712	69	-20	48	4,0711
12. NARANČASTOŽUTA	70	16	60	3,1628	70	15	57	3,8035
13. PLAVA	30	15	-48	1,6338	31	13	-44	2,8774
14. ZELENA	54	-34	28	2,4585	53	-32	26	3,7664
15. CRVENA	41	50	23	2,8392	42	47	21	3,7466
16. ŽUTA	78	4	70	3,3466	77	3	67	4,4235
17. MAGENTA	51	44	-12	1,9211	51	42	-13	2,6688
18. CIJAN	47	-19	-26	3,4141	46	-19	-25	4,4809
19. BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20. NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21. NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22. NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23. NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24. CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>1,9487</b>				<b>3,6357</b>

Tablica 24.  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  i  $\Delta E_{00}$  vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -25, -30

NAZIV BOJE	<b>-25</b>				<b>-30</b>			
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$\Delta E_{00}$
1. TAMNA KOŽA	38	11	12	4,1656	38	10	11	4,9395
2. SVIJETLA KOŽA	67	12	14	3,62	67	11	13	4,4852
3. PLAVO NEBO	50	-4	-17	2,6686	51	-4	-15	3,8495
4. LIŠĆE	41	-11	18	3,1151	41	-10	17	3,8067
5. PLAVI CVIJET	58	8	-19	3,9472	58	7	-18	4,242
6. PLAVKASTO ZELENA	68	-26	0	3,5537	67	-23	-1	5,2811
7. NARANČA	59	26	48	4,9857	59	25	44	5,9148
8. PURPURNO PLAVA	42	6	-32	4,0904	43	5	-31	4,5037
9. UMJERENO CRVENA	53	36	12	4,4679	53	34	10	5,5377
10. LJUBIČICA	32	16	-16	3,428	32	15	-15	4,1544
11. ŽUTOZELENA	68	-18	44	5,5745	67	-17	43	6,4323
12. NARANČASTOŽUTA	69	14	54	4,9795	68	13	51	6,1892
13. PLAVA	32	12	-42	3,7577	32	10	-39	4,3298
14. ZELENA	52	-31	25	4,7365	52	-29	23	5,5911
15. CRVENA	41	45	19	4,8397	41	42	16	6,4116
16. ŽUTA	75	3	64	6,002	75	2	61	6,5697
17. MAGENTA	51	39	-12	3,6709	51	36	-11	4,7601
18. CIJAN	46	-19	-24	4,7159	45	-19	-23	5,7803
19. BIJELA	96	0	0	0	96	0	0	0
20. NEUTRALNA 8	81	0	0	0	81	0	0	0
21. NEUTRALNA 6.5	66	0	0	0	66	0	0	0
22. NEUTRALNA 5	51	0	0	0	51	0	0	0
23. NEUTRALNA 3.5	35	0	0	0	35	0	0	0
24. CRNA	20	0	0	0	20	0	0	0
<b>Prosječna vrijednost :</b>				<b>3,1799</b>				<b>3,8657</b>

U tablicama 25. i 26. su prikazane sposobnosti razdvajanja linija smanjenjem oštine i finoće JPEG zapisa

Tablica 25. Promjene sposobnosti razdvajanja linija smanjenjem oštine uz korak promjene: 10, 20, 30, 40, 50

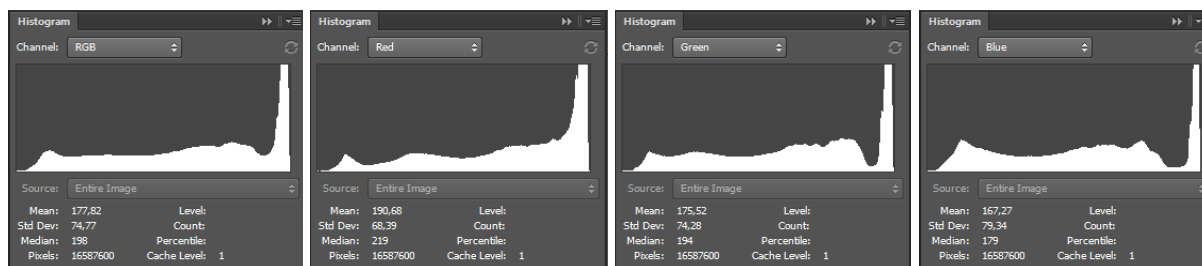
POZICIJA	ORIGINAL	10	20	30	40	50
Horizontalno	2000	1000	600	300	150	-
Vertikalno	2000	1200	600	300	150	-

Tablica 26. Promjene sposobnosti razdvajanja linija u 4 finoće zapisa

POZICIJA	ORIGINAL	Low	Medium	Hight	Maximum
Horizontalo	2000	1400	1400	1400	1400
Vertikalo	2000	1500	1500	1500	1400

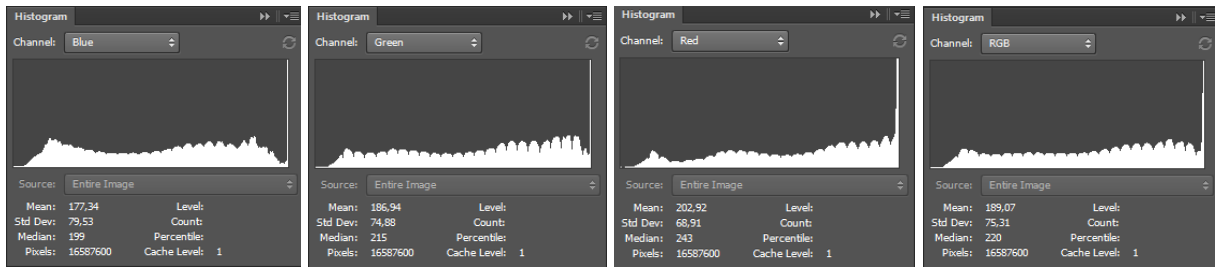
Na slikama 77.- 91. prikazani su histogrami originalnih i degradiranih fotografskih slika

## ORIGINAL

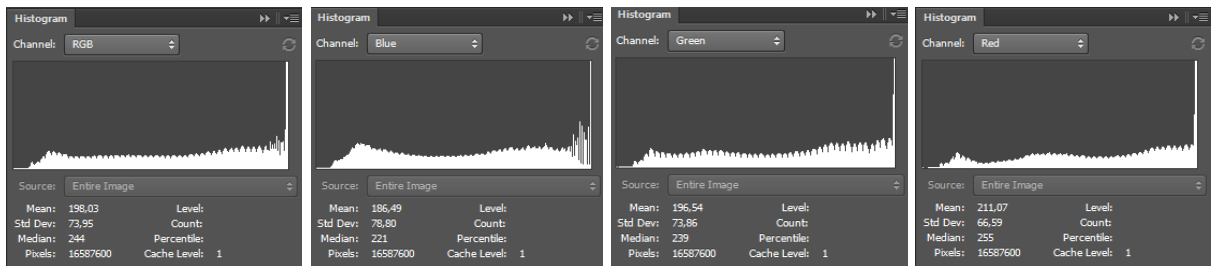


Slika 77. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu portretnu fotografsku sliku

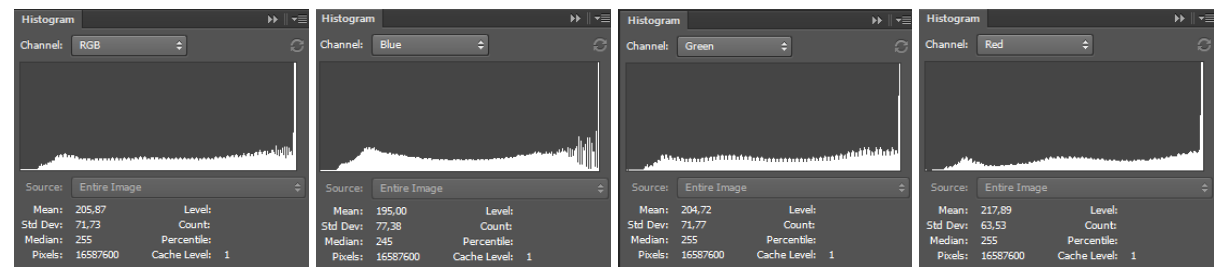
+0,33



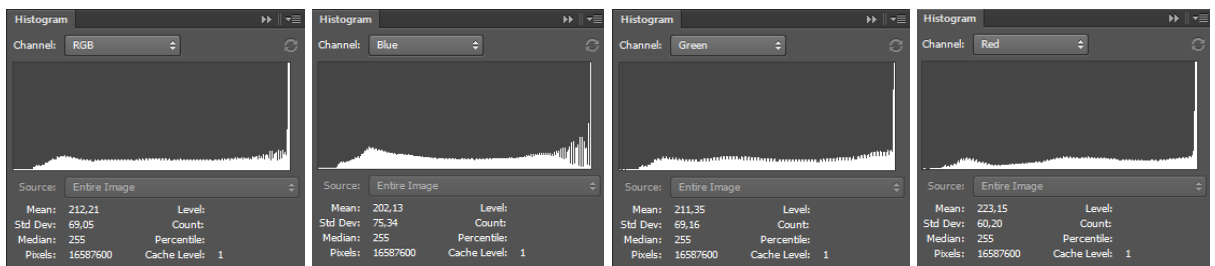
+0,66



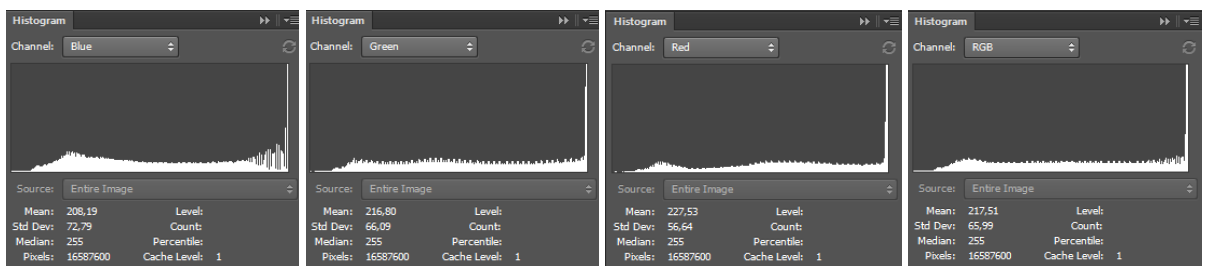
+1



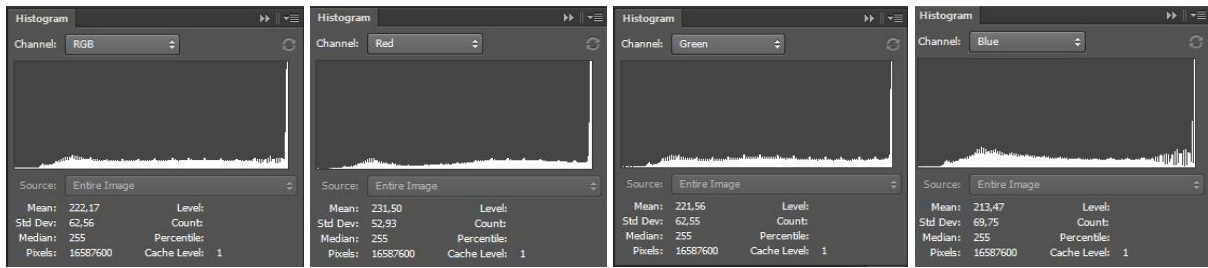
+1,33



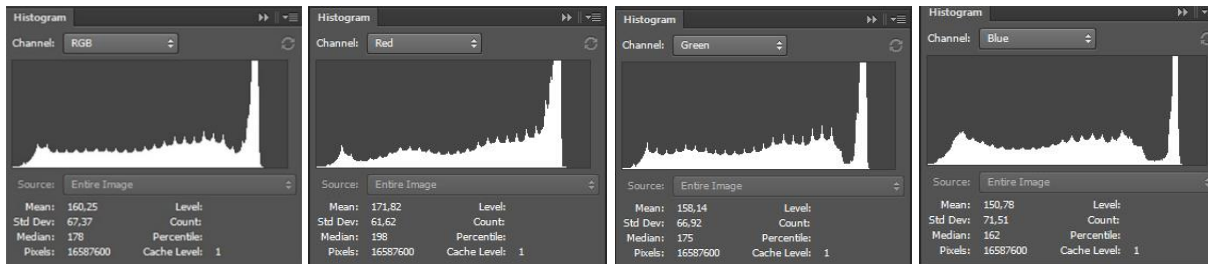
+1,66



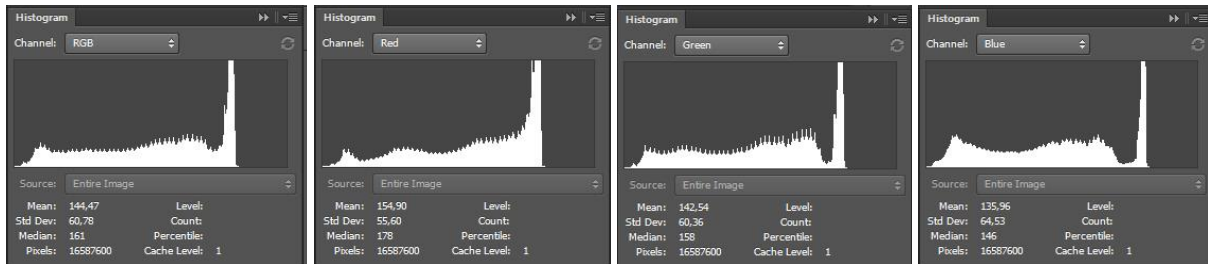
+2



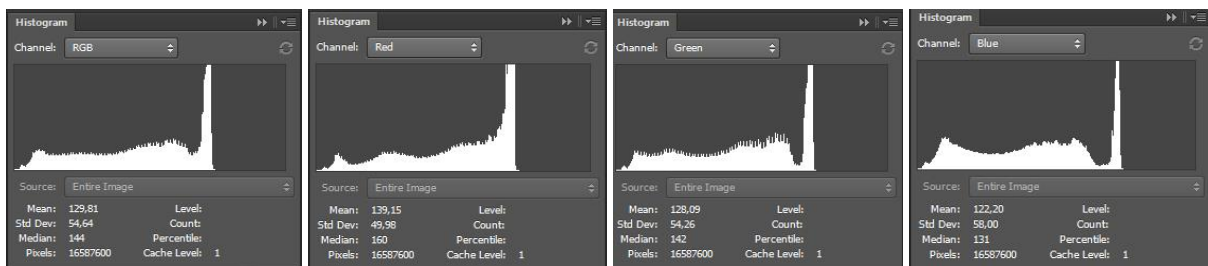
-0,33



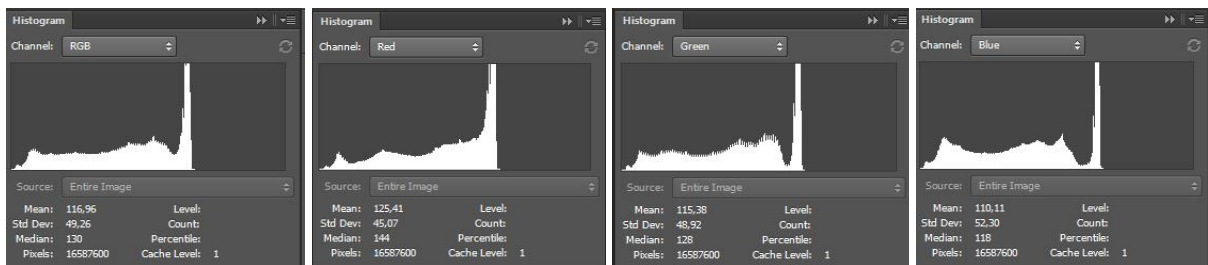
-0,66



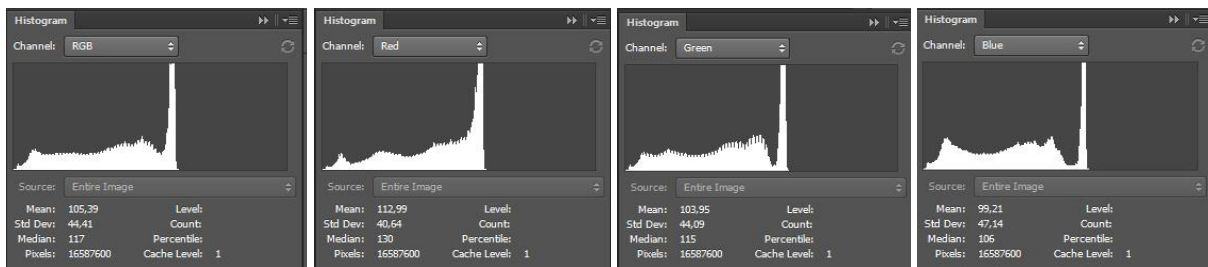
-1



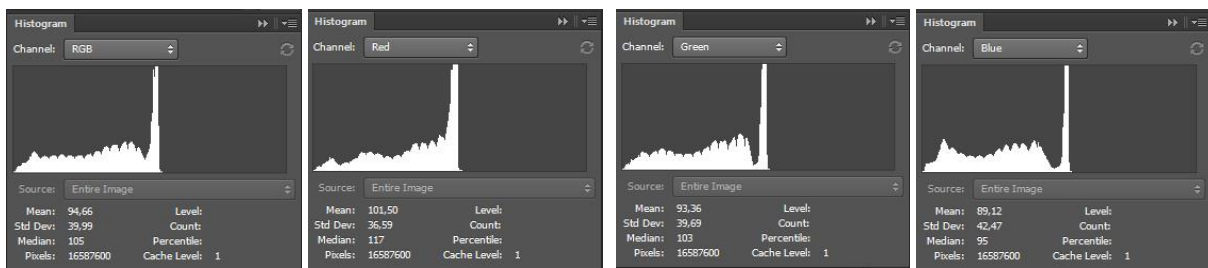
-1,33



-1,66

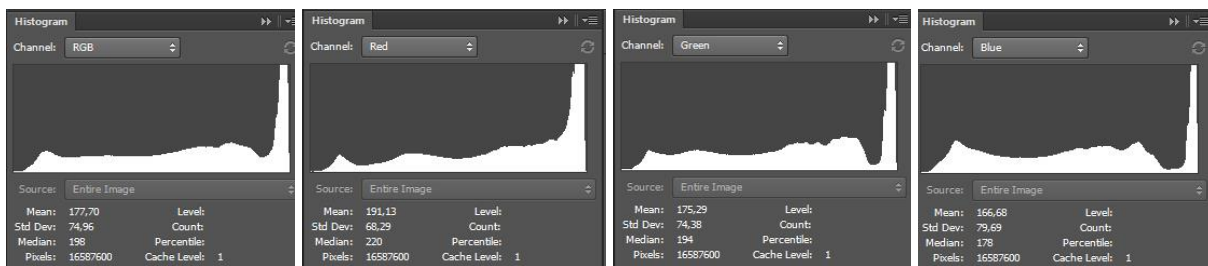


-2

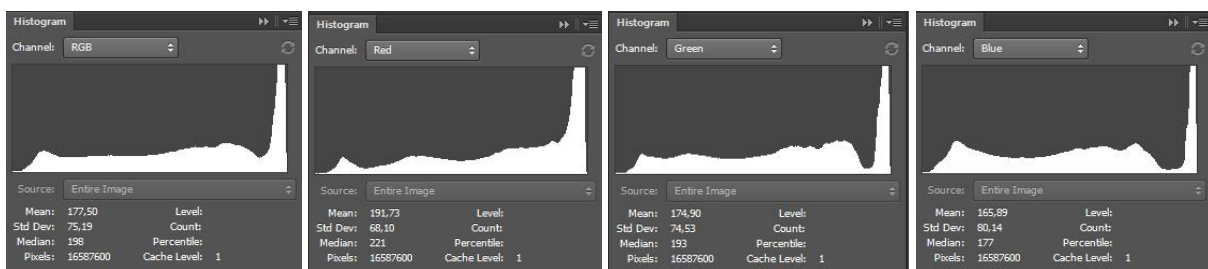


Slika 78. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu portretnu fotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/- 0,33, +/-0,66, +/-1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2

+5

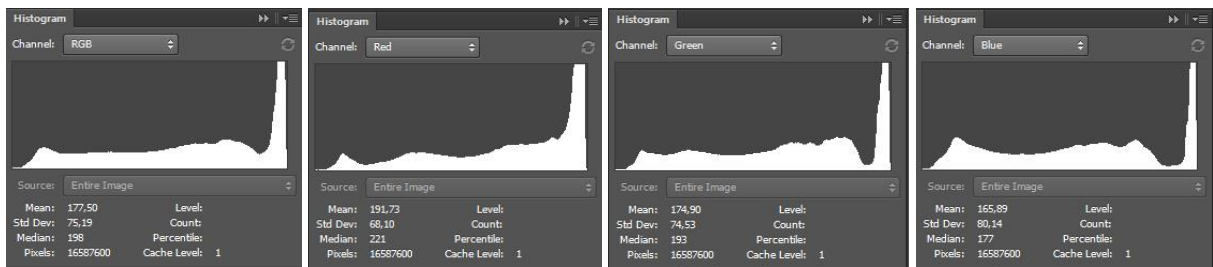


+10

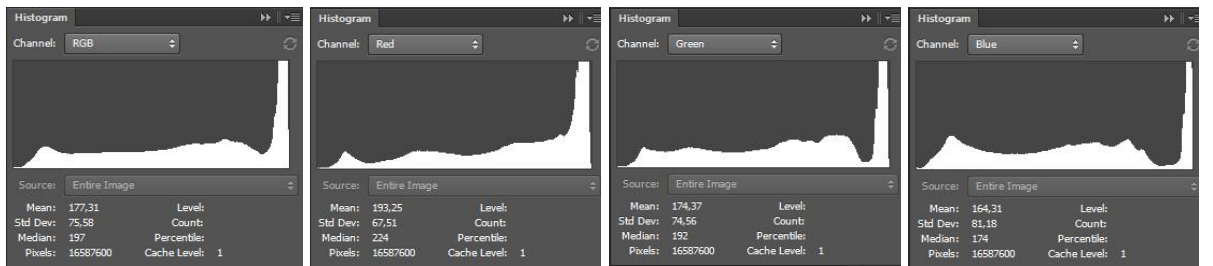




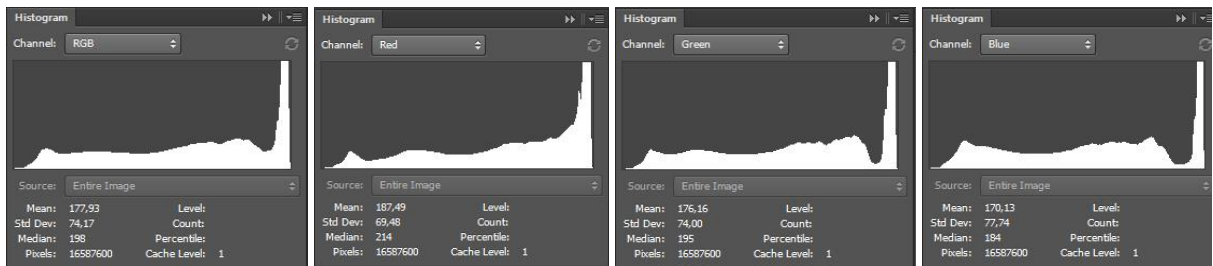
+15



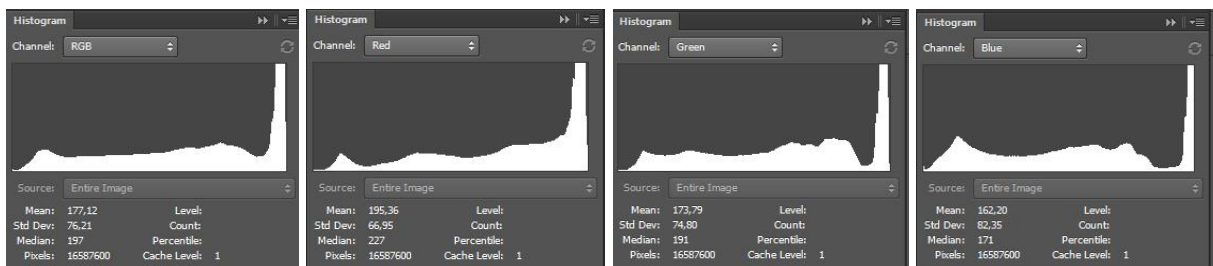
+20



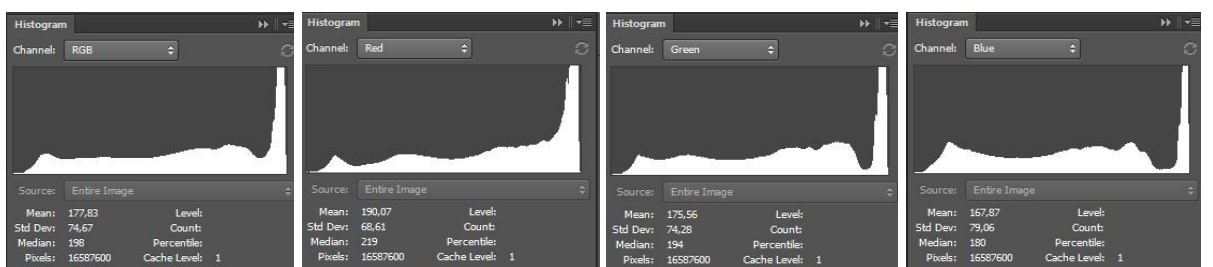
+25



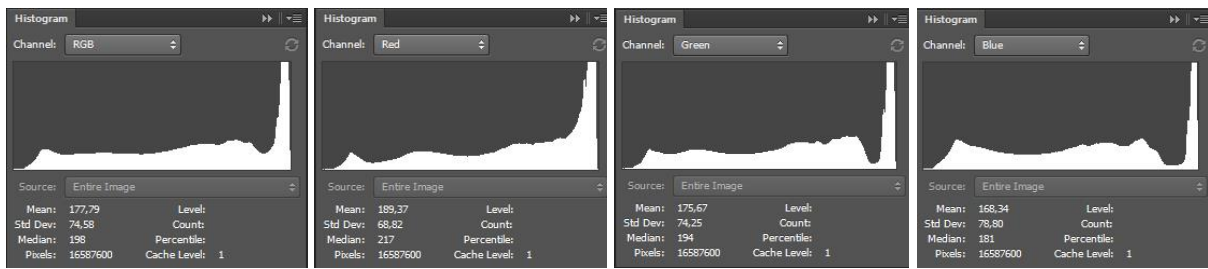
+30



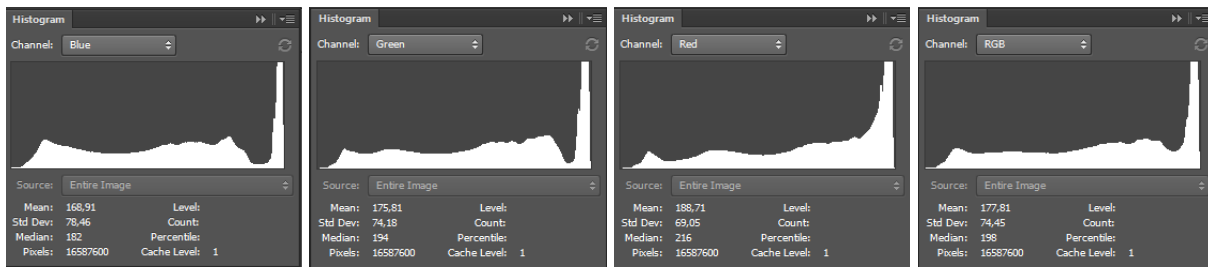
-5



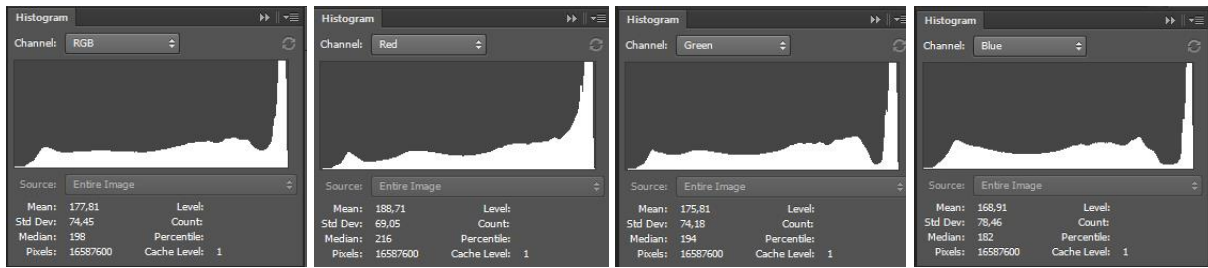
-10



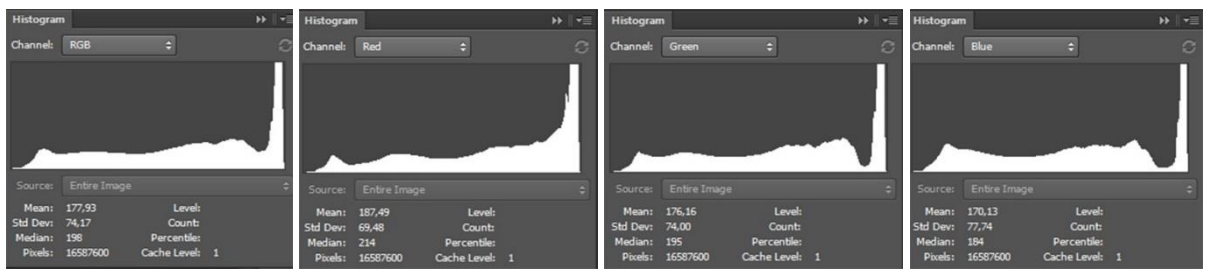
-15

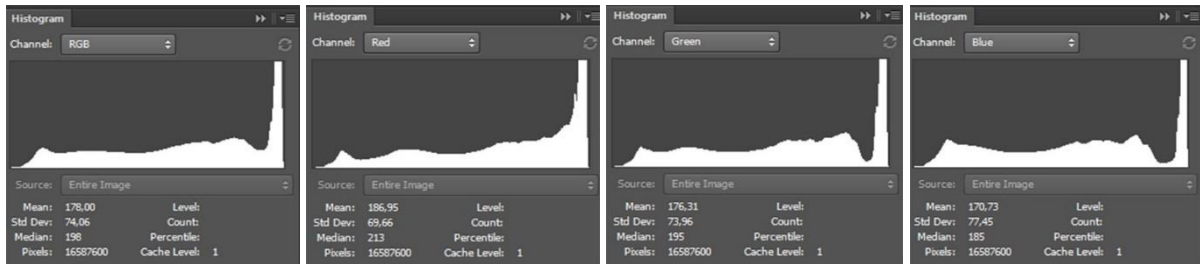


-20



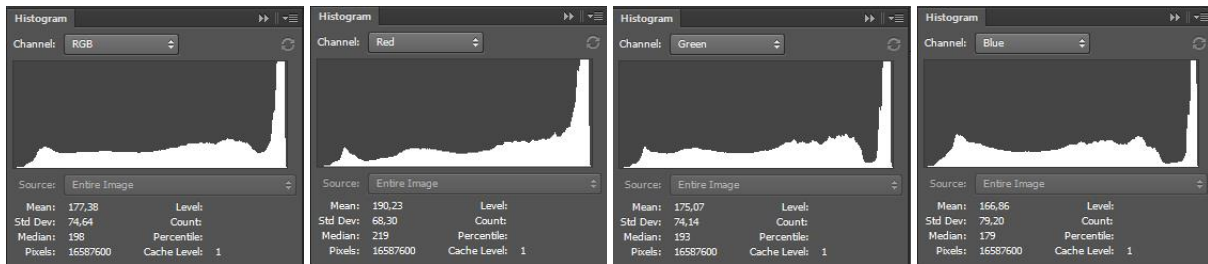
-25



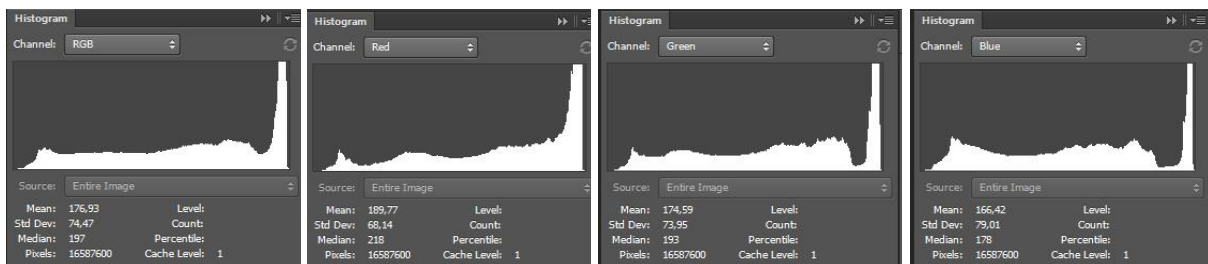


Slika 79. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/- 25, +/-30

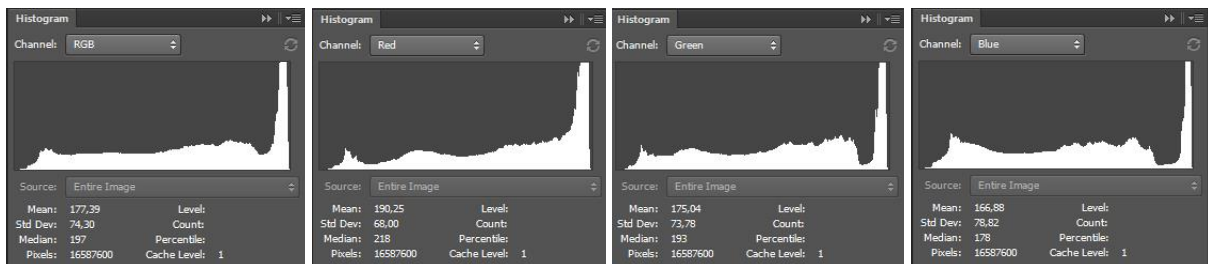
10



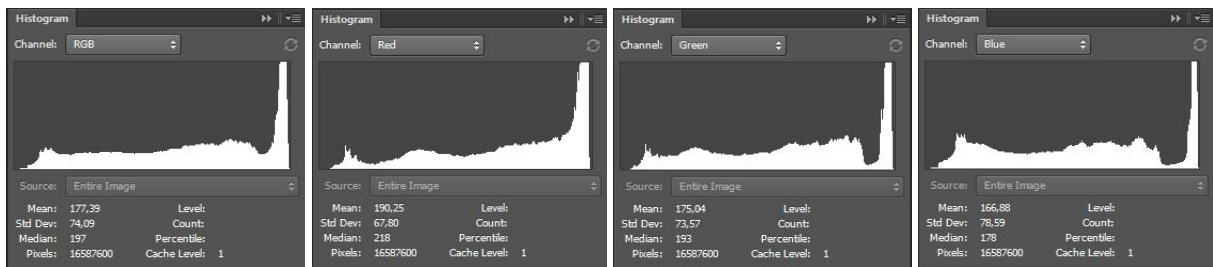
20



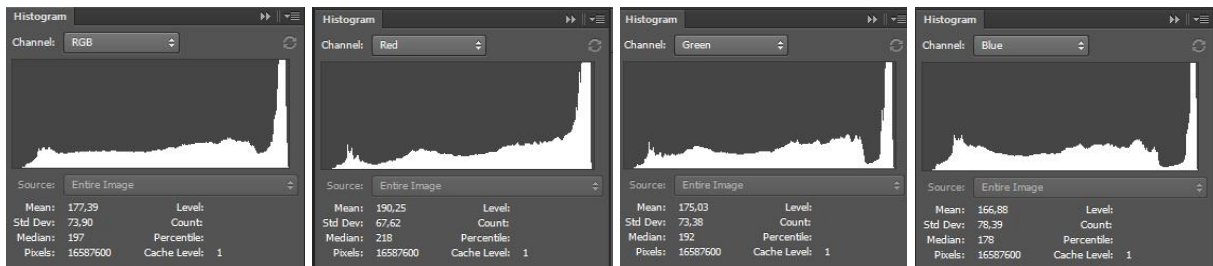
30



40

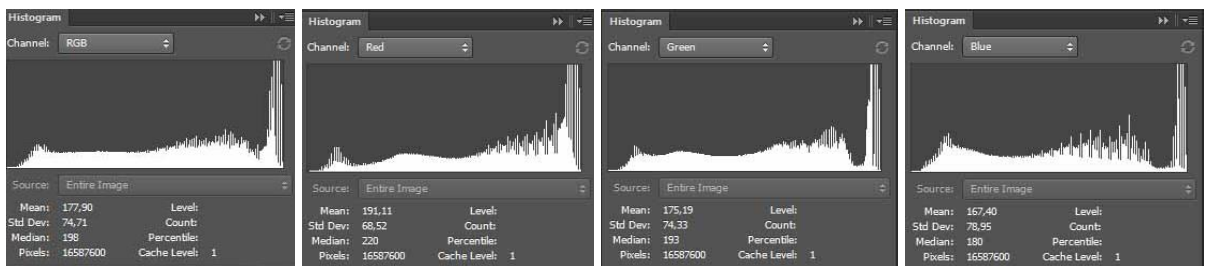


50

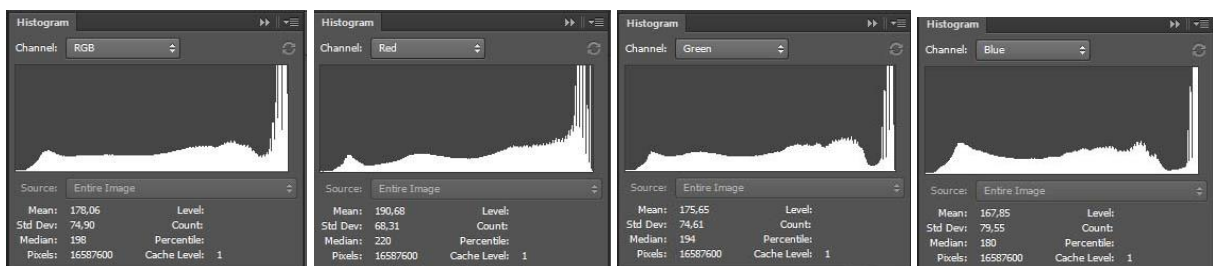


Slika 80. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku, oštine uz korak promjene: 10, 20, 30, 40, 50

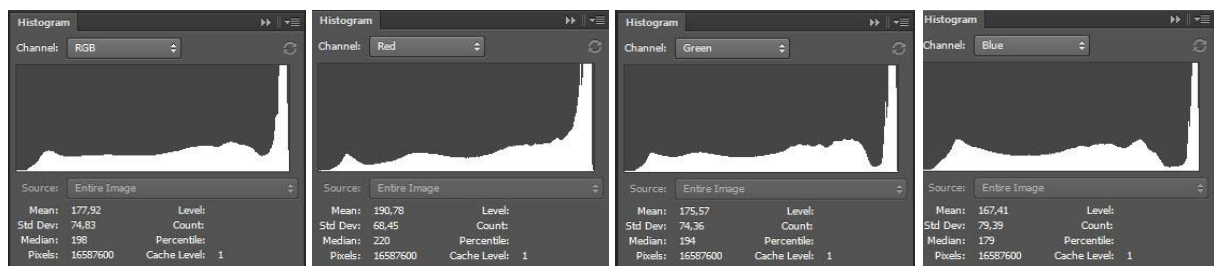
Low



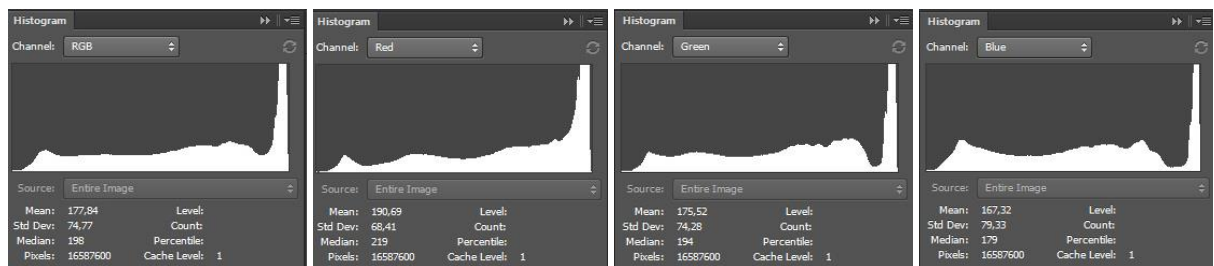
Medium



## Hight

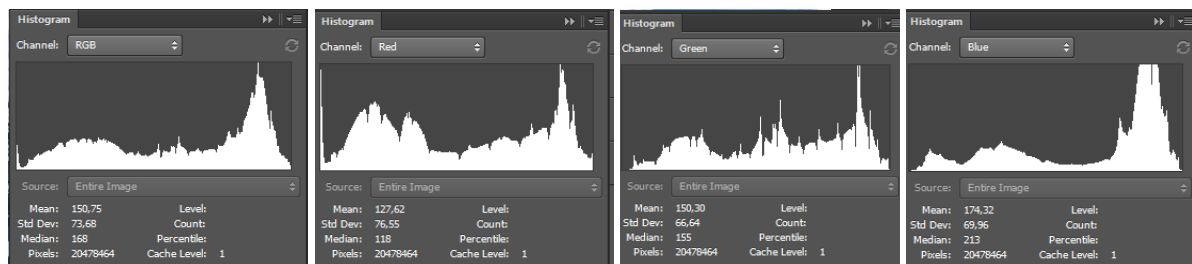


## Maximum



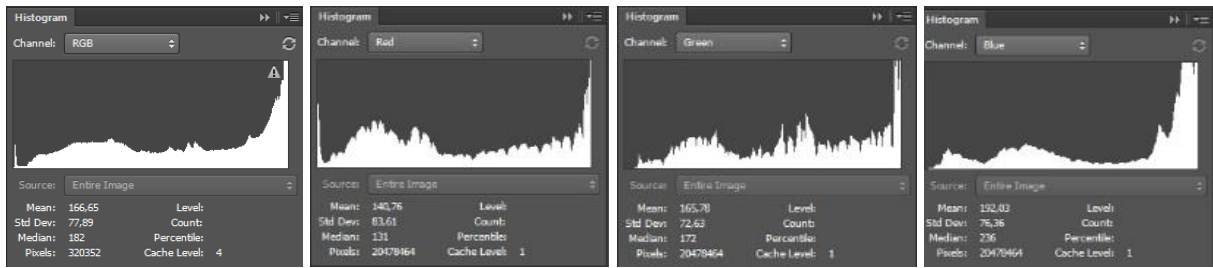
Slika 81. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa

## ORIGINAL

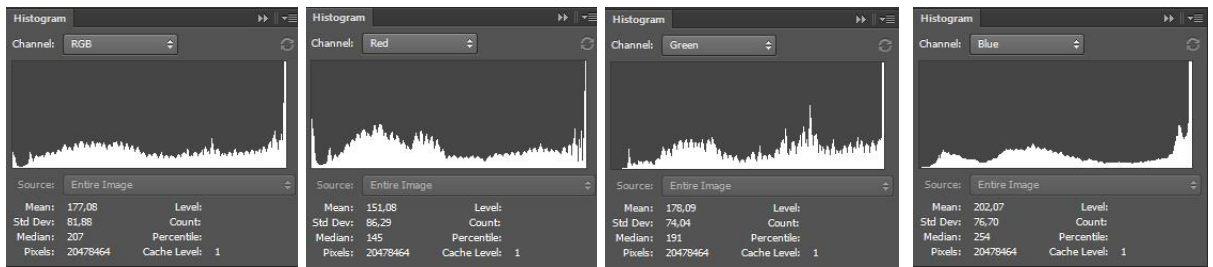


Slika 82. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu pejzažnu fotografsku sliku

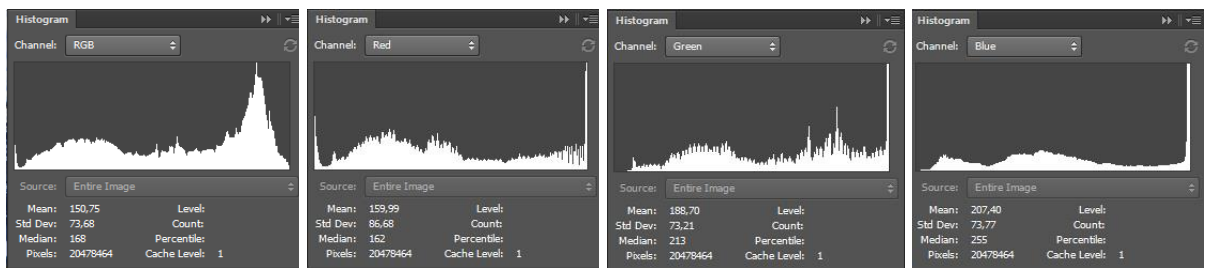
+0,33



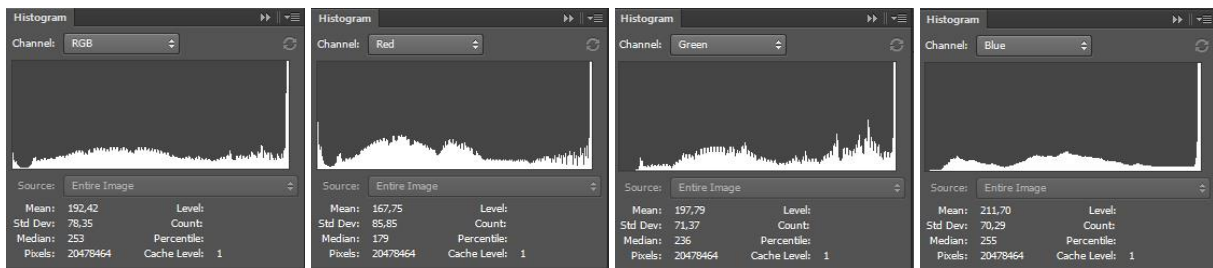
+0,66



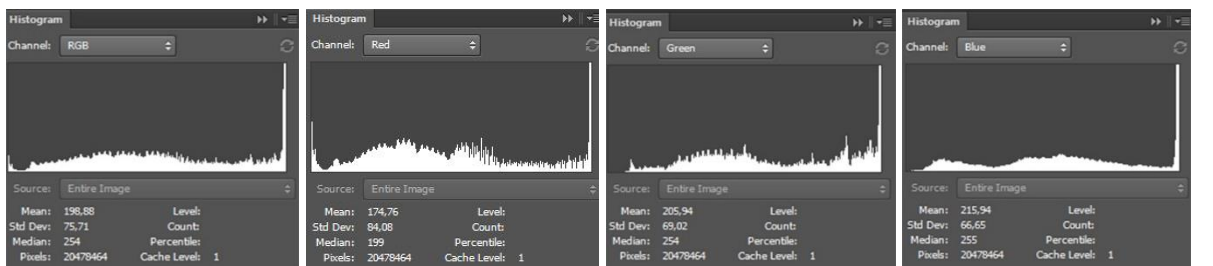
+1



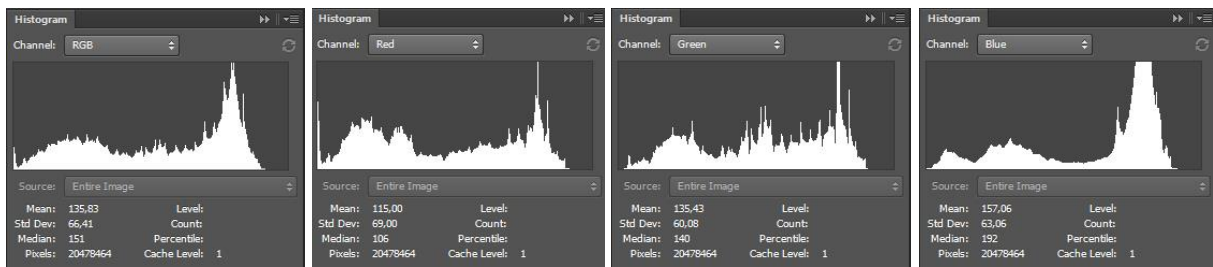
+1,33



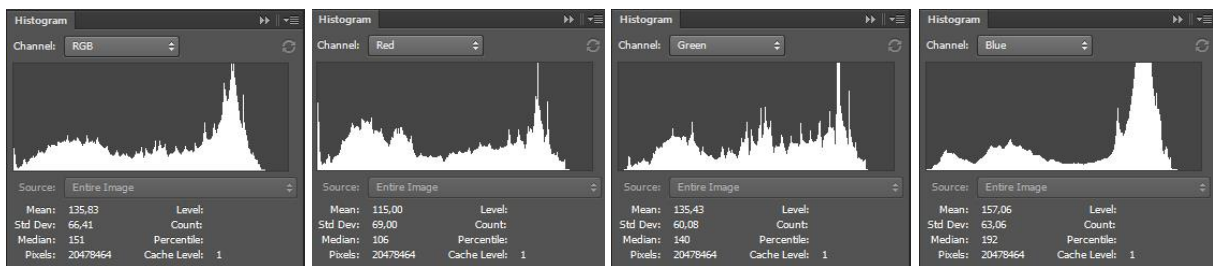
+1,66



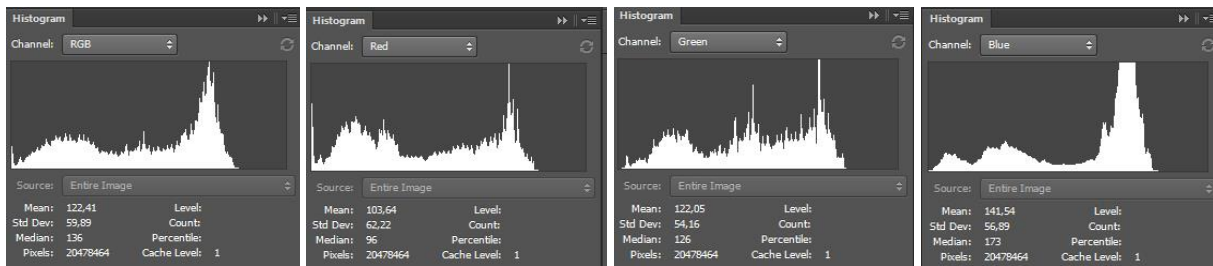
+2



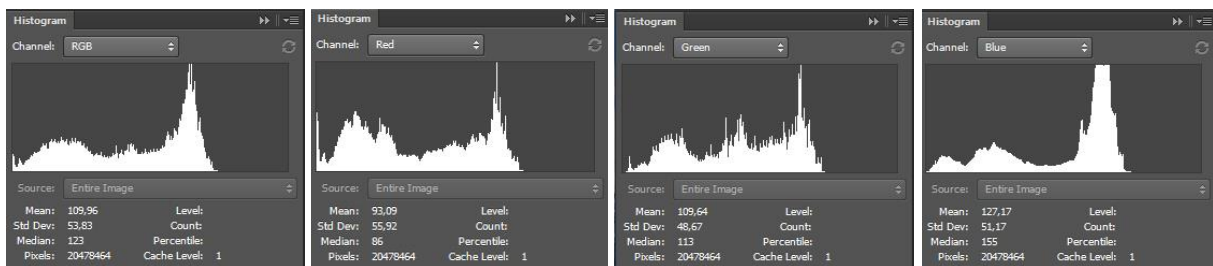
-0,33



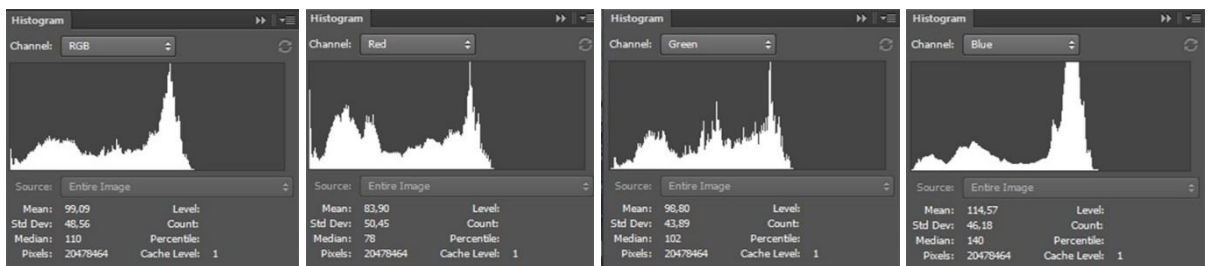
-0,66



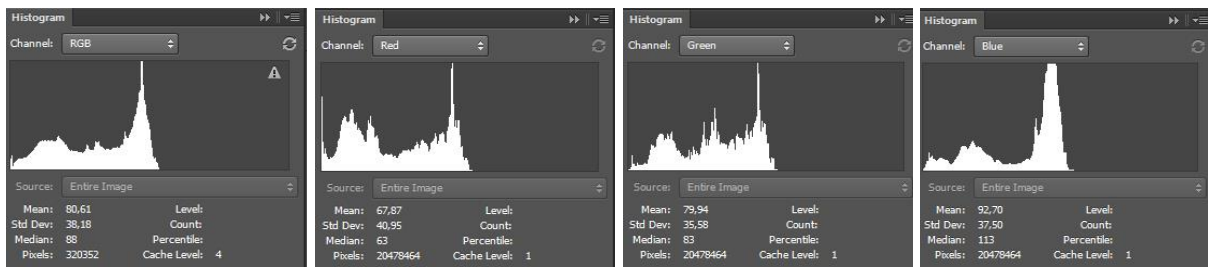
-1



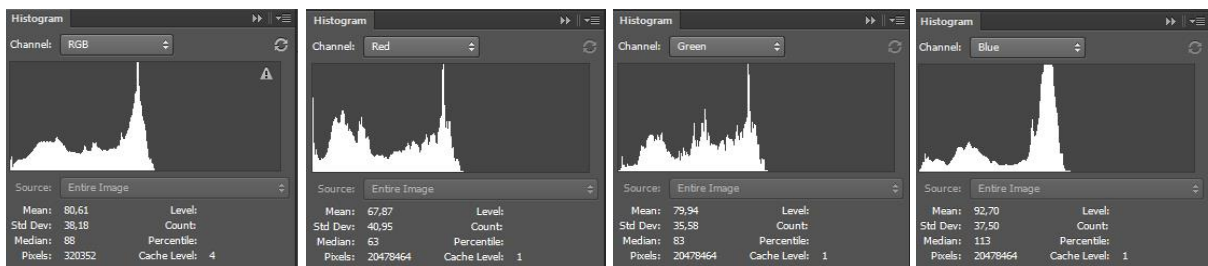
-1,33



-1,66

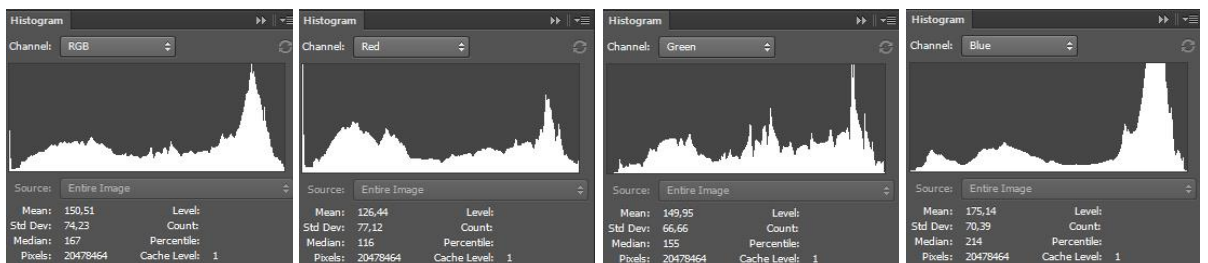


-2

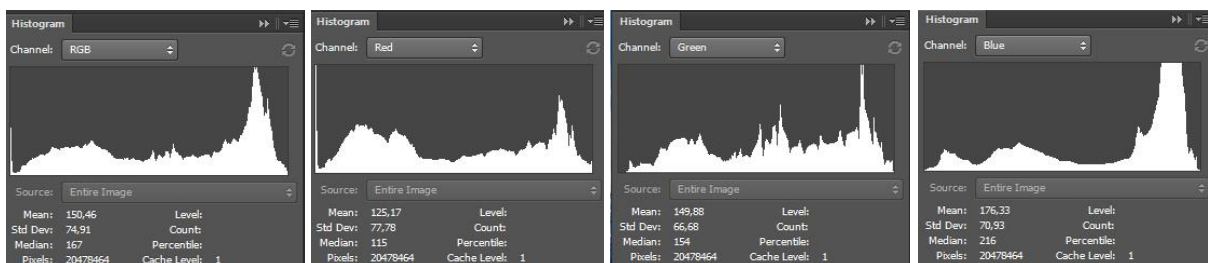


Slika 83. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu pejzažnu fotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/- 0,33, +/-0,66, +/-1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2

+5

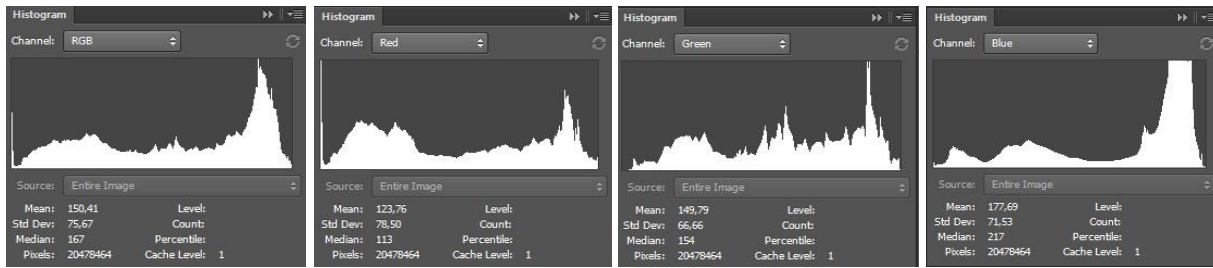


+10

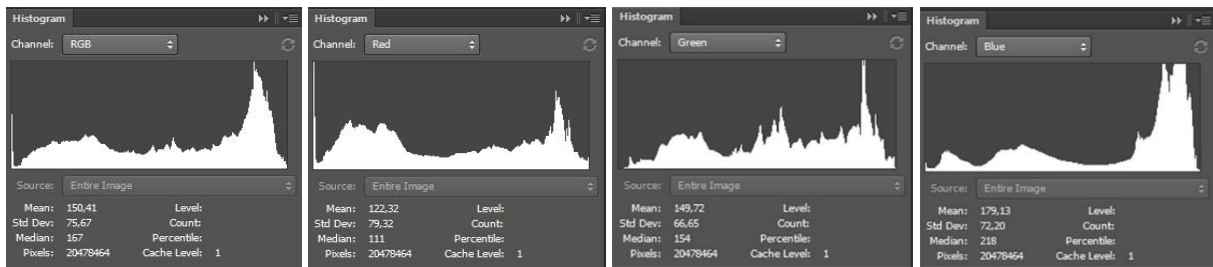




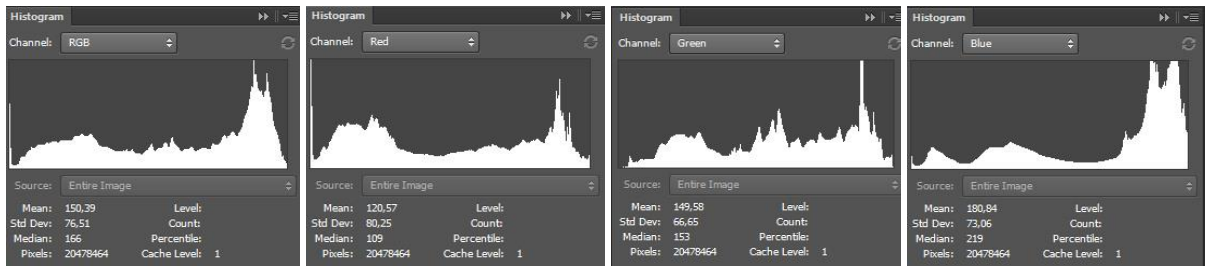
+15



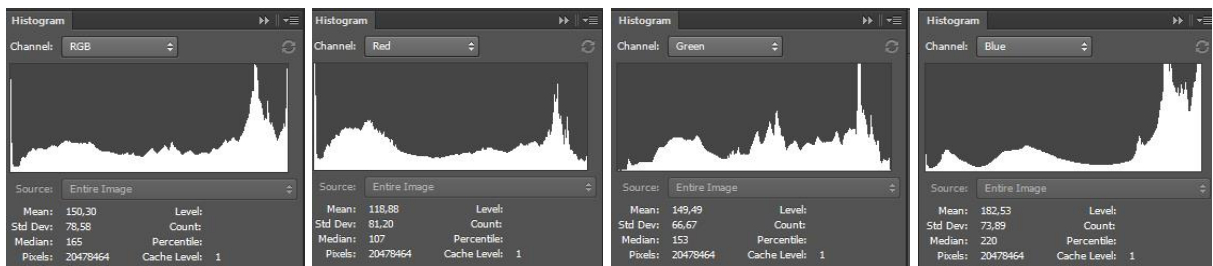
+20



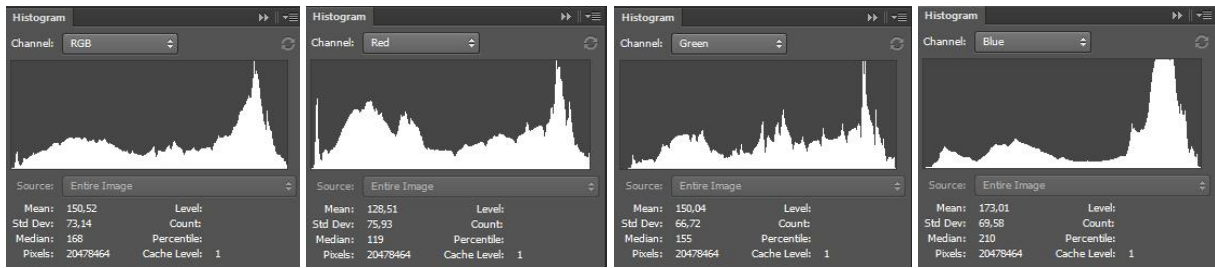
+25



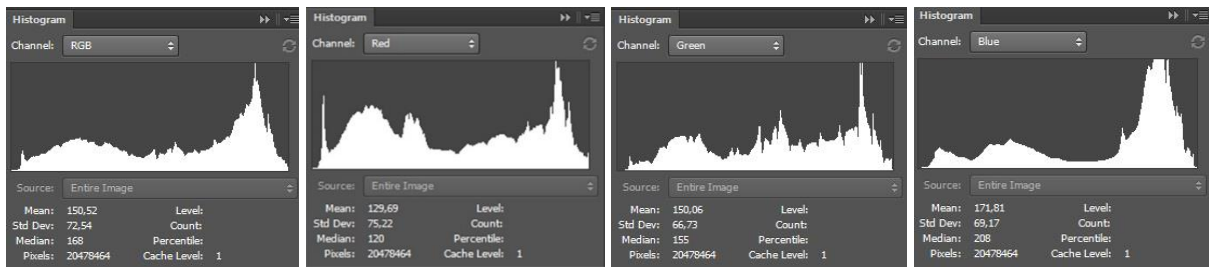
+30



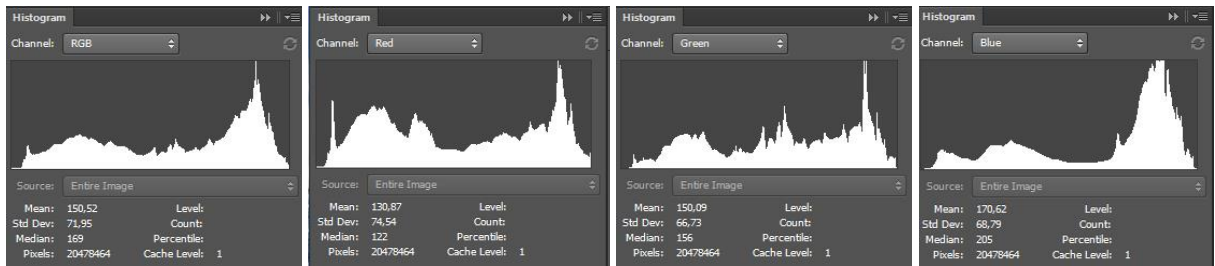
-5



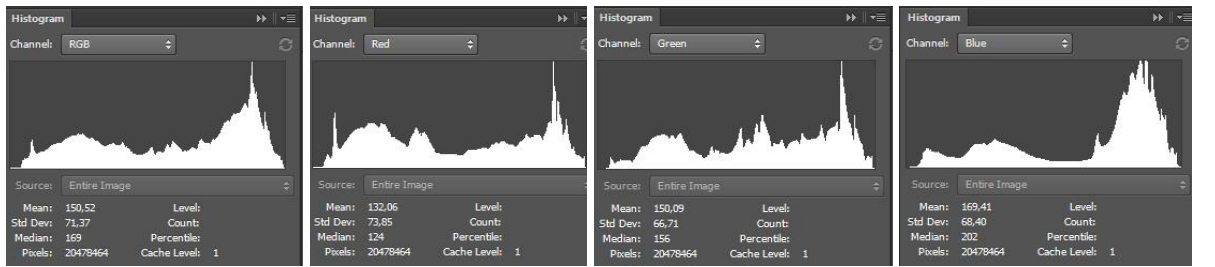
-10



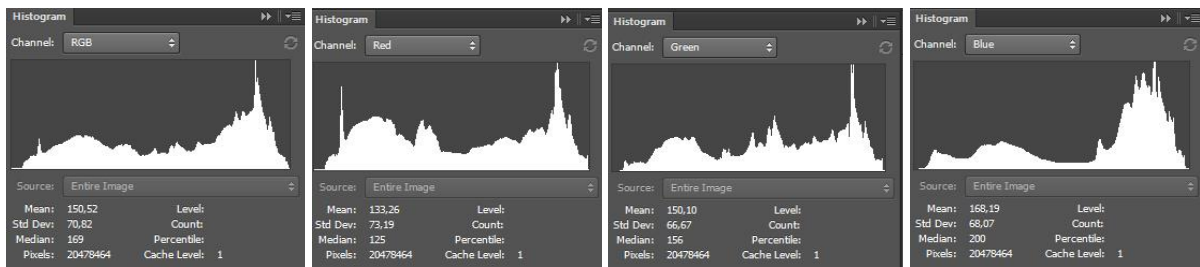
-15



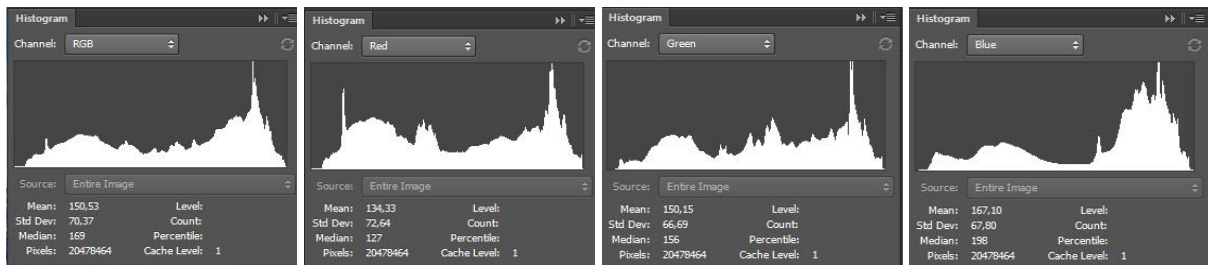
-20



-25

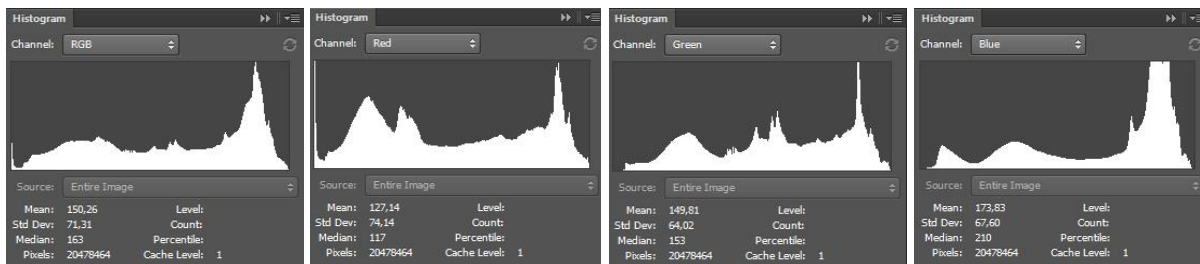


-30

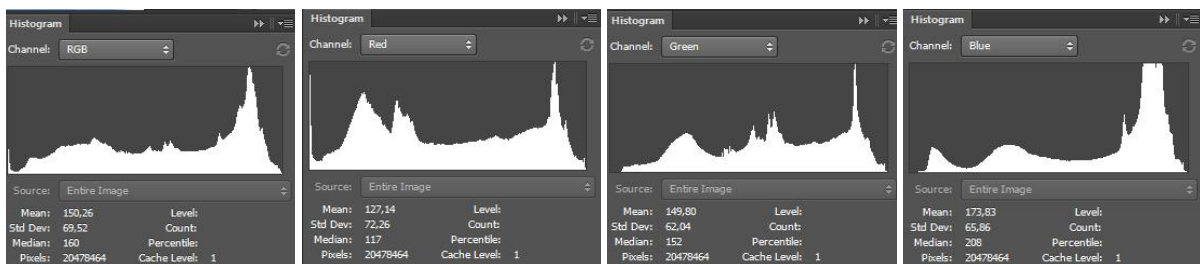


Slika 84. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/-25, +/-30

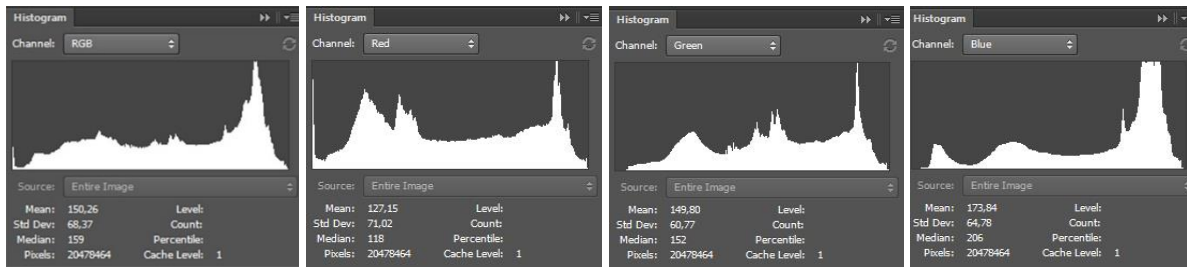
10



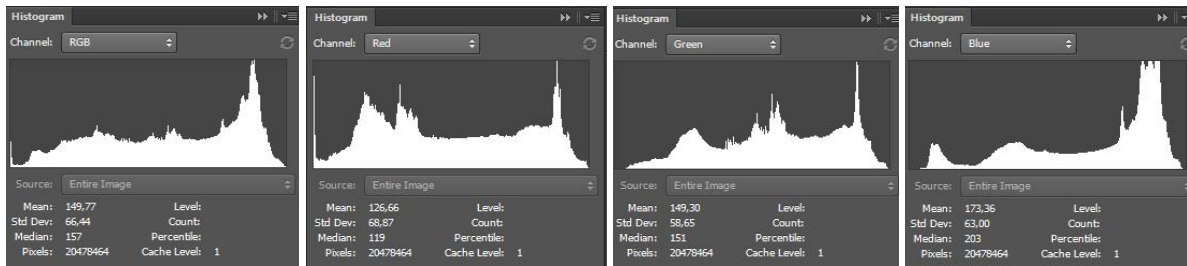
20



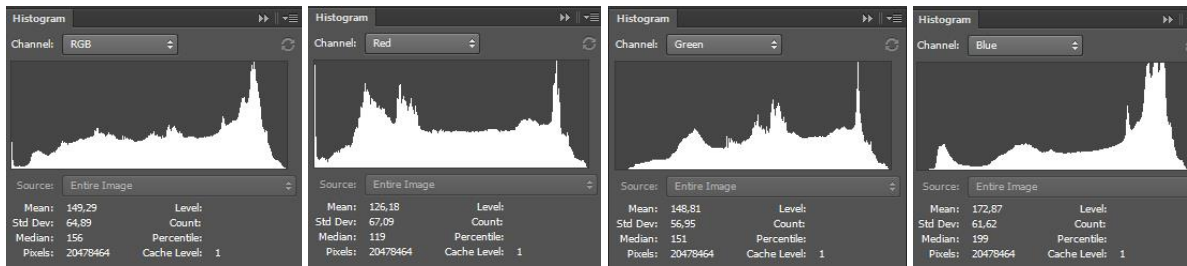
30



40

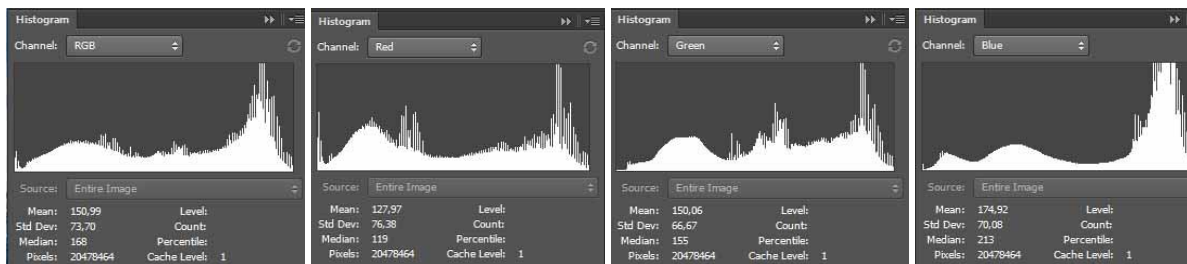


50

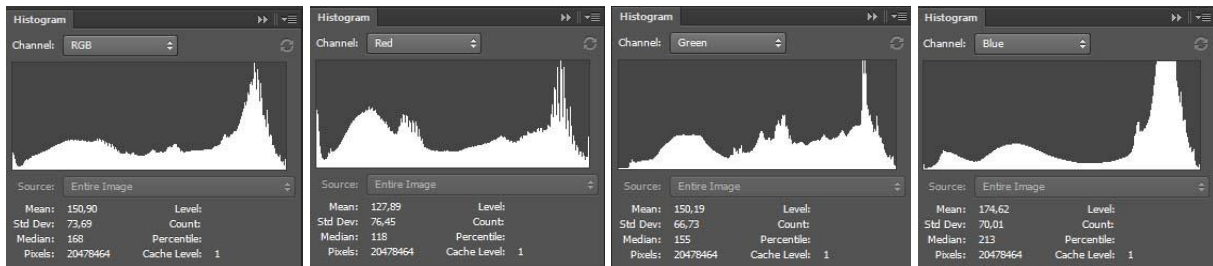


Slika 85. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku, oštine uz korak promjene: 10, 20, 30, 40, 50

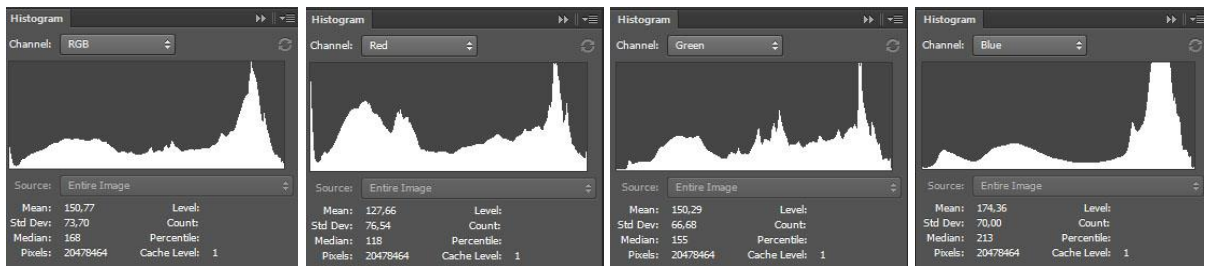
Low



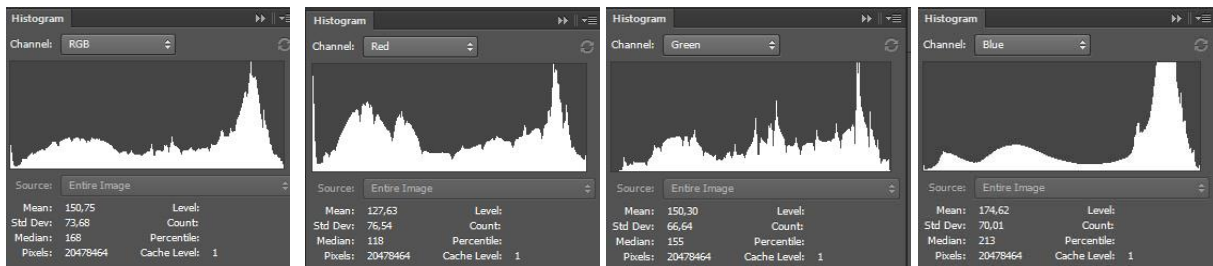
## Medium



## Hight

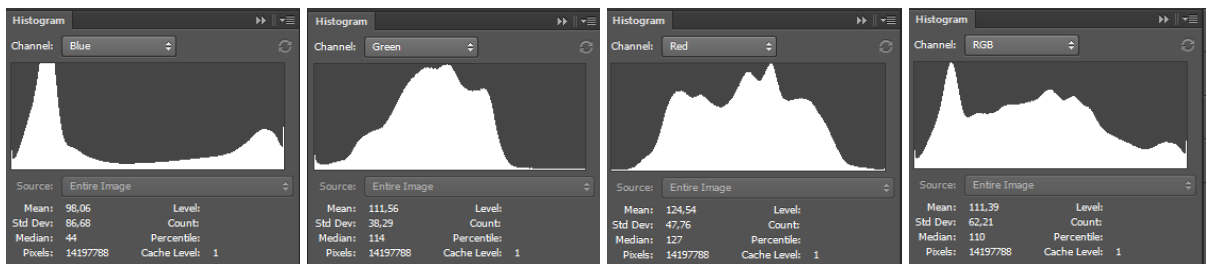


## Maximum



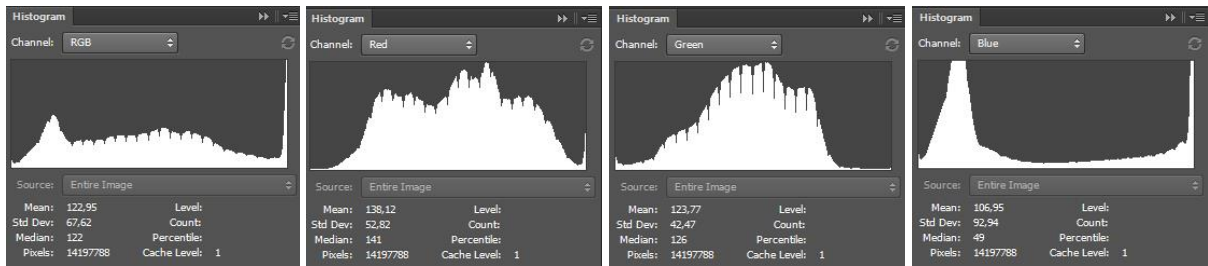
Slika 86. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa

## ORIGINAL

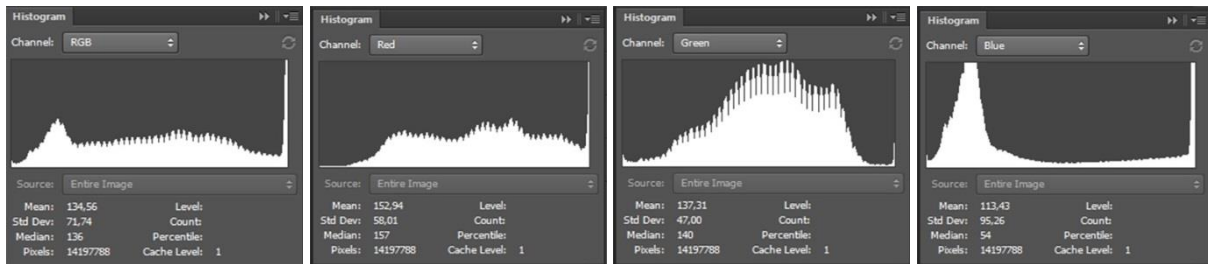


Slika 87. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu makrofotografsku sliku

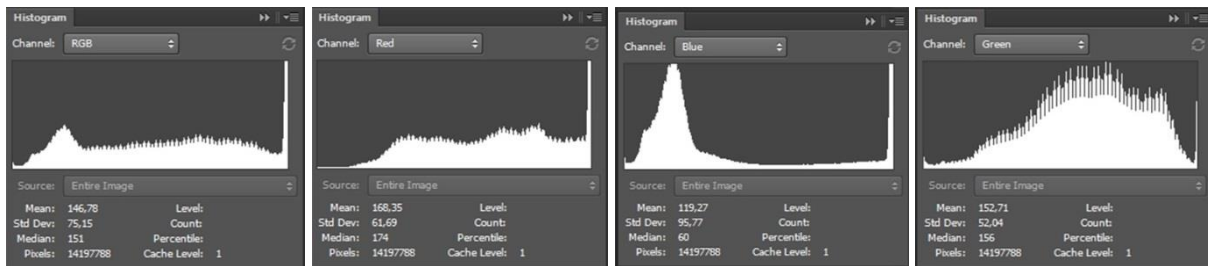
+0,33



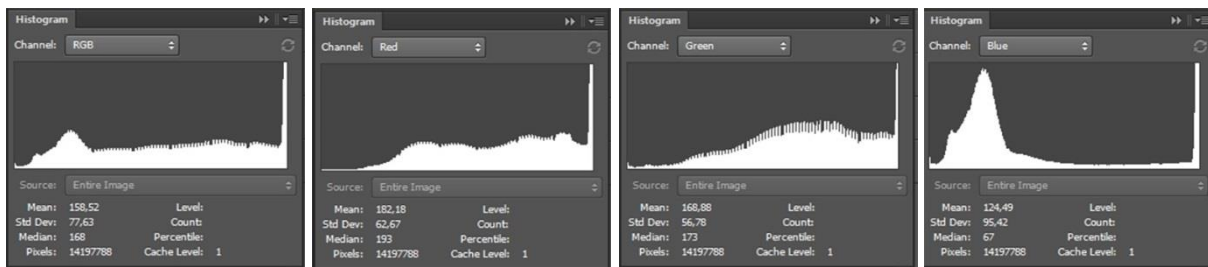
+0,66



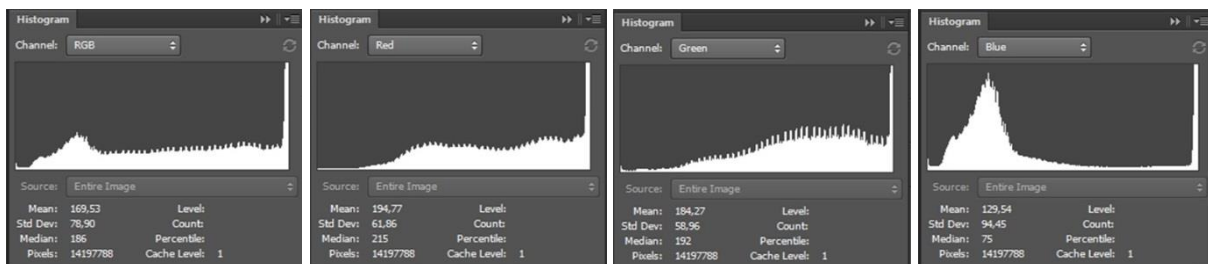
+1



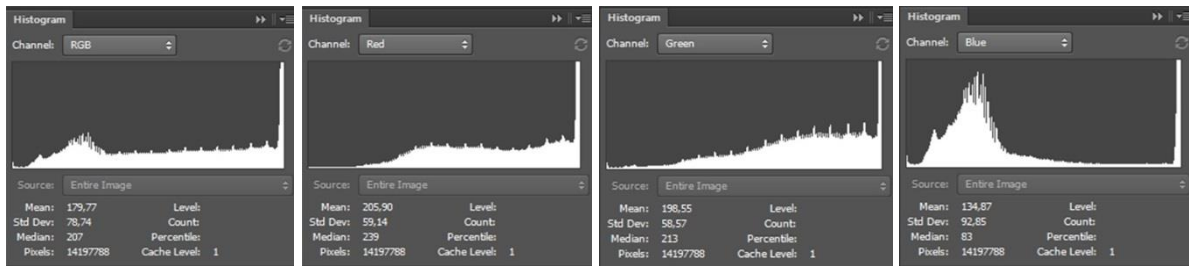
+1,33



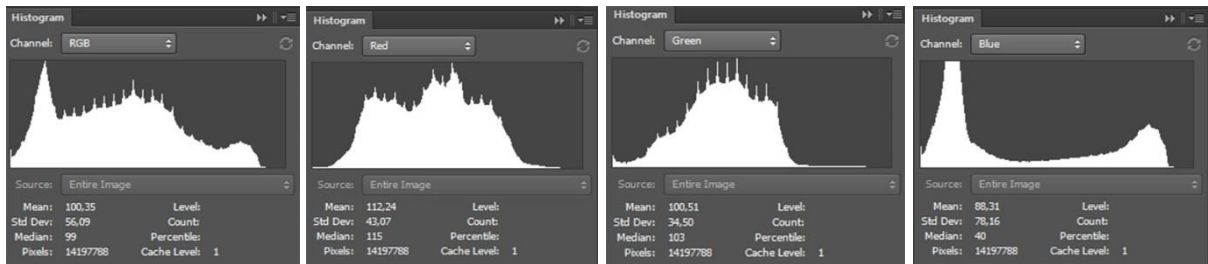
+1,66



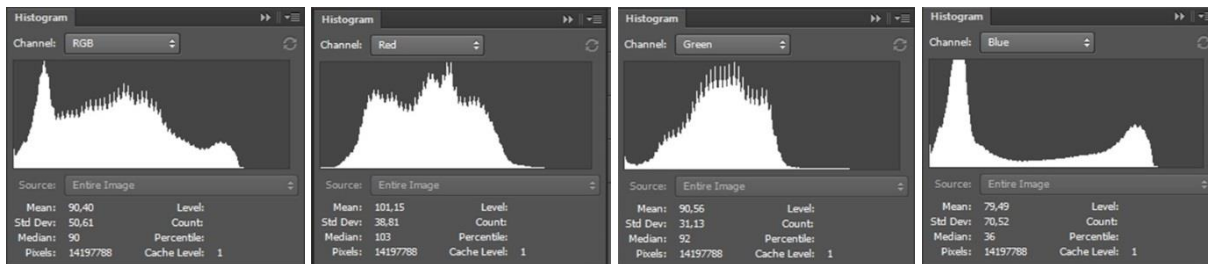
+2



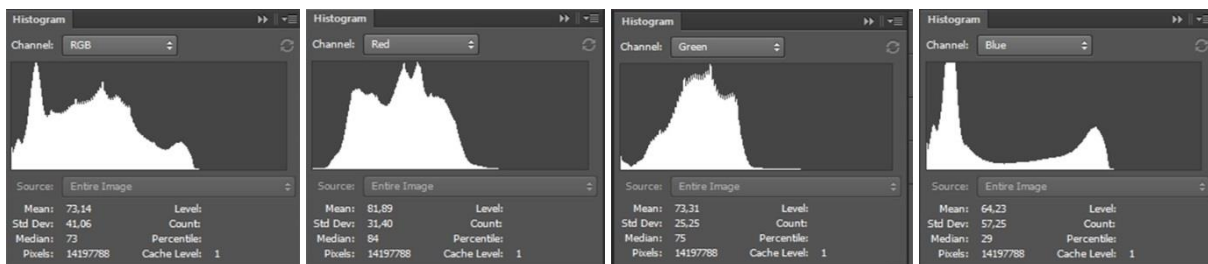
-0,33



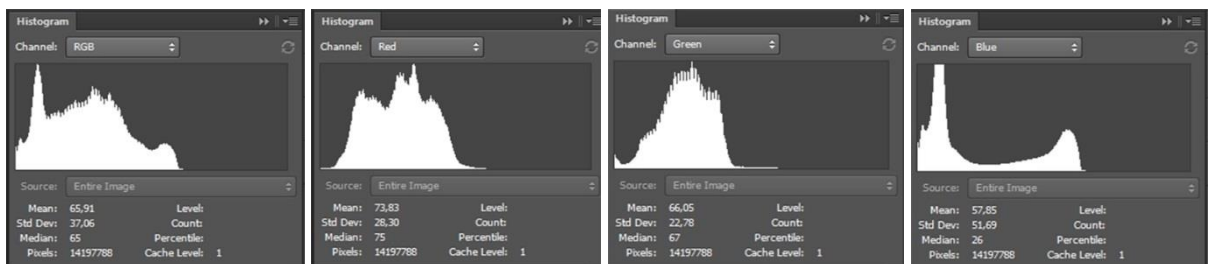
-0,66



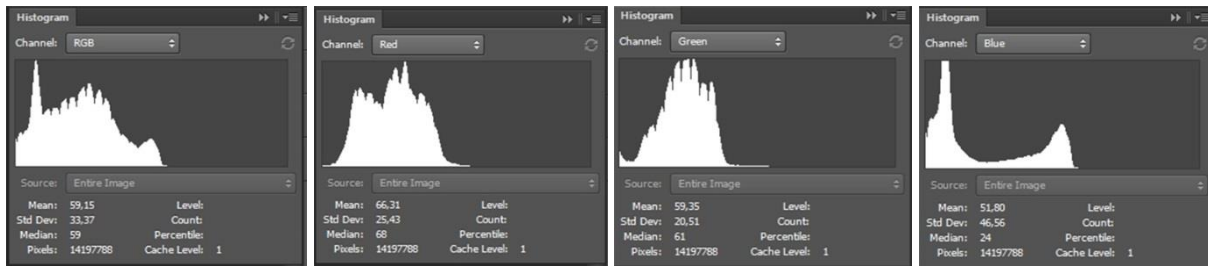
-1,33



-1,66

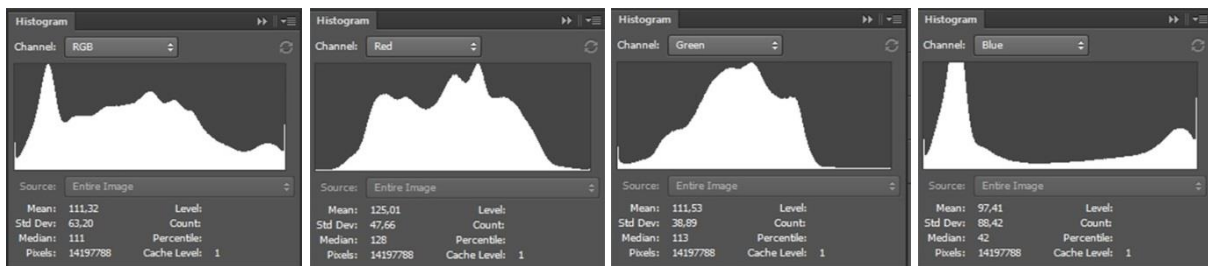


-2

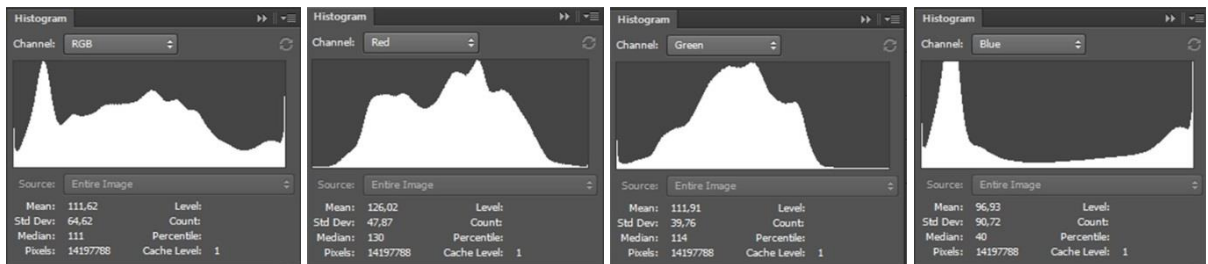


Slika 88. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu makrofotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/-0,33, +/-0,66, +/- 1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2

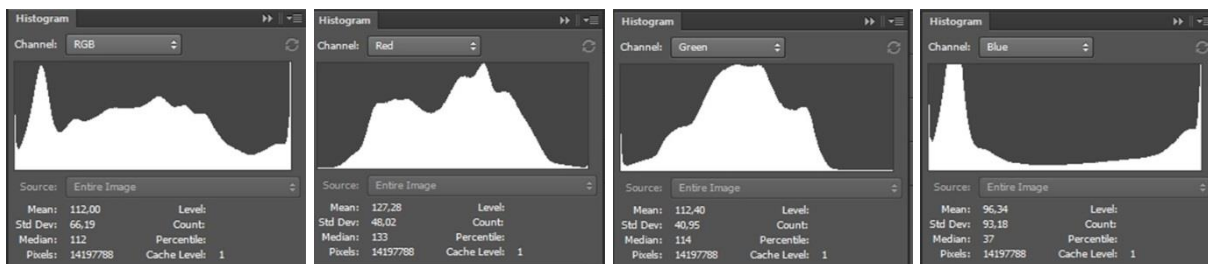
+5



+10

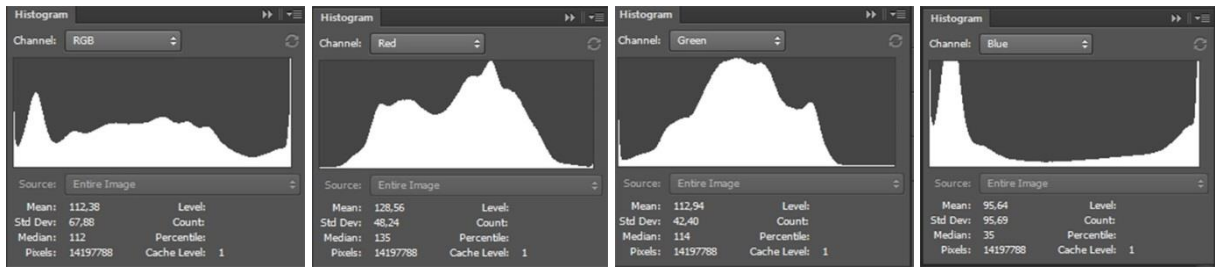


+15

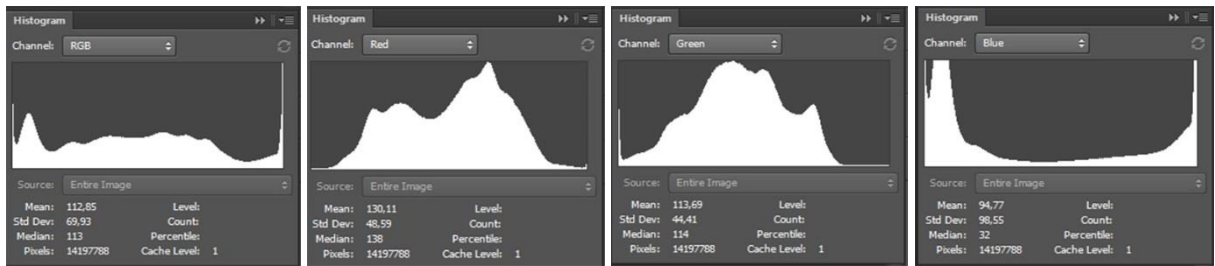




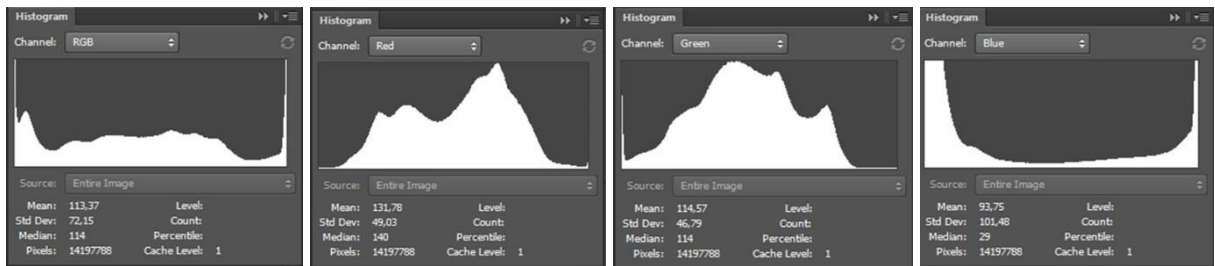
+20



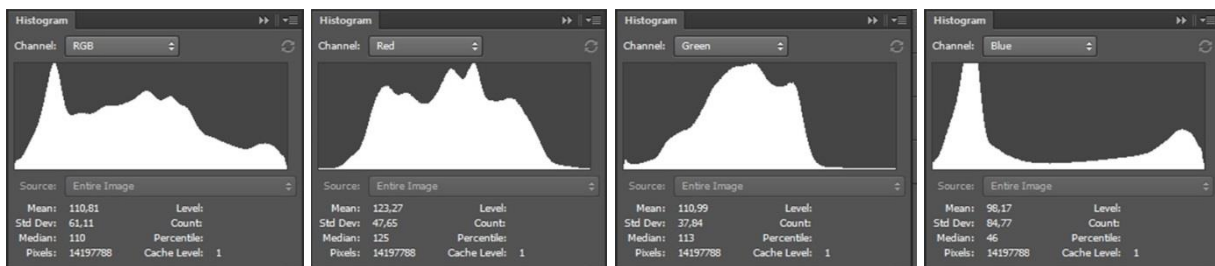
+25



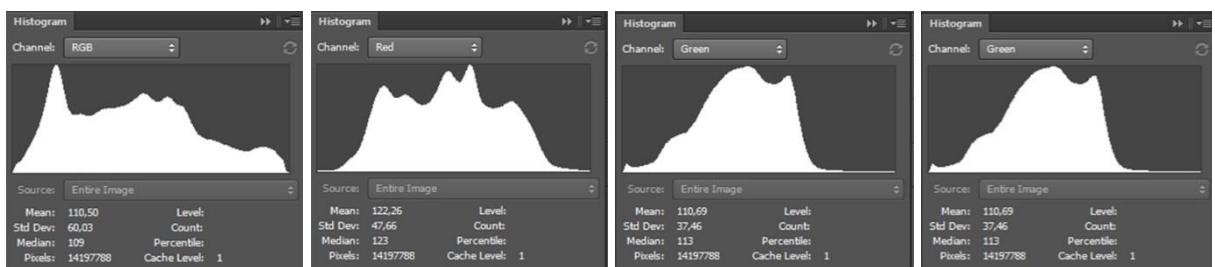
+30



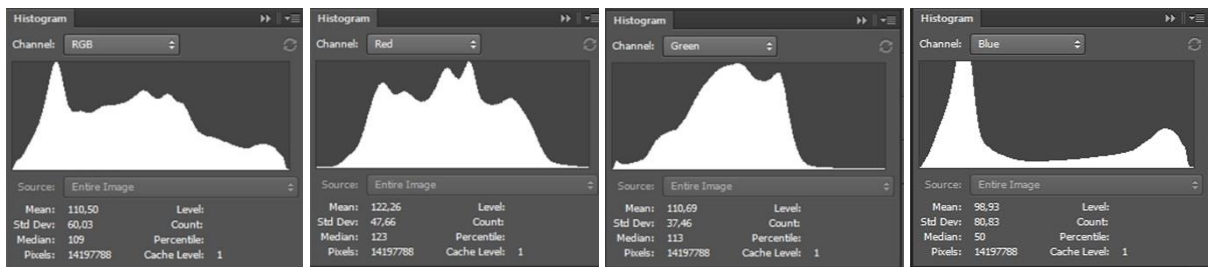
-5



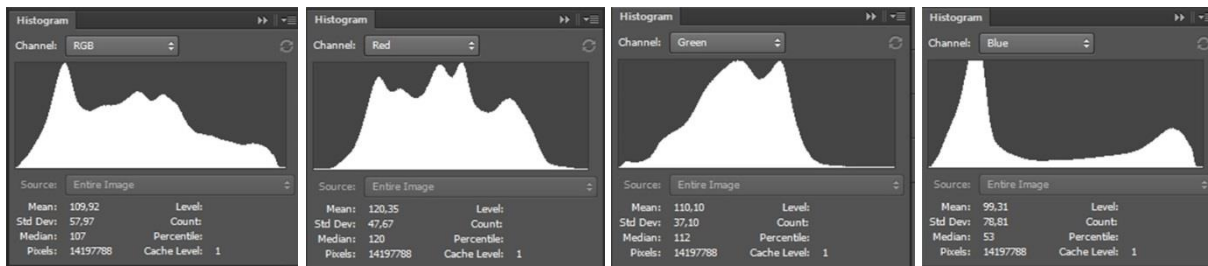
-10



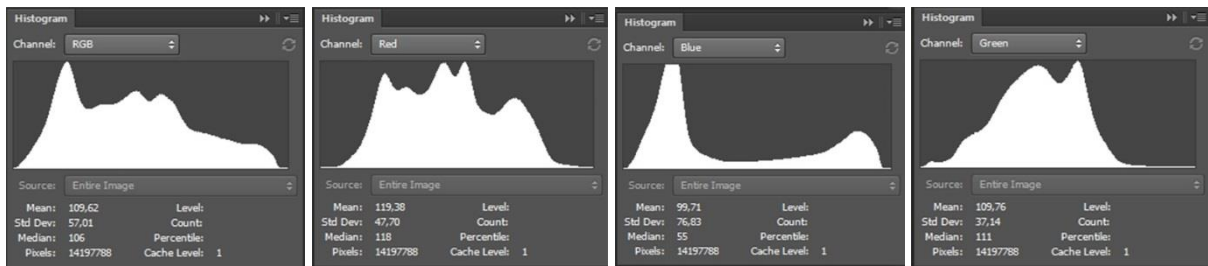
-15



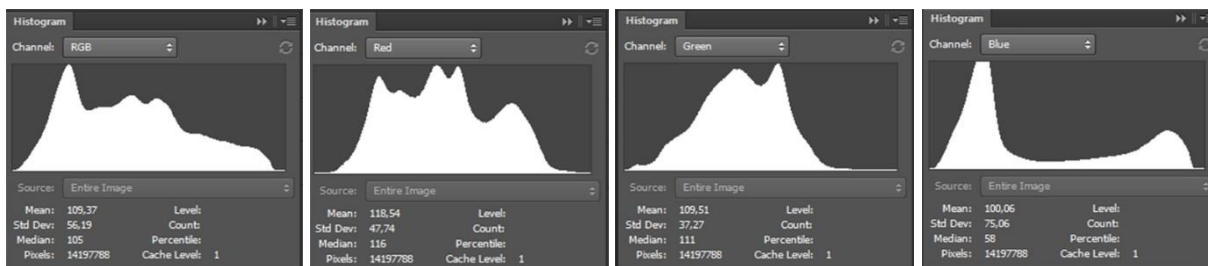
-20



-25

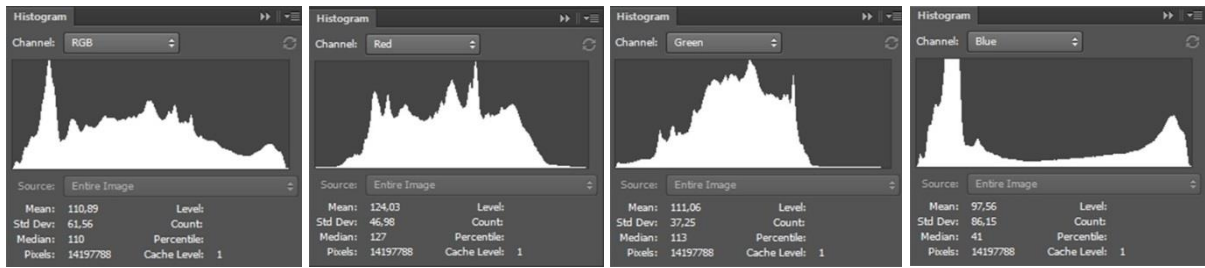


-30

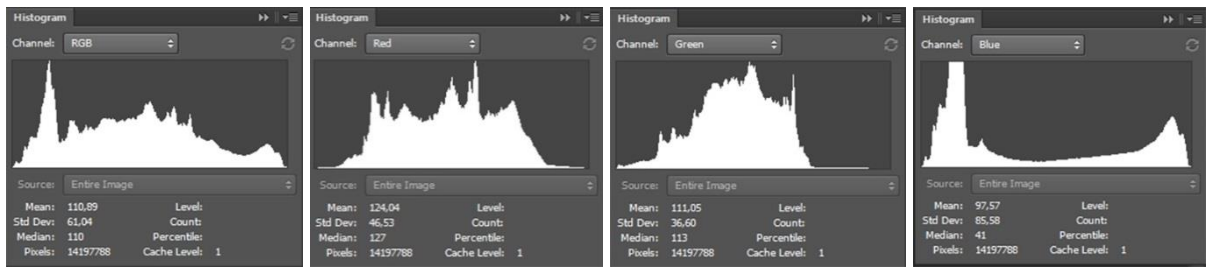


Slika 89. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za makrofotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/- 25, +/- 30

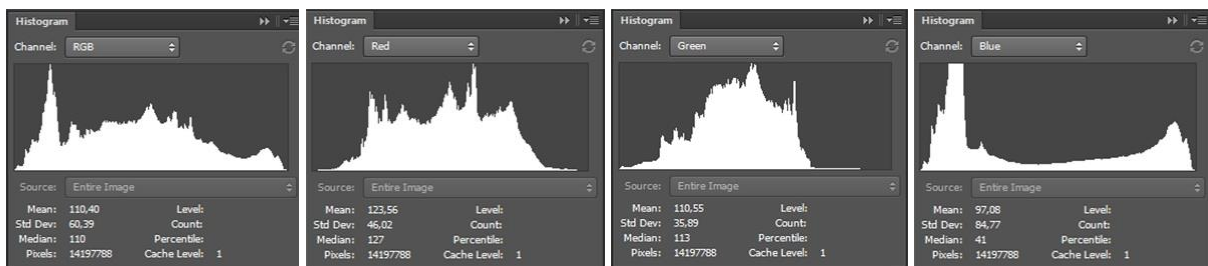
10



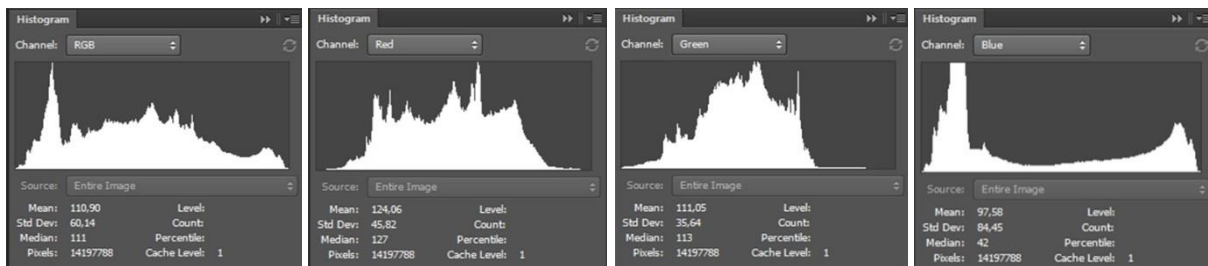
20

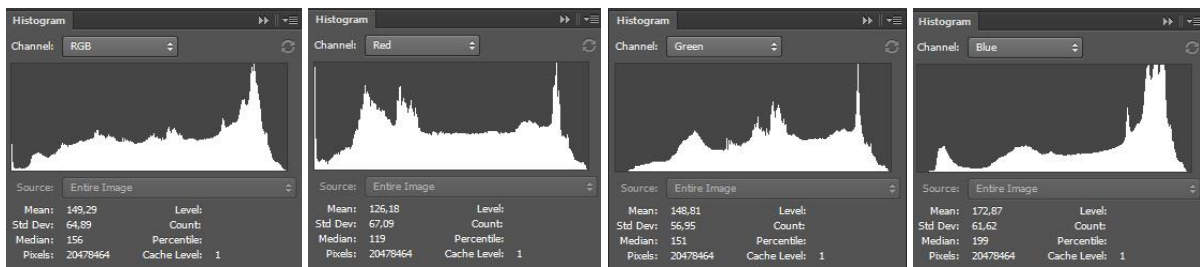


30



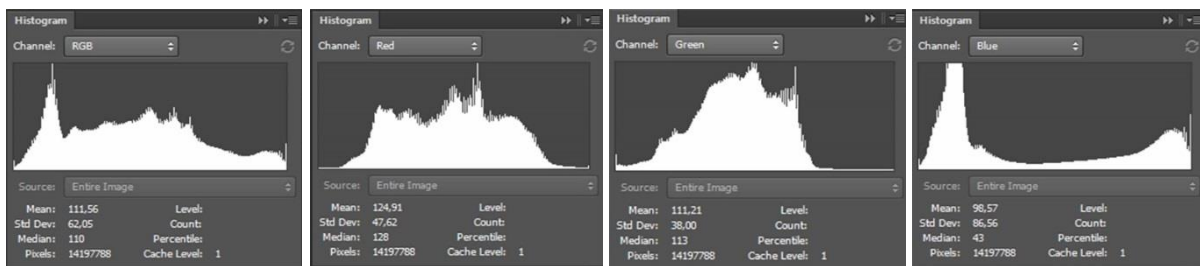
40



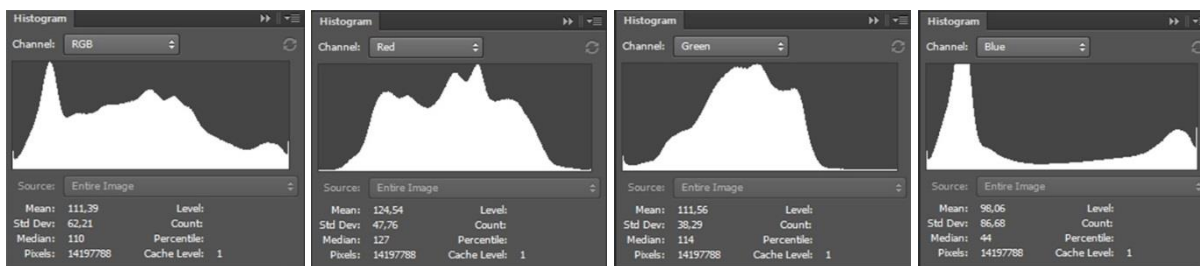


Slika 90. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za mikrofotografsku sliku, oštine uz korak promjene: 10, 20, 30, 40, 50

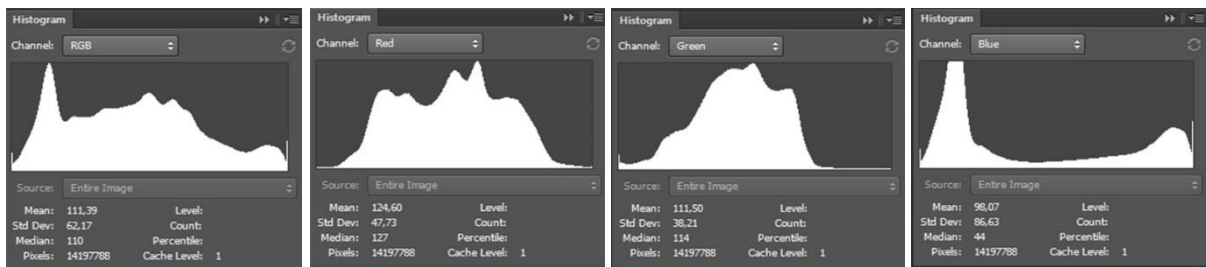
### Low



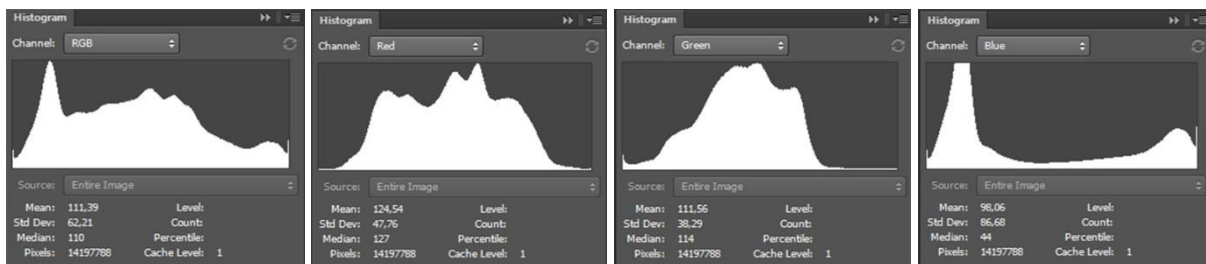
### Medium



## Hight

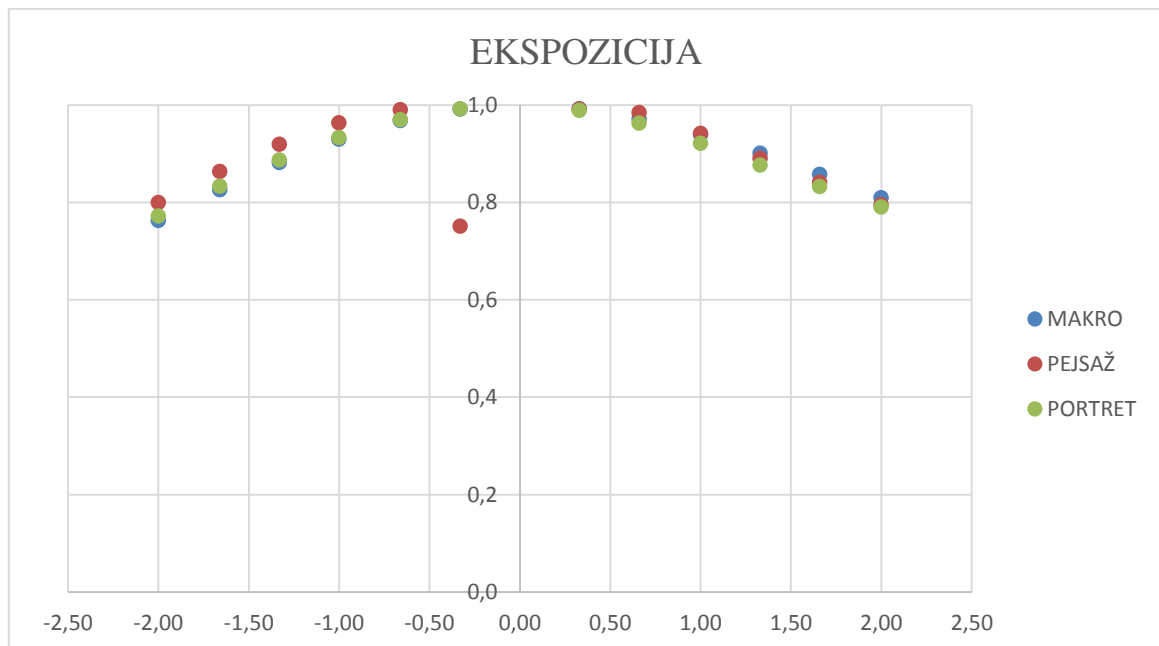


## Maximum

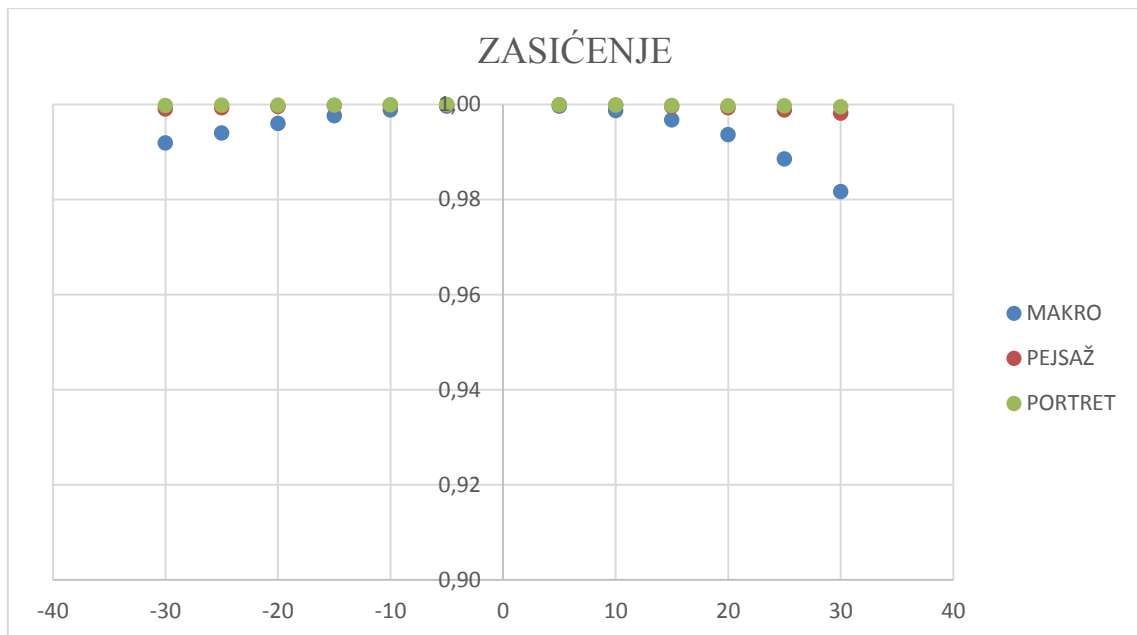


Slika 91. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za makrofotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa

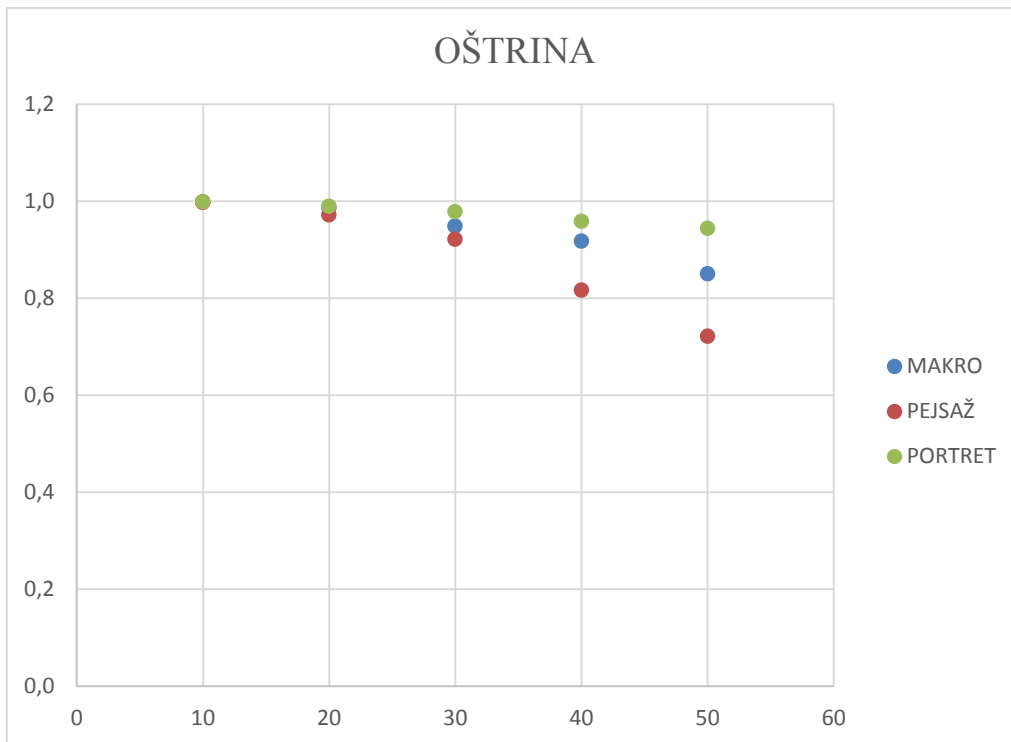
Slike 92 – 95 pokazuju promjene faktora sličnosti degradacijom originalnih fotografskih slika



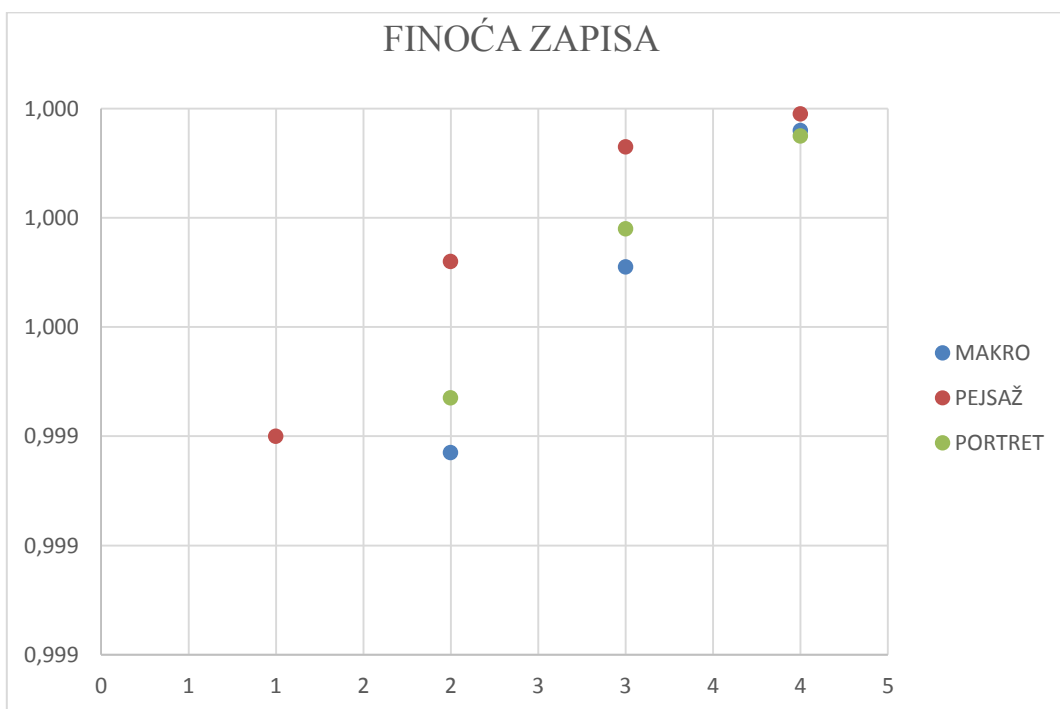
Slika 92. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije za sva tri motiva fotografske slike



Slika 93. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije zasićenja za sva tri motiva fotografske slike



Slika 94. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije oštine za sva tri motiva fotografske slike



Slika 95. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije finoće zapisa za sva tri motiva fotografske slike

Tablica 27.-30. prikazuju vrijednosti faktora sličnosti degradiranih fotografskih slika za promatrane motive

Tablica 27. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa portretne fotografske slike

PORTRET	EKSPOZICIJA	SSIM	ZASIĆENJE	SSIM
1.	<b>+0,33</b>	0,989	<b>+5</b>	1,000
2.	<b>+0,66</b>	0,963	<b>+10</b>	1,000
3.	<b>+1</b>	0,922	<b>+15</b>	1,000
4.	<b>+1,33</b>	0,877	<b>+20</b>	1,000
5.	<b>+1,66</b>	0,833	<b>+25</b>	1,000
6.	<b>+2</b>	0,790	<b>+30</b>	1,000
7.	<b>-0,33</b>	0,992	<b>-5</b>	1,000
8.	<b>-0,66</b>	0,970	<b>-10</b>	1,000
9.	<b>-1</b>	0,933	<b>-15</b>	1,000
10.	<b>-1,33</b>	0,887	<b>-20</b>	1,000
11.	<b>-1,66</b>	0,833	<b>-25</b>	1,000
12.	<b>-2</b>	0,772	<b>-30</b>	1,000
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,897</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>1,000</b>

PORTRET	OŠTRINA	SSIM	FINOĆA ZAPISA	SSIM
1.	<b>10</b>	0,999	<b>Low</b>	0,999
2.	<b>20</b>	0,990	<b>Hight</b>	1,000
3.	<b>30</b>	0,978	<b>Medium</b>	0,999
4.	<b>40</b>	0,959	<b>Maximum</b>	1,000
5.	<b>50</b>	0,944	-	-
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,974</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>1,000</b>



Tablica 28. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa pejzažne fotografske slike

PEJZAŽ	EKSPOZICIJA	SSIM	ZASIĆENJE	SSIM
1.	<b>+0,33</b>	0,985	<b>+5</b>	1,000
2.	<b>+0,66</b>	0,942	<b>+10</b>	1,000
3.	<b>+1</b>	0,891	<b>+15</b>	1,000
4.	<b>+1,33</b>	0,841	<b>+20</b>	0,999
5.	<b>+1,66</b>	0,795	<b>+25</b>	0,999
6.	<b>+2</b>	0,751	<b>+30</b>	0,998
7.	<b>-0,33</b>	0,991	<b>-5</b>	1,000
8.	<b>-0,66</b>	0,963	<b>-10</b>	1,000
9.	<b>-1</b>	0,919	<b>-15</b>	1,000
10.	<b>-1,33</b>	0,864	<b>-20</b>	1,000
11.	<b>-1,66</b>	0,800	<b>-25</b>	0,999
12.	<b>-2</b>	0,729	<b>-30</b>	0,999
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,872</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>0,999</b>

PEJZAŽ	OŠTRINA	SSIM	FINOĆA ZAPISA	SSIM
1.	10	0,997	<b>Low</b>	0,999
2.	20	0,972	<b>Hight</b>	1,000
3.	30	0,921	<b>Medium</b>	1,000
4.	40	0,817	<b>Maximum</b>	1,000
5.	50	0,722	-	0,999
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,886</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>1,000</b>

Tablica 29. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa makrofotografske slike

MAKRO	EKSPOZICIJA	SSIM	ZASIĆENJE	SSIM
1.	<b>+0,33</b>	0,992	<b>+5</b>	1,000
2.	<b>+0,66</b>	0,971	<b>+10</b>	0,999
3.	<b>+1</b>	0,939	<b>+15</b>	0,997
4.	<b>+1,33</b>	0,901	<b>+20</b>	0,994
5.	<b>+1,66</b>	0,857	<b>+25</b>	0,989
6.	<b>+2</b>	0,809	<b>+30</b>	0,982
7.	<b>-0,33</b>	0,992	<b>-5</b>	1,000
8.	<b>-0,66</b>	0,968	<b>-10</b>	0,999
9.	<b>-1</b>	0,930	<b>-15</b>	0,998
10.	<b>-1,33</b>	0,882	<b>-20</b>	0,996
11.	<b>-1,66</b>	0,826	<b>-25</b>	0,994
12.	<b>-2</b>	0,763	<b>-30</b>	0,992
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,903</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>0,995</b>

MAKRO	OŠTRINA	SSIM	FINOĆA ZAPISA	SSIM
1.	10	0,999	<b>Low</b>	0,999
2.	20	0,987	<b>Hight</b>	0,999
3.	30	0,949	<b>Medium</b>	1,000
4.	40	0,918	<b>Maximum</b>	1,000
5.	50	0,851	-	-
<b>Prosječna vrijednost:</b>		<b>0,941</b>	<b>Prosječna vrijednost:</b>	<b>0,999</b>

Tablice 30.-44. prikazuju rezultate simultanih usporedbi originalnih i degradiranih fotografskih slika koje je provedeno ekspertnom skupinom

Tablica 30. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju boja

<b>1. PORTRET EKSPOZICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	-	4
2. +0,66	-	-	4	-
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	2	-	-	-
6. +2	3	3	-	-
7. -0,33	-	-	-	1
8. -0,66	-	1	1	-
9. -1	-	-	-	-
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	-	-	-	-
12. -2	-	1	-	-

Tablica 31. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju tonova

<b>1. PORTRET EKSPOZICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	2	3
2. +0,66	-	-	1	2
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	-	3	-	-
6. +2	3	-	-	-
7. -0,33	-	-	-	-
8. -0,66	-	-	2	-
9. -1	-	1	-	-
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	2	1	-	-
12. -2	-	-	-	-

Tablica 32. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju zasićenja boje

<b>1. PORTRET ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +5	-	-	1	2
2. +10	-	-	3	-
3. +15	-	1	-	1
4. +20	2	-	-	-
5. +25	-	-	-	-
6. +30	3	-	-	-
7. -5	-	-	-	1
8. -10	-	-	1	1
9. -15	-	-	-	-
10. -20	-	1	-	-
11. -25	-	-	-	-
12. -30	-	3	-	-

Tablica 33. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju oštine

<b>1. PORTRET OŠTRINE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. 10	-	-	-	5
2. 20	-	-	5	-
3. 30	-	5	-	-
4. 40	5	-	-	-
5. 50	-	-	-	-

Tablica 34. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju finoće zapisa

<b>1. PORTRET FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. LOW	5	-	-	-
2. MEDIUM	-	5	-	-
3. HIGHT	-	-	5	-
4. MAXIMUM	-	-	-	5

Tablica 35. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju boje

	<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	1	4
2.	<b>+0,66</b>	-	-	3	-
3.	<b>+1</b>	-	-	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	1	-	-
6.	<b>+2</b>	3	1	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	1	1
8.	<b>-0,66</b>	-	1	-	-
9.	<b>-1</b>	1	-	-	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	-	-	-
12.	<b>-2</b>	1	2	-	-

Tablica 36. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju tonova

	<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	3	1
2.	<b>+0,66</b>	-	-	2	1
3.	<b>+1</b>	-	-	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	-	-	-
6.	<b>+2</b>	3	1	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	-	3
8.	<b>-0,66</b>	-	1	-	-
9.	<b>-1</b>	-	-	-	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	1	-	-
12.	<b>-2</b>	2	2	-	-

Tablica 37. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju zasićenja boje

	<b>2. PEJZAŽ ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+5</b>	-	-	3	4
2.	<b>+10</b>	-	-	1	-
3.	<b>+15</b>	-	-	-	-
4.	<b>+20</b>	1	-	-	-
5.	<b>+25</b>	-	-	-	-
6.	<b>+30</b>	3	-	-	-
7.	<b>-5</b>	-	-	1	1
8.	<b>-10</b>	-	1	-	-
9.	<b>-15</b>	-	-	-	-
10.	<b>-20</b>	-	1	-	-
11.	<b>-25</b>	-	3	-	-
12.	<b>-30</b>	1	-	-	-

Tablica 38. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po kriteriju oštine.

	<b>2. PEJZAŽ OŠTRINA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>10</b>	-	-	-	5
2.	<b>20</b>	-	-	5	-
3.	<b>30</b>	-	5	-	-
4.	<b>40</b>	5	-	-	-
5.	<b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 39. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije, po finoće zapisa.

	<b>2. PEJZAŽ FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>LOW</b>	5	-	-	-
2.	<b>MEDIUM</b>	-	5	-	-
3.	<b>HIGHT</b>	-	-	5	-
4.	<b>MAXIMUM</b>	-	-	-	5

Tablica 40. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boje

<b>3. MAKRO EKSPozICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	1	3
2. +0,66	-	-	2	-
3. +1	1	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	-	3	-	-
6. +2	4	1	-	-
7. -0,33	-	-	1	1
8. -0,66	-	1	1	-
9. -1	-	-	-	1
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	-	-	-	-
12. -2	-	-	-	-

Tablica 41. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.

<b>3.MAKRO EKSPozICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	1	-	-	3
2. +0,66	-	-	-	-
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	-	2	-	-
6. +2	3	1	-	-
7. -0,33	-	-	2	2
8. -0,66	-	-	3	-
9. -1	-	1	-	-
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	-	-	-	-
12. -2	1	1	-	-

Tablica 42. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

	<b>3. MAKRO ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+5</b>	-	-	1	3
2.	<b>+10</b>	-	-	3	1
3.	<b>+15</b>	-	1	1	-
4.	<b>+20</b>	-	-	-	1
5.	<b>+25</b>	-	1	-	-
6.	<b>+30</b>	4	-	-	-
7.	<b>-5</b>	-	-	-	-
8.	<b>-10</b>	-	-	-	-
9.	<b>-15</b>	-	-	-	-
10.	<b>-20</b>	-	-	-	-
11.	<b>-25</b>	-	-	-	-
12.	<b>-30</b>	-	3	-	-

Tablica 43. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

	<b>3. MAKRO OŠTRINA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>10</b>	-	-	-	5
2.	<b>20</b>	-	-	5	-
3.	<b>30</b>	-	5	-	-
4.	<b>40</b>	5	-	-	-
5.	<b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 44. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.

	<b>3. MAKRO FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>LOW</b>	5	-	-	-
2.	<b>MEDIUM</b>	-	5	-	-
3.	<b>HIGHT</b>	-	-	5	-
4.	<b>MAXIMUM</b>	-	-	-	5



Tablice 45.-59. prikazuju rezultate memorijskih usporedbi originalnih i degradiranih fotografskih slika koje je provedeno ekspertnom skupinom

Tablica 45. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boje

<b>1. PORTRET EKSPOZICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	4	4
2. +0,66	-	-	1	-
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	-	3	-	-
6. +2	3	1	-	-
7. -0,33	-	-	-	1
8. -0,66	-	1	-	-
9. -1	1	-	-	-
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	-	-	-	-
12. -2	1	-	-	-

Tablica 46. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova

<b>1. PORTRET EKSPOZICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	4	2
2. +0,66	-	-	-	-
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	-	-	-
5. +1,66	-	3	-	-
6. +2	3	-	-	-
7. -0,33	-	-	1	3
8. -0,66	-	1	-	-
9. -1	1	-	-	-
10. -1,33	-	-	-	-
11. -1,66	-	-	-	-
12. -2	1	1	-	-

Tablica 47. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

<b>1. PORTRET ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>+5</b>	-	-	3	4
2. <b>+10</b>	-	-	-	-
3. <b>+15</b>	-	-	-	-
4. <b>+20</b>	-	-	-	-
5. <b>+25</b>	-	2	-	-
6. <b>+30</b>	3	-	-	-
7. <b>-5</b>	-	-	2	1
8. <b>-10</b>	-	1	-	-
9. <b>-15</b>	2	-	-	-
10. <b>-20</b>	-	-	-	-
11. <b>-25</b>	-	-	-	-
12. <b>-30</b>	-	2	-	-

Tablica 48. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

<b>1. PORTRET OŠTRINE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>10</b>	-	-	-	5
2. <b>20</b>	-	-	5	-
3. <b>30</b>	-	5	-	-
4. <b>40</b>	5	-	-	-
5. <b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 49. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa

<b>1. PORTRET FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>LOW</b>	5	-	-	-
2. <b>MEDIUM</b>	-	5	-	-
3. <b>HIGHT</b>	-	-	5	-
4. <b>MAXIMUM</b>	-	-	-	5

Tablica 50. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja

	<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	5	
2.	<b>+0,66</b>	-	-	-	-
3.	<b>+1</b>	-	-	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	3	-	-
6.	<b>+2</b>	4	1	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	-	5
8.	<b>-0,66</b>	-	1	-	-
9.	<b>-1</b>	1	-	-	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	-	-	-
12.	<b>-2</b>			-	-

Tablica 51. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.

	<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	1	3
2.	<b>+0,66</b>	-	-	-	-
3.	<b>+1</b>	-	-	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	3	-	-
6.	<b>+2</b>	4	1	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	3	2
8.	<b>-0,66</b>	-	-	1	-
9.	<b>-1</b>	-	1	-	
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	-	-	-
12.	<b>-2</b>	1	-	-	-

Tablica 52. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

	<b>2. PEJZAŽ ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+5</b>	-	-	3	3
2.	<b>+10</b>	-	-	-	1
3.	<b>+15</b>	-	-	-	-
4.	<b>+20</b>	1	-	-	-
5.	<b>+25</b>	-	4	-	-
6.	<b>+30</b>	3	-	-	-
7.	<b>-5</b>	-	-	-	1
8.	<b>-10</b>	-	-	2	-
9.	<b>-15</b>	-	-	-	-
10.	<b>-20</b>	-	-	-	-
11.	<b>-25</b>	-	-	-	-
12.	<b>-30</b>	1	1	-	-

Tablica 53. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

	<b>2. PEJZAŽ OŠTRINA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>10</b>	-	-	-	5
2.	<b>20</b>	-	-	5	-
3.	<b>30</b>	-	5	-	-
4.	<b>40</b>	5	-	-	-
5.	<b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 54. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa

	<b>2. PEJZAŽ FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>LOW</b>	5	-	-	-
2.	<b>MEDIUM</b>	-	5	-	-
3.	<b>HIGHT</b>	-	-	5	-
4.	<b>MAXIMUM</b>	-	-	-	5

Tablica 55. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja

<b>3. MAKRO EKSPOZICIJA BOJA</b>		<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	1	2
2.	<b>+0,66</b>	-	-	-	-
3.	<b>+1</b>	1	-	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	4	-	-
6.	<b>+2</b>	4	-	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	4	1
8.	<b>-0,66</b>	-	1	-	2
9.	<b>-1</b>	-	-	-	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	-	-	-
12.	<b>-2</b>	-	-	-	-

Tablica 56. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova

<b>3. MAKRO EKSPOZICIJA TONOVA</b>		<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	1	3
2.	<b>+0,66</b>	1	-	1	-
3.	<b>+1</b>	-	1	-	-
4.	<b>+1,33</b>	-	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	-	4	-	-
6.	<b>+2</b>	4	-	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	3	2
8.	<b>-0,66</b>	-	-	-	-
9.	<b>-1</b>	-	-	-	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	-	-	-
12.	<b>-2</b>	-	-	-	-

Tablica 57. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

	<b>3. MAKRO ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+5</b>	-	-	1	2
2.	<b>+10</b>	-	-	2	-
3.	<b>+15</b>	1	-	-	-
4.	<b>+20</b>	-	-	-	-
5.	<b>+25</b>	-	1	-	-
6.	<b>+30</b>	3	1	-	-
7.	<b>-5</b>	-	-	1	2
8.	<b>-10</b>	-	1	1	-
9.	<b>-15</b>	-	-	-	1
10.	<b>-20</b>	-	-	-	-
11.	<b>-25</b>	-	-	-	-
12.	<b>-30</b>	1	2	-	-

Tablica 58. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja oštine

	<b>3. MAKRO OŠTRINA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>10</b>	-	-	-	5
2.	<b>20</b>	-	-	5	-
3.	<b>30</b>	-	5	-	-
4.	<b>40</b>	5	-	-	-
5.	<b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 59. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja finoće zapisa

	<b>3. MAKRO FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>LOW</b>	5	-	-	-
2.	<b>MEDIUM</b>	-	5	-	-
3.	<b>HIGHT</b>	-	-	5	-
4.	<b>MAXIMUM</b>	-	-	-	5

Tablice 60.-74 su prikazani rezultati memorijskih usporedbi originalnih i degradiranih fotografskih slika koje je provela skupina konzumenata

Tablica 60. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boje

<b>2. PORTRET EKSPozICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>+0,33</b>	-	-	12	26
2. <b>+0,66</b>	-	-	-	-
3. <b>+1</b>	-	2	-	-
4. <b>+1,33</b>	-	4	-	-
5. <b>+1,66</b>	-	32	-	-
6. <b>+2</b>	46	1	-	-
7. <b>-0,33</b>	-	-	21	-
8. <b>-0,66</b>	-	-	12	-
9. <b>-1</b>	-	-	4	2
10. <b>-1,33</b>	-	-	-	2
11. <b>-1,66</b>	-	3	-	-
12. <b>-2</b>	5	6	-	-

Tablica 61. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova

<b>2. PORTRET EKSPozICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>+0,33</b>	-	-	15	20
2. <b>+0,66</b>	-	-	5	4
3. <b>+1</b>	-	2	-	-
4. <b>+1,33</b>	1	6	-	-
5. <b>+1,66</b>	-	24	-	-
6. <b>+2</b>	42	3	-	-
7. <b>-0,33</b>	-	-	8	22
8. <b>-0,66</b>	-	-	13	3
9. <b>-1</b>	-	2	6	5
10. <b>-1,33</b>	-	-	3	-
11. <b>-1,66</b>	-	-	-	-
12. <b>-2</b>	3	14	-	-

Tablica 62. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

<b>2. PORTRET ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>+5</b>	-	-	10	17
2. <b>+10</b>	-	-	7	3
3. <b>+15</b>	-	2	-	8
4. <b>+20</b>	3	-	1	-
5. <b>+25</b>	-	8	1	-
6. <b>+30</b>	37	11	-	-
7. <b>-5</b>	-	-	18	8
8. <b>-10</b>	-	-	5	13
9. <b>-15</b>	-	-	-	4
10. <b>-20</b>	-	-	3	-
11. <b>-25</b>	-	2	1	-
12. <b>-30</b>	10	26	-	-

Tablica 63. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

<b>2. PORTRET OŠTRINE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>10</b>	-	-	-	50
2. <b>20</b>	-	-	50	-
3. <b>30</b>	-	50	-	-
4. <b>40</b>	50	-	-	-
5. <b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 64. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa

<b>2. PORTRET FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>LOW</b>	-	-	50	50
2. <b>MEDIUM</b>	-	-	50	50
3. <b>HIGHT</b>	-	-	50	50
4. <b>MAXIMUM</b>	-	-	50	50



Tablica 65. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boja

<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA BOJA</b>		<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	16	22
2.	<b>+0,66</b>	-	1	-	6
3.	<b>+1</b>	-	2	-	-
4.	<b>+1,33</b>	5	-	-	-
5.	<b>+1,66</b>	1	23	-	-
6.	<b>+2</b>	43	4	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	13	20
8.	<b>-0,66</b>	-	-	5	7
9.	<b>-1</b>	-	-	6	-
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	3	-	1
12.	<b>-2</b>	9	12	-	-

Tablica 66. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova

<b>2. PEJZAŽ EKSPozICIJA TONOVA</b>		<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+0,33</b>	-	-	9	26
2.	<b>+0,66</b>	-	2	9	6
3.	<b>+1</b>	-	2	-	-
4.	<b>+1,33</b>	1	4	1	-
5.	<b>+1,66</b>	1	20	1	1
6.	<b>+2</b>	39	6	-	-
7.	<b>-0,33</b>	-	-	23	11
8.	<b>-0,66</b>	-	2	4	8
9.	<b>-1</b>	-	-	2	2
10.	<b>-1,33</b>	-	-	-	-
11.	<b>-1,66</b>	-	6	-	-
12.	<b>-2</b>	6	8	-	-

Tablica 67. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

<b>2. PEJZAŽ ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>+5</b>	-	-	7	6
2. <b>+10</b>	-	-	6	2
3. <b>+15</b>	-	-	8	-
4. <b>+20</b>	1	-	2	3
5. <b>+25</b>	-	12	3	6
6. <b>+30</b>	25	7	-	4
7. <b>-5</b>	-	-	7	14
8. <b>-10</b>	-	2	5	6
9. <b>-15</b>	-	2	3	4
10. <b>-20</b>	-	3	1	3
11. <b>-25</b>	-	7	7	1
12. <b>-30</b>	-	15	18	3

Tablica 68. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

<b>2. PEJZAŽ OŠTRINA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>10</b>	-	-	-	50
2. <b>20</b>	-	-	50	-
3. <b>30</b>	-	50	-	-
4. <b>40</b>	50	-	-	-
5. <b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 69. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa

<b>2. PEJZAŽ FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. <b>LOW</b>	-	-	50	50
2. <b>MEDIUM</b>	-	-	50	50
3. <b>HIGHT</b>	-	-	50	50
4. <b>MAXIMUM</b>	-	-	50	50

Tablica 70. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boja

<b>3. MAKRO EKSPOZICIJA BOJA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	14	29
2. +0,66	-	-	3	5
3. +1	-	-	-	-
4. +1,33	-	6	-	-
5. +1,66	5	13	-	-
6. +2	46	-	-	-
7. -0,33	-	-	27	10
8. -0,66	-	-	4	-
9. -1	-	-	-	2
10. -1,33	-	-	1	2
11. -1,66	-	4	2	-
12. -2	1	26	-	-

Tablica 71. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova

<b>3. MAKRO EKSPOZICIJA TONOVA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1. +0,33	-	-	12	26
2. +0,66	-	-	8	3
3. +1	-	3	-	-
4. +1,33	1	5	-	-
5. +1,66	3	16	-	-
6. +2	37	1	-	-
7. -0,33	-	-	25	17
8. -0,66	2	-	2	4
9. -1	-	-	-	-
10. -1,33	-	3	-	4
11. -1,66	-	4	2	-
12. -2	5	18	-	-

Tablica 72. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje

	<b>3. MAKRO ZASIĆENJE BOJE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>+5</b>	-	-	2	12
2.	<b>+10</b>	-	-	16	9
3.	<b>+15</b>	1	-	9	5
4.	<b>+20</b>	-	2	3	3
5.	<b>+25</b>	-	6	1	4
6.	<b>+30</b>	19	4	-	-
7.	<b>-5</b>	-	-	4	15
8.	<b>-10</b>	-	-	8	2
9.	<b>-15</b>	-	-	-	-
10.	<b>-20</b>	-	1	3	-
11.	<b>-25</b>	1	17	-	-
12.	<b>-30</b>	25	13	-	-

Tablica 73. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine

	<b>3. MAKRO OŠTRINE</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>10</b>	-	-	-	50
2.	<b>20</b>	-	-	50	-
3.	<b>30</b>	-	50	-	-
4.	<b>40</b>	50	-	-	-
5.	<b>50</b>	-	-	-	-

Tablica 74. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa

	<b>3. MAKRO FINOĆE ZAPISA</b>	<b>1</b> u potpunosti neprihvatljiva	<b>2</b> neprihvatljiva	<b>3</b> prihvatljiva	<b>4</b> u potpunosti prihvatljiva
1.	<b>LOW</b>	-	-	50	50
2.	<b>MEDIUM</b>	-	-	50	50
3.	<b>HIGHT</b>	-	-	50	50
4.	<b>MAXIMUM</b>	-	-	50	50

## 5. RASPRAVA

Eksperimentalna analiza temeljena je na istraživanjima vizualnih uspoređivanja kreiranih originala i obradom degradiranih originala fotografskih slika te mjernog određivanja ukupne promjene boja, svjetline, kromatičnosti, dinamičkog raspona, vrijednosti histograma, sposobnosti razdvajanja linija i faktora sličnosti kao pokazatelja njihovih deskriptivnih karakteristika, vizualnih metoda uspoređivanja fotografskih slika ciljano snimljenih digitalnim fotografskim aparatom i obrađenih te definiranih kao originali i obradom tako dobivenih originala te mjerenja provedenih na Adobe Camera Raw tablici boja, ISO 12233 tablici i digitalnim zapisima promatranih fotografskih slika. Vizualni se dio istraživanja provodi s dvije skupine ispitanika: užom skupinom-ekspertima i širom skupinom konzumentima, korištenjem metode simultanog i memorijskog usklađivanja.

Kod postavljenog cilja i izvršene eksperimentalne analize, na temelju dobivenih eksperimentalnih rezultata uže ekspertne skupine kod simultane procjene prihvatljivosti degradacije fotografskih slika simulacijom ekspozicije, zasićenja, oštine, finoće zapisa za sva tri motiva portret, pejzaž, makro fotografske slike prikazani su u tablicama 30., 31., 32., 33., 34., 35., 36., 37., 38., 39., 40., 41., 42., 43., 44., i memorijske procjene prikazane u tablicama 45., 46., 47., 48., 49., 50., 51., 52., 53., 54., 55., 56., 57., 58., 59. Procjenu degradiranih fotografskih slika eksperti su vizualno procjenjivali po kriteriju boja, tonova, zasićenja, oštine i finoće zapisa.

Usklađenost rezultata kod portretne fotografske slike po kriteriju boje, tonova, kao jednog od najzahtjevnijeg motiva s tehničkog semantičkog-sintaktičkog aspekta pokazala se kod simultanog i memorijskog usklađivanja, te mjerni rezultati kolorimetrijskih vrijednosti  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  prostoru boja, klasičnih boja kože, akromatskih boja Adobe Camera Raw tablice boja, za originalnu tablicu tablica 12. i degradirane tablice boja tablica 13., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20., 21., 22., 23., 24. kvantitativno definirana korištenjem formule za promjenu boje  $\Delta E_{00}$ , uz granicu prihvatljivosti 6, kao što je prikazano u tablici 13., 19. rezultirali su da je  $\Delta E_{00} < 6$  što je u skladu s prihvatljivošću, i odgovara kompetentnosti ekspertne skupine, a prikazano je u tablicama 13., 14., 15., 16., 17., 18. Specifičnosti motiva bez obzira na degradaciju daje veću toleranciju kod promjene boje, tonova te bitno ne utječe na percepciju degradirane fotografske slike. Temeljem rezultata zaključeno je da eksperti prihvaćaju promjenu 1/3 otvora objektiva, te smatraju prihvatljivim degradirane boje i tonove. Potpuno prihvatljivim procjenjuju ukupno povećanje ekspozicije od 1/3 otvora objektiva za vrijednost u tablici 13. +0,33 i smanjenje

-0,33, što dokazuje da kako je prikazano u tablici 16., da se promjenom ekspozicije za 1/3 otvora objektiva promatrane boje mijenjaju što daje prihvatljivost ekspertnih procjena. Iz toga proizlazi da promjena simulacije ekspozicije utječe na svjetlinu (L-vrijednost), što utječe na tonske vrijednosti, te je prihvatljivo kod akromatskih boja i boja bliskih akromatskim. Kod zasićenja što je prikazano na tablicama 19., 20., 21., 22., 23., 24. eksperti u obje metode prihvaćaju povećanje i smanjenje 1/3 otvora objektiva te potpuno prihvatljivom procjenjuju degradiranu fotografsku sliku u granicama za vrijednost +5, -5, tablica 19., 22. U tablicama 19., 22. promjenom zasićenja prikazane su promjene boja za povećanje i smanjenje zasićenja za vrijednost +5, -5, koje su eksperti procijenili potpuno prihvatljivim, te mjerno pokazuju na promjene boje koje su vizualno neprimjetne ( $\Delta E_{00} 0,7$ ). U tablici 19. se ukazuju male ukupne razlike boja degradiranih fotografskih slika u odnosu na original promjenom zasićenja u promatranim granicama. Specifičnost motiva daje nam odgovor kroz crno-bijeli fotografski sustav, što objašnjava prihvatljivost portreta kao motiva. Boja kože utječe na percepciju portretne fotografske slike i njezina blizina akromatskoj točki, što utječe na procjene rezultata. U tablicama 33., 48., pokazuje se prihvatljivost oštine fotografske slike, koju su eksperti usklađeni u metodama simultanog i memorijskog ocjenjivanja procijenili potpuno prihvatljivom za vrijednost 10, te graničnu vrijednost 40, procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 34., 49. procijenili su potpuno prihvatljivom maksimalnu -12, potpuno neprihvatljivu low -1. što potvrđuje kvalitativnu sposobnost eksperata.

Pejzažnu fotografsku sliku kako je prikazano u tablicama 36., 37. eksperti su simultanim usklađivanjem potpuno prihvatljivu procijenili povećanje 1/3 otvora objektiva za vrijednost +0,33, -0,33 po kriteriju boje i tonova, te memorijskim usklađivanjem u tablicama 51., 52. smanjenje 1/3 otvora objektiva za vrijednost -0,33, +0,33 po kriteriju boje i tonova. Uzimajući u obzir granicu prihvatljivosti 6 za fotografske slike, promatrane boje mijenjaju se unutar granica prihvatljivosti,  $\Delta E_{00} < 6$ , te se poklapa s ekspertnim procjenama, što je mjerno prikazano u tablicama 13., 16., Pri tome simulacija promjene ekspozicije primarno utječe na svjetlinu (L-vrijednost) što utječe na tonske vrijednosti. U tablicama 37., 52. vidljivo je povećanje i smanjenje zasićenja u granicama vrijednosti +5, -5 za memorijsko i sumiltano usklađivanje koje su eksperti procijenili kao potpuno prihvatljivo u odnosu na original. Promjene kolorimetrijskih vrijednosti su neprimjetne, ali su u skladu sa granicama prihvatljivosti, prikazane ukupne razlike boja izražene su kao  $\Delta E_{00} < 6$ , tablica 19., 22.

U tablicama 38., 53., pokazuje se prihvatljivost oštine fotografske slike, koju su eksperti usklađeni u metodama simultanog i memorijskog ocjenjivanja procijenili potpuno prihvatljivom za vrijednost 10, te graničnu vrijednost 40, procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 39., 54. procijenili su potpuno prihvatljivom maksimalnu -12, potpuno neprihvatljivu low -1.

Kod makrofotografske slike simultano i memorijski degradirane fotografske slike eksperti su procijenili u odnosu na original kao potpuno prihvatljivo povećanje 1/3 objektiva za vrijednost +0,33, a prihvatljivom u simultanom usklađivanju povećanje za vrijednost +0,66, iako je  $\Delta E_{oo} < 6$ , a u memorijskom usklađivanju smanjenje za vrijednost -0,33, po kriteriju simulacije ekspozicije po kriteriju boje i tonova, što je prikazano u tablicama 13., 16., 40., 41., 55., 56.

Tablice 42., 57., prikazane su mjerne vrijednosti degradiranja fotografske slike simulirane povećanjem zasićenja za vrijednost +5 koje su eksperti procijenili kao potpuno prihvatljive u metodama simultanog i memorijskog usklađivanja. Promatrane vrijednosti ukazuju na male promjene i dalje daju prihvatljive rezultate kao što je prikazano u tablici 19. Oštrinu fotografske slike, koju su eksperti procijenili usklađene su u metodama simultanog i memorijskog usklađivanja. Potpuno prihvatljivom procijenili su fotografsku sliku vrijednost 10, te graničnu vrijednost 40, procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50 kao što je prikazano u tablicama 43., 58. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 44., 59. procijenili su potpuno prihvatljivom maksimalnu -12, potpuno neprihvatljivu low -1.

Šira skupina ispitanika-konzumenti procjenjivali su motive, portret, pejzaž i makrofotografsku sliku metodom memorijskog usklađivanja. Temeljem dobivenih rezultata kod portretne fotografske slike kao što je prikazano na tablici 60., 61. simulacijom ekspozicije po kriteriju boje i tonova, potpuno prihvatljivo procijenili su povećanje 1/3 otvora objektiva za vrijednost +0,33, što rezultira usklađenost rezultata kolorimetrijskim vrijednostima koje su prikazane u tablici  $\Delta E_{oo} < 6$  kao što je prikazano u tablici 13. Degradiranu fotografsku sliku po kriteriju zasićenja, potpuno prihvatljivom, procijenili su povećanje u granicama za vrijednost +5, i smanjenje zasićenja su promatranu vrijednost -10 prihvatljivom, u tablicama 19., 22, 62. prikazane su ukupne razlike boja  $\Delta E_{oo}$  u odnosu na definirani original za promatrane boje,  $\Delta E_{oo} < 6$  što potvrđuje prihvatljivost procijene.

U tablici 63. prikazani su rezultati procijene oštine fotografske slike, gdje konzumenti, potpuno prihvatljivom procjenjuju portretnu fotografsku sliku za vrijednost 10, a graničnu

vrijednost 40 procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 64. procijenili su potpuno prihvatljivom, sva četiri ponuđena kriterija finoće zapisa.

Kod pejzažne fotografske slike u oba kriterija simulacijom ekspozicije, povećanje i smanjenje 1/3 objektiva procijenili su promjenu degradacije fotografske slike po kriteriju boje i tonova potpuno prihvatljivom vrijednost +0,33, mjerni podaci pokazuju da je  $\Delta E_{00} < 6$  što je u skladu sa prihvatljivošću tablica 13., 65., 66. U tablici 67. prikazano je da po kriteriju zasićenja konzumenti procjenjuju graničnu vrijednost -5 potpuno prihvatljivom, a prihvatljivom maksimalnu promatranu vrijednost -30, što je u skladu s mjernim karakteristikama jer je  $\Delta E_{00} < 6$ , tablice 22., 24. U tablici 68. također prikazani su rezultati procijene oštine fotografske slike, gdje konzumenti, potpuno prihvatljivom procjenjuju pejzažnu fotografsku sliku za graničnu promatranu vrijednost 10, a vrijednost 40 procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 69. procijenjena potpuno prihvatljivom, za sva četiri ponuđena kriterija finoće zapisa.

Povoljivost rezultata pokazala se kod fotografske slike pejzaž i makro, u oba kriterija simulacijom ekspozicije, povećanje i smanjenje 1/3 objektiva konzumenti procijenili su promjenu degradacije fotografske slike po kriteriju boje i tonova potpuno prihvatljivom vrijednost +0,33, mjerni podaci pokazuju da je  $\Delta E_{00} < 6$ , što je u skladu sa prihvatljivošću što je ukazano u tablici 13., 70., 71. U tablici 72. prikazano je da po kriteriju zasićenja konzumenti procjenjuju graničnu vrijednost -10 potpuno prihvatljivom, a prihvatljivom maksimalnu promatranu vrijednost +10, što je u skladu s mjernim karakteristikama jer je  $\Delta E_{00} < 6$ , tablica 19. U tablici 73. također prikazani su rezultati procijene oštine fotografske slike, gdje konzumenti, potpuno prihvatljivom procjenjuju makrofotografsku sliku za graničnu promatranu vrijednost 10, a vrijednost 40 procijenili potpuno neprihvatljivom u skali od 10 do 50. Finoću zapisa kao što je prikazano u tablicama 74. procijenili su potpuno prihvatljivom, sva četiri ponuđena kriterija finoće zapisa.

Kod tolerancije oštine degradacije fotografskih slika promatranih unutar granica prihvatljivosti 40, dok je u potpunosti prihvatljiva degradacija do 20 što znači smanjenje sposobnosti razdvajanja linija s 1400(horizontalno), 1500 (vertikalno) LW/PH za degradaciju vrijednosti 20, odnosno 150 LW/PH što je prikazano na tablicama 25. Finoća zapisa JPEG zapisa praktički je nepromjenjena sposobnost razdvajanja linija prema ISO 12233 prikazano u tablici 26. Sposobnost razdvajanja linija, kao mjerni pokazatelj oštine crteža, je bitno jače



naglašeno promjenom oštine, te su razlike u odnosu na original znatne i pri degradaciji oštine za vrijednost 10. Nego smanjenjem finoće zapisa, ali elementi tablice ipak ukazuju na degradaciju zapisa što bi se potencijalno naglasilo višekratnim pohranjivanjem digitalnog zapisa u niskoj finoći.

Analiza histograma sva tri motiva prikazana je na slikama 77., 78., 79., 80., 81., 82., 83., 84., 85., 86., 87., 88., a najveće razlike u portretnoj fotografiji u R kanalu izraženije za razliku od drugih kanala. Boja ljudske kože je jedna od najspecifičnijih boja što se tiče reprodukcije i percepcije. Osim naglašene osjetljivosti u percepciji, specifičnost je i u blizini boje kože akromatskoj točki. Zbog toga je za boju kože svjetlina izrazito naglašena u percepciji. Uz navedeno, kada se promatra kromatičnost boje ljudske kože, koleracija odnosno pojačavanje vrijednosti crvenog kanala utječe na doživljaj prikaza boje kože zdravijim. Iako su te promjene vidljive one na samim histogramima nisu vizualno jednostavno uočljive.

Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije za sva tri motiva fotografske slike prikazana je na slikama 92., 93., 94., 95, te u tablicama 27., 28., 29., Određivanje faktora sličnosti temelje se na različitim metodama od kojih se neke temelje na usporedbi s originalom- reference, a neke na općoj procjeni., digitalnog zapisa slike (No-Reference). Sve su metode do sada primarno primjenjive na ocjenu zapisa pokretne slike. Pri tome, metode koje omogućuju usporedbu promatranog zapisa s izvornim (Reference), omogućuje usporedbu originala s degradiranom fotografskom slikom. Rezultati određivanja Full Rreference metode također potvrđuju do sada prikazane rezultate, iako je uočljivo da su razlike tih rezultata izrazito male, te da postoji mogućnost unapređenja ovakvih metoda pri određivanju odstupanja degradirane fotografske slike od originala.

Zaključeno je da rezultati degradacija zapisa originala Adobe Camera Raw tablica boja prikazuju promjenu ekspozicije i zasićenja. Kod te degradacije je za sve boje određena razlika boja kao  $\Delta E_{00}$  unutar vrijednosti 6 za povećanje 1/3 otvora objektiva, i smanjenje 1/3 otvora objektiva pri čemu je  $\Delta E_{00}$  6 granica prihvatljivosti. Sve su navedene promjene degradacija primarno vrijednostima svjetline (L). Kod promjene 2/3 otvora objektiva, kao što je prikazano kod ukupne razlike boja većinom su iznad granice 6 i nisu prihvatljive. Kod promjene zasićenja, došlo je do manjih promjena ukupne razlike boja, u promatranom koraku +/-5. Navedene rezultate potrebno je sagledati ovisno o fotografskom motivu pri čemu je očito da pri ekspertnoj procjeni i procjeni konzumenata postoji razlika u ocjeni degradacije. Iako su

opće razlike promjena boja i ostalih parametara mjerenim na standardnim uzorcima tablica boja uvijek isti, navedeno se može analizirati i kroz promjene specifičnosti boja kao što su kod portreta standardne boje kože. Na makrofotografskoj slici u odnosu na prije promatrane rezultate portretne fotografske slike, gdje je kao tipična boja odabrana standardna boja ljubičice, kao i promatrane pejzažne fotografske slike, gdje je kao promatrana boja odabrana boja plavog neba.

Na temelju dobivenih rezultata napravljena je statistička analiza obrade podataka uz korištenje statističkog paketa STATISTICA 12.0. Za svaku varijablu su izračunati osnovni statistički parametri (deskriptivni podaci, aritmetička sredina, standardna devijacija, medijan, minimalna -maksimalna vrijednost, varijanca, razlika aritmetičkih sredina, pogreška, stupanj značajnosti). Normalnost distribucije varijabli je provjerena korištenjem Kolmogorov-Smirnovljev test-a (K-S test), koleracijska analiza-Pearsonov koeficijent koleracije. Kako bi se ispitalo razlikuju li se tri skupine u pojedinim kriterijima, proveden je postupak analize varijance (ANOVA), Post Hoc Testom i Scheffeov testom. Podaci su sortirani u tri skupine: makro, pejzaž i portret te su tim redom i prikazani deskriptivni rezultati. Sudionici su procjenjivali fotografije na skali Likertovoga tipa s četiri stupnja, od 1 (u potpunosti neprihvatljiva) do 4 (u potpunosti prihvatljiva), a procjenjivali su ekspoziciju prema kriteriju boja, tonova, zasićenje prema kriteriju boje, oštine i finoće zapisa.

U prilogu 1. vidljivi su podaci za skupinu makro-ekspozicija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,67 \pm 0,47$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,23. Za stupanj +0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,63 \pm 0,52$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,27. Za stupanj +1 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,72 \pm 0,46$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,21. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1 \pm 0$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 1, a varijanca 0. Za stupanj -0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,27 \pm 0,45$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,20. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $4 \pm 0$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 4, maksimalna 4, a varijanca 0. Za stupanj -1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju

iznosi  $3,67 \pm 0,58$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,33. Za stupanj -1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,33 \pm 0,55$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,27. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,96 \pm 0,19$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,04.

Rezultati pokazuju kako su ispitanici (konzumenti) kao najprihvatljivije procijenili stupnjeve +0,33, +0,66, -1 i -1,66, a u skupinu prihvatljivih svrstali su stupnjeve -0,33 i -0,66. S druge strane, kao neprihvatljive su procijenili +1,33, +1,66, +2, -1,66 i -2.

U prilogu 2. vidljivi su podaci za skupinu pejzaž-ekspozicija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,56 \pm 0,50$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,25. Za stupanj +0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,71 \pm 0,76$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,57. Za stupanj +1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1 \pm 0$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 1, a varijanca 0. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,96 \pm 0,20$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,04. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,08 \pm 0,28$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,08. Za stupanj -0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,59 \pm 0,50$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,25. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,58 \pm 0,51$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,27. Za stupanj -1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -1,33 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj -1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,5 \pm 1$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 1. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,57 \pm 0,51$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,26.

Rezultati pokazuju kako su ispitanici kao najprihvatljivije procijenili stupnjeve +0,33, +0,66, -0,33 i -0,66, a u skupinu prihvatljivih svrstali su stupanj -1. S druge strane, kao neprihvatljive su procijenili +1, +1,33, +1,66, +2, -1,66 i -2.

U prilogu 3. vidljivi su podaci za skupinu portret – ekspozicija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,68 \pm 0,47$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0,22. Za stupanj +0,66 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj +1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,02 \pm 0,14$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,02. Za stupanj -0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,33 \pm 0,52$  medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,27. Za stupanj -1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $4 \pm 0$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 4, maksimalna 4, a varijanca 0. Za stupanj -1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,55 \pm 0,52$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,27.

Rezultati pokazuju kako su ispitanici kao najprihvatljivije procijenili stupnjeve +0,33 i -1,33, a u skupinu prihvatljivih svrstali su stupnjeve -0,33, -0,66 i -1. S druge strane, kao neprihvatljive su procijenili +1, +1,33, +1,66, +2, -1,66 i -2.

U prilogu 4. vidljivi su podaci za skupinu makro-ekspozicija prema kriteriju tonova za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,68 \pm 0,47$  medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,22. Za stupanj +0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,27 \pm 0,47$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,22. Za stupanj +1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,83 \pm 0,41$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,17. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,84 \pm 0,37$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,14. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,03 \pm 0,16$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,03. Za stupanj -

0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,41 \pm 0,50$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,25. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 1,31$ , medijan je 3,5, minimalna vrijednost 1, maksimalna 4, a varijanca 1,71. Za stupanj -1 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj -1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,14 \pm 1,07$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 1,14. Za stupanj -1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,33 \pm 0,52$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,27. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,78 \pm 0,42$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,18.

Kada je riječ o tonovima, najprihvatljivijima pokazali su se stupnjevi +0,33 i -1,33, a prihvatljivi su +0,66, -0,33 i -0,66. Nasuprot tome, kao neprihvatljive su procijenjeni stupnjevi +1, +1,33, +1,66, +2, -1,66 i -2.

U prilogu 5. vidljivi su podaci za skupinu pejzaž – ekspozicija prema kriteriju tonova za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,74 \pm 0,44$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,20. Za stupanj +0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,24 \pm 0,66$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,44. Za stupanj +1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0,63$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 3, a varijanca 0,40. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,09 \pm 0,51$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 4, a varijanca 0,27. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,13 \pm 0,34$  medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,12. Za stupanj -0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,31 \pm 0,47$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,22. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,43 \pm 0,76$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,57. Za stupanj -1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,5 \pm 0,58$ , medijan je 3,5, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,33. Za stupanj -1,33 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj -1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,57 \pm 0,51$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,26.

Podaci za pejzaž pokazuju da su najprihvatljiviji stupnjevi +0,33 i -1, a stupnjevi +0,66, -0,33 i -1 su prihvatljivi. Stupnjevi +1, +1,33, +1,66, +2, -1,66 i -2 nisu se pokazali prihvatljivima.

U prilogu 6. vidljivi su podaci za skupinu portret – ekspozicija prema kriteriju tonova za 12 stupnjeva. Za stupanj +0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,5 \pm 0,51$ , medijan je 3,5, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,26. Za stupanj +0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,44 \pm 0,53$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 4, maksimalna 4, a varijanca 0,28. Za stupanj +1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,86 \pm 0,25$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,14. Za stupanj +1,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2 \pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj +2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,07 \pm 0,25$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,06. Za stupanj -0,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,73 \pm 0,45$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,20. Za stupanj -0,66 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,19 \pm 0,40$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,16. Za stupanj -1 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,23 \pm 0,73$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,53. Za stupanj -1,33 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -1,66 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj -2 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,82 \pm 0,39$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,15.

Pokazalo se kako je najprihvatljiviji stupanj -0,33, a sljedeći su stupnjevi prihvatljivi: +0,33, +0,66, -0,66, -1 i -1,33. Neprihvatljivima su se pokazali stupnjevi +1, +1,33, +1,66, +2 i -2.

U prilogu 7. vidljivi su podaci za skupinu makro – saturacija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,86 \pm 0,36$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,13. Za stupanj +10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,36 \pm 0,49$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,24. Za stupanj +15 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,20 \pm 0,77$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 1, maksimalna 4, a varijanca 0,60. Za stupanj +20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,13 \pm 0,84$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0,70. Za stupanj +25

aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,82 \pm 0,98$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,96. Za stupanj +30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,17 \pm 0,39$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,15. Za stupanj -5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,79 \pm 0,42$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,18. Za stupanj -10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,20 \pm 0,42$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,18. Za stupanj -15 sudionici nisu dali odgovore. Za stupanj -20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,75 \pm 0,50$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,25. Za stupanj -25 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,94 \pm 0,24$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,06. Za stupanj -30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,34 \pm 0,48$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,23.

Za skupinu makro, pokazalo se kako su najprihvatljiviji stupnjevi +5,+ i -5, a uz njih su primjenjivi +10, +15, +20, -10, -20. S druge strane, neprihvatljivi su +25, +30, -25, -30.

U prilogu 8. vidljivi su podaci za skupinu pejzaž – saturacija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,46 \pm 0,52$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,27. Za stupanj +10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,25 \pm 0,46$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,21. Za stupanj +15 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj +20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,17 \pm 1,17$ , medijan je 3,5, minimalna vrijednost 1, maksimalna 4, a varijanca 1,37. Za stupanj +25 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,71 \pm 0,90$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,81. Za stupanj +30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,53 \pm 0,97$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 4, a varijanca 0,94. Za stupanj -5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,67 \pm 0,48$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,23. Za stupanj -10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,31 \pm 0,75$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,56. Za stupanj -15 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,22 \pm 0,83$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,69. Za stupanj -20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 1$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 1. Za stupanj -25 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,69 \pm 0,63$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a

varijanca 0,40. Za stupanj -30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,67 \pm 0,63$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,40.

U skupini pejzaž, kao najprihvatljiviji stupnjevi pokazao se -5, a sljedeći su prihvatljivi: +5, +10, +15, +20, -10, -15, -20, -25 i -30. Neprihvatljivi su samo +25 i +30.

U prilogu 9. vidljivi su podaci za skupinu portret – saturacija prema kriteriju boja za 12 stupnjeva. Za stupanj +5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,63 \pm 0,49$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,24. Za stupanj +10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,30 \pm 0,48$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,23. Za stupanj +15 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,60 \pm 0,84$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 2, maksimalna 4, a varijanca 0,71. Za stupanj +20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,50 \pm 1$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 3, a varijanca 1. Za stupanj +25 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,11 \pm 0,33$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,11. Za stupanj +30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,23 \pm 0,42$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,18. Za stupanj -5 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,31 \pm 0,47$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,22. Za stupanj -10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,72 \pm 0,46$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 3, maksimalna 4, a varijanca 0,21. Za stupanj -15 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $4 \pm 0$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 4, maksimalna 4, a varijanca 0. Za stupanj -20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj -25 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2,33 \pm 0,58$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 3, a varijanca 0,33. Za stupanj -30 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1,72 \pm 0,45$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 1, maksimalna 2, a varijanca 0,21.

Za skupinu portret, najprihvatljiviji su stupnjevi +5, +15, -10 i -15, a prihvatljivi su +10, -5 i -20. Neprihvatljivi su sljedeći stupnjevi: +20, +25, +30, -25 i -30.

U prilogu 10. prikazani su deskriptivni podaci za kriterij oštine za 5 stupnjeva (od 10 do 50), pri čemu nema odgovora za stupanj 50 te on nije niti prikazan tablično. Za stupanj 10 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $4 \pm 0$ , medijan je 4, minimalna vrijednost 4, maksimalna 4, a varijanca 0. Za stupanj 20 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3 \pm 0$ , medijan je 3, minimalna vrijednost 3, maksimalna 3, a varijanca 0. Za stupanj 30



aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $2\pm 0$ , medijan je 2, minimalna vrijednost 2, maksimalna 2, a varijanca 0. Za stupanj 40 aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $1\pm 0$ , medijan je 1, minimalna vrijednost 1, maksimalna 1, a varijanca 0.

Sve tri skupine (makro, pejzaž i portret) imaju jednaku frekvenciju odgovora te su time i deskriptivni podaci jednaki, stoga su svi prikazani u jednoj tablici. Kao najprihvatljiviji stupanj oštine pokazao se 10, prihvatljiv je 20, dok je 30 neprihvatljiv, a 40 u potpunosti neprihvatljiv. Deskriptivni podaci za kriterij finoća zapisa za 4 stupnja (od low do maximum). Sve tri skupine (makro, pejzaž i portret) imaju jednaku frekvenciju odgovora te su time i deskriptivni podaci jednaki, stoga su svi prikazani u jednoj tablici. Za sva četiri stupnja, aritmetička sredina uz standardnu devijaciju iznosi  $3,5\pm 0,50$ , medijan je 3,5, minimalna vrijednost je 3, maksimalna 4, a varijanca 0,25. Podaci pokazuju kako su sva četiri kriterija finoće zapisa jednako prihvatljiva za sve skupine sudionika.

Nakon deskriptivne analize, provjereni su preduvjeti za provedbu daljnjih parametrijskih postupaka, točnije, provjerila se normalnost distribucije. Za provjeru normaliteta distribucije pojedinih varijabli korišten je Kolmogorov – Smirnovljevi test (K-S test) koji je pokazao kako se distribucije značajno razlikuju od normalne, stoga su napravljene daljnje provjere. Korišteni K-S test osniva se na isključivo jednoj razlici između opaženih i teoretskih vrijednosti (Petz, 2007) pa često samo jedan ekstremni rezultat dovodi do toga da test pokazuje statistički značajnu razliku (Howell, 2010). Iz toga se razloga, uz njega, koriste indeks asimetričnosti i spljoštenosti. Prema tome kriteriju, distribucije je dopušteno tretirati kao normalne te nastaviti parametrijsku obradu podataka ako je indeks asimetričnosti manji od tri, dok je indeks spljoštenosti manji od osam (Kline, 2005). Prema ovome kriteriju, većina varijabli zadovoljava preduvjet za provedbu parametrijskih postupaka, no četiri varijable ne zadovoljavaju niti ovaj uvjet (Boja +1,66, Boja +2, Tonovi +1,66 i Tonovi +2), stoga se neće koristiti u daljnjoj obradi podataka. U prilogu 11. vidljivi su svi spomenuti podaci kao i detaljan prikaz rezultata K-S testa te indeksi asimetričnosti i spljoštenosti.

Provedena je korelacijska analiza kako bi se vidjelo postoji li povezanost između pojedinih kriterija, pri čemu je bilo moguće izračunati Pearsonov koeficijent korelacije između ekspozicije prema kriteriju boje, tonova i saturacije prema kriteriju boja. Kriterij oštine i finoće zapisa nije se moglo uzeti u obzir jer su njihove vrijednosti konstante za sve sudionike i sve stupnjeve. Dobiveni rezultati prikazani su u prilogu 12.

Rezultati pokazuju kako postoji značajna visoka pozitivna korelacija između ekspozicije boja i ekspozicije tonova ( $r=0,87$ ,  $p<0,01$ ). Preciznije rečeno, sudionici koji su davali više procjene za ekspoziciju boja, davali su i više procjene za ekspoziciju tonova. Nadalje, pokazale su se značajne niske negativne korelacije između ekspozicije boja i saturacije boja ( $r= -0,33$ ,  $p<0,01$ ) te između ekspozicije tonova i saturacije boja ( $r= -0,28$ ,  $p>0,01$ ). Stoga, sudionici koji su davali više procjene za ekspozicije boja, davali su niže procjene za saturaciju boja, dok su sudionici koji su davali više procjene za ekspoziciju tonova, također davali niže procjene za saturaciju boja.

Kako bi se ispitalo razlikuju li se tri skupine, makro, pejzaž i portret, u pojedinim kriterijima, proveden je postupak analize varijance (ANOVA).

U prilogu 13. prikazani su rezultati analize varijance za ekspoziciju prema kriteriju boja, pri čemu nisu prikazani rezultati za stupnjeve +1 i +1,33 jer ne postoje podaci za sve tri skupine, vidljivo je kako se skupine makro, pejzaž i portret značajno razlikuju u stupnjevima -0,33, -0,66, -1 i -2, dok se u stupnjevima +0,33, +0,66, -1,33 i -1,66 nije pokazala statistički značajna razlika među grupama. Kako bi se provjerilo koje se točno skupine razlikuju u spomenutim stupnjevima, proveden je i Post Hoc test, a korišten je Scheffeov test. Rezultati su prikazani u Tablici 13.

U prilogu 14. nisu prikazani podaci za stupnjeve +0,66 i -1,33 jer barem jedna skupina ima manje od dva rezultata u tom stupnju, stoga se nije mogao računati Post Hoc test.

Za stupanj -0,33 pokazalo se kako se značajno razlikuju skupine makro i pejzaž te pejzaž i portret, pri čemu je skupina pejzaž davala više procjene od druge dvije skupine za ovaj stupanj. Isto tako, za stupanj -0,66 razlikuju se skupine makro i pejzaž te pejzaž i portret, pri čemu ponovno skupina pejzaž daje više procjene od ostalih skupina. Dakle, skupina pejzaž smatrala je prihvatljivijim fotografije stupnja -0,33 i -0,66 od drugih dviju skupina. Značajna razlika za stupanj -1 pokazala se između skupine makro i pejzaž, a za stupanj -2 između makro i pejzaž te između skupine makro i portret. U ovome slučaju, skupina makro procjenjivala je fotografije kao prihvatljivije nego što su to činile druge dvije skupine.

Uvidom u prilog 15. prikazani su rezultati analize varijance za ekspoziciju po kriteriju tonova, vidljivo je kako se skupine makro, pejzaž i portret značajno razlikuju samo u stupnju -0,33.

U prilogu 16. pokazuje rezultate nakon Scheffeovoga Post Hoc testa, pri čemu nisu prikazani rezultati za stupnjeve -1, -1,33 i -1,66 jer barem jedna od skupina ima manje od dva odgovora

u tom stupnju. Pokazalo se kako se u stupnju -0,33 značajno razlikuju skupine makro i portret te skupine pejzaž i portret, pri čemu su sudionici u skupini portret procjenjivali fotografije prihvatljivijima nego sudionici u druge dvije skupine.

Iz priloga 17. rezultati analize varijance sa saturaciju vidljivo prikazuju kako se skupine makro, pejzaž i portret značajno razlikuju u stupnjevima +20, -5, -10, -25 i -30.

Prilog 18. pokazuje rezultate nakon Scheffeovog Post Hoc testa, pri čemu nisu prikazani rezultati za stupanj -15 jer barem jedna skupina ima manje od dva rezultata za taj stupanj. Provedbom Scheffeovoga testa, uvidjelo se kako ipak postoji razlika među skupinama samo u stupnjevima -5, -25 i -30. U stupnju -5 razlikuju se skupine makro i portret te pejzaž i portret, pri čemu skupine makro i pejzaž procjenjuju fotografije kao prihvatljivije od skupine portret. U stupnju -25 razlikuje se skupina makro i pejzaž, pri čemu skupina pejzaž procjenjuje fotografije kao prihvatljivije nego skupina makro. I u stupnju -30 razlikuju se skupine makro i pejzaž te skupine pejzaž i portret, pri čemu skupina pejzaž procjenjuje fotografije prihvatljivijima od drugih dviju skupina.

Analiza varijance nije provedena za kriterije oštrina i finoća zapisa jer je već iz deskriptivnih podataka vidljivo kako su sve skupine davale potpuno jednake odgovore za spomenute kriterije.

## 6. ZAKLJUČAK

Fotografska slika je najčešći medij prenošenja informacija dvodimenzionalnom statičnom slikom. Odabir fotografskih slika koje prenose određene informacije, bez obzira ostvaruje li se ta slika kao samostalan medij ili kroz druge, medije, tiskane ili elektronske, primarno se temelji na vizualnim procjenama. Kako bi se osigurao odabir fotografskih slika koje prenose upravo željene informacije, potrebno je osigurati objektivizaciju i ponovljivost njihovog izbora. Informacije koje prenosi fotografska slika određene su njezinom semantikom koja je definirana tehničkim i sintaktičkim aspektima. Istraživanja u disertaciji upućuju i na mogućnost definiranja granica prihvatljivosti promjena pojedinih tehničkih i sintaktičkih vrijednosti fotografske slike uz zadržavanje informacija koje prenosi, kao i mogućnost upravljanja pojedinim parametrima digitalnog zapisa fotografske slike sa svrhom mijenjanja informacije koja se prenosi uz zadržavanje ikoničkog karaktera konkretne fotografske slike odnosno prihvaćanja te slike kao realnog zapisa.

U području promjena plavog, zelenog i crvenog kanala digitalnog zapisa fotografske slike u granicama zadržavanja ikoničkog karaktera dokazuju povezanost mjernih karakteristika boja fotografske slike i percepcije fotografije, ali i povezanost granica promjena vrijednosti kanala zapisa i motiva fotografske slike te potrebe definiranja pravca ukupne razlike boja izražene kao delta E 2000. Promjene plavog, zelenog i crvenog kanala digitalnog zapisa fotografske slike realnih motiva su također analizirane i kroz promjene vrijednosti histograma zapisa.

Provedena istraživanja povezuju percepciju, odnosno vizualnu procjenu, fotografske slike s njezinim dinamičkim rasponom, ali se naglašava i problem usporedbe dinamičkog raspona ovisno o mediju realizacije fotografske slike te povezuju i percepciju fotografske slike i informacije koju prenosi s tehničkim karakteristikama te slike uz promjene ekspozicije i opće osjetljivosti pri fotografskom snimanju pri čemu je uz promjene tonskih vrijednosti, odnosno dinamičkog raspona, i boja kao parametar objektivne ocjene uzeta i sposobnost razdvajanja linija kao pokazatelj finoće zapisa odnosno razlučivosti i oštine crteža.

U odnosu na polaznu fotografsku sliku, definiran kao original promjenama u dinamičkom rasponu, bojama i finoći zapisa fotografske slike dolazi do degradacije informacija koju taj original prenosi odnosno da dolazi do komunikacijskog šuma te da je potrebno analizirati sličnost promatrane i polazne fotografske slike. Kod ovih se istraživanja koriste metode određivanja faktora sličnosti pri čemu se razlikuju FR (Full Reference), RR (Reduce Reference) i NR (No Reference) metode. Ako se polazna fotografska slika definira kao original koji prenosi željene informacije, FR metode za određivanje faktora sličnosti

usporedivim s vizualnim procjenama fotografske slike imaju prednost jer se njima ispituje razlika ukupnog sadržaja zapisa promatrane slikovne informacije u odnosu na original.

Vizualna usporedba ukazuje da se za pojedine originale, odnosno motive, mogu tolerirati različite promjene u boji, tonским vrijednostima, oštini i finoći zapisa, odnosno različite degradacije informacija koje prenosi originalna fotografska slika.

Analiza istraživanja ukazuje na mogućnost povezivanja rezultata vizualnih procjena prihvatljivosti fotografske slike i mjernih karakteristika boje, tonских vrijednosti fotografske slike i sposobnosti razdvajanja linija. Definiranja fotografskih slika kao karakterističnih originala, opis i interpretacija mjernih rezultata te utvrđivanje njihove povezanosti s vizualnom procjenom temelj su objektivizacije vizualne prihvatljivosti fotografske slike čime se osigurava prijenos željenih informacija te ponovljivost izbora.

Objektivizacija vizualne procjene prihvatljivosti degradacije originala fotografske slike temeljena na povezivanju vizualnih uspoređivanja i mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža dokazuje mogućnost odabira fotografskih slika koje prenose željene informacije. Pretpostavljene hipoteze su dokazane, kroz vizualnu prihvatljivost fotografske slike koja je povezana s mjernim karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža te je dokazano kako prihvatljivost promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža je ovisna o sintaktičkim i semantičkim karakteristikama fotografske slike.

Povezivanjem prihvatljivosti promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža i vizualnog uspoređivanja, objektivizira se vizualna procjena prihvatljivosti degradacije originala fotografskih slika kao metoda njihovog izbora. Na temelju potpune komparativne analize ostvaren je i znanstveni doprinos kroz povezivanje mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža s vizualnim procjenama fotografske slike, određivanjem granica prihvatljivosti promjena mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža sa sintaktičkim i semantičkim karakteristikama fotografske slike. Unapređenje odabira i ponovljivosti odabira fotografske slike povezivanjem prihvatljivosti degradacije mjernih karakteristika boja, tonских vrijednosti i oštine crteža te vizualnog uspoređivanja fotografskih slika kao temelja objektivizacije prihvatljivosti degradacije i prepoznavanja slike umjetnom inteligencijom.

Dokazano da je vizualna prihvatljivost fotografske slike povezana s promatranim mjernim karakteristikama koje se dovode u vezu sa sintaktičkim i semantičkim karakteristikama fotografske slike. Povezivanje mjernih i vizualnih procjena prihvatljivosti degradiranih

fotografskih slika u odnosu na original može se ostaviti kao metoda odabira fotografskih slika, te je kroz navedeno istraživanje ostvaren pretpostavljeni znanstveni doprinos ovog doktorskog rada.

## 7. LITERATURA

- [1] Allen, E., i Triantaphillidou, S., "The manual of photography", tenth edition, Focal Press, 2011.
- [2] Ang, T., "Digitalna fotografija", Znanje, Zagreb, 2004.
- [3] Mikota, M., "Kreacija fotografijom", V.D.T, Zagreb, 2000.
- [4] Pritchard, M., "A History of Photography in 50 Cameras", FRPS, Firefly Books, 2015.
- [5] Gustavson, T., "Camera: A History of Photography from Daguerreotype to Digital", George Eastman House, 2012.
- [6] Kuen, K.C., Boyle, W.S., i Smith, G.E., "The CCD sensor: A semiconductor circuit for capturing images", On the Nobel Prize in Physics awarded 2009., CONTRIBUTIONS to SCIENCE, svezak:7, izdanje: 2, str:117–124 2011., [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.2436/20.7010.01.116>
- [7] Marsh, A., "How the Digital Camera Transformed Our Concept of History - Born Digital.", IEEE Spectrum, str. 48-48, svezak:57, broj: 7, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/MSPEC.2020.9126112>, 2020.
- [8] Nakamura, J., "Image Sensors and Signal Processing for Digital Still Cameras", CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2006.
- [9] Perry, T., S., "Digital Photography: The Power of Pixels", this is part of IEEE Spectrum's special report, [Mrežno]. Dostupno: <http://pectrum.ieee.org/consumer-electronics/audiovideo/digital-photography-the-power-of-pixels>
- [10] Gustavson, T., "500 Cameras: 170 Years of Photographic Innovation", George Eastman House, 2011.
- [11] Tarrant, J., "Digital Camera Techniques", Taylor & Francis Group, 2013.
- [12] Yousef, M., Iqbal, F., i Hussain, M., "Drone Forensics: A Detailed Analysis of Emerging DJI Models", 2020 11th International Conference on Information and Communication Systems (ICICS), 2020., [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICICS49469.2020.239530>

- [13] Nassi, B., Ben-Netanel, R. i Shamir, A., “Yuval Elovici1 Drones’ Cryptanalysis - Smashing Cryptography with a Flicker“, IEEE Symposium on Security and Privacy (SP), str.1397-1414, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/SP.2019.00051>, 2019.
- [14] Busch, D., D., “Mastering Digital SLR Photography“, third Edition, Course Technology PTR, 2011.
- [15] Boyle, W.S., i Smith, G.E., “Charge Coupled Semiconduct Dvices“, Bell System Technical Journal 49 (4): 587-93, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1002 / j.1538-7305.1970.tb01790.x>.
- [16] Bayer, B., E., “Color Imaging Array“, U. S. Petent 3971 065, issued 1976.
- [17] Boyle, W., S., i Smith, G., E., “Charge Coupled Semiconductor Devices,” Bell Systems Technical Journal, svezak 49, str. 587-593,1970.
- [18] Janesick, J., R.,“Scientific Charge-Coupled Devices“, SPIE Press Bellingham, WA, 2001.
- [19] Wang, D., Yu, G., Zhou, X. i Wang, C., “Image Demosaicking for Bayer-patterned CFA“, 2017 Seventh International Conference on Information Science and Technology (ICIST), Izdavač: IEEE, str.: 464-469, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICIST.2017.7926804>, 2017.
- [20] Fossum, E., R. i Hondongwa, D., B., “A Review of the Pinned Photodiode for CCD and CMOS Image Sensors“, Published in IEEE Journal of the Electron Devices Society , str.:33-43, br. 2, izdanje: 3, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/JEDS.2014.2306412>, 2014.
- [21] Wang, C., Xie, S. i Zhou, X., “Bayer Patterned Image Compression Based on Structure Conversion and APBT“, International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering , svezak:10, br.:2, str.: 333-340, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.14257/ijmue.2015.10.2.30>, 2015.
- [22] Mehta, S., Patel, A. i Mehta, J., “CCD or CMOS Image sensor for photography“, 2015 International Conference on Communications and Signal Processing (ICCSP), Izdavač: IEEE, <https://doi.org/10.1109/ICCSP.2015.7322890>, 2015.



- [23] Gottardi, M., i Yang, W., “ A CCD/CMOS image motion sensor“, IEEE International Solid-State Circuits Conference Digest of Technical Papers, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ISSCC.1993.280051>, 1993.
- [24] Hirayama, T., “The evolution of CMOS image sensors“, 2013 IEEE Asian Solid-State Circuits Conference (A-SSCC), [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ASSCC.2013.6690968>, 2013.
- [25] Janesick, J. i Putnam, G., “ Developments i Applications o High-Performance CCD i CMOS i maging Arrays“, Annual Review of Nuclear and Particle Science, svezak: 53, str.:263-300, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1146/annurev.nucl.53.041002.110431>, 2003.
- [26] Athauda, H., V., i Balasuriya, N., “A New DSLR Camera Autofocusing Algorithm Based on Colour Information“, 14th Conference on Industrial and Information Systems (ICIIS), 2019., [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICIIS47346.2019.9063314>
- [27] Kelby, S., “The Digital Photography Book“, secend edition, Peachpit Press, 2013.
- [28] Langford, M., “Basic photography“, 7 th edition, An imprint of Elsevier, Focal Press, 2000.
- [29] Grey, C., “Canon DSLR: The Ultimate Photographer's Guide“, Focal Press, Elsevier Ltd., 2008.
- [30] Kallen, S. A., “Digital Cameras and Camcorders“, Gale, Cengage Learning, 2014.
- [31] Langford, M., “Basic photography“, 7 th edition, An imprint of Elsevier, Focal Press, 2000.
- [32] Rand, G., Litschel, D., i Davis, R., “Digital Photographic Capture“, Focal Press, 2005.
- [33] McHugh, S. T., “Understanding Photography: Master Your Digital Camera and Capture That Perfect Photo“, No Starch Press, Inc., San Francisco, 2019.
- [34] Jerome, C., W., “ Absolute Color Rendering“, Journal of the Illuminating Engineering Society, svezak: 4, br.: 1, str.: 25-28, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1080/00994480.1974.10732284>, 2013.

- [35] Nickerson, D., “Light Sources and Color Rendering“, Journal of the Optical Society of America, svezak: 50, izdanje: 1, str.: 57-69 , [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1364/JOSA.50.000057>, 1960.
- [36] Shum H., Y., i Kang, S., B., “A Review of Image-based Rendering Techniques“, Visual Communications and Image Processing, svezak: 4067, str: 1-12, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1117/12.386541>, 2000.
- [37] Rea, M., S., i Freyssinier, J., P., “Color Rendering: Beyond Pride and Prejudice“, Color Research & Application, svezak: 35, izanje: 6, str.: 401-409, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1002/col.20562>, 2010.
- [38] Sharma, A., i Sonker,A., “Benefaction of Digital Image Processing Techniques in Quality Assessment of Rose Flower“, 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT),2019., [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICCCNT45670.2019.8944567>
- [39] Burger, W. i Burge, M., J., “Principles of Digital Image Processing: Fundamental Techniques“, Springer-Verlag London Limited, 2009.
- [40] Solomon, C. i Breckon, T., “Fundamentals of Digital Image Processing: A Practical Approach with Examples in MatLab“, John Wiley&Sons, 2011.
- [41] Jayaraman, S., Esakkirajan, S. i Veerakumar, T., “Digital Image Processing“, Tata McGraw Hill Education Private Limited, 2009.
- [42] Yuan, L., i Ebrahimi, T., “Image transmorphing with JPEG“, 2015 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICIP.2015.7351547>, 2015.
- [43] Schewe, J. i Fraser, B., “Real World Camera Raw with Adobe Photoshop CS5“, Peachpit Press, Berkeley, CA, 2011.
- [44] Yuan, L., i Sun, J., “High quality image reconstruction from RAW and JPEG image pair“, International Conference on Computer Vision, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICCV.2011.6126492>, 2011.
- [45] Salvaggio, N., L., i Shagam, J., “Basic Photographic Materials and Processes“, Taylor & Francis, Fourth edition published-Routledge, 2020.

- [46] Le, N., i Reirant, F., “ Statistical Detector of Resampled TIFF Images“, 2018. IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ISSPIT.2018.8642747>, 2018.
- [47] Pm, N., i Chezian, R., “Various Colour Spaces And Colour Space Conversion Algorithms“, Journal of Global Research in Computer Science, svezak:4, izanje: 1, 2013.
- [48] Kuehni, R., G., “ Color Space and Its Divisions: Color Order from Antiquity to the Present“, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1002 / 0471432261>, 2003.
- [49] Sharma, A., “ Understanding Color Management“, Thomson Delmr Learning Inc., 2004.
- [50] Reinhard, E., Stark, M., Shirley, P., i Ferwerda, F., “ Photographic Tone Reproduction for Digital Images“, ACM Transactions on Graphics, svezak: 21, Izdanje: 3, str.: 267-276, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/ 10.1145/566654.566575>,2002.
- [51] Facciolo, G., Pacianotto, G., Renaudin, M., Viard, C., i Guichard, F., “ Quantitative measurement of contrast, texture, color, and noise for digital photography of high dynamic range scenes“, Society for Imaging Science and Technology, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.2352/ISSN.2470-1173.2018.12.IQSP-170>, 2018.
- [52] Williams, D., i Burns, P., “ Measuring and Managing Digital Image Sharpening“, Archiving Conference, Izdavač: Society for Imaging Science and Technology, svezak: 5, str.:89-93, 2008.
- [53] Nuutinen, M., Orenius, O.,Timo Säämänen,T., i Oittinen, P., “A framework for measuring sharpness in natural images captured by digital cameras based on reference image and local areas“, Journal on Image and Video Processing , [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1186/1687-5281-2012-8>, 2012.
- [54] Hua, F., Johnson, P., Sazonova, N., Lopez-Meyer, P., i Schuckers S., “ Impact of out-of-focus blur on face recognition performance based on modular transfer function“, 5th IAPR International Conference on Biometrics (ICB), [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/icb.2012.6199763>,2012.
- [55] Gulrajani, M., L., “Colour Measurement: Principles, Advances and Industrial Applications“, Woodhead publishing, Philadelphia, 2010.

- [56] Hunt, R., W., G., i Pointer, M., R., “ Measuring Colour“, John Wiley & Sons, Ltd.,UK, 2011.
- [57] Fernandez-Maloigne, C., Editor, “Advanced Color Image Processing and Analysis“, Springer Science+Business Media New York, 2013.
- [58] Ibraheem, N., A., Hasan, M., M., Khan, R., Z., i Mishra, P., K., “ Understanding Color Models: A Review“, ARPN Journal of Science and Technology, svezak: 2, izdanje :3, str.:265-275, 2012.
- [59] Loesdau, M., Chabrier, S. i Gabillon, A., “ Hue and Saturation in the RGB Color Space“, 6th International Conference, ICISP, Lecture Notes in Compute, svezak: 8509, str.:203-212, [Mrežno]. Dostupno: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-07998-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-319-07998-1_23), 2014.
- [60] Hanbury, A., “The Taming of the Hue, Saturation and Brightness Colour Space“, In Proceedings of the 7th CVWW, str.: 234-243, 2002.
- [61] Lilley C., Lin, F., Hewitt, W., T., i Howard, T., L., J., “ Colour in Computer Graphics“, ITTI, Manchester, UK, 2000.
- [62] Malacara, D. “Color vision and colorimetry: theory and applications“, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), SPIE press, 2011.
- [63] Luo, M., R., Cui, G., i Rigg, B., “The development of the CIE 2000 colour-difference formula: CIEDE2000“, Color Research & Application, Volume 26, Issue 5, str.: 340-350, 2001.
- [64] Mokrzycki, W.,S., i Tatol, M., “Colour difference  $\Delta E$ -A survey“, Lournal of Machine Graphics And Vision, svezak: 20, izdanje:4, str.: 383-412, 2011.
- [65] Linford, C., “The Complete Guide to Digital Color: Creative Use of Color in the Digital Arts“, Harper Collins, 2004.
- [66] Braun, K., M., i Fairchild, M., D., “Viewing Environments for Cross-Media Image Comparisons“, Munsell Color Science Laboratory, Center for Imaging Science , Rochester Institute of Technology, Rochester, New York,1996., [Mrežno]. Dostupno: [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1520-6378\(199602\)21:1<6::AID-COL1>3.0.CO;2%23Citations](https://doi.org/10.1002/(SICI)1520-6378(199602)21:1<6::AID-COL1>3.0.CO;2%23Citations)

- [67] Sizintsev, M., Derpanis, K., G., “Histogram-based search: A comparative study“, Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Izdavač: IEEE, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/CVPR.2008.4587654>, 2008.
- [68] Patel, S., i Goswami, M., “Comparative Analysis of Histogram Equalization Techniques“, International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I), [Mrežno]. Dostupno: doi: 10.1109/IC3I.2014.7019808, 2014.
- [69] Ooi, C., H., i Isa, N., A., M., “Quadrants dynamic histogram equalization for contrast enhancement“, IEEE Transactions on Consumer Electronics, svezak: 56 , br.: 4, str.:2552-2559, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/TCE.2010.5681140>, 2010.
- [70] Wang, Z. i Bovik, A. C., “Modern Image Quality Assessment“, Morgan & Claypool, United States of America, 2006.
- [71] Akhtar, Z., i Falk, T., H., “Audio-Visual Multimedia Quality Assessment: A Comprehensive Survey“, Article in IEEE Access, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2750918>, 2017.
- [72] Nuutinen, M., Orenius, O., Säämänen, T. i Oittinen, P., “ Reference image method for measuring quality of photographs produced by digital cameras“, Proceedings of SPIE-The International Society for Optical Engineering, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1117/12.871999>, 2011.
- [73] Gandhi, S., A., i Kulkarni, C., V., “ Why ssim? - A full reference image quality assessment“, International Journal of Electronics and Communication Engineering (IJECE), Svezak: 2, br.: 2, str.: 135-142, 2013.
- [74] Ni , J., Luo, G., Yu,T., i Li, N., C., “ No-reference image sharpness Algorithm based on gradient shape“, 9th International Congress on Image and Signal Processing, BioMedical Engineering and Informatics (CISP-BMEI), [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/CISP-BMEI.2016.7852816>, 2016.
- [75] Nuutinena, M., Oreniusb, O., Säämänenb, T., i Oittinena, P., “ Reference image method for measuring quality of photographs produced by digital cameras“, IS&T/SPIE Electronic Imaging, Image Quality and System Performance zbornik radova: 7867, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1117/12.871999>, 2011.

- [76] Präkel, D., "Basics Photography Exposure", An AVA Book, AVA Publishing SA, 2009.
- [77] Robertson, M. A., Borman, S. i Stevenson, R., L., "Dynamic range improvement through multiple exposures", International Conference on Image Processing, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.1109/ICIP.1999.817091>, str.: 159-163,1999.
- [78] Facciolo, G., Pacianotto, G., Renaudin, M. i Viard, C., "Quantitative measurement of contrast, texture, color, and noise for digital photography of high dynamic range scenes", Article in Electronic Imaging, [Mrežno]. Dostupno: <https://doi.org/10.2352/ISSN.24701173.2018.12.IQSP-170>, (12):1-10, 2018.
- [79] Peterson, B., "Understanding Exposure", Random House LLC., 2016.
- [80] ISO 12233:2017 Photography-Electronic still picture imaging-Resolution and spatial frequency responses, [Mrežno]. Dostupno: <https://www.iso.org/standard/71696.html>
- [81] ISO 3664:2009 Graphic technology and photography-Viewing conditions [Mrežno]. Dostupno: <https://www.iso.org/standard/43234.html>
- [82] Ahtik, J., "Korelacija med objektivno in subjektivno ovrednoteno vizualno kakovostjo digitalnih fotografij ter njihovo sporočilnostjo", Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 2017.
- [83] Hsien-Che, L., "Introduction to Color Imaging Science" Cambridge University Press The Edinburgh Building, Cambridge, UK, 2005.
- [84] Pascale, D., "RGB coordinates of the Macbeth ColourChecker", The BabelColour Company, [Mrežno]. Dostupno: <https://www.BabelColour.com>
- [85] Matijević M., "Vizualni efekt proširivanja i simultanog kontrasta u grafičkoj komunikaciji", doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2013.
- [86] Vusić D., "Efekt neonskoga proširivanja boje u procesu grafičke reprodukcije", doktorski rad, Grafički fakultet, Zagreb, 2012.
- [87] Howell, D., C., "Statistical Methods for Psychology". Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning, 2010.

[88] Kline, R., B., "Principles and practice of structural equation modeling (second edition). New York: Guilford Press, 2005.

[89] Petz, B., "Osnovne statističke metode za nematematičare-sedmo izdanje". Jastrebarsko: Naklada Slap, 2007.

[90] Horvat, J., i Josipa Mijoč, J. "Osnove statistike", Naklada Ljevak d.o.o, Zagreb, 2012.

## 8. PRILOZI

### 8.1 PRILOG 1. -POPIS SLIKA

Slika 1. Shematski prikaz digitalnog fotografskog sustava.....	3
Slika 2. Prototip prvog digitalnog fotografskog aparata, 1975. godina.....	5
Izvor: Marsh, A., “How the Digital Camera Transformed Our Concept of History - Born Digital.“, IEEE Spectrum, str: 48-48, svezak:57, broj: 7, [Mrežno]. Dostupno: doi: 10.1109 / MSPEC.2020.9126112, 2020.	
Slika 3. Bayer filter .....	6
Slika 4. Mavica digitalni fotografski aparat, 1981. godina .....	7
Izvor: <a href="https://www.digitalkameramuseum.de/en/prototypes-rarities/item/sony-mavica">https://www.digitalkameramuseum.de/en/prototypes-rarities/item/sony-mavica</a>	
Slika 5. Canon RC-701, 1984. godina.....	7
Izvor: <a href="https://global.canon/en/c-museum/history/story07.html">https://global.canon/en/c-museum/history/story07.html</a>	
Slika 6. Kodak 1.4 megapixel sensor, 1986. godina .....	8
Izvor: <a href="https://aehistory.wordpress.com/1986/10/09/1986-kodak-invents-the-megapixel-sensor/#jp-carousel-174">https://aehistory.wordpress.com/1986/10/09/1986-kodak-invents-the-megapixel-sensor/#jp-carousel-174</a> )	
Slika 7. FUJIX DS-1P, 1988. godina.....	8
Izvor: <a href="https://www.fujifilm.com/innovation/achievements/ds-1p/">https://www.fujifilm.com/innovation/achievements/ds-1p/</a>	
Slika 8. Dycam Model 1 (Logitech FotoMan), 1990. godina.....	9
Izvor: <a href="http://historical-cameras.blogspot.com/2008/11/dycam-model-1-logitech-fotoman.html">http://historical-cameras.blogspot.com/2008/11/dycam-model-1-logitech-fotoman.html</a>	
Slika 9. Kodak DCS fotografski aparat sa svojom jedinicom za digitalno pohranjivanje (DSU).....	10
Izvor: <a href="https://www.nikonweb.com/dcs100/">https://www.nikonweb.com/dcs100/</a>	
Slika 10. Kodakov model pod nazivom DCS-200 iz 1992. godina .....	10
Izvor: <a href="http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/Kodak/index.htm">http://www.mir.com.my/rb/photography/companies/Kodak/index.htm</a>	
Slika 11. Fuji DS-200F digitalni fotografski aparat, 1993. godina.....	11
Izvor: <a href="https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/fujix-ds-200f">https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/fujix-ds-200f</a>	



Slika 12. Apple QuickTake 100 kamera, 1994. godina.....	12
Izvor: <a href="https://istyle.hr/blog/kako-je-apple-promijenio-nas-svijet-revolucionarni-uredaji">https://istyle.hr/blog/kako-je-apple-promijenio-nas-svijet-revolucionarni-uredaji</a>	
Slika 13. Kodak DC40, 1995. godina .....	12
Izvor: <a href="https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/kodak-dc40">https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/kodak-dc40</a>	
Slika 14. Casio QV-11 s LCD monitor, 1995. godina.....	13
Izvor: <a href="https://www.digicammuseum.de/geschichten/erfahrungsberichte/casio-qv-11/">https://www.digicammuseum.de/geschichten/erfahrungsberichte/casio-qv-11/</a>	
Slika 15. Sony Cyber-Shot DSC-F1, 1996.godina.....	13
Izvor: <a href="https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/sony-dsc-f1">https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/sony-dsc-f1</a>	
Slika 16. Nikon D1 prvi digitalni profesionalni fotografski aparat, 1999. godina.....	14
Izvor: <a href="https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/nikon-d1">https://www.digitalkameramuseum.de/en/cameras/item/nikon-d1</a>	
Slika 17. Canon EOS ID, 2001. godina.....	15
Izvor: <a href="https://www.outbackphoto.com/reviews/equipment / Canon _ EOS _ 1D/Canon _ 1D_ review.html">https://www.outbackphoto.com/reviews/equipment / Canon _ EOS _ 1D/Canon _ 1D_ review.html</a> )	
Slika 18. Canon EOS 300D, digitalni fotografski aparat sa CMOS senzorom, 2003. godina .....	16
Izvor: <a href="https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_300D/1982.aspx">https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_300D/1982.aspx</a>	
Slika 19. Canon EOS 5D Mark II, 2008. godina.....	16
Izvor: <a href="https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_300D/1982.aspx">https://www.digitalkamera.de/Testbericht/Testbericht_Canon_EOS_300D/1982.aspx</a>	
Slika 20. Nikon 5D, 2008.godina.....	16
Izvor: <a href="https://www.nikon.hr/hr_HR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d90">https://www.nikon.hr/hr_HR/product/discontinued/digital-cameras/2015/d90</a>	
Slika 21. Samsung NX10, 2010. godina .....	17
Izvor: <a href="https://www.photographyblog.com/reviews/samsung_nx10_review/specifications">https://www.photographyblog.com/reviews/samsung_nx10_review/specifications</a>	
Slika 22. Fujifilm X100, 2011. godina.....	17
Izvor: <a href="https://www.kenrockwell.com/fuji/x100.htm">https://www.kenrockwell.com/fuji/x100.htm</a>	
Slika 23. Sony RX100, 2012. godina.....	17
Izvor: <a href="https://www.imaging-resource.com/PRODS/sony-rx100/sony-rx100A.HTM">https://www.imaging-resource.com/PRODS/sony-rx100/sony-rx100A.HTM</a>	
Slika 24. Nokia Lumia 1020, 2013. godina.....	18
Izvor: <a href="https://gadgets.ndtv.com/nokia-lumia-1020-923">https://gadgets.ndtv.com/nokia-lumia-1020-923</a>	

Slika 25. Leica Q, 2015. godina.....	18
Izvor: <a href="http://digicamchart.com/leica/leica-q-typ-116-185">http://digicamchart.com/leica/leica-q-typ-116-185</a>	
Slika 26. Panasonic GH5, 2017.godina.....	19
Izvor: <a href="https://shop.panasonic.com/cameras-and-camcorders/cameras/lumix-interchangeable-lens-ilc-cameras/DC-GH5KBODY.html">https://shop.panasonic.com/cameras-and-camcorders/cameras/lumix-interchangeable-lens-ilc-cameras/DC-GH5KBODY.html</a>	
Slika 27. Nikon 850D, 2017.godina.....	19
Izvor: <a href="https://www.nikon.com/news/2017/0824_dslr_01.htm">https://www.nikon.com/news/2017/0824_dslr_01.htm</a>	
Slika 28. Dron DJI Mavic Air, 2018. godina.....	20
Izvor: <a href="https://www.exportersindia.com/thirdidigital-company6168658/dji-mavic-air-drone-4732970.htm">https://www.exportersindia.com/thirdidigital-company6168658/dji-mavic-air-drone-4732970.htm</a>	
Slika 29. Fujifilm GFX100, 2019. godina.....	21
Izvor: <a href="https://www.juzaphoto.com/recensione.php?l=en&amp;t=fujifilm_gfx100">https://www.juzaphoto.com/recensione.php?l=en&amp;t=fujifilm_gfx100</a>	
Slika 30. Canon EOS-1D X Mark III, 2020. godina.....	21
Izvor: <a href="https://www.canon-europe.com/cameras/eos-1d-x-mark-iii/">https://www.canon-europe.com/cameras/eos-1d-x-mark-iii/</a>	
Slika 31. Presjek digitalnog DSLR fotografskog aparata.....	22
Slika 32. Razlika CCD i CMOS senzora u prijenosu i pretvorbi naboja .....	24
Slika 33. CCD i CMOS senzor, vizualni izgled čipa.....	25
Slika 34. Bayer filter i raspored filtra u matrici .....	26
Izvor: Wang, D., Yu, G., Zhou,X., i Wang, C., “Image Demosaicking for Bayer-patterned CFA Images Using Improved Linear Interpolation, 2017 Seventh International Conference on Information Science and Technology (ICIST), IEEE, [Mrežno]. Dostupno: doi: 10.1109/ICIST.2017.7926804	
Slika 35. Dijelovi digitalnog fotografskog aparata.....	27
Slika 36. Digitalni put slike .....	28
Slika 37. Sučelje programa za predobradu i obradu digitalnog zapisa fotografske slike adobe Photoshop 2020.....	30

Slika 38. Pristupi renderiranju: a) uz apsolutne kolorimetrijske namjere, b) s relativnim kolorimetrijskim namjerama, c) uz saturacijske namjere, d) uz percepcijske namjere.....	31
Izvor: Mikota, M., prezentacija-predavanje	
Slika 39. Adobe RGB prostor boja unutar dijagramakromatičnosti.....	40
Izvor: Salvaggio, N., L., i Shagam, J., “Basic Photographic Materials and Processes“, Taylor & Francis, Fourth edition published - Routledge, 2020., str.294	
Slika 40. sRGB prostor boja unutar dijagrama kromatičnosti.....	41
Izvor:Salvaggio, N., L., i Shagam, J., “Basic Photographic Materials and Processes“, Taylor & Francis, Fourth edition published-Routledge, 2020., str.294	
Slika 41. Uzorak šipke, izvornik (gore); s degradacijom leće (dolje).....	45
Slika 42. Tablica razlučivosti Tablica razlučivosti USAF 1951. godina.....	46
Izvor: Allen,E., i Triantaphillidou, S.,“The manual of photography“, tenth edition, Focal Press, 2011., str.353	
Slika 43. Tablica ISO 12233 sposobnost razdvajanja linija .....	46
Izvor: ISO 12233:2017, “Photography - Electronic still picture imaging - Resolution and spatial frequency responses, [Mrežno]. Dostupno: <a href="https://www.iso.org/standard/71696.html">https://www.iso.org/standard/71696.html</a>	
Slika 44. Aditivni i Suptraktivni model boja .....	48
Izvor:Sharma, A., “Understanding Color Management“, Thomson Delmr Learning Inc., 2004. , str.14	
Slika 45. a) organizacija boja u Munsellovom krugu s konstantnom vrijednošću, b) krug Munsellovih boja za zadanu Munsellovu vrijednost.....	49
Izvor: Malacara, D., “Color vision and colorimetry: theory and applications“, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, SPIE press, 2011., str.107.-108.	
Slika 46. Približni prikaz Munsellovih boja za četiri različite nijanse .....	50
Izvor: Malacara,D., “Color vision and colorimetry: theory and applications“, Society of Photo - Optical Instrumentation Engineers (SPIE), SPIE press, 2011., str.109.	
Slika 47. Ton boje .....	50
Slika 48. Zasićenje boje .....	50

Slika 49. Svjetlina boje .....	51
Slika 50. HSB i HLS prostor boja .....	51
Izvor: Lilley C., Lin F., Hewitt W. T., Howard T. L. J., "Colour in Computer Graphics», ITTI, Manchester, UK, 2000., str. 40, 41.	
Slika 51. Relativno mjesto nekih Munsellovih perceptivno jednako razmaknutih boja u CIELAB a b dijagramu .....	53
Izvor: Malacara, D., "Color vision and colorimetry: theory and applications", Society of Photo - Optical Instrumentation Engineers (SPIE), SPIE press, 2011., str.121.	
Slika 52. Funkcija f (s) za prostor boja CIE L' u' v' i CIE L* a* b* .....	55
Izvor: Malacara, D., "Color vision and colorimetry : theory and applications", Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE), SPIE press, 2011., str.113	
Slika 53. CIE, 1976., L' u' v' model boja.....	55
Izvor: Malacara, D., "Color vision and colorimetry : theory and applications", Society of Photo - Optical Instrumentation Engineers (SPIE), SPIE press, 2011., str.113	
Slika 54. CIE L* a* b* model boja .....	58
Izvor: Sharma, A., "Understanding Color Management", Thomson Delmr Learning Inc., 2004., str.93	
Slika 55. Grafička interpretacija razlike u boji i prostora koji se razlikuju od uzorka vrijednosti manje $\Delta E^*_{ab}$ .....	58
Izvor: Mokrzycki W.S., i Tatol, M., "Colour difference $\Delta E$ - A survey", Lournal of Machine Graphics And Vision, svezak: 20, izdanje:4, str.: 383-412, 2011.	
Slika 56. Histogram slike koja prikazuje puno detalja u cijelom tonalnom rasponu.....	60
Slika 57. Histogram slike s prirodno tamnim tonalnim karakteristikama.....	61
Slika 58. Histogram za visokokvalitetne slike sa svijetlim tonovima .....	61
Slika 59. RGB histogram.....	61
Slika 60. Pregled (a) Potpuno referentne metode FR, (b) Smanjene reference RR, (c) Bezreferentna metoda NR .....	63
Akhtar, Z., i Falk, T. H., "Audio-Visual Multimedia Quality Assessment: A Comprehensive Survey", Article in IEEE Access, 2017, [Mrežno].Dostupno: doi: 10.1109/ACCESS.2017.2750918	

Slika 61. Snimljeni realni fotografski motivi: a) portret b) makrofografija c) pejzaž .....	70
Slika 62. Promjena ekspozicije u koraku 1/3 otvora objektiva u rasponu +/- 2 otvora objektiva za portret .....	71
Slika 63. Promjena zasićenja u korak promjene +/- 30 na skali od -100 do+100 uz korak promjene 5 za portret .....	71
Slika 64. Oštrina fotografskih slika degradirana do vrijednosti 50 na skali od 0 do 100 uz korak promjene 10 za portret .....	72
Slika 65. Adobe Camera Raw tablica boja .....	72
Slika 66. ISO 12233 tablica .....	73
Slika 67. Slikovni prikaz položaja ispitanika .....	74
Ahtik, J., "Korelacija med objektivno in subjektivno ovrednoteno vizualno kakovostjo digitalnih fotografij ter njihovo sporočilnostjo", Doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Oddelek za tekstilstvo, grafiko in oblikovanje, Naravoslovnotehniška fakulteta, Ljubljana, 2017., str.35	
Slika 68. Digitalni fotografski aparat leica formata Canon EOS 5DS R.....	76
Slika 69. Objektiv Tamaron Canon 90 Mm , F / 2.8 AF SP Di , Macro 1:1 VC USD.....	77
Slika 70. Canon objektiv RF 50mm f / 1.2 L USM.....	77
Slika 71. Canon zoom objektiv 70-200mm, f / 2.8 USM EF-L.....	78
Slika 72. JN-600 Kingpa AC Studio Strobe, Softbox, Godox 304 studijski tronožac.....	79
Slika 73. Slika 65: Svjetiljka halogena, Redhead CTR-800H continual light s dimmerom....	79
Slika 74. Svjetiljka halogena, Kaiser Videolight 6 1000 W 93304.....	80
Slika 75. Računalo Lenovo X1 Carbon 8th Generation Intel® Core™ i5-8365U Processor withvPro™ .....	81
Slika 76. ASUS PA27AC, HDR profesionalni monitor.....	82
Slika 77. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu portretnu fotografsku sliku .....	96
Slika 78. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu portretnu fotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/- 0,33, +/-0,66, +/-1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2.....	99

Slika 79. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/- 25, +/-30.....	102
Slika 80. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku, oštine uz korak promjene 10.....	103
Slika 81. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za portretnu fotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa.....	104
Slika 82. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu pejzažnu fotografsku sliku.....	104
Slika 83. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu pejzažnu fotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/- 0,33, +/-0,66, +/-1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2.....	107
Slika 84. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/-25, +/-30.....	110
Slika 85. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku, oštine uz korak promjene 10.....	111
Slika 86. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za pejzažnu fotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa.....	112
Slika 87. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za originalnu makrofotografsku sliku.....	112
Slika 88. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za simuliranu makrofotografsku sliku, ekspozicije uz korak promjene: +/-0,33, +/-0,66, +/- 1, +/-1,33, +/-1,66, +/-2.....	115
Slika 89. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za makrofotografsku sliku, zasićenja uz korak promjene: +/-5, +/-10, +/-15, +/-20, +/- 25, +/- 30.....	117
Slika 90. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za mkrofotografsku sliku, oštine uz korak promjene 10.....	119
Slika 91. Vrijednosti histograma RGB, R, G, B kanala za makrofotografsku sliku kroz 4 finoće zapisa.....	120
Slika 92. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije za sva tri motiva fotografske slike.....	121

Slika 93. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije szasićenja za sva tri motiva fotografske slike.....	121
Slika 94. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije oštine za sva tri motiva fotografske slike.....	122
Slika 95. Vrijednosti i koleracija faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije finoće zapisa za sva tri motiva fotografske slike.....	122

## 8.2 PRILOG 2. -POPIS TABLICA

Tablica 1. Transformacija boje između linearnih R, G, B sRGB i CIE XYZ.....	40
Hsien-Che, L.,“ Introduction to Color Imaging Science“ Cambridge University Press The Edinburgh Building, Cambridge, UK, 2005., str.128	
Tablica 2. Inverzna transformacija R, G, B, sRGB i CIE XYZ .....	41
Hsien-Che, L.,“ Introduction to Color Imaging Science“ Cambridge University Press The Edinburgh Building, Cambridge, UK, 2005., str.128	
Tablica 3. Tehničke karakteristike Digitalnog fotografskog aparata Canon EOS 5DS R.....	75
Tablica 4. Tehničke karakteristike objektiva Tamaron Canon 90 mm .....	77
Tablica 5. Tehničke karakteristike objektiva Canon RF 50 mm .....	77
Tablica 6. Tehničke karakteristike objektiva Canon Zoom 70-200 mm .....	78
Tablica 7. Tehničke karakteristike studijske rasvjete JN-600 Kingpa, Softbox, Godox 304...	78
Tablica 8. Tehničke karakteristike studijske rasvjete Redhead CTR-800H .....	79
Tablica 9. Tehničke karakteristike studijske rasvjete Kaiser Videolight 6 1000 W 93304.....	80
Tablica 10. Tehničke karakteristike računala Lenovo X1 Carbon 8th Generation Intel.....	80
Tablica 11. Tehničke karakteristike monitora ASUS PA27AC .....	81
Tablica 12. L*, a*, b* vrijednosti originalne Adobe Camera Raw standardne tablice boja....	83
Tablica 13. L*, a*, b* i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +0,33, +0,66.....	84
Tablica 14. L*, a*, b* i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +1, +1,33.....	85
Tablica 15. L*, a*, b* i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: +1,66, +2.....	86
Tablica 16. L*, a*, b* i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: -0,33, -0,66 .....	87



Tablica 17. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu ekspozicije: -1, -1,33.....	88
Tablica 18. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane fotografske slike u odnosu na Adobe Camera Raw tablicu boja za standardne boje za promjenu: -1,66, -2.....	89
Tablica 19. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +5, +10.....	90
Tablica 20. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +15, +20.....	91
Tablica 21. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: +25, +30.....	92
Tablica 22. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -5, -10.....	93
Tablica 23. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -15, -20.....	94
Tablica 24. $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ i $\Delta E_{00}$ vrijednosti degradirane Adobe Camera Raw tablice boja za promjenu zasićenja: -25, -30.....	95
Tablica 25. Promjene sposobnosti razdvajanja linija kod oštine uz korak promjene: 10, 20, 30, 40, 50.....	96
Tablica 26. Promjene sposobnosti razdvajanja linija u 4 finoće zapisa.....	96
Tablica 27. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa portretne fotografske slike.....	123
Tablica 28. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa pejzažne fotografske slike.....	124
Tablica 29. Vrijednosti faktora sličnosti: Full Reference (FR) metodom unutar SSIM modela za promjenu simulacije ekspozicije, zasićenja, oštine i finoće zapisa makrofotografske slike.....	125

Tablica 30. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	126
Tablica 31. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	126
Tablica 32. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	127
Tablica 33. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštrome .....	127
Tablica 34. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	127
Tablica 35. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	128
Tablica 36. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	128
Tablica 37. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	129
Tablica 38. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštrome.....	129
Tablica 39. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	129
Tablica 40. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boje.....	130
Tablica 41. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	130
Tablica 42. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	131

Tablica 43. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	131
Tablica 44. Rezultati vizualnog simultanog ocjenjivanja makrofotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	131
Tablica 45. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boje.....	132
Tablica 46. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	132
Tablica 47. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	133
Tablica 48. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	133
Tablica 49. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	133
Tablica 50. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	134
Tablica 51. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	134
Tablica 52. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	135
Tablica 53. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	135
Tablica 54. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	135
Tablica 55. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	136

Tablica 56. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	136
Tablica 57. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	137
Tablica 58. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja oštine....	137
Tablica 59. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofografske fotografske slike kod uže skupine eksperata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja finoće zapisa.....	137
Tablica 60. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boje.....	138
Tablica 61. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	138
Tablica 62. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	139
Tablica 63. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	139
Tablica 64. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja portretne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	139
Tablica 65. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	140
Tablica 66. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	140
Tablica 67. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	141
Tablica 68. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	141

Tablica 69. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja pejzažne fotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	141
Tablica 70. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju boja.....	142
Tablica 71. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju tonova.....	142
Tablica 72. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju zasićenja boje.....	143
Tablica 73. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju oštine.....	143
Tablica 74. Rezultati vizualnog memorijskog ocjenjivanja makrofotografske slike kod šire skupine konzumenata u području primjene fotografije po kriteriju finoće zapisa.....	143

### 8.3 PRILOG 3. -POPIS FORMULA

2.1. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 112.....	52
2.2. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 112.....	52
2.3. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 112.....	52
2.4. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 112.....	53
2.5. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	53
2.6. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	53
2.7. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	53
2.8. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 121.....	53
2.9. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 121.....	54

2.10. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 121.....	54
2.11. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 116.....	54
2.12. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 116.....	54
2.13. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 116.....	54
2.14. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 116.....	54
2.15. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.16. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.17. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.18. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56

2.19. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.20. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.21. Malacara, D. „Color Vision and Colorimetry theory and applications“, Second Edition, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE),2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 114.....	56
2.22. Wyszecki G., Stiles W.S., „Color Science“, Second Edition, JohnWiley & Sons,Inc., New York, 2000., [4 (3.3.9.)], str.168.....	56
2.23. Malacara D., «Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications», Spie Press,Washington, 2002., (5.26.) 2011., ISBN 978-0-8194-8397-3, str. 96.....	57
2.24. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.25. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.26. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.27. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.28. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.29. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57
2.30. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present", John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 235.....	57



2.31 Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present",  
John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 246.....57

2.32. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present",  
John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 246.....57

2.33. Kuehni R. G., "Color space and its divisions: color order from antiquity to the present",  
John Wiley & Sons, ISBN 978-0471326700, 2003., str. 246.....57

## 8.4 PRILOG 4. -STATISTIČKA OBRADA PODATAKA

**Prilog 1. Deskriptivni podaci za makro – ekspozicija prema kriteriju boja**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+0,33</b>	3,67±0,47	4	2	3	0,23
<b>+0,66</b>	3,63±0,52	4	3	4	0,27
<b>+1</b>	-	-	-	-	-
<b>+1,33</b>	2±0	2	2	2	0
<b>+1,66</b>	1,72±0,46	2	1	2	0,21
<b>+2</b>	1±0	1	1	1	0
<b>-0,33</b>	3,27±0,45	3	3	4	0,20
<b>-0,66</b>	3±0	3	3	3	0
<b>-1</b>	4±0	4	4	4	0
<b>-1,33</b>	3,67±0,58	4	3	4	0,33
<b>-1,66</b>	2,33±0,52	2	2	3	0,27
<b>-2</b>	1,96±0,19	2	1	2	0,04

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 2. Deskriptivni podaci za pejzaž – ekspozicija prema kriteriju boja**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+0,33</b>	3,56±0,50	4	3	4	0,25
<b>+0,66</b>	3,71±0,76	4	2	4	0,57
<b>+1</b>	2±0	2	2	2	0
<b>+1,33</b>	1±0	1	1	1	0
<b>+1,66</b>	1,96±0,20	2	1	2	0,04
<b>+2</b>	1,08±0,28	1	1	2	0,08
<b>-0,33</b>	3,59±0,50	4	3	4	0,25
<b>-0,66</b>	3,58±0,51	4	3	4	0,27
<b>-1</b>	3±0	3	3	3	0
<b>-1,33</b>	-	-	-	-	-
<b>-1,66</b>	2,5±1	2	2	4	1
<b>-2</b>	1,57±0,51	2	1	2	0,26

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 3. Deskriptivni podaci za portret – ekspozicija prema kriteriju boja**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
+0,33	3,68±0,47	4	3	4	0,22
+0,66	-	-	-	-	-
+1	2±0	2	2	2	0
+1,33	2±0	2	2	2	0
+1,66	2±0	2	2	2	0
+2	1,02±0,14	1	1	2	0,02
-0,33	3±0	3	3	3	0
-0,66	3±0	3	3	3	0
-1	3,33±0,52	3	3	4	0,27
-1,33	4±0	4	4	4	0
-1,66	2±0	2	2	2	0
-2	1,55±0,52	2	1	2	0,27

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 4. Deskriptivni podaci za makro – ekspozicija prema kriteriju tonova**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
+0,33	3,68±0,47	4	3	4	0,22
+0,66	3,27±0,47	3	3	4	0,22
+1	2±0	2	2	2	0,17
+1,33	1,83±0,41	2	1	2	0,17
+1,66	1,84±0,37	2	1	2	0,14
+2	1,03±0,16	1	1	2	0,03
-0,33	3,41±0,50	3	3	4	0,25
-0,66	3±1,31	3,5	1	4	1,71
-1	-	-	-	-	-
-1,33	3,14±1,07	4	2	4	1,14
-1,66	2,33±0,52	2	2	3	0,27
-2	1,78±0,42	2	1	2	0,18

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 5. Deskriptivni podaci za pejzaž – ekspozicija prema kriteriju tonova**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+0,33</b>	3,74±0,44	4	3	4	0,20
<b>+0,66</b>	3,24±0,66	3	2	4	0,44
<b>+1</b>	2±0	2	2	2	0
<b>+1,33</b>	2±0,63	2	1	3	0,40
<b>+1,66</b>	2,09±0,51	2	1	4	0,27
<b>+2</b>	1,13±0,34	1	1	2	0,12
<b>-0,33</b>	3,31±0,47	3	3	4	0,22
<b>-0,66</b>	3,43±0,76	4	2	4	0,57
<b>-1</b>	3,5±0,58	3,5	3	4	0,33
<b>-1,33</b>	-	-	-	-	-
<b>-1,66</b>	2±0	2	2	2	0
<b>-2</b>	1,57±0,51	2	1	2	0,26

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 6. Deskriptivni podaci za portret – ekspozicija prema kriteriju tonova**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+0,33</b>	3,5±0,51	3,5	3	4	0,26
<b>+0,66</b>	3,44±0,53	3	4	4	0,28
<b>+1</b>	2±0	2	2	2	0
<b>+1,33</b>	1,86±0,25	2	1	2	0,14
<b>+1,66</b>	2±0	2	2	2	0
<b>+2</b>	1,07±0,25	1	1	2	0,06
<b>-0,33</b>	3,73±0,45	4	3	4	0,20
<b>-0,66</b>	3,19±0,40	3	3	4	0,16
<b>-1</b>	3,23±0,73	3	2	4	0,53
<b>-1,33</b>	3±0	3	3	3	0
<b>-1,66</b>	-	-	-	-	-
<b>-2</b>	1,82±0,39	2	1	2	0,15

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

**Prilog 7. Deskriptivni podaci za makro – saturacija prema kriteriju boja**

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+5</b>	3,86±0,36	4	3	4	0,13
<b>+10</b>	3,36±0,49	3	3	4	0,24
<b>+15</b>	3,20±0,77	3	1	4	0,60

<b>+20</b>	3,13±0,84	3	2	2	0,70
<b>+25</b>	2,82±0,98	2	2	4	0,96
<b>+30</b>	1,17±0,39	1	1	2	0,15
<b>-5</b>	3,79±0,42	4	3	4	0,18
<b>-10</b>	3,20±0,42	3	3	4	0,18
<b>-15</b>	-	-	-	-	-
<b>-20</b>	2,75±0,50	3	2	3	0,25
<b>-25</b>	1,94±0,24	1	1	2	0,06
<b>-30</b>	1,34±0,48	1	1	2	0,23

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

#### Prilog 8. Deskriptivni podaci za pejzaž – saturacija prema kriteriju boja

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+5</b>	3,46±0,52	3	3	4	0,27
<b>+10</b>	3,25±0,46	3	3	4	0,21
<b>+15</b>	3±0	3	3	3	0
<b>+20</b>	3,17±1,17	3,5	1	4	1,37
<b>+25</b>	2,71±0,90	2	2	4	0,81
<b>+30</b>	1,53±0,97	1	1	4	0,94
<b>-5</b>	3,67±0,48	4	3	4	0,23
<b>-10</b>	3,31±0,75	3	2	4	0,56
<b>-15</b>	3,22±0,83	3	2	4	0,69
<b>-20</b>	3±1	3	2	4	1
<b>-25</b>	2,60±0,63	3	2	4	0,40
<b>-30</b>	2,67±0,63	3	2	4	0,40

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

#### Prilog 9. Deskriptivni podaci za portret – saturacija prema kriteriju boja

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>+5</b>	3,63±0,49	4	3	4	0,24
<b>+10</b>	3,30±0,48	3	3	4	0,23
<b>+15</b>	3,60±0,84	4	2	4	0,71
<b>+20</b>	1,50±1	1	1	3	1
<b>+25</b>	2,11±0,33	2	2	3	0,11
<b>+30</b>	1,23±0,42	1	1	2	0,18
<b>-5</b>	3,31±0,47	3	3	4	0,22
<b>-10</b>	3,72±0,46	4	3	4	0,21
<b>-15</b>	4±0	4	4	4	0

<b>-20</b>	3±0	3	3	3	0
<b>-25</b>	2,33±0,58	2	2	3	0,33
<b>-30</b>	1,72±0,45	2	1	2	0,21

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

#### Prilog 10. Deskriptivni podaci za kriterij oštine i finoće zapisa za sve tri skupine

Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>10</b>	4±0	4	4	4	0
<b>20</b>	3±0	3	3	3	0
<b>30</b>	2±0	2	2	2	0
<b>40</b>	1±0	1	1	1	0
Stupanj	$\mu \pm \sigma$	Med.	Min.	Max.	Var.
<b>LOW</b>	3,5±0,50	3,5	3	4	0,25
<b>MEDIUM</b>	3,5±0,50	3,5	3	4	0,25
<b>HIGHT</b>	3,5±0,50	3,5	3	4	0,25
<b>MAXIMUM</b>	3,5±0,50	3,5	3	4	0,25

Legenda:  $\mu \pm \sigma$  – aritmetička sredina  $\pm$  standardna devijacija; Med. – medijan; Min. – postignuti minimum; Max. – postignuti maksimum; Var. – varijanca;

#### Prilog 11. Rezultati Kolmogorov – Smirnovljevog testa te indeksi asimetričnosti i spljoštenosti

Varijabla	K-S	Indeks asimetričnosti	Indeks spljoštenosti
<b>Boja +0,33</b>	<b>0,41**</b>	-0,60	-1,67
<b>Boja +0,66</b>	<b>0,44**</b>	-1,79	2,63
<b>Boja +1</b>	-	-	-
<b>Boja +1,33</b>	<b>0,42**</b>	-0,79	-1,62
<b>Boja +1,66</b>	<b>0,55**</b>	-3,16	8,20
<b>Boja +2</b>	<b>0,54**</b>	5,12	24,53
<b>Boja -0,33</b>	<b>0,43**</b>	0,77	-1,44
<b>Boja -0,66</b>	<b>0,47**</b>	1,22	-0,55
<b>Boja -1</b>	<b>0,44**</b>	1,07	-1,03
<b>Boja -1,33</b>	<b>0,47**</b>	-2,24	5
<b>Boja -1,66</b>	<b>0,46**</b>	2,05	3,71
<b>Boja -2</b>	<b>0,46**</b>	-1,16	-0,68
<b>Tonovi +0,33</b>	<b>0,41**</b>	-0,58	-1,70
<b>Tonovi +0,66</b>	<b>0,35**</b>	-0,07	-0,48
<b>Tonovi +1</b>	-	-	-
<b>Tonovi +1,33</b>	<b>0,43**</b>	-0,50	2,41

<b>Tonovi +1,66</b>	<b>0,46**</b>	1,68	15,94
<b>Tonovi +2</b>	<b>0,54**</b>	3,23	8,45
<b>Tonovi -0,33</b>	<b>0,36**</b>	0,13	-2,02
<b>Tonovi -0,66</b>	<b>0,28**</b>	-1,16	1,73
<b>Tonovi -1</b>	<b>0,26**</b>	-0,46	-0,61
<b>Tonovi -1,33</b>	<b>0,25**</b>	-0,22	-1,73
<b>Tonovi -1,66</b>	<b>0,50**</b>	2,06	2,64
<b>Tonovi -2</b>	<b>0,46**</b>	-1,13	-0,75
<b>Boja 5</b>	<b>0,42**</b>	-0,64	-1,66
<b>Boja 10</b>	<b>0,43**</b>	0,77	-1,48
<b>Boja 15</b>	<b>0,26**</b>	-1	1,73
<b>Boja 20</b>	<b>0,24**</b>	-0,52	-1,16
<b>Boja 25</b>	<b>0,39**</b>	0,87	-1,08
<b>Boja 30</b>	<b>0,44**</b>	2,64	7,62
<b>Boja -5</b>	<b>0,37**</b>	-0,25	-2
<b>Boja -10</b>	<b>0,33**</b>	-0,60	-0,53
<b>Boja -15</b>	<b>0,37**</b>	-1,11	-0,16
<b>Boja -20</b>	<b>0,25**</b>	0,11	-0,86
<b>Boja -25</b>	<b>0,42**</b>	1,13	1,92
<b>Boja -30</b>	<b>0,26**</b>	0,55	-0,05
<b>Ukupno ekspozicija boja</b>	<b>0,26**</b>	-1,40	1,41
<b>Ukupno tonovi</b>	<b>0,19**</b>	-0,77	2,60
<b>Ukupno saturacija boja</b>	<b>0,13**</b>	0,12	1

Legenda: K-S – rezultat Kolmogorov – Smirnovljevog testa;

### Prilog 12. Korelacijska analiza

Varijabla	Ekspozicija – boje	Ekspozicija – tonovi	Saturacija – boje
<b>Ekspozicija – boje</b>	-	<b>0,87**</b>	<b>-0,33**</b>
<b>Ekspozicija – tonovi</b>			<b>-0,28**</b>

Legenda: \*\* -  $p < 0,01$ ;

### Prilog 13. Rezultati ANOVE za ekspoziciju prema kriteriju boja

Efekt	SS	df	MS	F	p
<b>+0,33</b>	0,35	2	0,18	0,75	0,47
<b>+0,66</b>	0,03	1	0,03	0,07	0,79
<b>-0,33</b>	4,79	2	2,40	13,88	<b>0,00</b>
<b>-0,66</b>	2,33	2	1,17	10	<b>0,00</b>

<b>-1</b>	1,52	2	0,76	6,29	<b>0,02</b>
<b>-1,33</b>	0,13	1	0,13	0,6	0,50
<b>-1,66</b>	0,43	2	0,22	0,50	0,62
<b>-2</b>	2,35	2	1,18	7,46	<b>0,00</b>

Legenda: SS – Sum of Squares (Zbroj kvadrata); df – stupnjevi slobode; MS – Mean Square (Srednji kvadrat); F – rezultat F-omjera; p – stupanj značajnosti;

#### Prilog 14. Scheffe Post Hoc test za ekspoziciju prema kriteriju boja

Stupanj	Skupina	Skupina	MD	SD	p
<b>+0,33</b>	Makro	Pejzaž	0,11	0,11	0,59
		Portret	-0,01	0,11	0,99
<b>-0,33</b>	Pejzaž	Makro	-0,11	0,11	0,59
		Portret	-0,12	0,11	0,55
	Makro	Pejzaž	-0,32	0,10	<b>0,01</b>
		Portret	0,27	0,11	0,06
<b>-0,66</b>	Pejzaž	Makro	0,32	0,10	<b>0,01</b>
		Portret	0,59	0,11	<b>0,00</b>
	Makro	Pejzaž	-0,58	0,20	<b>0,02</b>
		Portret	0,00	0,20	1
<b>-1</b>	Pejzaž	Makro	0,58	0,20	<b>0,02</b>
		Portret	0,58	0,14	<b>0,00</b>
	Makro	Pejzaž	1	0,28	<b>0,02</b>
		Portret	0,67	0,28	0,11
<b>-1,66</b>	Pejzaž	Makro	-1	0,28	<b>0,02</b>
		Portret	-0,33	0,20	0,29
	Makro	Pejzaž	-0,17	0,42	0,93
		Portret	0,33	0,47	0,78
<b>-2</b>	Pejzaž	Makro	0,17	0,42	0,93
		Portret	0,5	0,5	0,62
	Makro	Pejzaž	0,39	0,12	<b>0,01</b>
		Portret	0,42	0,14	<b>0,02</b>
	Pejzaž	Makro	-0,39	0,12	<b>0,01</b>
		Portret	0,03	0,15	0,99

Legenda: MD – Mean Difference (Razlika aritmetičkih sredina); SD – pogreška; p – stupanj značajnosti



**Prilog 15. Rezultati ANOVE za ekspoziciju prema kriteriju tonova**

Efekt	SS	df	MS	F	p
<b>+0,33</b>	1,23	2	0,61	2,72	0,07
<b>+0,66</b>	0,27	2	0,13	0,40	0,68
<b>+1,33</b>	0,10	2	0,50	0,22	0,81
<b>-0,33</b>	3,11	2	1,55	6,87	<b>0,00</b>
<b>-0,66</b>	1,00	2	0,50	0,80	0,46
<b>-1</b>	0,22	1	0,22	0,46	0,51
<b>-1,33</b>	0,04	1	0,04	0,05	0,83
<b>-1,66</b>	0,33	1	0,33	2,50	0,15
<b>-2</b>	0,56	2	0,28	1,45	0,24

Legenda: SS – Sum of Squares (Zbroj kvadrata); df – stupnjevi slobode; MS – Mean Square (Srednji kvadrat); F – rezultat F-omjera; p – stupanj značajnosti;

**Prilog 16. Scheffe Post Hoc test za ekspoziciju prema kriteriju tonova**

Stupanj	Skupina	Skupina	MD	SD	p
<b>+0,33</b>	Makro	Pejzaž	-0,06	0,11	0,87
		Portret	0,18	0,11	0,24
<b>+0,66</b>	Pejzaž	Makro	0,06	0,11	0,87
		Portret	0,24	0,11	0,09
	Makro	Pejzaž	0,04	0,22	0,99
		Portret	-0,17	0,26	0,81
<b>+1,33</b>	Pejzaž	Makro	-0,04	0,22	0,99
		Portret	-0,21	0,24	0,69
	Makro	Pejzaž	-0,17	0,28	0,84
		Portret	-0,02	0,27	1
<b>-0,33</b>	Pejzaž	Makro	0,17	0,28	0,84
		Portret	0,14	0,27	0,87
	Makro	Pejzaž	0,09	0,11	0,71
		Portret	-0,33	0,11	<b>0,02</b>
<b>-0,66</b>	Pejzaž	Makro	-0,09	0,11	0,71
		Portret	-0,42	0,12	<b>0,00</b>
	Makro	Pejzaž	-0,43	0,35	0,48
		Portret	-0,19	0,34	0,86
<b>-2</b>	Pejzaž	Makro	0,43	0,35	0,48
		Portret	0,24	0,29	0,71
	Makro	Pejzaž	0,21	0,15	0,37
		Portret	-0,04	0,14	0,96
	Pejzaž	Makro	-0,21	0,15	0,37
		Portret	-0,25	0,16	0,29

Legenda: MD – Mean Difference (Razlika aritmetičkih sredina); SD – pogreška; p – stupanj značajnosti

**Prilog 17. Rezultati analize varijance ANOVE za saturaciju prema kriteriju boja**

Efekt	SS	df	MS	F	p
<b>+5</b>	1,07	2	0,54	2,44	0,10
<b>+10</b>	0,08	2	0,04	0,18	0,84
<b>+15</b>	1,75	2	0,87	1,77	0,19
<b>+20</b>	8,40	2	4,20	4,29	<b>0,03</b>
<b>+25</b>	2,95	2	1,47	2,09	0,14
<b>+30</b>	2,44	2	1,22	2,84	0,06
<b>-5</b>	2,90	2	1,45	6,82	<b>0,00</b>
<b>-10</b>	2,22	2	1,11	3,51	<b>0,04</b>
<b>-15</b>	1,68	1	1,68	3,32	0,10
<b>-20</b>	0,18	2	0,09	0,15	0,87
<b>-25</b>	3,54	2	1,77	8,10	<b>0,00</b>
<b>-30</b>	34,13	2	17,06	61,32	<b>0,00</b>

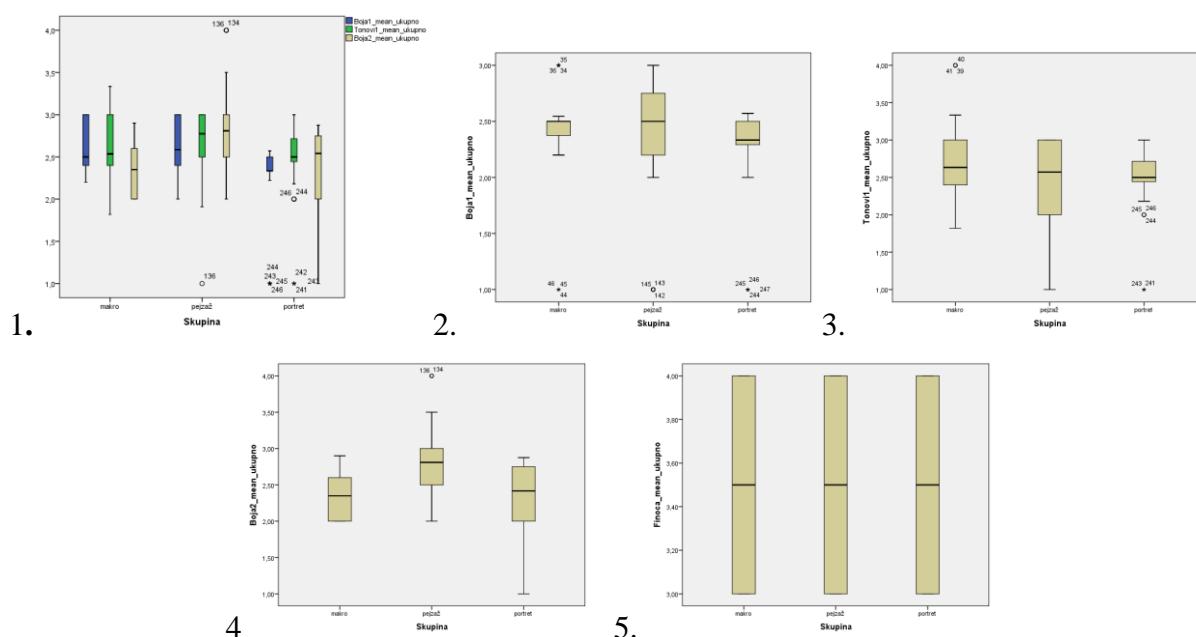
Legenda: SS – Sum of Squares (Zbroj kvadrata); df – stupnjevi slobode; MS – Mean Square (Srednji kvadrat); F – rezultat F-omjera; p – stupanj značajnosti

**Prilog 18. Scheffe Post Hoc test za saturaciju prema kriteriju boja**

Stupanj	Skupina	Skupina	MD	SD	p
<b>+5</b>	Makro	Pejzaž	0,40	0,18	0,10
		Portret	0,23	0,15	0,35
<b>+10</b>	Pejzaž	Makro	-0,40	0,18	0,10
		Portret	-0,17	0,16	0,57
	Makro	Pejzaž	0,11	0,20	0,86
		Portret	0,06	0,18	0,95
<b>+15</b>	Pejzaž	Makro	-0,11	0,20	0,86
		Portret	-0,05	0,23	0,98
	Makro	Pejzaž	0,20	0,31	0,81
		Portret	-0,40	0,29	0,39
<b>+20</b>	Pejzaž	Makro	-0,20	0,31	0,81
		Portret	-0,60	0,33	0,21
	Makro	Pejzaž	-0,04	0,53	0,99
		Portret	1,63	0,61	0,05
<b>+25</b>	Pejzaž	Makro	0,04	0,53	0,99
		Portret	1,67	0,64	0,06
	Makro	Pejzaž	0,10	0,31	0,95
		Portret	0,71	0,38	0,19
<b>+30</b>	Pejzaž	Makro	-0,10	0,31	0,95
		Portret	0,60	0,33	0,21
	Makro	Pejzaž	-0,35	0,18	0,14
		Portret	-0,06	0,17	0,95
	Pejzaž	Makro	0,35	0,18	0,14
		Portret	0,30	0,14	0,12

<b>-5</b>	Makro	Pejzaž	0,12	0,15	0,70
		Portret	0,48	0,14	<b>0,00</b>
	Pejzaž	Makro	-0,12	0,15	0,70
		Portret	0,36	0,14	<b>0,04</b>
<b>-10</b>	Makro	Pejzaž	-0,11	0,24	0,90
		Portret	-0,52	0,22	0,08
	Pejzaž	Makro	0,11	0,24	0,90
		Portret	-0,41	0,20	0,14
<b>-20</b>	Makro	Pejzaž	-0,25	0,49	0,88
		Portret	-0,25	0,60	0,92
	Pejzaž	Makro	0,25	0,49	0,88
		Portret	0,00	0,54	1
<b>-25</b>	Makro	Pejzaž	-0,66	0,16	<b>0,00</b>
		Portret	-0,39	0,29	0,42
	Pejzaž	Makro	0,66	0,16	<b>0,00</b>
		Portret	0,27	0,30	0,67
<b>-30</b>	Makro	Pejzaž	-1,32	0,12	<b>0,00</b>
		Portret	-0,38	0,12	0,10
	Pejzaž	Makro	1,32	0,12	<b>0,00</b>
		Portret	0,94	0,12	<b>0,00</b>

Legenda: MD – Mean Difference (Razlika aritmetičkih sredina); SD – pogreška; p – stupanj značajnosti



1. Prikaz distribucije za sve tri skupine, za kriterij ekspozicije i zasićenja prema kriteriju boja, tonova. 2. Odnos frekvencije odgovora za sve tri skupine za kriterij ekspozicije prema kriteriju boje. 3. Odnos frekvencije odgovora za sve tri skupine za kriterij ekspozicije prema kriteriju tonova. 4. Odnos frekvencije odgovora za sve tri skupine za kriterij zasićenja prema kriteriju boja. 5. Odnos frekvencije odgovora za sve tri skupine za kriterij finoće.

## 9. ŽIVOTOPIS

Petra Ptiček rođena je 10. listopada 1980. godine u Zagrebu. Sklonost prema umjetnosti je počela pokazivati vrlo rano, pa je tijekom osnovne škole u Mariji Bistrici, istovremeno stekla Glazbenu naobrazbu pohađajući Osnovnu školu u Sesvetama, obrazovanje nastavila u Školi za primijenjenu umjetnost i dizajn u Zagrebu, te Školi za modu i dizajn u Zagrebu, Concord Internacionale School-English Language Courses, u Cambridgu, a zatim na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu gdje je stekla titulu diplomirani inženjer grafičke tehnologije. Tijekom studija zapošljava se u privatnom sektoru, te osniva svoje poduzeće u kojem radi do 2020. godine.

Poslijediplomski sveučilišni doktorski studij Grafičko inženjerstvo i oblikovanje grafičkih proizvoda upisuje 2018. godine na Grafičkom fakultetu u Zagrebu. U sklopu dokorskog studija sudjelovala je na međunarodnim konferencijama, te objavila više znanstvenih radova. Članica je fakultetskog vijeća kao zamjena za predstavnika studenata dokorskog studija.

Zaposlena je na Grafičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kao asistent vanjski suradnik te sudjeluje u izvođenju nastave (vježbi) na kolegiju Umjetnička fotografija 1.

Stalna težnja umjetničkom ostvarivanju poticala ju je na kontinuirani samostalni rad osobito u području likovnog izražavanja, te je radove prvi puta samostalno izlagala u 14 godini Mariji Bistrici i Sesvetama. Već za vrijeme srednjoškolskog obrazovanja sudjeluje na likovnim kolonijama u Mariji Bistrici, a kasnije likovnim i grafičkim oblikovanjem promotivnog i drugog materijala surađuje sa nizom udruga, aktivno sudjelovala u humanitarnim projektima Zagorske lige protiv raka. Aktivna je članica Ogranka Matice hrvatske u Mariji Bistrici, čijim projektima kontinuirano daje doprinos u marketinškim aktivnostima-grafičkom osmišljavanjem promotivnog materijala, njezina znanja i vještine iz područja likovne umjetnosti pomogla su ostvarenju kazališne predstave *Kinč osebujni*.

Surađuje sa Osnovnom školom Marija Bistrica, gdje vodi radionice za djecu i odresle u okviru manifestacije *Humanitarno-edukativni projekt „Škole za Afriku*, radionice krasopisa tijekom svjetske kampanje pod nazivom *„Brain Awareness Week - Tjedan mozga“* u Mariji Bistrici i Zaboku, te uskršnjih radionica za djecu Područne škole Laz. Sudjeluje kao volonter na međunarodnom mješovitom natjecanju glazbenika *„Bistrički zvukolik“*. Autorica je umjetničke instalacije *„Bistričko licitarsko srce“* nastale u okviru manifestacije Advent u Mariji Bistrici za koje dobiva priznanje Općine Marija Bistrica. Jedna je od osnivačica i organizatorica Kazališta u Mariji Bistrici, članica je Odbora za turizam i kulturu Općine Marija Bistrica, te je aktivno uključena u organizaciju i osmišljavanje različitih manifestacija.

## 10. POPIS RADOVA

Znanstveni radovi u zbornicima skupova, časopisima s međunarodnom recenzijom, i sudjelovanje na konferencijama

1. Marko Maričević, Petra Ptiček, Ivana Žganjar

RECOGNITION MODEL OF COUNTERFEITING DIGITAL RECORDS OF BIOMETRIC PHOTOGRAPHIC IMAGE , Tehnički glasnik-Technical journal, 2021., (međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni.

2. Ptiček, P., Žganjar, I., Mikota, M. i Matijević, M.

TECHNICAL ASPECTS OF WEB PHOTOGRAPHY AS A MEDIUM OF TOURISM DEVELOPMENT, Tehnički glasnik-Technical journal, 2021., (međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni.

3. Ljevak, I., Ptiček, P. i Zjakić, I.

KOLORIMetriJA SPOTNIH BOJA KOD TERMOSKUPLJAJUĆIH ETIKETA POD UTJECAJEM PODLOŽNE KLIZNE BIJELE BOJE // 22th International Conference on Printing, Design and Graphic Communications, Blaž Baromić 2018 / Mikota, Miroslav (ur.).Zagreb: Sveučilište u Zagrebu Grafički fakultet, 2018.(predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni.

4. Ptiček, P., Žganjar, I., Mrvac, N. i Mikota M.

KOMUNIKACIJA BOJOM U TURISTIČKOJ MEDIJSKOJ KAMPANJI // 20th International Conference on Materials MATRIB 2019 / Šolić, Sanja ; Schauerl, Zdravko ; Pugar, Daniel (ur.). Vela Luka, Hrvatska, 2019.(predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni.

5. Pavlović, I., Mikota, M., i Ptiček, P.

UTJECAJ MALIH PROMJENA VRIJEDNOSTI KANALA ZAPISA NA PERCEPCIJU PORTRETNE FOTOGRAFSKE SLIKE // Proceedings of 23rd international conference on printing, design and graphic communications Blaž Baromić 2019 / Mikota, Miroslav (ur.). Senj, Hrvatska, 2019.(predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni.

6. Ptiček, P., Žganjar, I., Matijević, M. i Mikota, M.

CRNO BIJELA FOTOGRAFIJA U TURISTIČKOJ MEDIJSKOJ KAMPANJI // Proceedings of 23rd international conference on printing, design and graphic communications Blaž

Baromić 2019 / Mikota, Miroslav (ur.). Senj, Hrvatska, 2019. (predavanje, međunarodna recenzija, cjeloviti rad (in extenso), znanstveni).