

Rekonstrukcija slika vidljivog spektra snimljenih sa malim procentom osvetljenja

Ratko Ivković / Dragiša Miljković

Departman za Elektrotehničko i Računarsko inženjerstvo
Fakultet Tehničkih Nauka
Kosovska Mitrovica, Srbija
ratko.ivkovic@ymail.com / dragisakm@yahoo.com

Ivana Milošević

SP Audio i video tehnologije
Visoka škola elektrotehnike i računarstva
Beograd, Srbija
petrovicvanja@yahoo.com

Boris Gara

MUP Republike Srbije
Beograd, Srbija
borisgara@yahoo.com

Siniša Minić

Učiteljski fakultet
Leposavić, Srbija
sinisaminic@yahoo.com

Sadržaj—U radu je data uporedna analiza između algoritma Auto Kontrasta i algoritma Ujednačavanja Histograma, promenom RGB spektra histograma. Analiza je izvršena preko parametara MSE, PSNR i SNR. Dobijeni rezultati mogu se koristiti za rekonstrukciju slika snimljenih sa veoma malim procentom osvetljenja, odnosno da se iz vizuelno neupotrebljivih slika što bolje izvuče korisna informacija.

Ključne reči - Auto Kontrast; Ujednačavanje Histograma; Rekonstrukcija slika

I. UVOD

Vidljivi opseg predstavlja spektar talasnih dužina koje čovek može da registruje svojim senzorom za vid (okom). U ovom spektru talasnih dužina (400 – 700 nm) rade sve profesionalne i komercijalne kamere. Kamere koje mogu da snimaju ostale spektre talasnih dužina su puno skuplje. Mogućnost da se softverskim putem izvuče željena korisna informacija iz slika koje su vizuelno neupotrebljive, a snimljene komercijalnim kamerama, je puno jeftinija varijanta od kupovine infra-crvenih (IR) kamera. Ovaj rad se fokusira na analizu slike snimljene sa veoma malim procentom osvetljenja (do 5 %) i izvlačenje korisnih informacija iz njih. Analiza ovakvih slika je izvršena modifikacijom RGB spektra histograma [1, 2].

Histogram je u osnovi vizuelna predstava brojčanih podataka. Kod histograma digitalne slike prvo se vrši analiza slike sa željenim parametrima, a onda se dobijeni numerički rezultati prikazuju grafički. Postoje dva različita načina za prikaz numeričkih rezultata:

a) Prvi daje odnos broja piksela i nijanse sive. Odnosno brojčano koliko je piksela po nijansi sive boje.

b) Drugi način zapisa daje procentualnu zastupljenost piksela po nijansi sive boje.

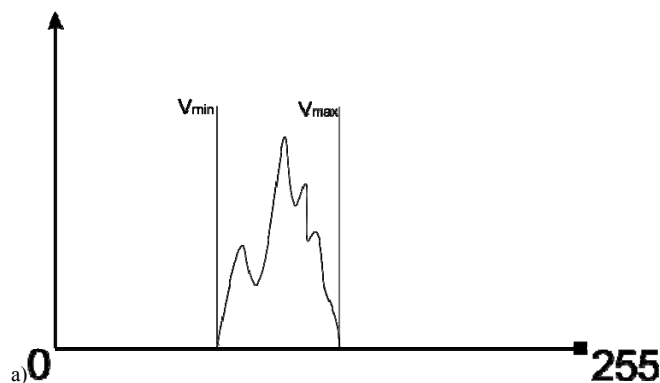
Kada se definiše i odredi histogram digitalne slike, onda se veoma lako može manipulirati sa brojem piksela po nijansama sive boje, radi dobijanja pogodnijih rezultata za njenu analizu. Sve ovo ne menja ukupan broj piksela u slici, odnosno ne menja rezoluciju slike [3].

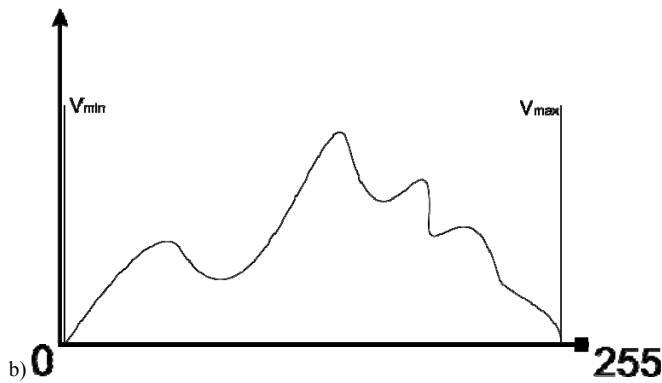
II. PRIMENJENI ALGORITMI ZA REKONSTRUKCIJU

A. Auto Kontrast

Ova funkcija daje optimalan kontrast za sliku, a zatim povećava razliku između donje i gornje granice histograma. Kod ovog algoritma svaki piksel je predstavljen sa 8 bita i on je validan za RGB zapis slike. U ovom zapisu minimalna vrednost je 0 i ta vrednost predstavlja crnu boju, dok je bela boja predstavljena maksimalnom vrednošću od 255. Dobro optimizovan algoritam dozvoljava da korisnik definiše gornju i donju granicu histograma slike [4].

Sl. 1 predstavlja histogram slike pre (a) i posle (b) upotrebe algoritma auto kontrasta. Sa grafikona je jasno uočljivo da se radi o istoj slici, samo je histogram razvučen između definisanih granica. Takođe treba napomenuti da se radi o istom broju piksela.





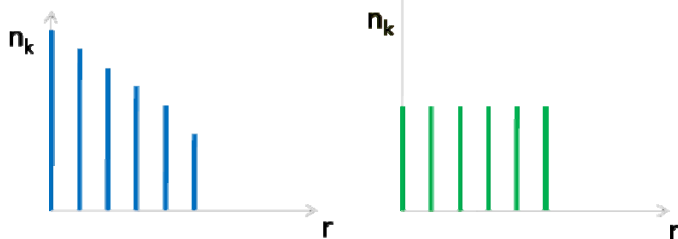
Slika 1. Histogram: a) pre auto kontrasta, b) posla auto kontrasta.

Ako se uzme da je V_{min} minimalna granica histograma, a V_{max} maksimalna granica histograma, tada se funkcija auto kontrasta računa po formuli:

$$V' = 255 * \frac{V - V_{min}}{V_{max} - V_{min}}. \quad (1)$$

B. Ujednačavanje Histograma

Ideja o ovom načinu zapisa nastala je iz ideje o kumulativnom histogramu. Jedna od najviše korišćenih modifikacija je izjednačavanje broja piksela po nijansi sive boje, kao što je prikazano na sl. 2. Ovo znači da u paleti od 0 do 255 (ako je u pitanju 8-bitni zapis slike), svaka nijansa sive mora imati jednak broj ili približno jednak broj piksela.



Slika 2. Izvorna slika (levo), izjednačavanje broja piksela po nijansi sive (desno).

Po učitanoj slici najpre se računa histogram slike, a onda se određuje funkcija kumulativne distribucije (fkd).

Funkcija kumulativne distribucije (fkd) za svaki ton sive boje se računa po sledećoj formuli:

$$fkd(x) = \sum_{j=1}^x h(j). \quad (2)$$

Pri čemu je h vrednost sivog tona, a h vrednost histograma. Na osnovu sledećeg koda se računa fkd :

```
for nivo_sive = 1:1:256
    fkd(nivo_sive) = 0;
    for i = 1:1: nivo_sive
        fkd(nivo_sive)=fkd(nivo_sive)+histogram_s
        like(i);
    end
```

end

Osnovna formula za izračunavanje histograma je data sledećim izrazom:

$$ih(i) = \text{round} \left(\frac{fkd(1) - kdf_{min}(L-1)}{M \times N - kdf_{min}} \right), \quad (3)$$

gde je kdf_{min} minimalna vrednost funkcije kumulativne distribucije, $M \times N$ broj kolona i redova u slici, a L broj sivih nivoa (u najčešćem slučaju je to 256).

III. ALGORITMI ZA MERENJE KVALITETA

Za određivanje kvaliteta slike korišćena su tri različita statistička parametra slike: srednje-kvadratna greška (MSE), vršni odnos signal-šum (PSNR) i odnos signal-šum (SNR).

$$MSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N (I(i,j) - I'(i,j))^2}{MN}}. \quad (4)$$

U formuli za računanje srednje-kvadratne greške, MN predstavlja ukupan broj piksela po horizontali i vertikali, respektivno. Dok $I(i,j)$ i $I'(i,j)$ su originalni i dobijeni signal, respektivno. Pomoću izraza za srednje-kvadratnu grešku izvodi se izraz za vršni odnos signal-šum:

$$PSNR = 20 \log \frac{255}{MSE}. \quad (5)$$

U izrazu za PSNR figuriše broj 255 (jer se radi o 8-bitnom zapisu RGB slike) i vrednost srednje-kvadratne greške. Iz izraza se vidi da se pri maloj vrednosti srednje kvadratne greške dobijaju veliku vrednost za PSNR što ukazuje na bitno poboljšanje slike.

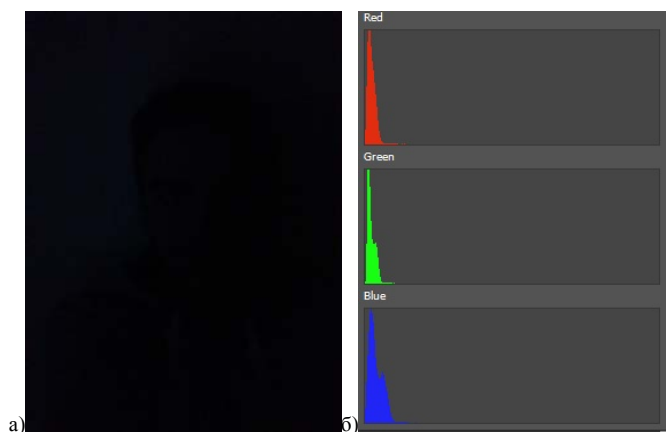
Odnos signal-šum je veoma značajan za opis odnosa devijacije originalnog i dobijenog signala, i definiše se kao:

$$SNR = 10 \log \frac{\sigma^2}{\sigma'^2}. \quad (6)$$

IV. METODOLOGIJA

Za analizu u radu je korišćena originalna slika u JPEG formatu, rezolucije 1944x2592, sa 72 dpi po horizontalnoj i vertikalnoj rezoluciji i sa 24 bita dubine, u RGB načinu zapisa, prikazna na Sl. 3 a.

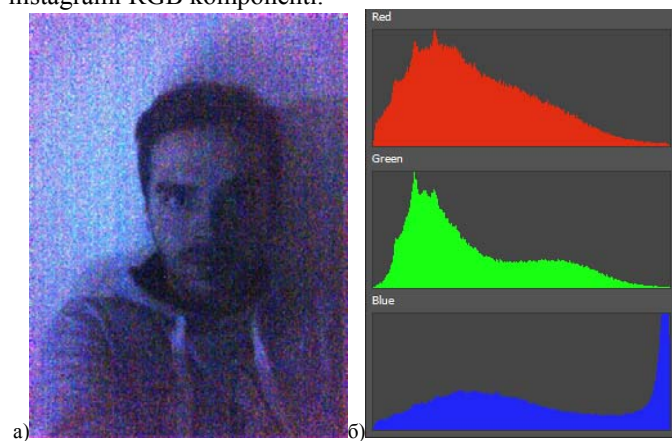
Na Sl. 3 b na kome je prikazan histogram originalne slike, može se uočiti da najveći deo spektra ne postoji za sve tri komponente. Tako da je čitav spektar pomeren ka levoj granici, odnosno crnoj boji. Ova karakteristika govori da je slika u ovom obliku skoro neupotrebljiva. Analiza slike je izvršena pomoću Auto kontrast algoritma i algoritma za Ujednačavanje histograma. Merenje kvaliteta dobijenih slika je izvršeno algoritmima za računanje PSNR, SNR, MSE [6].



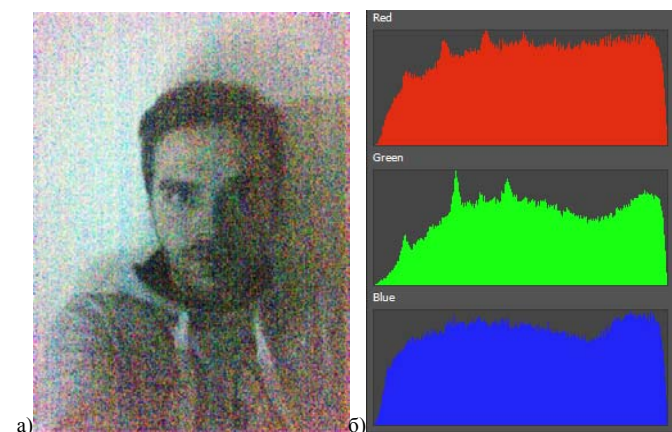
Slika 3. Originalna slika, b) Histogram RGB komponenti.

V. REZULTATI

Na Sl. 4 i 5 prikazane su slike dobijene pomoću algoritama za Auto Kontrast i Ujednačavanje Histograma, takođe i njihovi histogrami RGB komponenti.

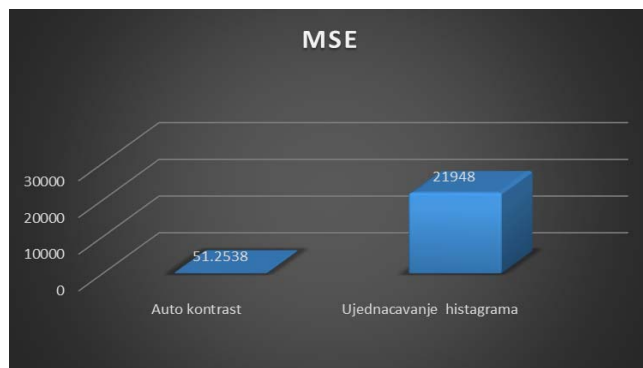


Slika 4. Auto Kontrast: a) nakon obrade algoritmom, b) histogram RGB komponenti.



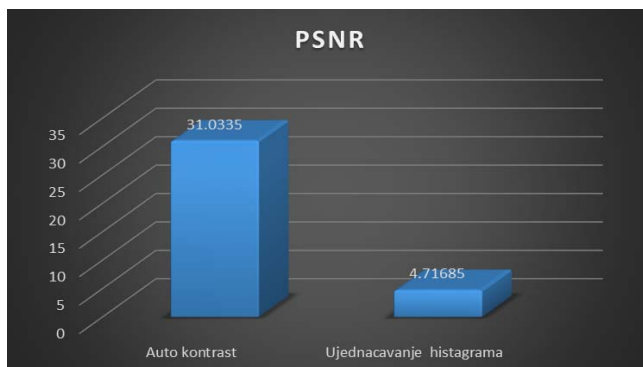
Slika 5. Ujednačavanje Histograma: a) nakon obrade algoritmom, b) histogram RGB komponenti.

Rezultati analize kroz algoritme MSE, PSNR, SNR su prikazani na Sl. 6, 7 i 8. Iz analize srednje-kvadratna greška MSE, koja je prikazana na Sl. 6, vidi se da algoritam Ujednačavanja Histograma daje puno bolje rezultate u odnosu na algoritam Auto Kontrasta. Pošto je originalna slika vizuelno neupotrebljiva, za rekonstruisanu sliku je neophodno da se što više razlikuje od originalne slike.

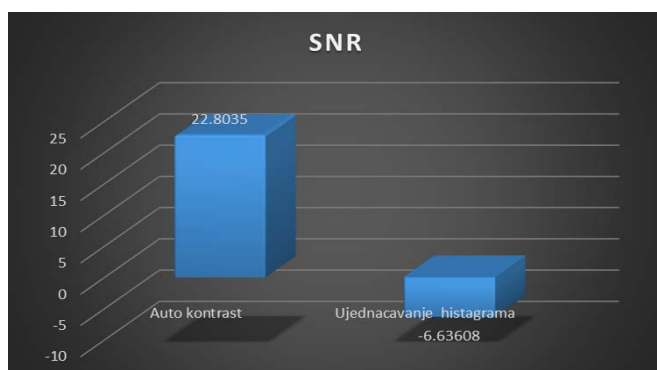


Slika 6. Vrednosti MSE parametara za dobijene slike.

Na Sl. 7 prikazane su dobijene vrednosti za vršni odnos signal-šum (PSNR). Na osnovu dobijenih rezultata i teorije da kada se digitalna slika predstavi kao signal, kvalitet slike je bolji ako je vrednost PSNR parametra manja, može se zaključiti da algoritam Ujednačavanja Histograma daje bolje rezultate. Identičan zaključak može se izvesti i na osnovu dobijenih vrednosti za srednje-kvadratnu grešku MSE.



Slika 7. Vrednosti PSNR parametara za dobijene slike.



Slika 8. Vrednosti SNR parametara za dobijene slike.

Na osnovu Sl. 8 može se zaključiti da se za odnos signal-šum (SNR) dobijaju manje vrednosti kod Ujednačavanja Histograma u odnosu na Auto Kontrast. Ova činjenica govori da je dobijeni signal više sačuvao izvorne karakteristike kod Ujednačavanja Histograma nego kod Auto Kontrasta, što je značajna informacija za moguće dodatne analize slike.

VI. ZAKLJUČAK

Analizom je utvrđeno da algoritam Ujednačavanja Histograma daje matematički i vizuelno bolje rezultate od algoritma Auto Kontrasta. Dobijeni vizuelni rezultati jednog i drugog algoritma su raspoznavljiviji u odnosu na originalnu sliku i mogu se koristiti za dalju analizu slike. Bolje rezultate daje algoritam Ujednačavanja Histograma. Rezultati imaju praktičnu primenu kod prepoznavanja slika snimljenih malim procentom osvetljenja, odnosno slika snimljenih u mraku standardnim kamerama i fotoaparatom. Korišćenjem ovih rezultata neće morati da se za snimanje slika sa malim osvetljenjem koriste specijalizovane i skupe kamere sa dodatnom opremom već standardne kamere. Takođe, analizom RGB spektra može se uočiti da je kod algoritma Ujednačavanja Histograma puno veća gustina spektra, što može biti upotrebljeno za dalju analizu.

ZAHVALNICA

Ovaj rad rađen je u okviru istraživanja na projektu III 44006, Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Srbije.

LITERATURA

- [1] B. Faust, "Ultraviolet/visible spectroscopy", Modern Chemical Techniques, Royal Society of Chemistry, 1997.

- [2] Felix Schill, Uwe R. Zimmer, Jochen Trumpf, "Visible Spectrum Optical Communication and Distance Sensing for Underwater Applications", Research School of Information Sciences and Engineering The Australian National University, ACT 0200, 2004.
- [3] C. Rother, V. Kolmogorov, T. Minka, A. Blake, "Cosegmentation of Image Pairs by Histogram Matching - Incorporating a Global Constraint into MRFs", Computer Vision and Pattern Recognition, 2006 IEEE Computer Society Conference, vol 1, pp 993-1000, June 2006.
- [4] T. Huynh, L. Panina, "Finger vein authentication system", University of Plymouth Faculty of Technology, 2006.
- [5] R. Garg, B. Mittal, S. Garg, "Histogram Equalization Techniques For Image Enhancement", The International Journal on Electronics & Communication Technology (IJECT), vol. 2, issue 1, MarCh 2011.
- [6] R. Ivkovic, B. Jaksic, P. Spalevic, L.J. Lazic, M. Petrovic, "Experimental Images Analysis with Linear Change Positive and Negative Degree of Brightness", WSEAS International Conference on Image Processing and Pattern Recognition (IPPR '13), December 2013.

ABSTRACT

In this project paper, analyses that had been done between algorithm of Auto-contrast and algorithm of Equalization of histogram, which can be used for reconstruction of images of full visible spectrum captured with low level of brightness, had been a consequence of usage a process of manipulation of RGB spectrum of histogram. Analyses of obtained pictures had been done through different parameters- MSE, PSNR and SNR as well. As a scientific contribution we are highlighting the possibility to extract useful information from visually useless images.

VISIBLE SPECTRUM RECONSTRUCTION RECORDED THROUGH IMAGE INTO A LOW LEVEL OF BRIGHTNESS

Ratko Ivković, Ivana Milošević, Boris Gara, Siniša Minić,
Dragiša Miljković