

Optimizacija parametra MLAGC algoritma za poboljšanje vizuelnog kvaliteta slike

Nataša Savić, Zoran Milivojević

Odsek Niš

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija

Niš, Srbija

natasava.savic@akademijanis.edu.rs; zoran.milivojevic@akademijanis.edu.rs

Sažetak—U prvom delu rada opisan je MLAGC algoritam koji je baziran na lokalnoj γ -korekciji. U drugom delu rada opisan je eksperiment u kome je vršeno testiranje kontrasta i vizuelnog kvaliteta test slika transformisanih MLAGC algoritmom. Određene su statističke mere histograma, srednja vrednost i standardna devijacija luminanse (μ , σ), mere kontrasta kao i komparativne mere u odnosu na GQ sliku. Subjektivne mere određene su pomoću MOS testa. Komparativnom analizom mera izvršena je optimizacija parametra MLAGC algoritma.

Ključne reči-Gama korekcija; lokalna gama korekcija; poboljšanje kontrasta; optimalni parametar.

I. UVOD

Na vizuelni kvalitet slike značajno utiče srednja vrednost luminanse i kontrast. Slike dobrog vizuelnog kvaliteta GQ (engl. *good quality*) imaju statističke parametre histograma reda $\mu \approx 0.5$ i $\sigma \geq 0.1$ (μ - srednja vrednost luminanse, σ - standardna devijacija), i pogodne su za digitalno procesiranje [1]. Među mnogim transformacijama obrade slike značajnu ulogu ima γ -korekcija [2] - [4]. Adekvatan izbor γ -parametra igra bitnu ulogu na vizuelni kvalitet slike. Neadekvatan izbor vrednosti parametra γ ima za posledicu da slike mogu izgledati suviše svetlo ili pak prilično tamno. Primenom γ -korekcije, pomoću jedne globalne vrednosti parametra γ , nije moguće istovremeno poboljšanje tamnih i svetlih regiona slike. Da bi se prevazišao ovaj problem primenjuju se metode adaptivne [5] - [8] i lokalne adaptivne γ -korekcije, pri čemu se parametar γ menja u zavisnosti od srednje osvetljenosti regiona [9]. U radu [9] opisan je algoritam lokalne adaptivne γ -korekcije LAGC (engl. *Local Adaptive Gamma Corection*).

U ovom radu opisan je modifikovani LAGC algoritam (MLAGC algoritam). Autori su izvršili modifikaciju sa ciljem povećanja kontrasta i vizuelnog kvaliteta transformisane slike. Nakon toga, opisan je eksperiment u okviru koga je izvršeno određivanje optimalne vrednosti parametra MLAGC algoritma, kod transformacije tamnih ($\mu < 0.5$) test slika malog kontrasta ($\sigma < 0.1$). Efekat dejstva algoritma analiziran je: a) objektivnim i b) subjektivnim testiranjem. Objektivno testiranje realizovano je: a) primenom mera za komparativnu analizu: MSE (engl. *Mean-Square Error*), PSNR (engl. *Peak Signal-to-Noise Ratio*), AMBE (engl. *Absolute Mean Brightness Error*), SSIM (engl. *Structural SIMilarity*), i RMS (engl. *Root Mean Square*), određenih u odnosu na GQ (engl. *good quality*) sliku [1], i b)

mera za kontrast: EME (engl. *Measure of Enhancement*), diskretna entropija Ed (engl. *Discrete entropy*) i EBCM (engl. *Edge-Based Contrast Measur*) [8]. Subjektivne mere određene su pomoću MOS (engl. *Mean Opinion Score*) testa. MOS test realizovan je na Akademiji tehničko-vaspitačkih strukovnih studija u Nišu. MOS test sproveden uz učešće studenata treće godine, SP Komunikacione tehnologije. Analizom eksperimentalnih rezultata, koji su prikazani tabelarno i grafički, određen je optimalni parametar MLAGC algoritma.

Organizacija rada je sledeća: U sekciji II opisan je MLAGC algoritam. U sekciji III opisan je eksperiment i izvršena analiza rezultata. Zaključak je izložen u sekciji IV.

II. MLAGC ALGORITAM

MLAGC algoritam predstavlja modifikaciju LAGC algoritma opisanog u radu [9]. Realizuje se u sledećim koracima:

Ulaz: Slika I dimenzija $M \times N$

Izlaz: Slika $G_{M \times N}$

Korak 1: Formiranje konvolucionog jezgra:

$$h = \frac{1}{9} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Korak 2: Selektovanje bloka w dimenzije $(2k+1) \times (2l+1)$ sa centralnim pikselom (i, j) :

$$w_{i,j} = I(i-k : i+k, j-l : j+l), \quad (2)$$

gde je $k = 1, l = 1, i = 1, 2, \dots, M$ i $j = 1, 2, \dots, N$.

Korak 3: Određivanje luminanse piksela (i, j) kao srednje luminanse bloka $w_{i,j}$ pomoću linearne konvolucije:

$$L_{i,j} = \sum_{s=1}^{2k+1} \sum_{t=1}^{2l+1} h(s,t) \cdot w_{i,j}(s,t) = h \otimes w_{i,j}. \quad (3)$$

Korak 4: Određivanje γ faktora za korekciju luminanse piksela (i, j) :

$$\gamma(i, j) = \frac{1}{c \cdot L_{i,j}}, \quad (4)$$

gde je c parametar.

Korak 5: Korekcija luminanse piksela (i, j) γ -transformacijom:

$$G(i, j) = I(i, j)^{\gamma(i, j)}. \quad (5)$$

Korak 6: Ponavljanje koraka 2 - 5 za svaki piksel (i, j) , $i = 1, 2, \dots, M$ i $j = 1, 2, \dots, N$.

III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

A. Eksperiment

Realizovan je eksperiment u kome je testiran kvalitet slike nakon primene MLAGC algoritma (sekcija II). U okviru eksperimenta vršeno je: a) objektivno i b) subjektivno testiranje povećanja kontrasta i vizuelnog kvaliteta slike nakon primene MLAGC algoritma. Formirana je baza test slika, koja se sastoji od a) originalne, b) generisane GQ slike korekcijom srednje luminanse originalne slike na $\mu \approx 0.5$ i $\sigma > 0.1$, i c) generisane tamne slike ($\mu = 0.4$) sa malim kontrastom ($\sigma = 0.08$), tj. dobijene modifikacijom osvetljenosti originalne slike [1]. Analizom ekstremnih vrednosti MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS u opsegu $c \in [c_{\min}, c_{\max}]$ određuje se optimalna vrednost parametra c . Eksperimentalno je određeno $c_{\min} = 2$ i $c_{\max} = 5$. Primenom objektivnih mera (EME, Ed i EBCM) za računanje kontrasta određen je intenzitet kontrasta: a) originalne, b) GQ slike, c) modifikovane i d) transformisanih slika. Efekat povećanja kontrasta analiziran je pomoću komparativnih mera (MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS) određenih u odnosu na GQ siku i komparacijom statističkih parametara histograma testiranih slika (srednje vrednosti (μ) i standardne devijacije (σ) luminanse). Subjektivna testiranja sprovedena su pomoću MOS testa, na osnovu koga je određena subjektivna mera kvaliteta kontrasta kod GQ slike, originalne i transformisanih slika. Za potrebe MOS testiranja formirana je test grupa. Članovi test grupe ocenjivali su vizuelni kvalitet slike ocenom 1 do 5 (1 - loš, 2 - slab, 3 - dobar, 4 - vrlo dobar, 5 - odličan). Računanjem prosečne ocene svih ispitanika određena je MOS ocena. Eksperiment je realizovan na Akademiji tehničko-vaspitačkih strukovnih studija u Nišu, uz učešće studenata treće godine, studijskog programa Komunikacione tehnologije. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički. Na kraju je izvršena komparativna analiza rezultata i određena optimalna vrednost parametra algoritma.

B. Baza

Formirana je baza test slika od: a) originalne test slike *Goldhill*, b) generisane GQ slike i c) modifikovane slike, koja je nastala modifikacijom osvetljenosti originalne slike. Originalna test slika modifikovana je u sliku malog kontrasta $\mu = 0.4$, $\sigma = 0.08$.

C. Test grupa

Test grupu čine 22 studenta treće godine Akademije tehničko-vaspitačkih strukovnih studija - Odsek Niš, studijskog programa Komunikacione tehnologije, i to 17 muškog i 5 ženskog pola, godina starosti: 21 - 24 god. ($\mu = 21.3636$ god., $\sigma = 1.0022$ god.).

D. Rezultati

U tabeli I prikazane su vrednosti statističkih parametara histograma (μ , σ) za originalnu test sliku iz baze, GQ sliku i modifikovanu sliku. U tabeli II prikazane su vrednosti statističkih parametara (μ , σ) za MLAGC transformisane slike za vrednosti parametra $c \in \{2, 2.4, 3, 3.4, 4, 4.4, 5\}$. U tabeli III prikazane su vrednosti objektivnih mera kvaliteta MLAGC transformisanih slika u odnosu na GQ sliku za vrednosti parametra $c \in \{2, 2.4, 3, 3.4, 4, 4.4, 5\}$. U tabeli IV prikazane su mere kvaliteta kontrasta za originalnu, GQ i modifikovanu sliku. U tabeli V prikazane su mere kvaliteta kontrasta MLAGC transformisanih slika za vrednosti parametra $c \in \{2, 2.4, 3, 3.4, 4, 4.4, 5\}$. Na sl. 1 prikazane su: a) originalna test slika *Goldhill* (sl. 1.a), b) modifikovana test slika *Goldhill* sa malim kontrastom i malim osvetljenjem (sl. 1.b), c) GQ slika *Goldhill* (sl. 1.c), d) MLAGC transformisane slike za $c = 2$ (sl. 1.d), za $c = 2.4$ (sl. 1.e), za $c = 3$ (sl. 1.f), za $c = 3.4$ (sl. 1.g), za $c = 4$ (sl. 1.h), za $c = 4.4$ (sl. 1.i), za $c = 5$ (sl. 1.j). Na sl. 2 prikazane su histogrami: a) originalne test slike *Goldhill* (sl. 2.a), b) modifikovane test slike *Goldhill* (sl. 2.b), c) GQ slike *Goldhill* (sl. 2.c), d) MLAGC transformisane slike za $c = 2$ (sl. 2.d), za $c = 2.4$ (sl. 2.e), za $c = 3$ (sl. 2.f), za $c = 3.4$ (sl. 2.g), za $c = 4$ (sl. 2.h), za $c = 4.4$ (sl. 2.i), za $c = 5$ (sl. 2.j). Na sl. 2.d - sl. 2.j su uporedo sa histogramima MLAGC transformisanih slika prikazani histogrami modifikovane test slike i GQ slike. Na sl. 3 prikazane su vrednosti objektivnih mera kvaliteta transformisanih slika u zavisnosti od parametra c u odnosu na GQ sliku: a) MSE (sl. 3.a), b) PSNR (sl. 3.b), c) AMBE (sl. 3.c), d) SSIM (sl. 3.d), e) RMS (sl. 3.e). Mere kontrasta transformisanih slika u zavisnosti od parametra c prikazane su na sl. 4 i to: a) EME (sl. 4.a), b) diskretna entropija Ed (sl. 4.b), c) EBCM (sl. 4.c).

TABELA I. STATISTIČKI PARAMETRI TEST SLIKA.

Slika	μ	σ
originalna	112.14	48.853
GQ	126.20	46.498
modifikovana	101.99	20.410

TABELA II. STATISTIČKI PARAMETRI MLAGC TRANSFORMISANIH SLIKA ZA RAZNE VREDNOSTI PARAMETRA C.

c	μ	σ
2	80.90	35.286
2.4	96.39	35.271
3	115.48	34.217
3.4	125.98	33.231
4	139.15	31.654
4.4	146.56	30.625
5	156.06	29.236

TABELA III. OBJEKTIVNE MERE MLAGC TRANSFORMISANIH SLIKA ZA RAZNE VREDNOSTI PARAMETRA C.

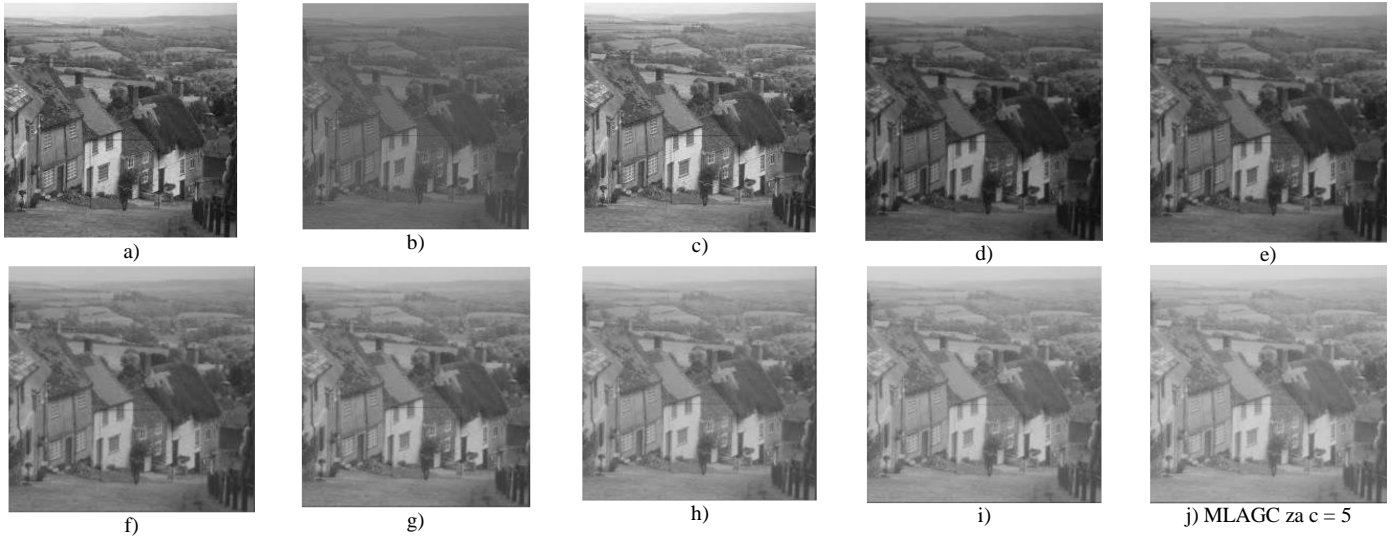
c	MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
2	2.2334*10 ³	14.6412	45.2998	0.6722	47.2583
2.4	1.0616*10 ³	17.8714	29.8136	0.7415	32.5815
3	320.8521	23.0678	10.7195	0.7631	17.9123
3.4	244.1989	24.2534	0.2194	0.7508	15.6269
4	481.4131	21.3056	12.9523	0.7171	21.9411
4.4	778.8672	19.2162	20.3604	0.6909	27.9082
5	1.3347*10 ³	16.8770	29.8634	0.6528	36.5333

TABELA IV. MERE KONTRASTA TEST SLIKA.

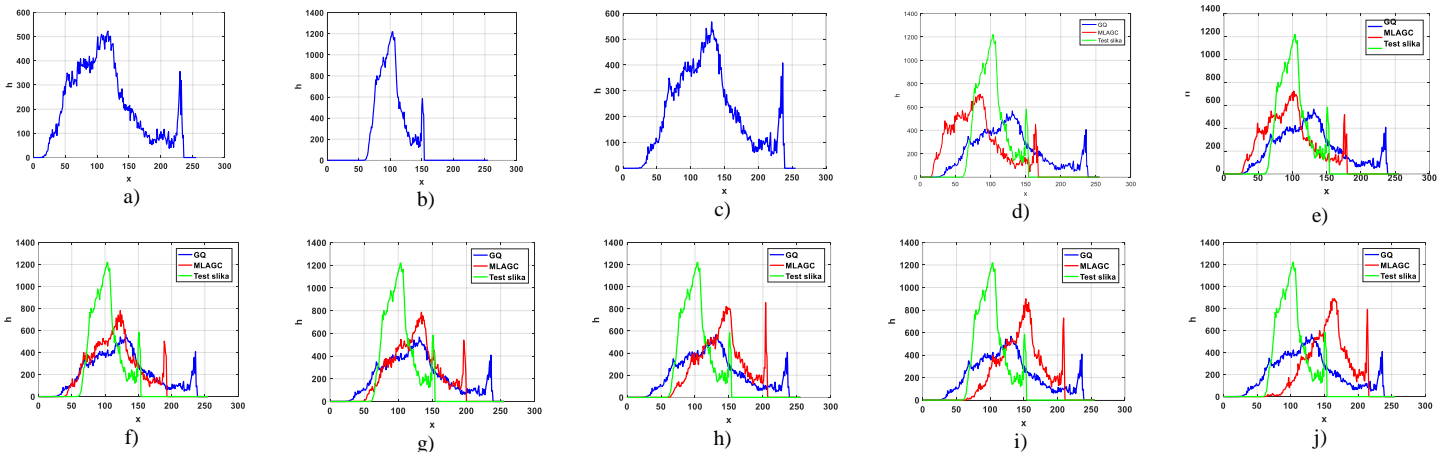
Slika	EME	Ed	EBCM	MOS
originalna	14.8355	7.4610	0.0469	4.1316
GQ	12.3586	7.4230	0.0394	4.5526
modifikovana	5.7675	6.2097	0.0181	2.2895

TABELA V. MERE KONTRASTA MLAGC TRANSFORMISANIH SLIKA ZA RAZNE VREDNOSTI PARAMETRA C.

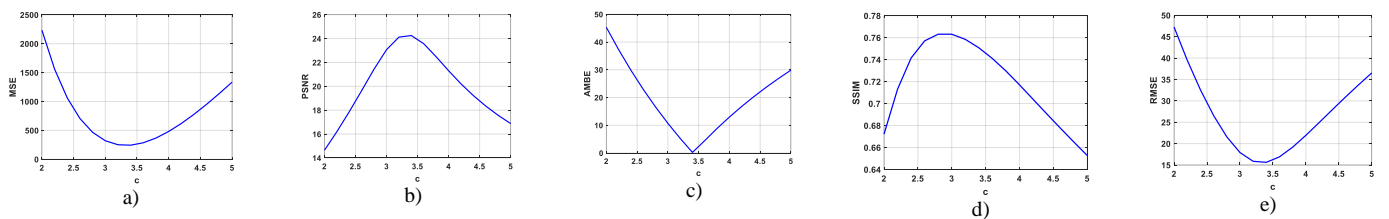
c	EME	Ed	EBCM	MOS
2	12.5689	6.9912	0.0326	2.5789
2.4	10.5023	7.0245	0.0271	3.3158
3	8.4912	7.0055	0.0216	3.2000
3.4	7.5916	6.9755	0.0190	3.2222
4	6.6084	6.9004	0.0161	2.5500
4.4	6.1135	6.8618	0.0147	2.1053
5	5.5178	6.7993	0.0129	2.0263



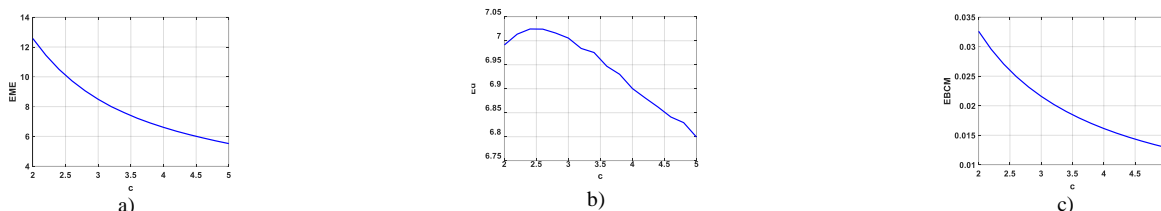
Slika 1. a) originalna test slika, b) modifikovana, c) generisana GQ, d) MLAGC transformisana za $c=2$, e) MLAGC transformisana za $c=2.4$, f) MLAGC transformisana za $c=3$, g) MLAGC transformisana za $c=3.4$, h) MLAGC transformisana za $c=4$, i) MLAGC transformisana za $c=4.4$, j) MLAGC transformisana za $c=5$.



Slika 2. Histogrami test slika iz baze i MLAGC transformisanih slika a) original, b) modifikovana, c) GQ, d) MLAGC za $c=2$, e) MLAGC za $c=2.4$, f) MLAGC za $c=3$, g) MLAGC za $c=3.4$, h) MLAGC za $c=4$, i) MLAGC za $c=4.4$, j) MLAGC za $c=5$



Slika 3. Objektivne komparativne mere MLAGC transformisanih slika u odnosu na GQ sliku u zavisnosti od parametra c a) MSE, b) PSNR, c) AMBE, d) SSIM, e) RMS.



Slika 4. Mere kontrasta u zavisnosti od parametra c a) EME, b) Ed, c) EBCM

E. Analiza rezultata

Analizom rezultata prikazanih u tabelama I – V i na sl. 1 – sl. 4 za objektivne mere zaključuje se da je: a) MSE minimalna za vrednost pametra $c = 3.4$ ($MSE_{\min} = 244.1989$), b) PSNR maksimalna za vrednost pametra $c = 3.4$ ($PSNR_{\max} = 24.2534$), c) AMBE minimalna za vrednost pametra $c = 3.4$ ($AMBE_{\min} = 0.2194$), d) SSIM maksimalna za vrednost pametra $c = 3$ ($SSIM_{\max} = 0.7631$), e) RMS minimalna za vrednost pametra $c = 3.4$ ($RMS_{\min} = 15.6269$).

Analizom mera za kontrast može se uočiti da: a) EME nema ekstremne vrednosti, sa porastom parametra c , vrednosti EME-a smanjuju se. Najveća vrednost je na kraju intervala [2, 5] za pametrar $c = 2$ ($EME = 12.5689$), b) Ed ima maksimalnu vrednost za pametrar $c = 2.4$ ($Ed_{\max} = 7.0245$), c) EBCM nema ekstremne vrednosti, sa porastom parametra c , vrednosti EBCM-a smanjuju se. Najveća vrednost je na kraju intervala [2, 5] za pametrar $c = 2$ ($EBCM = 0.0326$).

Analizom subjektivnih mera, tj MOS ocena, zaključuje se da su transformisane slike sa dobrim vizuelnim kvalitetom za $c = 3.4$, $c = 3$ i $c = 2.4$. Najveća MOS ocena je za $c = 2.4$ ($MOS_{\max} = 3.3158$).

Analizom histograma prikazanih na sl.2 može se uočiti da je histogram MLAGC transformisane slike, najpribližniji histogramu GQ slike za vrednost parametra $c = 3.4$. Analizom statističkih parametara (μ , σ) kod MLAGC transformisanih slika uočava se da se za vrednost parametra $c = 3.4$ slika može svrstati u GQ sliku.

Na osnovu predhodne analize objektivnih mera za komparativnu analizu, određenih u odnosu na GQ sliku i statičkih parametara histograma (μ , σ), kao i subjektivne ocene može se zaključiti da je za poboljšanje vizuelnog kvaliteta slike optimalna vrednost parametra MLAGC algoritma $c = 3.4$.

IV. ZAKLJUČAK

U radu je opisan MLAGC algoritam za lokalnu γ -korekciju slika. U cilju određivanja optimalne vrednosti parametra za efikasnu korekciju kontrasta i vizuelni kvalitet slike MLAGC algoritmom sproveden je eksperiment, pomoću koga su određene objektivne i subjektivne mere kvaliteta transformisanih slika. Analizom objektivnih mera za komparaciju (MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS) i objektivnih mera za kontrast (EME, Ed, EBCM), kao i subjektivnih MOS ocena, zaključuje se da je primena MLAGC algoritma dovela do povećanja kontrasta i poboljšanje vizuelnog kvaliteta slika.

Optimalna vrednost parametra MLAGC algoritma, za poboljšanje vizuelnog kvaliteta slike je $c = 3.4$.

LITERATURA

- [1] Z. Milivojević, N. Savić, B. Prlinčević, "Parametri slike dobrog kvaliteta pogodnih za digitalnu obradu," Međunarodno savetovanje na temu Upravljanje znanjem i informatika, pp 129-137, 8-9 Januar, Kopaonik, 2019.
- [2] K. Somasundaram, P. Kalavathi, "Medical Image Contrast Enhancement Based On Gamma Correction," International Journal of Knowledge Management & e-Learning Vol. 3, No. 1, pp. 15-18, January-June 2011.
- [3] P. Babakhani, P. Zarei, "Automatic gamma correction based on average of brightness," ACSIJ Advances in Computer Science: an International Journal, Vol. 4, Issue 6, No.18, pp. 156-159, November 2015.
- [4] M. Mahamdoua, M. Benmohammed, "New Mean-Variance Gamma Method for Automatic Gamma Correction," I.J. Image, Graphics and Signal Processing, , Vol. 3, pp. 41-54, 2017.
- [5] S. C. Huang, F. C. Cheng, and Y.-S. Chiu, "Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction with weighting distribution," IEEE Trans. Image Process., Vol. 22, No. 3, pp. 1032-1041, March. 2013.
- [6] Y. S. Chiu, F. C. Cheng, and S. C. Huang, Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction and cumulative intensity distribution, in Proc. IEEE Conf. Syst. Man Cybern., pp. 2946–2950, Oct. 2011.
- [7] N. Savić, Z. Milivojević "Performanse adaptivnog Gama korektora za popravku kvaliteta slika sa malim kontrastom" XVIII internacionalni simpozijum Infoteh Jahorina, Mart 2019.
- [8] N. Savić, Z. Milivojević, "Performanse AGCWD algoritma za korekciju kontrasta kod slika u boji," Zbornik radova 19th International Symposium Infoteh-Jahorina, 18-20 March 2020, pp. 125-130.
- [9] A. Acharya, A V. Giri, "Contrast Improvement using Local Gamma Correction," ICACCS, pp. 110-114, June 2020.

ABSTRACT

The first part of the paper describes the MLAGC algorithm based on local γ -correction. The second part of the paper describes an experiment in which the contrast and visual quality of test images transformed with the MLAGC algorithm were tested. Statistical histogram measures (μ , σ), contrast measures, as well as comparative measures in relation to the GQ image were determined. Subjective measures were determined using the MOS test. The parameters of the MLAGC algorithm were optimized by comparative analysis of measures.

Optimization of parameters of the MLAGC algorithm to improve visual quality image

Nataša Savić, Zoran Milivojević