

# Performanse AGCWD algoritma za korekciju kontrasta kod slika u boji

Nataša Savić, Zoran Milivojević

Akademija tehničko-vaspitačkih strukovnih studija

Niš, Srbija

natasava@vtsnis.edu.rs; zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

**Sažetak**—U prvom delu rada opisani su algoritmi TGC, THE, AGC i AGCWD za korekciju kontrasta. U drugom delu rada opisan je eksperiment u kome je, primenom opisanih algoritama, vršena korekcija kontrasta kod slika u boji. Efikasnost algoritama određena je pomoću objektivnih i subjektivnih mera za kvalitet kontrasta. Rezultati su prikazani pomoću slika i tabela. Na kraju je izvršena komparativna analiza rezultata i određena efikasnost AGCWD algoritma u odnosu na ostale testirane algoritme.

**Ključne riječi** – procesiranje slike; kontrast; histogram; luminansa; hrominansa; HSV.

## I. UVOD

Kod digitalnog procesiranja slike, aktuelna je problematika transformacija slike u vizuelno kvalitetniju sliku, što se postiže korekcijom kontrasta. Razvijen je veliki broj algoritama za poboljšanje kontrasta. Zbog male numeričke složenosti i, samim tim, veće brzine izvršavanja posebno su aktuelni algoritmi bazirani na modifikaciji histograma (engl. *histogram modification-HM*) [1]-[3] i primeni  $\gamma$ -transformacije [4], [5]. Kako  $\gamma$ - transformacija ne daje zadovoljavajuće rezultate kod slika snimljenih u nepovoljnim uslovima (magla, sumrak, veliko dnevno svetlo,...), vrši se transformacija slika adaptivnom  $\gamma$ -transformacijom [6]-[9]. Primenom adaptivne  $\gamma$ -transformacije određuje se funkcija transformacije luminanse u zavisnosti od parametara ulazne slike. Kod slika u boji korekcije kontrasta realizuju se u HSV (engl. *Hue-Saturation-Value*) prostoru boja [10].

U ovom radu prikazani su eksperimentalni rezultati primene AGCWD (engl. *Adaptive Gamma Correction with Weighting Distribution*) [9] algoritma za korekciju kontrasta, u odnosu na: a) TGC (engl. *Transform-based Gamma Corection*), b) THE (engl. *Traditional Histogram Equalization*) i c) AGC (engl. *Adaptive Gamma Correction*). Formirana je baza test slika u boji od standardnih test slika. Korekcija kontrasta slike u boji vršena je u HSV prostoru boja transformacijom vrednosti V komponente koja nosi podatke o luminansi. Efekat dejstva algoritama meren je pomoću: a) objektivnih mera i b) subjektivnih mera. Pomoću objektivnih mera: 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*) određeni su intenzitet dejstava algoritama. Za procenu kontrasta korišćene su a) objektivne mere EME (engl. *Measure of Enhancement*), entropija Ek, EBCM (engl. *Edge-Based Contrast Measur*) i Cr

(engl. *Contrast*), i b) subjektivne mere. Subjektivne mere određene su pomoću MOS (engl. *Mean Opinion Score*) testa. MOS test je realizovan na Visokoj tehničkoj školi Niš na SP Komunikacione tehnologije i SP Savremene računarske tehnologije. Rezultati za objektivne i subjektivne mere prikazani su tabelarno. Na kraju je izvršena komparativna analiza rezultata i, na osnovu nje, određena efikasnost AGCWD algoritma u odnosu na ostale testirane algoritme.

Organizacija rada je sledeća: U sekciji II opisani su algoritmi promene kontrasta. U sekciji III opisan je eksperiment i izvršena komparativna analiza rezultata. Sekcija IV je Zaključak.

## II. ALGORITMI KOREKCIJE KONTRASTA

### A. TGC algoritam

TGC algoritam zasniva se na primeni  $\gamma$ -korekcije nad svakim pikselom slike. Transformacija intenziteta piksela  $l$  transformiše prema:

$$T(l) = l_{\max} \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^{\gamma}, \quad (1)$$

gde je  $l_{\max}$ , maksimalna vrednost luminanse ulazne slike, a  $\gamma$  parametar transformacije.

### B. THE algoritam

THE algoritam [9] bazira se na primeni kumulativne distribucije. Transformacija intenziteta  $l$  piksela primenom THE algoritma, realizuje se sa:

$$T(l) = cdf(l) \cdot l_{\max}, \quad (2)$$

gde je  $cdf(l)$  kumulativna distribucija luminanse  $l$  definisana sa

$$cdf(l) = \sum_{k=0}^l pdf(k). \quad (3)$$

Funkcija gustine verovatnoće definisana je sa:

$$pdf(l) = n_l / (M \cdot N), \quad (4)$$

gde je  $n_l$  broj piksela intenziteta  $l$ , a  $M$  i  $N$  dimenzije slike.

### C. AGC algoritam

AGC algoritmom [8], [9] vrši se prilagođavanje transformacionog parametra  $\gamma$  za konkretnu sliku, analizom funkcije kumulativne distribucije gustine verovatnoće raspodele luminanse  $l$ . Transformacija intenziteta piksela realizuje se sa:

$$T(l) = l_{\max} \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^\gamma = l_{\max} \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^{1-cdf(l)} \quad (5)$$

### D. AGCWD algoritam

AGCWD [9] algoritam predstavlja modifikaciju AGC algoritma [8] primenom ponderisane funkcije kumulativne distribucije. Transformacija intenziteta piksela realizuje se sa:

$$T(l) = l_{\max} \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^\gamma = l_{\max} \left( \frac{l}{l_{\max}} \right)^{1-cdf_w(l)} \quad (6)$$

gde je ponderisana funkcija kumulativne distribucije  $cdf_w$  definisana sa:

$$cdf_w(l) = \frac{cdf(l)}{cdf_{\max}(l)} \quad (7)$$

gde je,

$$pdf_w(l) = pdf_{\max} \cdot \left( \frac{pdf(l) - pdf_{\min}}{pdf_{\max} - pdf_{\min}} \right)^\alpha \quad (8)$$

## III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

### A. Eksperiment

Realizovan je eksperiment u kome je testirana efikasnost povećanja kontrasta slika u boji kod primene AGCWD algoritma u odnosu na povećanje kontrasta pomoću: a) TGC, b) THE, c) i AGC algoritama [8], [9].

Eksperiment je realizovan u sledećim koracima:

*Korak 1:* Formirana je baza test slika u boji,

*Korak 2:* Za svaku sliku izvršena je transformacija iz RGB u HSV sistem boja,

*Korak 3:* Nad luminantnom V komponentom izvršena je transformacija boja pojedinačno svakim testiranim algoritmom,

*Korak 4:* Izvršena je transformacija iz HSV u RGB sistem boja,

*Korak 5:* Primenom objektivnih mera za intenzitet dejstva algoritama nad originalnim i transformisanim slikama određen je intenzitet dejstva svakog testiranog algoritma,

*Korak 6:* Primenom objektivnih mera za računanje kontrasta određen je intenzitet kontrasta originalnih i transformisanih slika,

*Korak 7:* Sproveden je MOS test na osnovu koga je određena subjektivna mera kvaliteta kontrasta kod originalnih i transformisanih slika,

*Korak 8:* Komparativnom analizom rezultata određena je efikasnost u popravci kontrasta AGCWD algoritma u odnosu na ostale testirane algoritme.

Eksperiment je realizovan na Visokoj tehničkoj školi u Nišu. MOS test sproveden uz učešće studenata druge godine sa SP Komunikacione tehnologije i SP Savremene računarske tehnologije. Implementacija algoritama i statistička obrada rezultata realizovana je u programu Matlab.

### B. Objektivne mere

Za merenje intenziteta dejstva testiranih algoritama na originalnu sliku korišćene su objektivne mere:

$$a) \text{MSE} = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (V(i,j) - V_T(i,j))^2 \quad (9)$$

$$b) \text{PSNR} = 10 \log \frac{1}{\text{MSE}} \quad (10)$$

$$c) \text{AMBE} = |\mu_V - \mu_{V_T}| \quad (11)$$

$$d) \text{SSIM} = \frac{(2\mu_V \mu_{V_T})(2\sigma_{V,V_T})}{(\mu_V^2 + \mu_{V_T}^2)(\sigma_V^2 + \sigma_{V_T}^2)} \quad (12)$$

$$e) \text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (V(i,j) - V_T(i,j))^2} \quad (13)$$

gde su dimenzije  $M \times N$  slike,  $V$  luminentna komponenta originalne slike,  $V_T$  luminentna komponenta transformisane slike,  $\mu_V$  i  $\mu_{V_T}$  srednje vrednosti  $V$  komponentata,  $\sigma_V$  i  $\sigma_{V_T}$  varijanse, i  $\sigma_{V,V_T}$  kovarijansa između  $V$  i  $V_T$  komponentata.

Za merenje kontrasta korišćene su objektivne mere:

$$a) \text{EME} = \frac{1}{pq} \sum_{i=1}^p \sum_{j=1}^q 20 \ln \left( \frac{\max(V_{i,j})}{\min(V_{i,j})} \right) \quad (14)$$

gde je  $p \times q$  broj blokova unutar slike.

$$b) E_k = - \sum_{i=0}^{l_{\max}} pdf(l) \cdot \log(pdf(l)) \quad (15)$$

gde je pdf funkcija gustine verovatnoće.

$$c) \text{EBCM} = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N c(i,j) / MN \quad (16)$$

gde je  $c(i,j)$  kontrast bloka  $\Omega$  dimenzija  $3 \times 3$  sa centrom u  $(i,j)$ :

$$c(i,j) = \left| \frac{v(i,j) - e(i,j)}{v(i,j) + e(i,j)} \right| \quad (17)$$

Srednja vrednost  $e$  nivoa luminanse definisana je sa:

$$e(i, j) = \frac{\sum_{(k, l) \in \Omega(i, j)} g(k, l) \cdot v(k, l)}{\sum_{(k, l) \in \Omega(i, j)} g(k, l)}, \quad (18)$$

gde  $g(k, l)$  označava intenzitet gradijenta ivice određen pomoću Sobelovog operatora.

$$d) C_r = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=0}^{M-1} \sum_{j=0}^{N-1} (\mu_Y - Y(i, j))^2}, \quad (19)$$

### C. Baza

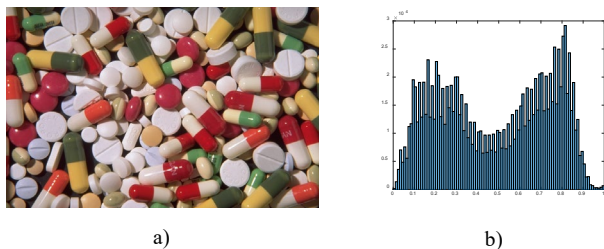
Formirana je baza test slika ( $S_1 - S_9$ ), koju čine standardne test slike u boji:  $S_1 - Peppers$ ,  $S_2 - Fruits$ ,  $S_3 - Tulips$ ,  $S_4 - Pills$ ,  $S_5 - Sails$ ,  $S_6 - Cat$ ,  $S_7 - Baboon$ ,  $S_8 - Girl$ ,  $S_9 - Watch$ .

### D. Test grupa

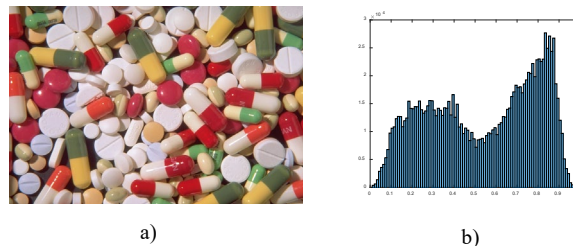
Test grupa sastavljena je od 40 studenata osnovnih studija Visoke tehničke škole Niš, sa SP Komunikacione tehnologije i SP Savremene računarske tehnologije, starosti (21 - 42) god. sa  $\mu = 22.3077$  god. i  $\sigma = 1.7495$  god.

### E. Rezultati

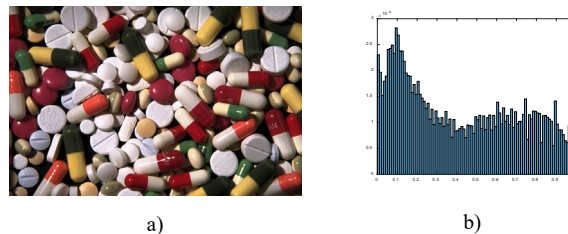
Na Sl. 1 prikazane su test slika *Pills* (Sl. 1.a) i histogram njene V komponente (Sl. 1.b). Slike sa korigovanim kontrastima nakon primene testiranih algoritama, prikazane su na: a) sl. 2.a (TGC), b) sl. 3.a (THE), c) sl. 4.a (AGC) i d) sl. 5.a (AGCWD). Na Sl. 2.b – Sl. 5.b prikazani su histogrami V komponente slike nakon transformacije: a) TGC (Sl. 2.b), b) THE (Sl. 3.b), c) AGC (Sl. 4.b) i d) AGCWD (Sl. 5.b) algoritmima. Funkcije transformacije za: a) linearnu funkciju (ID - identičnost), kod koje nema promene nakon transformacije, b) TGC sa  $\gamma = 0.75$  i  $\gamma = 4/3$ , c) THE d) AGC i e) AGCWD algoritam prikazane su na sl. 6.a. Na Sl. 6.b prikazana je mera kontrasta (Cr) AGCWD transformisane slike u zavisnosti od parametra  $\alpha$ . U tabeli I prikazane su vrednosti objektivnih mera (MSE, PSNR, AMBE, SSIM i RMS) transformisanih V komponenta u odnosu na originalne V komponente za slike  $S_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 9$ . U tabeli II prikazane su vrednosti kontrasta originalne slike  $S_i$  i transformisanih slika ( $S_{iTGC}$ ,  $S_{iTHE}$ ,  $S_{iAGC}$  i  $S_{iAGCWD}$ ) za  $i = 1, 2, \dots, 9$ , izražene pomoću mera kontrasta EME, Ek, EBCM i Cr. U tabeli III su prikazane srednje vrednosti objektivnih mera kvaliteta za sve transformisane slike u odnosu na originalnu sliku. U tabeli IV prikazane su srednje vrednosti mera kontrasta za sve originalne i sve transformisane slike. U tabeli V prikazane su MOS ocene kontrasta za svaku originalnu sliku i transformisane slike i srednje vrednosti MOS ocena.



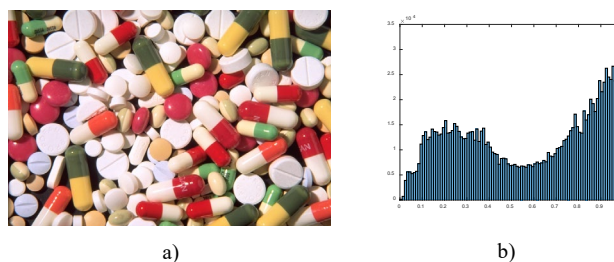
Slika 1. a) Originalna test slika *Pills* i b) histogram njene V komponente.



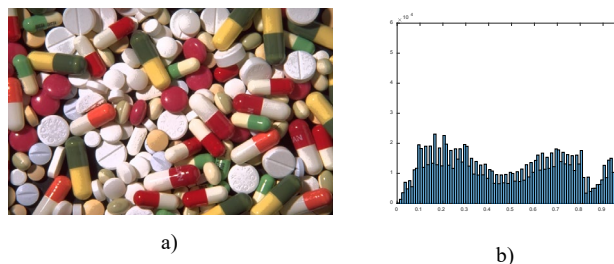
Slika 2. a) TGC transformisana test slika *Pills* i b) histogram TGC transformisane V komponente.



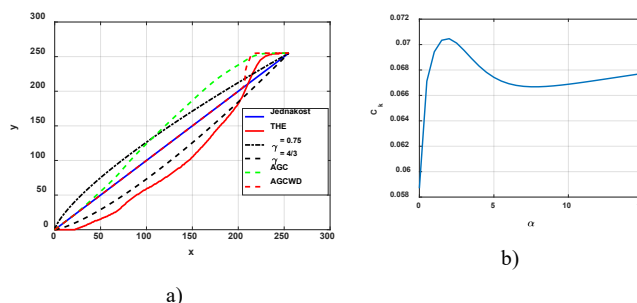
Slika 3. a) THE transformisana test slika *Pills* i b) histogram THE transformisane V komponente.



Slika 4. a) AGC transformisana slika *Pills* i b) histogram AGC transformisane V komponente.



Slika 5. a) AGCWD transformisana test slika *Pills* i b) histogram AGCWD transformisane V komponente.



Slika 6. a) Funkcije transformacije kod slike *Pills* za ID (identičnost), TGC za  $\gamma = 0.75$  i  $\gamma = 4/3$ , THE, AGC i AGCWD algoritam. b) Mera kontrasta Cr, AGCWD transformisane slike *Pills* u zavisnosti od parametra  $\alpha$ .

TABELA I. OBJEKTIVNE MERE KVALITETA V KOMPONENATA TRANSFORMISANIH U ODNOSU NA ORIGINALNE V KOMPONENTE.

		<b>MSE</b>	<b>PSNR</b>	<b>AMBE</b>	<b>SSIM</b>	<b>RMS</b>
$S_1$	$S_1, S_{1TGC}$	0.0050	23.0186	0.0671	0.9816	0.0706
	$S_1, S_{1THE}$	0.0410	13.8695	0.1462	0.6617	0.2025
	$S_1, S_{1AGC}$	0.0147	18.3252	0.1128	0.9678	0.1213
	$S_{1AGCWD}$	0.0090	20.4729	0.0774	0.9481	0.0947
$S_2$	$S_2, S_{2TGC}$	0.0038	24.2095	0.0535	0.9872	0.0616
	$S_2, S_{2THE}$	0.0691	11.6064	0.2267	0.6858	0.2628
	$S_2, S_{2AGC}$	0.0075	21.2223	0.0739	0.9472	0.0869
	$S_2, S_{2AGCWD}$	0.0051	22.9015	0.0576	0.9504	0.0716
$S_3$	$S_3, S_{3TGC}$	0.0059	22.2939	0.0700	0.9546	0.0768
	$S_3, S_{3THE}$	0.0021	26.7901	0.0193	0.8682	0.0458
	$S_3, S_{3AGC}$	0.0172	17.6397	0.1158	0.9199	0.1312
	$S_3, S_{3AGCWD}$	0.0193	17.1532	0.1222	0.9021	0.1388
$S_4$	$S_4, S_{4TGC}$	0.0057	22.4488	0.0706	0.9765	0.0754
	$S_4, S_{4THE}$	0.0164	17.8541	0.0977	0.8466	0.1280
	$S_4, S_{4AGC}$	0.0153	18.1499	0.1154	0.9631	0.1237
	$S_4, S_{4AGCWD}$	0.0083	20.7915	0.0819	0.9777	0.0913
$S_5$	$S_5, S_{5TGC}$	0.0076	21.1751	0.0847	0.9784	0.0873
	$S_5, S_{5THE}$	0.0211	16.7563	0.0388	0.7197	0.1453
	$S_5, S_{5AGC}$	0.0301	15.2124	0.1566	0.8297	0.1735
	$S_5, S_{5AGCWD}$	0.0826	10.8296	0.2309	0.4927	0.2874
$S_6$	$S_6, S_{6TGC}$	0.0050	23.0330	0.0626	0.9754	0.0705
	$S_6, S_{6THE}$	0.0249	16.0338	0.1425	0.8560	0.1579
	$S_6, S_{6AGC}$	0.0103	19.8673	0.0917	0.9494	0.1015
	$S_6, S_{6AGCWD}$	0.0039	24.0396	0.0543	0.9765	0.0628
$S_7$	$S_7, S_{7TGC}$	0.0059	22.2734	0.0704	0.9774	0.0770
	$S_7, S_{7THE}$	0.0192	17.1689	0.1150	0.8682	0.1385
	$S_7, S_{7AGC}$	0.0149	18.2583	0.1099	0.9022	0.1222
	$S_7, S_{7AGCWD}$	0.0120	19.2257	0.0880	0.8953	0.1093
$S_8$	$S_8, S_{8TGC}$	0.0063	21.9956	0.0692	0.9558	0.0795
	$S_8, S_{8THE}$	0.0038	24.2459	0.0023	0.9254	0.0613
	$S_8, S_{8AGC}$	0.0195	17.0961	0.1104	0.9126	0.1397
	$S_8, S_{8AGCWD}$	0.0187	17.2787	0.1083	0.9156	0.1368
$S_9$	$S_9, S_{9TGC}$	0.0089	20.5298	0.0930	0.9376	0.0941
	$S_9, S_{9THE}$	0.0540	12.6732	0.1963	0.8290	0.2325
	$S_9, S_{9AGC}$	0.0703	11.5318	0.2251	0.8119	0.2651
	$S_9, S_{9AGCWD}$	0.0880	10.5565	0.2603	0.7701	0.2966

TABELA II. MERE KONTRASTA V KOMPONENATA TEST SLIKA I TRANSFORMISANIH SLIKA

		<b>EME</b>	<b>Ek</b>	<b>EBCM</b>	<b>Cr</b>
$S_1$	$S_1$	26.8485	7.2142	0.0227	0.0329
	$S_{1TGC}$	19.6304	6.8993	0.0170	0.0262
	$S_{1THE}$	36.6300	7.0046	0.0599	0.0845
	$S_{1AGC}$	22.9134	7.0133	0.0242	0.0507
	$S_{1AGCWD}$	26.1514	7.0012	0.0261	0.0533
$S_2$	$S_2$	16.0776	7.0055	0.0174	0.0338
	$S_{2TGC}$	10.9508	6.6923	0.0131	0.0243
	$S_{2THE}$	32.5375	6.7729	0.0516	0.0863
	$S_{2AGC}$	14.4136	6.4797	0.0182	0.0356
	$S_{2AGCWD}$	15.2681	6.6163	0.0187	0.0371
$S_3$	$S_3$	28.9622	7.5209	0.0296	0.0888
	$S_{3TGC}$	29.1421	7.3159	0.0220	0.0745
	$S_{3THE}$	29.1721	7.2857	0.0452	0.0844
	$S_{3AGC}$	26.2189	7.1419	0.0287	0.1017
	$S_{3AGCWD}$	26.0390	6.9675	0.0281	0.1045
$S_4$	$S_4$	32.2362	7.5914	0.0200	0.0513
	$S_{4TGC}$	27.8037	7.3219	0.0148	0.0413
	$S_{4THE}$	35.3159	7.4098	0.0406	0.0840
	$S_{4AGC}$	27.9620	7.2468	0.0203	0.0694
	$S_{4AGCWD}$	30.3797	7.3544	0.0212	0.0705
$S_5$	$S_5$	70.6816	7.1108	0.0370	0.0242
	$S_{5TGC}$	60.1131	6.8912	0.0277	0.0183
	$S_{5THE}$	70.1419	6.9752	0.1252	0.0828
	$S_{5AGC}$	66.2593	6.7615	0.0478	0.0445
	$S_{5AGCWD}$	70.2918	3.8159	0.0801	0.0734

$S_6$	$S_6$	43.2227	7.7722	0.0322	0.0599
	$S_{6TGC}$	36.6356	7.4741	0.0238	0.0471
	$S_{6THE}$	43.8035	7.5923	0.0598	0.0837
	$S_{6AGC}$	38.0957	7.1724	0.0325	0.0678
	$S_{6AGCWD}$	41.1487	7.3777	0.0340	0.0707
$S_7$	$S_7$	60.2666	7.6798	0.0591	0.0464
	$S_{7TGC}$	51.2208	7.3954	0.0446	0.0347
	$S_{7THE}$	62.0288	7.5456	0.1335	0.0835
	$S_{7AGC}$	53.8053	7.1126	0.0631	0.0558
	$S_{7AGCWD}$	57.5646	7.1046	0.0700	0.0631
$S_8$	$S_8$	21.5118	7.3332	0.0294	0.1024
	$S_{8TGC}$	23.2507	7.1902	0.0220	0.0825
	$S_{8THE}$	23.0109	7.1010	0.0403	0.0900
	$S_{8AGC}$	20.1776	6.9015	0.0295	0.1002
	$S_{8AGCWD}$	21.5118	7.3332	0.0294	0.0997
$S_9$	$S_9$	14.4811	7.1187	0.0337	0.0276
	$S_{9TGC}$	27.4107	7.0334	0.0259	0.0291
	$S_{9THE}$	30.6412	6.9995	0.0431	0.0821
	$S_{9AGC}$	29.9741	6.9862	0.0403	0.0899
	$S_{9AGCWD}$	29.6143	6.8712	0.0391	0.0904

TABELA III. SREDNJE VREDNOSTI OBJEKTIVNIH MERA KVALITETA TRANSFORMISANIH V KONPONENATA TEST SLIKA U ODNOSU NA ORIGINALNE V KONPONENTE

Algoritam	Srednje vrednosti objektivnih mera				
	MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
$TGC$	0.0060	22.3309	0.0712	0.9694	0.0770
$THE$	0.0280	17.4442	0.1094	0.8067	0.1527
$AGC$	0.0222	17.4781	0.1235	0.9115	0.1406
$AGCWD$	0.0274	18.1388	0.1201	0.8698	0.1433

TABELA IV. SREDNJE VREDNOSTI MERA KONTRASTA ORIGINALNIH I TRANSFORMISANIH SLIKA

	Srednje vrednosti mera kontrasta			
	EME	Ek	EBCM	Cr
$S$	34.9209	7.3719	0.0312	0.0519
$S_{TGC}$	31.7953	7.1349	0.0234	0.0420
$S_{THE}$	40.3646	7.1874	0.0666	0.0846
$S_{AGC}$	33.3133	6.9795	0.0338	0.0684
$S_{AGCWD}$	35.3299	6.7158	0.0385	0.0736

TABELA V. MOS OCENE KONTRASTA

Slika	MOS				
	ORIGINAL	TGC	THE	AGC	AGCWD
$S_1$	2.8585	3.1738	4.0976	3.5927	3.6667
$S_2$	3.4317	3.3927	3.4512	3.5683	3.6310
$S_3$	3.3780	3.4390	3.4381	3.5366	3.6000
$S_4$	3.2951	3.3415	3.2927	3.8585	3.8429
$S_5$	3.0634	3.1190	3.8788	3.7878	4.0714
$S_6$	3.3659	3.3825	2.9902	3.7439	3.4762
$S_7$	2.9366	3.0146	3.4780	4.0512	3.4833
$S_8$	2.4488	3.0366	3.2829	4.3000	3.1119
$S_9$	2.1049	2.6902	4.5122	4.5732	3.1429
$\overline{MOS}$	2.9870	3.1767	3.6024	3.8902	3.5585

#### F. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama I i III objektivne mere kod slika dobijenih AGCWD algoritmom u odnosu na TGC, THE i AGC algoritam su:

a)  $MSE_{AGCWD} / MSE_{TGC} = 0.0274 / 0.0060 = 4.5638$ ,  
 $MSE_{AGCWD} / MSE_{THE} = 0.0274 / 0.0280 = 0.9813$  i  $MSE_{AGCWD} / MSE_{AGC} = 0.0274 / 0.022 = 1.2357$  puta veće,

b)  $PSNR_{AGCWD} / PSNR_{TGC} = 18.1388 / 22.3309 = 0.8123$ ,  
 $PSNR_{AGCWD} / PSNR_{THE} = 18.1388 / 17.4442 = 1.0398$ , i

$PSNR_{AGCWD} / PSNR_{AGC} = 18.1388 / 17.4781 = 1.0378$  puta veće,  
c)  $AMBE_{AGCWD} / AMBE_{TGC} = 0.1201 / 0.0712 = 1.6868$ ,  
 $AMBE_{AGCWD} / AMBE_{THE} = 0.1201 / 0.1094 = 1.0978$  i  
 $AMBE_{AGCWD} / AMBE_{AGC} = 0.1201 / 0.1235 = 0.9725$  puta manje,

d)  $SSIM_{AGCWD} / SSIM_{TGC} = 0.8698 / 0.9694 = 0.8972$ ,  
 $SSIM_{AGCWD} / SSIM_{THE} = 0.8698 / 0.8067 = 1.0872$  i  $SSIM_{AGCWD} / SSIM_{AGC} = 0.8698 / 0.9115 = 0.9543$  puta manje,

e)  $RMS_{AGCWD} / RMS_{TGC} = 0.1433 / 0.077 = 1.861$   
 $RMS_{AGCWD} / RMS_{THE} = 0.1433 / 0.1527 = 0.9384$  i  $RMS_{AGCWD} / RMS_{AGC} = 0.1433 / 0.1406 = 1.0192$  puta veće.

Na osnovu rezultata prikazanih u tabelama II i IV mere kontrasta kod slika dobijenih AGCWD algoritmom u odnosu na TGC, THE i AGC algoritam su:

a)  $EME_{AGCWD} / EME_{TGC} = 35.3299 / 31.7953 = 1.1112$   
 $EME_{AGCWD} / EME_{THE} = 35.3299 / 40.3646 = 0.8753$  i  $EME_{AGCWD} / EME_{AGC} = 35.3299 / 33.313 = 1.0605$  puta veće,

b)  $Ek_{AGCWD} / Ek_{TGC} = 6.7158 / 7.1349 = 0.9413$   $Ek_{AGCWD} / Ek_{THE} = 6.7158 / 7.1874 = 0.9344$  i  $Ek_{AGCWD} / Ek_{AGC} = 6.7158 / 6.9795 = 0.9622$  puta manje,

c)  $EBCM_{AGCWD} / EBCM_{TGC} = 0.0385 / 0.0234 = 1.6453$   
 $EBCM_{AGCWD} / EBCM_{THE} = 0.0385 / 0.0666 = 0.5781$  i,  
 $EBCM_{AGCWD} / EBCM_{AGC} = 0.0385 / 0.0338 = 1.1391$  puta veće,

d)  $Cr_{AGCWD} / Cr_{TGC} = 0.0736 / 0.042 = 1.7524$   $Cr_{AGCWD} / Cr_{THE} = 0.0736 / 0.0846 = 0.87$  i  $Cr_{AGCWD} / Cr_{AGC} = 0.0736 / 0.0684 = 1.076$  puta veće.

Mere kontrasta odnosu na originalnu sliku su:

a)  $EME_{AGCWD} / EME_S = 35.3299 / 34.9209 = 1.0117$  puta veće,

b)  $Ek_{AGCWD} / Ek_S = 6.7158 / 7.3719 = 0.9110$  puta manje,

c)  $EBCM_{AGCWD} / EBCM_S = 0.0385 / 0.0312 = 1.2340$  puta veće, i

d)  $Cr_{AGCWD} / Cr_S = 0.0736 / 0.0519 = 1.4181$  puta veće.

Na osnovu MOS ocena prikazanih u tabeli V, MOS ocene AGCWD transformisanih slika u odnosu na TGC, THE i AGC transformisane slike su:

$S_{AGCWD} / S_{TGC} = 3.5585 / 3.1767 = 1.12$ ,  $S_{AGCWD} / S_{THE} = 3.5585 / 3.6024 = 0.99$  i  $S_{AGCWD} / S_{AGC} = 3.5585 / 3.8902 = 0.91$  puta veće.

MOS ocena AGCWD transformisanih slika u odnosu na ocenu originalnih slika je

$S_{AGCWD} / S = 3.5585 / 2.987 = 1.19$  puta veća.

Na osnovu prikazanih rezultata objektivnih mera zaključuje se da je primena AGCWD algoritma pri korekciji kontrasta efikasnija u odnosu na AGC i TGC algoritam, dok je manje efikasna u odnosu na THE algoritam. Na osnovu subjektivnih mera primenom AGCWD algoritma kontrast je popravljn u odnosu na originalnu sliku i sliku transformisanu TGC algoritmom, dok je u odnosu na THE i AGC algoritme popravka kontrasta manja.

#### IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisan je eksperiment u okviru koga je, kod slika u boji sa korigovanim kontrastom primenom AGCWD algoritma, objektivnim merama (EME, Ek, EBCM i Cr) određen kvalitet kontrasta. Komparativnom analizom vrednosti objektivnih mera za kvalitet kontrasta zaključuje se da je kontrast slika korigovanih AGCWD algoritmom bolji u odnosu na kontrast dobijen primenom TGC i AGC algoritma, i slabiji u odnosu na kontrast dobijen THE algoritmom. Komparativnom analizom subjektivnih MOS ocena zaključuje se da je MOS ocena kvaliteta kontrast slika u boji, kod primene AGCWD algoritma, u odnosu na MOS ocenu kvaliteta kontrasta originalne slike, povećana 1.19 puta. U odnosu na MOS ocenu kvaliteta kontrasta dobijenog primenom TGC algoritma, ocena

kontrasta kod primene AGCWD algoritma povećana je 12%. U odnosu na ocene kontrasta kod primene AGC i THE algoritma, MOS ocena kontrasta kod primene AGCWD algoritma je manja 0.91% i 0.99%, respektivno. Analizom objektivnih i subjektivnih mera kontrasta, zaključuje se da je kontrast kod primene AGCWD algoritma bolji od kontrasta kod primene TGC algoritma, i slabiji od kontrasta kod primene THE algoritma.

#### LITERATURA

- [1] T. Arici, S. Dikbas, and Y. Altunbasak, "A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 18, no. 9, pp. 1921-1935, Sep. 2009.
- [2] H. Cheng, X. Shi, "A simple and effective histogram equalization approach to image enhancement". *Digital Signal Process.* 14(2), 158-170, 2004.
- [3] R. Sherrier and G. Johnson, "Regionally adaptive histogram equalization of the chest," *IEEE Trans. Med. Imag.*, vol. MI-6, no. 1, pp. 1-7, Jan. 1987.
- [4] P. Babakhani, P. Zarei, "Automatic gamma correction based on average of brightness", *Advances in Computer Science: an International Journal*, Vol. 4, Issue 6, No. 18, November 2015.
- [5] S. Rahman, M. Rahman, M. Abdullah-Al-Wadud, G. Dastagir Al-Quaderi, M. Shoyaib, "An adaptive gamma correction for image enhancement", *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 2016.
- [6] N. Savić, Z. Milivojević "Performanse adaptivnog Gama korektora za popravku kvaliteta slika sa malim kontrastom" XVIII internacionalni simpozijum Infoteh Jahorina, Mart 2019.
- [7] Z. Milivojević, N. Savić, B. Prlinčević, "Parametri slike dobrog kvaliteta pogodnih za digitalnu obradu", *Međunarodno savetovanje na temu Upravljanje znanjem i informatika*, 8-9 Januar, Kopaonik, 2019.
- [8] N. Savić, Z. Milivojević, "Komparativna analiza algoritama za povećanje kontrasta slika," *Međunarodna konferencija Upravljanje znanjem i informatika*, Januar 2020.
- [9] 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.
- [10] M. Hanmandlu and D. Jha, "An optimal fuzzy system for color image enhancement," *IEEE Trans. Image Process.*, vol. 15, no. 10, pp. 2956-2966, Oct. 2006.

#### ABSTRACT

The first part of the paper describes the TGC, THE, AGC and AGCWD algorithms for contrast correction. The second part of the paper describes an experiment in which using the described algorithms performed contrast correction for color images. The efficiency of the algorithms was determined using objective and subjective quality measures of contrast. The results are presented in tables and graphs. Finally, a comparative analysis of the results was performed and the efficiency of the AGCWD algorithm was compared to the other algorithms tested.

#### THE PERFORMANCE OF THE AGCWD ALGORITHM FOR CONTRAST CORRECTION OF COLOR IMAGES

Nataša Savić, Zoran Milivojević