

# Performanse adaptivnog Gama korektora za popravku kvaliteta slika sa malim kontrastom

Nataša Savić, Zoran Milivojević

SP Multimedijalne komunikacione tehnologije

Visoka tehnička škola

Niš, Srbija

natasava.savic@vtsnis.edu.rs, zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

**Sažetak**—U prvom delu rada opisan je algoritam rada adaptivnog gama korektora (AGC) za poboljšanje kvaliteta slika malog kontrasta. U drugom delu rada opisan je eksperiment kojim su određeni objektivni i subjektivni parametri AGC algoritma. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički. Analizom rezultata određena je efikasnost AGC algoritma.

**Ključne reči:** Gama korekcija; popravka kontrasta; klasifikacija slike;

## I. UVOD

Algoritmima za digitalno procesiranje slike moguće je, pored ostalog, vršiti popravku vizuelnog kvaliteta slika koje su snimljene u neadekvatnim ambijentalnim uslovima (nedovoljna osvetljenost, magla, i dr). Pod poboljšanjem kvaliteta slike podrazumevaju se korekcije slike, kao što su: promena osvetljenosti (luminansa), korekcije boje (hrominansa: vrsta boje i zasićenje), povećanje oštine, poboljšanje kontrasta, isticanje ivica i kontura, tonsko uravnoteženje (engl. *tonal balance*), smanjenje šumova i dr. Predložen je veći broj algoritama za poboljšanje kontrasta slike [1] - [3]. Intenzivno se koriste algoritmi gde se korekcije obavljaju analizom histograma slike, odnosno korekcijom histograma (engl. *histogram equalization*, HE) [4]. HE algoritmi imaju malu numeričku složenost. Međutim, HE algoritmi ne daje uvek zadovoljavajuće rezultate jer mogu izazvati prekomerno poboljšanje kod piksela sa intenzitetima luminanse koji se često ponavljaju, što dovodi do smanjenja kontrasta kod intenziteta koji se redi javljaju [3]. Kako bi se ublažili problemi prekomernog povećanja, odnosno smanjenja kontrasta, predloženi su algoritmi za: a) izjednačavanje intenziteta luminanse (BBHE (engl. *bi-histogram equalization*) algoritmi, b) izjednačavanja histograma po segmentima slike (DSIHE (engl. *dualistic sub-image histogram equalization*) algoritmi) [5], c) izjednačavanje minimalne srednje osvetljenosti greške bi-histograma (MMBEBHE (engl. *minimum mean brightness error bi-histogram equalization*) algoritmi) [6]. Kod BBHE algoritma vrši se podela histograma na segmente na bazi srednje vrednosti luminanse, dok DSIHE algoritam vrši podelu na bazi mediane slike. MMBEBHE vrši rekurzivno deljenje histograma slike u više segmenata na bazi srednje osvetljenosti. Zbog rekurzivnog izračunavanja složenost algoritma je velika u poređenju sa drugim algoritmima [7].

Postojeći algoritmi za poboljšanje kontrasta mogu se kategorizovati u tri grupe, i to u: a) globalne, b) lokalne i

hibridne algoritme [8]. Kod globalnih algoritama intenzitet svakog piksela slike se transformiše saglasno transformacionoj funkciji. Međutim, različiti delovi slike mogu zahtevati različite tipove poboljšanja. Tada globalni algoritmi mogu izazvati prekomerno poboljšanje kao i smanjenje kvaliteta na nekim delovima slike [1].

Da bi se umanjio ovaj problem, predložene su tehnike poboljšanja kvaliteta na lokalnom nivou, gde transformacija intenziteta konkretnog piksela zavisi od intenziteta susednih piksela. U tom slučaju, zbog nedostatka informacija o globalnoj luminansi, mogu se pojaviti lokalni artefakti [9]. U odnosu na složenost globalnih računarska složenost lokalnih algoritama je velika. Hibridni algoritmi koriste kombinacije globalnih i lokalnih tehnika. Kod njih se uzima u obzir luminansa susednih piksela kao informacije o slici u celini [10].

U [8] predložen je računarski jednostavan algoritam koji koristi klasifikaciju slike kao i odgovarajući metodu za svaku vrstu slike. Glavni cilj predloženog algoritma jeste transformacija slike u vizuelno kvalitetnu sliku. To se postiže: a) povećanjem kontrasta i b) korekcijom luminanse. Algoritam se bazira se na adaptivnoj gama korekciji AGC (engl. *adaptive gamma correction*), kod koje se dinamički određuje funkcija transformacije luminanse u zavisnosti od karakteristike ulazne slike (srednja vrednost osvetljenosti  $\mu$ , standardna devijacija  $\sigma$ ). Performanse AGC algoritma merene su preko mera za kontrast, i to: a) RMS (engl. *root-mean-square*) i b) diskretne entropije  $E_d$  (engl. *Discrete entropy*). Ove mere pripadaju klasi objektivnih mera. Subjektivno merenje kvaliteta u [8] nije obavljen.

U ovom radu opisan je eksperiment koji je realizovan sa ciljem određivanja performansi AGC algoritma kod korekcije vizuelnog kvaliteta slika sa malim kontrastom, i to korišćenjem: a) objektivnih i b) subjektivnih testova. U cilju formiranja baze test slika izvršeno je kreiranje slika sa ciljanim vrednostima kontrasta i osvetljenosti. Osvetljenost je predstavljena preko srednje vrednosti luminanse  $\mu$ , dok je kontrast predstavljen preko standardne devijacije luminanse  $\sigma$ . Eksperiment je sproveden za  $\mu = 0.1 \div 0.9$  i  $\sigma = 0.02 \div 0.08$ . Navedene vrednosti svrstavaju test slike u grupu slika sa malim kontrastom i malom ( $\mu < 0.5$ ) i velikom ( $\mu > 0.5$ ) luminansom. Objektivna testiranja sprovedena su pomoću mera za kontrast: (RMS (engl. *root-mean-square*) i diskretne entropije  $E_d$ ). Kvalitet je određen komparativnom analizom sa GQ (engl. *good quality*) slikama (mere: MSE, PSNR, AMBE i SSIM) [11], [12]. Subjektivna testiranja obavljena su pomoću MOS (engl. *mean opinion score*)

testa. MOS test je realizovan na Visokoj tehničkoj školi Niš sa test grupom koja je sastavljena od studenata master studija na SP Multimedijalne komunikacione tehnologije.

Dalja organizacija rada je sledeća. U Sekciji II prikazan je AGC algoritam. U Sekciji III opisan je eksperiment, prikazani rezultati i analiza rezultata. Sekcija IV je zaključak.

## II. AGC ALGORITAM

AGC algoritam za vizuelnu popravku slike malog kontrasta [8] realizuje se u sledećim koracima:

**Uzorak:**  $I_{M \times N}$

**Izlaz:**  $Y_{M \times N}$

*Korak 1:* Izračunavanje srednje osvetljenosti:

$$\mu = \frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N I_{i,j}, \quad (1)$$

*Korak 2:* Izračunavanje standardne devijacije:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^N (I_{i,j} - \mu)^2}, \quad (2)$$

*Korak 3:* Izračunavanje  $\gamma$ -faktora u zavisnosti od kontrasta:

$$\gamma = \log_2(\sigma), \quad (3)$$

*Korak 4:* Klasifikacija slike  $I$  na osnovu osvetljenosti.

**IF**  $\mu < 0.5$

*Korak 5:* Transformacija tamne slike  $I$ :

$$Y = I^\gamma \quad (4)$$

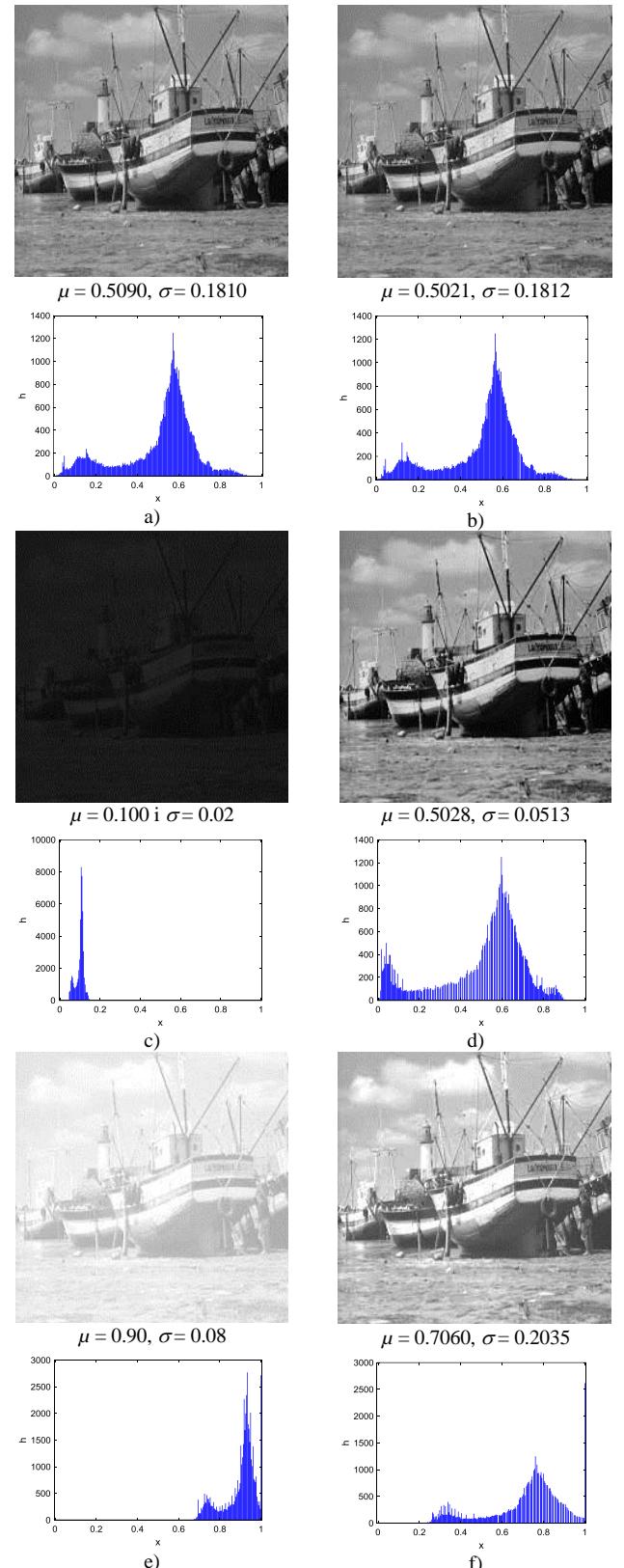
**ELSE**

*Korak 6:* Transformacija svetle slike  $I$ :

$$Y = \frac{I^\gamma}{I^\gamma + (1 - I^\gamma) \times \mu^\gamma} \quad (5)$$

**END**

Dejstvo AGC algoritma na popravku vizuelnog kvaliteta kod tamnih i svetlih slika prikazano je na sl. 1 pomoću test slike *boat* i odgovarajućih histograma: a) originalna slika ( $\mu = 0.5090$ ,  $\sigma = 0.1810$ ), b) GQ slika (slika sa najboljom MOS ocenom i  $\mu = 0.5$ ,  $\sigma = 0.1812$ ) [12], [13], c) tamna slika sa malim kontrastom ( $\mu = 0.1$  i  $\sigma = 0.02$ ), d) AGC korigovana tamna slika ( $\mu = 0.5028$ ,  $\sigma = 0.0513$ ), e) svetla slika sa malim kontrastom ( $\mu = 0.9$ ,  $\sigma = 0.08$ ) i f) AGC korigovana svetla slika ( $\mu = 0.7060$ ,  $\sigma = 0.2035$ ). Pored vizuelno popravljenog kvaliteta tamne i svetle slike dejsto AGC korekcije uočljivo je i na histogramima.



Slika 1. Test slika *Boat*: a) original, b) GQ slika, c) slika sa malim kontrastom i malim osvetljenjem, d) AGC transformisana slika, e) slika sa malim kontrastom i velikim osvetljenjem i f) AGC transformisana slika naslova slike.

Histogram tamne slike malog kontrasta (sl. 1.c) je sa srednjom vrednošću koja je ispod granice  $\mu = 0.5$  ( $\mu = 0.1$ ) i sa malim kontrastom ( $\sigma = 0.02$ ) što se na histogramu manifestuje kao mali opseg intenziteta piksela koji se razlikuju od nule. Nakon AGC korekcije srednja vrednost osvetljenosti je  $\mu = 0.5028$  i kontrast  $\sigma = 0.0513$ . Ovi parametri su približno jednaki originalnoj kao i GQ slici. Ista analiza, kao i zaključak, mogu da se sprovedu i nad histogramima svetle slike malog kontrasta (sl. 1.e i sl.1.f). Navedeni primeri govore o velikoj efikasnosti AGC algoritma.

### III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI I ANALIZA

Sproveden je eksperiment sa ciljem testiranja efikasnosti AGC algoritma kod popravke vizuelnog kvaliteta tamnih i svetlih slika malog kontrasta.

#### A. Eksperiment

Realizovan je eksperiment u okviru koga je vršeno: a) objektivno i b) subjektivno testiranje kvaliteta slika malog kontrasta, kod kojih je vizuelni kvalitet povećan primenom AGC algoritma (Sekcija II). Popravka vizuelnog kvaliteta podrazumeva povećanje kontrasta slike. Eksperiment je sproveden u laboratorijama Visoke tehničke škole Niš. Objektivno testiranje realizovano je primenom mera za kontrast (RMS i  $E_d$ ) i mera za komparativnu analizu (MSE, PSNR, AMBE i SSIM). Ove mere dobijene su upoređivanjem testiranih slika sa GQ slikom. GQ slika je realizovana algoritmom iz [11]. Parametri GQ slike su  $\mu \approx 0.5$  i  $\sigma > 0.04$  [12], [13]. Kao mera veličine kontrasta korишћene RMS i entropija Ek. Subjektivna testiranja sprovedena su pomoću MOS testa. Za potrebe MOS testiranja formirana je test grupa. Članovi test grupe su ocenjivali vizuelni kvalitet slike ocenom 1 do 5 (1 - loš, 2 - slab, 3 - dobar, 4 - vrlo dobar, 5 - odličan kvalitet). Računanjem prosečne ocene svih ispitnika određena se MOS ocena. Rezultati su prikazani tabelarno i grafički.

#### B. Baza

Formirana je baza test slika od slika koje su nastale modifikacijom osvetljenosti i kontrasta originalne slike. Od originalne test slike *Lena* formirane su slike malog kontrasta sa: a) malim osvetljenjem i b) velikim osvetljenjem. Parametri test slika sa malim osvetljenjem su:  $I_1 (\mu = 0.4, \sigma = 0.02)$ ,  $I_2 (\mu = 0.4, \sigma = 0.08)$ ,  $I_3 (\mu = 0.3, \sigma = 0.02)$ ,  $I_4 (\mu = 0.3, \sigma = 0.08)$ ,  $I_5 (\mu = 0.2, \sigma = 0.02)$ ,  $I_6 (\mu = 0.2, \sigma = 0.08)$ ,  $I_7 (\mu = 0.1, \sigma = 0.02)$  i  $I_8 (\mu = 0.1, \sigma = 0.188)$ . Parametri test slika sa velikim osvetljenjem su:  $I_9 (\mu = 0.9, \sigma = 0.02)$ ,  $I_{10} (\mu = 0.9, \sigma = 0.08)$ ,  $I_{11} (\mu = 0.8, \sigma = 0.02)$ ,  $I_{12} (\mu = 0.8, \sigma = 0.08)$ ,  $I_{13} (\mu = 0.7, \sigma = 0.02)$ ,  $I_{14} (\mu = 0.7, \sigma = 0.08)$ ,  $I_{15} (\mu = 0.6, \sigma = 0.02)$  i  $I_{16} (\mu = 0.6, \sigma = 0.08)$ .

#### C. Test grupa

Test grupa sastavljena je od 25 studenata master studija sa SP *Multimedijalne komunikacione tehnologije* Visoke tehničke škole Niš, i to 18 muškog i 7 ženskog pola, godina starosti: 20-42 god, sa  $\mu = 27.43$  i  $\sigma = 6.7762$ .



Slika 2. Primeri test slika iz test baze: a)  $I_1 (\mu = 0.4, \sigma = 0.02)$ , b)  $I_2 (\mu = 0.4, \sigma = 0.08)$ , c)  $I_3 (\mu = 0.1, \sigma = 0.02)$ , d)  $I_8 (\mu = 0.1, \sigma = 0.08)$ , e)  $I_9 (\mu = 0.9, \sigma = 0.02)$ , f)  $I_{10} (\mu = 0.9, \sigma = 0.08)$ , g)  $I_{15} (\mu = 0.6, \sigma = 0.02)$  i h)  $I_{16} (\mu = 0.6, \sigma = 0.08)$ .

#### D. Rezultati

U tabeli I prikazani su parametri test slika ( $\mu, \sigma$ ), mere kontrasta (RMS,  $E_d$ ) i MOS ocena. U tabeli II prikazani su isti parametri za test slike nakon primene AGC algoritma. Vizuelni efekat primene AGC algoritma nad test slikama sa sl. 2 prikazan je na sl. 3. Na sl.4 grafički su prikazane objektivne mere MOS, PSNR, AMBE i SSIM za tamnu (grafici: a), c), e) i g)) i svetu (grafici: b), d) f) i h)) sliku. Na sl. 5 i sl. 6 grafički je prikazan MOS rezultat. Zavisnost objektivnih i subjektivnih MOS mera prikazani su na sl. 7.

TABELA I. PARAMETRI TEST SLIKE NAKON OBRADE AGC ALGORITMOM

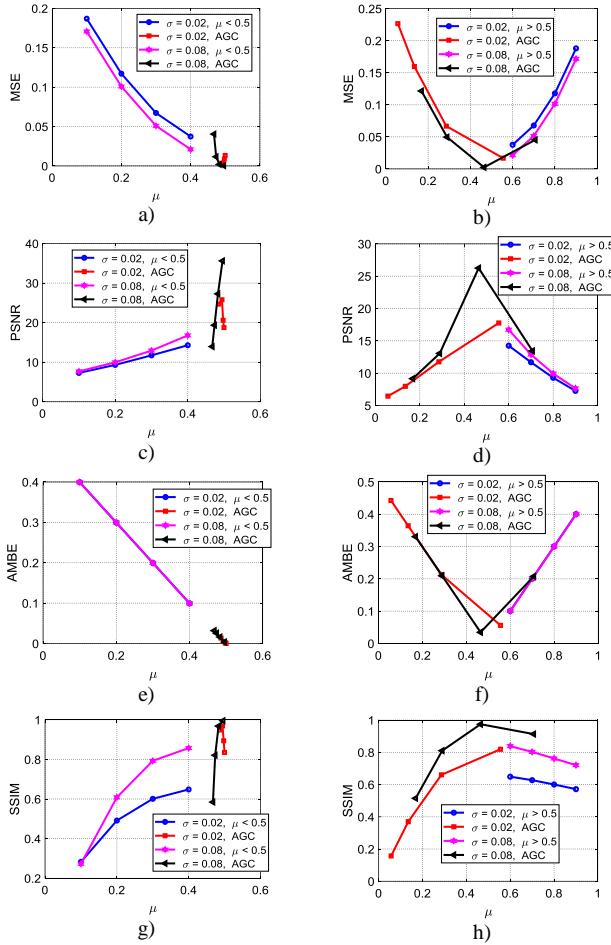
Slika	$\mu$	$\sigma$	Kontrast		MOS
			RMS	$E_d$	
$I_1$	0.4	0.02	$4*10^{-4}$	4.2291	1.704
$I_2$	0.4	0.08	0.0064	6.1898	3.184
$I_3$	0.3	0.02	$4*10^{-4}$	4.2382	1.504
$I_4$	0.3	0.08	0.0064	6.1906	2.724
$I_5$	0.2	0.02	$4*10^{-4}$	4.2291	1.364
$I_6$	0.2	0.08	0.0064	6.1898	2.508
$I_7$	0.1	0.02	$4*10^{-4}$	4.2382	1.168
$I_8$	0.1	0.08	0.0064	5.5703	2.004
$I_9$	0.9	0.188	$4*10^{-4}$	4.2382	1.104
$I_{10}$	0.9	0.08	0.0064	5.7216	1.652
$I_{11}$	0.8	0.02	$4*10^{-4}$	4.2291	1.172
$I_{12}$	0.8	0.08	0.0064	6.1898	2.036
$I_{13}$	0.7	0.02	$4*10^{-4}$	4.2382	1.148
$I_{14}$	0.7	0.08	0.0064	6.1906	1.840
$I_{15}$	0.6	0.02	$4*10^{-4}$	4.2291	1.240
$I_{16}$	0.6	0.08	0.0064	6.1898	2.58



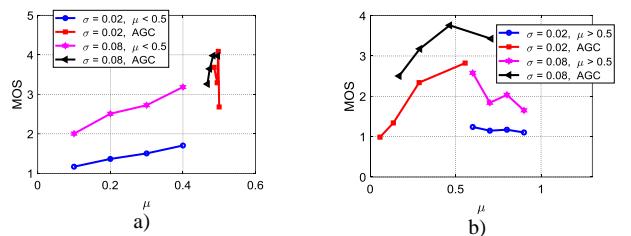
Slika 3. Primeri test slika nakon popravke vizuelnog kvaliteta AGC algoritmom: a)  $I_1 (\mu = 0.4998, \sigma = 0.0702)$ , b)  $I_2 (\mu = 0.4958, \sigma = 0.1777)$ , c)  $I_3 (\mu = 0.4859, \sigma = 0.2384)$ , d)  $I_8 (\mu = 0.4675, \sigma = 0.3681)$ , e)  $I_9 (\mu = 0.5553, \sigma = 0.0692)$ , f)  $I_{10} (\mu = 0.7070, \sigma = 0.2230)$ , g)  $I_{15} (\mu = 0.2897, \sigma = 0.1159)$  i h)  $I_{16} (\mu = 0.1687, \sigma = 0.0779)$ .

TABELA II. PARAMETRI TEST SLIKA NAKON OBRADE AGC ALGORITMOM

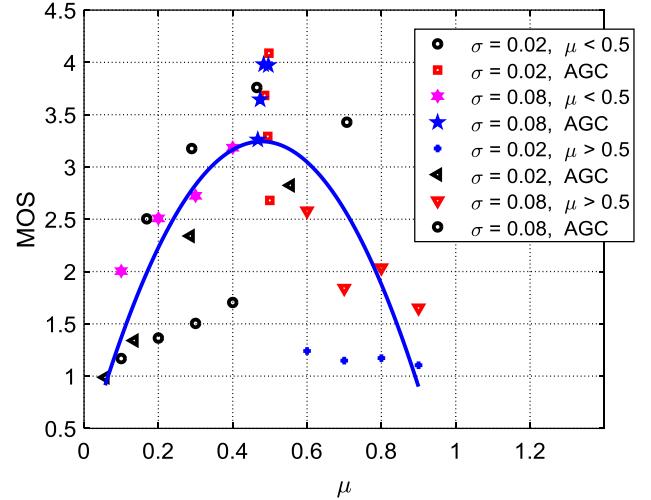
AGC Slika	$\mu$	$\sigma$	Kontrast		MOS
			RMS	Ed	
Y <sub>1</sub>	0.4998	0.0702	0.0049	5.9979	2.680
Y <sub>2</sub>	0.4958	0.1777	0.0316	7.232	3.972
Y <sub>3</sub>	0.4974	0.0924	0.0085	6.3907	4.088
Y <sub>4</sub>	0.4832	0.2201	0.0485	7.3222	3.980
Y <sub>5</sub>	0.4943	0.1351	0.0182	6.8538	3.292
Y <sub>6</sub>	0.4738	0.2846	0.0810	7.1845	3.644
Y <sub>7</sub>	0.4859	0.2384	0.0568	7.2997	3.684
Y <sub>8</sub>	0.4675	0.3681	0.1355	6.1002	3.260
Y <sub>9</sub>	0.5553	0.0692	0.0048	5.9884	2.824
Y <sub>10</sub>	0.7070	0.2230	0.0497	6.7687	3.428
Y <sub>11</sub>	0.2861	0.0401	0.0016	5.2212	2.340
Y <sub>12</sub>	0.4648	0.1640	0.0269	7.1261	3.760
Y <sub>13</sub>	0.1350	0.0216	$4.6594 \times 10^{-4}$	4.3377	1.340
Y <sub>14</sub>	0.2897	0.1159	0.0134	6.6497	3.176
Y <sub>15</sub>	0.0568	0.0106	$1.1172 \times 10^{-4}$	3.3653	0.988
Y <sub>16</sub>	0.1687	0.0779	0.0061	6.0793	2.504



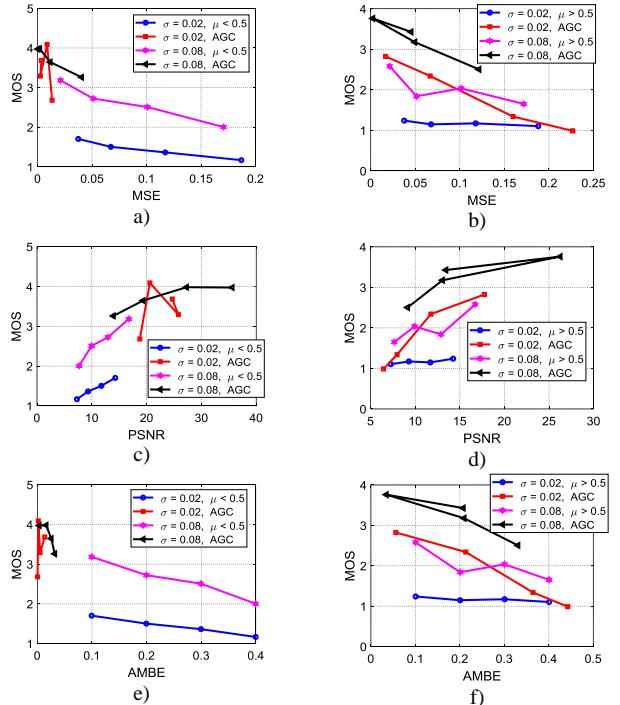
Slika 4. Objektivne mere MOS, PSNR, AMBE i SSIM za tamnu (grafici: a), c), e) i g)) i svetu (grafici: b), d) f) i h)) sliku.

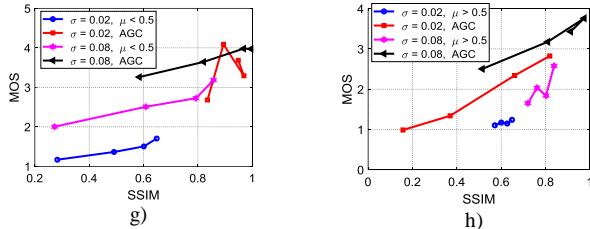


Slika 5. Rezultati MOS testa za: a) tamnu ( $\mu < 0.5$ ) i b) svetu ( $\mu > 0.5$ ) sliku.



Slika 6. Subjektivna MOS ocena za tamne i svetle slike





Slika 7. Korelisanost subjektivne MOS ocene sa objektivnim mera MOS, PSNR, AMBE i SSIM za tamnu (grafici: a), c), e) i g)) i svetlu (grafici: b), d) f) i h)) sliku.

#### E. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih u tabeli I i tabeli II i na sl. 3 - sl. 7, zaključuje se da je:

1. kod tamnih slika ( $\mu < 0.5, \sigma = 0.02$ ) povećanje objektivnih parametara kod test slika nakon primene AGC algoritma:

a)  $\mu \rightarrow 0.25 / 0.0056 = 44.2478$ , b)  $\sigma \rightarrow 0.1340 / 0.02 = 6.7012$ , c) MSE  $\rightarrow 0.1021 / 0.0070 = 14.5893$ , d) PSNR  $\rightarrow 10.6510 / 22.4556 = 0.4743$ , e) AMBE  $\rightarrow 0.2494 / 0.0052 = 47.7159$ , f) SSIM  $\rightarrow 0.5058 / 0.9117 = 0.5548$ , g) RMS  $\rightarrow 4.0000e-04 / 0.0221 = 0.0181$  i h)  $E_d \rightarrow 4.2336 / 6.6355 = 0.6380$  puta.

2. kod tamnih slika ( $\mu < 0.5, \sigma = 0.08$ ) povećanje objektivnih parametara kod test slika nakon primene AGC algoritma:

a)  $\mu \rightarrow 0.25 / 0.0199 = 12.5471$ , b)  $\sigma \rightarrow 0.2626 / 0.08 = 3.2828$ , c) MSE  $\rightarrow 0.0859 / 0.0135 = 6.3387$ , d) PSNR  $\rightarrow 11.8359 / 24.0431 = 0.4923$ , e) AMBE  $\rightarrow 0.2494 / 0.0193 = 12.9390$ , f) SSIM  $\rightarrow 0.6328 / 0.8423 = 0.7512$ , g) RMS  $\rightarrow 0.0064 / 0.0742 = 0.0863$  i h)  $E_d \rightarrow 6.0351 / 6.9597 = 0.8671$  puta.

3. kod svetlih slika ( $\mu > 0.5, \sigma = 0.02$ ) povećanje objektivnih parametara kod test slika nakon primene AGC algoritma:

a)  $\mu \rightarrow 0.25 / 0.2693 = 0.9282$ , b)  $\sigma \rightarrow 0.0354 / 0.02 = 1.7687$ , c), MSE  $\rightarrow 0.1028 / 0.1174 = 0.8752$ , d) PSNR  $\rightarrow 10.6229 / 10.9832 = 0.9672$ , e) AMBE  $\rightarrow 0.2506 / 0.2691 = 0.9314$ , f) SSIM  $\rightarrow 0.6119 / 0.5015 = 1.2203$ , g) RMS  $\rightarrow 4.0000*10^{-4} / 0.0017 = 0.2293$  i h)  $E_d \rightarrow 4.2336 / 4.7282 = 0.8954$  puta.

4. kod svetlih slika ( $\mu > 0.5, \sigma = 0.08$ ) povećanje objektivnih parametara kod test slika nakon primene AGC algoritma:

a)  $\mu \rightarrow 0.25 / 0.0199 = 1.2758$ , b)  $\sigma \rightarrow 0.1452 / 0.08 = 1.8150$ , c), MSE  $\rightarrow 0.0865 / 0.0547 = 1.5816$ , d) PSNR  $\rightarrow 11.7980 / 15.4755 = 0.7624$ , e) AMBE  $\rightarrow 0.2506 / 0.1956 = 1.2810$ , f) SSIM  $\rightarrow 0.7807 / 0.8030 = 0.9722$ , g) RMS  $\rightarrow 0.0064 / 0.0240 = 0.2664$  i h)  $E_d \rightarrow 6.0730 / 6.6559 = 0.9124$  puta.

Analizom rezultata subjektivnog MOS testa zaključuje se da je srednja vrednost MOS ocene, nakon primene AGC algoritma:

1. kod tamnih slika ( $\mu < 0.5, \sigma = 0.02$ ) povećana  $3.4360 / 1.4350 = 2.3944$  puta,

2. kod tamnih slika ( $\mu < 0.5, \sigma = 0.08$ ) povećana  $3.7140 / 2.6050 = 1.4257$  puta,

3. kod svetlih slika ( $\mu > 0.5, \sigma = 0.02$ ) povećana  $1.8730 / 1.1660 = 1.6063$  puta, i

4. kod svetlih slika ( $\mu > 0.5, \sigma = 0.08$ ) povećana  $3.2170 / 2.0270 = 1.5871$  puta.

Analiza zavisnosti MOS ocena od srednje osvetljenosti  $\mu$ , ukazuje da su najveće ocene za slike sa  $\mu \approx 0.5$  (sl.6). Ovaj zaključak je saglasan sa parametrima GQ slike dobrog kvaliteta [12].

Analizom objektivnih i subjektivnih mera (sl. 7) uočava se snažna međusobna korelisanost (na primer, povećanje MSE prati smanjenje MOS ocena).

Prikazani rezultati ukazuju na veliku efikasnost AGC algoritma kod poboljšanja vizuelnog izgleda slike. Efikasnost, merena subjektivnim MOS ocenama, veća je kod tamnih ( $MOS_{tamne} = (3.4360 + 3.7140) / 2 = 3.575$ ) u odnosu na svetle ( $MOS_{svetle} = (1.8730 + 3.2170) / 2 = 2.545$ ) slike, i to  $MOS_{tamne} / MOS_{svetle} = 1.4$  puta. Analizom kontrasta, kao jednom od objektivnih mera, dolazi se do zaključka da je  $RMS_{tamne} = (0.0221 + 0.0742) / 2 = 0.04815$  i  $RMS_{svetle} = (0.0017 + 0.0240) / 2 = 0.01285$ . Efikasnost algoritma kod tamnih slika veća je  $RMS_{tamne} / RMS_{svetle} = 3.74$  puta u odnosu na svetle slike.

#### IV. ZAKLJUČAK

U radu je opisan AGC algoritam za poboljšanje vizuelnih karakteristika slike malog kontrasta. Realizovan je eksperiment kojim su određene objektivne ( $\mu, \sigma, MSE, PSNR, AMBE, SSIM, RMS$  i  $E_d$ ) i subjektivne (MSE) mere slike nad kojima je primenjen AGC algoritam. Analiza je sprovedena za tamne ( $\mu < 0.5$ ) i svetle ( $\mu > 0.5$ ) slike malog kontrasta ( $\sigma < 0.085$ ). Detaljna analiza rezultata ukazuje na efikasnost AGC algoritma. Efikasnost je veća kod tamnih u odnosu na svetle slike malog kontrasta. Izraženo preko RMS objektivne mere za kontrast efikasnost veća je 3.74 puta, dok je subjektivna MOS ocena veća 1.4 puta. AGC algoritam ima malu numeričku složenost, veliku brzinu izvršavanja i, samim tim, pogodan je za implementaciju u sistemima za rad u realnom vremenu.

#### LITERATURA

- [1] H. Cheng, X. Shi, "A simple and effective histogram equalization approach to image enhancement". Digital Signal Process. 14(2), 158–170 (2004).
- [2] D. Coltuc, P. Bolon, J-M Chassery, "Exact histogram specification." Image Process. IEEE Trans. 15(5), 1143–1152 (2006).
- [3] M. Kim, M. Chung, "Recursively separated and weighted histogram equalization for brightness preservation and contrast enhancement." Consum. Electron. IEEE Trans. 54(3), 1389–1397 (2008).
- [4] R. Gonzalez, R. Woods, "Digital image processing", Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, 3rd ed. (2008).
- [5] Y. Kim, "Contrast enhancement using brightness preserving bi-histogram equalization". Consum. Electron. IEEE Trans. 43(1), 1–8 (1997).
- [6] S. Chen, A. Ramli, "Minimum mean brightness error bi-histogram equalization in contrast enhancement." Consum. Electron. IEEE Trans. 49(4), 1310–1319 (2003).
- [7] S. Chen, A. Ramli, "Preserving brightness in histogram equalization based contrast enhancement techniques." Digital Signal Process. 14(5), 413–428 (2004).

- [8] S. Rahman, M. Rahman, M. Abdullah-Al-Wadud, G. Dastegir Al-Quaderi, M. Shoyaib, "An adaptive gamma correction for image enhancement", EURASIP Journal on Image and Video Processing, 2016 2016:35.
- [9] T. Celik, T. Tjahjadi, "Contextual and variational contrast enhancement". Image Process. IEEE Trans. 20(12), 3431–3441 (2011).
- [10] A. Ross, A. Jain, J. Reisman, "A hybrid fingerprint matcher" Pattern Recog. 36(7), 1661–1673 (2003).
- [11] 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.
- [12] M. Mahamdioua, M. Benmohammed, "New Mean-Variance Gamma Method for Automatic Gamma Correction", *I.J. Image, Graphics and Signal Processing*, , Vol. 3, pp. 41-54, 2017.
- [13] 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.

## ABSTRACT

The first part of the paper describes the adaptive gamma corrector (AGC) algorithm for improving the quality of small contrast images. In the second part of the paper, an experiment which determines the objective and subjective parameters of the AGC algorithm is described. The results are showed by tables and graphically. The analysis of the results determines the efficiency of the AGC algorithm.

## PERFORMANCE OF THE ADAPTIVE GAMMA CORRECTOR FOR LOW CONTRAST IMAGE QUALITY IMPROVEMENT

Nataša Savić, Zoran Milivojević