

ПЕРФОРМАНСЕ MLAGC АЛГОРИТМА ЗА КОРЕКЦИЈУ КВАЛИТЕТА СВЕТЛИХ СЛИКА

Наташа Савић¹ Зоран Миливојевић²

Резиме: У првом делу рада описан је модификовани алгоритам локалне адаптивне гама корекције (MLAGC) за побољшање визуелног квалитета слика велике осветљености и малог контраста. У другом делу рада описан је експеримент којим су одређени објективни параметри MLAGC алгоритма. Резултати су приказани помоћу табела и слика. Анализом резултата одређена је ефикасност MLAGC алгоритма код корекције визуелног квалитета светлих слика.

Кључне речи: слика доброг квалитета, побољшање контраста, γ -корекција, локална адаптивна γ -корекција, хистограм

THE PERFORMANCE OF THE MLAGC ALGORITHM FOR BRIGHT IMAGE QUALITY CORRECTION

Abstract: The first part of the paper describes a modified local adaptive gamma correction algorithm (MLAGC) for improving the visual quality of high-brightness and low-contrast images. The second part of the paper describes an experiment that determined the objective parameters of the MLAGC algorithm. The results are presented using tables and images. The analysis of the results determined the efficiency of the MLAGC algorithm in the correction of the visual quality of bright images.

Key words: good quality image, contrast enhancement, gamma correction, local adaptive gamma correction, histogram

1. УВОД

Код дигиталног процесирања слике (енгл. *Digital Image Processing*, DSP) често је потребно вршити корекцију визуелног квалитета слика које су снимљене при лошим условима (магла, сумрак и др.). Изразито мала разлика између светлих и тамних делова слике доводи до теже интерпретације садржаја и лошег визуелног квалитета. Велики број алгоритама за поправку визуелног квалитета базира се на корекцији контраста [1] – [3]. Развијена је група алгоритама за повећање контраста применом γ -корекције [4], [5]. Примена ових алгоритама не даје увек задовољавајуће резултате, јер применом једне, глобалне вредности параметра γ , није могуће истовремено побољшање светлих и тамних региона слике. Како би се превазишао овај проблем примењују се алгоритми локалне адаптивне γ -корекције. У раду [6] описан је алгоритам локалне адаптивне γ -корекције (енгл. *Local Adaptive Gamma Corection*, LAGC).

У овом раду приказан је модификовани LAGC алгоритам (MLAGC). Модификација је извршена од стране аутора, са циљем повећања контраста и визуелног квалитета светлих слика. Ефикасност MLAGC алгоритма тестирана је експерименталним путем. У оквиру експеримента формирана је база тест слика, која се састоји од тест слика: а) оригиналне, б) генерисане GQ (енгл. *Good Quality*) слике [7] и в) генерисаних светлих слика ($\mu = 0.6 \div 0.9$) са малим контрастима ($\sigma = \{0.02, 0.08\}$). MLAGC алгоритам примењен је над генерисаним светлим тест сликама у циљу поправке квалитета слике. Ефикасност алгоритма одређена је помоћу: а) објективних мера за контраст: EME (енгл.

¹ Виши предавач, Академија техничко-васпитачких струковних студија, одсек Ниш, Александра Медведева 20 Ниш, natasa.savic@akademijanis.edu.rs:

² Професор, Академија техничко-васпитачких струковних студија, одсек Ниш, Александра Медведева 20 Ниш, zoran.milivojevic@akademijanis.edu.rs:

Measure of Enhancement), дискретна ентропија E_d (енгл. *Discrete entropy*) и ЕВСМ (енгл. *Edge-Based Contrast Measur*) [8], и б) мера за компаративну анализу: MSE (енгл. *Mean-Square Error*), PSNR (енгл. *Peak Signal-to-Noise Ratio*), AMBE (енгл. *Absolute Mean Brightness Error*), SSIM (енгл. *Structural SIMilarity*), и RMS (енгл. *Root Mean Square*), одређених у односу на GQ слику [7]. Поред тога, у циљу компарације, над генерисаним светлим сликама из тест базе примењен је TGC алгоритам (енгл. *Transform-based Gamma Corection*) [1]. Резултати објективних и мера за компаративну анализу су приказани помоћу табела и слика. Након тога, извршена је компаративна анализа и донешен закључак о ефикасности MLAGC алгоритма.

Рад је организован на следећи начин: У секцији 2 описан је MLAGC алгоритам. У секцији 3 описан је експеримент и извршена анализа резултата. Секција 4 је закључак.

2. MLAGC АЛГОРИТАМ

Модификацијом LAGC алгоритма описаног у раду [6] креиран је MLAGC алгоритам. MLAGC алгоритам за визуелну поправку светлих слика малог контраста, реализује се у следећим корацима:

Улаз: $I_{M \times N}$

Израз: $G_{M \times N}$

Корак 1: Формирање конволуционог језгра:

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

Корак 2: Селектовање блока $(2k+1) \times (2l+1)$ са централним пикселом (i, j) из слике I :

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

где је $k = 1, l = 1, i = 1, 2, \dots, M$ и $j = 1, 2, \dots, N$.

Корак 3: Одређивање средње луминансе L , блока $w_{i,j}$, помоћу линеарне конволуције:

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

Корак 4: Одређивање γ фактора за корекцију луминансе пиксела (i, j) :

IF $L \leq 0.5$

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

ELSE

$$\gamma(i, j) = c \cdot L. \quad (5)$$

END

где је c константа.

Корак 5: Корекција луминансе пиксела (i, j) γ -трансформацијом:

$$G(i, j) = I(i, j)^{\gamma(i,j)}. \quad (6)$$

Корак 6: Понављање корака 2-5 за сваки пиксел (i, j) .

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА

Реализован је експеримент са циљем тестирања ефикасности MLAGC алгоритма код поправке визуелног квалитета слика са великом луминансом и малим контрастом.

3.1. Експеримент

Над генерисаним светлим сликама из базе примењују се MLAGC (Секција 2) и TGC ([1]) алгоритми. Трансформисаним тест сликама одређени су хистограми и статистички параметри μ и σ . Квалитет контраста израчунат је мерама за контраст (EME, Ed и EBCM). Упоредивањем са GQ сликом [7] одређене су компаративне мере: MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS. Компаративном анализом резултата оцењен је квалитет MLAGC алгоритма.

3.2. База слика

Формирана је база тест слика од: а) оригиналне тест слике *Goldhill*, б) генерисане GQ слике *Goldhill* и в) генерисаних светлих слика ($S_1 - S_8$), које су креиране модификацијом осветљености и контраста оригиналне тест слике. Параметри генерисаних светлих слика су: а) S_1 ($\mu = 0.9, \sigma = 0.02$), б) S_2 ($\mu = 0.9, \sigma = 0.08$), в) S_3 ($\mu = 0.8, \sigma = 0.02$), г) S_4 ($\mu = 0.8, \sigma = 0.08$), д) S_5 ($\mu = 0.7, \sigma = 0.02$), њ) S_6 ($\mu = 0.7, \sigma = 0.08$), е) S_7 ($\mu = 0.6, \sigma = 0.02$) и ж) S_8 ($\mu = 0.6, \sigma = 0.08$)

3.3. Резултати

На сл. 1 приказане су: а) оригинална тест слика *Goldhill* и б) генерисана GQ слика *Goldhill*. Генерисане светле тест слике $S_1 - S_8$ приказане су на сл. 2.а – 2.ж, респективно. На сл. 3 приказане су слике ($S_1 - S_8$) након корекције MLAGC алгоритмом (3.а) S_{1MLAGC} - 3.ж) S_{8MLAGC}). На сл. 4 приказане су слике ($S_1 - S_8$) након корекције TGC алгоритмом (4.а) S_{1TGC} - 4.ж) S_{8TGC}). Хистограми тест слика ($S_1 - S_8$), хистограмима MLAGC трансформисаних слика ($S_{1MLAGC} - S_{8MLAGC}$), TGC трансформисаних слика ($S_{1TGC} - S_{8TGC}$) са хистограмом GQ слике приказани су на сл. 5. У табели 1 приказани су статистички параметри (μ, σ) за тест слике из базе слика. У табели 2 приказани су исти параметри за кориговане светле слике, применом MLAGC и TGC алгоритма. У табели 3 приказане су вредности контраста тест слика из базе изражене помоћу мера EME, Ed и EBCM. Вредности контраста трансформисаних слика (S_{iTGC} и S_{iMLAGC}) за $i = 1, 2, \dots, 8$, изражене помоћу истих мера, приказане су у табели 4. У табели 5 приказане су вредности објективних мера (MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS) светлих слика $S_i, i = 1, 2, \dots, 8$ и трансформисаних (S_{iTGC} и S_{iMLAGC}) за $i = 1, 2, \dots, 8$ у односу на GQ слику. У табели 6 приказане су средње вредности статистичких параметара светлих тест слика и TGC и MLAGC коригованих слика. У табели 7 приказане су средње вредности мера контраста за светле тест слике и TGC и MLAGC кориговане слике. У табели 8 приказане су средње вредности објективних мера светлих тест слика и TGC и MLAGC коригованих слика у односу на GQ слику.



а)

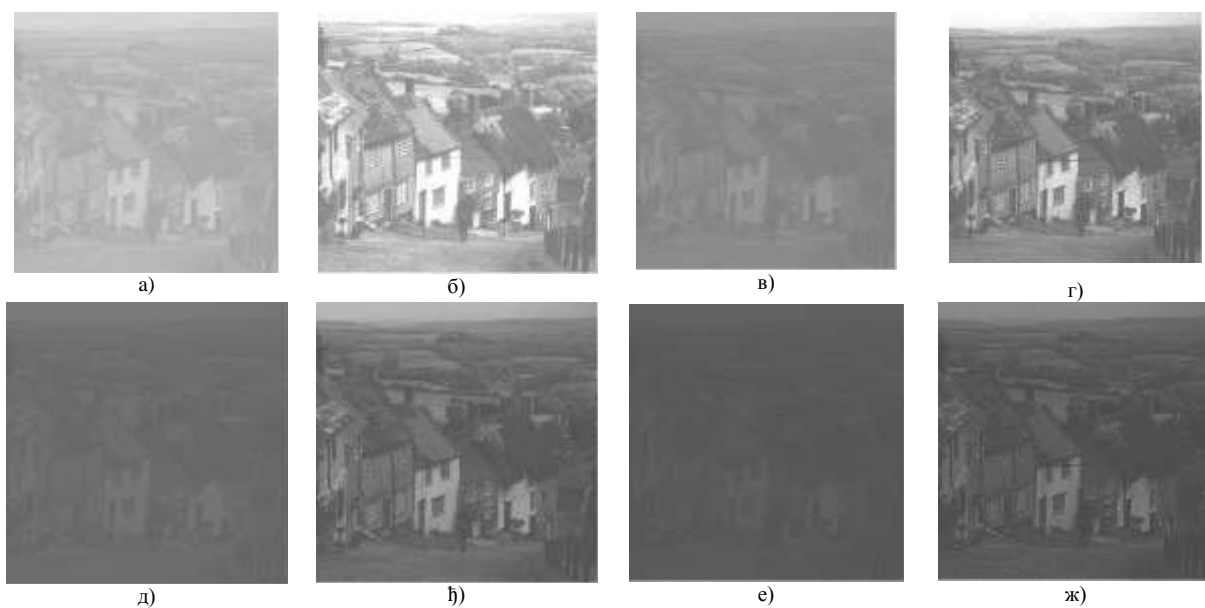


б)

Слика 1 – Тест слика Goldhill: а) оригинал, б) GQ



Слика 2 – Сlike из тест базе : а) $S_1 (\mu = 0.9, \sigma = 0.02)$, б) $S_2 (\mu = 0.9, \sigma = 0.08)$, в) $S_3 (\mu = 0.8, \sigma = 0.02)$, г) $S_4 (\mu = 0.8, \sigma = 0.08)$, д) $S_5 (\mu = 0.7, \sigma = 0.02)$, е) $S_6 (\mu = 0.7, \sigma = 0.08)$, ж) $S_7 (\mu = 0.6, \sigma = 0.02)$ и з) $S_8 (\mu = 0.6, \sigma = 0.08)$.

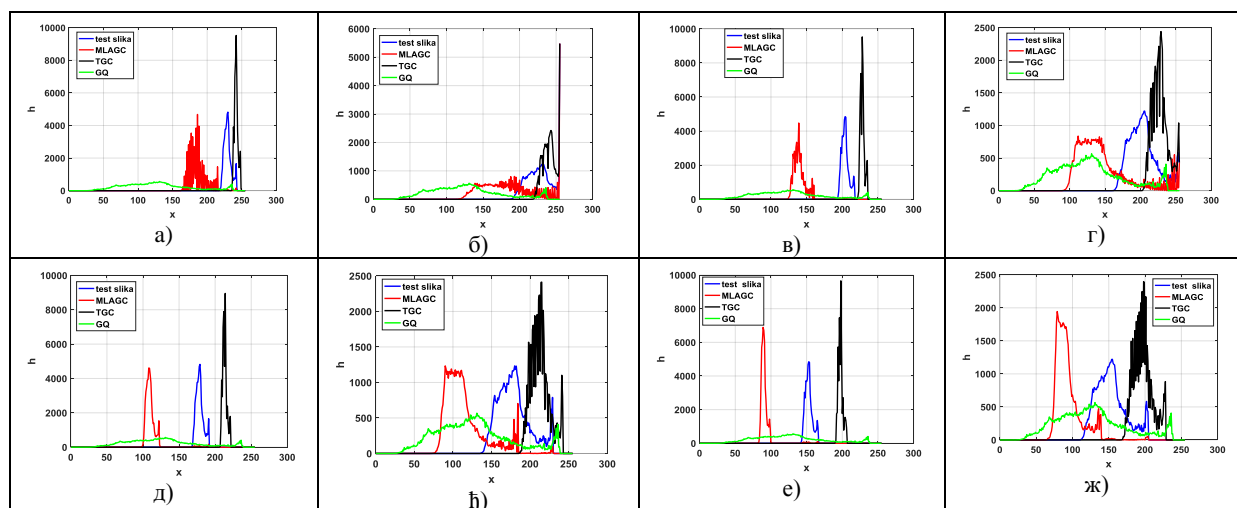


Слика 3 – MLAGC трансформисане тест слике: а) S_{1MLAGC} , б) S_{2MLAGC} в) S_{3MLAGC} г) S_{4MLAGC} д) S_{5MLAGC} е) S_{6MLAGC} ж) S_{7MLAGC} и з) S_{8MLAGC}





Слика 4 – TGC трансформисане тест слике: а) S_{1TGC} б) S_{2TGC} в) S_{3TGC} г) S_{4TGC} д) S_{5TGC} њ) S_{6TGC} е) S_{7TGC} и ж) S_{8TGC}



Слика 5 – Хистограми тест слика и слика након трансформација MLAGC и TGC алгоритмима: а) $S_1, S_{1MLAGC}, S_{1TGC}$ б) $S_2, S_{2MLAGC}, S_{2TGC}$ в) $S_3, S_{3MLAGC}, S_{3TGC}$ г) $S_4, S_{4MLAGC}, S_{4TGC}$ д) $S_5, S_{5MLAGC}, S_{5TGC}$ њ) $S_6, S_{6MLAGC}, S_{6TGC}$ е) $S_7, S_{7MLAGC}, S_{7TGC}$ и ж) $S_8, S_{8MLAGC}, S_{8TGC}$

Табела 1 – Статистички параметри тест слика

Слика	μ	σ
original	112.1431	48.8536
GQ	126.1997	46.4988
S_1	229.5162	5.0837
S_2	227.6723	16.8155
S_3	204.0328	5.1083
S_4	204.0061	20.4068
S_5	178.5162	5.0837
S_6	178.5304	20.4072
S_7	153.0328	5.1083
S_8	153.0058	20.4074

Табела 2 – Статистички параметри слика трансформисаних MLAGC и TGC алгоритмима.

Слика	μ	σ	Слика	μ	σ
S_{1MLAGC}	185.9890	12.9255	S_{1TGC}	241.9370	2.6426
S_{2MLAGC}	186.4773	37.9182	S_{2TGC}	240.7716	8.8516
S_{3MLAGC}	140.4696	11.5484	S_{3TGC}	228.1446	2.8582
S_{4MLAGC}	145.3368	36.3089	S_{4TGC}	227.7994	11.2271
S_{5MLAGC}	110.5584	10.5584	S_{5TGC}	213.3158	3.0883
S_{6MLAGC}	113.8710	25.2215	S_{6TGC}	213.0317	12.0509
S_{7MLAGC}	91.2330	9.0912	S_{7TGC}	197.5696	3.2421
S_{8MLAGC}	93.5671	17.7902	S_{8TGC}	197.1148	12.9568

Табела 3 – Мере контраста тест слика

Slika	EME	ED	EBCM
original	14.8355	7.4610	0.0469
GQ	12.3586	7.4230	0.0394
S ₁	0.5336	4.2348	0.0017
S ₂	2.3207	5.7021	0.0074
S ₃	0.6042	4.2399	0.0019
S ₄	2.8060	6.2093	0.0088
S ₅	0.6865	4.2348	0.0021
S ₆	3.2214	6.1996	0.0101
S ₇	0.8063	4.2399	0.0025
S ₈	3.7688	6.2099	0.0119

Табела 4 – Мере контраста тест слика трансформисаних TGC и MLAGC алгоритма.

	EME	Ed	EBCM
S _{1TGC}	0.2668	3.3205	9.0697*10 ⁻⁴
S _{1MLAGC}	1.7326	4.7535	0.0049
S _{2TGC}	1.1514	4.8643	0.0037
S _{2MLAGC}	6.4817	6.5007	0.0215
S _{3TGC}	0.3011	3.3525	0.0010
S _{3MLAGC}	1.8899	4.8279	0.0047
S _{4TGC}	1.4062	5.3470	0.0045
S _{4MLAGC}	6.6669	6.7119	0.0222
S _{5TGC}	0.3446	3.4722	0.0012
S _{5MLAGC}	1.9426	4.3235	0.0045
S _{6TGC}	1.6092	5.4144	0.0051
S _{6MLAGC}	6.3249	6.2236	0.0212
S _{7TGC}	0.3990	3.5481	0.0013
S _{7MLAGC}	1.8769	3.7515	0.0043
S _{8TGC}	1.8827	5.5173	0.0060
S _{8MLAGC}	5.8693	5.6892	0.0202

Табела 5 – Објективне мере квалитета тест слика и трансформисаних слика у односу на GQ слику доброг квалитета.

		MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
S ₁	S ₁	1.2404*10 ⁴	7.1952	103.3165	0.1074	111.3731
	S _{1TGC}	1.5327*10 ⁴	6.2762	115.7373	0.0536	123.8031
	S _{1MLAGC}	4.8686*10 ³	11.2568	59.7893	0.2385	69.7751
S ₂	S ₂	1.1228*10 ⁴	7.6279	101.4726	0.4509	105.9605
	S _{2TGC}	1.4572*10 ⁴	6.4957	114.5719	0.2568	120.7134
	S _{2MLAGC}	3.8543*10 ³	12.2713	60.2776	0.6786	62.0834
S ₃	S ₃	7.7858*10 ³	9.2178	77.8331	0.1142	88.2369
	S _{3TGC}	1.2307*10 ⁴	7.2294	101.9450	0.0623	110.9349
	S _{3MLAGC}	1.7987*10 ³	15.5812	14.2699	0.1748	42.4114
S ₄	S ₄	6.7551*10 ³	9.8345	77.8064	0.5441	82.1893
	S _{4TGC}	1.1578*10 ⁴	7.4946	101.5998	0.3227	107.5990
	S _{4MLAGC}	683.8078	19.7815	19.1371	0.7136	26.1497
S ₅	S ₅	4.4667*10 ³	11.6309	52.3165	0.1190	66.8333
	S _{5TGC}	9.4835*10 ³	8.3611	87.1161	0.0709	97.3835
	S _{5MLAGC}	2.0470*10 ³	15.0197	15.6412	0.1220	45.2434
S ₆	S ₆	3.4397*10 ³	12.7656	52.3307	0.5762	58.6492
	S _{6TGC}	8.7381*10 ³	8.7166	86.8320	0.3560	93.4779
	S _{6MLAGC}	838.8913	18.8937	12.3287	0.6063	28.9636
S ₇	S ₇	2.4478*10 ³	14.2431	26.8331	0.1246	49.4751
	S _{7TGC}	6.9751*10 ³	9.6953	71.3699	0.0745	83.5173

S ₈	S _{7MLAGC}	3.1528*10 ³	13.1438	34.9666	0.0798	56.1499
	S ₈	1.4198*10 ³	16.6086	26.8062	0.6009	37.6799
	S _{8TGC}	6.1665*10 ³	10.2304	70.9151	0.3910	78.5272
	S _{8MLAGC}	2.1511*10 ³	14.8041	32.6325	0.4637	46.3805

Табела 6 – Средње вредности статистичких параметри тест слика и трансформисаних слика

Slika	$\bar{\mu}$	$\bar{\sigma}$
S	191.0391	12.3026
S _{TGC}	219.9606	7.1147
S _{MLAGC}	133.4378	20.1703

Табела 7 – Средње вредности мера контраста тест слика и трансформисаних слика

Slika	\overline{EME}	\overline{Ed}	\overline{EBCM}
S	1.8434	5.1588	0.0058
S _{TGC}	0.9201	4.3545	0.0030
S _{MLAGC}	4.0981	5.3477	0.0129

Табела 8 – Средње вредности објективних мера квалитета тест слика и трансформисаних слика у односу на слику доброг квалитета.

	\overline{MSE}	\overline{PSNR}	\overline{AMBE}	\overline{SSIM}	\overline{RMS}
S	6.2434*10 ³	11.1405	64.8394	0.3297	75.0497
S _{TGC}	1.0643*10 ⁴	8.0624	93.7609	0.1985	101.9945
S _{MLAGC}	1.8785*10 ³	15.0940	31.1304	0.3847	47.1446

3.4. Анализа резултата

На основу вредности статистичких параметара приказаних у тбл. 1, тбл. 2 и тбл. 6, уочава се да се статистички параметри MLAGC коригованих слика најмање разликују од статистичких параметара GQ слике.

На основу резултата приказаних у тбл. 3 тбл. 4 и тбл. 7 мере контраста код слика добијених након корекције MLAGC алгоритмом су: а) $EME_{MLAGC} / EME_S = 4.0981 / 1.8434 = 2.2231$, $EME_{MLAGC} / EME_{TGC} = 4.0981 / 0.9201 = 4.4539$, б) $Ed_{MLAGC} / Ed_S = 5.3477 / 5.1588 = 1.0366$, $Ed_{MLAGC} / Ed_{TGC} = 5.3477 / 5.1588 = 1.2281$ и в) $EBCM_{MLAGC} / EBCM_S = 0.0129 / 0.0058 = 2.2306$, $EBCM_{MLAGC} / EBCM_{TGC} = 0.0129 / 0.0030 = 4.3658$ пута веће.

На основу резултата приказаних у тбл. 5 и тбл. 8, тј. објективних мера за компарацију квалитета у односу на GQ слику, закључује се да је применом MLAGC алгоритма:

а) $MSE_S / MSE_{MLAGC} = 6.2434 \cdot 10^3 / 1.8785 \cdot 10^3 = 3.3236$, $MSE_{TGC} / MSE_{MLAGC} = 1.0643 \cdot 10^4 / 1.8785 \cdot 10^3 = 5.6659$ пута мање, б) $PSNR_{MLAGC} / PSNR_S = 15.0940 / 11.1405 = 1.3549$, $PSNR_{MLAGC} / PSNR_{TGC} = 15.0940 / 8.0624 = 1.8721$ пута веће, в) $AMBE_S / AMBE_{MLAGC} = 64.8394 / 31.1304 = 2.0828$, $AMBE_{TGC} / AMBE_{MLAGC} = 93.7609 / 31.1304 = 3.0119$ пута мање, г) $SSIM_{MLAGC} / SSIM_S = 0.3847 / 0.3297 = 1.1668$, $SSIM_{MLAGC} / SSIM_{TGC} = 0.3847 / 0.1985 = 1.9381$ пута веће, и д) $RMS_S / RMS_{MLAGC} = 75.0497 / 47.1446 = 1.5919$, $RMS_{TGC} / RMS_{MLAGC} = 101.9945 / 47.1446 = 2.1634$ пута мање.

Приказани резултати указују на велику ефикасност MLAGC алгоритма у односу на TGC алгоритам.

4. ЗАКЉУЧАК

Детаљном анализом показано је да је квалитет MLAGC коригованих слика добар. Након примене MLAGC алгоритма над светлим сликама визуелни квалитет се поправио и побољшан је контраст. На основу статистичких параметара μ и σ . MLAGC кориговане слике могу се сврстати у класу GQ слика.

5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chiu Y.-S., Cheng , F.-C. & Huang S.-C. (2011). *Efficient contrast enhancement using adaptive gamma correction and cumulative intensity distribution*, in Proc. IEEE Conf. Syst. Man Cybern., pp. 2946–2950.
- [2] Rahman S., Rahman M., Abdullah-Al-Wadud M., Dastagir Al-Quaderi G. & Shoyaib M., (2016). *An adaptive gamma correction for image enhancement*, EURASIP Journal on Image and Video Processing.
- [3] Savić N. & Milivojević Z. (2020). *Komparativna analiza algoritama za korekciju kontrasta slika u boji*, XXIV Међународна конференција Информационе технологије (IT), Žabljak, 18 – 22. februar, pp. 46-49.
- [4] Somasundaram K., & Kalavathi P. (2011) *Medical Image Contrast Enhancement Based On Gamma Correction*, International Journal of Knowledge Management & e-Learning Vol. 3, No. 1, pp. 15-18.
- [5] Babakhani P. & Zarei P. (2015). *Automatic gamma correction based on average of brightness*, Advances in Computer Science: an International Journal, Vol. 4, Issue 6, No. 18.
- [6] Acharya A. & Giri A V. (2020). *Contrast Improvement using Local Gamma Correction*, ICACCS, pp. 110-114.
- [7] Milivojević Z., Savić N. & Prlinčević B. (2019). *Parametri slike dobrog kvaliteta pogodnih za digitalnu obradu*, Међународно саветовање на тему Управљање знањем и информатика, Кopaоник, pp 129-137.
- [8] Savić N. & Milivojević Z. (2020). *Performanse AGCWD algoritma za korekciju kontrasta kod slika u boji*, Zbornik radova 19th International Symposium Infotech-Jahorina, pp. 125-130.