

## КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА АЛГОРИТАМА ЗА ПОВЕЋАЊЕ КОНТРАСТА СЛИКА

Наташа Савић<sup>1</sup> Зоран Миливојевић<sup>2</sup>

**Резиме:** У првом делу рада приказани су TGC, THE и AGC алгоритми за повећање контраста слика. У другом делу рада описан је експеримент у коме је вршено тестирање ефикасности алгоритама код процесирања неких тест слика. Резултати су приказани табеларно и помоћу слика. На крају је извршена компаративна анализа резултата и показано да је THE алгоритам најефикаснији код поправке контраста слика.

**Кључне речи:** Побољшање контраста, гама корекција, адаптивна гама корекција, хистограм, кумулативна дистрибуција.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF THE ALGORITHMS TO IMAGE CONTRAST ENHANCEMENT

**Abstract:** In the first part of the paper, TGC, THE, and AGC algorithms for contrast enhancement are described. The second part of this paper describes an experiment in which efficiency of the algorithms in processing some test images are tested. The results is presented by tables and pictures. After that a comparative analysis of the results is performed and is shown that the THE algorithm is most effective in correcting image contrast.

**Key words:** Contrast enhancement, gamma correction, adaptive gamma correction, histogram, cumulative distribution.

### 1. УВОД

Код дигиталног процесирања слика (енгл. *Digital Image Processing*, DSP) актуелна проблематика је препознавање ликова и објеката у слици, (енгл. *pattern recognition*), компјутерског, односно машинског вида (енгл. *computer vision*). Процент успешности директно је зависан од квалитета слике која се обрађује. Због тога се захтева да слика буде са добрим визуалним карактеристикама, добрим контрастом и без геометријских изобличења. Неадекватни уређаји за снимање као и неповољни услови снимања могу довести до смањеног контраста, што се одражава на визуелни изглед дигиталне слике (Atici 2009). Субјективним MOS (енгл. *Mean Opinion Score*) тестовима успостављена је веза између визуелног квалитета слике и јасних ивица и контура. Због тога је побољшање контраста актуелна проблематика код процесирања слике.

Методе побољшања контраста могу се поделити у две групе: а) директне (Cheng 2000, Beghdad 1989) и б) индиректне методе (Sherrier 1987, Chiu 2011). Директне методе примењују алгоритме за процену квалитет контраста помоћу мера контраста, и након тога, врше корекцију контраста. Проблем се јавља код слика са сложеном контрастном структуром где је тешко одредити меру контраста и, самим тим, дефинисати мере и интензитета корекције слике (Sherrier 1987). У неким површинама слике може доћи до прекомерне корекције што доводи до неприродног изгледа слике. Код индиректних метода корекција контраста се врши анализом хистограма слике и одређивањем густине вероватноће (енгл. *probability density*) расподеле интензитета луминансе свих пиксела слике. Корекција луминансе и хроминантних компонената

<sup>1</sup> Професор, Академија теничко-васпитачких струковних студија, Ниш, Србија, e-mail: natasa.savic@vtsnis.edu.rs

<sup>2</sup> Професор, Академија теничко-васпитачких струковних студија, Ниш, Србија, e-mail: zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

сваког пиксела врши се на основу густине вероватноће, тако да је умањен проблем корекције код слика са сложеном контрастном структуром. Методе код којих се корекција врши на основу хистограма припадају НММ (енгл. *Histogram modifications method*) класи.

У овом раду су приказани експериментални резултати примене три алгоритма за корекцију контраста, и то: а) ТГС (енгл. *Transform-based Gamma Corection*), б) ТНЕ (енгл. *Traditional Histogram Equalization*) и в) АГС (енгл. *Adaptive Gamma Correction*) (Chiu 2011). За потребе експеримента формирана је база слика састављена од стандардних тест слика (*Lena, Barbara, Baboon, Goldhill, Boy, Girl, Tulips, Sails, Image*). Алгоритми су примењени над сваком сликом из тест базе. Ефикасност алгоритама вршена је: објективним и б) субјективним мерама. Као објективне мере коришћене су: а) мере упоређења оригиналних и коригованих слика MSE (енгл. *Mean-Square Error*), PSNR (енгл. *Peak Signal-to-Noise Ratio*), АМБЕ (енгл. *Absolute Mean Brightness Error*) SSIM (енгл. *Structural SIMilarity*), и RMS (енгл. *Root Mean Square*), и б) мере за процену контраста: ЕМЕ (енгл. *Measure of Enhancement*), ентропија Ек и ЕВСМ (енгл. *Edge-Based Contrast Measur*). Као субјективна мера вршена је визуелна оцена квалитета слике. Резултати су приказани табеларно. На крају је извршена компаративна анализа резултата и указано на алгоритам чијом применом је извршена најбоља корекција контраста.

Рад је организован на следећи начин. У секцији 2 описани су алгоритми за побољшање контраста. У секцији 3 описан је експеримент и извршена анализа резултата. Секција 4 је закључак.

## 2. АЛГОРИТМИ ПОБОЉШАЊА КОНТРАСТА

### 2.1. ТГС алгоритам

ТГС алгоритам базира се на примени  $\gamma$ -трансформације над сваким пикселом слике:

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

где је  $l_{\max}$ , максимални вредност луминансе улазне слике, а  $\gamma$  корекциони параметар. Интензитет сваког улазног пиксела  $l$  модификује се са  $T(l)$ . За вредности параметра  $\gamma > 1$  истакнути су тамни детаљи слике, док су за  $\gamma < 1$  истакнути светли детаљи слике.

### 2.2. ТНЕ алгоритам

ТНЕ алгоритам базира се на примени кумулативне дистрибуције хистограма слике у циљу израчунавања корекционог фактора за конкретну слику. Функција густине вероватноће *pdf* (енгл. *probability density function*) може се апроксимирати са:

$$pdf(l) = n_l / (M \cdot N), \quad (2)$$

где је  $n_l$  број пиксела интензитета  $l$ , а  $M$  и  $N$  димензије слике.

Кумулативна дистрибуција *cdf* (енгл. *cumulative distribution function*) луминансе  $l$  може се формулисати са:

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

Трансформација интензитета сваког пиксела применом ТНЕ алгоритма реализује се са:

$$T(l) = cdf(l) \cdot l_{\max} \cdot \quad (4)$$

### 2.3. AGC алгоритам

Прилагођавање корекционог параметра  $\gamma$  за конкретну слику постиже се анализом функције кумулативне дистрибуције густине вероватноће расподеле луминансе  $l$ , конкретне слике и, након тога, применом  $\gamma$ -трансформације. Овако креиран алгоритам трансформације луминансе назива се адаптивна гама корекција AGC. Трансформација интензитета пиксела применом AGC алгоритма реализује се са:

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

## 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ РЕЗУЛТАТИ И АНАЛИЗА

### 3.1. Експеримент

Спроведен је експеримент у оквиру кога је вршено објективно тестирање квалитета слике са посебним освртом на промену контраста. Формирана је база тест слика. Над сваком тест сликом извршена је трансформација применом алгоритама: а) TGC ( $\gamma = 0.75$ ), б) ТНЕ и в) AGC. Ефекат дејства алгоритма одређен је упоређивањем орииналних и обрађених слика помоћу објективних мера MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS. Помоћу мера EME, Ек и EBCM израчуната је мера контраста. Компаративном анализом одређена је слика са најбољим контрастом и добрим визуелним карактеристикама.

### 3.2. База слика

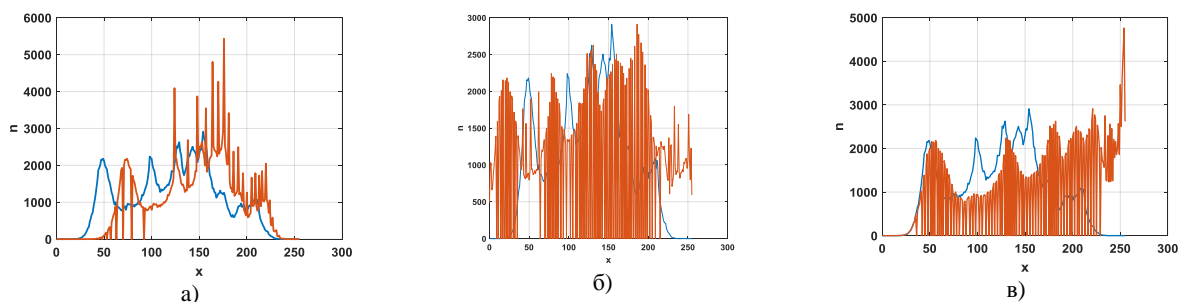
Базу слика чине стандардне тест слике: *Lena*, *Barbara*, *Baboon*, *Goldhill*, *Boy*, *Girl*, *Tulips*, *Sails*, *Image*.

### 3.3. Резултати

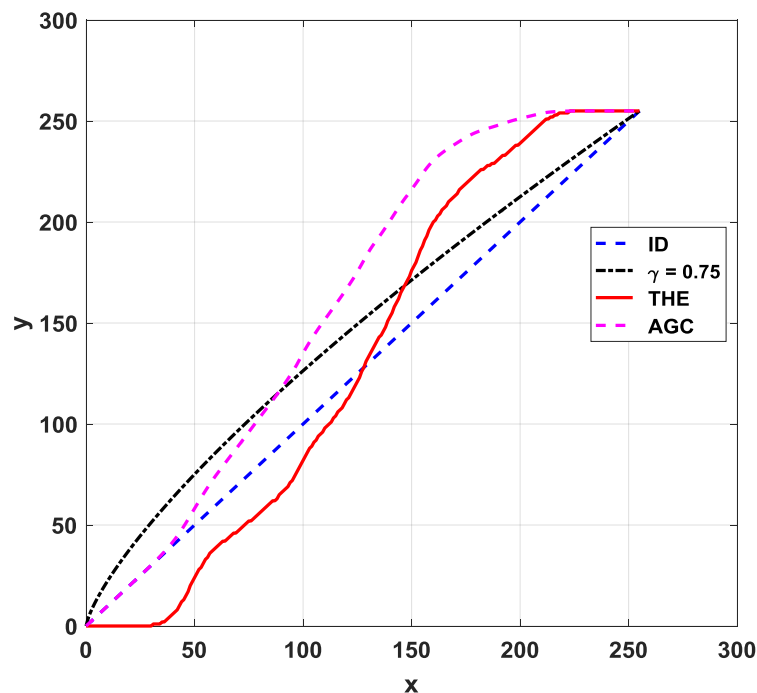
На сл. 1 приказане су тест слика *Lena* (сл. 1.а) и слике након трансформације: а) TGC (сл. 1.б), б) ТНЕ сл. 1.в) и г) AGC (сл. 1.г) алгоритмима. На сл. 2 приказани су хистограми тест слике *Lena* и слика након трансформације: а) TGC (сл. 1.б), б) ТНЕ сл. 1.в) и г) AGC (сл. 1.г) алгоритмима. На сл. 3 приказане су функције трансформације за: а) линеарну функцију (ID - идентичност) код које нема промене након трансформације, б) TGC са  $\gamma = 0.75$ , в) ТНЕ и г) AGC алгоритам. У табели 1 приказане су вредности објективне мере квалитета трансформисаних у односу на оригиналне слике (MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS). У табели 2 приказане су вредности контраста тест слика и трансформисаних слика, посредством мера, EME, Ек и EBCM. У табели 3 приказане су средње вредности, објективних мера квалитета трансформисаних у односу на оригиналне слике. У табели 4 приказане су средње вредности мера контраста оригиналних и трансформисаних слика.



Слика 1 – Тест слике: а) *Lena* и слике након корекције: б) TGC, в) THE и г) AGC алгоритма.



Слика 2 – Хистограми тест слике *Lena* и слике након корекције: а) TGC, б) THE и в) AGC алгоритма.



Слика 3 – Функције трансформације тест слике *Lena* за: а) ID (идентичност) б) TGC са  $\gamma = 0.75$ , в) THE и г) AGC алгоритма.

Табела 1 -Објективне мере квалитета трансформисаних у односу на оригиналне слике.

		MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
S <sub>1</sub> Lena	S <sub>1,TGC</sub>	0.0079	21.0074	22.2431	0.9715	22.7075
	S <sub>1,THE</sub>	0.0114	19.4162	4.7872	0.8818	27.2728

	S <sub>1,AGC</sub>	0.0357	14.4682	43.2165	0.9050	48.2093
S <sub>2</sub> Barbara	S <sub>2,TGC</sub>	0.0079	21.0410	22.1385	0.9649	22.6198
	S <sub>2,THE</sub>	0.0093	20.2807	11.6142	0.9119	24.6891
	S <sub>2,AGC</sub>	0.0370	14.3186	43.8072	0.8809	49.0470
	S <sub>3</sub>					
S <sub>3</sub> Baboon	S <sub>3,TGC</sub>	0.0080	20.9666	22.4840	0.9768	22.8145
	S <sub>3,THE</sub>	0.0205	16.8801	0.8702	0.7620	36.5205
	S <sub>3,AGC</sub>	0.0375	14.2623	44.2747	0.8676	49.3660
S <sub>4</sub> Goldhill	S <sub>4,TGC</sub>	0.0087	20.5879	23.2473	0.9663	23.8310
	S <sub>4,THE</sub>	0.0184	17.3715	17.3035	0.7964	34.5115
	S <sub>4,AGC</sub>	0.0446	13.5155	47.0667	0.8096	53.7979
S <sub>5</sub> Boy	S <sub>5,TGC</sub>	0.0068	21.7061	19.4283	0.9808	20.9524
	S <sub>5,THE</sub>	0.0012	29.2714	0.4746	0.9904	8.7695
	S <sub>5,AGC</sub>	0.0223	16.5238	33.3611	0.9374	38.0495
S <sub>6</sub> Girl	S <sub>6,TGC</sub>	0.0066	21.8114	18.7195	0.9363	20.7001
	S <sub>6,THE</sub>	0.0179	17.4803	20.4625	0.8508	34.0821
	S <sub>6,AGC</sub>	0.0291	15.3653	35.1696	0.8349	43.4783
S <sub>7</sub> Tulips	S <sub>7,TGC</sub>	0.0076	21.2007	21.4639	0.9410	22.2079
	S <sub>7,THE</sub>	0.0136	18.6729	24.8471	0.9331	29.7094
	S <sub>7,AGC</sub>	0.0409	13.8822	45.0114	0.8522	51.5741
S <sub>8</sub> Sails	S <sub>8,TGC</sub>	0.0093	20.3047	24.2796	0.9703	24.6211
	S <sub>8,THE</sub>	0.0291	15.3700	19.1437	0.6674	43.4550
	S <sub>8,AGC</sub>	0.0505	12.9690	50.3095	0.7222	57.2912
S <sub>9</sub> Image	S <sub>9,TGC</sub>	0.0085	20.7399	23.1528	0.9651	23.4178
	S <sub>9,THE</sub>	0.0165	17.7991	18.0545	0.8680	32.8536
	S <sub>9,AGC</sub>	0.0447	13.4999	47.7151	0.8644	53.8943

Табела 2 – Мере контраста тест слика и трансформисаних слика.

		EME	Ek	EBCM
S <sub>1</sub> Lena	S <sub>1</sub>	8.9807	7.4460	0.0224
	S <sub>1,TGC</sub>	6.7327	7.2513	0.0168
	S <sub>1,THE</sub>	22.2392	7.3424	0.0555
	S <sub>1,AGC</sub>	10.2269	7.1501	0.0267
S <sub>2</sub> Barbara	S <sub>2</sub>	18.2140	7.5916	0.0525
	S <sub>2,TGC</sub>	13.6987	7.4238	0.0393
	S <sub>2,THE</sub>	32.4116	7.4785	0.0867
	S <sub>2,AGC</sub>	19.6470	7.3057	0.0570
S <sub>3</sub> Baboon	A <sub>3</sub>	18.7761	7.2418	0.0654
	B <sub>3</sub>	14.0907	7.0916	0.0494
	C <sub>3</sub>	46.0569	7.1121	0.1603
	D <sub>3</sub>	21.7969	7.4637	0.0803
S <sub>4</sub> Goldhill	A <sub>4</sub>	14.5223	7.4378	0.0455
	B <sub>4</sub>	10.8994	7.2998	0.0341
	C <sub>4</sub>	30.7675	7.2457	0.0948
	D <sub>4</sub>	17.4016	7.1101	0.0564
S <sub>5</sub> Boy	A <sub>5</sub>	47.1804	6.7745	0.2346
	B <sub>5</sub>	35.4298	6.7080	0.1830
	C <sub>5</sub>	65.4611	6.3879	0.2722
	D <sub>5</sub>	47.2016	6.4789	0.2217
S <sub>6</sub> Girl	A <sub>6</sub>	12.2886	7.4048	0.0371
	B <sub>6</sub>	9.2191	7.4107	0.0278
	C <sub>6</sub>	15.4424	7.1346	0.0468
	D <sub>6</sub>	13.3854	7.2015	0.0410
S <sub>7</sub> Tulips	A <sub>7</sub>	14.4275	7.6961	0.0353
	B <sub>7</sub>	10.8186	7.6712	0.0263
	C <sub>7</sub>	17.1307	7.5031	0.0424
	D <sub>7</sub>	14.2032	7.7087	0.0356

S <sub>8</sub> Sails	A <sub>8</sub>	14.1077	7.0794	0.0459
	B <sub>8</sub>	10.5783	6.9912	0.0344
	C <sub>8</sub>	43.0028	6.9218	0.1334
	D <sub>8</sub>	18.7105	7.1595	0.0659
S <sub>9</sub> Image	A <sub>9</sub>	17.5481	7.3600	0.0526
	B <sub>9</sub>	13.2121	7.2211	0.0396
	C <sub>9</sub>	38.3235	7.2564	0.0979
	D <sub>9</sub>	19.8139	7.1710	0.0604

Табела 3 - Средње вредности објективних мера квалитета трансформисаних слика у односу на оригиналне слике.

	Средње вредности објективних мера				
	MSE	PSNR	AMBE	SSIM	RMS
TGC	0.0079	21.0406	21.9063	0.9637	22.6525
TNE	0.0153	19.1714	13.0619	0.8513	30.2071
AGC	0.0380	14.3116	43.3258	0.8527	49.4120

Табела 4 – Средње вредности мера контраста тест слика и трансформисаних слика.

	Средње вредности мера контраста		
	ЕМЕ	Ек	ЕВСМ
S	18.4495	7.3369	0.0657
TGC	13.8533	7.2299	0.0501
TNE	34.5373	7.1536	0.1100
AGC	20.2652	7.1944	0.0717

### 3.4. Анализа резултата

Анализом резултата приказаних на сл.1 и сл. 2 може се уочити да је применом алгоритма TNE побољшан визуелни квалитет слике.

Ефекат дејства алгоритама на оригиналне слике приказан је објективним мерама (MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS) у табелама 1 и 3. На основу резултата може се закључити да је:

- а) MSE најмањи код примене TGC алгоритма ( $MSE_{\min} = 0.0079$ ),
- б) PSNR највећи код примене TGC алгоритма ( $PSNR_{\max} = 21.0406$ ),
- в) AMBE најмањи код примене TNE алгоритма ( $AMBE_{\min} = 13.0619$ ),
- г) SSIM највећи код примене TGC алгоритма ( $SSIM_{\max} = 0.9637$ ), и
- д) RMS најмањи код примене TGC алгоритма ( $RMS_{\min} = 22.6525$ ).

Ефекат дејства алгоритама на повећање контраста приказан је објективним мерама (ЕМЕ, Ек и ЕВСМ) у табелама 2 и 4. На основу резултата може се закључити да је:

- а) ЕМЕ највећи код примене TNE алгоритма. Контраст слике након примене TNE алгоритма повећан је 1,88 пута у односу на контраст оригиналне слике,
- б) Ек најмањи код примене TNE алгоритма ( $E_{k_{\min}} = 7.1536$ ), и
- в) ЕВСМ највећи код примене TNE алгоритма ( $E_{VCM_{\max}} = 0.1100$ ).

На основу приказаних објективних резултата закључује се да је примена TNE алгоритма довела до највећег повећања контраста код тестираних слика. Применом субјективне методе визуелне провере квалитета слика (сл. 1) закључује се да је највиши

квалитет код слика код којих је примењен THE алгоритам. Објективне и субјективне методе указују на квалитет слика и дају препоруку за коришћење THE алгоритма код поправке визуелног квалитета слике.

#### 4. ЗАКЉУЧАК

У овом раду описан је експеримент у оквиру кога је објективним мерама одређен ефекат дејства (TGC, THE и AGC) алгоритама на повећање контраста слике. Анализом вредности објективних мера за компарацију ефекта дејства алгоритама (MSE, PSNR, AMBE, SSIM и RMS) и објективних мера за контраст (EME, Ek и EBCM), као и субјективне мере тестирања визуелног квалитета слике, закључује се да је примена THE алгоритма довела до највећег повећања контраста и побољшања визуелног квалитета слика.

#### 5. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Arici, T., Dikbas, S. and Altunbasak, Y. (2009). *A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement*. IEE Trans. Image Process., vol. 18, no. 9, pp. 1921–1935.
- [2] Beghdadi, A. and Négrate, A. L. (1989). *Contrast enhancement technique based on local detection of edges*. Comput. Vis, Graph., Image Process., vol. 46, no. 2, pp. 162–174
- [3] Cheng, H. D., and Xu, H. J. (2000). *A novel fuzzy logic approach to contrast enhancement*. Pattern Recognit, vol. 33, no. 5, pp. 809–819.
- [4] Chiu, Y.-S., Cheng F.-C., and 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
- [5] Sherrier, R. and Johnson G. (1987). *Regionally adaptive histogram equalization of the chest*. IEEE Trans. Med. Imag., vol. MI-6, no. 1, pp. 1–7.