

Performanse ST algoritma za filtriranje Gausovog šuma kod slike sa insertovanim vodenim žigom

Bojan Prlinčević, Uroš Jakšić

Visoka Tehnička škola strukovnih studija
Zvečan, Srbija

b.prlincevic@vts-zvecan.edu.rs, u.jaksic@vts-zvecan.edu.rs

Zoran Milivojević

Visoka Tehnička škola strukovnih studija
Niš, Srbija
zoran.milivojevic@vtsnis.edu.rs

Sažetak— U ovom radu izvršena je analiza ST algoritma za filtriranje Gausovog šuma kod slike sa insertovanim vodenim žigom. U prvom delu rada opisane su performanse vodenog žiga i algoritam utiskivanja vodenog žiga. Detaljno je analiziran i opisan ST algoritam za filtriranje Gausovog šuma. U drugom delu rada izvršeno je testiranje algoritma. Gausov šum je variran u opsegu 0-50 dB. Nakon filtriranja slike sa vodenim žigom vršena je ekstrakcija žiga. U cilju upoređivanja rezultata ekstrakcija vodenog žiga je vršena, nakon dodavanja Gausovog šuma i nakon filtriranja. Pokazan je uticaj ST algoritma na ekstrakovani vodeni žig. Dobijeni rezultati su detaljno analizirani i prikazani su tabelarni i grafički.

Ključne riječi-Filtriranje; Vodeni žig; Gausov šum;

I. UVOD

Razvoj digitalne tehnologije je doprineo da se digitalni sistemi primenjuju u svim segmentima našeg društva. Ovo podrazumeva da se svakodnevno stvaraju, reproducuju, arhiviraju i prenose velike količine digitalnih podataka. Pored toga što digitalno okruženje unapređuje i olakšava uslove za život otvara dva veoma bitna pitanja. Prvo pitanje je zaštita podataka koji se na ovaj način eksplloatišu. Za zaštitu digitalnih podataka, koji najčešće predstavljaju sliku ili neki drugi multimedijalni sadržaj, koristi se digitalni vodeni žig (engl. watermark). Vodeni žig podrazumeva insertovanje nevidljivih informacija u digitalnu sliku sa ciljem dokazivanja prava vlasništva [1], [2]. Osnovne karakteristike koje digitalni vodeni žig treba da poseduje su: a) da je nevidljiv (engl. invisibility), b) da može da se ekstrahuje i c) da je robustan (otporan)[3]. Postoji veliki broj tehnika za insertovanje digitalnog vodenog žiga koje se baziraju na složenim transformacijama poput DCT (engl. Discrete Cosine Transform) [3], [4], DWT (engl. Discrete Wavelet Transform) [5], [6], SVD transformacija (engl. Singular Value Decomposition) [2], [7], [8].

Druge takođe vrlo bitno pitanje koje se javlja prilikom stvaranja, reprodukcije, arhiviranja i prenosa digitalnih podataka jeste pojava smetnji. Postoje različite vrste smetnji. Smetnje se odlikuju vremenskom, prostornom i amplitudnom raspodelom. Smetnje mogu biti slučajne i periodične. Periodične smetnje (u koje ubrajamo impulsne smetnje - Salt and Pepper) se lakše mogu eliminisati [9 - 11]. Oblik slučajnih smetnji koje se veoma često javlja kod manipulacije

digitalnim podacima, a koji je veoma interesantan jesu Gausove smetnje. Prisustvo smetnji, naročito Gausovih, može značajno da naruši kvalitet slike a samim tim i da bitno utiče na kvalitet ekstrakovanog vodenog žiga. U cilju smanjenja uticaja smetnji primenjuju se tehnike za otklanjanje smetnji koje su bazirane na wavelet thresholding [12 - 15]. Poznate su tehnike za otklanjanje sa soft thresholding i hard thresholding pragom odlučivanja [16 - 18]. Tehnike za otklanjanje smetnji bazirane na wavelet thresholding imaju nedostatke koji se ogledaju u tome da se njihovom primenom eliminisu ili bitno izmene i mnogi koeficijenti koji mogu sadržati veoma bitne informacije vezane za sliku. Prag za odlučivanje prilikom otklanjanja smetnji [19] predstavlja bitan element koji je potrebno analizirati, kao i nivo superponiranih smetnji σ . U radu [20] je predstavljena tehnika za filtriranje slike sa superponiranim Gausovim smetnjama koja se bazira na soft thresholding (ST - Soft Thresholding) pronalazeњu praga odlučivanja kao i pronalazeњu nivoa superponiranih smetnji.

Autori ovog rada su postavili pitanje: *efekta primene algoritma iz [20] na popravku kvaliteta slike sa insertovanim vodenim žigom?* Odgovor na ovo pitanje potražen je kroz realizaciju eksperimenta u okviru koga su određene performanse ST algoritma za otklanjanje Gausovih smetnji. Korišćene su standardne test slike: Lena, Baboon, Cameraman and Girl. Eksperiment je rađen za dva tipa žiga: a) standardna slika žiga i b) invertovana slika žiga. Superponirane Gausove smetnje bile su u opsegu 0-50 dB. Kvalitet izdvojenog vodenog žiga analiziran je za dva slučaja: a) za slučaj kada nije vršeno filtriranje slike i b) za slučaj kada je vršeno filtriranje slike ST algoritmom iz [20]. Kao mera kvaliteta ST algoritma korišćene su MSE (engl. Mean Square Error), PSNR (engl. Peak Signal-to-Noise Ratio) i r – Pirsonov korelacioni koeficijent (engl. Pearson correlation coefficient). Rezultati su predstavljeni tabelarno i grafički.

Rad je organizovan na sledeći način: U sekciji II opisana je SVD tehnika za insertovanje i ekstrakciju digitalnog vodenog žiga i algoritam za filtriranje slike. U sekciji III dati su rezultati i analiza rezultata. Zaključak je dat u sekciji IV.

II. ALGORITMI

U ovom radu korišćeni su: a) SVD algoritam za insertovanje žiga [3, 21] i b) ST algoritam za filtriranje slike[20].

A. SVD algoritam za utiskivanje i ekstrakciju vodenog žiga

Insertovanje digitalnog vodenog žiga vršeno je primenom SVD transformacije prikazane u radovima [3, 21]. Algoritam za insertovanje digitalnog vodenog žiga se izvršava u sledećim koracima:

Korak 1: SVD transformacija se primenjuje nad originalnom slikom S dimenzija $m \times n$:

$$S = U \Sigma V^T, \quad (1)$$

gde su $U_{m \times n}$, Σ , V^T – unitarna matrica matrice S , dijagonalna matrica matrice S i V^T je transponovana matrica, respektivno.

Korak 2: Dijagonalnoj matrici dodaje se vodeni žig $W_{m \times n}$ nakon čega se dobija matrica Σ_n :

$$\Sigma_n = \Sigma + \alpha W, \quad (2)$$

gde je α koeficijenat insertovanja vodenog žiga.

Korak 3: U cilju dobijanja dijagonalne matrice koja nosi informacije o vodenom žigu nad matricom Σ_n primenjuje se SVD transformacija:

$$\Sigma_n = U_w \Sigma_w V_w^T, \quad (3)$$

Korak 4: Rekonstruisana slika sa insertovanim vodenim žigom se dobija primenom inverzne SVD transformacije :

$$S_w^* = U \Sigma_w V^T, \quad (4)$$

Ekstrakcija vodenog žiga S_w^* izvršava se u sledećim koracima:

Korak 1: Primeni se SVD transformacija na sliku sa vodenim žigom S_w^* :

$$S_w^* = U^* \Sigma_w^* V^{*T} \quad (5)$$

Korak 2: Originalne matrice U_w i V_w koriste se u cilju dobijanja slike žiga:

$$\Sigma_1 = U_w \Sigma_w^* V_w \quad (6)$$

Korak 3: Slika izdvojenog vodenog žiga dobija se relacijom:

$$W_r = \left(\frac{1}{\alpha} \right) (\Sigma_1 - \Sigma) \quad (7)$$

Na osnovu primjenjenog algoritma zaključuje se da su za ekstrakciju vodenog žiga potrebne originalne U_w i V_w matrice žiga, kao i originalna Σ - jedinična matrica originalne slike.

B. ST algoritam za otklanjanje Gausovih smetnji

Filtriranje slike je izvršeno korišćenjem ST algoritma opisanog u radu [20]. Primenjeni algoritam se izvršava u sledećim koracima:

Korak 1: Slici sa insertovanim vodenim žigom superponira se Gausov beli šum:

$$S_{wn}^* = S_w^* + \sigma n, \quad (8)$$

gde su n – Gausov beli šum, σ – varijansa šuma.

Korak 2: Izvrši se dvodimenzionalna DWT transformacija slike sa žigom i superponiranim Gausovim šumom.

Korak 3: Izračuna se threshold, T , po relaciji:

$$T = \sigma \sqrt{2 \log M}, \quad (9)$$

gde M predstavlja faktor veličinu signala, a σ^2 – predstavlja varijansu šuma. Varijansa šuma određena je izrazom:

$$\sigma^2 = \left[\left(\text{median} |Y_{i,j}| \right) / 0.06745 \right]^2, \quad (10)$$

gde $Y_{i,j} \in \text{HH}_1$ – predstavlja podkvadrante tresholdinga.

Korak 3: Nakon određivanja praga vrši se filtriranje slike definisano sledećim izrazom:

$$\begin{cases} S_{(wn)i,j}^* - T, & \text{ako je } S_{(wn)i,j}^* \geq T \\ S_{wf}^* = S_{(wn)i,j}^* + T, & \text{ako je } S_{(wn)i,j}^* \leq -T \\ 0, & \text{ako je } |S_{(wn)i,j}^*| < T \end{cases}, \quad (11)$$

Korak 4: Izvrši se inverzna dvodimenzionalna DWT transformacija kako bi se dobila filtrirana slika.

III. EKSPERIMENTALNI REZULTATI ANALIZA

A. Eksperiment

Korak 1: Slici je primenom SVD algoritma za utiskivanje žiga, insertovan vodeni žig.

Korak 2: Slici sa insertovanim vodenim žigom superponirane su Gausove smetnje u opsegu 0-50 dB.

Korak 3: Iz slike sa insertovanim vodenim žigom i dodatim Gausovim smetnjama ekstrakovan je vodeni žig.

Korak 4: Nad slikom sa insertovanim vodenim žigom i dodatim Gausovim smetnjama primenjen je ST algoritma za filtriranje.

Korak 5: Iz filtrirane slike ekstrakovan je vodeni žig.

Za potrebe testiranja algoritma u prvom slučaju je korišćena slika binarnog žiga, dok je u drugom slučaju korišćena inverzna slika binarnog žiga.

U cilju upoređivanja rezultata vršena je ekstrakcija žiga iz slike sa superponiranim Gausovim smetnjama i iz filtrirane slike.

Eksperiment je rađen za opseg Gausovih smetnji $\sigma^2 = \{1, 10, 20, 30, 40, 50\}$ dB. Koeficijent Insertovanja žiga variran je u opsegu $\alpha = \{1, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35\}$.

Kao mere kavliteta filtrirane slike i slike ekstrakovanog vodenog žiga primjenjeni su srednja kvadratna greška - MSE, vršni odnos signal šum - PSNR, i Pearsonov koeficijent - r:

$$MSE = \frac{\sum_{i,j} (x_{ij} - y_{ij})^2}{M \times N}, \quad (12)$$

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{(2^n - 1)^2}{MSE}, \quad (13)$$

$$r = \frac{\sum_{i,j} (X_{i,j} - \bar{X}_{i,j})(Y_{i,j} - \bar{Y}_{i,j})}{\sqrt{\sum_{i,j} (X_{i,j} - \bar{X}_{i,j})^2} \sqrt{\sum_{i,j} (Y_{i,j} - \bar{Y}_{i,j})^2}}, \quad (14)$$

gde je: $i = 1 \dots M$, $j = 1 \dots N$, x_{ij} - i,j-ti piksel elementa originalne slike, y_{ij} - i,j - ti piksel elementa restaurirane slike, $M \times N$ - dimenzije slike.

B. Baza eksperimenta

Za potrebe testiranja ST algoritma korišćena je baza standardnih slika (Lena, Baboon, Cameraman i Girl) prikazanih na Sl. 1. Kao žig korišćena je slika standardnog binarnog žiga (i binarna slika inverznog žiga) Sl. 2.



a)



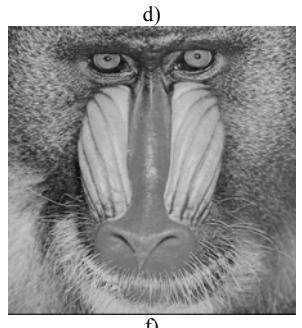
b)



c)



e)



f)

Slika 1. Baza slika korišćenih u eksperimentu: a) Lena, b) Girl, c) Man, d) Birds, e) Boat i e) Baboon.

**VISOKA
TEHNIČKA
ŠKOLA
ZVEČAN**

**VISOKA
TEHNIČKA
ŠKOLA
ZVEČAN**

a)

b)

Slika 2. Originalna slika žiga: a) standardni žig, i b) inverzni žig.

C. Rezultati

Na Sl. 3. je prikazana originalna slika sa insertovanim digitalnim vodenim žigom (sa koeficijentom insertovanja $\alpha = 35$) nakon superponiranja Gausovih smetnji i i zgled slika nakon primene ST algoritma za filtriranje. Na Sl. 4. prikazan je izgled standardnog i inverznog vodenog žiga ekstrakovanog nakon dodavanja Gausovih smetnji i nakon primene ST algoritma. Na Sl. 5. a) i Sl. 5. b). prikazani su dijagrami MSE i PSNR za sliku kojoj je insertovan žig sa koeficijentom insertovanja $\alpha = \{1, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35\}$. Na Sl. 5. c) prikazan je Pearsonov korelacioni koeficijent za standardni i inverzan voden žig ekstrakovan iz slike nakon superponiranja Gausovih smetnji i nakon primene ST algoritma. Na Sl. 5. d) prikazan je dijagram PSNR - a za standardni i inverzan voden žig ekstrakovan iz slike nakon superponiranja Gausovih smetnji i nakon primene ST algoritma.

U Tabeli I su predstavljene vrednosti MSE za standardni voden žig ekstrakovan iz slike nakon superponiranja Gausovih smetnji (MSE_1) i nakon primene ST algoritma (MSE_2) kao i za i inverzni, nakon superponiranja Gausovih smetnji ($MSE_{1\text{inv}}$) i nakon primene ST algoritma ($MSE_{2\text{inv}}$).





c)

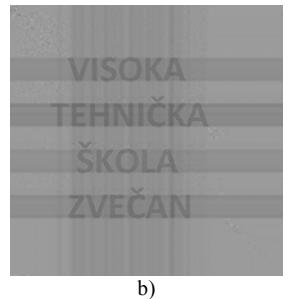


d)

Slika 3. Testirane slike sa insertovanim vodenim žigom ($\alpha = 35$): nakon dodatog šuma $\sigma = 20$ a) Lena i c) Girl i nakon filtriranja ST algoritmom b) Lena i d) Girl.



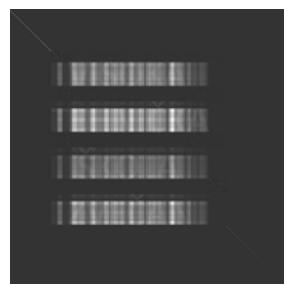
a)



b)

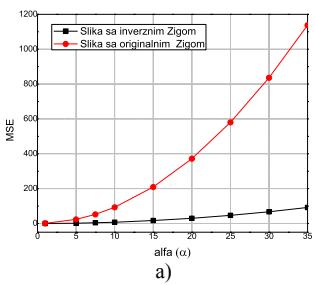


c)

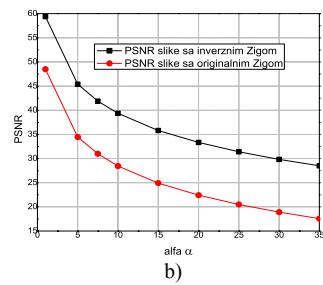


d)

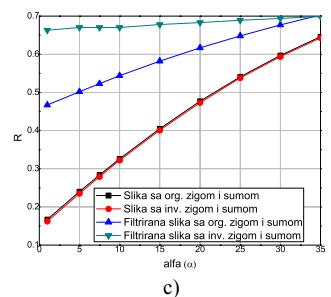
Slika 4. Ekstrakovani žig iz slike sa dodatim šumom $\sigma^2 = 20$ ($\alpha = 35$): a) standardni žig; b) standardni žig nakon filtriranja; c) inverzni žig; d) inverzni žig nakon filtriranja.



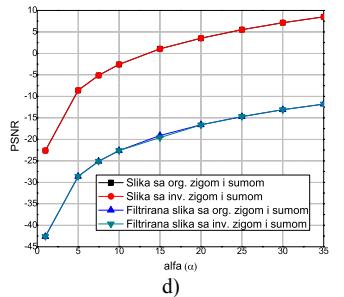
a)



b)



c)



d)

Slika 5. Dijagrami: a) MSE slike sa insertovanim vodenim žigom, b) PSNR slike sa insertovanim vodenim žigom, c) Pearsonov korelacioni koeficijent (r) ekstrakovanog vodenog ziga, d) PSNR ekstrakovanog vodenog ziga.

TABELA I. MSE EKSTRAKOVANAOG ŽIGA

	α								
	1	5	7.5	10	15	20	25	30	35
MSE ₁	182.2	7.1	3.12	1.75	0.75	0.41	0.26	0.15	0.11
MSE _{1inv}	182.9	7.26	3.22	1.8	0.79	0.44	0.28	0.19	0.14
MSE ₂	18102	722.6	321.4	178.3	79.4	45.3	28.4	19.3	13
MSE _{2inv}	18271	727.7	323.7	182.4	81.1	46.1	29.5	20.4	15

D. Analiza rezultata

Na osnovu rezultata prikazanih na Sl. 3. može se zaključiti da je ST algoritam efikasan u otklanjanju Gausovih smetnji, slika je vizuelno boljeg izgleda. Na osnovu rezultata prikazanih na Sl. 4. može se zaključiti da je žig ekstrakovani iz slike sa dodatim Gausovim smetnjama vizuelno boljeg kvaliteta u odnosu na žig ekstrakovani iz slike nakon filtriranja ST algoritmom. Kod testiranja inverznim žigom uočavamo da je ekstrakovani vodeni žig iz slike nakon filtriranja vizuelno znatno lošijeg kvaliteta. Na osnovu dijagrama prikazanog na Sl. 5. a) i Sl. 5. b) može se uočiti da insertovanje vodenog žiga sa koeficijentom insertovanja $\alpha = 35$, ne dovodi do degradiranja slike. Pearsonov korelacioni koeficijen prikazan na Sl. 5. c) pokazuje da je ekstrakovani vodeni žig (i standardni i inverzni) sličniji originalnom prilikom ekstrakcije pre filtriranja ST algoritmom. Takođe na Sl. 5. d) se na osnovu dijagrama za PSNR uočava da je ekstrakovani vodeni žig boljeg kvaliteta nakon ekstrakcije pre primene ST algoritma.

IV. ZAKLJUČAK

U ovom radu izvršena je analiza ST algoritma za filtriranje Gausovog šuma kod slike sa insertovanim vodenim žigom. U cilju detaljne analize efikasnosti ST algoritma korišćena slika standardnog žiga i slika inverznog binarnog žiga. Žig je insertovan sa koeficijentom insertovanja koji je variran u opsegu $\alpha = \{1, 5, 7.5, 10, 15, 20, 25, 30, 35\}$. Superponirane Gausove smetnje su varirane u opsegu $\sigma^2 = \{1, 10, 20, 30, 40, 50\}$ dB. Nakon upoređivanja vizuelnog izgleda ekstrakovanog vodenog žiga iz slike sa superponiranim Gausovim šumom i iz filtrirane slike zaključuje se da je žig ekstrakovani iz filtrirane slike lošijeg kvaliteta. Takođe, mere kvaliteta MSE prikazane u Tabeli I pokazuju da je žig ekstrakovani nakon primene ST

algoritma sa znatno većom srednjom kvadratnom greškom. Rezultati prikazani na dijagramima na Sl. 5. c) i Sl. 5. d), takođe, pokazuju da je ekstrakovani žig bolje kvaliteta ako se ekstrahuje pre primene ST algoritma.

Na osnovu dobijenih rezultata zaključuje se da ST algoritam nije pogodan za korišćenje pri otklanjanju Gausovih smetnji kod slika sa insertovanim binarnim vodenim žigom.

ZAHVALNICA

Istraživanja prezentovana u ovom radu podržana su od strane Erasmus + projekta "Digital Broadcasting and Broadband technologies" (DBBT), projekat Br. 561688-EPP-1-2015-1XK-EPPKA2-CBHE-JP.

LITERATURA

- [1] I.J. Cox, M.L. Miller and J.A. Bloom, "Digital Watermarking", Morgan Kaufmann Publishers, 2002.
- [2] J.Hernandez, M. Amado, F. Perez-Gonzalez, "DCT-domain watermarking techniques for still images: detektor performance analisys and new structure", IEEE Trans. Image Process. 9 (January 2000) 55-67.
- [3] R. Liu, T.Tan, "A SVD based watermarking scheme for protecting rughtful ownership", IEEE Trans. Multimedia 4 (1) (march 2002) 121-128.
- [4] B.Verma, S.Jain, D.P. Agarwal "Spatial Domain Robust Blind Watermarking Sheme for Color Image" Asian Journal of Information Technology 6(4):430-435, 2007.
- [5] S.Baba, L.Krikor, T.Arif, Z. Shaaban, "Watermarking of digital images in Frequency Domain", International Journal of Automation and Computing, May 2009.
- [6] W.Chu, "DCT-based image watermarking using subsampling", IEEE Trans. Multimedia 5 (1) (March 2003) 34-38.
- [7] A.Reddy, B.Chatterji, "A new wawelet based log-watermarking scheme", Patern Recognition Lett. 26 (may 2005) 1019-1027.
- [8] P.Kumsawat, K.Attakitmongcol, A.Srikaew, "Multi wavelet-based image watermarking using genetic algorithm", Proceedngs of the IEEE TENCON Conference, november 2004, pp.275-278.
- [9] B. Prlinčević, Z. Milivojević, D. Brodić, "Efikasnost MDB algoritma kod filtriranja slike sa vodenim žigom", It' Žabljak 2014, pp.
- [10] B. Prlinčević, Z. Milivojević, D. Brodić, "The efficiency of MDB algorithm for elimination of impulse noise at images with watermark inserted by DCT-SVD algorithm", UNITEH,14, Gabrovo, pp. 2014.
- [11] B. Prlinčević, Z. Milivojević, P.Spalević, D. Brodić, "Poboljšanje performansi SVDU watermarking algoritma primenom MDB filtra", Infoteh Jahorina 2017, pp. 2017.
- [12] M. Jansen, "Noise Reduction by Wavelet Thresholding," Springer Verlag Inc., New York, 2001.
- [13] J. Gao, H. Sultan, J. Hu and W. W. Tung, "Denoising Nonlinear Time Series by Adaptive Filtering and Wavelet Shrinkage: A Comparison," IEEE Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 3, 2010, pp. 237-240.
- [14] A. Khademi, A. A. Venetsanopoulos and A. R. Moody "Image Enhancement and Noise Suppression for FLAIR MRIs with White Matter Lesions," IEEE Signal Processing Letters, Vol. 17, No. 12, 2010, pp. 989-992.
- [15] D. B. H. Tay "Daubechies Wavelets as Approximate Hilbert-Pairs" IEEE Signal Processing Letters, Vol. 15, 2008, pp. 57-60.
- [16] D. L. Donoho, "De-Noising by Soft Thresholding," IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 41, No. 3, 1995, pp. 613-627.
- [17] D. L. Donoho and I. M. Johnstone, "Adapting to Un-known Smoothness via Wavelet Shrinkage," Journal of American Statistical Association, Vol. 90, No. 432, 1995, pp. 1200-1224.
- [18] D. L. Donoho and I. M. Johnstone, "Ideal Spatial Adapta-tion via Wavelet Shrinkage," Biometrika, Vol. 81, No. 3, 1994, pp. 425-455.
- [19] D. L. Donoho and I. M. Johnstone, "Wavelet Shrinkage: Asymptotic?" Journal of the Royal Statistical Society, Se-ries B (Methodological), Vol. 57, No. 2, 1995, pp. 301- 369.
- [20] H. Om, M Biswas, "A New Image Denoising Scheme Using Soft-Thresholding", Journal of Signal and Information Processing, 2012, Vol. 3, pp. 360-363.
- [21] B. Prlinčević, Z. Milivojević, D. Brodić, "Efikasnost MDB algoritma kod filtriranja slike sa vodenim žigom", Informacione Tehnologije IT14, Žabljak 2014, pp. 244 – 247.

ABSTRACT

In this paper is analized the ST algorithm for filtering Gaussian noise from watermarked image. The first part of the paper describes the performance of the watermark and the watermarking algorithm. The ST algorithm for filtering Gaussian noise is detailed analyzed and described. In the second part of the paper was performed testing of the algorithm. Gaussian noise is varied in the range 0-50 dB. After filing watermarked image, extraction of the watermark was performed. In order to compare the results, the extraction of the watermark was performed after the addition of Gaussian noise and after filtering with the ST algorithm. The influence of the ST algorithm on the quality of extracted watermark is shown. The obtained results were detailed analyzed and presented in a tabular and graphical.

PERFORMANCE OF ST FILTERING ALGORITHM FOR REMOVING GAUSIAN NOISE FOR IMAGE WITH WATERMARK

Bojan Prlinčević, Zoran Milivojević, Uroš Jakšić