

Objektivne ocjene metoda fuzije multifokusiranih slika baziranog na DWT

Slavica Savić

Univerzitet u Banjoj Luci

Elektrotehnički fakultet

Banja Luka, Bosna i Hercegovina

slavica.savic@etfbl.net

Sadržaj— Kako algoritmi za fuziju slike rezultuju slikom koja sadrži najviše informacija o sceni koja se snima, isti su sve zapaženiji u oblasti digitalne obrade slike. S obzirom da integrišu komplementarne i redundantne informacije, sa jedne strane veoma su značajne za krajnjeg korisnika, a isto tako imaju praktičan značaj u mnogim savremenim aplikacijama. Stoga, pored subjektivne ocjene, njihova efikasnost treba biti objektivno analizirana. U ovom radu, primjenom aktuelnih mjera dobre fokusiranosti data je objektivna analiza metoda za fuziju slika baziranog na Diskretnoj Vejvlet Transformaciji (DWT) u zavisnosti od parametara fuzije. Eksperimentalna poređenja su izvedena na vlastitoj bazi multifokusiranih slika koja je javno dostupna.

Ključne riječi—DWT; fuzija slika; multifokusirane slike

I. UVOD

Fuzija slika podrazumijeva kombinovanje više slika iste scene u jednu, kompozitnu sliku koja će najkvalitetnije prezentovati scenu od interesa. Ovo podrazumijeva da rezultatna slika sadrži više informacija nego bilo koja od pojedinačnih, ulaznih slika koje mogu nastati korišćenjem više komplementarnih senzora ili istog senzora koji za kreiranje seta slika koristi različite dubine fokusa.

Pri procesu akvizicije slika jednom kamerom, njena hardverska ograničenja ne dozvoljavaju jednako kvalitetno predstavljanje svih regiona scene. Stoga, ukoliko se svi regioni žele predstaviti jednako kvalitetno na slici, prvo se kreira set slika iste scene od kojih će se kasnije nekim od algoritama za obradu kreirati slika na kojoj će svi regioni biti kvalitetno predstavljeni. Jedan od tih ograničenja kamere je i dubina fokusa kamere koja se odnosi na opseg udaljenosti objekata na sceni u okviru kojeg objekti ostaju jasno prikazani na slici. Ovo podrazumijeva da se objekti u opsegu dubine fokusa kamere dobro fokusirani, dok su objekti izvan ovog opsega dubine zamućeni. Set slika iste scene načinjen sa različitim dubinama fokusa iste kamere naziva se setom multifokusiranih slika, od kojeg se nekim od algoritama za fuziju slike kreira slika u punom fokusu.

Postupak kreiranja "*all-in-focus*" slike se može implementirati na različitim nivoima reprezentacije informacija. Razlikujemo fuziju slike na nivou piksela, obilježja ili simbola [1]. Fuzija slike na najnižem nivou apstrakcije koristi fizičke parametre piksela, kakva je vrijednost piksela. Drugi naziv ove fuzije je nelinearna metoda.

Fuzija na nivou obilježja koristi njihove specifičnosti na osnovu kojih će se izvršiti fuzija. Stoga, ovakav način fuzije prethodno zahtjeva izdvajanje pogodnih obilježja, kao što su kontrast, ivice, tekstura i sl. Efikasno kombinovanje informacija na najvišem nivou apstrakcije se naziva fuzija na nivou simbola. Odabir nivoa za fuziju slike zavisi od više parametara kao što su izvor podataka, te aplikacije i alati koji se za fuziju koriste.

Danas postoje mnoge metode za fuziju multifokusiranih slika koje su bazirane na različitim alatima digitalne obrade signala. Neke od njih su bazirane na mjeri zamućenosti regiona na slikama [2], dok druge u svrhu fuzije koriste segmentaciju regiona [3]. Kada se govori o metodama za fuziju baziranim na piramidalnoj dekompoziciji slike, u novije vrijeme predloženo je nekoliko metoda fuzije baziranih na Empirijskoj vremensko-frekvencijskoj dekompoziciji signala (eng. Empirical Mode Decomposition - EMD) [4]-[5]. Tu su i druge metode fuzije bazirane na piramidalnoj dekompoziciji slike kao što je Diskretna Vejvlet Transformacija (eng. Discrete Wavelet Transform - DWT) [6]. Kako je ista veoma popularna u oblasti digitalne obrade signala i slike, u okviru ovog rada će se fuzija bazirana na DWT analizirati u zavisnosti od parametara koji se u procesu fuzije koriste. U tu svrhu će se iskoristiti ranije predložene objektivne mjere za ocjenu dobre fokusiranosti slike (eng. Focus Measure - FM) [7]-[8], kao i *mjera sličnosti* predložena od strane autora u [9]. Za razliku od nekih drugih metoda za objektivnu ocjenu kvaliteta kreirane slike koje zahtjevaju postojanje referentne slike u punom fokusu, prednost pomenutih metoda za objektivnu ocjenu je to što one nisu referentno bazirane.

Rad je dalje organizovan kako slijedi. U drugom poglavlju opisan je i analiziran metod za fuziju multifokusiranih slika bazirani na DWT. Treće poglavlje opisuje aktuelne, najefikasnije objektivne mjere za ocjenu kvaliteta slike u punom fokusu, koje se u okviru četvrtog poglavlja koriste za analizu efikasnosti DWT algoritma fuzije u zavisnosti od parametara koji se u procesu kreiranja slike u punom fokusu koriste. Peto poglavlje je zaključak.

II. DWT BAZIRANI METOD ZA FUZIJU MULTIFOKUSIRANIH SLIKA

Generalno govoreći, slike obuhvataju objekte i obilježja prikazana na različitim skalama. Kao što je već poznato, na velikim skalama široki vejvleti daju globalan pogled na scenu od interesa, odnosno, prozor koji se koristi za posmatranje

obuhvata veliki isječak signala. Stoga, velike skale ne omogućavaju uvid u detalje na posmatranoj sceni. Sa druge strane, na malim skalama se koriste uski vejvleti, pa je signal razvučen. Tada se kroz posmatrani prozor vidi samo mali dio signala čime je omogućena velika rezolucija signala u vremenskom domenu, tj. moguće je analizirati njegove sitnije detalje.

Dakle, DWT omogućava multirezolucionarnu analizu signala, a kada se radi o 2D signalima, obezbjeđuje kreiranje multirezolucionarne piramide gdje se u svrhu dekompozicije koriste *separabilni vejvleti*.

Nedostatak piramidalne dekompozicije signala primjenom DWT se ogleda u činjenici da se u tu svrhu koristi već unaprijed definisana banka filtera (vejvleta), pa ne postoji mogućnost potpunog prilagođenja ove banke konkretnom signalu koji se razlaže. Kako bi se banka filtera koja se koristi za kreiranje multirezolucionarne piramide što bolje prilagodila signalu koji se dekomponuje u prošlosti je predložen veliki broj različitih vejvleta. Nazvani po autorima, neki od njih su: *Harr, Daubechies, Biorthogonal, Coiflets, Symlets, Morlet, Maxican Hat, Mayer*, te drugi realni i kompleksni vejvleti. U ovom radu će se analizirati zavisnost kvaliteta kreirane slike u punom fokusu od prethodno odabrane familije vejvleta.

A. Fuzija bazirana na DWT

Fuzija multifokusiranih slika bazirana na Diskretnoj Vejvlet Transformaciji pri procesu kreiranja slike u punom fokusu selektivno kombinuje koeficijente dekompozicije ulaznih slika u transformacionom domenu. U tu svrhu koristi već ranije odabranu bazu vejvleta i prethodno definisana pravila fuzije. Zatim se primjenjuje inverzna transformacija nad prethodno spojenim koeficijentima što rezultuje izlaznom slikom u punom fokusu. Na osnovu navedenog, fuzija slike korišćenjem DWT može se predstaviti sledećom formulom:

$$I(x, y) = W^{-1}(\phi(W(I_1(x, y)), W(I_2(x, y)))), \quad (1)$$

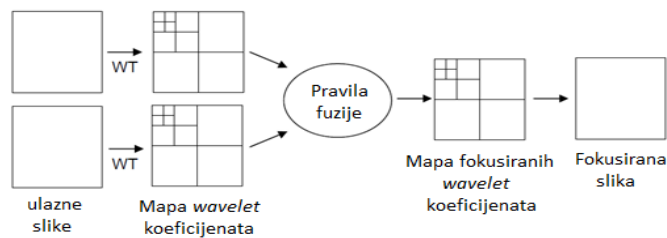
gdje je sa W označena sama transformacija, sa $I_1(x, y)$ i $I_2(x, y)$ ulazne slike, sa ϕ pravilo za fuziju slika, dok je $I(x, y)$ kreirana slika u punom fokusu.

Opšti okvir za fuziju slika baziranu na multirezolucionarnoj vejvlet transformaciji prikazan je šemom na Sl. 1.

B. Pravila fuzije primjenom DWT

Osnovna ideja svih šema multirezolucionarne fuzije motivisana je osobinom ljudskog vizuelnog sistema koji je prvenstveno osjetljiv na lokalne promjene kontrasta, ivica i uglova. Ako vejvlet koeficijenti imaju veliku apsolutnu vrijednost, oni sadrže informacije o mjestima ivica na slici. Ova činjenica je iskorišćena u svrhu definisanja pravila za fuziju, a najznačajniji i najviše korišteni su:

a) *Pravilo maksimalnog izbora* (eng. Maximum Selection Rule-MS) – Jednostavna šema za fuziju slika koja podrazumijeva dva slučaja: *selekciju* ili *usrednjavanje*. Ukoliko je vrijednost svakog piksela na posmatranoj lokaciji sa obe ulazne slike veoma različita, tada se selektuje piksel sa maksimalnom vrijednošću. U suprotnom, vrši se usrednjavanje vrijednosti piksela sa ulaznih slika.



Slika 1. Proces fuzije slika primjenom DWT.

b) *Pravilo prostornog izbora* (eng. Area-Based Selection Rule-AS) – Fuzija bazirana na vrijednosti varijansi piksela ulazne slike u okviru prozora 3x3 ili 5x5 za svaku od lokacija. Ova varijansa se još naziva i *mjerom aktivnosti* (eng. activity measure) centralnog piksela posmatranog prozora. Ukoliko su mjere posmatranih piksela približnih vrijednosti, na izlaznu sliku se upisuje srednja vrijednost posmatranih piksela, u suprotnom, na izlaz se prosljeđuje piksel sa većom mjerom aktivnosti [6].

III. OBJEKTIVNE MJERE FUZIJE

Pored subjektivnih ocjena kvaliteta kreiranih slika u punom fokusu, od značaja je i njihova objektivna analiza, jer se iste veoma često koriste u automatizovanim procesima. Generalno, mjera fokusa se definiše tako da bude maksimalna za sliku koja je najbolje fokusirana, a čija vrijednost opada kako defokusiranost raste [7]-[8].

Danas postoje mnoge metode za objektivnu ocjenu kvaliteta fokusirane slike, a one koje su se nametnule kao relevantne u literaturi su opisane od strane autora u [10]. Razlikujemo metode za ocjenu fokusiranosti koje su bazirane na poređenju rezultatne slike sa referentnom slikom u punom fokusu, te one koje ne zahtijevaju postojanje referentne slike. Kako u principu ne postoji referentna slika ako se prethodno vještački ne generiše npr. ručnim isjecanjem regiona dobrog fokusa, od interesa su FM koje ne zahtijevaju postojanje referentne slike.

Pored najjednostavnijih FM kao što su entropija, standardna devijacija, varijansa i sl. o kojima se neće posebno govoriti, u nastavku će se opisati druge nerefereentno bazirane FM iz literature.

A. Energija Laplasijana (EOL)

Laplasijanov operator je mjera fokusiranosti bazirana na analizi prostornih visokofrekvencijskih komponenti slike koje su detektori njenih oštih ivica. Računa se kao:

$$EOL = \sum_x \sum_y (f_{xx} + f_{yy})^2, \quad (2)$$

gdje je:

$$\begin{aligned} f_{xx} + f_{yy} = & -f(x-1, y-1) - 4f(x-1, y) - f(x-1, y+1) \\ & - 4f(x, z-1) + 20f(x, y) - 4f(x, y+1) - f(x+1, y-1) \\ & - 4f(x+1, y) - f(x+1, y+1). \end{aligned} \quad (3)$$

B. Energija gradijenta (EOG)

Ova mjera dobre fokusiranosti se računa na sledeći način:

$$EOG = \sum_x \sum_y (f_x^2 + f_y^2), \quad (4)$$

gdje vrijedi:

$$\begin{aligned} f_x &= -f(x+1, y) - f(x, y), \\ f_y &= f(x, y+1) - f(x, y). \end{aligned} \quad (5)$$

C. Prostorna frekvencija (SF)

Prostorna frekvencija (eng. Spatial Frequency-SF) u opštem slučaju nije mjera fokusiranosti. Međutim, postoji modifikovana verzija energije gradijenta (EOG) koja se koristi kao FM. SF se kao mjera fokusiranosti definiše sa:

$$SF = \sqrt{RF^2 + CF^2}, \quad (6)$$

gdje su su RF i CF frekvencije vrste i kolone unutar slike respektivno, tj:

$$RF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=1}^M \sum_{y=2}^N (f(x, y) - f(x, y-1))^2} \quad (7)$$

$$CF = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{x=2}^M \sum_{y=1}^N (f(x, y) - f(x-1, y))^2}. \quad (8)$$

D. Tenenbaum algoritam

Tenenbaum je razvio metod za ocjenu fokusiranosti poznat kao *Tenengrad metod*, koji je zasnovan na računanju gradijenta magnitude Sobelovog operatora.

$$Tenengrad = \sum_{x=2}^{M-1} \sum_{y=2}^{N-1} (\nabla S(x, y))^2, \text{ za } \nabla S(x, y) > T, \quad (9)$$

gdje je T prag odlučivanja, a $\nabla S(x, y)$ Sobelov gradijent vrijednosti magnitude izražen kao:

$$\nabla S(x, y) = [\nabla S_x(x, y)^2 + \nabla S_y(x, y)^2]^{1/2}, \quad (10)$$

dok se $\nabla S_x(x, y)$ i $\nabla S_y(x, y)$ mogu izraziti kao:

$$\nabla S_x(x, y) = [-f(x-1, y-1) - 2f(x-1, y) - f(x-1, y+1) + f(x+1, y-1) + 2f(x+1, y) + f(x+1, y+1)], \quad (11)$$

$$\nabla S_y(x, y) = [f(x-1, y-1) + 2f(x, y-1) + f(x+1, y-1) - f(x-1, y+1) - 2f(x, y+1) - f(x+1, y+1)], \quad (12)$$

E. Mjera sličnosti

Mjera sličnosti (eng. Similarity Measure-SM) je još jedna metoda za ocjenu kvaliteta kreirane slike u punom fokusu predložena od strane autora [9]. Ovdje je iskorištena činjenica da je gradijent korisna alatka za ocjenu varijacije intenziteta svakog piksela u odnosu na njegove susjede. Objektivni kriterijum je baziran na znanju da piksel posjeduje najveći gradijent kada je dobro fokusiran. Gradijenta $G_i(x, y)$ slike X se dobija pomoću:

$$G_i(x, y) = \frac{1}{2} \{ |X_i(x, y) - X_i(x+1, y+1)| + |X_i(x, y+1) - X_i(x+1, y)| \}. \quad (13)$$

gdje (x, y) označava prostornu lokaciju na slici.

Zatim se računa referentna slika na osnovu raspoloživih multifokusiranih slika koja će se koristiti pri ocjeni kreiranih

slika u punom fokusu. Ako se sa $X_i, i=1, \dots, n$, označe multifokusirane slike, a sa $G_i(x, y), i=1, \dots, n$ njihove gradijentne slike dobijene pomoću (13), referentna slika za svaku prostornu lokaciju se računa prema:

$$G(x, y) = \max \{G_1(x, y), G_2(x, y), G_3(x, y), \dots, G_n(x, y)\}. \quad (14)$$

Veća sličnost između gradijentne slike $G_i(x, y)$ i referentne slike $G(x, y)$ označava bolji algoritam za fuziju slika, stoga se SM između rekonstruisane slike X_i i referentne slike G računa:

$$SM_i(G, G_i) = 1 - \frac{\sqrt{\sum (G(x, y) - G_i(x, y))^2}}{\sqrt{\sum (G(x, y))^2} + \sqrt{\sum (G_i(x, y))^2}}. \quad (15)$$

Što je ova vrijednost veća, to je algoritam bolje ocjenjen. Za idealno generisanu sliku u punom fokusu kod koje su svi regioni dobro fokusirani vrijedi da je $SM=1$.

IV. KOMPARATIVNA ANALIZA

Kao što je prethodno naglašeno, u ovom radu je izvršena objektivna ocjena kvaliteta fuzije multifokusiranih slika primjenom DWT u zavisnosti od parametara koji se u procesu fuzije koriste. Za testiranje su odabrane dvije familije vejevleta (*Daubechies*, *Symlets*), različiti nivoi dekompozicije (2, 3, 4, 5 nivoa), sa različitim pravilima fuzije. Pravila su podrazumijevala: 1. maksimum detalja, maksimum aproksimacije (*maxmax*), 2. minimum detalja, minimum aproksimacije (*minmin*), 3. maksimum detalja, minimum aproksimacije (*maxmin*), 4. srednju vrijednost detalja, srednju vrijednost aproksimacije (*meanmean*). Testiranje je izvršeno na 26 parova multifokusiranih slika iz javno dostupne baze (www.dsp.eftbl.net/mif), primjenom MATLAB-ove funkcije za fuziju slika iz *Wavelet Toolbox-a* (*wfusing.m*).

U tabelama 1-7 date su srednje vrijednosti svake od opisanih mjera dobre fokusiranosti u zavisnosti od korišćenog vejevleta, nivoa dekompozicije i pravila za fuziju slika. Kao što se može primjetiti, mjere manje složenosti kao što su *EOG* i *SF* ne detektuju razliku u kvalitetu slika u punom fokusu u zavisnosti od pomenutih parametara. Slično, mjere poput entropije i standardne devijacije pokazuju poboljšanja fuzije kada se koristi više nivoa dekompozicije i kada se koriste pravila fuzije *maxmax* i *minmax*. Sa druge strane, složenije objektivne mjere dobre fokusiranosti pokazuju razlike u kvalitetu po svim parametrima, pa tako, *Symlets* familija vejevleta ima bolje ocjene od familije *Daubechies*. Takođe, i ove FM su pokazale prednosti korišćenja više nivoa dekompozicije u procesu fuzije, kao i pravila fuzije *maxmax* i *minmax*, čime su se potvrdili rezultati dobijeni korišćenjem jednostavnijih FM.

V. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisana je fuzija multifokusiranih slika korišćenjem Diskretne Vejevlet Transformacije. U zavisnosti od parametara koji se koriste u procesu fuzije, te odabrane familije vejevleta izvršena je objektivna ocjena kvaliteta kreirane slike u punom fokusu. U tu svrhu, opisane su najznačajnije objektivne mjere za ocjenu dobre fokusiranosti koje se ne baziraju na postojanju referentne slike.

Rezultati fuzije dobijeni na bazi od 26 parova multifokusiranih slika primjenom opisanih mjera dobre

TABELA I. ENTROPIJA DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	6.85	6.94	6.88	7.02	6.87	7.05	6.89	7.02
3	6.88	6.98	6.86	7.02	6.90	7.05	6.88	7.02
4	6.87	7.02	6.85	7.02	6.91	7.10	6.88	7.02
5	6.88	7.04	6.87	7.02	6.92	7.10	6.90	7.02

TABELA II. STAND. DEVIJACIJA DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	0.18	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17	0.18	0.17
3	0.18	0.16	0.18	0.17	0.18	0.16	0.18	0.17
4	0.19	0.15	0.19	0.17	0.19	0.16	0.19	0.17
5	0.19	0.16	0.19	0.17	0.19	0.16	0.19	0.17

TABELA III. EN. LAPLASIJANA DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	1.47	0.19	1.47	0.42	1.45	0.16	1.45	0.42
3	1.48	0.18	1.47	0.42	1.46	0.15	1.45	0.42
4	1.47	0.18	1.47	0.42	1.46	0.15	1.46	0.42
5	1.47	0.17	1.47	0.42	1.46	0.15	1.46	0.42

TABELA IV. EN. GRADIJENTA DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	0.016	0.003	0.016	0.005	0.016	0.003	0.016	0.005
3	0.016	0.003	0.016	0.005	0.016	0.003	0.016	0.005
4	0.016	0.003	0.016	0.005	0.016	0.003	0.016	0.005
5	0.016	0.003	0.016	0.005	0.016	0.003	0.016	0.005

TABELA V. PROSTORNA ENERGIJA DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	0.12	0.05	0.12	0.07	0.12	0.05	0.12	0.07
3	0.12	0.05	0.12	0.07	0.12	0.05	0.12	0.07
4	0.12	0.05	0.12	0.07	0.12	0.05	0.12	0.07
5	0.12	0.05	0.12	0.07	0.12	0.05	0.12	0.07

TABELA VI. TENENGRAD DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	0.28	0.11	0.29	0.13	0.28	0.11	0.28	0.13
3	0.31	0.09	0.31	0.13	0.31	0.09	0.31	0.13
4	0.31	0.08	0.31	0.13	0.31	0.08	0.31	0.13
5	0.31	0.08	0.31	0.13	0.32	0.08	0.32	0.13

TABELA VII. SIMILARY MEASURE DWT METODA ZA FUZIJU SLIKA.

Nivo dekomp.	Vejvlet/Parametri							
	Daubechies				Symlets			
	max/max	min/min	min/max	mean/mean	max/max	min/min	min/max	mean/mean
2	0.87	0.51	0.86	0.71	0.88	0.50	0.88	0.71
3	0.88	0.48	0.88	0.71	0.89	0.46	0.89	0.71
4	0.88	0.47	0.88	0.71	0.89	0.45	0.89	0.71
5	0.88	0.47	0.88	0.71	0.89	0.45	0.89	0.71

fokusranosti pokazuju zavisnost kvaliteta rezultujuće slike od odabranih parametara koji se koriste u procesu fuzije. Oni pokazuju da kvalitet kreirane slike u punom fokusu raste sa porastom broja korišćenih nivoa dekompozicije. Sa druge strane, pokazano je da kvalitet fuzije zavisi i od familije vejvleta koja je odabrana za kreiranje multirezolucione piramide.

LITERATURA

- [1] R. Wang, L.Q. Gao, S. Yang, Y.H. Chai, Y.C. Liu, "An Image Fusion Approach Based on Segmentation Region," *International Journal of Information Technology*, Vol. 11, No. 7, 2005B.K. Bose, "Sliding mode control of induction motor," in *Proceedings IEEE Ind. Appl. Meeting*, 1985, pp. 479-486.
- [2] Y. Zhang, L. Ge, "Efficient Fusion Scheme for Multi-Focus Images by Using Blurring Measure," *Digital Signal Processing*, No.9, pp.186-193, 2009.
- [3] R. Wang, L.Q. Gao, S. Yang, Y.H. Chai, Y.C. Liu, "An Image fusion Approach Based on Segmentation Region," *International Journal of Information Technology*, Vol. 11, No. 7, 2005.
- [4] Looney, D.P. Mandic, "Multiscale Image Fusion Using Complex Extensions of EMD," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 57, No. 4, April 2009.
- [5] S. Savic, Z. Babic, "Multifocus Image Fusion Based on the First Level of Empirical Mode Decomposition," *Proceedings of International Conference on Systems, Signals and Image Processing, IWSSIP 2012*, Vienna, april 2012. pp 622-625.
- [6] Hui Li, B.S. Manjunath, S.K. Mitra, "Multi-sensor Image Fusion Using the Wavelet Transform," *IEEE International Conference of Image Processing*, 1994.
- [7] W. Huang, Z. Jing, "Evaluation of Focus Measures in Multi-focus Image Fusion," *Pattern Recognition Letters*, No. 28, pp 493-500, 2007.
- [8] Q. Miao, C. Shi, P. Xu, M. Yang, Y. Shi, "A Novel Algorithm of Image Fusion Using Shearlets," *Optics Communications*, pp 1540-1547, 2011.
- [9] J. Kong, K. Zheng, J. Zhang, X. Feng, "Multifocus Image Fusion Using Spatial Frequency and Genetic Algorithm," *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, VOL.8 No.2, 2008.
- [10] Slavica Savić, "Objektivna ocjena metoda fuzije multifokusiranih slika baziranih na EMD," *INFOTEH-JAHORINA*, mart 2013, Vol. 12, pp 919-922

ABSTRACT

Image fusion algorithms result with highly informative image that contains the most information about scene of interest. Because of the fact that they integrate complementary and redundant information from multiple images, those techniques have practical importance in field of digital signal processing and their efficiency need to be objective analyzed. In this paper, using popular objective evaluation methods, objective analysis of DWT based multifocus image fusion method depending of fusion parameters is conducted. Experimental comparisons are performed on in-house multifocus image dataset that is publicly available.

OBJECTIVE ANALYSIS OF DWT BASED MULTIFOCUS IMAGES FUSION METHOD

Slavica Savić