

Ag. 18.4,

NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Na 751. sednici Nastavno-naučnog veća Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, od 03.07.12. godine, imenovani smo u Komisiju za ocenu uslova i prihvatanje teme doktorske disertacije pod naslovom "SEGMENTACIJA OBJEKATA U SLICI NA OSNOVU ANALIZE MULTIFRAKTALNIH SPEKTARA", koju je prijavio student doktorskih studija Milorad Paskaš, dipl. inž. Nakon pregleda materijala, Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu podnosimo sledeći

I Z V E Š T A J

1. Podaci o kandidatu

Milorad Paskaš je rođen 1980. godine u Apatinu. Osnovnu školu je završio 1995. godine, a 1999. godine gimnaziju prirodno-matematičkog smera, u Somboru. Elektrotehnički fakultet u Beogradu, odsek Elektronika, telekomunikacije i automatika, smer Telekomunikacije, završio je 2008. godine. Doktorske studije, na smeru Telekomunikacije, upisao je 2008. godine i položio sve ispite predviđene planom i programom. Od februara 2009. zaposlen je kao istraživač-saradnik u Inovacionom centru Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu.

Autor je i koautor radova (31) u časopisima (od kojih je jedan u međunarodnom časopisu sa SCI liste), kao i na međunarodnim i domaćim konferencijama. Kao prvi autor ili koautor dobitnik je nekoliko nagrada za objavljene radove i to:

1. **M. Paskaš**, „Poređenje postupaka za određivanje parametra logaritamske kompresije na osnovu ultrazvučnih snimaka”, nagrada za najbolji rad mladih autora u sekciji EK na 53. konferenciji ETRAN, Vrnjačka Banja, 15-18. juni, 2009.
2. V. Kovačević, A. Gavrovska, **M. Paskaš**, “High-speed implementation of Hamming neural network”, in *Proc. 10th Conference NEUREL 2010*, pp.167-170, Beograd, Sept. 23-25, 2010. Nagrada Fonda prof. Mirka Milića za najbolji rad u 2009-10.
3. A. Gavrovska, **M. Paskaš**, I. Reljin, “Određivanje morfološki karakterističnih PCG segmenata iz slike spektrograma”, *Zbornik XVII konf. TELFOR-2009*, pp. 656-659, Beograd, 24-26. nov. 2009. Nagrada Fonda prof. Mirka Milića za najbolji rad 2008-09.

Dodatna usavršavanja i angažovanja:

Recenzent je radova (TELFOR 2010, 2011, Serbian Journal of Electrical Engineering) i član organizacionog odbora konferencije NEUREL (2010. i 2012.).

Član je IEEE, IPTM grupe za digitalnu obradu slike, telemedicinu i multimediju.

Završio je program *International Measurement University* u organizaciji IEEE društva *Instrumentation and Measurement*, u Trentu, Italija, 2011. godine.

Učešće u projektima:

- Projekat tehnološkog razvoja Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije pod nazivom: “Razvoj visokokvalitetnih uređaja posebne namene na bazi novih tehnologija kristalnih jedinki” (TR 32048), 2011-2014;
- Projekat integralnih i interdisciplinarnih istraživanja Ministarstva prosvete i nauke Republike Srbije pod nazivom: „Razvoj digitalnih tehnologija i umreženih servisa u sistemima sa ugrađenim elektronskim komponentama” (III 44009), 2011-2014;

- Projekat navigacije kolica za nepokretne osobe pod nazivom INTELLI-CHAIR, finansiran od strane PF-FOUNDATION, 2009-2011. godine;
- Projekat obrade medicinskih (kardioloških) signala finansiran od strane UVA, European Medical Research Centre Ltd., 2008-2010. godine.

Iz oblasti koja je predmet istraživanja doktorske disertacije, kao autor ili koautor ima veliki broj objavljenih radova u časopisima i zbornicima konferencija, od čega jedan rad u časopisu sa SCI liste. Objavljeni radovi kandidata u vezi sa predloženom tezom su sledeći:

Međunarodni časopisi sa impakt faktorom:

1. B. Reljin, **M. Paskaš**, I. Reljin, K. Konstanty, "Breast cancer evaluation by fluorescent dot detection using combined mathematical morphology and multifractal techniques", *Diagnostic Pathology*, Vol. 6 (S1): S21, str. 1-6, doi:10.1186/1746-1596-6-S1-S21, 2011. (IF 1,39)

Domaći časopisi:

2. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, D. Jevtić, M. Slavković, D. Dujković, I. Reljin, B. Reljin, "Segmentacija ehokardiograma korišćenjem aktivnih kontura sa predobradom", *MD Medical Review*, Godina 3, Broj 2, str. 205-207, jun 2011.
3. A. Gavrovska, **M. Paskaš**, I. Reljin, D. Jevtić, D. Dujković, B. Reljin, "Pregled odabranih tehnika za analizu kardio signala", *MD Medical Review*, Godina 2, Broj 4, str. 341-347, dec. 2010.
3.a. Isti rad je objavljen i u specijalnom broju časopisa MD Medical Review, koji je posvećen odabranim radovima tog časopisa u intervalu 2006-2010: *MD medical review*, Godina 3, Dodatak, str. 341-347, april 2011
4. A. Gavrovska, **M. Paskaš**, I. Reljin, "Determination of morphologically characteristic PCG segments from spectrogram image", *TELFOR Journal*, Vol.2, No.2, str. 74-77, 2010.
5. **M. Paskaš**, "Two approaches for log-compression parameter estimation: Comparative study", *Serbian Journal of Electrical Engineering*, Vol.6, No.3, str. 419-425, UDK: 621.391:621.386, dec. 2009.

Međunarodne konferencije:

6. A. Gavrovska, **M. Paskaš**, V. Kovačević, I. Reljin, "Renal DMSA scan morphology analysis using undecimated wavelet transform and isocontours", *Zbornik konf. TELSIKS*, str. 333-336, 2011.
7. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, D. Jevtić, M. Slavković, B. Reljin. "Edge examination using Holder exponent and image statistics", *Proc. Conf. TELSIKS*, pp. 329-332, 2011.
8. A. Gavrovska, **M. Paskaš**, D. Dujković, I. Reljin, "Region-based phonocardiogram event segmentation in spectrogram image", *Proc. 10th Conference NEUREL 2010*, str.69-72, Beograd, 23-25. Sept. 2010.
9. P. Molcer, **M. Paskaš**, V. Delić, B. Reljin, "Implementation of cellular neural networks in image preprocessing for left ventricular filling velocity evaluation", *8th International Symposium on Intelligent Systems and Informatics (SISY)*, 10-11. Sept. 2010.

Domaće konferencije:

10. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, M. Slavković, B. Reljin, "Segmentacija ehokardiograma pomoću aktivnih kontura", *Zbornik 55. konf. ETRAN*, Teslić, 6-9. jun, 2011.
11. D. Jevtić, **M. Paskaš**, M. Avramov-Ivić, G. Plavec, S. Petrović, "Statistička analiza UV/VIS spektara pleuralnih izliva dobijenih UV-VIS dijagnostičkom metodom", *Zbornik 55. konf. ETRAN*, Teslić, 6-9. jun, 2011.
12. M. Slavković, **M. Paskaš**, D. Jevtić, B. Reljin, N. Reljin, "Automatizovani algoritam za obradu FISH slika", *Zbornik XIX konf. TELFOR-2011*, str. 623-626, Beograd, 22-24. nov. 2011.

13. **M. Paskaš**, A. Gavrovska, B. Reljin, "Uticaj broja iteracija SRAD filtra na kvalitet rekonstruisane ultrazvučne slike", *Zbornik XVII konf. TELFOR-2009*, str. 644-647, Beograd, 24-26. nov. 2009.
14. **M. Paskaš**, "Poređenje postupaka za određivanje parametra logaritamske kompresije na osnovu ultrazvučnih snimaka", *Zbornik 53. konf. ETRAN*, Vrnjačka Banja, 15-18. jun, 2009.
15. **M. Paskaš**, D. Jevtić, D. Dujković, "Sinhronizacija EKG signala i ultrazvučnog video signala srca", *Zbornik konf. YU-INFO 2009*, Kopaonik, 8-11. mart, 2009.

Doprinosi objavljeni u pomenutim radovima predstavljaju rezultate istraživanja koja će biti izložena u doktorskoj disertaciji kandidata.

2. Predmet i cilj istraživanja

Digitalna obrada slike se sastoji iz niza matematičkih postupaka kojima se modeluju, analiziraju, izdvajaju i/ili opisuju različite strukture unutar slike. Jedan od najčešćih postupaka u izdvajanju objekata u slici je, svakako, detekcija i analiza ivica. Ivice se manifestuju kao nagle promene neke od karakteristika slike: intenziteta, boje ili teksture i, stoga, predstavljaju neregularnosti po pitanju homogenosti. Model koji se često koristi za potrebe segmentacije se sastoji od unije dveju homogenih oblasti (objekat i pozadina) i ivica, koje razdvajaju homogene regione. Stoga se u segmentaciji, uzimaju u obzir ili ivice (izračunavanje gradijenta, Laplasijana, aktivne konture bazirane na ivicama i dr.) ili homogeni regioni (poznati algoritmi: *rast regiona*, *podela i spajanje*, aktivne konture i dr.). Ovi pristupci su komplementarni. S obzirom da ivice nose najveću količinu informacija o objektima u slici, modeli zasnovani na njima se često koriste i u kompresiji slike.

Teorija fraktala je nastala prevashodno u geometriji iz potrebe za uopštenjem matematičkih pojmova dimenzije (u primenama: stepen slobode) i dimenzionalnosti i u numeričkom opisivanju složenih struktura koje se ne mogu opisati uobičajenim merilima (npr. principima Euklidske geometrije). Dimenzionalnost je time dobila širi kontekst i ona se za posmatranu tačku definiše kao stepen povezanosti (kvantifikuje se u matematici pomoću tzv. *mere*) tačaka unutar njene bliske okoline (*lokalna dimenzija*). Globalna dimenzija se definiše za tačke sa istom lokalnom dimenzijom s obzirom na njihov međusobni položaj. Zavisnost globalne od lokalne dimenzije se definiše kao multifraktalni spektar. U obradi slike multifraktalni spektar se koristi za detekciju ivica, slično kao kod analize histograma, ili kao obeležje (diskriminanta, deskriptor) regiona. Najčešće su to regioni sa teksturom, koje karakteriše visoka koncentracija naglih lokalnih promena za koju bi standardan model baziran na gradijentu pogrešno detektovao ivice.

U zavisnosti od odabrane mere, razvijene su različite vrste lokalnih i globalnih dimenzija. Preovlađuje nekoliko osnovnih postupaka za njihovo izračunavanje, od koji su najpoznatiji: *box-counting*, *epsilon blanket* (metod prekrivanja), varijacioni metod, metod sa upotrebom talasne (*wavelet*) transformacije, kao i mnogi drugi koji predstavljaju modifikacije prethodno navedenih. U literaturi preovlađuje pristup izračunavanja globalne fraktalne dimenzije čak i u onim slučajevima kada se govori o lokalnoj dimenziji. Pri tome se postupak za izračunavanje globalne dimenzije primenjuje u dva koraka: lokalno (izračunava se primenom *monofraktalnog* modela), kada se određuje fraktalna dimenzija dela slike u okolini posmatrane tačke, a zatim se određuje raspodela lokalne fraktalne dimenzije unutar kompletne strukture, tj. određuje se multifraktalni spektar.

Cilj istraživanja disertacije Milorada Paskaša je izdvajanje ivica u slici pomoću fraktalnog modela, kao i segmentacija slike korišćenjem multifraktalnog spektra kao obeležja. Predloženi postupak će se testirati na prirodnim slikama (fotografije), slike tekstura i medicinskim slikama sa visokim stepenom teksturalnosti. Izabrane mere za računanje lokalne dimenzije treba da obezbede efikasno izdvajanje navedenih struktura. U istraživanju će se insistirati na izračunavanju lokalne dimenzije u

okviru multifraktalnog formalizma, dakle, globalno, za razliku od uobičajenog postupka određivanja na nivou piksela, dakle lokalno.

3. Osvrt na relevantne bibliografske izvore

Najznačajnije polazne reference koje je kandidat Milorad Paskaš koristio u svom istraživanju vezanom za predmet doktorske disertacije, navedene prema redosledu publikovanja, su:

- 3.1. S. Peleg, J. Naor, R. Hartley, D. Avnir, "Multiple resolution texture analysis and classification", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. PAMI-6, No. 4, pp. 518-523, July 1984.
- 3.2. L. Kaplan, "Extended fractal analysis for texture classification and segmentation", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 8, No. 11, pp. 1572-1585, Nov. 1999.
- 3.3. Reljin I, Reljin B, Pavlovic I, Rakocevic I., "Multifractal analysis of gray-scale images". In *Proc. 10th Mediterranean Electrotechnical Conference, MELECON-2000*, May 29-31th 2000, Lemesos, Cyprus, II: 490-3.
- 3.4. T. Kasparis, D. Charalampidis, M. Georgiopoulos, J. Rolland, "Segmentation of textured images based on fractals and image filtering", *Pattern Recognition*, Vol. 34, pp. 1963-1973, 2001.
- 3.5. S. Novianto, Y. Suzuki, J. Maeda, "Near optimum estimation of local fractal dimension for image segmentation", *Pattern Recognition Letters*, Vol. 24, pp. 365-374, 2003.
- 3.6. Y. Xia, D. Feng, R. Zhao, "Morphology-based multifractal estimation for texture segmentation", *IEEE Transactions on Image Processing*, Vol. 15, No. 3, pp. 614-623, Mar. 2006.
- 3.7. Stojic T, Reljin I, Reljin B, "Adaptation of multifractal analysis to segmentation of microcalcifications in digital mammograms", *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 2006, (367), pp. 494-508.
- 3.8. P. Huang, C. Lee, "Automatic classification for pathological prostate images based on fractal analysis", *IEEE Transactions on Medical Imaging*, Vol. 28, No. 7, pp. 1037-1050, July 2009.
- 3.9. Y. Xu, H. Ji, C. Fermüller, "Viewpoint invariant texture description using fractal analysis", *International Journal on Computer Vision*, Vol. 83, No. 1, pp. 85-100, 2009.

Najveći broj ovih radova se bavi analizom i klasifikacijom tekstura u slici, na bazi fraktalne dimenzije, a u cilju segmentacije objekata u slici. To su radovi 3.1, 3.2, 3.4, 3.6 i 3.9.

U radu 3.1. je opisan pristup analizi i klasifikaciji tekstura koji je zasnovan na skaliranim merama površina slika. Teksture u principu nisu fraktalne na svim skalama ali se upravo stoga, informacije o spektralnim performansama mogu lako dobiti merenjima u prostornom domenu.

U radu 3.5. se predlaže estimacija lokalne fraktalne dimenzije slika sa teksturom u kojima bi se izabrao veći broj površina, lokalnih prozora, kojima bi se pokrili delovi slike a kojima bi se procenjivale lokalne fraktalne dimenzije, odnosno izračunavao veći broj multifraktalnih spektara. Na osnovu većeg broja lokalnih multifraktalnih spektara, mogla bi se, inverznom analizom, dobiti dobra segmentacija slika, posebno onih koje poseduju teksturom.

Xia je predložio, 3.6, da se umesto izračunavanja fraktalnih dimenzija (pa time i multifraktalnog spektra) po principu *box counting* metoda, koristi morfološki zasnovana estimacija multifraktalnih spektara. Ovaj se način pokazao posebno pouzdanim na slikama sa izrazitom teksturom.

Svi navedeni radovi daju, sa manje ili više uspeha, dobre rezultate u pogledu segmentacije slika. Očekuje se da će doktorska disertacija Milorada Paskaša uneti značajno poboljšanje, posebno u segmentaciji slika sa teksturama.

4. Polazne hipoteze

Polazne pretpostavke su zasnovane na teoriji multifraktalne (MF) analize, i to u slučaju izdvajanja ivica metodom u kojoj se MF spektar određuje na nivou cele slike. Tada se postavlja prag globalne dimenzije na osnovu MF spektra. S obzirom da je tekstura karakterisana lokalnim promenama, za opisivanje i segmentaciju tekstura u MF spektru će se posmatrati okolina piksela, kao i raspodela fraktalne dimenzije unutar slike, na osnovu manjeg broja tačaka spektra. Redukcija multifraktalnog spektra na manji broj tačaka bi omogućila brže izvršavanje algoritma. Segmentacija se, potom, vrši na osnovu klasifikacije piksela za pretpostavljeni broj klastera, odnosno regiona.

5. Naučne metode istraživanja

U istraživanju će se insistirati na multifraktalnom pristupu, odnosno određivanju multifraktalnog spektra nekim od postojećih postupaka. Osim postojećih metoda, planira se uvođenje novih mera i metoda pri određivanju MF spektra i analiza njihove primenljivosti u segmentaciji teksturnih objekata u slici. One bi bile definisane za sliku dvojako:

1. U prvom slučaju bi se slika posmatrala geometrijski, odnosno kao površina u trodimenzionalnom prostoru, pri čemu vrednost piksela predstavlja treću dimenziju. Ovaj pristup je, u suštini, geometrijski i najčešće se koristi u obradi slike;
2. U drugom slučaju bi se intenzitet piksela modelovao funkcijom definisanom nad dvema prostornim koordinatama, dakle, u dvodimenzionalnom prostoru.

Oba pristupa biće analizirana na poznatim test slikama i bazama slika.

6. Očekivani doprinosi

U radu će biti analizirani postupci za računanje multifraktalnog spektra koji treba da posluže kao dodatni alat u obradi slike u okviru fraktalnog modela. Očekuje se doprinos u detekciji ivica u slici i rezultati koji bi bili komparativni ili bolji od onih ostvarenih poznatim fraktalnim metodama. U slučaju segmentacije, gde će se multifraktalnim modelom obuhvatiti neke od postojećih metoda koje su do sada primenjivane monofraktalno, očekuju se još bolje performanse. Neki početni rezultati dopuštaju optimizam, koji se zasniva na većem broju karakteristika (radi se o celom multifraktalnom spektru) po pikselu umesto samo na jednoj karakteristici (fraktalnoj dimenziji u okolini piksela).

7. Plan istraživanja i struktura rada

U uvodnom delu rad će sadržati opis problema i pregled postojećih metoda segmentacije slike. Biće ukratko navedene sve dobre strane primenjivanih algoritama, ali i njihovi nedostaci, na osnovu kojih se može zaključiti da je oblast segmentacije slike još uvek otvorena za dalja istraživanja.

U radu će biti analizirana primena multifraktalne analize u obradi slika, odnosno u segmentaciji istih. Biće urađena komparativna analiza poznatih rezultata u oblasti segmentacije slike primenom multifraktalne analize.

Najзад, rad će sadržavati rezultate velikog broj simulacija zasnovanih na modelu koji kandidat, Milorad Paskaš, predlaže u svojoj disertaciji.

8. Zaključak i predlog

Kandidat Milorad Paskaš, dipl. inž. elektrotehnike, je diplomirao na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu i upisao doktorske studije na istom fakultetu. Objavio je veći broj radova u časopisima i zbornicima konferencija, od toga iz oblasti iz koje prijavljuje doktorsku disertaciju kandidat ima objavljen jedan rad u časopisu sa SCI liste. Tema koja će biti obrađivana u doktorskoj disertaciji je izuzetno aktuelna. Segmentacija slike je verovatno najviše istraživana u digitalnoj obradi slike, ali je, zahvaljujući sve intenzivnijem razvoju i primeni novih tehnika kompresije videa, zahtevima za uvođenjem trodimenzione televizije (3DTV), kao i televizije izuzetno visoke rezolucije, kao što je UHDTV (*Ultra High Definition Digital TV*), dobila na značaju. Posebno su važne vrlo efikasne i brze metode segmentacije koje zadovoljavaju rad u realnom vremenu.

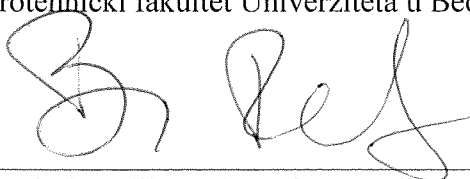
Na osnovu izloženog smatramo da su ispunjeni svi uslovi i predlažemo Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da se prihvati tema doktorske disertacije pod naslovom „SEGMENTACIJA OBJEKATA U SLICI NA OSNOVU ANALIZE MULTIFRAKTALNIH SPEKTARA“, koju je prijavio Milorad Paskaš, dipl. inž., i da se kandidatu odobri njena izrada.

Beograd, 07.08.12.

Članovi Komisije:



Dr Irini Reljin, vanr. prof.
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu



Dr Branimir Reljin, red. prof. u penziji
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu



Dr Dragan Kandić, red. prof.
Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu