



Broj: 02/1-67/1
Datum: 21.01.2019

UNIVERZITET CRNE GORE

- Centru za doktorske studije -

- Senatu -

O V D J E

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta, sa sjednice od 21.01.2019. godine, o predlogu za formiranje Komisije za ocjenu podobnosti doktorske teze „**Analiza, implementacija i primjena gradijentnih algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala**“ i kandidata MSc **Stefana Vujovića**, na dalji postupak.



DEKAN,

Prof. dr Zoran Veljović



Broj: 02/1-67
Datum: 21. 01. 2019

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 34 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 21.01.2019. godine, donijelo je

ODLUKU

Predlaže se Komisija za ocjenu podobnosti doktorske teze: „**Analiza, implementacija i primjena gradijentnih algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala**“ i kandidata **MSc Stefana Vujovića**, u sastavu:

1. Dr Srđan Stanković, redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, predsjednik
2. Dr Miloš Daković, redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, mentor
3. Dr Irena Orović, vanredni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, član

-VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-

Dostavljeno:

- Centru za doktorske studije,
- Senatu,
- u dosije,
- a/a.



DEKAN,

Prof. dr Zoran Veljović

PROF. DR SRDJAN STANKOVIĆ

BIOGRAFIJA

Srdjan Stanković je rođen 1964. godine u Plavu. Osnovnu školu završio je u Ivangradu, a gimnaziju u Titogradu. Nakon završetka i osnovne i srednje škole dobio je diplomu Luča I. U srednjoj školi je učestvovao dva puta na republičkim takmičenjima iz fizike i oba puta zauzeo prvo mjesto. Nakon odsluženja vojnog roka 1983. počeo je sa studijama na Elektrotehničkom fakultetu u Titogradu. Studije je završio 1988. godine. Bio je proglašen za najboljeg studenta Univerziteta 1987. godine.

Postdiplomske studije je upisao 1989. godine na Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu. Magistarski rad je odbranio u Zagrebu 1991. godine. Doktorirao je na Univerzitetu Crne Gore 1993. godine.

Nakon diplomiranja bio je zaposlen u Institutu Kombinata Aluminijuma u Titogradu, a od 1992. radi na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici. U zvanje docenta je izabran 1994. godine, u zvanje vanrednog profesora 1998. godine, a u zvanje redovnog profesora je izabran 2003. godine.

U dva mandatna perioda od 1998-2002. godine obavljao dužnost šefa Katedre za elektroniku na Elektrotehničkom fakultetu. Od 2002. do 2007. godine Prof. Srdjan Stanković je bio rukovodilac trogodišnjih Studija primijenjenog računarstva.

U periodu od 2007. do 2013. godine, Prof. Srdjan Stanković je obavljao dužnost Dekana Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici. Tokom zimskog semestra 2014/2015 obavljao dužnost prorektora na Univerzitetu Crne Gore.

Nagrađen je 1995. godine od strane CANU nagradom iz fonda Petra Vukčevića, koja se dodjeljuje mladim naučnicima za postignute rezultate u naučno-istraživačkom radu.

Član Upravnog odbora Crnogorskog radio-difuznog centra od 2004. godine (jednu godinu 2005-2006 obavljao dužnost predsjednika UO).

Tokom 1998. godine boravio je četiri mjeseca, kao stipendista Grčke vlade (IKY fondacija), na postdoktorskom usavršavanju na Fakultetu za Informatiku, Aristotel Univerziteta u Solunu, gdje se bavio problemima zaštite digitalnih podataka.

Školsku 1999/2000 proveo je na Elektrotehničkom fakultetu u Darmstadtu, Njemačka, podržan od strane poznate Alexander von Humboldt fondacije. Tokom tog boravka izvodio je kompletnu nastavu, na predmetu Digitalni sistemi i obrada signala, studentima treće godine i imao niz predavanja za profesore i saradnike tog fakulteta. Postigao je značajne rezultate na istraživanjima vezanim za filtriranje signala u hands-free telefonskim sistemima.

Tokom 2002. godine boravio je tri mjeseca na Univerzitetu Bonn-Rhein-Sieg, na Fakultetu primijenjenih kompjuterskih nauka. Bio je angažovan u izvodjenju nastave (u trajanju od mjesec dana na predmetu Multimediji) studentima treće godine ovog fakulteta. Tokom tog boravka bavio se istraživanjima u oblasti digitalne video tehnike.

Od 2004. do 2008, više puta je boravio na fakultetu ENSIETA u Brestu (Francuska), INPG Univerzitetu u Grenoblu. U navedenom periodu Prof. Stanković je boravio na Kings College-u u Londonu, i na Lomonosov Univerzitetu u Moskvi. Akademsku 2012/2013 godinu proveo je u Centru za napredne komunikacije na Villanova Univerzitetu u Pensilvaniji, USA. Imenovan je za izvještača i člana komisija za odbranu doktorskih disertacija na Univerzitetu Bretagne Occidentale u Brestu i na Univerzitetu u Grenoblu. Takodje, bio je član komisije za ocjenu doktorske disertacije u Islamabadu.

Objavio je do sada više od 250 naučnih radova, od kojih preko 70 u vodećim međunarodnim časopisima. Objavio je knjigu "Multimedia Signals and Systems" Springer 2012, tri monografije na engleskom jeziku, i kao autor ili koautor više udžbenika na našem jeziku. Recenzent je u značajnom broju vodećih svjetskih časopisa, među kojima je više njih iz IEEE i IEE izdanja. Bio je jedan od urednika (Associate Editor) vodećeg časopisa u oblasti obrade signala IEEE Transactions on Image Processing (2005-2010), zatim 2010 godine gostujući urednik (Guest Editor) za specijalni broj poznatog evropskog časopisa: Elsevier Signal Processing, kao i vodeći gostujući urednik (Lead Guest Editor) u eminentnom časopisu EURASIP Journal on Advances in Signal Processing. Vodeći je gostujući urednik (Lead Guest Editor) za specijalni broj časopisa IET Signal Processing, štampanog 2014. godine.

Najznačajniji naučni doprinosi Dr. Stankovića, koji su publikovani i značajno citirani u većem broju naučnih radova u vodećim svjetskim časopisima, mogu se sažeti u sljedeće kategorije:

- Teorijski doprinos vremensko-frekvencijskoj analizi signala definisanjem visoko koncentrisane distribucije sa kompleksnim argumentom vremena i njena generalizacija u klase distribucija koje obezbjeđuju idealna vremensko-frekvencijska predstavljanja.

- Predložen je novi pristup u Digitalnom Watermarking-u zasnovan na jednodimenzionim i višedimenzionim vremensko-frekvencijskim distribucijama

- Predložen je Novi algoritam za Kompresivno odabiranje (Compressive sensing)

- Razvijene su hardverske realizacije kola za vremensko-frekvencijsku analizu signala.

Govori engleski i francuski jezik, a služi se njemačkim i ruskim jezikom.

Više detalja i kompletan spisak referenci može se pronaći na sajtovima www.tfsa.ac.me, www.multimedia.ac.me, www.cs-ict.ac.me

ODABRANE REFERENCE

1. **S. Stanković**, I. Orović, and E. Sejdić, Multimedia Signals and Systems: Basic and Advance Algorithms for Signal Processing, Springer-Verlag, New York, 2015 (Hardcover ISBN: 978-3-319-23948-4, eBook ISBN: 978-3-319-23950-7, DOI: 10.1007/978-3-319-23950-7)

Link knjige na web stranici renomiranog izdavača Springer-Verlag:
<http://www.springer.com/us/book/9783319239484>

2. **S. Stanković**, LJ. Stanković, and I. Orović, "A Relationship between the Robust Statistics Theory and Sparse Compressive Sensed Signals Reconstruction," *IET Signal Processing*, 2014 (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2013.0348)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6817401>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IET%20Signal%20Processing>

3. **S. Stanković**, I. Orović, and LJ. Stanković, "An Automated Signal Reconstruction Method based on Analysis of Compressive Sensed Signals in Noisy Environment," *Signal Processing*, vol. 104, Nov 2014, pp. 43 - 50, 2014 (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2014.03.049)

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168414001546>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Signal%20processing>

4. **S. Stanković**, I. Orović, and M. Amin, "L-statistics based Modification of Reconstruction Algorithms for Compressive Sensing in the Presence of Impulse Noise," *Signal Processing*, vol.93, no.11, November 2013, pp. 2927-2931 (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2013.04.022)

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168413001655>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Signal%20processing>

5. C. Cornu, **S. Stanković**, C. Ioana, A. Quinquis, and LJ. Stanković, "Generalized Representation of Phase Derivatives for Regular Signals," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 55, No. 10, Oct. 2007, pp. 4831-4838 (ISSN: 1053-587X, DOI: 10.1109/TSP.2007.896280)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=4305433&queryText=Generalized%20Representation%20of%20Phase%20Derivatives%20for%20Regular%20Signals&newsearch=true>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20Transactions%20on%20Signal%20Processing>

6. **S. Stankovic**, I. Orovic, N. Zaric, C. Ioana, "Two Dimensional Time-Frequency Analysis based Eigenvalue Decomposition Applied to Image Watermarking," Multimedia Tools and Applications, Vol.49, No. 3, pp. 529-543, 2010

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11042-009-0446-x#/page-1>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Multimedia%20Tools%20and%20Applications>

7. **S. Stankovic**, I. Orovic, "Time-Frequency based Speech Regions Characterization and Eigenvalue Decomposition Applied to Speech Watermarking," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Special Issue on Time-Frequency Analysis and its Application to Multimedia signals, Volume 2010, Issue Article ID 572748, Page(s) 10 pages, 2010

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1155%2F2010%2F572748>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=EURASIP%20Journal%20on%20Advances%20in%20Signal%20Processing>

8. N. Zaric, I. Orovic, **S. Stankovic**, "Hardware realization of generalized time-frequency distribution with complex-lag argument," EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, Volume 2009, Article ID 250794, 17 pages, 2009

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1155%2F2009%2F250794>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=EURASIP%20Journal%20on%20Advances%20in%20Signal%20Processing>

9. I. Orovic, **S. Stankovic**, "A Class of Highly Concentrated Time-Frequency Distributions Based on the Ambiguity Domain Representation and Complex-Lag Moment," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Vol. 2009, Article ID 935314, 9 pages, 2009

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1155%2F2009%2F935314>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=EURASIP%20Journal%20on%20Advances%20in%20Signal%20Processing>

10. **S. Stanković**, I. Orović, and A. Krylov, "The Two-Dimensional Hermite S-method for High Resolution Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging Applications," *IET Signal Processing*, Vol. 4, No. 4, pp: 352-362, Jan. 2010. (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2009.0060)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5547939&newsearch=true&queryText=The%20Two-Dimensional%20Hermite%20S-method%20for%20High%20Resolution%20Inverse%20Synthetic%20Aperture%20Radar%20Imaging%20Applications>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IET%20Signal%20Processing>

УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ

Цетински пут б.б.
П. факс 99
81000 ПОДГОРИЦА
ЈУГОСЛАВИЈА
ТЕЛЕФОНИ: (081) 241-777
241-888
Факс: (081) 242-301



UNIVERSITY OF MONTENEGRO

Cetinjski put b.b.
P.O. BOX 99
81000 PODGORICA
YUGOSLAVIA
Phone: (+381) 81 241-777
241-888
Fax: (+381) 81 242-301

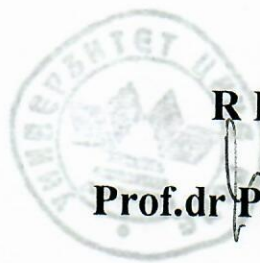
Број: 01-823
Датум, 23. 09. 2003. г.

Ref: _____
Date, _____
Број: 04/2-1572
Подноша: 25. 9. 2003 год.

Na osnovu člana 97. Zakona o Univerzitetu ("Sl.list RCG", br. 27/92 i 6/94) i člana 94. Statuta Univerziteta Crne Gore, Naučno-nastavno vijeće Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 23.09.2003.godine, donijelo je

ОДЛУКУ О ИЗБОРУ У ЗВАНЈЕ

Dr SRDJAN STANKOVIĆ bira se u zvanje redovnog profesora Univerziteta Crne Gore za predmete: Digitalna elektronika, Multimedijalni sistemi i Osnovi elektronike (Odsjek energetika) na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici.



РЕКТОР,
Prof.dr Predrag Obradović

Prof. dr Miloš Daković

BIOGRAFIJA

Miloš Daković je rođen 1970. godine u Nikšiću, Crna Gora. Diplomirao je 1996., magistrirao 2001. i doktorirao 2005. godine, na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Redovni je profesor na Univerzitetu Crne Gore od 2017. godine.

Učestvovao je u više od 10 naučno-istraživačkih projekata finansiranih od strane Volkswagen fondacije, crnogorskog Ministarstva nauke i kanadske vlade (DRDC). Recenzent je u više međunarodnih časopisa, među kojima su: IEEE Transactions on Signal Processing, IEEE Signal Processing Letters, IEEE Transactions on Image Processing, IET Signal Processing, Signal processing i Geoscience and Remote Sensing Letters.

Dosadašnji naučno-istraživački rad profesora Dakovića rezultovao je objavljivanjem više od 100 radova, od čega je preko 40 u vodećim međunarodnim časopisima. Koautor je knjige *Time-Frequency Signal Analysis with Applications* čiji je izdavač Artech House, Boston.

Oblasti njegovog naučno-istraživačkog interesovanja su: obrada signala, vremensko-frekvencijska analiza signala, obrada radarskih signala i compressive sensing.

Dr Daković je dobitnik Godišnje nagrade za naučna dostignuća u 2015. godini, u kategoriji pronalazač – inovator za najuspješnije inovativno rješenje, koju uručuje Vlada Crne Gore.

Više detalja i kompletan spisak referenci može se pronaći na sajtu www.tfsa.ac.me.

DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI

1. I. Stanković, C. Ioana, and **M. Daković**, "On the reconstruction of nonsparse time-frequency signals with sparsity constraint from a reduced set of samples," *Signal Processing*, vol. 142, Jan. 2018, pp. 480-484, (ISSN: 0165-1684, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2017.07.036>)

Link na rad:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168417302827>

SCI lista:

http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=*0165-1684

2. LJ. Stanković, **M. Daković**, I. Stanković, and S. Vujović, "On the Errors in Randomly Sampled Nonsparse Signals Reconstructed with a Sparsity Assumption," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 14, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 2453 - 2456, (ISSN: 1545-598X, DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664)

Link na rad:

<https://ieeexplore.ieee.org/document/8110831>

SCI lista:

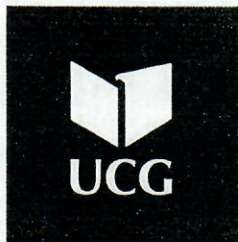
http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=*1545-598X

3. LJ. Stanković, **M. Daković**, and T. Thayaparan, *Time-Frequency Signal Analysis with Applications*, Artech House, Boston, March 2013 (ISBN- 978-1-60807-651-2, eBook ISBN: 978-1-60807-652-9)

Link knjige na sajtu Amazon.com: <http://www.amazon.com/Time-Frequency-Signal-Analysis-Applications-Artech/dp/1608076512>

Pregled knjige dostupan je na books.google.com. Knjiga se može pronaći i na sajtu renomiranog međunarodnog izdavača Artech House: www.artechhouse.com

4. LJ. Stanković, S. Stanković, and **M. Daković**, "From the STFT to the Wigner distribution," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 31, No. 3, May 2014, pp. 163-174 (ISSN: 1053-5888, DOI: 10.1109/MSP.2014.2301791)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6784080/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1053-5888>
5. LJ. Stanković, **M. Daković**, and E. Sejdić, "Vertex-Frequency Analysis: A Way to Localize Graph Spectral Components," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.34, No. 4, July 2017, pp. 176-182
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7974871/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1053-5888>
6. LJ. Stanković, **M. Daković**, and S. Vujović, "Adaptive Variable Step Algorithm for Missing Samples Recovery in Sparse Signals," *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, pp. 246 -256, 2014. (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2013.0385)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6817404/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1751-9675>
7. LJ. Stanković, **M. Daković**, T. Thayaparan, and V. Popović-Bugarin, "Inverse Radon Transform Based Micro-Doppler Analysis from a Reduced Set of Observations," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 51, No. 2, April 2015. (ISSN: 0018-9251, DOI: 10.1109/TAES.2014.140098)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7126172/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0018-9251>
8. LJ. Stanković, **M. Daković**, and T. Thayaparan, "A Real-Time Time-Frequency Based Instantaneous Frequency Estimator," *Signal Processing*, Volume 93, Issue 5, May 2013, pp.1392-1397 (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2012.11.005)
Link na rad: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168412004008>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0165-1684>
9. LJ. Stanković, **M. Daković**, T. Thayaparan, and V. Popović-Bugarin, "Micro-Doppler Removal in the Radar Imaging Analysis," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 49, No. 2, April 2013, pp.1234-1250 (ISSN: 0018-9251, DOI: 10.1109/TAES.2013.6494410)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6494410/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0018-9251>
10. **M. Daković**, T. Thayaparan, and LJ. Stanković, "Time-frequency based detection of fast manoeuvring targets," *IET Signal Processing*, Vol. 4, No. 3, June 2010, pp. 287-297. (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2009.0078)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5485216/>
SCI lista: <http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1751-9675>



Univerzitet Crne Gore
adresa / address: Cetinjska br. 2
81000 Podgorica, Crna Gora
telefon / phone: 00382 20 414 255
fax: 00382 20 414 230
mail: rektorat@ucg.me
web: www.ucg.ac.me
University of Montenegro

Broj / Ref: 03-79
Datum / Date: 12.01.2017

Na osnovu člana 72 stav 2 Zakona o visokom obrazovanju („Službeni list Crne Gore“ br. 44/14, 47/15, 40/16) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore na sjednici održanoj 12. januara 2017. godine, donio je

ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

Dr Miloš Daković bira se u akademsko zvanje redovni profesor Univerziteta Crne Gore za oblast Digitalna obrada signala i adaptivni sistemi na Elektrotehničkom fakultetu i na nematičnim fakultetima, na neodređeno vrijeme.



REKTOR

Prof. Radmila Vojvodić

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Primljeno:	12.01.2017		
Org. jed.	Broj	Prilog	Vrijednost
02/1	55		

PROF. DR IRENA OROVIĆ

BIOGRAFIJA

Irena Orović je rođena 21.02.1983.god. u Podgorici. Završila je studije na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici 2005. godine. Diplomirala je sa ocjenom 10 u julu 2005. godine u Brestu, Francuska, gdje je boravila po osnovu bilateralne saradnje između Univerziteta Crne Gore i ENSIETA-e Brest. Postdiplomske studije je upisala u septembru 2005. godine na Elektrotehničkom fakultetu (odsjek Elektronika, Tetelekomunikacije i računari, smjer Računari). Magistarsku tezu „Primjena vremensko-frekvencijske analize na watermarking govornih signala“ odbranila je sa ocjenom 10 u decembru 2006. godine. Doktorsku disertaciju: „Vremensko-frekvencijske distribucije i neki aspekti primjene“ odbranila je 19.02.2010. godine.

Dobitnik je brojnih nagrada i priznanja, među kojima treba istaknuti:

- Studentsku nagradu “19. decembar” (2003.),
- Nagradu Crnogorske akademije nauka i umjetnosti (2004.),
- Nagradu Univerziteta Crne Gore (2004.),
- Više puta je nagrađivana od strane Elektrotehničkog fakulteta kao najbolji student generacije
- Dobitnik je Plakete Univerziteta Crne Gore za najboljeg diplomiranog studenta iz oblasti tehničkih, prirodno-matematičkih i medicinskih nauka (2005. godine),
- Dobitnik je nagrade Elektrotehničkog fakulteta za izvanredne naučno-istraživačke rezultate tokom rada na doktorskoj tezi (2010. godine).
- Dobitnik je internacionalne nagrade za najbolju doktorsku disertaciju TRIMO2010 Ljubljana, Slovenija
- Nagrada Ministarstva nauke za najuspješniju ženu u nauci – 2012. godine

Boravci na inostranim naučnim institucijama: Dr. Orović je boravila na instituciji ENSIETA iz Bresta, Francuska (2005. i 2006.), University Bonn-Rhien-Sieg iz Bona, Njemačka (2007.), Institut Polytechnique de Grenoble, Francuska (2008. i 2009.), Villanova University, Philadelphia USA (2010., 2011., 2012.).

Prof. dr Irena Orović je do sada objavila oko 110 naučnih radova od čega 40 u vodećim svjetskim časopisima (časopisi sa SCI liste sa impact faktorom), kao i veći broj radova u drugim međunarodnim časopisima i na konferencijama. Objavila je kao koautor 5 udžbenika na našem jeziku i knjigu "Multimedia Signals and Systems" na engleskom jeziku publikovanu od strane renomiranog svjetskog izdavača Springer-a, i poglavlje u međunarodnoj monografiji "Time-Frequency Analysis of Micro-Doppler Signals Based on Compressive Sensing," Compressive Sensing for Urban Radar, CRC-Press, 2014". Recenzent je u mnogobrojnim časopisima, među kojima je više njih iz IEEE i IEE izdanja. Dr Irena Orović je podpredsjednik i član Savjeta za naučno-istraživačku djelatnost u Crnoj Gori (Ministarsvo nauke Crne Gore).

Više detalja i kompletan spisak referenci može se pronaći na sajtovima: www.tfsa.ac.me, www.multimedia.ac.me, www.cs-ict.ac.me

ODABRANE REFERENCE

1. **I. Orovic**, S. Stankovic, T. Thayaparan, "Time-Frequency Based Instantaneous Frequency Estimation of Sparse Signals from an Incomplete Set of Samples," IET Signal Processing, Special issue on Compressive Sensing and Robust Transforms, Volume:8, Issue: 3, pp. 239 - 245, ISSN: 1751-9675, May, 2014

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6816977>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IET%20Signal%20Processing>

2. S. Stanković, LJ. Stanković, and **I. Orović**, "A Relationship between the Robust Statistics Theory and Sparse Compressive Sensed Signals Reconstruction," IET Signal Processing, 2014 (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2013.0348)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?reload=true&arnumber=6817401>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IET%20Signal%20Processing>

3. L.J. Stanković, I. Orović, S. Stanković, and M. Amin, "Compressive Sensing Based Separation of Nonstationary and Stationary Signals Overlapping in Time-Frequency," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol. 61, no. 18, pp. 4562 – 4572, Sept. 2013. (ISSN: 1053-587X, DOI: 10.1109/TSP.2013.2271752)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/login.jsp?tp=&arnumber=6553137&url=http%3A%2F%2Fieeexplore.ieee.org%2Fiel7%2F78%2F6578576%2F06553137.pdf%3Farnumber%3D6553137>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20Transactions%20on%20Signal%20Processing>

4. I. Orović, A. Draganic, and S. Stanković, "Sparse Time-Frequency Representation for Signals with Fast Varying Instantaneous Frequency," *IET Radar, Sonar & Navigation*, Online ISSN 1751-8792, Available online: 20 August 2015 (ISSN: 1751-8784, DOI: 10.1049/iet-rsn.2015.0116)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=7348894&newsearch=true&queryText=Sparse%20Time-Frequency%20Representation%20for%20Signals%20with%20Fast%20Varying%20Instantaneous%20Frequency>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Word=Radar>

5. I. Orovic, S. Stankovic, A. Draganic, "Time-Frequency Analysis and Singular Value Decomposition Applied to the Highly Multicomponent Musical Signals," *Acta Acustica united with Acustica*, Vol. 100, No 1, pp. 93-101(9), 2014

Link na rad:

<http://www.ingentaconnect.com/content/dav/aaua;jsessionid=5jtu1mvvt6f7d.victoria>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Acta%20Acustica%20united%20with%20Acustica>

6. S. Stankovic, I. Orovic, N. Zaric, C. Ioana, "Two Dimensional Time-Frequency Analysis based Eigenvalue Decomposition Applied to Image Watermarking," *Multimedia Tools and Applications*, Vol.49, No. 3, pp. 529-543, 2010

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs11042-009-0446-x#/page-1>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=EURASIP%20Journal%20on%20Advances%20in%20Signal%20Processing>

7. I. Orović, and S. Stanković, "L-statistics based Space/Spatial-Frequency Filtering of 2D signals in heavy tailed noise," *Signal Processing*, Volume 96, Part B, March 2014, Pages 190-202 (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2013.08.021)

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168413003320>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Signal%20processing>

8. I. Orović, and S. Stanković, "Improved Higher Order Robust Distributions based on Compressive Sensing Reconstruction," *IET Signal Processing*, 2014 (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2013.0347)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6898675&newsearch=true&queryText=Improved%20Higher%20Order%20Robust%20Distributions%20based%20on%20Compressive%20Sensing%20Reconstruction>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=K&Full=IET%20Signal%20Processing>

9. N. Zaric, I. Orovic, S. Stankovic, "Hardware realization of generalized time-frequency distribution with complex-lag argument," *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, Volume 2009, Article ID 250794, 17 pages, 2009

Link na rad:

<http://link.springer.com/article/10.1155%2F2009%2F250794>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=EURASIP%20Journal%20on%20Advances%20in%20Signal%20Processing>

10. I. Orović, S. Stanković, T. Thayaparan, and LJ. Stanković, "Multiwindow S-method for Instantaneous Frequency Estimation and its Application in Radar Signal Analysis," *IET Signal Processing*, Vol. 4, No. 4, pp: 363-370, Jan. 2010 (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2009.0059)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5547940&newsearch=true&queryText=Multiwindow%20S-method%20for%20Instantaneous%20Frequency%20Estimation%20and%20its%20Application%20in%20Radar%20Signal%20Analysis>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnsl/jlresults.cgi?PC=K&Full=IET%20Signal%20Processing>



Број: 08-1740
Датум, 24.06.2015 г.

Ref: _____
Date, _____

Na osnovu člana 72 stav 2 Zakona o visokom obrazovanju (Službeni list Crne Gore br. 44/14) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 24 juna 2015. godine, donio je

**ODLUKU
O IZBORU U ZVANJE**

Dr IRENA OROVIĆ bira se u akademsko zvanje **vanredni profesor Univerziteta Crne Gore** za predmete: Informacioni sistemi, na postdiplomskom specijalističkom akademskom studijskom programu Elektronika, telekomunikacije i računari, smjer Računari, **na Elektrotehničkom fakultetu**, Multimedijalni sistemi u pomorstvu, na osnovnom akademskom studijskom programu Pomorske nauke, na Fakultetu za pomorstvo, Osnovi turističkog informacionog sistema, na osnovnom akademskom studijskom programu Turizam i Internet tehnologije i servisi, na postdiplomskom specijalističkom akademskom studijskom programu Turizam na Fakultetu za turizam i hotelijerstvo, na period od pet godina.

REKTOR

Prof. Radmila Vojvodić

УНИВЕРЗИТЕТ ЦРНЕ ГОРЕ
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Број: 0211-1110
Подгорица, 29.06. 2015 год.



UNIVERZITET CRNE GORE ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET			
Redni broj	Broj	Prilog	Vrijednost
02/1	1959		

UNIVERZITET CRNE GORE
Obrazac PD: Prijava teme doktorske disertacije

PRIJAVA TEME DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc Stefan Vujović
Fakultet	Elektrotehnički fakultet
Studijski program	Doktorske studije elektrotehnike
Broj indeksa	5/13
Ime i prezime roditelja	Zoran Vujović
Datum i mjesto rođenja	04. Februar 1990. godine, Sarajevo
Adresa prebivališta	Vrela Ribnička 6/7
Telefon	067/302-313
E-mail	stefanv@ucg.ac.me
BIOGRAFIJA I BIBLIOGRAFIJA	
Obrazovanje	– M. Sc. (Magistar), Elektrotehnički fakultet Podgorica, Oktobar 2013, srednja ocjena: A – Spec. Sc. (Specijalista), Elektrotehnički fakultet Podgorica, Jul 2012, srednja ocjena: A – B. Sc. (Bečelor) Elektrotehnički fakultet Podgorica, Jun 2011, srednja ocjena: A
Radno iskustvo	Mart, 2014 – sada Saradnik u nastavi na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici Januar, 2013 – Oktobar, 2013 Pripravnik na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici
Popis radova	Magistarska teza: [1] S. Vujović, "Rekonstrukcija nedostajućih odbiraka signala upotrebom mjera koncentracije," M.Sc. Teza, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 2013 Vodeći naučni časopisi (SCI lista): [2] LJ. Stanković, M. Daković, I. Stanković, and S. Vujović, "On the Errors in Randomly Sampled Nonspare Signals Reconstructed with a Sparsity Assumption," <i>IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters</i>, Vol: 14, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 2453 - 2456, DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664

- [3] LJ. Stanković, M. Daković, and S. Vujović, "Reconstruction of Sparse Signals in Impulsive Disturbance Environments," *Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 2016. pp. 1-28, DOI: 10.1007/s00034-016-0334-3, ISSN: 0278-081X print, 1531-5878 online (on-line published version available on <https://rdcu.be/4XQ8>)
- [4] LJ. Stanković, M. Daković, and S. Vujović, "Adaptive Variable Step Algorithm for Missing Samples Recovery in Sparse Signals," *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, pp. 246 - 256, 2014. (arXiv:1309.5749v1).

Drugi naučni časopisi, koji se ne nalaze na SCI listi:

- [5] S. Vujović, M. Brajović, V. Popović-Bugarin, N. Latinović, J. Latinović, and M. Bajčeta, "A web service for grapevine monitoring and forecasting a disease," *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 22, No. 1, 2016

Međunarodne konferencije:

- [6] M. Brajović, S. Vujović, I. Orović, and S. Stanković, "Coefficient Tresholding in the Gradient Reconstruction Algorithm for Signals Sparse in the Hermite Transform Basis," *Applications of Intelligent Systems 2018 (APPIS 2018)*, Las Palmas De Gran Canaria, 8-12 January 2018
- [7] S. Stanković, S. Vujović, I. Orović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Combination of Gradient Based and Single Iteration Reconstruction Algorithms for Sparse Signals," *17th IEEE International Conference on Smart Technologies*, IEEE EUROCON 2017
- [8] S. Vujović, I. Stanković, M. Daković, and LJ. Stanković, "Comparison of a Gradient-Based and LASSO (ISTA) Algorithm for Sparse Signal Reconstruction," *5th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO 2016*, Bar, June 2016
- [9] S. Vujović, I. Orović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Statistical Performance Analyzer for Compressive Sensing Gradient Algorithm," *57th International Symposium, ELMAR-2015*, Zadar, Croatia
- [10] S. Vujović, M. Daković, I. Orović, and S. Stanković, "An Architecture for Hardware Realization of Compressive Sensing Gradient Algorithm," *4th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO – 2015*

- [11] M. Brajović, **S. Vujović**, and S. Djukanović, "An Overview of Smart Irrigation Software," *Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2015*, Budva, Montenegro, June 2015.
- [12] **S. Vujović**, M. Daković, and I.J. Stanković, "Comparison of the L1-magic and the Gradient Algorithm for Sparse Signals Reconstruction," *22nd Telecommunications Forum, TELFOR, 2014*.
- [13] I.J. Stanković, M. Daković, and **S. Vujović**, "Concentration measures with an adaptive algorithm for processing sparse signals," *ISPA 2013*, Trieste, Italy, 4-6 September 2013, pp. 418-423

Regionalne i nacionalne konferencije:

- [14] **S. Vujović**, M. Brajović, V. Popović-Bugarin, N. Latinović, J. Latinović, and M. Bajčeta, "WEB servis za monitoring vinograda i predviđanje oboljenja vinove loze," *Informacione Tehnologije - IT 2016*, March 2016.
- [15] M. Brajović, **S. Vujović**, V. Popović-Bugarin, S. Djukanović, M. Knežević, and A. Topalović, "Soil analysis database and the expert system for recommendations of fertilization in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2016*, March 2016.
- [16] **S. Vujović**, M. Brajović, and S. Djukanović, "Web and mobile applications in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2015*, Februar 2015.
- [17] **S. Vujović**, N. Bulatović, and S. Djukanović, "Budi Odgovoran – Tehnologija u službi društvene odgovornosti," *22 Telekomunikacioni Forum TELFOR 2014*, Novembar 25-27, 2014, Beograd, Republika Srbija.
- [18] M. Daković, **S. Vujović**, and I.J. Stanković, "Rekonstrukcija odbiraka signala korišćenjem sparse signal analize," *Informacione Tehnologije - IT 2013*, Žabljak, februar 2013.

NASLOV PREDLOŽENE TEME

Na službenom jeziku

Analiza, implementacija i primjena gradijentnih algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala

Na engleskom jeziku

Analysis, implementation and applications of gradient based algorithms for reconstruction of compressively sampled signals

Obrazloženje teme

Za razliku od klasičnog odabiranja signala gdje su odbirci signala uzeti u skladu sa teoremom o odabiranju (Šenon-Nikvistova teorema) i gdje broj odbiraka direktno zavisi od maksimalne frekvencije signala, mnogi realni signali mogu biti odabrani kompresivno, tj. za tačnu rekonstrukciju signala je dovoljan mnogo manji broj odbiraka nego što je to slučaj kod klasičnog odabiranja. Ova ideja dovela je do razvoja teorije kompresivnog odabiranja. Proces rekonstrukcije kompresivno odabranih signala je jedna od centralnih tema u ovoj oblasti. U ovoj tezi ćemo se baviti rekonstrukcijom kompresivno odabranih signala. Rekonstrukcija će biti implementirana u osnovnom domenu signala za razliku od široko rasprostranjenog pristupa u kojem se rekonstrukcija signala vrši u transformacionom (rijetkom) domenu. Takođe, razmatraće se i performanse postupka rekonstrukcije u prisustvu šuma, kao i rekonstrukcija signala koji nijesu u potpunosti rijetki, a koji kao takvi predstavljaju realan model za većinu praktičnih signala.

Pregled istraživanja

Kompresivno odabiranje (eng. compressive sensing - CS) je relativno nova naučna oblast koja analizira mogućnosti odabiranja i rekonstrukcije rijetkih signala sa brojem odbiraka mnogo manjim od onog koji propisuje klasična (Šenon-Nikvistova) teorema o odabiranju. Za neki signal kažemo da je rijedak (eng. sparse) u nekom transformacionom domenu ako mu je broj koeficijenata u tom domenu mnogo manji od broja odbiraka u vremenskom domenu. Pokazalo se da mnogi praktični (realni) signali zadovoljavaju ovo svojstvo. Tako je kompresivno odabiranje već našlo primjenu u mnogim oblastima kao što su medicina, radari, sonari, obrada slike i mnoge druge.

Mjerenja signala koja se koriste u CS predstavljaju linearne kombinacije koeficijenata transformacionog domena tog signala, pri čemu za transformacioni domen uzimamo onaj domen u kojem je signal rijedak. Na taj način umjesto kompletnog skupa odbiraka dobijamo skup mjerenja kojih je mnogo manje od ukupnog broja odbiraka. Ukoliko su mjerenja dobijena u skladu sa pravilima koja važe za CS, dokazano je da je moguće tačno rekonstruisati originalni signal tj. kompletan skup odbiraka. U klasičnoj digitalnoj obradi signala najčešće korišćena transformacija je diskretna Furijeova transformacija - DFT. Kako je ovo linearna transformacija to se i vremenski odbirci signala koje koristimo u digitalnoj obradi signala mogu smatrati mjerenjima, upravo zbog činjenice da oni jesu linearna kombinacija DFT koeficijenata. Mjerenja, mogu biti i rezultat postupka koji ima za cilj da se signal predstavi sa što je moguće manjim brojem vrijednosti. Ovo je najčešće korišćeni scenario u do sada objavljenoj literaturi u oblasti kompresivnog odabiranja. Fizička nedostupnost nekih vrijednosti signala koja rezultuje manjim brojem dostupnih odbiraka, takođe se može sagledati iz CS ugla.

Oblast CS se može podijeliti na dva dijela. Prvi dio se bavi procesom dobijanja mjerenja, dok se drugi dio bavi problemom rekonstrukcije na osnovu dobijenih mjerenja. U ovoj tezi ćemo se baviti problemom rekonstrukcije originalnog signala korišćenjem dostupnih mjerenja. U literaturi postoji mnoštvo algoritama koji se bave rekonstrukcijom rijetkih signala kao što su konveksne optimizacije, nekonveksne optimizacije, zatim takozvani pohlepni (eng. greedy) algoritmi,

algoritmi koji vrše kompletnu pretragu (eng. brute force algorithms) i mnogi drugi. Zajedničko za većinu ovih algoritama jeste da se rekonstrukcija obavlja u transformacionom domenu u kojem je posmatrani signal rijedak. Osim ovog, postoji i drugi pristup rekonstrukciji, a to je rekonstrukcija odbiraka signala u osnovnom domenu. U ovoj disertaciji će akcenat biti na razvoju, analizi i implementaciji ovakvih algoritama. Rekostrukcija signala u osnovnom domenu takođe otvara mogućnost primjene kompresivnog odabiranja i na signale koji sa transformacionim domenom nijesu povezani linearnim transformacijama. Biće istaknute prednosti pomenutog algoritma u odnosu na postojeće algoritme koji su našli široku primjenu u praksi, kao što su OMP, L1-magic i LASSO algoritmi. Algoritmi koji će biti predstavljeni u tezi imaju za cilj minimizaciju l1 norme (sume apsolutnih vrijednosti koeficijenata) transformacionog domena signala, promjenom vrijednosti nedostajućih odbiraka u osnovnom domenu. Kako je broj mogućih kombinacija vrijednosti nedostupnih odbiraka izuzetno velik, proces rekonstrukcije direktnom pretragom po svim mogućim kombinacijama vrijednosti je NP-težak problem. Prilikom izbora vrijednosti za nedostajuće odbirke možemo koristiti gradijent mjere koncentracije u transformacionom domenu. Ova ideja omogućila je vrlo brzu i tačnu rekonstrukciju i u onim slučajevima kada je broj nedostajućih odbiraka veliki. Kako nedostajući odbirci izazivaju šum u transformacionom domenu, povećanje broja nedostajućih odbiraka dovodi do situacije u kojoj stvarni koeficijetni transformacionog domena bivaju maskirani šumom, te kao takvi ne mogu biti adekvatno detektovani, što onemogućava primjenu mnogih algoritama (npr. OMP) za rekonstrukcija, koji se oslanjaju na detekciju pozicija stvarnih komponenata u transformacionom domenu.

Relan problem koji postoji u svim digitalnim sistemima jeste postojanje šuma. U dosadašnjim istraživanjima je u obzir uzet impulsni šum koji je zahvatao značajan dio odbiraka signala pri čemu je korišćen krajnje generalan pristup gdje pozicije odbiraka zahvaćenih šumom nijesu poznate. Procedura detekcije odbiraka zahvaćenih šumom, njihova eliminacija i konačno rekonstrukcija su pokazali značajno poboljšanje odnosa signal šum. Pri detekciji odbiraka signala zahvaćenih šumom su korišćene metode koje se zasnivaju na algoritmima koji će biti predstavljeni u radu. Uspješna detekcija odbiraka zahvaćenih šumom, omogućava nam njihovo uklanjanje a zatim i rekonstrukciju njihovih tačnih vrijednosti. Kako se u praktičnim aplikacijama često srijeću signali koji svojstvo rijetkosti zadovoljavaju samo djelimično, to je u dosadašnjim istraživanjima razmatrana i greška u rekonstrukciji ovakvih signala, pri čemu su dobijeni teorijski rezultati provjereni eksperimentalnim putem. U disertaciji će biti razmatran i slučaj rekonstrukcije neuniformno odabranih signala.

Cilj i hipoteze

Cilj doktorkse disertacije je razvoj, analiza i implementacija algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala koji rekonstrukciju signala vrše u osnovnom domenu. Razvijeni algoritmi će biti poređeni sa već postojećim algoritmima i biće istaknute prednosti predloženog pristupa. Primjena ovih algoritama će omogućiti poboljšanje odnosa signal šum u uslovima impulsnog šuma kod koga se pozicije oštećenih odbiraka ne znaju unaprijed. Analiziraće se i rekonstrukcija kompresivno odabranih signala koji ne zadovoljavaju svojstvo rijetkosti u potpunosti. Predloženi algoritmi će biti primijenjeni na signale u vremenskom domenu,

dvodimenzionalne signale (slike) kao i na signale definisane na grafu, pri čemu će se posmatrati simulirani i realni primjeri signala. U okviru teze će biti predloženi i metodi za hardversku i softversku implementaciju analiziranih algoritama.

Materijali, metode i plan istraživanja

Rekonstrukcija rijetkih signala je tema kojom se uveliko bave mnoge istraživačke grupe, što pokazuje koliko je prostor za dalji napredak u ovoj oblasti širok. Brzina i tačnost (kvalitet) rekonstrukcije su od presudnog značaja za primjenu ovih sistema u praksi, na primjer u aparatima za MRI snimanje u kojima se koriste dostignuća i znanja razvijena u oblasti kompresivnog odabiranja. Cilj svih ovih algoritama jeste da rekonstruišu originalni signal koristeći mjerenja koja su na raspolaganju. Odlika algoritama koji su u širokoj upotrebi jeste da signal rekonstruišu u transformacionom domenu. Za razliku od ovog pristupa, moguće je signal rekonstruisati i u osnovnom (najčešće vremenskom) domenu. Ovaj pristup, sve njegove prednosti i ograničenja biće tema ove disertacije.

U disertaciji ćemo koristiti algoritme koji za cilj imaju rekonstrukciju signala u osnovnom domenu. Odbirci signala će biti rekonstruisani minimizujući rijetkost u transformacionom domenu. Prilikom rekonstrukcije koristiće se i dalje nadograđivati metode konveksne optimizacije, tačnije posmatraće se gradijent l_1 -norme transformacionog domena. Predloženi gradijentni algoritmi će prevazići neke probleme sa kojima su se susrijetali klasični algoritmi rekonstrukcije.

Prilikom poređenja performansi rekonstrukcije predloženih gradijentnih algoritama sa već postojećim algoritmima, posmatraćemo srednju apsolutnu grešku rekonstrukcije, kao i vrijeme rekonstrukcije kao dva objektivna parametra za poređenje. Kako bi se dobila što tačnija poređenja, simulacije će se ponavljati veliki broj puta.

U tezi će biti analizirana i situacija gdje su određeni odbirci signala (mjerenja) zahvaćeni impulsnim šumom. Kao posebno otežavajuća okolnost posmatraćemo situacije gdje pozicije odbiraka koji su oštećeni šumom nijesu unaprijed poznate. Metode i ideje razvijene pri kreiranju gradijentnog algoritma biće iskorošćene za uspješnu detekciju odbiraka zahvaćenih šumom. Pokazaće se da eliminacija a potom rekonstrukcija ovih odbiraka doprinosi poboljšanju odnosa signal šum, odnosno rekonstruisani signal nakon ove procedure će biti bliži originalnom signalu.

Prilikom modelovanja rijetkih signala, kao domen rijetkosti signala koristiće se diskretni Furijeov domen, diskretna kosinusna transformacija, Furijeova transformacija signala na grafu, i domen generisan korišćenjem mjernih matrica sa slučajnim elementima.

Tokom istraživanja biće predložena i šema za izradu hardvera za implementaciju predloženog algoritma, kako bi se na taj način teorijski rezultati još više približili implementaciji i eventualnoj budućoj primjeni u industriji. Pored šeme hardverske realizacije razmatraće se i softverska implementacija algoritama na savremenim računarskim platformama.

Simulacije kojima će se potvrditi teorijski rezultati će biti obavljene u MATLAB/Octave okruženju.

Očekivani naučni doprinos

Naučni doprinos teze će se ogledati u razvoju algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala kod kojih se rekonstrukcija signala vrši u osnovnom domenu. Analiziraće se mogućnost softverske i hardverske implementacije i primjene razvijenih algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala. Posmatraće se ponašanje predloženih algoritama u slučajevima kada su mjerenja zahvaćena šumom, posebno u slučajevima impulsnog šuma kada pozicije mjerenja zahvaćenih šumom nijesu poznate. Biće predložene metode za poboljšanje odnosa signal šum u ovim slučajevima. Razmatraće se i rekonstrukcija signala koji nijesu potpuno rijetki u transformacionom domenu a koji kao takvi odgovaraju većini relanih signala. Ostvareni naučni doprinos dokazaće se publikovanjem radova u relevantnim međunarodnim časopisima i prezentovanjem rezultata istraživanja na međunarodnim konferencijama.

Spisak objavljenih radova kandidata
Master teza:

- [1] **S. Vujović**, "Rekonstrukcija nedostajućih odbiraka signala upotrebom mjera koncentracije," M.Sc. Teza, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 2013

Vodeći naučni časopisi (SCI lista):

- [2] Lj. Stanković, M. Daković, I. Stanković, and **S. Vujović**, "On the Errors in Randomly Sampled Nonspare Signals Reconstructed with a Sparsity Assumption," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 14, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 2453 - 2456 , DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664
- [3] Lj. Stanković, M. Daković, and **S. Vujović**, "Reconstruction of Sparse Signals in Impulsive Disturbance Environments," *Circuits, Systems and Signal Processing*, vol. 2016. pp. 1-28, DOI: 10.1007/s00034-016-0334-3, ISSN: 0278-081X print, 1531-5878 online (online published version available on <https://rdcu.be/4XQ8>)
- [4] Lj. Stanković, M. Daković, and **S. Vujović**, "Adaptive Variable Step Algorithm for Missing Samples Recovery in Sparse Signals," *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, pp. 246 - 256, 2014. (arXiv:1309.5749v1).

Drugi naučni časopisi, koji se ne nalaze na SCI listi:

- [5] **S. Vujović**, M. Brajović, V. Popović-Bugarin, N. Latinović, J. Latinović, and M. Bajčeta, "A web service for grapevine monitoring and forecasting a disease," *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol. 22, No. 1, 2016

Međunarodne konferencije:

- [6] M. Brajović, **S. Vujović**, I. Orović, and S. Stanković, "Coefficient Tresholding in the Gradient Reconstruction Algorithm for Signals Sparse in the Hermite Transform Basis," *Applications of Intelligent Systems 2018 (APPIS 2018)*, Las Palmas De Gran Canaria, 8-12 January 2018
- [7] S. Stanković, **S. Vujović**, I. Orović, M. Daković, and Lj. Stanković, "Combination of Gradient Based and Single Iteration Reconstruction Algorithms for Sparse Signals," *17th IEEE International Conference on Smart Technologies, IEEE EUROCON 2017*

- [8] **S. Vujović**, I. Stanković, M. Daković, and LJ. Stanković, "Comparison of a Gradient-Based and LASSO (ISTA) Algorithm for Sparse Signal Reconstruction," *5th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO 2016*, Bar, June 2016
- [9] **S. Vujović**, I. Orović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Statistical Performance Analyzer for Compressive Sensing Gradient Algorithm," *57th International Symposium, ELMAR-2015*, Zadar, Croatia
- [10] **S. Vujović**, M. Daković, I. Orović, and S. Stanković, "An Architecture for Hardware Realization of Compressive Sensing Gradient Algorithm," *4th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO – 2015*
- [11] M. Brajović, **S. Vujović**, and S. Djukanović, "An Overview of Smart Irrigation Software," *Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2015*, Budva, Montenegro, June 2015.
- [12] **S. Vujović**, M. Daković, and LJ. Stanković, "Comparison of the L1-magic and the Gradient Algorithm for Sparse Signals Reconstruction," *22nd Telecommunications Forum, TELFOR, 2014*.
- [13] LJ. Stanković, M. Daković, and **S. Vujović**, "Concentration measures with an adaptive algorithm for processing sparse signals," *ISPA 2013*, Trieste, Italy, 4-6 September 2013, pp. 418-423

Regionalne i nacionalne konferencije:

- [14] **S. Vujović**, M. Brajović, V. Popović-Bugarin, N. Latinović, J. Latinović, and M. Bajčeta, "WEB servis za monitoring vinograda i predviđanje oboljenja vinove loze," *Informacione Tehnologije - IT 2016*, March 2016.
- [15] M. Brajović, **S. Vujović**, V. Popović-Bugarin, S. Djukanović, M. Knežević, and A. Topalović, "Soil analysis database and the expert system for recommendations of fertilization in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2016*, March 2016.
- [16] **S. Vujović**, M. Brajović, and S. Djukanović, "Web and mobile applications in agriculture," *Informacione Tehnologije - IT 2015*, Februar 2015.
- [17] **S. Vujović**, N. Bulatović, and S. Djukanović, "Budi Odgovoran – Tehnologija u službi društvene odgovornosti," *22 Telekomunikacioni Forum TELFOR 2014*, Novembar 25-27, 2014, Beograd, Republika Srbija.
- [18] M. Daković, **S. Vujović**, and LJ. Stanković, "Rekonstrukcija odbiraka signala korišćenjem sparse signal analize," *Informacione Tehnologije - IT 2013*, Zabljak, februar 2013.

Popis literature

- [1] D. Donoho, "Compressed sensing," *IEEE Transaction on Information Theory*, vol. 52, no. 4, pp. 1289 – 1306, 2006.
- [2] R. Baraniuk, "Compressive sensing," *IEEE Signal Processing Magazine*, vol. 24, no. 4, 2007, pp. 118–121

- [3] E. Candès, J. Romberg, and T. Tao: "Robust uncertainty principles: Exact signal reconstruction from highly incomplete frequency information", *IEEE Transaction on Information Theory*, vol. 52, no. 2, pp. 489–509, 2006
- [4] D. Donoho, M. Elad, and V. Temlyakov, "Stable recovery of sparse overcomplete representations in the presence of noise," *IEEE Transaction on Information Theory*, vol. 52, pp. 6–18, 2006.
- [5] LJ. Stanković, I. Orović, S. Stanković and M. G. Amin, "Robust Time-Frequency Analysis based on the L-estimation and Compressive Sensing," *IEEE Signal Processing Letters*, May 2013, pp.499–502.
- [6] LJ. Stanković, M. Daković and T. Thayaparan, *Time–Frequency Signal Analysis with Applications*, Artech House, 2013
- [7] S. Stanković, I. Orović, E. Sejdić, "Compressive Sensing", in the Book: *Multimedia Signals and Systems - Basic and Advanced Algorithms for Signal Processing*, Springer International Publishing, 2016.
- [8] S. Stanković, L. Stanković, I. Orović, "A Relationship between the Robust Statistics Theory and Sparse Compressive Sensed Signals Reconstruction," *IET Signal Processing, Special issue on Compressive Sensing and Robust Transforms*, May 2014.
- [9] S. Stanković, V. Papić, X. Li, C. Ioana, "Algorithms for Compressive Sensing Signal Reconstruction with Applications", *Mathematical problems in engineering*, Editorial on Special issue, 2016.
- [10] S. Stanković, I. Orović, LJ. Stanković, "Polynomial Fourier Domain as a Domain of Signal Sparsity," *Signal Processing*, Volume 130, Pages 243–253, January 2017, <http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2016.07.015>.
- [11] I. Djurović, LJ. Stanković and J. F. Böhme, "Robust L-estimation based forms of signal transforms and time-frequency representations", *IEEE Transaction on Signal Processing*, vol. 51, no. 7, pp. 1753-1761, 2003.
- [12] I. Orović, V. Papić, C. Ioana, X. Li, S. Stanković, "Compressive Sensing in Signal Processing: Algorithms and Transform Domain Formulations," *Mathematical Problems in Engineering*, Review paper, 2016.
- [13] LJ. Stanković, M. Daković, "On a Gradient-Based Algorithm for Sparse Signal Reconstruction in the Signal/Measurements Domain", *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2016 (2016), Article ID 6212674, 11 pages
- [14] LJ. Stanković, "On the ISAR Image Analysis and Recovery with Unavailable or Heavily Corrupted Data," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol.51, no.3, pp.2093-2106, July 2015, doi: 10.1109/TAES.2015.140413.
- [15] S. Stanković, I. Orović, LJ. Stanković, "An Automated Signal Reconstruction Method based on Analysis of Compressive Sensed Signals in Noisy Environment," *Signal Processing*, Volume 104, Pages: 43 - 50, November 2014.
- [16] M. A. Figueiredo, R. D. Nowak, and S. J. Wright, "Gradient projection for sparse reconstruction: Application to compressed sensing and other inverse problems," *IEEE Journal of Selected Topics in Signal Processing*, vol. 1, no. 4, pp. 586–597, 2007.

- [17]S. J. Wright, "Implementing proximal point methods for linear programming," *Journal of Optimization Theory and Applications*, vol. 65, pp. 531–554, 1990.
- [18]T. Serafini, G. Zanghirati and L. Zanni, "Gradient projection methods for large quadratic programs and applications in training support vector machines," *Optimization Methods and Software*, vol. 20, no. 2–3, pp. 353–378, 2004
- [19]J. More and G. Toraldo, "On the solution of large quadratic programming problems with bound constraints," *SIAM Journal on Optimization*, vol. 1, pp. 93–113, 1991.
- [20]G. Davis, S. Mallat and M. Avellaneda, "Greedy adaptive approximation," *Journal of Constructive Approximation*, vol. 12, pp. 57–98, 1997.
- [21]B. Turlach, "On algorithms for solving least squares problems under an L1 penalty or an L1 constraint," *Proceedings of the American Statistical Association; Statistical Computing Section*, pp. 2572–2577, Alexandria, VA, 2005.
- [22]P. Flandrin and P. Borgnat, "Time-Frequency Energy Distributions Meet Compressed Sensing," *IEEE Transaction on Signal Processing*, vol. 58, no. 6, 2010, pp. 2974–2982.
- [23]LJ. Stanković, S. Stanković and M. G. Amin, "Missing Samples Analysis in Signals for Applications to L-Estimation and Compressive Sensing", *Signal Processing*, Elsevier, Volume 94, Jan. 2014, Pages 401–408.
- [24]S. G. Mallat and Z. Zhang, "Matching pursuits with time-frequency dictionaries," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3397–3415, 1993.
- [25]I. Daubechies, M. Defrise, and C. De Mol, "An iterative thresholding algorithm for linear inverse problems with a sparsity constraint," *Communications on pure and applied mathematics*, vol. 57, no. 11, pp. 1413–1457, 2004.
- [26]G.H. You, T.S. Qiu, A.M. Song: Novel direction findings for cyclostationary signals in impulsive noise environments. *Circuits, Systems, and Signal Processing* 32(6), 2939–2956 (2013)
- [27]I. Djurović, V.V. Lukin, M. Simeunović, B. Barkat: "Quasi maximum likelihood estimator of polynomial phase signals for compressed sensed data", *AEU-International Journal of Electronics and Communication* 68(7), 631–636 (2014)
- [28]LJ. Stanković, M. Daković, and E. Sejdić, "Vertex-Frequency Energy Distributions," in *Vertex-Frequency Analysis of Graph Signals*, Springer Nature, January 2019, ISBN 978-030-03573-0.
- [29]LJ. Stanković, M. Daković, and E. Sejdić, "Introduction to Graph Signal Processing," in *Vertex-Frequency Analysis of Graph Signals*, Springer Nature, January 2019, ISBN 978-030-03573-0.

SAGLASNOST PREDLOŽENOG/IH MENTORA I DOKTORANDA SA PRIJAVOM		
Odgovorno potvrđujem da sam saglasan sa temom koja se prijavljuje.		
Prvi mentor	Prof. dr Miloš Daković	<i>M. Daković</i>
Drugi mentor	—	—
Doktorand	MSc Stefan Vujović	<i>Stefan Vujović</i>
IZJAVA		
Odgovorno izjavljujem da doktorsku disertaciju sa istom temom nisam prijavio/la ni na jednom drugom fakultetu.		
U Podgorici, 17.12.2018.		
		Ime i prezime doktoranda <u><i>Stefan Vujović</i></u>

Na osnovu člana 165 stava 1 Zakona o opštem upravnom postupku ("Službeni list RCG", broj 60/03.), člana 115 stava 2 Zakona o visokom obrazovanju ("Službeni list CG", broj 44/14.) i službene evidencije, a po zahtjevu studenta Vujović Zoran Stefan, izdaje se

UVJERENJE O POLOŽENIM ISPITIMA

Student **Vujović Zoran Stefan**, rođen **04-02-1990** godine u mjestu **Sarajevo**, Republika **Bosna i Hercegovina**, upisan je studijske **2013/2014** godine, u **I** godinu studija, kao student koji se **samofinansira** na **doktorske akademske studije**, studijski program **ELEKTROTEHNIKA**, koji realizuje **ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET - Podgorica** Univerziteta Crne Gore u trajanju od **3 (tri)** godine sa obimom **180** ECTS kredita.

Student je položio ispite iz sljedećih predmeta:

Redni broj	Semestar	Naziv predmeta	Ocjena	Uspjeh	Broj ECTS kredita
1.	1	DIGITALNA OBRADA SLIKE - NAPREDNI KURS	"A"	(odličan)	8.00
2.	1	EKSPERTNI SISTEMI (NAPREDNI KURS)	"A"	(odličan)	8.00
3.	1	ISTORIJA IDEJA I TEORIJA U ELEKTROTEHNICI	"A"	(odličan)	8.00
4.	1	TEORIJA DETEKCIJE I ESTIMACIJE	"A"	(odličan)	8.00
5.	2	MULTIMEDIJALNI SISTEMI - NAPREDNI KURS	"A"	(odličan)	8.00

Zaključno sa rednim brojem **5**.

Ostvareni uspjeh u toku dosadašnjih studija je:

- srednja ocjena položenih ispita **"A" (10.00)**
- ukupan broj osvojenih ECTS kredita **40.00** ili **66.67%**
- indeks uspjeha **6.67**.

Uvjerjenje se izdaje na osnovu službene evidencije, a u svrhu ostvarivanja prava na: (dječji dodatak, porodičnu penziju, invalidski dodatak, zdravstvenu legitimaciju, povlašćenu vožnju za gradski saobraćaj, studentski dom, studentski kredit, stipendiju, regulisanje vojne obaveze i slično).

Broj:

Podgorica, 23.01.2019 godine



SEKRETAR
PO OVLAŠĆENJU
Referent Studentske službe
Slavka Petrović