



Univerzitet Crne Gore

Univerzitet Crne Gore  
**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

81000 Podgorica, Dž. Vašingtona bb, tel. (020) 245 839, fax: (020) 245 873  
Ž.R. 510-255-51, PIB: 02016702 302, PDV: 30/31-03951-6



Broj: 02/1-461/1

Datum: 01.04.2019.

**UNIVERZITET CRNE GORE**

- Centru za doktorske studije -

- Senatu -

**O V D J E**

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 01.04.2019. godine i **obrazac D1**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidata MSc **Stefana Vujovića**, na dalji postupak.

  
**DEKAN,**  
**Prof. dr Zoran Veljović**  






Broj: 02/1-HG1

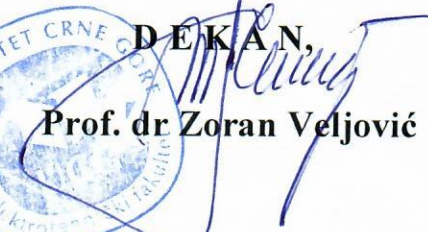
Datum: 01. 04. 2019.

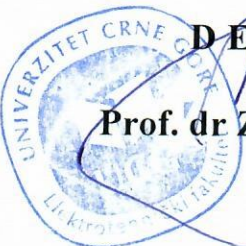
Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 35 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 01.04.2019. godine, donijelo je

### ODLUKU

Daje se pozitivno mišljenje i prihvata Izvještaj Komisije o ocjeni podobnosti doktorske teze: „**Analiza, implementacija i primjena gradijentnih algoritama za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala**“ i kandidata MSc Stefana Vujovića.

### -VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-

**DEKAN,**  
  
**Prof. dr Zoran Veljović**



Dostavljeno:

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





## OCJENA PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc Stefan Vujović
Fakultet	Elektrotehnički fakultet
Studijski program	Doktorske studije elektrotehnike
Broj indeksa	5/13
Podaci o magistarskom radu	<b>S. Vujović</b> , "Rekonstrukcija nedostajućih odbiraka signala upotrebom mjera koncentracije," M.Sc. Teza, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, 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
Datum prihvatanja teme i kandidata na sjednici Vijeća organizacione jedinice	01. 04. 2019. god.
Naučna oblast doktorske disertacije	Elektrotehnika – obrada signala
Za navedenu oblast matični su sljedeći fakulteti	
Elektrotehnički fakultet	
A. IZVJEŠTAJ SA JAVNE ODBRANE POLAZNIH ISTRAŽIVANJA DOKTORSKE DISERTACIJE	
<p>Javna odbrana polaznih istraživanja održana je 19. marta 2019. godine u Laboratoriji za obradu signala na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore u vremenu od 11:30 do 12:15.</p> <p>Kandidat je obrazložio temu doktorske disertacije, izložio najvažnije do sada ostvarene rezultate, i naučni doprinos postignut provedenim istraživanjima. Nakon toga kandidat je upoznao komisiju sa planiranim pravcima istraživanja u nastavku rada na doktorskoj disertaciji. Ta istraživanja su vezana za implementaciju algoritama za rekonstrukciju rijetkih signala na paralelnim računarskim sistemima.</p> <p>Nakon izlaganja članovi Komisije su dali komentare, sugestije za nastavak rada i postavili pitanja na koja je kandidat uspješno odgovorio.</p>	

**B. OCJENA PODOBNOSTI TEME DOKTORSKE DISERTACIJE****B1. 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.

**B2. Cilj i hipoteze**

Cilj doktorske 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.

**B3. 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 (mjerjenja) 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.

#### **B4. 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 mjerjenja zahvaćena šumom, posebno u slučajevima impulsnog šuma kada pozicije mjerjenja 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.

#### **B5. Finansijska i organizaciona izvodljivost istraživanja**

Sredstva potrebna za izvođenje istraživanja obezbijediće Elektrotehnički fakultet kroz fond za naučno-istraživački rad nastavnika i saradnika. Na organizaciju nastavka rada na doktorskoj disertaciji može negativno uticati preopterećenost kandidata nastavnim

obavezama. Kandidat je angažovan u nastavi na 12 predmeta, sa više of 20 časova nastave nedjeljno (norma za saradnika u nastavi je 6 časova nedjeljno).

**Mišljenje i prijedlog komisije**

Nakon uvida u priloženu dokumentaciju, izlaganja kandidata i diskusije nakon izlaganja, Komisija daje pozitivnu ocjenu polaznih istraživanja kandidata M.Sc. Stefana Vujovića. Komisija predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvate ovaj izvještaj i odobre nastavak rada na doktorskoj disertaciji.

Komisija konstatuje da su tokom polaznih istraživanja ostvareni rezultati, koji svojim obimom i kvalitetom potvrđuju da kandidat može pristupiti izradi doktorske disertacije. Kandidat je publikovao 3 rada u renomiranim međunarodnim časopisima koji se nalaze na SCI listi. Pored toga, kandidat je publikovao 7 radova na međunarodnim konferencijama (indeksiranim u SCOPUS bazi).

**Prijedlog izmjene naslova**

—

**Prijedlog promjene mentora i/ili imenovanje drugog mentora**

—

**Planirana odbrana doktorske disertacije**

Početak 2021. godine

**Izdvojeno mišljenje**

Nije bilo izdvojenih mišljenja.

**Napomena**
**ZAKLJUČAK**

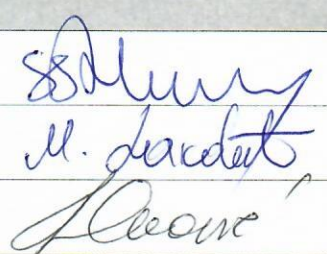
Predložena tema po svom sadržaju <b>odgovara</b> nivou doktorskih studija.	<b>DA</b>	NE
Tema <b>je</b> originalan naučno-istraživački rad koji odgovara međunarodnim kriterijumima kvaliteta disertacije.	<b>DA</b>	NE
Kandidat <b>može</b> na osnovu sopstvenog akademskog kvaliteta i stečenog znanja da uz adekvatno mentorsko vođenje realizuje postavljene cilj i dokaže hipoteze.	<b>DA</b>	NE

**Komisija za ocjenu podobnosti teme i kandidata**

Prof. dr Srđan Stanković,  
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

Prof. dr Miloš Daković,  
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora

Prof. dr Irena Orović,  
Univerzitet Crne Gore, Crna Gora



U Podgorici, 01.04.2019. god.



DEKAN  


**PRILOG**

<b>PITANJA KOMISIJE ZA OCJENU PODOBNOSTI DOKTORSKE TEZE I KANDIDATA</b>	
Prof. dr Srdjan Stanković	Koje osobine gradijentnog algoritma mu daju prednost pri hardverskoj realizaciji u odnosu na ostale rekonstrukcione algoritme?
Prof. dr Miloš Daković	Na koji način se vrši računanje gradijenta mjere u detekciji impulsnog šuma? Kako planirate da uskladite istraživačke i nastavne obaveze u nastavku rada na tezi?
Prof. dr Irena Orović	U kojem segmentu se očekuje doprinos u primjeni gradijentnog algoritma na signale definisane na grafovima?
<b>PITANJA PUBLIKE DATA U PISANOJ FORMI</b>	
<b>ZNAČAJNI KOMENTARI</b>	

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**.

Uvjerenje 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 SEKRETARA  
Referent Studentske službe  
**Slayka Petrović**