



Broj: 02/1-695/1  
Datum: 18.05.2018


**UNIVERZITET CRNE GORE**

**- Centru za doktorske studije -**

**- Senatu -**

**OVDJE**

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 18.05.2018. godine i **obrazac D3**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidatkinju mr **Anđelu Draganić**, na dalji postupak.

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





Broj: 02/1-695  
Datum: 18.05.2018.

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa članom 55 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 18.05.2018. godine, donijelo je

## ODLUKU

### I

Prihvata se Izvještaj Komisije za ocjenu doktorske disertacije „**Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje**“, kandidatkinje mr **Anđele Draganić**.

### II

Predlaže se Senatu Univerziteta Crne da prihvati disertaciju „**Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje**“, kandidatkinje mr **Anđele Draganić** i imenuje Komisiju za odbranu doktorske disertacije, u sastavu:

1. Dr Viktor Sučić, redovni profesor Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci, predsjednik
2. Dr Srđan Stanković, redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, mentor
3. Dr Irena Orović, vanredna profesorica Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, član
4. Dr Miloš Daković, redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore, član
5. Dr Budimir Lutovac, redovni 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



## OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU	
Titula, ime i prezime	MSc Anđela Draganić
Fakultet	Elektrotehnički fakultet Podgorica
Studijski program	Elektrotehnika
Broj indeksa	4/2013
MENTOR/MENTORI	
Mentor	Prof. dr Srđan Stanković Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora
KOMISIJA ZA OCJENU DOKTORSKE DISERTACIJE	
Prof. dr Srđan Stanković	Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora
Prof. dr Irena Orović	Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora
Prof. dr Viktor Sučić	Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci, Rijeka, Hrvatska
Datum značajni za ocjenu doktorske disertacije	
Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dostavljen Biblioteci UCG	26/3/2018
Javnost informisana (dnevne novine) da su Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dati na uvid	27/3/2018
Sjednica Senata na kojoj je izvršeno imenovanje komisije za ocjenu doktorske disertacije	5/3/2018
Uvid javnosti	
U predviđenom roku za uvid javnosti bilo je primjedbi?	Ne.
OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE	
<b>1. Pregled disertacije</b>	
<p>Doktorska disertacija pod nazivom „Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje“, kandidata mr Anđele Draganić sadrži 137 stranica A4 formata. Sastoji se od uvoda, 6 poglavlja, zaključka, spiska literature sa 184 citirane bibliografske jedinice i liste publikovanih radova kandidata. U radu je 46 slika i 6 tabela.</p> <p>U disertaciji je predložena klasifikacija komponenti signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Takođe je analizirana mogućnost razdvajanja komponenti multikomponentnih harmonijskih i neharmonijskih signala. Poseban dio disertacije je posvećen primjeni novog pristupa u akviziciji signala, tzv. kompresivnom očitavanju (<i>Compressive Sensing</i> - CS) signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Naime, analizirana je mogućnost rekonstrukcije signala u uslovima kompresivnog očitavanja, kada je raspoloživ samo mali broj slučajnih uzoraka odnosno odabranih signala. Testirani su novi domeni u kojima posmatrani signali imaju razrijeđenu odnosno kompaktnu spektralnu reprezentaciju. Kompresivno očitavanje je primijenjeno u analizi</p>	

estimacije trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Kao poseban doprinos disertaciji razmatrana je hardverska implementacija algoritma za rekonstrukciju signala. Predložene su modifikacije algoritma u cilju smanjenja računске i hardverske kompleksnosti.

U **Uvodu** je dat osvrt na probleme koji se javljaju prilikom analize multikomponentnih signala vremenski promjenljivog spektralnog sadržaja, rezimirajući tehnike koje se koriste za efikasnu analizu ovakvih signala, a koje su zasnovane na vremensko-frekvencijskom predstavljanju. Uveden je pojam kompresivnog očitavanja. Kod ovog novog pristupa akviziciji signala odbirci se uzimaju po slučajnom rasporedu, za razliku od dosadašnjeg konvencionalnog pristupa akviziciji u skladu sa Teoremom o odabiranju. Prednosti kompresivnog očitavanja ogledaju se u mogućnosti smanjenja potrošnje resursa kao što su energija i memorijski kapaciteti, te povećanju brzine postupka akvizicije. U ovom dijelu su definisani ciljevi i navedeni doprinosi disertacije.

U **Prvoj glavi** („Multikomponentni muzički i komunikacioni signali i matematičke transformacije za njihovu analizu i obradu“) su razmatrana dva tipa multikomponentnih signala koji su analizirani u radu, i to muzički signali i signali u komunikacionim sistemima. Definisane su matematičke transformacije i vremensko-frekvencijske distribucije koje su pogodne za analizu ovih signala. Pored standardnih transformacija, definisani su i robustni pristupi odnosno robustne forme vremensko-frekvencijskih distribucija za slučaj signala zahvaćenih šumom. Navedene su prednosti i nedostaci opisanih tehnika.

U **Drugoj glavi** („Dekompozicija na sopstvene vrijednosti i sopstvene vektore i njena primjena u audio signalima“) je opisana procedura za dekompoziciju multikomponentnih, harmonijskih (muzičkih) i neharmonijskih signala. Procedura je zasnovana na kombinaciji vremensko-frekvencijske analize i dekompozicije na sopstvene vrijednosti i vektore. Efikasnost predložene procedure testirana je za slučajeve harmonijskih i neharmonijskih signala. Takođe, predložena procedura je poređena sa standardnim pristupom kao što je MUSIC (*Multiple Signal Classification*) algoritam, pokazujući prednosti u pogledu broja razdvojenih komponenti signala kao i u njihovoj boljoj vremensko-frekvencijskoj rezoluciji.

U **Trećoj glavi** („Compressive Sensing“) je razmatran princip kompresivnog očitavanja, matematička formulacija samog principa i najčešće korišćeni algoritmi za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala. Neki od opisanih algoritama korišćeni su za dobijanje eksperimentalnih rezultata prikazanih u radu. U ovoj glavi su predstavljeni neki interesantni slučajevi primjene kompresivnog očitavanja u radarskim signalima, komunikacionim signalima, rekonstrukciji slike, kao i zaštiti digitalnih podataka u uslovima smanjenog broja mjerenja signala.

U **Četvrtoj glavi** („Spars vremensko-frekvencijske reprezentacije sa primjenom na signale sa brzim promjenama trenutne frekvencije“) je dat prijedlog procedure za estimaciju trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Procedura je zasnovana na kompresivnom očitavanju i njegovoj primjeni na ambiguity funkciju i distribuciju sa kompleksnim argumentom vremena. Cilj je što bolja lokalizacija trenutne frekvencije, na osnovu malog broja koeficijenata slučajno odabranih iz ambiguity domena. Signali imaju razrijedenu/kompaktnu predstavu u vremensko-frekvencijskom domenu, pa su definisane i vremensko-frekvencijske distribucije za takav tip signala. Posmatran je slučaj signala zahvaćenih šumom. Tada se predloženi pristup kombinuje sa robustnom L-estimacijom: odbirci zahvaćeni šumom se prvo uklanjaju korišćenjem L-estimacije, a zatim se njihove vrijednosti rekonstruišu primjenom algoritama kompresivnog očitavanja.

U **Petoj glavi** („**Primjena Compressive Sensing tehnike na multikomponentne FHSS signale**“) je dat prijedlog procedure za klasifikaciju signala u bežičnim komunikacijama. Procedura je bazirana na sopstvenim vrijednostima i vektorima, vremensko-frekvencijskoj analizi i kompresivnom očitavanju. Fokus je na klasifikaciji signala koji pripadaju interferirajućim standardima: Bluetooth i IEEE 802.11b standardu. Naime, ovi signali koriste isti opseg frekvencija – ISM opseg (*Industrial, Scientific and Medical*), pa se često među njima javljaju interferencije. Pokazuje se da je primjenom dekompozicije na sopstvene vrijednosti, a imajući u vidu fizičke razlike među komponentama signala, moguće veoma uspješno izvršiti klasifikaciju komponenti. Naime, Bluetooth standard koristi FHSS, a IEEE 802.11b standard koristi DSSS modulaciju. Komponente FHSS signala imaju kratko trajanje, dok je trajanje komponenti DSSS signala duže. Osim trajanja, moguće je estimirati i druge parametre komponenti signala, kao što je centralna frekvencija, rastojanje između susjednih komponenti i slično. U cilju automatskog odabira transformacionog domena pogodnog za primjenu kompresivnog očitavanja, primijenjena je  $\ell_1$  norma u Hermitskom u Fourier-ovom domenu, kao mjera koncentracije komponenti signala. Pokazano je da je za komponente signala koje pripadaju Bluetooth standardu pogodnije koristiti Hermitski transformacioni domen, dok je Fourier-ova transformacija pogodnija kada se radi sa komponentama IEEE 802.11b standarda. Broj koeficijenata signala koji se prenose je moguće značajno smanjiti, a da se na prijemu i dalje ima kompletna informacija o signalu. Korišćeno je 45% od ukupnog broja odbiraka signala na osnovu kojih je signal rekonstruisan a zatim izvršena klasifikacija komponenti.

U **Šestoj glavi** („**Arhitektura algoritma za rekonstrukciju spars signala**“) je opisana hardverska arhitektura algoritma za rekonstrukciju kompresivno očitavanih signala. Predložene su modifikacije originalnog algoritma, sa ciljem pojednostavljenja hardverske implementacije. Predloženim modifikacijama i uvođenjem QR dekompozicije za rješavanje optimizacionog problema, moguće je smanjiti kompleksnost algoritma. Predložen je fleksibilan i skalabilan sistem za realizaciju inverzije trougaone matrice, koja se javlja prilikom rješavanja optimizacionog problema.

U **Zaključku** su navedeni doprinosi teze.

## 2. Vrednovanje disertacije

### 2.1 Problem

U radu je posvećena pažnja analizi muzičkih signala i signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Signali su multikomponentni a komponente mogu biti različitih energija. U slučaju signala u komunikacionim sistemima, česta je pojava smetnji a nerijetko se javljaju i interferencije među komponentama signala koji pripadaju različitim standardima. U cilju klasifikacije i efikasnije analize signala, cilj je bio definisati proceduru koja bi omogućila analizu pojedinačnih komponenti. Imajući u vidu da standardni pristupi za klasifikaciju komponenti ne daju dobre rezultate ukoliko se energije komponenti razlikuju, fokus je bio na rješavanju ovog problema. Definisana je iterativna procedura za razdvajanje komponenti signala koja koristi dekompoziciju na sopstvene vrijednosti i vektore. U svakoj iteraciji se razdvajaju komponente bliskih energija. Dekompozicijom se mogu klasifikovati komponente signala. Naime, komponente koje pripadaju različitim standardima u bežičnim komunikacijama imaju različite fizičke karakteristike. Vizuelizacijom razdvojenih komponenti u vremensko-frekvencijskom domenu moguće je izdvojiti parametre i na osnovu njih izvršiti klasifikaciju. U realnim

aplikacijama često nije poznat broj komponenti signala, kao ni njihove frekvencije pa je od interesa bilo definisati proceduru koja ne zahtijeva poznavanje ovih karakteristika.

Dalje, imajući u vidu konstantnu težnju za većom brzinom obrade i prenosa podataka, u novije vrijeme pristupa se akviziciji signala u skladu sa principima kompresivnog očitavanja. Ovaj pristup ima brojne prednosti u poređenju sa konvencionalnim pristupom za akviziciju signala. Dosadašnji način odabiranja zasnovan je na Teoremi o odabiranju. U cilju vjernog predstavljanja i efikasne rekonstrukcije signala, frekvencija odabiranja treba da bude najmanje dva puta veća od maksimalne frekvencije signala. Ovakav način odabiranja može rezultirati velikim brojem odbiraka, naročito kod signala visokih frekvencija kao što su radarski signali, širokopojasni radio signali i slično.

Kao posljedica velikog broja odbiraka mogu se javiti problemi prilikom prenosa i njihovog skladištenja. Zbog toga se, nakon odabiranja signala, pristupa kompresiji. Međutim, pristup zasnovan na kompresivnom očitavanju omogućava istovremenu akviziciju i kompresiju signala. Da bi se ovaj pristup mogao primijeniti treba zadovoljiti određene uslove. Ovi uslovi se odnose na prirodu signala i na sami proces akvizicije. U većini realnih situacija ovi uslovi bivaju zadovoljeni, pa pristup kompresivnog očitavanja omogućava uspješnu rekonstrukciju signala iz veoma malog broja prikupljenih odbiraka.

## 2.2 Ciljevi i hipoteze disertacije

Osnovni ciljevi disertacije bili su: prijedlog novih metoda za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju interferirajućim standardima u komunikacionim sistemima, prijedlog metoda za razdvajanje komponenti kod muzičkih signala, primjena novih rekonstrukcionih algoritama na signale kojima nedostaju odbirci, kao i prijedlog hardverskih rješenja algoritama za rekonstrukciju signala razrijeđenog spektra.

Ciljevi su definisani u fazi prijave doktorske disertacije i to:

- Definisanje algoritama za razdvajanje komponenti multikomponentnih muzičkih signala i signala u bežičnim komunikacijama.
- Definisanje procedure za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju različitim, interferirajućim standardima u bežičnim komunikacijama - Bluetooth i IEEE 802.11b standardu. Procedura bi bila zasnovana na dekompoziciji na sopstvene vrijednosti i vremensko-frekvencijskoj analizi. Posebna pažnja se posvećuje izboru vremensko-frekvencijske reprezentacije. Cilj je bio efikasno predstaviti signal u vremensko-frekvencijskoj ravni, zadržavajući osobine od interesa za klasifikaciju signala. Istovremeno, trebalo je omogućiti predstavljanje bez kros članova, koji su česta pojava u vremensko-frekvencijskoj reprezentaciji multikomponentnih signala.
- Definisanje procedure za kompresivno očitavanje signala u bežičnim komunikacijama i njegova primjena u proceduri klasifikacije komponenti. Naime, prilikom prenosa signala komunikacionim kanalom česta je pojava šuma, a odbirci signala takođe mogu biti izgubljeni. Kompresivno očitavanje omogućava rekonstrukciju nedostajućih odbiraka.
- Primjena kompresivnog očitavanja u estimaciji trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Naime, cilj je bio analizirati mogućnost estimacije trenutne frekvencije signala iz vremensko-frekvencijske distribucije, dobijene na osnovu malog broja koeficijenata iz ambiguity domena.

- Hardverska realizacija algoritma za rekonstrukciju signala razrijeđenog spektra. Cilj je bio analizirati mogućnost hardverske implementacije kao i uvesti određene modifikacije algoritma kako bi se smanjila kompleksnost hardvera.

### 2.3 Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji; Rezultati disertacije i njihovo tumačenje sa zaključcima

U radu je analizirana dekompozicija muzičkih signala. Komponente najvećih energija signala odvajaju se u prvoj iteraciji. Eksperimentalno je određeno da se odvajaju po dvije komponente u svakoj iteraciji, ali taj broj može biti i veći. U radu je uzet optimalan broj komponenti koje se odvajaju po iteracijama, u cilju postizanja efikasnosti procedure u većini realnih slučajeva. Predloženi algoritam testiran je na signalima različite kompleksnosti, u smislu broja komponenti i njihovog rasporeda u vremensko-frekvencijskoj ravni. Algoritam pokazuje uspješne rezultate čak i u slučaju veoma bliskih komponenti signala.

U radu je izvršeno poređenje predloženog algoritma sa jednim od standardnih algoritama za harmonijsku analizu signala - Multiple Signal Classification (MUSIC) algoritmom. U slučaju MUSIC algoritma, potrebno je specificirati broj komponenti sinusoidalnog signala, što je u praksi često nepoznato. Čak i u slučaju da je broj komponenti signala poznat, nije bilo moguće razdvojiti sve komponente primjenom ovog algoritma. Takođe, MUSIC algoritam daje lošiju rezoluciju signala u vremensko-frekvencijskoj ravni u poređenju sa S-metodom koji je korišćen u predloženoj proceduri.

Efikasnost predloženog algoritma testirana je nad muzičkim signalima zahvaćenim šumom, za različiti odnos signal-šum, SNR. Procedura efikasno razdvaja komponente signala sve dok jačina šuma ne postane dominantna u odnosu na energiju nekih komponenti signala. Imajući u vidu da komponente na visokim frekvencijama imaju značajno manju energiju od komponenti na srednjim i niskim frekvencijama, može se desiti da komponente na visokim frekvencijama budu u potpunosti pokrivene šumom. Eksperimentalno je potvrđeno da predloženi algoritam uspješno razdvaja komponente signala (čak i one na visokim frekvencijama) dok god je odnos signal-šum iznad 15 dB.

Procedura je testirana i na neharmonijskom signalu kod koga se trajanja kao i energije komponenti signala razlikuju. Takođe, različit je frekvencijski razmak između susjednih komponenti signala. Predloženi algoritam ne zahtijeva da signal koji se dekomponuje ima harmonijsku strukturu.

Predložen je pristup CS estimaciji trenutne frekvencije signala sa brzim promjenama faze. Cilj je bio što bolje lokalizovati trenutnu frekvenciju, korišćenjem što je moguće manjeg broja mjerenja iz ambiguity domena. Pristup je kombinovan sa L-estimacijom u slučaju signala zahvaćenih šumom. Izvršena je analiza i izbor najpogodnije vremensko-frekvencijske reprezentacije. Posmatrana je Wigner-ova distribucija, kao i distribucije iz Cohen-ove klase. Pokazalo se da niti jedna od ovih distribucija ne uspijeva da obezbijedi precizno praćenje promjena trenutne frekvencije nestacionarnih signala. U cilju obezbjeđivanja tačnog praćenja promjena trenutne frekvencije, testirane su distribucije sa kompleksnim argumentom vremena. Pokazano je da distribucija sa kompleksnim argumentom vremena može obezbijediti efikasno praćenje promjena trenutne frekvencije na osnovu samo 5% od ukupnog broja odbiraka signala iz ambiguity domena. Procedura je testirana na radarskom signalu koji modeluje pokrete određenih dijelova ljudskog tijela. Trenutne frekvencije dobijene estimacijom iz polazne, i iz distribucije dobijene korišćenjem samo 11% ambiguity koeficijenata su uporedive. Metod obezbjeđuje uspješnu estimaciju trenutne frekvencije i kod muzičkih signala.

Definisana je procedura za klasifikaciju signala koji pripadaju Bluetooth i IEEE 802.11b

standardu. Sastoji se od nekoliko koraka. Prvi korak je razdvajanje komponenti signala korišćenjem dekompozicije na sopstvene vrijednosti i vektore. Dobijeni sopstveni vektori odgovaraju komponentama signala. U drugom koraku izvršeno je pododabiranje sopstvenih vektora u skladu sa procedurom kompresivnog očitavanja. Na strani prijema signal treba rekonstruisati na osnovu malog broja poslanih odbiraka, što se postiže primjenom rekonstrukcionih algoritama. Imajući u vidu da sopstveni vektori treba da imaju kompaktnu predstavu u nekom transformacionom domenu, poseban korak u proceduri se odnosi na odabir pogodnog domena. Posmatrani su različiti transformacioni domen, a kao najpogodniji pokazali su se Fourier-ov i Hermitski transformacioni domen. Odabir pogodnog domena za posmatrani sopstveni vektor zasniva se na mjerenju kompaktnosti signala, tj. na računanju  $\ell_1$ -norme. Nakon odabira domena i pododabiranja signala, na prijemu se vrši rekonstrukcija i vremensko-frekvencijsko predstavljanje komponenti signala. Na osnovu karakteristika u vremensko-frekvencijskom domenu, vrši se klasifikacija.

Procedura je testirana na signalu koji se sastoji od 7 komponenti – 4 komponente pripadaju Bluetooth standardu, a 3 komponente pripadaju IEEE 802.11b standardu. Kod posmatranog signala, komponente koje pripadaju Bluetooth standardu imaju veću energiju u poređenju sa komponentama IEEE 802.11b signala. Zbog toga prva 4 odvojena sopstvena vektora (koja generalno odgovaraju komponentama najvećih energija), pripadaju Bluetooth signalu. Nakon mjerenja koncentracije u Fourier-ovom i u Hermitskom domenu, pokazalo se da je Hermitski domen pogodniji za primjenu u signalima Bluetooth standarda, a Fourier-ov domen je pogodniji kada se radi sa IEEE 802.11b signalima. Testirana je mogućnost prenosa samo 45% od ukupnog broja odbiraka signala. Na prijemnoj strani izvršena je uspješna rekonstrukcija pododabranih vektora korišćenjem basis pursuit primal-dual rekonstrukcionog algoritma. Uspješnost rekonstrukcije je potvrđena mjerenjem srednje kvadratne greške između originalnog i rekonstruisanog sopstvenog vektora. Procedura je testirana i u prisustvu šuma. Analiziran je broj odvojenih sopstvenih vektora za različiti odnos-signal šum (SNR), u slučaju signala zahvaćenog Gausovim šumom. Procedura uspješno razdvaja komponente signala dok god je SNR iznad -4dB.

Dat je prijedlog hardverske realizacije algoritma za rekonstrukciju signala koji imaju kompaktnu predstavu u nekom transformacionom domenu. Algoritam se bazira na analizi šuma koji se javlja kao posljedica nedostajućih odbiraka u signalu i koristi DFT domen kao domen u kom se signal može kompaktno predstaviti. Dat je prijedlog modifikacije originalnog algoritma u cilju smanjenja kompleksnosti sistema. Umjesto korišćenja parcijalne matrice Fourier-ove transformacije, minimizacioni problem je QR dekompozicijom sveden na upotrebu trougaone matrice. Sistem je skalabilan pa se dimenzije matrice mogu mijenjati u skladu sa promjenama broja dostupnih odbiraka signala, kao i broja frekvencijskih komponenti signala. Za signal koji ima 15 komponenti i 250 dostupnih odbiraka, predloženo rješenje zahtijeva oko 11 puta manje operacija sabiranja i oko 8 puta manje operacija množenja u poređenju sa originalnim algoritmom.

### 3. Konačna ocjena disertacije

Doktorska disertacija kandidata mr Anđele Draganić zadovoljava zahtjeve izrade publikacije ovog tipa. Disertacija sadrži originalne naučne rezultate, koji su kroz rad detaljno i kritički analizirani. Ciljevi disertacije su jasno izloženi, kao i primijenjene metode i postojeća rješenja. Na osnovu ciljeva teze izloženih u Obrazloženju teze kao i prezentovanih rezultata zaključuje se da su postavljeni ciljevi doktorske teze ispunjeni.



Metod kompresivnog očitavanja nalazi sve veću primjenu u različitim aplikacijama. Primjena kompresivnog očitavanja može dovesti do smanjenja kompleksnosti uređaja, do ubrzanja procesa akvizicije i prenosa signala, kao i do smanjenja potrošnje energije. Intenzivno se razvijaju novi algoritmi za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala. Imajući u vidu prethodno navedeno, može se konstatovati da postoji značajan prostor za dalja istraživanja i primjene ovog metoda.

#### Originalni naučni doprinos

Disertacija se bavi izučavanjem karakterizacije multikomponentnih muzičkih signala i signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Analizu ovakvih tipova signala olakšava analiza svake komponente signala pojedinačno, pa je poseban akcenat stavljen na analizu mogućnosti razdvajanja komponenti signala. Značajna pažnja u radu je posvećena analizi primjene kompresivnog očitavanja u multikomponentnim signalima. U pogledu ostvarenog originalnog naučnog doprinosa disertacije, Komisija izdvaja sljedeće:

- Definisan je algoritam za dekompoziciju multikomponentnih signala, kod kojih se energije komponenti značajno razlikuju. Algoritam je baziran na dekompoziciji na sopstvene vrijednosti i vektore i na vremensko-frekvencijskoj analizi. Predložena procedura poređena je sa standardnim pristupom kao što je MUSIC (Multiple Signal Classification) algoritam i pokazala je bolje performanse prilikom razdvajanja komponenti signala. Za razliku od MUSIC algoritma, predložena procedura ne zahtijeva specificiranje broja komponenti signala. Ukoliko je broj komponenti poznat, MUSIC algoritam ne uspijeva da razdvoji komponente slabih energija, dok je predloženim algoritmom moguće uspješno razdvojiti sve komponente signala. Takođe, predloženi algoritam daje bolju rezoluciju komponenti signala u vremensko-frekvencijskoj ravni u poređenju sa MUSIC-om.
- Definisana je procedura za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju različitim standardima u bežičnim komunikacijama, a djeluju u istom opsegu frekvencija - Bluetooth i IEEE 802.11b signali. Klasifikacija je izvršena na osnovu fizičkih osobina u vremensko-frekvencijskoj ravni razdvojenih komponenti signala.
- Predložen je kombinovani metod dekompozicije i kompresivnog očitavanja signala. Moguće je izostaviti određeni procenat koeficijenata signala, a da se na prijemnoj strani signal rekonstruiše uz minimalnu grešku. Originalne vrijednosti signala, osim namjernog izostavljanja, mogu biti uništene prisustvom šuma u signalu. Ovdje je posmatran slučaj namjernog izostavljanja određenog procenta koeficijenata, kako bi se komunikacionim kanalom prenosilo što je moguće manje podataka o signalu.
- Definisan je dvodimenzioni pristup estimaciji trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Pristup je zasnovan na kompresivnom očitavanju i distribucijama sa kompleksnim argumentom vremena. Definisana je i robustna forma algoritma, koja je pogodna za rad sa signalima koji su zahvaćeni šumom.
- Predložena je hardverska arhitektura za realizaciju algoritma za rekonstrukciju kompresivno očitavanih signala. Uvedene su određene modifikacije algoritma u cilju smanjenja računске kompleksnosti a samim tim, i kompleksnosti hardverske arhitekture. Prilikom implementacije algoritma izbjegnuto je računanje logaritamske i stepene funkcije zbog njihove

računske kompleksnosti. Takođe, modifikovan je optimizacioni problem koji se javlja u originalnoj verziji algoritma. Naime, pod određenim uslovima i u većini realnih aplikacija, moguće je izbjeći računanje inverzne matrice relativno velikih dimenzija i inverzija se može svesti na računanje inverzne trougaone matrice. Time je značajno smanjena kompleksnost arhitekture, imajući u vidu da je implementacija inverzne trougaone matrice hardverski relativno jednostavna. Predloženi sistem je skalabilan i može se koristiti za različite dimenzije matrica kao i za različiti broj dostupnih odbiraka signala.

Dio ostvarenih rezultata koji predstavljaju originalni naučni doprinos teze, publikovan je u 3 međunarodna časopisa sa SCI liste. Osim ovih, kandidat je objavio značajan broj radova sa rezultatima iz teze i u drugim relevantnim časopisima i na međunarodnim konferencijama.

**Mišljenje i prijedlog komisije**

Na osnovu izloženog, Komisija je mišljenja da disertacija ispunjava sve zakonske i formalne uslove, i sve standarde i kriterijume koji se zahtijevaju od doktorske disertacije u oblasti tehničkih nauka. Na osnovu izloženih rezultata istraživanja, Komisija smatra da doktorska disertacija mr Anđele Draganić predstavlja kvalitetan istraživački rad, da sadrži originalne naučne rezultate i efikasna rješenja u analizi i klasifikaciji multikomponentnih muzičkih signala i signala u komunikacionim sistemima. Uzimajući u obzir iznesene činjenice Komisija sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati doktorsku disertaciju pod nazivom „Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje“, kandidata mr Anđele Draganić i odobri njenu javnu usmenu odbranu.

**Izdvojeno mišljenje**

(popuniti ukoliko neki član komisije ima izdvojeno mišljenje)

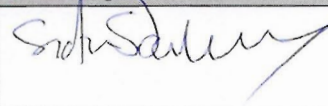
Ime i prezime \_\_\_\_\_

**Napomena**

(popuniti po potrebi)

**KOMISIJA ZA OCJENU DOKTORSKE DISERTACIJE**

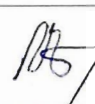
Prof. dr Srđan Stanković  
 Elektrotehnički fakultet,  
 Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora



Prof. dr Irena Orović  
 Elektrotehnički fakultet,  
 Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora



Prof. dr Viktor Sučić  
 Tehnički fakultet Sveučilišta u Rijeci,  
 Rijeka, Hrvatska



**Datum i ovjera (pečat i potpis odgovorne osobe)**

U Podgorici, 18. 05. 2018



DEKAN

Prof. dr Zoran Veljović

**VIJEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U PODGORICI**  
**SENATU UNIVERZITETA CRNE GORE**

**Predmet:** Ocjena doktorske disertacije mr Anđele Draganić

Senat Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 5.3.2018. godine, prihvatio je prijedlog Vijeća Elektrotehničkog fakulteta br. 02/1-2456 od 8.12.2017. godine, i Odlukom br. 02/1-345 od 9.3.2018. godine imenovao nas je za članove Komisije za ocjenu doktorske disertacije pod nazivom: „Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje“, kandidata Anđele Draganić, magistra tehničkih nauka. Nakon detaljne analize priložene doktorske disertacije, podnosimo sljedeći:

**IZVJEŠTAJ**

**1. Pregled disertacije**

Doktorska disertacija pod nazivom „Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje“, kandidata mr Anđele Draganić sadrži 137 stranica A4 formata. Sastoji se od uvoda, 6 poglavlja, zaključka, spiska literature sa 184 citirane bibliografske jedinice i liste publikovanih radova kandidata. U radu je 46 slika i 6 tabela.

U disertaciji je predložena klasifikacija komponenti signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Takođe je analizirana mogućnost razdvajanja komponenti multikomponentnih harmonijskih i neharmonijskih signala. Poseban dio disertacije je posvećen primjeni novog pristupa u akviziciji signala, tzv. kompresivnom očitavanju (*Compressive Sensing* - CS) signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Naime, analizirana je mogućnost rekonstrukcije signala u uslovima kompresivnog očitavanja, kada je raspoloživ samo mali broj slučajnih uzoraka odnosno odbiraka signala. Testirani su novi

domeni u kojima posmatrani signali imaju razrijeđenu odnosno kompaktnu spektralnu reprezentaciju. Kompresivno očitavanje je primijenjeno u analizi estimacije trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Kao poseban doprinos disertaciji razmatrana je hardverska implementacija algoritma za rekonstrukciju signala. Predložene su modifikacije algoritma u cilju smanjenja računске i hardverske kompleksnosti.

U **Uvodu** je dat osvrt na probleme koji se javljaju prilikom analize multikomponentnih signala vremenski promjenljivog spektralnog sadržaja, rezimirajući tehnike koje se koriste za efikasnu analizu ovakvih signala, a koje su zasnovane na vremensko-frekvencijskom predstavljanju. Uveden je pojam kompresivnog očitavanja. Kod ovog novog pristupa akviziciji signala odbirci se uzimaju po slučajnom rasporedu, za razliku od dosadašnjeg konvencionalnog pristupa akviziciji u skladu sa Teoremom o odabiranju. Prednosti kompresivnog očitavanja ogledaju se u mogućnosti smanjenja potrošnje resursa kao što su energija i memorijski kapaciteti, te povećanju brzine postupka akvizicije. U ovom dijelu su definisani ciljevi i navedeni doprinosi disertacije.

U **Prvoj glavi** („**Multikomponentni muzički i komunikacioni signali i matematičke transformacije za njihovu analizu i obradu**“) su razmatrana dva tipa multikomponentnih signala koji su analizirani u radu, i to muzički signali i signali u komunikacionim sistemima. Definisane su matematičke transformacije i vremensko-frekvencijske distribucije koje su pogodne za analizu ovih signala. Pored standardnih transformacija, definisani su i robustni pristupi odnosno robustne forme vremensko-frekvencijskih distribucija za slučaj signala zahvaćenih šumom. Navedene su prednosti i nedostaci opisanih tehnika.

U **Drugoj glavi** („**Dekompozicija na sopstvene vrijednosti i sopstvene vektore i njena primjena u audio signalima**“) je opisana procedura za dekompoziciju multikomponentnih, harmonijskih (muzičkih) i neharmonijskih signala. Procedura je zasnovana na kombinaciji vremensko-frekvencijske analize i dekompozicije na sopstvene vrijednosti i vektore. Efikasnost predložene procedure testirana je za slučajeve harmonijskih i neharmonijskih signala. Takođe, predložena procedura je poređena sa standardnim pristupom kao što je MUSIC (*Multiple Signal Classification*) algoritam, pokazujući prednosti u pogledu broja razdvojenih komponenti signala kao i u njihovoj boljoj vremensko-frekvencijskoj rezoluciji.

U **Trećoj glavi** („**Compressive Sensing**“) je razmatran princip kompresivnog očitavanja, matematička formulacija samog principa i najčešće korišćeni algoritmi za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala. Neki od opisanih algoritama korišćeni su za dobijanje eksperimentalnih rezultata prikazanih u radu. U ovoj glavi su predstavljene neki interesantni slučajevi primjene kompresivnog očitavanja u radarskim signalima, komunikacionim signalima, rekonstrukciji slike, kao i zaštiti digitalnih podataka u uslovima smanjenog broja mjerenja signala.

U **Četvrtoj glavi** („**Spars vremensko-frekvencijske reprezentacije sa primjenom na signale sa brzim promjenama trenutne frekvencije**“) je dat prijedlog procedure za estimaciju trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Procedura je zasnovana na kompresivnom očitavanju i njegovoj primjeni na ambiguity funkciju i distribuciju sa kompleksnim argumentom vremena. Cilj je što bolja lokalizacija trenutne frekvencije, na osnovu malog broja koeficijenata slučajno odabranih iz ambiguity domena. Signali imaju razrijeđenu/kompaktnu predstavu u vremensko-frekvencijskom domenu, pa su definisane i vremensko-frekvencijske distribucije za takav tip signala. Posmatran je slučaj signala zahvaćenih šumom. Tada se predloženi pristup kombinuje sa robustnom L-estimacijom: odbirci zahvaćeni šumom se prvo uklanjaju korišćenjem L-estimacije, a zatim se njihove vrijednosti rekonstruišu primjenom algoritama kompresivnog očitavanja.

U **Petoj glavi** („**Primjena Compressive Sensing tehnike na multikomponentne FHSS signale**“) je dat prijedlog procedure za klasifikaciju signala u bežičnim komunikacijama. Procedura je bazirana na sopstvenim vrijednostima i vektorima, vremensko-frekvencijskoj analizi i kompresivnom očitavanju. Fokus je na klasifikaciji signala koji pripadaju interferirajućim standardima: Bluetooth i IEEE 802.11b standardu. Naime, ovi signali koriste isti opseg frekvencija – ISM opseg (*Industrial, Scientific and Medical*), pa se često među njima javljaju interferencije. Pokazuje se da je primjenom dekompozicije na sopstvene vrijednosti, a imajući u vidu fizičke razlike među komponentama signala, moguće veoma uspješno izvršiti klasifikaciju komponenti. Naime, Bluetooth standard koristi FHSS, a IEEE 802.11b standard koristi DSSS modulaciju. Komponente FHSS signala imaju kratko trajanje, dok je trajanje komponenti DSSS signala duže. Osim trajanja, moguće je estimirati i druge parametre komponenti signala, kao što je centralna frekvencija, rastojanje između susjednih komponenti i slično. U cilju automatskog odabira transformacionog domena pogodnog za primjenu kompresivnog očitavanja, primijenjena je  $\ell_1$  norma u Hermitskom u Fourier-ovom

domenu, kao mjera koncentracije komponenti signala. Pokazano je da je za komponente signala koje pripadaju Bluetooth standardu pogodnije koristiti Hermitski transformacioni domen, dok je Fourier-ova transformacija pogodnija kada se radi sa komponentama IEEE 802.11b standarda. Broj koeficijenata signala koji se prenose je moguće značajno smanjiti, a da se na prijemu i dalje ima kompletna informacija o signalu. Korišćeno je 45% od ukupnog broja odbiraka signala na osnovu kojih je signal rekonstruisan a zatim izvršena klasifikacija komponenti.

U **Šestoj glavi** („Arhitektura algoritma za rekonstrukciju spars signala“) je opisana hardverska arhitektura algoritma za rekonstrukciju kompresivno očitavanih signala. Predložene su modifikacije originalnog algoritma, sa ciljem pojednostavljenja hardverske implementacije. Predloženim modifikacijama i uvođenjem QR dekompozicije za rješavanje optimizacionog problema, moguće je smanjiti kompleksnost algoritma. Predložen je fleksibilan i skalabilan sistem za realizaciju inverzije trougaone matrice, koja se javlja prilikom rješavanja optimizacionog problema.

U **Zaključku** su navedeni doprinosi teze.

## **2. Vrednovanje disertacije**

### **2.1 Problem**

U radu je posvećena pažnja analizi muzičkih signala i signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Signali su multikomponentni a komponente mogu biti različitih energija. U slučaju signala u komunikacionim sistemima, česta je pojava smetnji a nerijetko se javljaju i interferencije među komponentama signala koji pripadaju različitim standardima. U cilju klasifikacije i efikasnije analize signala, cilj je bio definisati proceduru koja bi omogućila analizu pojedinačnih komponenti. Imajući u vidu da standardni pristupi za klasifikaciju komponenti ne daju dobre rezultate ukoliko se energije komponenti razlikuju, fokus je bio na rješavanju ovog problema. Definisana je iterativna procedura za razdvajanje komponenti signala koja koristi dekompoziciju na sopstvene vrijednosti i vektore. U svakoj iteraciji se razdvajaju komponente bliskih energija. Dekompozicijom se mogu klasifikovati komponente signala. Naime, komponente koje pripadaju različitim standardima u bežičnim

komunikacijama imaju različite fizičke karakteristike. Vizuelizacijom razdvojenih komponenti u vremensko-frekvencijskom domenu moguće je izdvojiti parametre i na osnovu njih izvršiti klasifikaciju. U realnim aplikacijama često nije poznat broj komponenti signala, kao ni njihove frekvencije pa je od interesa bilo definisati proceduru koja ne zahtijeva poznavanje ovih karakteristika.

Dalje, imajući u vidu konstantnu težnju za većom brzinom obrade i prenosa podataka, u novije vrijeme pristupa se akviziciji signala u skladu sa principima kompresivnog očitavanja. Ovaj pristup ima brojne prednosti u poređenju sa konvencionalnim pristupom za akviziciju signala. Dosadašnji način odabiranja zasnovan je na Teoremi o odabiranju. U cilju vjernog predstavljanja i efikasne rekonstrukcije signala, frekvencija odabiranja treba da bude najmanje dva puta veća od maksimalne frekvencije signala. Ovakav način odabiranja može rezultirati velikim brojem odbiraka, naročito kod signala visokih frekvencija kao što su radarski signali, širokopojasni radio signali i slično.

Kao posljedica velikog broja odbiraka mogu se javiti problemi prilikom prenosa i njihovog skladištenja. Zbog toga se, nakon odabiranja signala, pristupa kompresiji. Međutim, pristup zasnovan na kompresivnom očitavanju omogućava istovremenu akviziciju i kompresiju signala. Da bi se ovaj pristup mogao primijeniti treba zadovoljiti određene uslove. Ovi uslovi se odnose na prirodu signala i na sami proces akvizicije. U većini realnih situacija ovi uslovi bivaju zadovoljeni, pa pristup kompresivnog očitavanja omogućava uspješnu rekonstrukciju signala iz veoma malog broja prikupljenih odbiraka.

## **2.2 Ciljevi i hipoteze disertacije**

Osnovni ciljevi disertacije bili su: prijedlog novih metoda za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju interferirajućim standardima u komunikacionim sistemima, prijedlog metoda za razdvajanje komponenti kod muzičkih signala, primjena novih rekonstrukcionih algoritama na signale kojima nedostaju odbirci, kao i prijedlog hardverskih rješenja algoritama za rekonstrukciju signala razrijeđenog spektra.

Ciljevi su definisani u fazi prijave doktorske disertacije i to:

- Definisanje algoritama za razdvajanje komponenti multikomponentnih muzičkih signala i signala u bežičnim komunikacijama.

- Definisane procedure za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju različitim, interferirajućim standardima u bežičnim komunikacijama - Bluetooth i IEEE 802.11b standardu. Procedura bi bila zasnovana na dekompoziciji na sopstvene vrijednosti i vremensko-frekvencijskoj analizi. Posebna pažnja se posvećuje izboru vremensko-frekvencijske reprezentacije. Cilj je bio efikasno predstaviti signal u vremensko-frekvencijskoj ravni, zadržavajući osobine od interesa za klasifikaciju signala. Istovremeno, trebalo je omogućiti predstavljanje bez kros članova, koji su česta pojava u vremensko-frekvencijskoj reprezentaciji multikomponentnih signala.

- Definisane procedure za kompresivno očitavanje signala u bežičnim komunikacijama i njegova primjena u proceduri klasifikacije komponenti. Naime, prilikom prenosa signala komunikacionim kanalom česta je pojava šuma, a odbirci signala takođe mogu biti izgubljeni. Kompresivno očitavanje omogućava rekonstrukciju nedostajućih odbiraka.

- Primjena kompresivnog očitavanja u estimaciji trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Naime, cilj je bio analizirati mogućnost estimacije trenutne frekvencije signala iz vremensko-frekvencijske distribucije, dobijene na osnovu malog broja koeficijenata iz ambiguity domena.

- Hardverska realizacija algoritma za rekonstrukciju signala razrijeđenog spektra. Cilj je bio analizirati mogućnost hardverske implementacije kao i uvesti određene modifikacije algoritma kako bi se smanjila kompleksnost hardvera.

### **2.3 Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji; Rezultati disertacije i njihovo tumačenje sa zaključcima**

U radu je analizirana dekompozicija muzičkih signala. Komponente najvećih energija signala odvajaju se u prvoj iteraciji. Eksperimentalno je određeno da se odvajaju po dvije komponente u svakoj iteraciji, ali taj broj može biti i veći. U radu je uzet optimalan broj komponenti koje se odvajaju po iteracijama, u cilju postizanja efikasnosti procedure u većini realnih slučajeva. Predloženi algoritam testiran je na signalima različite kompleksnosti, u smislu broja komponenti i njihovog rasporeda u vremensko-frekvencijskoj ravni. Algoritam pokazuje uspješne rezultate čak i u slučaju veoma bliskih komponenti signala.

U radu je izvršeno poređenje predloženog algoritma sa jednim od standardnih algoritama za harmonijsku analizu signala - MUltiple SIgnal Classification (MUSIC) algoritmom. U slučaju MUSIC algoritma, potrebno je specificirati broj komponenti sinusoidalnog signala, što



je u praksi često nepoznato. Čak i u slučaju da je broj komponenti signala poznat, nije bilo moguće razdvojiti sve komponente primjenom ovog algoritma. Takođe, MUSIC algoritam daje lošiju rezoluciju signala u vremensko-frekvencijskoj ravni u poređenju sa S-metodom koji je korišćen u predloženoj proceduri.

Efikasnost predloženog algoritma testirana je nad muzičkim signalima zahvaćenim šumom, za različiti odnos signal-šum, SNR. Procedura efikasno razdvaja komponente signala sve dok jačina šuma ne postane dominantna u odnosu na energiju nekih komponenti signala. Imajući u vidu da komponente na visokim frekvencijama imaju značajno manju energiju od komponenti na srednjim i niskim frekvencijama, može se desiti da komponente na visokim frekvencijama budu u potpunosti pokrivene šumom. Eksperimentalno je potvrđeno da predloženi algoritam uspješno razdvaja komponente signala (čak i one na visokim frekvencijama) dok god je odnos signal-šum iznad 15 dB.

Procedura je testirana i na neharmonijskom signalu kod koga se trajanja kao i energije komponenti signala razlikuju. Takođe, različit je frekvencijski razmak između susjednih komponenti signala. Predloženi algoritam ne zahtijeva da signal koji se dekomponuje ima harmonijsku strukturu.

Predložen je pristup CS estimaciji trenutne frekvencije signala sa brzim promjenama faze. Cilj je bio što bolje lokalizovati trenutnu frekvenciju, korišćenjem što je moguće manjeg broja mjerenja iz ambiguity domena. Pristup je kombinovan sa L-estimacijom u slučaju signala zahvaćenih šumom. Izvršena je analiza i izbor najpogodnije vremensko-frekvencijske reprezentacije. Posmatrana je Wigner-ova distribucija, kao i distribucije iz Cohen-ove klase. Pokazalo se da niti jedna od ovih distribucija ne uspijeva da obezbijedi precizno praćenje promjena trenutne frekvencije nestacionarnih signala. U cilju obezbjeđivanja tačnog praćenja promjena trenutne frekvencije, testirane su distribucije sa kompleksnim argumentom vremena. Pokazano je da distribucija sa kompleksnim argumentom vremena može obezbijediti efikasno praćenje promjena trenutne frekvencije na osnovu samo 5% od ukupnog broja odbiraka signala iz ambiguity domena. Procedura je testirana na radarskom signalu koji modeluje pokrete određenih dijelova ljudskog tijela. Trenutne frekvencije dobijene estimacijom iz polazne, i iz distribucije dobijene korišćenjem samo 11% ambiguity koeficijenata su uporedive. Metod obezbjeđuje uspješnu estimaciju trenutne frekvencije i kod muzičkih signala.

Definisana je procedura za klasifikaciju signala koji pripadaju Bluetooth i IEEE 802.11b standardu. Sastoji se od nekoliko koraka. Prvi korak je razdvajanje komponenti signala korišćenjem dekompozicije na sopstvene vrijednosti i vektore. Dobijeni sopstveni vektori

odgovaraju komponentama signala. U drugom koraku izvršeno je pododabiranje sopstvenih vektora u skladu sa procedurom kompresivnog očitavanja. Na strani prijema signal treba rekonstruisati na osnovu malog broja poslatih odbiraka, što se postiže primjenom rekonstrukcionih algoritama. Imajući u vidu da sopstveni vektori treba da imaju kompaktnu predstavu u nekom transformacionom domenu, poseban korak u proceduri se odnosi na odabir pogodnog domena. Posmatrani su različiti transformacioni domen, a kao najpogodniji pokazali su se Fourier-ov i Hermitski transformacioni domen. Odabir pogodnog domena za posmatrani sopstveni vektor zasniva se na mjerenju kompaktnosti signala, tj. na računanju  $\ell_1$ -norme. Nakon odabira domena i pododabiranja signala, na prijemu se vrši rekonstrukcija i vremensko-frekvencijsko predstavljanje komponenti signala. Na osnovu karakteristika u vremensko-frekvencijskom domenu, vrši se klasifikacija.

Procedura je testirana na signalu koji se sastoji od 7 komponenti – 4 komponente pripadaju Bluetooth standardu, a 3 komponente pripadaju IEEE 802.11b standardu. Kod posmatranog signala, komponente koje pripadaju Bluetooth standardu imaju veću energiju u poređenju sa komponentama IEEE 802.11b signala. Zbog toga prva 4 odvojena sopstvena vektora (koja generalno odgovaraju komponentama najvećih energija), pripadaju Bluetooth signalu. Nakon mjerenja koncentracije u Fourier-ovom i u Hermitskom domenu, pokazalo se da je Hermitski domen pogodniji za primjenu u signalima Bluetooth standarda, a Fourier-ov domen je pogodniji kada se radi sa IEEE 802.11b signalima. Testirana je mogućnost prenosa samo 45% od ukupnog broja odbiraka signala. Na prijemnoj strani izvršena je uspješna rekonstrukcija pododabranih vektora korišćenjem *basis pursuit primal-dual* rekonstrukcionog algoritma. Uspješnost rekonstrukcije je potvrđena mjerenjem srednje kvadratne greške između originalnog i rekonstruisanog sopstvenog vektora. Procedura je testirana i u prisustvu šuma. Analiziran je broj odvojenih sopstvenih vektora za različiti odnos-signal šum (SNR), u slučaju signala zahvaćenog Gausovim šumom. Procedura uspješno razdvaja komponente signala dok god je SNR iznad -4dB.

Dat je prijedlog hardverske realizacije algoritma za rekonstrukciju signala koji imaju kompaktnu predstavu u nekom transformacionom domenu. Algoritam se bazira na analizi šuma koji se javlja kao posljedica nedostajućih odbiraka u signalu i koristi DFT domen kao domen u kom se signal može kompaktno predstaviti. Dat je prijedlog modifikacije originalnog algoritma u cilju smanjenja kompleksnosti sistema. Umjesto korišćenja parcijalne matrice Fourier-ove transformacije, minimizacioni problem je QR dekompozicijom sveden na upotrebu trougaone matrice. Sistem je skalabilan pa se dimenzije matrice mogu mijenjati u skladu sa promjenama broja dostupnih odbiraka signala, kao i broja frekvencijskih

komponenti signala. Za signal koji ima 15 komponenti i 250 dostupnih odbiraka, predloženo rješenje zahtijeva oko 11 puta manje operacija sabiranja i oko 8 puta manje operacija množenja u poređenju sa originalnim algoritmom.

### **3. Konačna ocjena disertacije**

Doktorska disertacija kandidata mr Anđele Draganić zadovoljava zahtjeve izrade publikacije ovog tipa. Disertacija sadrži originalne naučne rezultate, koji su kroz rad detaljno i kritički analizirani. Ciljevi disertacije su jasno izloženi, kao i primijenjene metode i postojeća rješenja. Na osnovu ciljeva teze izloženih u Obrazloženju teze kao i prezentovanih rezultata zaključuje se da su postavljeni ciljevi doktorske teze ispunjeni.

Metod kompresivnog očitavanja nalazi sve veću primjenu u različitim aplikacijama. Primjena kompresivnog očitavanja može dovesti do smanjenja kompleksnosti uređaja, do ubrzanja procesa akvizicije i prenosa signala, kao i do smanjenja potrošnje energije. Intenzivno se razvijaju novi algoritmi za rekonstrukciju kompresivno odabranih signala. Imajući u vidu prethodno navedeno, može se konstatovati da postoji značajan prostor za dalja istraživanja i primjene ovog metoda.

### **4. Originalni naučni doprinos**

Disertacija se bavi izučavanjem karakterizacije multikomponentnih muzičkih signala i signala koji se javljaju u komunikacionim sistemima. Analizu ovakvih tipova signala olakšava analiza svake komponente signala pojedinačno, pa je poseban akcenat stavljen na analizu mogućnosti razdvajanja komponenti signala. Značajna pažnja u radu je posvećena analizi primjene kompresivnog očitavanja u multikomponentnim signalima. U pogledu ostvarenog originalnog naučnog doprinosa disertacije, Komisija izdvaja sljedeće:

- Definisan je algoritam za dekompoziciju multikomponentnih signala, kod kojih se energije komponenti značajno razlikuju. Algoritam je baziran na dekompoziciji na sopstvene vrijednosti i vektore i na vremensko-frekvencijskoj analizi. Predložena procedura poređena je sa standardnim pristupom kao što je MUSIC (*Multiple Signal Classification*) algoritam i

pokazala je bolje performanse prilikom razdvajanja komponenti signala. Za razliku od MUSIC algoritma, predložena procedura ne zahtijeva specificiranje broja komponenti signala. Ukoliko je broj komponenti poznat, MUSIC algoritam ne uspijeva da razdvoji komponente slabih energija, dok je predloženim algoritmom moguće uspješno razdvojiti sve komponente signala. Takođe, predloženi algoritam daje bolju rezoluciju komponenti signala u vremensko-frekvencijskoj ravni u poređenju sa MUSIC-om.

- Definisana je procedura za klasifikaciju komponenti signala koji pripadaju različitim standardima u bežičnim komunikacijama, a djeluju u istom opsegu frekvencija - Bluetooth i IEEE 802.11b signali. Klasifikacija je izvršena na osnovu fizičkih osobina u vremensko-frekvencijskoj ravni razdvojenih komponenti signala.
- Predložen je kombinovani metod dekompozicije i kompresivnog očitavanja signala. Moguće je izostaviti određeni procenat koeficijenata signala, a da se na prijemnoj strani signal rekonstruiše uz minimalnu grešku. Originalne vrijednosti signala, osim namjernog izostavljanja, mogu biti uništene prisustvom šuma u signalu. Ovdje je posmatran slučaj namjernog izostavljanja određenog procenta koeficijenata, kako bi se komunikacionim kanalom prenosilo što je moguće manje podataka o signalu.
- Definisana je dvodimenzioni pristup estimaciji trenutne frekvencije nestacionarnih signala. Pristup je zasnovan na kompresivnom očitavanju i distribucijama sa kompleksnim argumentom vremena. Definisana je i robustna forma algoritma, koja je pogodna za rad sa signalima koji su zahvaćeni šumom.
- Predložena je hardverska arhitektura za realizaciju algoritma za rekonstrukciju kompresivno očitavanih signala. Uvedene su određene modifikacije algoritma u cilju smanjenja računске kompleksnosti a samim tim, i kompleksnosti hardverske arhitekture. Prilikom implementacije algoritma izbjegnuto je računanje logaritamske i stepene funkcije zbog njihove računске kompleksnosti. Takođe, modifikovan je optimizacioni problem koji se javlja u originalnoj verziji algoritma. Naime, pod određenim uslovima i u većini realnih aplikacija, moguće je izbjeći računanje inverzne matrice relativno velikih dimenzija i inverzija se može svesti na računanje inverzne trougaone matrice. Time je značajno smanjena kompleksnost arhitekture, imajući u vidu da je implementacija inverzne trougaone matrice hardverski relativno jednostavna. Predloženi sistem je skalabilan i može se koristiti za različite dimenzije matrica kao i za različiti broj dostupnih odbiraka signala.

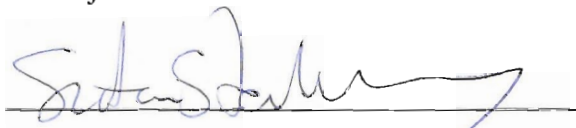
Dio ostvarenih rezultata koji predstavljaju originalni naučni doprinos teze, publikovan je u 3 međunarodna časopisa sa SCI liste. Osim ovih, kandidat je objavio značajan broj radova sa rezultatima iz teze i u drugim relevantnim časopisima i na međunarodnim konferencijama.

## 5. Mišljenje i prijedlog komisije

Na osnovu izloženog, Komisija je mišljenja da disertacija ispunjava sve zakonske i formalne uslove, i sve standarde i kriterijume koji se zahtijevaju od doktorske disertacije u oblasti tehničkih nauka. Na osnovu izloženih rezultata istraživanja, Komisija smatra da doktorska disertacija mr Anđele Draganić predstavlja kvalitetan istraživački rad, da sadrži originalne naučne rezultate i efikasna rješenja u analizi i klasifikaciji multikomponentnih muzičkih signala i signala u komunikacionim sistemima. Uzimajući u obzir iznesene činjenice Komisija sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati doktorsku disertaciju pod nazivom „Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje“, kandidata mr Anđele Draganić i odobri njenu javnu usmenu odbranu.

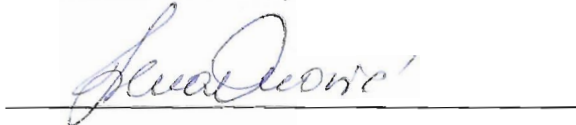
Podgorica, 20.3.2018. godine

Komisija:



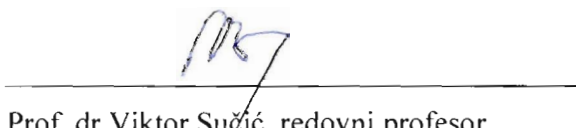
Prof. dr Srđan Stanković, redovni profesor

Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet



Prof. dr Irena Orović, vanredni profesor

Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet



Prof. dr Viktor Sučić, redovni profesor

Sveučilište u Rijeci, Tehnički fakultet

## Biografija – prof. dr. sc. Viktor Sučić

Dr. sc. Viktor Sučić rođen je 4. svibnja 1973. godine u Doboju, Bosna i Hercegovina. Osnovnu i srednju školu završio je u Zenici, Bosna i Hercegovina. Na *Queensland University of Technology*, u Brisbane-u, Australija, upisao se 1995. godine, gdje je na sveučilišnom dodiplomskom studiju elektrotehnike diplomirao 1999. godine i stekao zvanje *Bachelor of Electrical and Computer Engineering with the First Class Honours*. Tijekom studija više je puta nagrađivan za postignuti izvrstan uspjeh. Doktorsku disertaciju "Parameters Selection for Optimising Time-Frequency Distributions and Measurements of Time-Frequency Characteristics of Nonstationary Signals" obranio je 2003. godine na istom sveučilištu, čime je stekao akademsko zvanje *Doctor of Philosophy*. Dobitnik je *The Australian Postgraduate Award*-a za period 1999. – 2003.

Od ožujka 1999. do kolovoza 2005. godine radi na *Queensland University of Technology*, u Brisbane-u, Australija i to najprije kao asistent te ubrzo i kao predavač na predmetima *Signals in Linear Systems*, *Digital Signal Processing*, *Modern Signal Processing* i *Advanced Topics in Electrical Engineering*. Tijekom 2000., 2003. i najveći dio 2005. na istom sveučilištu radio je kao istraživač u *Signal Processing Research Centre*. Znanstveni projekti na kojima je surađivao uključivali su primjenu vremensko-frekvencijskih metoda u analizi signala u rotirajućim strojevima i analizi biomedicinskih signala. Doktorat i istraživanja koja je obavio na *Queensland University of Technology* rezultirala su radovima koji su objavljeni kao poglavlja u 2 znanstvene knjige, rad u vodećem časopisu u polju obrade signala te veći broj kongresnih radova.

U drugoj polovici 2003. te u drugoj polovici 2004. godine radi kao predavač na *School of Engineering, Griffith University*, Gold Coast, Australija, gdje je bio nositelj kolegija *Signals and Systems* i *Audio and Video Communication*, za koje osmišljava kompletan sadržaj predavanja, auditornih i laboratorijskih vježbi.

Od siječnja do lipnja 2004. radi kao poslijedoktorand na *Curtin University of Technology* u Perth-u, Australija, na projektu "Analysis of Polynomial Phase Signals with Missing Observations". Uz statističke metode obrade višekomponentnih nepotpunih signala tada istražuje mogućnosti primjene vremensko-frekvencijskih metoda u klasificiranju različitih signala iz prakse.

U rujnu 2005. godine kao znanstvenik-povratnik zapošljava se na *Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci*, gdje radi i danas kao redoviti profesor na *Zavodu za automatiku i elektroniku*. Voditelj je *Katedre za signale i sustave* i *Laboratorija za statističku analizu i obradu signala*. Nositelj je kolegija *Signali i sustavi* na preddiplomskom sveučilišnom studiju elektrotehnike i preddiplomskom sveučilišnom studiju računarstva, kolegija *Digitalna obrada signala* i *Osnove statističke obrade signala* na diplomskom sveučilišnom studiju elektrotehnike te kolegija *Analiza i obrada nestacionarnih signala* na poslijediplomskom doktorskom studiju iz polja Elektrotehnike.

Na *Tehničkom fakultetu Sveučilišta u Rijeci*, od listopada 2010. do rujna 2013. godine bio je predstojnik *Zavoda za automatiku i elektroniku*, a od listopada 2014. pomoćnik je dekana. Od listopada 2007. do rujna 2010. godine bio je voditelj sveučilišnog preddiplomskog i diplomskog studija elektrotehnike, dok je od listopada 2011. do rujna 2013. bio voditelj modula *Elektroničko-informacijski sustavi* na sveučilišnom doktorskom studiju iz polja Elektrotehnike. Erasmus koordinator *Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci* bio je od 2011. do 2013. godine.

Od srpnja do rujna 2006. godine, kao Research Fellow boravio je u *Signal Processing Research and Consultancy Group* na *The University of Queensland* u Brisbane-u, Australija, gdje se bavio primjenom entropijskih mjera u evaluaciji kvaliteta vremensko-frekvencijskih prikaza nestacionarnih signala. Kao gostujući znanstvenik usavršavao se na *University of Vienna* u Beču, Austrija, od listopada 2013. do rujna 2014., gdje se bavio analizom i obradom seizmoloških signala primjenom tehnika statističke analize nestacionarnih signala.

Tijekom 2010. i 2012. godine kao gost-predavač na *Malta College of Arts, Science and Technology* na Malti održao je kompletna predavanja, audiorne i laboratorijske vježbe iz kolegija *Digital Signal Processing* i *Communications Signal Processing* studentima sveučilišnog diplomskog studija elektrotehnike.

Od studenog 2006. do listopada 2013. godine vodio je znanstveni projekt Ministarstva znanosti, obrazovanja i sporta Republike Hrvatske "Optimizacija i dizajn vremensko-frekvencijskih distribucija" (broj 069-0362214-1575). Od travnja 2011. do travnja 2013. bio je jedan od voditelja bilateralnog hrvatsko-crnogorskog znanstvenog projekta "Vremensko-frekvencijska analiza signala i njene primjene".

Do sada je objavio 5 radova u znanstvenim knjigama, 13 radova u časopisima indeksiranim u bazi *Current Contents* te više od 40 radova na znanstvenim skupovima. Suautor je dva sveučilišna udžbenika. Od listopada 2010. do prosinca 2014. bio je urednik časopisa *Engineering Review*, a bio je i gost-urednik jednoga od izdanja časopisa *The IET Signal Processing*. Recenzent je radova u vodećim časopisima u obradi signala, uključujući *The IEEE Transactions on Signal Processing*, *Elsevier's Signal Processing* i *Elsevier's Digital Signal Processing* te radova više međunarodnih znanstvenih skupova. Recenzirao je domaće i inozemne znanstvene projekte, doktorske radove, znanstvene knjige i sveučilišni udžbenik. Bio je mentor dvoje znanstvenih novaka koji su završili poslijediplomski doktorski studij te su više puta nagrađivani za njihov znanstveni rad.

Član je *The ISSPA and WoSSPA Conferences Advisory Board*-a, a bio je član u odborima više međunarodnih znanstvenih skupova. Pozvana je predavanja održao u srpnju 2012. na *ISSPA 2012 Conference* u Montrealu, Kanada, te u listopadu 2012. na *University of Vienna* u Beču, Austrija i u veljači 2014. na *University of Qatar* u Dohi, Katar.

Zamjenik je predsjednika *Matičnog odbora za polja elektrotehnike i računarstva* u sazivu 2013. – 2017. Član je Upravnog odbora *Hrvatskog društva za komunikacije, računarstvo, elektroniku, mjerenja i automatiku* (KoREMA), a od 1999. aktivan je član *The Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE).

Državljanin je Hrvatske i Australije. Izvrsno poznaje engleski jezik.

## ODABRANE REFERENCE

1. **V. Sučić**, N. Saulig, B. Boashash, "Signal Complexity Estimation using Time-Frequency Short-Term Entropy", in B. Boashash, ed., *Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference*, 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press, ISBN: 9780123984999, December 2015, ch. 7.7, pp. 396-403.

Link na knjigu:

<https://www.elsevier.com/books/time-frequency-signal-analysis-and-processing/boashash/978-0-12-398499-9>

2. B. Boashash, **V. Sučić**, "Resolution Performance Assessment for Comparing and Selecting Quadratic TFDs", in B. Boashash, ed., *Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference*, 2<sup>nd</sup> edition, Academic Press, ISBN: 9780123984999, December 2015, ch. 7.4, pp. 374-382.

Link na knjigu:

<https://www.elsevier.com/books/time-frequency-signal-analysis-and-processing/boashash/978-0-12-398499-9>

3. B. Boashash, **V. Sučić**, "High Performance Time-Frequency Distributions for Practical Applications," in L. Debnath, ed., *Wavelets and Signal Processing*, Birkhauser, ISBN 978-1-4612-0025-3, 2003, ch. 6, pp. 135-175.

Link na knjigu:

<http://www.springer.com/gp/book/9780817642358>

4. **V. Sučić**, N. Saulig, B. Boashash, "Analysis of local time-frequency entropy features for nonstationary signal components time supports detection", *Digital Signal Processing*, vol. 34, no. 11, pp. 56-66, 2014.

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200414002292>

SCI lista:

<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=digital%20signal%20processing>



5. **V. Sučić**, J. Lerga, B. Boashash, "Multicomponent noisy signal adaptive instantaneous frequency estimation using components time support information", *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, pp. 227-284, 2014.

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/6816972/>

SCI lista:

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

6. **V. Sučić**, J. Lerga, M. Vrankić, "Adaptive filter support selection for signal denoising based on the improved ICI rule", *Digital Signal Processing*, vol. 23, no. 1, pp. 65-74, 2013.

Link na rad:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200412001777>

SCI lista:

<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=digital%20signal%20processing>

7. S. Stanković, I. Orović, **V. Sučić**, "Averaged Multiple L-Spectrogram for Analysis of Noisy Nonstationary Signals," *Signal Processing*, Elsevier, vol. 92, no. 12, pp. 3068-3074, 2012.

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168412001892>

SCI lista:

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

8. J. Lerga, **V. Sučić**, B. Boashash, "An efficient algorithm for instantaneous frequency estimation of nonstationary multicomponent signals in low SNR", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2011: 725189. <https://doi.org/10.1155/2011/725189>.

Link na rad:

<https://link.springer.com/article/10.1155/2011/725189#citeas>

SCI lista:

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

9. J. Lerga, **V. Sucic**, "Nonlinear IF estimation based on the pseudo WVD adapted using the improved sliding pairwise ICI rule", *IEEE Signal Processing Letters*, vol. 16, no. 11, pp. 953-956, 2009.

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/5164997/>

SCI lista:

<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20Signal%20Processing%20Letters>

10. B. Boashash, **V. Sučić**, "Resolution measure criteria for the objective assessment of the performance of quadratic time-frequency distributions", *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 51, no. 5, pp. 1253-1263, 2003.

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/document/1194415/>

SCI lista:

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



KLASA: 602-04/15-01/02

URBROJ: 2170-57-01-15-331

Na temelju članka 93. stavka 4. i članka 95. stavka 6. Zakona o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju („Narodne novine“ broj: 123/03, 198/03, 105/04, 174/04, 2/07 - OUSRH, 46/07, 45/09, 63/11, 94/13, 139/13 i 101/14 - O i RUSRH) u skladu s člankom 78. stavka 6. Statuta Sveučilišta u Rijeci (pročišćeni tekst od 15. veljače 2015. godine) a na temelju Odluke Fakultetskog vijeća Tehničkog fakulteta (KLASA: 030-09/15-01/5, URBROJ:2170-57-01-15-6) od 28. svibnja 2015. godine, Senat Sveučilišta u Rijeci je na svojoj 80. sjednici održanoj dana 23. lipnja 2015. godine donio sljedeću

#### ODLUKU

I.

Potvrđuje se izbor prof. dr. sc. VIKTORA SUČIĆA, dipl. ing. elektrotehnike, u znanstveno-nastavno zvanje i na radno mjesto redoviti profesor, u radnom odnosu na neodređeno vrijeme s punim radnim vremenom, za znanstveno područje Tehničke znanosti, znanstveno polje Elektrotehnika, znanstvena grana Elektronika, na Tehničkom fakultetu Sveučilištu u Rijeci.

II.

Znanstveno-nastavno zvanje redovitog profesora imenovani stječe na vrijeme od 5 (pet) godina.

III.

Ova Odluka stupa na snagu danom donošenja.

U Rijeci, 23. lipnja 2015. godine

Rektor  
Prof. dr. sc. Pero Lučin

#### Dostaviti:

- prof. dr. sc. Viktoru Sučiću,
- Tehničkom fakultetu,
- Pismohrani, ovdje

REPUBLIKA HRVATSKA  
Sveučilište u Rijeci  
TEHNIČKI FAKULTET

Primljeno :	14.9.2015	
Klasifikacijska oznaka:	Ustrojstvena jedinica	
640-01/15-01/01	04	
Uredžbeni broj:	Prilozi	Vrijednost
2170-57-01-15-7	0	

# 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 Aluminijskog 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 izvođenju 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, medju 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 obezbjedjuju 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](http://www.tfsa.ac.me), [www.multimedia.ac.me](http://www.multimedia.ac.me), [www.cs-ict.ac.me](http://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>





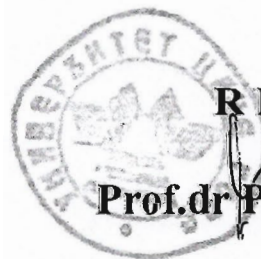
Број: 01-823  
Датум, 23.09. 2003. г.

Ref: \_\_\_\_\_  
Date, \_\_\_\_\_ Број 04/2-1572  
Проц.ша 259 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

## ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

**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.**



**REKTOR,**

**Prof.dr Predrag Obradović**

# 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, medju kojima je više njih iz IEEE i IEE izdanja. Dr Irena Orović je podpredsjednik i član Savjeta za naučno-istraživačku djelatnost u Crnoj Gori (Ministartstvo nauke Crne Gore).

Više detalja i kompletan spisak referenci može se pronaći na sajtovima: [www.tfsa.ac.me](http://www.tfsa.ac.me), [www.multimedia.ac.me](http://www.multimedia.ac.me), [www.cs-ict.ac.me](http://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/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20Transactions%20on%20Signal%20Processing>

4. I. Orović, A. Draganić, 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/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Word=Radar>

5. I. Orović, S. Stanković, A. Draganić, "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/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=Acta%20Acustica%20united%20with%20Acustica>

6. S. Stanković, I. Orović, N. Zarić, 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. Zarić, **I. Orović**, S. Stanković, "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 L.J. 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/jrnlst/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: Informatični 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.

**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](http://www.tfsa.ac.me).

## **DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI**

1. L.J. 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](http://www.artechhouse.com)
2. L.J. 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>
3. L.J. 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, (ISSN: 1053-5888) DOI: 10.1109/MSP.2017.2696572  
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>



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. (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>
5. **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>
6. LJ. Stanković, and **M. Daković**, "On a Gradient-Based Algorithm for Sparse Signal Reconstruction in the Signal/Measurements Domain," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2016, Article ID 6212674, 11 pages, 2016. (ISSN: 1024-123X) DOI:10.1155/2016/6212674.  
Link na rad: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2016/6212674/abs/>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1024-123X>
7. LJ. Stanković, and **M. Daković**, "On the Uniqueness of the Sparse Signals Reconstruction Based on the Missing Samples Variation Analysis," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, Article ID 629759, 14 pages, 2015. (ISSN: 1024-123X) DOI:10.1155/2015/629759  
Link na rad: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/629759/abs/>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1024-123X>
8. 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, (ISSN: 0278-081X), DOI: 10.1007/s00034-016-0334-3  
Link na rad: <https://link.springer.com/article/10.1007/s00034-016-0334-3>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0278-081X>
9. 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*, November, 2017, (ISSN 1545-598X) DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664  
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/8110831/?reload=true>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1545-598X>
10. 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/abstract/document/7126172/>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0018-9251>



**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  
12. 01. 17

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: 17. 01. 2017			
Org. jed.	Broj	Prilog	Vrijednost
02/1	55		

**Prof. dr Budimir Lutovac**

## **BIOGRAFIJA**

Rođen je 06. 04. 1967. g. u Ivangradu (Berane) gdje je završio osnovnu i srednju školu. Školske 1985/86 godine upisao je Elektrotehnički fakultet (ETF) - smjer elektronika, i diplomirao 1992. g. odbranivši diplomski rad pod nazivom "Kompjuterska grafika - osnovi geometrijskog modeliranja". Nakon diplomiranja zaposlio sa na ETF-u kao saradnik stažista. U periodu od 1992. do 1996. g. izvodio je računske vježbe iz Programiranja I i II na Katedri za računare.

Postdiplomske studije upisao je marta 1993. g. na ETF-u u Podgorici na odsjeku Robotika i vještačka inteligencija i završio ih u rekordnom roku sa odličnim uspjehom. Magistarski rad pod nazivom "Izbor i primjena vještačkih neuronskih mreža na upravljanje pokreta ruke" odbranio je marta 1996. g. na ETF-u u Podgorici. Nakon magistriranja, izabran je u zvanje asistenta na Katedri za opštu (teorijsku) elektrotehniku gdje je izvodio računske i laboratorijske vježbe iz predmeta: Osnovi elektrotehnike I i II i Teorije električnih kola.

Doktorsku disertaciju pod nazivom "Nove strukture i algoritmi za realizaciju efikasnih digitalnih filtara primjenom simboličke analize" odbranio je marta 2003. g. na ETF-u u Beogradu. Januara 2004. g. biran je u akademsko zvanje docenta za predmete Teorija električnih kola (ETR i EA) i Digitalni filtri (postdiplomske studije). Na studijama primijenjenog računarstva izvodi nastavu iz predmeta Vizuelni programski jezik C++ i Web programiranje.

Oblast naučnog interesovanja su simbolička analiza i sinteza električnih (mikrotalasnih) kola i digitalnih filtara, vještačke neuronske mreže i fuzzy logika. Naučno istraživački rad rezultovao je objavljivanjem radova u vodećim međunarodnim časopisima i na prestižnim međunarodnim konferencijama. Učestvovao je u realizaciji četiri naučno-istraživačka projekta. Koautor je jednog univerzitetskog udžbenika (Mikrotalasna tehnika).

Od avgusta 2008. do avgusta 2013 g. obavljao je funkciju prodekana za finansije Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici.

Od januara 2016 godine je Chapter Chair for Signal Processing/Circuits and Systems (SP-01/CAS-04), IEEE Region 8.

## **DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI**

1. **B. Lutovac**, M. Daković, S. Stanković, and I. Orović, "Watermark Detection in Impulsive Noise Environment Based on the Compressive Sensing Reconstruction," Radioengineering, vol. 26, no. 1, pp. 309-315, DOI: 10.13164/re.2017.0309, ISSN: 1210-2512  
Link na rad: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/64738/17\\_01\\_0309\\_0315.pdf](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/64738/17_01_0309_0315.pdf)  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1210-2512>
2. **B. Lutovac**, M. Daković, S. Stanković, and I. Orović, "An Algorithm for Robust Image Watermarking based on the DCT and Zernike Moments," Multimedia Tools and Applications, 2016, ISSN: 1380-7501, DOI: 10.1007/s11042-016-4127-2

Link na rad: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-016-4127-2>

SCI lista:

<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1380-7501>

3. I. Djurović, M. Simeunović, and **B. Lutovac**, "Are genetic algorithms useful for the parameter estimation of FM signals?," *Digital Signal Processing*, vol. 22, no. 6, December 2012, pp. 1137-1144, ISSN: 1051-2004, DOI: 10.1016/j.dsp.2012.05.009  
Link na rad: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1051200412001340>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1051-2004>
4. **Lutovac, Budimir M.**, and Miroslav D. Lutovac. "Design and VHDL description of multiplierless half-band IIR filter." *AEU-International Journal of Electronics and Communications* 56.5 (2002): 348-350. ISSN: 1434-8411, DOI: 10.1078/1434-8411-54100114  
Link na rad: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1434841104701090>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1434-8411>
5. **Lutovac, Budimir M.**, and Miroslav D. Lutovac. "Algebraic design of some equiripple linear-phase half-band FIR filters." *AEU-International Journal of Electronics and Communications* 56.5 (2002): 341-344. ISSN: 1434-8411, DOI: 10.1078/1434-8411-54100112  
Link na rad: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1434841104701077>  
SCI lista:  
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1434-8411>
6. M. Daković, L.J. Stanković, **B. Lutovac**, and I. Stanković, "On the Fixed-point Rounding in the DFT," 17th IEEE International Conference on Smart Technologies, IEEE EUROCON 2017. ISBN: 978-1-5090-3844-2, DOI: 10.1109/EUROCON.2017.8011116.  
Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8011116/>
7. M. Bošković T. B. Šekara, M. R. Rapaić, **B. Lutovac**, M. Daković, V. Govedarica, "Novel band-pass and notch filter with dynamic damping of fractional order," 25th Telecommunication Forum (TELFOR), Belgrade, 21-22 Nov., 2017, ISBN: 978-1-5386-3074-7, DOI: 10.1109/TELFOR.2017.8249353  
Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8249353/>
8. M. Daković, L.J. Stanković, **B. Lutovac**, E. Sejdić, and T. B. Šekara, "A Resistive Circuits Analysis Using Graph Spectral Decomposition," 6th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2017, Bar, June 2017. ISBN: 978-1-5090-6743-5, DOI: 10.1109/MECO.2017.7977245  
Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7977245/>
9. R. Stojanović, L. Józwiak, **B. Lutovac**, *Proceedings - Research monograph (MECO)*, Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc, Red Hook, NY 12571 USA, June 2016, 530 stranica, print ISBN: 978-1-5090-2221-2, electronic ISBN: 978-1-5090-2222-9  
Linka na monografiju: <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=7513174>
10. M. Brajović, **B. Lutovac**, I. Orović, M. Daković, and S. Stanković, "Sparse Signal Recovery Based on Concentration Measures and Genetic Algorithm," 13th Symposium

on Neural Networks and Applications NEUREL 2016, Belgrade, Serbia, November 2016. ISBN: 978-1-5090-1531-3, DOI: 10.1109/NEUREL.2016.7800115

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7800115/>

11. D. Abazović, A. Jovović, **B. Lutovac** (2016): „The Proposal for Integrated ICT Solution for the Enforcement of Monetary Claims Against a Judgment Debtor – Natural Person in Montenegro,“ International Scientific Conference on ICT and E-Business Related Research – Sinteza 2016, Belgrade, 22. april, pp. 435-441, ISBN: 978-86-7912-628-3, DOI: 10.15308/Sinteza-2016-435-441

Link na rad:

<https://singipedia.singidunum.ac.rs/izdanje/42257-the-proposal-for-integrated-ict-solution-for-the-enforcement-monetary-claims-against-a-judgment-debtor-natural-person-in-montenegro>



**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@ac.me*  
*web\_www.ucg.ac.me*  
**University of Montenegro**

Broj / Ref 03-3176  
Datum / Date 26.12.2017

Crna Gora  
UNIVERZITET CRNE GORE  
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Primljeno:	29.12.2017.		
Org. jed.	Broj	Prilog	Vrijednost
02/1	2603		

Na osnovu člana 72 stav 2 Zakona o visokom obrazovanju („Službeni list Crne Gore“ br. 44/14, 47/15, 40/16, 42/17, 71/17) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore na sjednici održanoj 26.12.2017.godine, donio je

## O D L U K U O IZBORU U ZVANJE

**Dr Budimir Lutovac bira se u akademsko zvanje redovni profesor Univerziteta Crne Gore za oblast Teorijska elektrotehnika na Elektrotehničkom fakultetu, na neodređeno vrijeme.**

**Senat Univerziteta Crne Gore  
Predsjednik**



**Prof.dr Danilo Nikolić, rektor**

**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**Elektrotehnički fakultet u Podgorici**

**O B A V J E Š T A V A**

javnost da se doktorska disertacija „**Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje**“, kandidatkinje **mr Anđele Draganić**, saradnice u nastavi na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici i Izvještaj Komisije za ocjenu doktorske disertacije, u sastavu:

- 1. Dr Srđan Stanković, redovni profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore,**
- 2. Dr Irena Orović, vanredna profesorica Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta Crne Gore,**
- 3. Dr Viktor Sučić, redovni profesor Tehničkog fakulteta Sveučilišta u Rijeci,**

nalaze u Univerzitetskoj biblioteci radi uvida javnosti, u trajanju od 30 dana od dana objavljivanja.

United Nations Development Programme

"DAN" 24.03.2018.



Empowered lives.  
Resilient nations.



Univerzitet Crne Gore  
Centralna univerzitetska biblioteka  
adresa / address\_ Cetinjska br. 2  
81000 Podgorica, Crna Gora  
telefon / phone \_00382 20 414 245  
fax\_ 00382 20 414 259  
mail\_ [cub@ac.me](mailto:cub@ac.me)  
web\_ [www.ucg.ac.me](http://www.ucg.ac.me)  
Central University Library  
University of Montenegro

Broj / Ref 016-16-1431  
Datum / Date 25.04.2018.

Crna Gora UNIVERZITET CRNE GORE ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET			
Priloga	25. 04. 2018.		
Org. jed.	broj	zilog	Vrijednost
	02/1415/1		

**UNIVERZITET CRNE GORE**  
**ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET**

N/r dekanu

Prof. dr Zoranu Veljoviću

Poštovani profesore Veljoviću,

Vraćamo doktorsku disertaciju „**Analiza nestacionarnih multikomponentnih signala sa osvrtom na kompresivno očitavanje**“, sa Izvještajem Komisije za ocjenu doktorske disertacije, kandidatkinje mr Anđele Draganić, koja je, u skladu sa članom 42 stav 3 Pravila doktorskih studija, dostavljena **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** dana 26. 03. 2018. godine, na uvid i ocjenu javnosti,.

Na gore pomenutu doktorsku disertaciju nije bilo primjedbi javnosti u predviđenom roku od 30 dana.

Nakon odbrane navedene doktorske disertacije, potrebno je dostaviti konačan primjerak disertacije u štampanoj i elektronskoj formi. Štampana i elektronska verzija disertacije treba da sadrži: izjavu o autorstvu, izjavu o istovjetnosti štampane i elektronske verzije dokorskog rada i izjavu o korišćenju. Sve moraju biti popunjene i potpisane od strane doktoranda.

S poštovanjem,



**DIREKTOR**  
*Bosiljka Cicmil*  
mr Bosiljka Cicmil



## Spisak publikacija MSc Anđele Draganić

### Radovi publikovani u međunarodnim časopisima

- [1] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, X. Li, Z. Wang, "An approach to classification and under-sampling of the interfering wireless signals," *Microprocessors and Microsystems*, Volume 51, June 2017, Pages 106–113, doi.org/10.1016/j.micpro.2017.04.010.
- [2] A. Draganic, I. Orovic, S. Stankovic, "On some common compressive sensing recovery algorithms and applications - Review paper," *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, Vol 30, No 4 (2017), pp. 477-510, DOI Number 10.2298/FUEE1704477D, December 2017.
- [3] I. Orović, A. Draganić, S. Stanković, "Sparse Time-Frequency Representation for Signals with Fast Varying Instantaneous Frequency," *IET Radar, Sonar & Navigation*, Volume: 9, Issue: 9, pp. 1260 - 1267, Online ISSN 1751-8792, December 2015, DOI: 10.1049/iet-rsn.2015.0116.
- [4] I. Orović, S. Stanković, A. Draganić, "Time-Frequency Analysis and Singular Value Decomposition Applied to the Highly Multicomponent Musical Signals," *Acta Acustica United With Acustica*, Vol. 100 (2014) 1.

### Radovi publikovani u regionalnim časopisima

- [5] M. Brajović, A. Draganić, I. Orović, and S. Stanković, "Sparse Representation of FHSS Signals in the Hermite Transform Domain," *Telfor Journal*, 2017.
- [6] M. Medenica, S. Zuković, A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Comparison of the algorithms for CS image reconstruction," *ETF Journal of Electrical Engineering 2014*.
- [7] S. Stanković, I. Orović, LJ. Stanković, A. Draganić, "Single-Iteration Algorithm for Compressive Sensing Reconstruction," *Telfor Journal*, Vol. 6, No. 1, pp. 36-41, 2014.
- [8] I. Orović, A. Draganić, S. Stanković, "Highly concentrated distributions for estimating phase derivatives of nonstationary signal," *ETF Journal of Electrical Engineering*, vol. 19, no. 1, October 2011.

### Radovi publikovani na međunarodnim konferencijama

- [9] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, X.Zhang, X. Wang, "Compressive Sensing Approach in the Table Grape Cold Chain Logistics," *6th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO 2017, Bar, Montenegro*.
- [10] Z. Vulaj, M. Brajović, A. Draganić, I. Orović, "Detection of Irregular QRS Complexes using Hermite Transform and Support Vector Machine," *59th International Symposium ELMAR-2017, Zadar, Croatia, 2017*.
- [11] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Spread-spectrum-modulated signal denoising based on median ambiguity function," *59th International Symposium ELMAR-2017, Zadar, Croatia, 2017*.
- [12] I. Orović, A. Draganić, N. Lekić, S. Stanković, "A System for Compressive Sensing Signal Reconstruction," *17th IEEE International Conference on Smart Technologies, IEEE EUROCON 2017*.
- [13] Z. Vulaj, A. Draganić, M. Brajović, I. Orović, "A tool for ECG signal analysis using standard and optimized Hermite transform," *6th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2017, Bar, Montenegro*.

- [14] A. Draganić, M. Marić, I. Orović, S. Stanković, "Identification of image source using serial-number-based watermarking under Compressive Sensing conditions," *40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2017*.
- [15] M. Brajović, A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "FHSS signal sparsification in the Hermite transform domain," *24th Telecommunications Forum TELFOR 2016*, November 2016, Belgrade, Serbia.
- [16] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, X. Li, Z. Wang, "Reconstruction and classification of wireless signals based on Compressive Sensing approach," *5th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2016*.
- [17] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, X. Li, "ISAR Reconstruction from Incomplete Data using Total Variation Optimization," *5th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2016*.
- [18] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Compressive Sensing Least Square problem solution suitable for implementation," *23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015*.
- [19] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Robust Hermite transform based on the Lestimate principle," *23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015*.
- [20] I. Stanković, A. Draganić, "Compressive Sensing Reconstruction of Video Data based on DCT and Gradient-Descent Method," *23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015*.
- [21] A. Draganić, M. Brajović, I. Orović, S. Stanković, "A Software Tool for Compressive Sensing based Time-Frequency Analysis," *57th International Symposium ELMAR-2015, Zadar, Croatia*.
- [22] M. Orović, T. Pejaković, A. Draganić, S. Stanković, "MRI watermarking in the Compressive Sensing context," *57th International Symposium ELMAR-2015, Zadar, Croatia*.
- [23] A. Draganić, I. Orović, N. Lekić, M. Daković, S. Stanković, "Architecture for Single Iteration Reconstruction Algorithm," *4th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2015*.
- [24] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Blind Signals Separation in wireless communications based on Compressive Sensing," *22nd Telecommunications Forum, TELFOR, 2014, Belgrade, Serbia*.
- [25] S. Zuković, M. Medenica, A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "A Virtual Instrument for Compressive Sensing of Multimedia Signals," *56th International Symposium ELMAR 2014, Zadar, Croatia*.
- [26] R. Mihajlovic, M. Šćekić, A. Draganić, S. Stanković, "An Analysis of CS Algorithms Efficiency for Sparse Communication Signals Reconstruction," *3rd Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2014*.
- [27] M. Šćekić, R. Mihajlovic, A. Draganić, I. Orović, "Combined TV filtering method and CS signal reconstruction," *1st International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering, IcETRAN 2014, Vrnjacka Banja, 2014*.
- [28] I. Orović, A. Draganić, S. Stanković, "Compressive Sensing as a Watermarking Attack," *21st Telecommunications Forum TELFOR 2013, Belgrade*.
- [29] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "FHSS Signal Characterization Based On The Crossterms Free Time-Frequency Distributions," *2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO - 2013*, pp. 152-155, June 2013, Budva, Montenegro.
- [30] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, M. Amin, "Rekonstrukcija FHSS signala zasnovana na principu kompresivnog odabiranja," *20th Telecommunications Forum TELFOR 2012, Beograd, Novembar 2012*.
- [31] I. Orović, A. Draganić, S. Stanković, E. Sejdić, "A Unified Approach for the Estimation of Instantaneous Frequency and Its Derivatives for Non-stationary Signals Analysis," *ISSPA 2012, Canada*.

- [32] I. Orović, S. Stanković, A. Draganić, "Time-frequency based analysis of wireless signals," *Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO) 2012*, Bar, Montenegro.
- [33] I. Orović, A. Draganić, S. Stanković, "S-method based eigenvalue decomposition for analysis of multicomponent communication signals," *19th Telecommunications Forum TELFOR 2011*, Beograd, Novembar 2011.

### **Radovi publikovani na regionalnim konferencijama**

- [34] I. Orović, S. Stanković, B. Jokanović, and A. Draganić, "On Compressive Sensing in Audio Signals," *ETRAN 2012*.
- [35] M. Medenica, S. Zuković, A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Comparison of the algorithms for CS image reconstruction," *Informacione tehnologije IT 2014*, Zabljak.
- [36] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Total variation based denoising of wireless signals," *Informacione Tehnologije - IT 2013*, Žabljak, Feb. 2013.
- [37] A. Draganić, I. Orović, S. Stanković, "Characterization of the musical signals based on singular value decomposition and time-frequency analysis," *Informacione Tehnologije - IT 2013*, Žabljak, Februar 2013.

### **Magistarska teza**

- [38] A. Draganic, "Dekompozicija i rekonstrukcija multikomponentnih signala korišćenjem vremensko-frekvencijske analize i Compressive Sensing-a," M.Sc. Thesis, University of Montenegro, Podgorica, 2013.

## Anđela Draganić – Biografija

Rođena sam u Nikšiću, 10. avgusta 1988. god. Diplomom završenih bečelor studija (BSc) dobila sam 2010. god. a diplomu specijalističkih studija 2011. god. na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Prosječna ocjena tokom 4 godine studija je 9.22. Magistrirala sam u julu 2013. god. na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore. Fokus mog istraživačkog rada je na vremensko-frekvencijskoj analizi i njenim primjenama u komunikacijama i audio signalima, kompresivnom odabiranju, hardverskim realizacijama algoritama kompresivnog odabiranja i tehnikama zaštite digitalnih podataka. Od 2011. godine



angažovana sam kao saradnik u nastavi na Univerzitetu Crne Gore, na sljedećim predmetima: Multimedijalni sistemi, Digitalna elektronika, Osnovi elektronike, Informacioni sistemi, Osnovi poslovne informatike, Internet tehnologije i servisi, Web programiranje. Tokom srednje škole i tokom studija bila sam korisnik stipendije Ministarstva prosvjete i nauke za talentovane učenike i studente, kao i stipendije Opštine Nikšić. Recezent sam u časopisima *IEEE Signal Processing Letters Magazine*, *Elsevier Applied Soft Computing* i *Radioengineering*, kao i na međunardonim konferencijama *European Signal Processing Conference – EUSIPCO*, *Mediterranean Conference on Embedded Computing – MECO*, *Microwave and Radio Electronics conference - MAREW* i *International Conference on Digital Signal Processing – DSP*.