



Broj: 02/1-1864/1
Datum: 04.12.2020

UNIVERZITET CRNE GORE

- Centru za doktorske studije -

- Senatu -

O V D J E

U prilogu dostavljamo Odluku Vijeća Elektrotehničkog fakulteta sa sjednice od 25.11.2020. godine i **obrazac D3**, sa pratećom dokumentacijom, za kandidatkinju MSc **Isidoru Stanković**, na dalji postupak.



DEKAN,

Prof. dr Saša Mujović





Broj: 02/1-1864
Datum: 25. 11. 2020

Na osnovu člana 64 Statuta Univerziteta Crne Gore, u vezi sa čl. 43 i 44 Pravila doktorskih studija, Vijeće Elektrotehničkog fakulteta u Podgorici, na sjednici od 25.11.2020. godine, donijelo je

ODLUKU

I

Prihvata se Izvještaj Komisije za ocjenu doktorske disertacije „**Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima**“, kandidatkinje MSc **Isidore Stanković**.

II

Predlaže se Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati disertaciju „**Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima**“, kandidatkinje MSc **Isidore Stanković**, i imenuje Komisiju za odbranu doktorske disertacije, u sastavu:

1. Prof. dr Irena Orović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, predsjednik,
2. Prof. dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore, mentor,
3. Prof. dr Cornel Ioana, Institute Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Francuska, član.

-VIJEĆE ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA-

Dostavljeno:

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



DEKAN,

Prof. dr Saša Mujović



OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE

OPŠTI PODACI O DOKTORANDU		
Titula, ime i prezime	MSc Isidora Stanković	
Fakultet	Elektrotehnički fakultet Podgorica	
Studijski program	Doktorske studije elektrotehnike	
Broj indeksa	4/2015	
MENTOR/MENTORI		
Mentor	Prof. dr Miloš Daković	Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora
KOMISIJA ZA OCJENU DOKTORSKE DISERTACIJE		
Prof. dr Irena Orović	Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora	
Prof. dr Miloš Daković	Elektrotehnički fakultet, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora	
Prof. dr Cornel Ioana	GIPSA Lab, Grenoble Institute of Technology (Grenoble INP), University of Grenoble Alpes, Grenoble, Francuska	
Datum značajni za ocjenu doktorske disertacije		
Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dostavljen Biblioteci UCG	22.10.2020.	
Javnost informisana (dnevne novine) da su Doktorska disertacija i Izvještaj Komisije dati na uvid	23.10.2020.	
Sjednica Senata na kojoj je izvršeno imenovanje komisije za ocjenu doktorske disertacije	10.09.2020.	
Uvid javnosti		
U predviđenom roku za uvid javnosti bilo je primjedbi?		
OCJENA DOKTORSKE DISERTACIJE		
<p>1. PREGLED DISERTACIJE</p> <p>Doktorska disertacija pod nazivom „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima”, kandidatkinje MSc Isidore Stanković, sadrži 154 stranice A4 formata. Teza je pisana na engleskom jeziku. Sastoji se iz rezimea, izvoda teze, uvoda, pet poglavlja, zaključka i spiska literature sa 123 bibliografske jedinice. Sastavni dio teze su 51 slika i 10 tabela.</p> <p>U disertaciji je razmatrana analiza i rekonstrukcija nestacionarnih signala, korištenjem tehnika kompresivnog odabiranja. Kompresivno odabiranje se zasniva na analizi signala rijetkih (sparse) u nekom transformacionom domenu. Nestacionarni signali su po svojoj prirodi samo aproksimativno rijetki ili uopšte nijesu rijetki (nonsparse) u reprezentativnom domenu. Ako je signal koji nije striktno rijedak rekonstruisan pod pretpostavkom da je</p>		

rijedak, rekonstruisani signal će imati određenu grešku. Analiza nestacionarnih signala je razmatrana u kratkotrajnom Furijeovom domenu, kao jednostavnom vremensko-frekvencijskom reprezentativnom domenu signala. Pored vremensko-frekvencijskog domena, analizirani su i domeni dvodimenzione diskretne kosinusne transformacije, koji su korisni u obradi slika, kao i pseudo-transformacioni domeni indukovani sekvencama korišćenim u rekonstrukciji sonarskih signala. U disertaciji su posmatrani disperzivni kanali i njihove karakteristike, koje dovode do toga da struktura signala nakon prolaska kroz disperzivnu sredinu postane izuzetno kompleksna. Dekompozicija i rekonstrukcija komponenti signala prenešenih kroz disperzivne kanale, koristeći algoritme kompresivnog odabiranja, analizirane su u ovoj disertaciji. Problem dekompozicije i rekonstrukcije je riješen korišćenjem polinomijalne kratkotrajne Furijeove transformacije i dualne polinomijalne Furijeove transformacije. Teorijski rezultati su verifikovani kroz numeričke eksperimente, a posebna pažnja posvećena je primjeni rezultata na realne signale (radarske, audio, sonarske signale kao i digitalne slike).

U uvodnom dijelu disertacije navedeni su osnovni pojmovi, dati podaci o značaju problema razmatranog u tezi i prepoznati nedostaci primjene postojećih tehnika. Jasno su naznačeni originalni doprinosi teze, kao i struktura izlaganja u nastavku disertacije.

U prvoj glavi „Background theory” („Osnovna teorija”), su predstavljene osnovne teorije i notacije korišćene u tezi. Predstavljene su osnovni tipovi signala i njihove reprezentacije u transformacionom domenu koji će biti korišćeni u daljem radu. Objašnjeni su principi kompresivnog odabiranja i rekonstrukcije rijetkih signala. Uveden je jednostavan ali efikasan algoritam za rekonstrukciju rijetkih signala. Na kraju su predstavljene uslovi neophodni za uspješnu i jedinstvenu rekonstrukciju rijetkih signala.

U drugoj glavi „Reconstruction error of non-stationary signals” („Greška rekonstrukcije nestacionarnih signala”), izvedeni su izrazi za grešku. Pored klasičnog pristupa, gdje se pretpostavlja da je signal uniformno odabiran, razmatrani su i drugi slučajevi odabiranja (neuniformno i slučajno odabiranje), kao i generalizacija formule za grešku u bilo kojem slučaju odabiranja. Na kraju je analiziran uticaj kvantizacije, kao jedan od potencijalnih problema u primjeni teorijskih metoda na realne signale. Formula za grešku rekonstrukcije je izvedena i u ovom slučaju.

Analiza i rekonstrukcija sonarskih signala predstavljena je u trećoj glavi pod nazivom „Wideband sonar signal reconstruction” („Rekonstrukcija širokopojasnih sonarskih signala”). Analiza je sprovedena bazirajući se na specifične sekvence kao vid signala koji se prenosi. U dosadašnjoj literaturi, samo osnovne forme sekvenci su korišćene za prenos podataka. Urađena je analiza njihovih performansi kroz simulaciju različitih realnih situacija definisanih brojem mjerenja, nivoom šuma, daljinom objekata koji se traže. Dvije analizirane sekvence, Alltop i Bjorck, istakle su se kao najpogodnije u svim analiziranim okolnostima. Te dvije sekvence, korišćene su za rekonstrukciju realnih podataka. Realizovan je eksperiment u prostorijama laboratorije GIPSA (fr. Grenoble Image Parole Signal Automatique) u Grenoblu, Francuska. Pored toga, razmatrana je ideja korišćenja tehnika visoke rezolucije, kao što su Capon i MUSIC, u slučajevima bliskih objekata. Još jedan problem koji je razmatran u ovom poglavlju je estimacija cross-range parametra, koji je vezan za detekciju brzine u okruženjima gdje podvodni objekti nisu stacionarni.

Četvrta glava disertacije „Decomposition in dispersive channels” („Dekompozicija u disperzivnim kanalima”) analizira dekompoziciju i rekonstrukciju signala u disperzivnim kanalima, uzimajući u obzir njihovu rijetkost uz korišćenje metoda kompresivnog odabiranja. Problem dekompozicije i lokalizacije komponenti signala u disperzivnim kanalima je intenzivno proučavana tema. Čak i najjednostavniji signali, prolaskom kroz disperzivni kanal,

mijenjaju svoje karakteristike. Zbog nestacionarne prirode ovih signala, klasična DFT ne može biti korišćena pa je analizirana polinomijalna Furijeova transformacija. Utvrđena je prednost korišćenja dualne polinomijalne transformacije u odnosu na klasičnu polinomijalnu transformaciju. Predstavljen je uspješan način za dekompoziciju i rekonstrukciju komponenti signala korišćenjem ove transformacije u kombinaciji sa rekonstrukcionim algoritmom. Primjer signala sa komponentama u prisustvu jakog impulsnog šuma pokazao je robustnost ove kombinacije u rješavanju postavljenog problema.

U petoj glavi, pod nazivom „Compressive sensing in image processing” („Kompresivno odabiranje u obradi slike”), razmatrana je rekonstrukcija digitalnih slika čiji su pikseli oštećeni nekim vidom šuma (razmatran je impulsivni i Gausov šum). Predstavljen je algoritam za prepoznavanje i detekciju oštećenih piksela koristeći, nakon čega je rekonstrukcija urađena koristeći rekonstrukcioni algoritam baziran na gradijentnim tehnikama. Dobijeni rezultati su upoređeni sa postojećim algoritmima i evidentirano je značajano poboljšanje.

U Zaključku su sumirani rezultati izloženi u tezi. Navedeni su doprinosi teze i identifikovani pravci budućih istraživanja u ovoj oblasti.

2. VREDNOVANJE DISERTACIJE

2.1 Problem

Rijetki (eng. sparse) signali su signali koji imaju mali broj nenultih vrijednosti u poređenju sa ukupnim brojem odbiraka u signalu. Diskretni signali mogu biti predstavljeni u različitim transformacionim domenima. Ako je neki signal rijedak u transformacionom domenu, može se rekonstruisati sa manje odbiraka nego što zahtijeva tradicionalna teorema o odabiranju. Kompresivno odabiranje (eng. compressive sensing – CS) je oblast koja proučava rekonstrukciju rijetkih signala pomoću smanjenog broja dostupnih odbiraka.

Smanjen broj mjerenja može biti rezultat težnje da se signal odabira i predstavi sa što manje odbiraka (kao što je to slučaj sa kompresivnim odabiranjem). Primjer toga mogu biti sistemi sa ogromnim brojem podataka (eng. big data) koje treba obraditi, pa je potrebno raditi sa najmanjim mogućim reprezentativnim skupom podataka. Smanjen broj odbiraka može se pojaviti i kao fizički problem nekog sistema da obezbijedi kompletan set mjerenja/odbiraka. Može se desiti i da je određeni broj mjerenja tako oštećen da je bolje da ga izostavimo i proglasimo nedostupnim. Bilo koji od ovih razloga rezultuje gubljenjem određenog broja odbiraka i svi se mogu razmatrati u jedinstvenom teorijskom okviru kompresivnog odabiranja.

Kompresivno odabiranje je efikasna alatka za analizu i rekonstrukciju signala, sa izraženom primjenom u praksi (telekomunikacije, multimedije, medicina...). Razvijeni su brojni algoritmi za rekonstrukciju signala rijetkih u odgovarajućem transformacionom domenu. U digitalnoj obradi signala, jedan od najrasprostranjenijih transformacionih domena je diskretni Furijeov transformacioni domen (DFT), koji analizira frekvencijski spektar signala. Pored toga, signali mogu biti analizarni u diskretnom kosinusnom i sinusnom domenu.

Opšti problem kompresivnog odabiranja može se predstaviti kao minimizovanje stepena rijetkosti signala korišćenjem dostupnih odbiraka/mjerenja. Taj problem je, u suštini, vrlo nezahvalan za rješavanje direktnim putem, pa su se godinama razvijali algoritmi za rješavanje pitanja rekonstrukcije rijetkih signala u transformacionom domenu ili rekonstrukcije nedostajućih odbiraka/mjerenja.

U ovoj disertaciji, analizirani su nestacionarni signali. Oni su karakteristični po tome što

mijenjaju svoj frekvencijski sadržaj tokom vremena. Zbog svoje prirode, ovi signali se najčešće predstavljaju u zajedničkom vremensko-frekvencijskom domenu, gdje je kratkotrajna Furijeova transformacija (eng. short-time Fourier transform – STFT) jedna od osnovnih reprezentacija. Nestacionarni signali se pojavljuju, između ostalog, i u disperzivnim kanalima.

Mnogi signali su samo približno rijetki ili čak nijesu rijetki u transformacionom domenu. Ako su takvi signali rekonstruisani pod pretpostavkom da su rijetki, njihova rekonstrukcija će biti izvedena sa određenom greškom. Nestacionarni signali po prirodi nisu potpuno rijetki ni u vremenskom ni u frekvencijskom domenu. U nekim slučajevima, mogu se smatrati približno rijetkim (eng. approximately sparse). Postoje nestacionarni signali koji su u suštini rijetki, ali im procedura odabiranja/mjerenja, uz korišćenje nesavršene mjerne opreme, razbija tu karakterstiku i dovodi do pojavljivanja šuma u transformacionom domenu. Ako je signal koji nije potpuno rijedak rekonstruisan korišćenjem dostupnih odbiraka, onda se ovaj šum ponaša kao aditivni šum u rekonstruisanom signalu. U teoriji kompresivnog odabiranja, poznate su samo opšte granice za grešku rekonstrukcije ne-rijetkih signala sa sparsity ograničenjem. Značajan doprinos ove disertacije je egzaktni proračun greške u rekonstrukciji kada su takvi signali rekonstruisani pod pretpostavkom da su rijetki.

Proširenjem ideja iz literature, početna istraživanja rađena su na nerijetkim signalima u dvodimenzionom diskretnom Furijeovom domenu (2D-DFT) i dvodimenzionom diskretnom kosinusnom domenu (2D-DCT), transformacijama koje odgovaraju radarskim i sonarskim signalima, odnosno slikama. U oba slučaja, varijansa rekonstrukcije i njena greška su izvedene i dobijeni su rezultati koji se poklapaju sa statističkim kalkulacijama. Dalja istraživanja su nastavljena u pravcu vremensko-frekvencijskog transformacionog domena. U prvoj fazi istraživanja je razmatran problem šuma u inicijalnoj estimaciji rekonstrukcije ne-sparse signala.

Jedan od primjera nestacionarnih signala je zvučni signal koji prolazi kroz disperzivne kanale. Iako se kompresivno odabiranje pokazalo kao jaka alatka za akviziciju, analizu i rekonstrukciju raznih signala, i dalje nije dovoljno razvijena u sistemima podvodne akustike. Prenos akustičnih signala kroz vodu značajno mijenja mnoge karakteristike signala tako da je njihova analiza veoma složena. Mnogi problemi koji nastaju u tom procesu, uzrokovani su disperzivnom prirodom kanala kroz koji prolaze signali. Disperzija je posebno karakteristična za plitke vode. Disperzivni kanali proizvode dodatne nelinearne komponente u signalu, mijenjajući njegovu prirodu. Čak i najjednostavniji signal može da dobije složenu formu tokom njegovog prenosa kroz disperzivni kanal. Jedan od glavnih problema je u tome što se primljeni signal sastoji od većeg broja komponenti. U disertaciji je analizirana dekompozicija tih signala, kako bi se omogućila dalja analiza pojedinačnih komponenti, sa potpunim ili sa nekompletnim skupom mjerenja. Dekompozicija signala u polinomijalnom Furijeovom transformacionom (PFT) domenu je bila predmet dosadašnjih istraživanja. Pokazano je da dekompozicija signala u disperzivnim kanalima, može da se vrši korišćenjem dualne verzije ove transformacije, odnosno dualne polinomijalne Furijeove transformacije (DPFT).

2.2 Ciljevi i hipoteze disertacije

Glavni cilj ove teze je primjena tehnika kompresivnog odabiranja u podvodnoj akustici i sonarskim sistemima. To podrazumijeva prepoznavanje koraka koji će dovesti do uspješne rekonstrukcije nestacionarnih signala u podvodnim uslovima. Osnovni ciljevi disertacije su: analiza rekonstrukcije nerijetkih i aproksimativno rijetkih signala (kakvi su nestacionarni signali po njihovoj prirodi), analiza sekvenci u rekonstrukciji širokopojasnih sonarnih signala,

kao i analiza, dekompozicija, i rekonstrukcija nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima, koristeći tehnike kompresivnog odabiranja. Razvijene tehnike su iskorištene i u rekonstrukciji šumom oštećenih slika. Tri ključna problema razmatrana u tezi su:

- procedura računanja greške u rekonstrukciji (u literaturi, samo su granice rekonstrukcije greške bile predstavljene);
- rekonstrukcija sonarnih slika korištenjem raznih sekvenci (do sada, samo su osnovne sekvence bile korištene u literaturi i primijenjene na realnim podacima);
- problem dekompozicije signala koji prolaze kroz disperzivne kanale.

Komisija konstatuje da su svi ciljevi i očekivani doprinosi navedeni u prijavi doktorske teze u potpunosti ispunjeni, i da čine kvalitetnu istraživačku cjelinu. Posebno naglašavamo doprinose:

- Rekonstrukcija nestacionarnih signala oštećenih šumom korištenjem tehnika kompresivnog odabiranja;
- Adaptacija metoda kompresivnog odabiranja za nestacionarne signale u disperzivnim podvodnim kanalima;
- Analiza uticaja nedostajućih odbiraka signala na odgovarajuću transformaciju, razmatranje rekonstrukcije nestacionarnih signala, koji po svojoj prirodi nisu rijetki, a rekonstruisani su uz pretpostavku da su rijetki, i uticaj aditivnog šuma na proces rekonstrukcije;
- Poređenje složenih sekvenci i izvođenje zaključaka vezanih za njihovu primjenu u kompresivnom odabiranju, u cilju prepoznavanja objekata sonarskim sistemima;
- Primjena analize sekvenci na podatke u realnim uslovima;
- Dekompozicija i rekonstrukcija signala korištenjem metoda polinomijalne transformacije i kompresivnog odabiranja u rekonstrukciji nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima;
- Razvoj algoritma za detekciju pozicije i vrijednosti zašumljenih piksela i rekonstrukciju slike koristeći gradijent istih.

2.3 Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji i njihova primjerenost; rezultati disertacije i njihovo tumačenje sa zaključcima

Tema disertacije predstavlja teorijsku osnovu za dalji razvoj algoritama i metoda u kompresivnom odabiranju u oblasti nestacionarnih signala, podvodne akustike i sonarskih slika. Ključni rezultati disertacije su: određivanje greške rekonstrukcije nestacionarnih signala, primjena kompresivnog odabiranja na širokopojasne sonarske signala, i dekompozicija i rekonstrukcija rijetkih signala u disperzivnim kanalima.

Računanje greške rekonstrukcije u nerijetkim signalima izvedeno u prvom dijelu teze bazirano je na analizi uticaja nedostajućih podataka na rekonstrukciju signala. Analiza nedostajućih odbiraka polazi od početne procjene vrijednosti signala u transformacionom domenu, uz korištenje dostupnih odbiraka. Nedostajući odbirci mogu se tumačiti na isti način kao i šum u signalu. Nivo ovog šuma zavisi od broja tih odbiraka, kao i od nivoa rijetkosti signala. Posebna pažnja je posvećena izučavanju prirode nestacionarnih signala, problemu kvantizacije, kao i različitih načina odabiranja signala.

Rekonstrukcija širokopojasnih sonarnih slika zasnovana je na izučavanju korišćenih sekvenci i njihove kombinacije sa kompresivnim odabiranjem. U tom smislu, širokopojasna sonarna slika može da se predstavi u obliku signala u transformacionom domenu, gdje je ta

transformacija vezana za kružni pomak odabrane sekvence. U ovoj disertaciji, šest sekvenci su predstavljene i analizirane, a to su: Gausova sekvenca, binarna sekvenca, Alltop, Bjorck, Zadoff-Chu, i M-sekvenca. Ako postoji samo nekoliko tačaka refleksije na objektu, ili mali broj tačkastih objekata, transformacioni domen sadržaće mali broj nenultih koeficijenata, tj. širokopojasna sonarska slika biće rijetka. Takve signale moguće je rekonstruisati koristeći algoritme za rekonstrukciju rijetkih signala sa malim brojem dostupnih mjerenja. Za tačke objekata koje su veoma blizu, metode za visoku rezoluciju mogu da se koriste za razdvajanje. Najpoznatije metode, kao što su Capon i MUSIC tehnike, su primijenjene za razdvajanje bliskih komponenti u domenu rijetkosti. U slučaju pokretnih objekata, razvijena je tehnika koja se bazira na nalaženju komponente brzine u cilju dobijanja tačnog signala.

Metode korišćene za dekompoziciju signala u disperzivnim kanalima bazirane su na približno polinomijalnoj prirodi ovih signala. U tom smislu, u analizi je korišćena polinomijalna Furijeova transformacija i dualna polinomijalna Furijeove transformacija. Dualna polinomijalna Furijeova transformacija korišćena je kao domen rijetkosti, u rekonstrukciji rijetkih nestacionarnih signala, sa posebnim osvrtom na rekonstrukciju signala koji su zahvaćeni impulsivnim šumom.

Pored ovih rezultata, treba dodati i razvoj metoda za rekonstrukciju šumom zahvaćenih slika. Pretpostavljeno je da je slika rijetka u 2D-DCT domenu i da pikseli oštećeni šumom poništavaju to svojstvo. Metod se zasniva na nalaženju oštećenih piksela korišćenjem gradijenta svakog piksela, nakon čega ih treba proglasiti nepouzdanim i izvršiti njihovu rekonstrukciju koristeći gradijentni rekonstrukcioni metod.

Dobijeni rezultati su provjereni statistički, provođenjem velikog broja računarskih simulacija, a dio rezultata je provjeren i eksperimentalno.

3. KONAČNA OCJENA DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidatkinje MSc Isidore Stanković sadrži originalne i značajne naučne doprinose u oblasti digitalne obrade signala. Disertacija ispunjava savremene zahtjeve i standarde izrade doktorske disertacije, predstavljajući tehnički oblikovanu cjelinu. Prilikom izrade disertacije, kandidatkinja je pokazala visok stepen poznavanja problematike u oblasti istraživanja. U skladu sa ustaljenom metodologijom naučno-istraživačkog rada, kandidatkinja je jasno postavila očekivane ciljeve disertacije. U svrhu njihovog postizanja primijenila je adekvatne istraživačke metode, polazeći od dostupne literature i poznatih tehnika do prepoznavanja problema i njegovog rješavanja na što efikasniji način. Ostvarene rezultate je na adekvatan način potvrdila odgovarajućom analizom, kako u teorijskom dijelu tako i u eksperimentalnom, koristeći se sintetičkim i realnim signalima. Ostvarene rezultate je, kritički nastrojeno i sveobuhvatno uporedila sa konkurentnim tehnikama, uz jasno obrazlaganje prednosti i nedostataka.

Tokom implementacije zadatih ciljeva, kandidatkinja je uspješno identifikovala nove istraživačke izazove i pokazala sposobnost sprovođenja naučno-istraživačke djelatnosti sa visokim stepenom samostalnosti. Komisija zaključuje da su očekivanja, ciljevi i doprinosi predstavljeni u prijavi doktorske teze su u potpunosti ostvareni. Disertacija sadrži potrebne detalje koji su neophodni za eventualnu reprodukciju prezentovanih eksperimentalnih rezultata. Primijenjeni algoritmi su definisani pseudo-kodovima, sa svim potrebnim informacijama u cilju lakše provjere i ponavljanja rezultata. Sva eventualna ograničenja i specifičnosti eksperimenata su eksplicitno naznačeni u njihovom opisu i/ili prezentaciji rezultata.

Sprovedena istraživanja u disertaciji stvorila su nove izazove i otvorile prostor za buduće doprinose u ovoj oblasti, kao što su:

- upotreba tehnika visoke rezolucije, u kombinaciji sa polinomijalnom Furijeovom transformacijom, za dekompoziciju signala u disperzivnim kanalima;
- izvođenje egzaktna greške rekonstrukcije za vremenski-promjenljive signale u disperzivnim kanalima, posebno za signale rijetke u dualnoj polinomijalnoj Furijeovoj transformaciji;
- analiza greške rekonstrukcije za različite sekvence, u cilju dobijanja robustnog rješenja za dalju analizu signala prenešenih pod vodom, u disperzivnim okolnostima;
- primjena metoda za rekonstrukciju zašumljenih slika na oblastima kao što su sonarske slike i podvodna akustika.

Orginalni naučni doprinos

Glavni cilj ove disertacije je analiza i primjena kompresivnog odabiranja nestacionarnih signala, sa osvrtom na rekonstrukciju signala u sonarskim sistemima i podvodnoj akustici. Pored toga, izvedena je egzaktna greška rekonstrukcije nestacionarnih signala, kao i detekcija i rekonstrukcija dvodimenzionih signala (slika) koristeći rekonstrukcioni algoritam baziran na računanju gradijenta. U pogledu originalnog naučnog doprinosa, Komisija posebno ističe rezultate istraživanja koji su publikovani kroz 10 radova u časopisima (SCI/SCIE lista) sa visokim IMPACT faktorima. Komisija izdvaja sljedeće originalne naučne doprinose:

- Analiza uticaja nedostajućih odbiraka na rekonstrukciju nestacionarnih signala, nerijetkih u vremensko-frekvencijskom reprezentativnom domenu, sa pretpostavkom da su rijetki u inicijalnom obliku.
- Analiza rekonstrukcije nerijetkih signala u vremensko-frekvencijskom domenu, odabiranih uniformno, neuniformno i potpuno slučajno.
- Analiza uticaja kvantizacije i kvantizacionog šuma na rezultate rekonstrukcije nestacionarnih signala.
- Rekonstrukcija širokopojasnih sonarnih slika korišćenjem složenih sekvenci u kombinaciji sa tehnikama kompresivnog odabiranja.
- Detaljno proučavanje sekvenci i njihovih performansi u različitim okolnostima, po pitanju uticaja šuma, broja nedostajućih odbiraka i broja tačaka objekta koji mogu biti rekonstruisani.
- Postavka realnog problema rekonstrukcije sonarskih slika u laboratoriji, korišćenjem rezervoara za vodu, transduktora i tehnika razrađenih u tezi u cilju detekcije i lociranja predmeta na dnu rezervoara.
- Razvijanje teorije i primjena visoko-rezolucionijskih metoda u rekonstrukciji širokopojasnih sonarskih slika sa bliskim objektima, kao i računanje parametara kretanja objekta.
- Primjena dualnih transformacija na nestacionarne signale u disperzivnim kanalima.
- Razvoj modelne tehnike za rekonstrukciju nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima.
- Razvoj algoritma zasnovan na gradijentu za slijepo otkrivanje zašumljenih piksela na slikama.

Mišljenje i prijedlog komisije

Na osnovu izloženog, Komisija konstatuje da doktorska disertacija kandidatkinje MSc Isidore

Stanković ispunjava sve formalne, pravne i suštinske uslove, kao i sve kriterijume koji se primjenjuju prilikom vrednovanja doktorskih disertacija. Predstavljene istraživački rezultati obuhvataju značajne i originalne naučne doprinose u oblasti kompresivnog odabiranja, rekonstrukcije i analize nestacionarnih signala. Naučni doprinosi su verifikovani publikovanjem deset radova u eminentnim međunarodnim naučnim časopisima (SCI/SCIE lista) sa visokim IMPACT faktorima. Uzimajući u obzir navedene činjenice, uz poseban osvrt na kvalitet i obim ostvarenih rezultata, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati doktorsku disertaciju pod nazivom „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima“, kandidatkinje MSc Isidore Stanković, 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

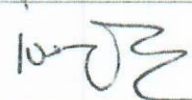
Prof. dr Irena Orović
 Elektrotehnički fakultet,
 Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora



Prof. dr Miloš Daković
 Elektrotehnički fakultet,
 Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora



Prof. dr Cornel Ioana
 GIPSA Lab, Grenoble Institute of Technology (Grenoble INP),
 University of Grenoble Alpes, Grenoble, Francuska

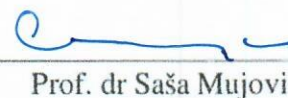


Datum i ovjera (pečat i potpis odgovorne osobe)

U Podgorici, 03.12.2020.



DEKAN



Prof. dr Saša Mujović

Crna Gora UNIVERZITET CRNE GORE ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET			
Primljeno	22.10.2020		
Org. jed.	Bro.	Prilog	Vrijednost
02/1	16/9		

VIJEĆU ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA
SENATU UNIVERZITETA CRNE GORE

Predmet: Ocjena doktorske disertacije kandidata MSc Isidore Stanković

Senat Univerziteta Crne Gore, na sjednici održanoj 10.09.2020. godine, prihvatio je prijedlog Vijeća Elektrotehničkog fakulteta i Odlukom br. 03-3323/2 od 11.9.2020. imenovao Komisiju za ocjenu doktorske disertacije pod nazivom „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima”, kandidatkinje MSc Isidore Stanković.

Nakon detaljne analize priložene doktorske disertacije, podnosimo Izvještaj Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore. Uz ovaj Izvještaj, predajemo i verziju Izvještaja na engleskom jeziku.

IZVJEŠTAJ

1. PREGLED DISERTACIJE

Doktorska disertacija pod nazivom „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima”, kandidatkinje MSc Isidore Stanković, sadrži 154 stranice A4 formata. Teza je pisana na engleskom jeziku. Sastoji se iz rezimea, izvoda teze, uvoda, pet poglavlja, zaključka i spiska literature sa 123 bibliografske jedinice. Sastavni dio teze su 51 slika i 10 tabela.

U disertaciji je razmatrana analiza i rekonstrukcija nestacionarnih signala, korištenjem tehnika kompresivnog odabiranja. Kompresivno odabiranje se zasniva na analizi signala rijetkih (sparse) u nekom transformacionom domenu. Nestacionarni signali su po svojoj prirodi samo aproksimativno rijetki ili uopšte nijesu rijetki (non-sparse) u reprezentativnom domenu. Ako je signal koji nije striktno rijedak rekonstruisan pod pretpostavkom da je rijedak, rekonstruisani signal će imati određenu grešku. Analiza nestacionarnih signala je razmatrana u kratkotrajnom Furijeovom domenu, kao jednostavnom vremensko-frekvencijskom reprezentativnom domenu signala. Pored vremensko-frekvencijskog domena, analizirani su i domeni dvodimenzione diskretne kosinusne transformacije, koji su korisni u obradi slika, kao i pseudo-transformacioni domeni indukovani sekvencama korišćenim u rekonstrukciji sonarskih signala. U disertaciji su posmatrani disperzivni kanali i njihove karakteristike, koje dovode do toga da struktura signala nakon prolaska kroz disperzivnu sredinu postaje izuzetno kompleksna. Dekompozicija i rekonstrukcija komponenti signala

prenešenih kroz disperzivne kanale, koristeći algoritme kompresivnog odabiranja, analizirane su u ovoj disertaciji. Problem dekompozicije i rekonstrukcije je riješen korišćenjem polinomijalne kratkotrajne Furijeove transformacije i dualne polinomijalne Furijeove transformacije. Teorijski rezultati su verifikovani kroz numeričke eksperimente, a posebna pažnja posvećena je primjeni rezultata na realne signale (radarske, audio, sonarske signale kao i digitalne slike).

U uvodnom dijelu disertacije navedeni su osnovni pojmovi, dati podaci o značaju problema razmatranog u tezi i prepoznati nedostaci primjene postojećih tehnika. Jasno su naznačeni originalni doprinosi teze, kao i struktura izlaganja u nastavku disertacije.

U prvoj glavi „Background theory” („Osnovna teorija”), su predstavljene osnovne teorije i notacije korišćene u tezi. Predstavljene su osnovni tipovi signala i njihove reprezentacije u transformacionom domenu koji će biti korišćeni u daljem radu. Objašnjeni su principi kompresivnog odabiranja i rekonstrukcije rijetkih signala. Uveden je jednostavan ali efikasan algoritam za rekonstrukciju rijetkih signala. Na kraju su predstavljene uslovi neophodni za uspješnu i jedinstvenu rekonstrukciju rijetkih signala.

U drugoj glavi „Reconstruction error of non-stationary signals” („Greška rekonstrukcije nestacionarnih signala”), izvedeni su izrazi za grešku. Pored klasičnog pristupa, gdje se pretpostavlja da je signal uniformno odabiran, razmatrani su i drugi slučajevi odabiranja (neuniformno i slučajno odabiranje), kao i generalizacija formule za grešku u bilo kojem slučaju odabiranja. Na kraju je analiziran uticaj kvantizacije, kao jedan od potencijalnih problema u primjeni teorijskih metoda na realne signale. Formula za grešku rekonstrukcije je izvedena i u ovom slučaju.

Analiza i rekonstrukcija sonarskih signala predstavljena je u trećoj glavi pod nazivom „Wideband sonar signal reconstruction” („Rekonstrukcija širokopojasnih sonarskih signala”). Analiza je sprovedena bazirajući se na specifične sekvence kao vid signala koji se prenosi. U dosadašnjoj literaturi, samo osnovne forme sekvenci su korišćene za prenos podataka. Urađena je analiza njihovih performansi kroz simulaciju različitih realnih situacija definisanih brojem mjerenja, nivoom šuma, daljinom objekata koji se traže. Dvije analizirane sekvence, Alltop i Bjorck, istakle su se kao najpogodnije u svim analiziranim okolnostima. Te dvije sekvence, korišćene su za rekonstrukciju realnih podataka. Realizovan je eksperiment u prostorijama laboratorije GIPSA (fr. Grenoble Image Parole Signal Automatique) u Grenoblu, Francuska. Pored toga, razmatrana je ideja korišćenja tehnika visoke rezolucije, kao što su Capon i MUSIC, u slučajevima bliskih objekata. Još jedan problem koji je razmatran u ovom poglavlju je estimacija cross-range parametra, koji je vezan za detekciju brzine u okruženjima gdje podvodni objekti nisu stacionarni.

Četvrta glava disertacije „Decomposition in dispersive channels” („Dekompozicija u disperzivnim kanalima”) analizira dekompoziciju i rekonstrukciju signala u disperzivnim kanalima, uzimajući u obzir njihovu rijetkost uz korišćenje metoda kompresivnog odabiranja. Problem dekompozicije i lokalizacije komponenti signala u disperzivnim kanalima je intenzivno proučavana tema. Čak i najjednostavniji signali, prolaskom kroz disperzivni kanal, mijenjaju svoje karakteristike. Zbog nestacionarne prirode ovih signala, klasična DFT ne može biti korišćena pa je analizirana polinomijalna Furijeova transformacija. Utvrđena je prednost korišćenja dualne polinomijalne transformacije u odnosu na klasičnu polinomijalnu transformaciju. Predstavljen je uspješan način za dekompoziciju i rekonstrukciju komponenti

signala korišćenjem ove transformacije u kombinaciji sa rekonstrukcionim algoritmom. Primjer signala sa komponentama u prisustvu jakog impulsnog šuma pokazao je robustnost ove kombinacije u rješavanju postavljenog problema.

U petoj glavi, pod nazivom „Compressive sensing in image processing” („Kompresivno odabiranje u obradi slike”), razmatrana je rekonstrukcija digitalnih slika čiji su pikseli oštećeni nekim vidom šuma (razmatran je impulsivni i Gausov šum). Predstavljen je algoritam za prepoznavanje i detekciju oštećenih piksela koristeći, nakon čega je rekonstrukcija urađena koristeći rekonstrukcioni algoritam baziran na gradijentnim tehnikama. Dobijeni rezultati su upoređeni sa postojećim algoritmima i evidentirano je značajano poboljšanje.

U Zaključku su sumirani rezultati izloženi u tezi. Navedeni su doprinosi teze i identifikovani pravci budućih istraživanja u ovoj oblasti.

2. VREDNOVANJE DISERTACIJE

2.1 Problem

Rijetki (eng. sparse) signali su signali koji imaju mali broj nenultih vrijednosti u poređenju sa ukupnim brojem odbiraka u signalu. Diskretni signali mogu biti predstavljeni u različitim transformacionim domenima. Ako je neki signal rijedak u transformacionom domenu, može se rekonstruisati sa manje odbiraka nego što zahtijeva tradicionalna teorema o odabiranju. Kompresivno odabiranje (eng. compressive sensing – CS) je oblast koja proučava rekonstrukciju rijetkih signala pomoću smanjenog broja dostupnih odbiraka.

Smanjen broj mjerenja može biti rezultat težnje da se signal odabira i predstavi sa što manje odbiraka (kao što je to slučaj sa kompresivnim odabiranjem). Primjer toga mogu biti sistemi sa ogromnim brojem podataka (eng. big data) koje treba obraditi, pa je potrebno raditi sa najmanjim mogućim reprezentativnim skupom podataka. Smanjen broj odbiraka može se pojaviti i kao fizički problem nekog sistema da obezbijedi kompletan set mjerenja/odbiraka. Može se desiti i da je određeni broj mjerenja tako oštećen da je bolje da ga izostavimo i proglasimo nedostupnim. Bilo koji od ovih razloga rezultuje gubijenjem određenog broja odbiraka i svi se mogu razmatrati u jedinstvenom teorijskom okviru kompresivnog odabiranja.

Kompresivno odabiranje je efikasna alatka za analizu i rekonstrukciju signala, sa izraženom primjenom u praksi (telekomunikacije, multimedije, medicina...). Razvijeni su brojni algoritmi za rekonstrukciju signala rijetkih u odgovarajućem transformacionom domenu. U digitalnoj obradi signala, jedan od najrasprostranjenijih transformacionih domena je diskretni Furijeov transformacioni domen (DFT), koji analizira frekvencijski spektar signala. Pored toga, signali mogu biti analizarni u diskretnom kosinusnom i sinusnom domenu.

Opšti problem kompresivnog odabiranja može se predstaviti kao minimizovanje stepena rijetkosti signala korišćenjem dostupnih odbiraka/mjerenja. Taj problem je, u suštini, vrlo nezahvalan za rješavanje direktnim putem, pa su se godinama razvijali algoritmi za rješavanje

pitanja rekonstrukcije rijetkih signala u transformacionom domenu ili rekonstrukcije nedostajućih odbiraka/mjerenja.

U ovoj disertaciji, analizirani su nestacionarni signali. Oni su karakteristični po tome što mijenjaju svoj frekvencijski sadržaj tokom vremena. Zbog svoje prirode, ovi signali se najčešće predstavljaju u zajedničkom vremensko-frekvencijskom domenu, gdje je kratkotrajna Furijeova transformacija (eng. short-time Fourier transform – STFT) jedna od osnovnih reprezentacija. Nestacionarni signali se pojavljuju, između ostalog, i u disperzivnim kanalima.

Mnogi signali su samo približno rijetki ili čak nijesu rijetki u transformacionom domenu. Ako su takvi signali rekonstruisani pod pretpostavkom da su rijetki, njihova rekonstrukcija će biti izvedena sa određenom greškom. Nestacionarni signali po prirodi nisu potpuno rijetki ni u vremenskom ni u frekvencijskom domenu. U nekim slučajevima, mogu se smatrati približno rijetkim (eng. approximately sparse). Postoje nestacionarni signali koji su u suštini rijetki, ali im procedura odabiranja/mjerenja, uz korišćenje nesavršene mjerne opreme, razbija tu karakteristiku i dovodi do pojavljivanja šuma u transformacionom domenu. Ako je signal koji nije potpuno rijedak rekonstruisan korišćenjem dostupnih odbiraka, onda se ovaj šum ponaša kao aditivni šum u rekonstruisanom signalu. U teoriji kompresivnog odabiranja, poznate su samo opšte granice za grešku rekonstrukcije ne-rijetkih signala sa sparsity ograničenjem. Značajan doprinos ove disertacije je egzaktni proračun greške u rekonstrukciji kada su takvi signali rekonstruisani pod pretpostavkom da su rijetki.

Proširenjem ideja iz literature, početna istraživanja rađena su na nerijetkim signalima u dvodimenzionom diskretnom Furijeovom domenu (2D-DFT) i dvodimenzionom diskretnom kosinusnom domenu (2D-DCT), transformacijama koje odgovaraju radarskim i sonarskim signalima, odnosno slikama. U oba slučaja, varijansa rekonstrukcije i njena greška su izvedene i dobijeni su rezultati koji se poklapaju sa statističkim kalkulacijama. Dalja istraživanja su nastavljen u pravcu vremensko-frekvencijskog transformacionog domena. U prvoj fazi istraživanja je razmatran problem šuma u inicijalnoj estimaciji rekonstrukcije ne-sparse signala.

Jedan od primjera nestacionarnih signala je zvučni signal koji prolazi kroz disperzivne kanale. Iako se kompresivno odabiranje pokazalo kao jaka alatka za akviziciju, analizu i rekonstrukciju raznih signala, i dalje nije dovoljno razvijena u sistemima podvodne akustike. Prenos akustičnih signala kroz vodu značajno mijenja mnoge karakteristike signala tako da je njihova analiza veoma složena. Mnogi problemi koji nastaju u tom procesu, uzrokovani su disperzivnom prirodom kanala kroz koji prolaze signali. Disperzija je posebno karakteristična za plitke vode. Disperzivni kanali proizvode dodatne nelinearne komponente u signalu, mijenjajući njegovu prirodu. Čak i najjednostavniji signal može da dobije složenu formu tokom njegovog prenosa kroz disperzivni kanal. Jedan od glavnih problema je u tome što se primljeni signal sastoji od većeg broja komponenti. U disertaciji je analizirana dekompozicija tih signala, kako bi se omogućila dalja analiza pojedinačnih komponenti, sa potpunim ili sa nekompletnim skupom mjerenja. Dekompozicija signala u polinomijalnom Furijeovom transformacionom (PFT) domenu je bila predmet dosadašnjih istraživanja. Pokazano je da dekompozicija signala u disperzivnim kanalima, može da se vrši korišćenjem dualne verzije ove transformacije, odnosno dualne polinomijalne Furijeove transformacije (DPFT).

2.2 Ciljevi i hipoteze disertacije

Glavni cilj ove teze je primjena tehnika kompresivnog odabiranja u podvodnoj akustici i sonarskim sistemima. To podrazumijeva prepoznavanje koraka koji će dovesti do uspješne rekonstrukcije nestacionarnih signala u podvodnim uslovima. Osnovni ciljevi disertacije su: analiza rekonstrukcije nerijetkih i aproksimativno rijetkih signala (kakvi su nestacionarni signali po njihovoj prirodi), analiza sekvenci u rekonstrukciji širokopojasnih sonarnih signala, kao i analiza, dekompozicija, i rekonstrukcija nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima, koristeći tehnike kompresivnog odabiranja. Razvijene tehnike su iskorišćene i u rekonstrukciji šumom oštećenih slika. Tri ključna problema razmatrana u tezi su:

- procedura računanja greške u rekonstrukciji (u literaturi, samo su granice rekonstrukcije greške bile predstavljene);
- rekonstrukcija sonarnih slika korištenjem raznih sekvenci (do sada, samo su osnovne sekvence bile korišćene u literaturi i primijenjene na realnim podacima);
- problem dekompozicije signala koji prolaze kroz disperzivne kanale.

Komisija konstatuje da su svi ciljevi i očekivani dopirnosi navedeni u prijavi doktorske teze u potpunosti ispunjeni, i da čine kvalitetnu istraživačku cjelinu. Posebno naglašavamo doprinose:

- Rekonstrukcija nestacionarnih signala oštećenih šumom korišćenjem tehnika kompresivnog odabiranja;
- Adaptacija metoda kompresivnog odabiranja za nestacionarne signale u disperzivnim podvodnim kanalima;
- Analiza uticaja nedostajućih odbiraka signala na odgovarajuću transformaciju, razmatranje rekonstrukcije nestacionarnih signala, koji po svojoj prirodi nisu rijetki, a rekonstruisani su uz pretpostavku da su rijetki, i uticaj aditivnog šuma na proces rekonstrukcije;
- Poređenje složenih sekvenci i izvođenje zaključaka vezanih za njihovu primjenu u kompresivnom odabiranju, u cilju prepoznavanja objekata sonarskim sistemima;
- Primjena analize sekvenci na podatke u realnim uslovima;
- Dekompozicija i rekonstrukcija signala korišćenjem metode polinomijalne transformacije i kompresivnog odabiranja u rekonstrukciji nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima;
- Razvoj algoritma za detekciju pozicije i vrijednosti zašumljenih piksela i rekonstrukciju slike koristeći gradijent istih.

2.3 Bitne metode koje su primijenjene u disertaciji i njihova primjerenost; rezultati disertacije i njihovo tumačenje sa zaključcima

Tema disertacije predstavlja teorijsku osnovu za dalji razvoj algoritama i metoda u kompresivnom odabiranju u oblasti nestacionarnih signala, podvodne akustike i sonarskih slika. Ključni rezultati disertacije su: određivanje greške rekonstrukcije nestacionarnih signala, primjena kompresivnog odabiranja na širokopojasne sonarske signale, i dekompozicija i rekonstrukcija rijetkih signala u disperzivnim kanalima.

Računanje greške rekonstrukcije u nerijetkim signalima izvedeno u prvom dijelu teze bazirano je na analizi uticaja nedostajućih podataka na rekonstrukciju signala. Analiza nedostajućih odbiraka polazi od početne procjene vrijednosti signala u transformacionom domenu, uz korištenje dostupnih odbiraka. Nedostajući odbirci mogu se tumačiti na isti način kao i šum u signalu. Nivo ovog šuma zavisi od broja tih odbiraka, kao i od nivoa rijetkosti signala. Posebna pažnja je posvećena izučavanju prirode nestacionarnih signala, problemu kvantizacije, kao i različitih načina odabiranja signala.

Rekonstrukcija širokopojasnih sonarnih slika zasnovana je na izučavanju korišćenih sekvenci i njihove kombinacije sa kompresivnim odabiranjem. U tom smislu, širokopojasna sonarna slika može da se predstavi u obliku signala u transformacionom domenu, gdje je ta transformacija vezana za kružni pomak odabrane sekvence. U ovoj disertaciji, šest sekvenci su predstavljene i analizirane, a to su: Gausova sekvenca, binarna sekvenca, Alltop, Bjorck, Zadoff-Chu, i M-sekvenca. Ako postoji samo nekoliko tačaka refleksije na objektu, ili mali broj tačkastih objekata, transformacioni domen sadržaće mali broj nenultih koeficijenata, tj. širokopojasna sonarska slika biće rijetka. Takve signale moguće je rekonstruisati koristeći algoritme za rekonstrukciju rijetkih signala sa malim brojem dostupnih mjerenja. Za tačke objekata koje su veoma blizu, metode za visoku rezoluciju mogu da se koriste za razdvajanje. Najpoznatije metode, kao što su Capon i MUSIC tehnike, su primijenjene za razdvajanje bliskih komponenti u domenu rijetkosti. U slučaju pokretnih objekata, razvijena je tehnika koja se bazira na nalaženju komponente brzine u cilju dobijanja tačnog signala.

Metode korišćene za dekompoziciju signala u disperzivnim kanalima bazirane su na približno polinomijalnoj prirodi ovih signala. U tom smislu, u analizi je korišćena polinomijalna Furijeova transformacija i dualna polinomijalna Furijeove transformacija. Dualna polinomijalna Furijeova transformacija korišćena je kao domen rijetkosti, u rekonstrukciji rijetkih nestacionarnih signala, sa posebnim osvrtom na rekonstrukciju signala koji su zahvaćeni impulsivnim šumom.

Pored ovih rezultata, treba dodati i razvoj metoda za rekonstrukciju šumom zahvaćenih slika. Pretpostavljeno je da je slika rijetka u 2D-DCT domenu i da pikseli oštećeni šumom poništavaju to svojstvo. Metod se zasniva na nalaženju oštećenih piksela korišćenjem gradijenta svakog piksela, nakon čega ih treba proglasiti nepouzdanim i izvršiti njihovu rekonstrukciju koristeći gradijentni rekonstrukcioni metod.

Dobijeni rezultati su provjereni statistički, provođenjem velikog broja računarskih simulacija, a dio rezultata je provjeren i eksperimentalno.

3. KONAČNA OCJENA DISERTACIJE

Doktorska disertacija kandidatkinje MSc Isidore Stanković sadrži originalne i značajne naučne doprinose u oblasti digitalne obrade signala. Disertacija ispunjava savremene zahtjeve i standarde izrade doktorske disertacije, predstavljajući tehnički oblikovanu cjelinu. Prilikom izrade disertacije, kandidatkinja je pokazala visok stepen poznavanja problematike u oblasti istraživanja. U skladu sa ustaljenom metodologijom naučno-istraživačkog rada, kandidatkinja je jasno postavila očekivane ciljeve disertacije. U svrhu njihovog postizanja primijenila je adekvatne istraživačke metode, polazeći od dostupne literature i poznatih tehnika do prepoznavanja problema i njegovog rješavanja na što efikasniji način. Ostvarene rezultate je na adekvatan način potvrdila odgovarajućom analizom, kako u teorijskom dijelu tako i u

eksperimentalnom, koristeći se sintetičkim i realnim signalima. Ostvarene rezultate je, kritički nastrojeno i sveobuhvatno uporedila sa konkurentnim tehnikama, uz jasno obrazlaganje prednosti i nedostataka.

Tokom implementacije zadatih ciljeva, kandidatkinja je uspješno identifikovala nove istraživačke izazove i pokazala sposobnost sprovođenja naučno-istraživačke djelatnosti sa visokim stepenom samostalnosti. Komisija zaključuje da su očekivanja, ciljevi i doprinosi predstavljeni u prijavi doktorske teze su u potpunosti ostvareni. Disertacija sadrži potrebne detalje koji su neophodni za eventualnu reprodukciju prezentovanih eksperimentalnih rezultata. Primijenjeni algoritmi su definisani pseudo-kodovima, sa svim potrebnim informacijama u cilju lakše provjere i ponavljanja rezultata. Sva eventualna ograničenja i specifičnosti eksperimenata su eksplicitno naznačeni u njihovom opisu i/ili prezentaciji rezultata.

Sprovedena istraživanja u disertaciji stvorila su nove izazove i otvorile prostor za buduće doprinose u ovoj oblasti, kao što su:

- upotreba tehnika visoke rezolucije, u kombinaciji sa polinomijalnom Furijeovom transformacijom, za dekompoziciju signala u disperzivnim kanalima;
- izvođenje egzaktna greške rekonstrukcije za vremenski-promjenljive signale u disperzivnim kanalima, posebno za signale rijetke u dualnoj polinomijalnoj Furijeovoj transformaciji;
- analiza greške rekonstrukcije za različite sekvence, u cilju dobijanja robustnog rješenja za dalju analizu signala prenešenih pod vodom, u disperzivnim okolnostima;
- primjena metoda za rekonstrukciju zašumljenih slika na oblastima kao što su sonarske slike i podvodna akustika.

4. ORIGINALNI NAUČNI DOPRINOS

Glavni cilj ove disertacije je analiza i primjena kompresivnog odabiranja nestacionarnih signala, sa osvrtom na rekonstrukciju signala u sonarskim sistemima i podvodnoj akustici. Pored toga, izvedena je egzaktna greška rekonstrukcije nestacionarnih signala, kao i detekcija i rekonstrukcija dvodimenzionih signala (slika) koristeći rekonstrukcioni algoritam baziran na računanju gradijenta. U pogledu originalnog naučnog doprinosa, Komisija posebno ističe rezultate istraživanja koji su publikovani kroz 10 radova u časopisima (SCI/SCIE lista) sa visokim IMPACT faktorima. Komisija izdvaja sljedeće originalne naučne doprinose:

- Analiza uticaja nedostajucih odbiraka na rekonstrukciju nestacionarnih signala, nerijetkih u vremensko-frekvencijskom reprezentativnom domenu, sa pretpostavkom da su rijetki u inicijalnom obliku.
- Analiza rekonstrukcije nerijetkih signala u vremensko-frekvencijskom domenu, odabiranih uniformno, neuniformno i potpuno slučajno.
- Analiza uticaja kvantizacije i kvantizacionog šuma na rezultate rekonstrukcije nestacionarnih signala.
- Rekonstrukcija širokopojasnih sonarnih slika korišćenjem složenih sekvenci u kombinaciji sa tehnikama kompresivnog odabiranja.

- Detaljno proučavanje sekvenci i njihovih performansi u različitim okolnostima, po pitanju uticaja šuma, broja nedostajućih odbiraka i broja tačaka objekta koji mogu biti rekonstruisani.
- Postavka realnog problema rekonstrukcije sonarskih slika u laboratoriji, korištenjem rezervoara za vodu, transduktora i tehnika razrađenih u tezi u cilju detekcije i lociranja predmeta na dnu rezervoara.
- Razvijanje teorije i primjena visoko-rezolucionihi metoda u rekonstrukciji širokopojasnih sonarskih slika sa bliskim objektima, kao i računanje parametara kretanja objekta.
- Primjena dualnih transformacija na nestacionarne signale u disperzivnim kanalima.
- Razvoj modelne tehnike za rekonstrukciju nestacionarnih signala u disperzivnim kanalima.
- Razvoj algoritma zasnovan na gradijentu za slijepo otkrivanje zašumljenih piksela na slikama.

5. MIŠLJENJE I PRIJEDLOG KOMISIJE

Na osnovu izloženog, Komisija konstatuje da doktorska disertacija kandidatkinje MSc Isidore Stanković ispunjava sve formalne, pravne i suštinske uslove, kao i sve kriterijume koji se primjenjuju prilikom vrednovanja doktorskih disertacija. Predstavljeni istraživački rezultati obuhvataju značajne i originalne naučne doprinose u oblasti kompresivnog odabiranja, rekonstrukcije i analize nestacionarnih signala. Naučni doprinosi su verifikovani publikovanjem deset radova u eminentnim međunarodnim naučnim časopisima (SCI/SCIE lista) sa visokim IMPACT faktorima. Uzimajući u obzir navedene činjenice, uz poseban osvrt na kvalitet i obim ostvarenih rezultata, Komisija sa zadovoljstvom predlaže Vijeću Elektrotehničkog fakulteta i Senatu Univerziteta Crne Gore da prihvati doktorsku disertaciju pod nazivom „*Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima*“, kandidatkinje MSc Isidore Stanković, i odobri njenu javnu usmenu odbranu.

19.10.2020, Podgorica, Crna Gora



Prof. dr Irena Orović,
Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet



Prof. dr Miloš Daković,
Univerzitet Crne Gore, Elektrotehnički fakultet



Prof. dr Cornel Ioana,
GIPSA-Lab, Institute Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Francuska

UNIVERZITET CRNE GORE ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET			
Primljeno:	Org. jed.	Broj.	Vrijednost
22.10.2020	02/11	16/19	

TO THE COUNCIL OF THE FACULTY
OF ELECTRICAL ENGINEERING

TO THE SENATE OF THE
UNIVERSITY OF MONTENEGRO

Subject: Assessment of the doctoral dissertation of the candidate MSc Isidora Stanković

Senate of the University of Montenegro, at the session held on 10.09.2020, accepted the proposal of the Council of the Faculty of Electrical Engineering and with Decision no. 03-3323/2 dated 11.09.2020. appointed a Commission for the evaluation of the doctoral dissertation entitled "Analysis of non-stationary signals: the contribution of compressive sensing for interference management in dispersive media", of the candidate MSc Isidora Stanković.

After a detailed analysis of the attached doctoral dissertation, we submit a report to the Council of the Faculty of Electrical Engineering and the Senate of the University of Montenegro. This report is submitted in Montenegrin and English language.

REPORT

1. DISSERTATION OVERVIEW

The doctoral dissertation entitled "Analysis of non-stationary signals: the contribution of compressive sensing for interference management in dispersive media", of the candidate MSc Isidora Stanković, contains 154 pages of A4 format. The thesis is written in English language. It consists of a summary, abstract, introduction, five chapters, conclusion and a list of references with 123 bibliographic units. An integral part of the thesis are 51 figures and 10 tables.

The dissertation discusses the analysis and the reconstruction of non-stationary signals using compressive sensing techniques. Compressive sensing is based on the analysis of sparse signals in a transformation domain. Non-stationary signals are by nature only approximately sparse or not sparse at all (i.e. nonsparse) in a representative domain. If a signal, that is not strictly sparse, is reconstructed under the assumption that it is sparse, the reconstruction will be performed with a certain error. The analysis of non-stationary signals is considered in the short-time Fourier domain, as a simple time-frequency representative signal domain. In addition to the time-frequency domain, the two-dimensional discrete cosine transformation domain, which is useful in image processing, as well as the pseudo-transformation domains induced by the sequences used in the reconstruction of sonar signals,

were analyzed. In the dissertation, dispersive channels and their characteristics are observed. The signal structure become extremely complex after passing through a dispersive medium. The problem of decomposition and reconstruction of signal components transmitted through dispersive channel, using compressive sensing algorithms, are analyzed in this dissertation. This problem is solved using the polynomial short-time Fourier transform and the dual polynomial Fourier transform. Theoretical results were verified through numerical experiments, and special attention was paid to the application of the results to real signals (radar, audio, sonar signals as well as digital images).

The introduction part of the dissertation lists the basic concepts, provides information of the importance for the problem discussed in the thesis and identifies the shortcomings of existing techniques. The original contributions of the thesis are clearly indicated, as well as the structure of the dissertation.

In the first chapter, "Background theory", the basic theories and notations used in the thesis are presented. The basic types of signals and their representations in the transformation domain that will be used in further work are presented. The principles of compressive sensing and reconstruction of sparse signals are explained. A simple yet efficient algorithm for reconstructing sparse signals has been introduced. Finally, the conditions necessary for successful and unique reconstruction of sparse signals are discussed.

In the second chapter, "Reconstruction error of non-stationary signals", error expressions are derived. In addition to the classical approach, where the signal is assumed to be uniformly sampled, other sampling cases (non-uniform and random sampling) are considered, as well as the generalization of the error formula in any sampling case. Finally, the influence of quantization is analyzed, as one of the potential problems in the application of theoretical methods to real signals. The formula for the reconstruction error is derived in this case as well.

The analysis and reconstruction of sonar signals is presented in the third chapter entitled "Wideband sonar signal reconstruction". The analysis was performed based on specific sequences as a type of signal being transmitted. In the literature so far, only the basic forms of sequences are used for data transmission. An analysis of their performance was made through the simulation of various real situations defined by the number of measurements, noise level, and the distance of the target points. The two analyzed sequences, Alltop and Bjorck, provide the most suitable results in all the analyzed setups. These two sequences were used to reconstruct real data. An experiment was carried out in the premises of the GIPSA laboratory (fr. Grenoble Image Parole Signal Automatique) in Grenoble, France. In addition, the idea of using high-resolution techniques, such as Capon and MUSIC, in cases of close objects was considered. Another problem discussed in this chapter is cross-range parameter estimation, which is related to the velocity detection in environments where underwater objects are not stationary.

The fourth chapter of the dissertation "Decomposition in dispersive channels" analyzes the decomposition and reconstruction of signals in dispersive channels, taking into account their sparsity using the compressive sensing techniques. The problem of decomposition and localization of signal components in dispersive channels is an intensively studied topic. Even the simplest signals, passing through a dispersive channel, change their characteristics. Due to the non-stationary nature of these signals, the classical discrete Fourier

transform cannot be used, so the polynomial Fourier transform is analyzed. The advantage of using the dual polynomial transformation in relation to classical polynomial transform has been determined. A successful way to decompose and reconstruct signal components using this transformation in combination with a reconstruction algorithm is presented. The example of a signal with components in the presence of strong impulse noise showed the robustness of proposed combination in solving problems of this kind.

In the fifth chapter, entitled "Compressive sensing in image processing", the reconstruction of digital images whose pixels are damaged by some type of noise is considered (impulsive and Gaussian noises are considered). An algorithm for recognizing and detecting noisy pixels, after which the reconstruction was done using a reconstruction algorithm based on gradient techniques, was presented. The obtained results were compared with the existing algorithms and a significant improvement was recorded.

The Conclusion summarizes the results presented in the thesis. The contributions of the thesis are stated and the directions of future research in this field are identified.

2. DISSERTATION EVALUATION

2.1 Problem

Sparse signals are signals that have a small number of non-zero values compared to the total number of samples in the signal. Discrete signals can be represented in different transformation domains. If a signal is sparse in a transformation domain, it can be reconstructed with fewer samples than required by the traditional sampling theorem. Compressive sensing (CS) is an area that studies the reconstruction of sparse signals using a reduced number of available samples.

The reduced number of measurements may be the result of the tendency to sample and present the signal with as few samples as possible (compressive sensing case). An example of this scenario can be system with a large amount of data that needs to be processed, so it is necessary to work with the smallest possible representative set of data. A reduced number of samples may also appear from a physical problem for a system to provide a complete set of measurements/samples. It can also happen that a certain number of measurements are so damaged that it is better to omit them and declare them unavailable. Any of these reasons results in the loss of a certain number of measurements and can all be considered in a single theoretical framework of compressive sensing.

Compressive sensing is an efficient tool for signal analysis and reconstruction, with a tremendous application in practice (telecommunications, multimedia, medicine, etc.). Numerous algorithms have been developed to reconstruct sparse signals in the corresponding transformation domain. In digital signal processing, one of the most common transformation domains is the discrete Fourier transform domain (DFT), which analyzes the frequency content of the signal. In addition, the signal can be analyzed in the discrete cosine and sine domains.

The general problem of compressive sensing can be presented as minimization of the level of signal sparsity by using available samples/measurements. This problem is, in

essence, very complex to be solved directly, so many algorithms have been developed to solve the problem of reconstruction of sparse signals in the transformation domain or reconstruction of missing samples/measurements.

In this dissertation, non-stationary signals are analyzed. They are characterized by the fact that they change their frequency content over time. Due to their nature, these signals are most often represented in the common time-frequency domain, where the short-time Fourier transform (STFT) is one of the basic representations. Non-stationary signals appear, among other things, in dispersive channels.

Many signals are only approximately sparse or not sparse at all in a certain transformation domain. If such signals are reconstructed under the assumption that they are sparse, their reconstruction will introduce error. Non-stationary signals are not completely sparse in either the time or the frequency domain. In some cases, they can be considered approximately sparse. Also, there are non-stationary signals that are essentially sparse, but the procedure of their sampling or measuring, with the use of imperfect measuring equipment, breaks this characteristic and leads to the appearance of noise in the transformation domain. If a signal that is not completely sparse is reconstructed using only the available samples, then this noise behaves as an additive noise in the reconstructed signal. In the theory of compressive sensing, only the general limits for the reconstruction error of non-sparse signals with sparsity constraint are known. A significant contribution of this dissertation is the exact calculation of the reconstruction error when such signals are reconstructed under the assumption that they are sparse.

By expanding the ideas from the literature, initial research was done analyzing nonsparse signals in the two-dimensional discrete Fourier domain (2D-DFT) and the two-dimensional discrete cosine domain (2D-DCT), corresponding to radar and sonar signals, i.e., images. In both cases, the variance of the reconstruction and its error were derived and obtained results matched the statistical calculations. Further research was performed using the time-frequency transformation domain as a sparsity domain. In the first phase of the research, the problem of noise in the initial estimation of nonsparse signal reconstruction was considered.

One example of a non-stationary signal is an audio signal passing through dispersive channel. Although compressive sensing has proven to be a powerful tool for the acquisition, analysis, and reconstruction of various signals, it is still underdeveloped in the area of underwater acoustics systems. The transmission of acoustic signal through water significantly changes many characteristics of the signal resulting in very complex analysis. Many of the problems that arise in this process are caused by the dispersive nature of the channel. Dispersion is an important characteristic of shallow waters. Dispersive channels produce additional nonlinear components in the signal that changes its nature. Even the simplest signal can take on a complex shape during its transmission. One of the main problems in dispersive channels is that the received signal consists of a large number of components. In the dissertation the decomposition of these signals is analyzed, in order to enable further analysis of individual components, with a complete or incomplete set of measurements. Signal decomposition in the polynomial Fourier transform (PFT) domain has been the subject of previous research. It has been shown that signal decomposition in dispersive channels can be performed using a dual version of this transformation, i.e., a dual polynomial Fourier transform (DPFT).

2.2 Objectives and hypotheses of the dissertation

The main goal of this thesis is the application of compressive sensing techniques in underwater acoustics and sonar systems. This consists of recognizing the steps that will lead to the successful reconstruction of non-stationary signals in underwater conditions. The main objectives of the dissertation are: analysis of reconstruction of nonsparse and approximately sparse signals (such as non-stationary signals), sequence analysis in reconstruction of wideband sonar signals, as well as analysis, decomposition, and reconstruction of non-stationary signals in dispersive channels using compressive sensing techniques. The developed techniques were also used in the reconstruction of noisy images. The three key issues discussed in the thesis are:

- procedure of reconstruction error calculation (in the literature, only the boundaries of the reconstruction error were presented);
- reconstruction of sonar images using various sequences (so far, only basic sequences have been used in the literature and applied to real data);
- the problem of decomposition of signals transmitted through dispersive channels.

The Commission notes that all the objectives and expected contributions stated in the doctoral thesis application have been fully met. We especially emphasize following contributions:

- Reconstruction of non-stationary noisy signals using compressive sensing techniques;
- Adaptation of compressive sensing method for non-stationary signals in dispersive underwater channels;
- Analysis of the impact of missing signal samples on the appropriate transformation, consideration of the reconstruction of non-stationary signals reconstructed under the assumption that they are sparse, and the impact of additive noise on the reconstruction process;
- Comparison of complex sequences and drawing conclusions related to their application in compressive sensing, in order to identify objects with sonar systems.
- Application of the sequence analysis in real conditions;
- Decomposition and reconstruction using methods of polynomial transformations and compressive sensing in the reconstruction of non-stationary signals in dispersive channels;
- Development of an algorithm for detection of positions and values of noisy pixels and reconstruction of images using their gradient.

2.3 Essential methods applied in the dissertation and their suitability; dissertation results and their interpretation with conclusions

The topic of the dissertation is the basis for further development of algorithms and methods in compressive sensing in the field of non-stationary signals, underwater acoustics and sonar images. The key results of the dissertation are: determination of non-stationary signal reconstruction error, application of compressive sensing to wideband sonar signals, and decomposition and reconstruction of sparse signals in dispersive channels.

The calculation of the reconstruction error in nonsparse signals performed in the first part of the thesis is based on the analysis of the influence of missing data on the signal reconstruction. The analysis of missing samples starts from the initial estimation of the signal value in the transformation domain, using only the available samples. Missing samples can be interpreted in the same way as signal noise. The level of this noise depends on the number of these samples, as well as on the levels of signal sparsity. Special attention is paid to the study of non-stationary signals, quantization problem, as well as different ways of signal sampling.

Reconstruction of wideband sonar images is based on the study of the used sequences and their combination with compressive sensing. In this sense, a wideband sonar image can be represented in the form of a signal in the transformation domain, where that transformation is related to the circular shift of the selected sequence. In this dissertation, six sequences are presented and analyzed, namely: Gaussian sequence, binary sequence, Alltop, Bjorck, Zadoff-Chu, and M-sequence. If there are only a few points of reflection on the object, or a small number of point objects, the transformation domain will contain a small number of non-zero coefficients, i.e., the considered wideband sonar image will be sparse. Such signals can be reconstructed using algorithms for reconstructing sparse signals with a small number of available measurements. For points of objects that are very close, high-resolution methods can be used for separation. Well known methods, such as Capon and MUSIC techniques, have been applied to separate related components in the sparsity domain. In the case of moving objects, a technique has been developed based on finding the velocity component in order to obtain an accurate signal.

The methods used to decompose signals in dispersive channels are based on the approximately polynomial nature of these signals. In this sense, the polynomial Fourier transform and the dual polynomial Fourier transform were used in the analysis. The dual polynomial Fourier transform was used as a domain of sparsity, in the reconstruction of sparse non-stationary signals, with special reference to the reconstruction of signals affected by impulsive noise.

In addition to these results, the development of methods for the reconstruction of noisy images is also presented. It is assumed that the image is sparse in the 2D-DCT domain and that noisy pixels destroy this property. The method is based on finding corrupted pixels using the gradient of each pixel, after which they should be declared unavailable and reconstructed with the gradient-based reconstruction method.

The obtained results were verified statistically, by conducting a large number of computer simulations. Also, part of the results was verified experimentally.

3. FINAL EVALUATION OF THE DISSERTATION

The doctoral dissertation of the candidate MSc Isidora Stanković contains original and significant scientific contributions in the field of digital signal processing. The dissertation meets modern requirements and standards for the preparation of a doctoral dissertation. During the preparation of the dissertation, the candidate gained and demonstrated a high level of knowledge of the considered research areas. In accordance with the established methodology of scientific research, the candidate clearly set the expected goals of the dissertation. In order to achieve them, she applied adequate research methods, starting from the available literature and known techniques to identify the problem and solving it in the

most efficient way. She adequately confirmed the achieved results by appropriate analysis, both in the theoretical part and in the experimental part, using synthetic and real signals. She critically and comprehensively compared the achieved results with competitive techniques, with a clear explanation of the advantages and disadvantages.

During the implementation of the goals, the candidate successfully identified new research challenges and showed the ability to conduct scientific research activities with a high degree of independence. The Commission concludes that the expectations, goals and contributions presented in the doctoral thesis application have been fully met. The dissertation contains the necessary details for reproduction of the presented experimental results. The applied algorithms are defined by pseudo-codes, with all the necessary details in order to facilitate checking and repeating the results. Possible limitations and specifics of the experiments are explicitly indicated in their description and/or presentation of the results.

The conducted research in the dissertation created new challenges and opened space for future contributions in this field, such as:

- usage of high resolution techniques, in combination with polynomial Fourier transform, for signal decomposition in dispersive channels;
- derivation of exact reconstruction error for time-varying signals in dispersive channels, especially for signals sparse in the dual polynomial Fourier transform;
- reconstruction error analysis for different sequences, in order to obtain a robust solution for further analysis of signals transmitted under water, in dispersive circumstances;
- application of methods for reconstruction of images in areas such as sonar imaging and underwater acoustics.

4. ORIGINAL SCIENTIFIC CONTRIBUTION

The main goal of this dissertation is the analysis and application of compressive sensing of non-stationary signals, with reference to the reconstruction of signals in sonar systems and underwater acoustics. In addition, the exact error of the reconstruction of non-stationary signals was performed, as well as the detection and reconstruction of two-dimensional signals (images) using a reconstruction algorithm based on the gradient calculation. With regard to the original scientific contribution, the Commission highlights in particular the results of research published through 10 papers in journals (SCI/SCIE list) with high IMPACT factors. The Commission distinguishes the following original scientific contributions:

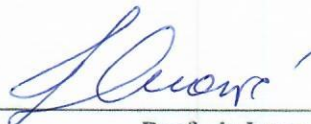
- Analysis of the influence of missing samples on the reconstruction of non-stationary signals, nonsparse in the time-frequency domain, with the assumption that they are sparse in the initial form.
- Analysis of the reconstruction of nonsparse signals in the time-frequency domain, sampled uniformly, non-uniformly and randomly.
- Analysis of the influence of quantization and quantization noise on the results of reconstruction of non-stationary signals.
- Reconstruction of wideband sonar images using complex sequences in combination with compressive sensing techniques.

- Detailed study of sequences and their performance in different circumstances, in terms of the impact of noise, the number of missing measurements and the number of points of the object that can be reconstructed.
- Setting a real problem of reconstruction of sonar images in the laboratory, using water tanks, transducers and techniques developed in the thesis in order to detect and locate objects at the bottom of the tank.
- Development of theory and application of high-resolution methods in the reconstruction of wideband sonar images with close objects, as well as calculation of motion parameters of the object.
- Application of dual transformations to non-stationary signals in dispersive channels.
- Development of a model-based technique for reconstruction of non-stationary signals in dispersive channels.
- Development of a gradient-based algorithm for blind detection of noisy pixels in images.

5. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

Based on the above, the Commission concludes that the doctoral dissertation of the candidate MSc Isidora Stanković meets all formal, legal and essential requirements, as well as all criteria that are commonly applied when evaluating doctoral dissertations. The presented research results include significant and original scientific contributions in the field of compressive sensing, reconstruction and analysis of non-stationary signals. Scientific contributions are verified through ten papers published in eminent international scientific journals (SCI/SCIE list) with high IMPACT factors. Taking into account the above facts, with special reference to the quality and scope of results, the Commission is pleased to propose to the Council of the Faculty of Electrical Engineering and the Senate of the University of Montenegro to accept the doctoral dissertation entitled "Analysis of non-stationary signals: the contribution of compressive sensing for interference management in dispersive media", of the candidate MSc Isidora Stanković, and to approve thesis defense.

19.10.2020, Podgorica, Montenegro



Prof. dr Irena Orović,
University of Montenegro, Faculty of Electrical Engineering



Prof. dr Miloš Daković,
University of Montenegro, Faculty of Electrical Engineering



Prof. dr Cornel Ioana,
GIPSA-Lab, Institute Polytechnique de Grenoble, Grenoble, France

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. Od 2005-2010 godine bila je saradnik u nastavi na Elektrotehničkom fakultetu, zatim od 2010-2015 docent na Univerzitetu Crne Gore, od 2015-2020 vanredni profesor. U junu 2020. izabrana je u zvanje redovnog profesora.

Postdiplomske studije je upisala u septembru 2005. godine na Elektrotehničkom fakultetu (odsjek Elektronika, telekomunikacije 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 TRIMO 2011 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 130 naučnih radova od čega oko 60 u vodećim svjetskim časopisima (časopisi sa SCI/SCIE 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. Od knjiga i monografija inostranih izdavača objavila je dvije knjige: “Multimedia Signals and Systems”, Springer 2012 na engleskom jeziku publikovanu od strane svjetskog izdavača Springer-a, kao i „Multimedia Signals and Systems: Basic and Advanced Algorithms for Signal Processing“, zatim poglavlje u međunarodnoj monografiji “Time-Frequency Analysis of Micro-Doppler Signals Based on Compressive Sensing, " Compressive Sensing for Urban Radar, CRC-Press, 2014”, poglavlje u enciklopediji: „Sparse Signal Reconstruction“ in Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, Wiley 2017.

Recenzent je u mnogobrojnim časopisima, među kojima je više njih iz IEEE i IEE izdanja.

Bila je rukovodilac Računarskog centra na Elektrotehničkom fakultetu, i šef studijskog programa Elektronika, telekomunikacije, računari.

U periodu od 2011.-2015. godina dr Irena Orović je bila potpredsjednik i član Savjeta za naučno-istraživačku djelatnost u Crnoj Gori (Ministarstvo nauke Crne Gore).

Od decembra 2017. godine obavlja funkciju Prorektora za nauku i istraživanje.

Predsjednik je Naučnog odbora Univerziteta Crne Gore.

Skupština Crne Gore izabrala je u junu 2020. godine za člana nacionalnog Savjeta za visoko obrazovanje.

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

DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI

1. **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>

2. **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>

3. **I. Orović**, S. Stanković, and 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*, 2014 (ISSN: 1751-9675, DOI: 10.1049/iet-spr.2013.0354)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6816977&newsearch=true&queryText=Time-Frequency%20Based%20Instantaneous%20Frequency%20Estimation%20of%20Sparse%20Signals%20from%20an%20Incomplete%20Set%20of%20Samples>

SCI lista:

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

4. **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>

5. **I. Orović**, S. Stanković, and B. Jokanović, "A Suitable Hardware Realization for the Cohen Class Distributions," *IEEE Transactions on Circuits and Systems II*, vol. PP, no.99, pp.1-5, avg. 2013. (ISSN: 1549-7747, DOI: 10.1109/TCSII.2013.2273724)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=6576864&newsearch=true&queryText=A%20Suitable%20Hardware%20Realization%20for%20the%20Cohen%20Class%20Distributions>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20TRANSACTIONS%20ON%20CIRCUITS%20AND%20SYSTEMS%20II-EXPRESS%20BRIEFS>

6. LJ. 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>

7. **I. Orović**, S. Stanković, and M. Amin, "A New Approach for Classification of Human Gait Based on Time-Frequency Feature Representations," *Signal Processing*, Vol. 91, No. 6, pp. 1448-1456, June 2011. (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2010.08.013)

Link na rad:

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168410003506>

SCI lista:

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

8. **I. Orović**, M. Orlandić, S. Stanković, and Z. Uskoković, "A Virtual Instrument for Time-Frequency Analysis of Signals with Highly Non-Stationary Instantaneous Frequency," *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, Vol. 60, No. 3, pp. 791 - 803, March 2011 (ISSN: 0018-9456, DOI: 10.1109/TIM.2010.2060227)

Link na rad:

<http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?arnumber=5618562&newsearch=true&queryText=A%20Virtual%20Instrument%20for%20Time-Frequency%20Analysis%20of%20Signals%20with%20Highly%20Non-Stationary%20Instantaneous%20Frequency>

SCI lista:

<http://science.thomsonreuters.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&Full=IEEE%20TRANSACTIONS%20ON%20INSTRUMENTATION%20AND%20MEASUREMENT>

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

Link na rad:

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

SCI lista:

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

10. S. Stanković, **I. Orović**, N. Žarić, and C. Ioana, "Two Dimensional Time-Frequency Analysis based Eigenvalue Decomposition Applied to Image Watermarking," *Multimedia Tools and Applications*, Vol.49, No. 3, Sept. 2010., pp. 529-543. (Print ISSN: 1380-7501, Online ISSN: 1573-7721, DOI: 10.1007/s11042-009-0446-x)

Link na rad:

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

SCI lista:

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



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.ac.me
web_www.ucg.ac.me
University of Montenegro

Broj / Ref 03 - 2400

Datum / Date 04.06.2020

UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

Prim:	05.06.2020		
Org:	Bra:	Prilog:	Vrijednost:
02/1	608		

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, 55/18, 3/19, 17/19, 47/19) i člana 32 stav 1 tačka 9 Statuta Univerziteta Crne Gore, Senat Univerziteta Crne Gore na sjednici održanoj 04.06.2020. godine, donio je

ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

Dr Irena Orović bira se u akademsko zvanje redovni profesor Univerziteta Crne Gore za **oblasti Računarstvo i Digitalna obrada signala**, na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore, na neodređeno vrijeme.



**SENAT UNIVERZITETA CRNE GORE
PREDSJEDNIK**

Prof. dr Danilo Nikolić, rektor

Prof. dr Miloš Daković

BIOGRAFIJA

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

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

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

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

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

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

DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI

1. LJ. Stanković, **M. Daković**, and T. Thayaparan, *Time-Frequency Signal Analysis with Applications*, Artech House, Boston, March 2013 (ISBN- 978-1-60807-651-2, eBook ISBN: 978-1-60807-652-9)
Link knjige na sajtu Amazon.com: <http://www.amazon.com/Time-Frequency-Signal-Analysis-Applications-Artech/dp/1608076512>
Pregled knjige dostupan je na books.google.com. Knjiga se može pronaći i na sajtu renomiranog međunarodnog izdavača Artech House: www.artechhouse.com
2. LJ. Stanković, S. Stanković, and **M. Daković**, "From the STFT to the Wigner distribution," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol. 31, No. 3, May 2014, pp. 163-174 (ISSN: 1053-5888, DOI: 10.1109/MSP.2014.2301791)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6784080/>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1053-5888>
3. S. Vujošević, S. Mujović, and **M. Daković**, "Analysis of Real Overvoltage Disturbances by Using Nonstationary Signal Processing Techniques," *Advances in Electrical and Computer Engineering*, vol.15, no.3, pp.23-32, 2015, doi:10.4316/AECE.2015.03004
Link na rad: <http://www.aece.ro/abstractplus.php?year=2015&number=3&article=4>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1582-7445>

4. LJ. Stanković, **M. Daković**, and E. Sejdić, "Vertex-Frequency Analysis: A Way to Localize Graph Spectral Components," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.34, No. 4, July 2017, pp. 176-182
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7974871/>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1053-5888>
5. 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>
6. LJ. Stanković, **M. Daković**, T. Thayaparan, and V. Popović-Bugarin, "Inverse Radon Transform Based Micro-Doppler Analysis from a Reduced Set of Observations," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 51, No. 2, April 2015. (ISSN: 0018-9251, DOI: 10.1109/TAES.2014.140098)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7126172/>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0018-9251>
7. LJ. Stanković, **M. Daković**, and T. Thayaparan, "A Real-Time Time-Frequency Based Instantaneous Frequency Estimator," *Signal Processing*, Volume 93, Issue 5, May 2013, pp.1392-1397 (ISSN: 0165-1684, DOI: 10.1016/j.sigpro.2012.11.005)
Link na rad: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0165168412004008>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0165-1684>
8. LJ. Stanković, **M. Daković**, T. Thayaparan, and V. Popović-Bugarin, "Micro-Doppler Removal in the Radar Imaging Analysis," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 49, No. 2, April 2013, pp.1234-1250 (ISSN: 0018-9251, DOI: 10.1109/TAES.2013.6494410)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/document/6494410/>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=0018-9251>
9. **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>
10. LJ. Stanković, T. Thayaparan, and **M. Daković**, "Signal Decomposition by Using the S-Method with Application to the Analysis of HF Radar Signals in Sea-Clutter," *IEEE Transactions on Signal Processing*, Vol.54, No.11, Nov. 2006, pp.4332- 4342 (ISSN: 1053-587X, DOI: 10.1109/TSP.2006.880248)
Link na rad: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1710379/>
SCI lista:
<http://mjl.clarivate.com/cgi-bin/jrnlst/jlresults.cgi?PC=MASTER&ISSN=1053-587X>



Univerzitet Crne Gore

adresa / address: Cetinska br. 2
81000 Podgorica, Crna Gora
telefon / phone: 00382 20 414 255
fax: 00382 20 414 230
mail: rektorat@ucg.me
web: www.ucg.ac.me

University of Montenegro

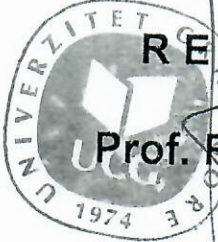
Broj / Ref 03-79

Datum / Date 12. 01. 2017

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

ODLUKU O IZBORU U ZVANJE

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


REKTOR
Prof. Radmila Vojvodić

Crna Gora
UNIVERZITET CRNE GORE
ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET

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

Prof. dr Cornel Ioana

BIOGRAFIJA

Cornel Ioana received the Dipl.-Eng. degree in electrical engineering from the Romanian Military Technical Academy of Bucharest, Romania, in 1999 and the M.S. degree in telecommunication science and the Ph.D. degree in the electrical engineering field, both from University of Brest-France, in 2001 and 2003, respectively. Between 1999 and 2001, he activated as a Military Researcher in a research institute of the Romanian Ministry of Defense (METRA), Bucharest, Romania. Between 2003 and 2006, he worked as Researcher and Development Engineer in ENSIETA, Brest, France. Since 2006, he has been an Associate Professor-Researcher with the Grenoble Institute of Technology/GIPSA-lab. His current research activity deals with the signal processing methods adapted to the natural phenomena. His scientific interests are nonstationary signal processing, natural process characterization, underwater systems, electronic warfare, and real-time systems.

PREVOD BIOGRAFIJE

Cornel Ioana je diplomirao je elektrotehniku na Rumunskoj vojno-tehničkoj akademiji iz Bukurešta, Rumunija, 1999. godine. Zvanje magistra u oblasti telekomunikacije i doktora nauka na polju elektrotehnike stekao je na Univerzitetu u Brest-France, 2001., odnosno 2003. godine. Između 1999. i 2001. radio je kao vojni istraživač u institutu Ministarstva odbrane Rumunije (METRA), Bukurešt, Rumunija. Između 2003 i 2006, radio je kao istraživač i inženjer razvoja u ENSIETA-i, Brest, Francuska. Od 2006. godine je vanredni profesor-istraživač u Grenoble-ovom tehnološkom institutu/laboratorija GIPSA. Njegova trenutna istraživačka aktivnost su metode obrade signala prilagođenim prirodnim pojavama. Njegova naučna interesovanja su nestacionarna obrada signala, karakterizacija prirodnog procesa, podvodni sistemi, elektronsko ratovanje i sistemi u realnom vremenu.

DESET ZNAČAJNIJIH REFERENCI

1. **C. Ioana**, A. Jarrot, C. Gervaise, Y. Stéphan and A. Quinquis, "Localization in Underwater Dispersive Channels Using the Time-Frequency-Phase Continuity of Signals," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 58, no. 8, pp. 4093-4107, Aug. 2010, doi: 10.1109/TSP.2010.2048102.

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5446397>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1053-587X&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

2. **C. Ioana**, A. Quinquis and Y. Stephan, "Feature Extraction From Underwater Signals Using Time-Frequency Warping Operators," IEEE Journal of Oceanic Engineering, vol. 31, no. 3, pp. 628-645, July 2006, doi: 10.1109/JOE.2006.875275.

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4089039>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=0364-9059&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

3. **C. Ioana**, C. Gervaise, Y. Stéphan, J. Mars, "Analysis of underwater mammal vocalisations using time-frequency-phase tracker", Applied Acoustics, vol. 71, no. 11, 2010, pp. 1070-1080, <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.04.009>.

Link na rad: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0003682X10000903>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=0003-682X&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

4. C. Cornu, S. Stankovic, **C. Ioana**, A. Quinquis and L. Stankovic, "Generalized Representation of Phase Derivatives for Regular Signals," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 55, no. 10, pp. 4831-4838, Oct. 2007, doi: 10.1109/TSP.2007.896280.

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4305433>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1053-587X&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

5. J. J. Zhang, A. Papandreou-Suppappola, B. Gottin and **C. Ioana**, "Time-Frequency Characterization and Receiver Waveform Design for Shallow Water Environments," IEEE Transactions on Signal Processing, vol. 57, no. 8, pp. 2973-2985, Aug. 2009, doi: 10.1109/TSP.2009.2020363.

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4811961>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1053-587X&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

6. **C. Ioana**, A. Quinquis, "Time-Frequency Analysis Using Warped-Based High-Order Phase Modeling", EURASIP Journal on Advances in Signal Processing, 2005, Article number: 798410 (2005). <https://doi.org/10.1155/ASP.2005.2856>

Link na rad: <https://link.springer.com/article/10.1155/ASP.2005.2856>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1687-6180&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

7. I. Orović, V. Papić, **C. Ioana**, X. Li, S. Stankovic, "Compressive Sensing in Signal Processing: Algorithms and Transform Domain Formulations", *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 106, Article ID 7616393, <https://doi.org/10.1155/2016/7616393>

Link na rad: <https://www.hindawi.com/journals/mpe/2016/7616393/>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1024-123X&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

8. A. Papandreou-Suppappola, **C. Ioana**, J. J. Zhang, "Time-Scale and Dispersive Processing for Wideband Time-Varying Channels", chapter in "Wireless Communications Over Rapidly Time-Varying Channels", pp. 375—416, 2011, doi: [10.1016/B978-0-12-374483-8.00009-1](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374483-8.00009-1)

Link na rad: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123744838000091>

Link knjige na sajtu renomiranog izdavača Elsevier:
<https://www.elsevier.com/books/wireless-communications-over-rapidly-time-varying-channels/hlawatsch/978-0-12-374483-8>

9. N.F. Josso, J.J. Zhang, A. Papandreou-Suppappola, **C. Ioana**, T.M. Duman, "Nonstationary System Analysis Methods for Underwater Acoustic Communications", *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2011, Article number: 807472 (2011). <https://doi.org/10.1155/2011/807472>

Link na rad: <https://link.springer.com/article/10.1155/2011/807472>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1687-6180&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

10. I. Candel, **C. Ioana**, and B. Reeb, "Robust sparse representation for adaptive sensing of turbulent phenomena," *IET Signal Processing*, vol. 8, no. 3, pp. 285-290, May 2014, doi: [10.1049/iet-spr.2013.0353](https://doi.org/10.1049/iet-spr.2013.0353).

Link na rad: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6817256>

SCI lista: https://mjl.clarivate.com:/search-results?issn=1751-9675&hide_exact_match_fl=true&utm_source=mjl&utm_medium=share-by-link&utm_campaign=search-results-share-this-journal

Service Ressources Humaines
SERRE Claude
Gestionnaire administrative
Claude.serre@grenoble-inp.fr
Tel : 04 76 82 52 75
21, avenue des Martyrs – CS 90624
38031 GRENOBLE Cedex 1

Grenoble, le 20 juillet 2020

ATTESTATION EMPLOYEUR

Je, soussignée AUBERT Céline, Directrice Administrative de l'Ecole Nationale Supérieure de l'Energie, l'Eau et l'Environnement certifie que

Monsieur Ioana Cornel est Fonctionnaire titulaire - Enseignant Chercheur, Maître de Conférences à Grenoble INP Ense3, et au laboratoire de recherche Gipsa-Lab.

Fait pour servir et valoir ce que de droit,


Céline AUBERT
Directrice Administrative
Ecole Nationale Supérieure
de l'Energie, l'Eau
et l'Environnement

École nationale
Supérieure de
l'Energie,
l'Eau et
l'Environnement

Grenoble INP – Ense³
21 Avenue des Martyrs
CS 90624
38031 GRENOBLE CEDEX 1

Tél : +33 (0)4 76 82 62 00

Attestation établie à la demande de l'intéressé

**École nationale
Supérieure de l'Energie,
l'Eau et l'Environnement**

Grenoble INP – Ense³
21 Avenue des Martyrs
CS 90624
38031 GRENOBLE CEDEX 1

Tél : +33 (0)4 76 82 62 00
Fax : +33 (0)4 76 82 63 01

<http://ense3.grenoble-inp.fr>

мјеста. Са припремним радовима се почело почетком јула, а до сада је ревитализовано око 30 одсто далековода, на којем је замијењено око 300 стубо-

ва. При том оперативном тимом корисника одговорили су на питања „Дана“ из Службе за корпоративне комуникације ЦЕДИС-а. **Б.Б.**

UNIVERZITET CRNE GORE
Elektrotehnički fakultet u Podgorici

О В А В Ј Е Ш Т А В А

javnost da se doktorska disertacija „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima“, kandidatkinje MSc **Isidore Stanković**, saradnice u nastavi na Elektrotehničkom fakultetu u Podgorici i Izvještaj Komisije za ocjenu doktorske disertacije, u sastavu:

Prof. dr Irena Orović, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore,
Prof. dr Miloš Daković, Elektrotehnički fakultet Univerziteta Crne Gore,
Prof. dr Cornel Ioana, Institute Polytechnique de Grenoble, Grenoble, Francuska,

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

„ДАН“ 23.10.2020.

се нијесу појавили најављени министар културе, па ни предсједник општине. Било је најављено да ће министар културе отворити манифестацију коју је и сам прогласио од посебног значаја. Ипак, тога дана, он је

у дијелу усвајања извјештаја о вечери поезије“, додајући „Д“ политички кишобран изнад Р слободно тече по мору“ како ј

ИЗ СЕКРЕТАРИЈАТА ЗА ФИНАНСИЈЕ ОПШТИНЕ БАР ОДГОВОРИЛИ

Ребаланс буџета урађен п

БАР – Секретаријат за финансије Општине Бар реаговао је на саопштење барског одбора Праве Црне Горе од 18. октобра, у којем је предсједник иницијалног одбора Праве **Вукан Голубовић** критиковао нацрт ребаланса општинског буџета. Из Секретаријата за финансије кажу да је одлука о ребалансу буџета припремана у складу са свим важећим прописима.

- У тренутку припреме ребаланса познато је стање средстава на дан 31.12. претходне године, јер је и завршни рачун за претходну годину већ усвојен у Скупштини, па је обавеза обрађивача ребаланса да у истом прикаже тачан износ новчаних средстава који је пренијет као почетни депозит на дан 1.1. године за коју се доноси. Нажалост, Голубовић је криво протумачио ову законску обавезу. Слична је ситуација и са тумачењем плана прихода од продаје нефинансијске имовине, који су услед исказаног интересовања инвеститора ребалансом повећан, о чему је Голубовић вјероватно дао произвољну оцјену. На дан планирања ребаланса интересовање за куповину земљишта је веће него што је било у моменту планирања одлуке о буџету



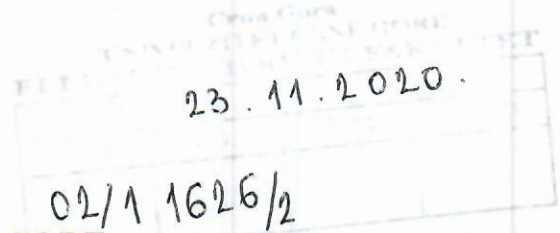
за 2020. годину, што је и образложење предлогу ребаланса. Остварење свих других прихода биће претходног рачуна за 2020. годину Секретаријата за финансије и Голубовић предложио да се ума у локалној управи плате смањења просвјетним радницима

- Притом наводећи неистину да су средства за трансферовања намијењена за просвјетне раднике, што није тачно, већ доминантно воз ученика, који финансира С



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@ucg.me
web_ www.ucg.ac.me
Central University Library
University of Montenegro

Broj / Ref_ 0/6 1-c-234/1
Datum / Date 23.11.2020



UNIVERZITET CRNE GORE

ELEKTROTEHNIČKI FAKULTET - PODGORICA

N/r sekretaru

Gospođi mr Valentini Lješević - Dedić

Poštovana gospođo Dedić,

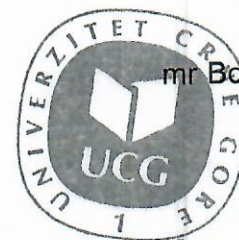
U prilogu ovog akta dostavljamo Vam doktorsku disertaciju „Analiza nestacionarnih signala: doprinos kompresivnog odabiranja u smanjenju interferencija u disperzivnim kanalima“, kandidatkinje MSc Isidore Stanković, koja je u skladu sa članom 42 stav 3 Pravila doktorskih studija dostavljena **Centralnoj univerzitetskoj biblioteci** 22.10.2020. godine, na uvid i ocjenu javnosti.

Na navedeni rad nije bilo primjedbi javnosti u predviđenom roku od 30 dana.

Molimo Vas da nam nakon odbrane dostavite konačnu verziju doktorske disertacije.

S poštovanjem,

DIREKTOR



mr Bosiljka Cicmil

Pripremio:

Ognjen Savić
bibliotekar
Tel: 020 414 245
e-mail: cub@ucg.ac.me

ZA Oprelas

Biografija – Isidora Stanković

Isidora Stanković rođena je 02.04.1993. godine u Podgorici, Republika Crna Gora. Osnovnu školu „Maksim Gorki” u Podgorici završila je 2007. godine kao dobitnica diplome „Luča“. Opšti smjer podgoričke gimnazije „Slobodan Škerović“ završila je 2011. godine.

U septembru 2011. godine upisuje Vestminster Univerzitet (University of Westminster), London, Ujedinjeno Kraljevstvo, na smjeru Elektronika. Tema njenog diplomskog rada bila je „Rijetki (sparse) signali: analiza i rekonstrukcija”. Tokom studija, bila je na Dekanovoj listi najboljih studenata. Kao jedan od najboljih studenata Fakulteta za nauku i tehnologiju, dobitnik je nagrade za dostignuće, a dobitnik je i bronzane medalje za inženjerstvo kao jedan od najboljih studenata završne godine.

Nakon osnovnih studija, upisuje Master studije na Imperijal Koledžu u Londonu, jednom od najboljih svjetskih univerziteta u oblasti elektrotehnike. Tamo upisuje smjer za Komunikacije i obradu signala. Master tezu, pod mentorstvom profesora Wei-a Dai-a, odbranila je u septembru 2015. godine na temu: „Praćenje globalne Ozonske gustine sa nedostajućim podacima”.

Nakon završenih Master studija, upisala je doktorske studije na Univerzitetu Crne Gore. Takođe upisuje doktorske studije na Univerzitetu u Grenoblu (University of Grenoble Alpes), i zvanično postaje student programa duple diplome (double-degree program) ova dva univerziteta.

Isidora Stanković je, između ostalog, bila angažovana kao konsultant na projektu "New ICT Compressive sensing based trends applied to: multimedia, biomedicine and communications - CS-ICT", na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta Crne Gore.

Od početka rada na doktoratu, kao autor ili ko-autor, objavila je 10 radova (publikovanih ili prihvaćenih za publikovanje) u renomiranim časopisima indeksiranim na SCI listi, među kojima su IEEE Access (impact factor 4.098), IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters (impact factor 3.534), Signal Processing, Elsevier (impact factor 4.086), Multimedia Tools and Applications, Springer, (impact factor 2.101), IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems (impact factor 2.063). Dodatno, kao autor ili ko-autor, objavila je i prezentovala 30 radova na međunarodnim konferencijama. Objavila je i dva rada u časopisima od nacionalnog značaja, kao i jedno poglavlje u knjizi renomiranog izdavača CRC. Recenzirala je radove u nekoliko časopisa i konferencija.

Spisak radova sa rezultatima iz doktorske teze – MSc Isidora Stanković

Vodeći naučni časopisi (SCI/SCIE lista):

1. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, "Decomposition and Analysis of Signals Sparse in the Dual Polynomial Fourier Transform," *Microprocessors and Microsystems*, vol. 63, pp. 209-215, November 2018.
2. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, "Quantization in Compressive Sensing: A Signal Processing Approach," *IEEE Access*, early access publication, 10 March 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2979935
3. **I. Stanković**, I. Orović, M. Daković, and S. Stanković, "Denoising of Sparse Images in Impulsive Disturbance Environment," *Multimedia Tools and Applications*, vol. 77, no. 5, pp. 5885–5905, March 2018, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4502-7>
4. M. Brajović, **I. Stanković**, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, "Error in the Reconstruction of Nonsparse Images," *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2018 (2018), Article ID 4314527, 10 pages <https://doi.org/10.1155/2018/4314527>
5. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "On the reconstruction of nonsparse time-frequency signals with sparsity constraint from a reduced set of samples," *Signal Processing*, vol. 142, January 2018, pp. 480-484, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2017.07.036>
6. LJ. Stanković, M. Brajović, **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Reconstruction Error in Nonuniformly Sampled Approximately Sparse Signals," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 17, 2020, in print, doi: 10.1109/LGRS.2020.2968137
7. LJ. Stanković, M. Daković, **I. Stanković**, and S. Vujović, "On the Errors in Randomly Sampled Nonsparse Signals Reconstructed with a Sparsity Assumption," *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 14, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 2453 - 2456, DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664
8. LJ. Stanković, **I. Stanković**, and M. Daković, "Nonsparsity Influence on the ISAR Recovery from Reduced Data," *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 52, Issue: 6, Dec. 2016, pp. 3065 - 3070, DOI: 10.1109/TAES.2016.160312

Medjunarodne konferencije (indeksirane u SCOPUS i IEEE Xplore):

1. **I. Stanković**, J. S. Sewada, M. Geen, C. Ioana, M. Daković, and J. Mars, "Transmitted Sequence Influence to Sonar Target Detection using Compressive Sensing," *IEEE OCEANS 2019*, Seattle, WA, USA, October 2019.
2. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Brajović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Time-Varying Cross-Range in Wideband Sonar Imaging," *11th Int'l Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA 2019)*, Dubrovnik, Croatia, September 2019.
3. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Sequence Comparison in Reconstruction and Targeting in Underwater Sonar Imaging," *IEEE OCEANS 2019*, Marseille, France, June 2019.
4. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Daković, and LJ. Stanković, "Analysis of off-grid effects in wideband sonar images using compressive sensing," *IEEE OCEANS 2018*, Charleston, South Carolina, USA, October 2018.
5. LJ. Stanković, M. Brajović, **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Analysis of Initial Estimate Noise in the Sparse Randomly Sampled ISAR Signals," *5th*

- International Workshop on Compressed Sensing applied to Radar, Multimodal Sensing, and Imaging (CoSeRa)*, Siegen, Germany, September 2018.
6. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, and C. Ioana, "Effect of Random Sampling on Noisy Nonsparse Signals in Time-Frequency Analysis," *26th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2018*, Rome, Italy, September 2018.
 7. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Daković, and I. Candel, "Sparse Signal Reconstruction in Dual Polynomial Fourier Transform," *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2018*, Budva, Montenegro, June 2018.
 8. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "High-Resolution Local Polynomial Fourier Transform in Acoustic Signal Analysis," *59th International Symposium ELMAR 2017*, September 18-20, Zadar, Croatia
 9. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Model-based decomposition of acoustic signals in dispersive environment," *26th Symposium GRETSI 2017*, September 5-8, Juan-les-Pins, France
 10. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, "Time-Frequency Signal Reconstruction of Nonsparse Audio Signals," *22nd International Conference on Digital Signal Processing IEEE DSP 2017*, August 23-25, London, United Kingdom
 11. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, "Decomposition of Signals in Dispersive Channels using Dual Polynomial Fourier Transform," *6th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO*, Bar, Montenegro, June 2017
 12. **I. Stanković**, M. Daković, and I. Orović, "Overlapping Blocks in Reconstruction of Sparse Images," *40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO*, Opatija, Croatia, May 2017
 13. **I. Stanković**, I. Orović, S. Stanković, and M. Daković, "Iterative Denoising of Sparse Images," *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2016*
 14. **I. Stanković**, I. Orović, and S. Stanković, "Image Reconstruction from a Reduced Set of Pixels using a Simplified Gradient Algorithm," *22nd Telecommunications Forum TELFOR 2014*, Belgrade, Serbia

Kompletna bibliografija – Isidora Stanković

Master teza:

1. **I. Stanković**, “Track Global Ozone Density with Missing Data,” *Master Thesis*, Imperial College London, Sept. 2015.

Vodeći naučni časopisi (SCI/SCIE lista):

1. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, “Bit-depth quantization and reconstruction error in images,” *Signal, Image and Video Processing*, accepted, 2020.
2. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, “Quantization in Compressive Sensing: A Signal Processing Approach,” *IEEE Access*, early access publication, 10 March 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2979935
3. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, “Decomposition and Analysis of Signals Sparse in the Dual Polynomial Fourier Transform,” *Microprocessors and Microsystems*, vol. 63, pp. 209-215, November 2018.
4. **I. Stanković**, I. Orović, M. Daković, and S. Stanković, “Denoising of Sparse Images in Impulsive Disturbance Environment,” *Multimedia Tools and Applications*, vol. 77, no. 5, pp. 5885–5905, March 2018, DOI: <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4502-7>
5. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, “On the reconstruction of nonsparse time-frequency signals with sparsity constraint from a reduced set of samples,” *Signal Processing*, vol. 142, January 2018, pp. 480-484, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sigpro.2017.07.036>
6. LJ. Stanković, M. Brajović, **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, “Reconstruction Error in Nonuniformly Sampled Approximately Sparse Signals,” *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 17, 2020, in print, doi: 10.1109/LGRS.2020.2968137
7. N. A. Khan, M. Mohammadi, and **I. Stanković**, “Sparse Reconstruction based on iterative TF domain filtering and Viterbi based IF estimation Algorithm,” *Signal Processing*, vol. 166, January 2020, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2019.107260>
8. LJ. Stanković, M. Daković, **I. Stanković**, and S. Vujović, “On the Errors in Randomly Sampled Nonsparse Signals Reconstructed with a Sparsity Assumption,” *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, Vol: 14, Issue: 12, Dec. 2017, pp. 2453 - 2456, DOI: 10.1109/LGRS.2017.2768664
9. M. Brajović, **I. Stanković**, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, “Error in the Reconstruction of Nonsparse Images,” *Mathematical Problems in Engineering*, Volume 2018 (2018), Article ID 4314527, 10 pages <https://doi.org/10.1155/2018/4314527>
10. LJ. Stanković, **I. Stanković**, and M. Daković, “Nonsparsity Influence on the ISAR Recovery from Reduced Data,” *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, Vol. 52, Issue: 6, Dec. 2016, pp. 3065 - 3070, DOI: 10.1109/TAES.2016.160312

Drugi medjunarodni, regionalni i nacionalni časopisi:

1. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Analysis of Noise in Complex-Valued Binary and Bipolar Sigmoid Compressive Sensing," *Telfor Journal*, vol. 11, no. 1, 2019.
2. LJ. Stanković, and **I. Stanković**, "Reconstruction of Sparse and Nonsparse Signals From a Reduced Set of Samples," *ETF Journal of Electrical Engineering*, Vol.21, Dec. 2015, pp.147-169.

Medjunarodne konferencije (indeksirane u SCOPUS i IEEE Xplore):

1. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, LJ. Stanković, and C. Ioana, "Quantization Effect in Nonuniform Nonsparse Signal Reconstruction," *9th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2020*, Budva, Montenegro, June 2020.
2. M. Daković, M. Ponjavić, **I. Stanković**, J. Lerga, and C. Ioana, "Time-Frequency Analysis of Ionospheric Whistler Signals," *27th Telecommunications Forum TELFOR 2019*, Belgrade, Serbia, Nov. 2019.
3. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, C. Ioana, and LJ. Stanković, "On the Quantization and the Probability of Misdetection in Compressive Sensing," *27th Telecommunications Forum TELFOR 2019*, Belgrade, Serbia, Nov. 2019.
4. **I. Stanković**, J. S. Sewada, M. Geen, C. Ioana, M. Daković, and J. Mars, "Transmitted Sequence Influence to Sonar Target Detection using Compressive Sensing," *IEEE OCEANS 2019*, Seattle, WA, USA, October 2019.
5. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Brajović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Time-Varying Cross-Range in Wideband Sonar Imaging," *11th Int'l Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA 2019)*, Dubrovnik, Croatia, September 2019.
6. M. Brajović, **I. Stanković**, LJ. Stanković, and M. Daković, "Decomposition of Two-Component Multivariate Signals with Overlapped Domains of Support," *11th Int'l Symposium on Image and Signal Processing and Analysis (ISPA 2019)*, Dubrovnik, Croatia, September 2019.
7. **I. Stanković**, A. Digulescu, C. Ioana, and K. Dayet, "Electric arc detection using compressive sensing," *27th Symposium GRETSI 2019*, Lille, France, August 2019.
8. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Sequence Comparison in Reconstruction and Targeting in Underwater Sonar Imaging," *IEEE OCEANS 2019*, Marseille, France, June 2019.
9. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, and C. Ioana, "Gradient-Descent Algorithm Performance With Reduced Set of Quantized Measurements," *8th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2019*, Budva, Montenegro, June 2019.
10. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, and LJ. Stanković, "Complex-Valued Binary Compressive Sensing," *26th Telecommunications Forum (TELFOR 2018)*, November 20 - 21, 2018, Belgrade, Serbia
11. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Daković, and LJ. Stanković, "Analysis of off-grid effects in wideband sonar images using compressive sensing," *IEEE OCEANS 2018*, Charleston, South Carolina, USA, October 2018.
12. M. Brajović, **I. Stanković**, C. Ioana, M. Daković, and LJ. Stanković, "Reconstruction of Rigid Body with Noncompensated Acceleration After Micro-Doppler Removal," *5th International Workshop on Compressed Sensing applied to Radar, Multimodal Sensing, and Imaging (CoSeRa)*, Siegen, Germany, September 2018.
13. LJ. Stanković, M. Brajović, **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Analysis of Initial Estimate Noise in the Sparse Randomly Sampled ISAR Signals," *5th*

- International Workshop on Compressed Sensing applied to Radar, Multimodal Sensing, and Imaging (CoSeRa)*, Siegen, Germany, September 2018.
14. **I. Stanković**, M. Brajović, M. Daković, and C. Ioana, "Effect of Random Sampling on Noisy Nonsparse Signals in Time-Frequency Analysis," *26th European Signal Processing Conference EUSIPCO 2018*, Rome, Italy, September 2018.
 15. **I. Stanković**, I. Djurović, and M. Daković, "Adaptive average BM3D filter for reconstruction of images with combined noise," *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2018*, Budva, Montenegro, June 2018.
 16. **I. Stanković**, C. Ioana, M. Daković, and I. Candel, "Sparse Signal Reconstruction in Dual Polynomial Fourier Transform," *7th Mediterranean Conference on Embedded Computing, MECO 2018*, Budva, Montenegro, June 2018.
 17. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "High-Resolution Local Polynomial Fourier Transform in Acoustic Signal Analysis," *59th International Symposium ELMAR 2017*, September 18-20, Zadar, Croatia
 18. **I. Stanković**, C. Ioana, and M. Daković, "Model-based decomposition of acoustic signals in dispersive environment," *26th Symposium GRETSI 2017*, September 5-8, Juan-les-Pins, France
 19. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, "Time-Frequency Signal Reconstruction of Nonsparse Audio Signals," *22nd International Conference on Digital Signal Processing IEEE DSP 2017*, August 23-25, London, United Kingdom
 20. 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*
 21. **I. Stanković**, M. Daković, and C. Ioana, "Decomposition of Signals in Dispersive Channels using Dual Polynomial Fourier Transform," *6th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO*, Bar, Montenegro, June 2017
 22. M. Daković, **I. Stanković**, M. Brajović, and L.J. Stanković, "Sparse Signal Reconstruction Based on Random Search Procedure," *40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO*, Opatija, Croatia, May 2017
 23. **I. Stanković**, M. Daković, and I. Orović, "Overlapping Blocks in Reconstruction of Sparse Images," *40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics MIPRO*, Opatija, Croatia, May 2017
 24. M. Daković, **I. Stanković**, J. Ender, and L.J. Stanković, "Sample Selection Strategy in DFT based Compressive Sensing," *24th Telecommunications Forum TELFOR 2016*, Belgrade, Nov 22-23, 2016
 25. L.J. Stanković, **I. Stanković**, and M. Daković, "Analysis of Noise and Nonsparsity in the ISAR Image Recovery from a Reduced Set of Data," *4th International Workshop on Compressed Sensing Theory and its Applications to Radar, Sonar and Remote Sensing (CoSeRa) 2016*, 19-22 September, Aachen, Germany, 2016.
 26. **I. Stanković**, and W. Dai, "Reconstruction of Global Ozone Density Data using a Gradient-Descent Algorithm," *58th International Symposium ELMAR-2016*, Zadar, Croatia, September 2016.
 27. S. Vujović, **I. Stanković**, M. Daković, and L.J. Stanković, "Comparison of a Gradient-Based and LASSO (ISTA) Algorithm for Sparse Signal Reconstruction," *5th Mediterranean Conference on Embedded Computing MECO 2016*, Bar, June 2016
 28. **I. Stanković**, I. Orović, S. Stanković, and M. Daković, "Iterative Denoising of Sparse Images," *39th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2016*

29. **I. Stanković**, and A. Draganić, "Compressive Sensing Reconstruction of Video Data based on DCT and Gradient-Descent Method," *23rd Telecommunications Forum, TELFOR 2015*
30. **I. Stanković**, I. Orović, and S. Stanković, "Image Reconstruction from a Reduced Set of Pixels using a Simplified Gradient Algorithm," *22nd Telecommunications Forum TELFOR 2014*, Belgrade, Serbia