

## NASTAVNO-NAUČNOM VEĆU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 30.08.2016. godine imenovalo nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Zlatka Veličkovića pod naslovom „Primena naprednih tehnika za estimaciju spektra FMCW radarskog signala“. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci kandidata

Zlatko M. Veličković je rođen 02.03.1992. godine u Pančevu. Završio je osnovnu i srednju školu u Pančevu kao učenik generacije. Tokom školovanja osvojio je više nagrada na takmičenjima iz matematike, biologije i srpskog jezika. Elektrotehnički fakultet upisao je 2011. godine. Diplomirao je na odseku za Elektroniku 2015. godine sa prosečnom ocenom 8,51. Diplomski rad „Sistem za lokalizaciju izvora zvuka primenom delay&sum metode“ uradio je u Institutu Mihajlo Pupin i odbranio u oktobru 2015. godine sa ocenom 10.

Ima objavljene naučne radove na nacionalnim konferencijama, i to: „Sistem za lokalizaciju izvora zvuka primenom delay&sum metode“, objavljen na Taktions konferenciji 2015. godine, kao i „Tekstualno zavisna identifikacija govornika korišćenjem MFCC koeficijenata i PSO algoritma“, objavljen na Yu Info konferenciji 2016. godine. Diplomске akademske – master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu, na Modulu za elektroniku upisao je u oktobru 2015. godine.

Od februara 2016. godine obavlja praksu u kompaniji NovellC u Beogradu, odakle je proistekao njegov master rad.

#### 2. Opis master rada

Master rad kandidata sadrži 64 strane teksta zajedno sa prikazanim slikama i tabelama. Rad sadrži 6 poglavlja i spisak literature. Spisak literature sadrži 15 referenci. Rad je napisan na engleskom jeziku.

U uvodu je ukratko opisan FMCW radar i njegov način funkcionisanja. Navedene su i poznate metode procesiranja radarskog signala. Takođe je dat i kratak pregled i opis svakog od poglavlja.

U prvom poglavlju je detaljno opisan rad FMCW radara, njegova struktura, modulacione šeme, prednosti i nedostaci. Modulacione šeme su takođe detaljno opisane.

Drugo poglavlje sadrži opis FMCW radarskog simulatora, softverskog modela FMCW radara u njemu, kao i neki reprezentativni scenariji u detekciji meta, što statičkih, što pokretnih, i određivanju udaljenosti od senzora i brzine kojim se mete kreću na osnovu spektra demodulisanog radarskog signala.

Treće poglavlje analizira rezoluciju brze Furijeove transformacije, njen uticaj na tačnost detekcije mete. Takođe, analizira se i rezolucija radara, koja je definisana samim hardverom. Analizirana je i povezanost ove dve rezolucije i njihov zajednički uticaj na tačnost detekcije.

Četvrto poglavlje detaljno opisuje napredne tehnike moderne estimacije spektra, neparametarske i parametarske. Svaka od metoda je poređena sa konvencionalnim FFT-om u detekciji meta. Metode su i međusobno analizirane, predložene su i najprimenjivije metode za detekciju meta iz demodulisanog radarskog signala. Opisane su i metode za određivanje reda modela parametarskih metoda estimacije, posebno za AR, posebno za MA, kao i za ARMA.

U petom poglavlju su opisani algoritmi za detekciju meta, koristeći FFT i druge metode spektralne estimacije. Algoritmi mogu da razlikuju nepokretne od pokretnih meta, kao i prave mete od lažnih, koje se javljaju kao posledica manjka informacija koji se može ekstrahovati iz demodulisanog radarskog signala.

U šestom poglavlju je dat detaljan opis FFT algoritama, način njihovog rada i opisan je VHDL kod napisan za dalju implementaciju FFT-a, što predstavlja jedan od prvih koraka u hardverskoj implementaciji FMCW radara.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Efikasnost radarskih sistema je postala jedan od značajnih zahteva koji moderni sistemi treba da zadovolje. U radu je predstavljena problematika postojećih radarskih sistema, zahtev za performansama, uz osvrt na kompleksnost implementacije i ograničenost resursa.

Cilj master rada je eliminisati nedostatke koje ima FFT (curenje spektra, velika varijansa, lošija rezolucija) i lakše izvući tačne informacije o metama iz spektra signala. Urađeno je digitalno procesiranje signala nad odbircima radarskog signala i na izlazu sistema su dobijene informacije o udaljenosti mete od senzora i brzini kojom se kreće. Napravljeni su algoritmi za detekciju meta, koji, za više stacionarnih i dinamičkih meta, uspešno razlikuju i relativno tačno ekstrahuju informacije od interesa. Urađena je i VHDL implementacija FFT algoritma, koji je najzastupljenija metoda u procesiranju radarskih signala u svetu.

Može se reći i da ovaj sistem predstavlja prvi ovakve vrste, obzirom da do sada nisu primenjene metode spektralne estimacije u radarskim sistemima, kao i ovi, predloženi algoritmi za detekciju i razlikovanje više meta različitih osobina, što predstavlja realan slučaj.

### 4. Zaključak i predlog

Kandidat Zlatko Veličković je u svom master radu predstavio napredne tehnike estimacije spektra FMCW radarskog signala, kao i njihovu primenu, međusobno poređenje i odabir adekvatne shodno konkretnoj aplikaciji. Objasnjena je i primena FFT algoritama za efikasno izračunavanje DFT, na čemu se bazira većina današnjih radarskih sistema.

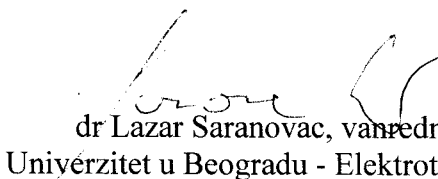
Predložena su i rešenja po pitanju algoritama za procesiranje ekstrahovanih parametara iz demodulisanog radarskog signala, a testirani su uspešno u više realnih scenarija. Objasnjene su i prednosti i nedostaci pojedinačno svakog od metoda za estimaciju spektra i svakog od algoritama za detekciju meta.


Rad predstavlja nov pristup u procesiranju radarskih signala, i kao takav predstavlja ogroman doprinos u razvoju radarskih sistema, ne samo FMCW, nego i svih drugih vrsta radara.

Na osnovu gore navedenog Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Primena naprednih tehnika za estimaciju spektra FMCW radarskog signala“ dipl. inž. Zlatka Veličkovića kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 14.08.2016.

Članovi komisije:

  
dr Lazar Saranovac, vanredni profesor  
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

  
dr Ivan Popović, docent  
Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet