

## KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu na svojoj sednici, održanoj 02.09.2013. godine, imenovalo nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Benjamina Popovića pod naslovom „Klasifikacija i analiza signala radara sa malom verovatnoćom presretanja korišćenjem obrade slike“. Komisiju sačinjavaju prof. dr Miroslav L. Dukić i doc. dr Radivoje Biljić. Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci kandidata

Benjamin M. Popović rođen je 07.02.1986. godine u Skoplju. Gimnaziju je završio u Smederevu sa odličnim uspehom. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisao je 2005. godine na Odseku za Telekomunikacije. Diplomirao je u oktobru 2010. godine sa prosečnom ocenom na ispitima 7,73, na diplomskom 10. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu je upisao novembra 2010. na Odseku za Telekomunikacije. Položio je sve ispite sa prosečnom ocenom 9,8.

#### 2. Opis master rada

Master rad kandidata sadrži 96 strana teksta uključujući slike i dodatke. Sadrži 6 poglavlja, dva priloga i spisak literature sa 8 referenci.

Istraživanja i analize izložene u ovom master radu imale su za cilj,

- a) razvoj simulacionog modela polytime-fazno kodiranih radarskih signala;
- b) analizu metoda klasifikacije LPI radarskih signala;
- c) analizu metoda ekstrakcije parametara LPI radarskih signala.

Rad je organizovan na sledeći način:

U **Poglavlje II** prikazane su karakteristike LPI radarskih signala u vremenskom i spektralnom domenu. Korišćeni su polytime-fazno kodirani signali, frekvencijski modulirani kontinualni signali (FMCW), binarno fazno modulirani signali (BPSK), fazno kodirani signali (P1-P4) kao i signal Frankovog koda (FR). Posebno je analizirana funkcija neodređenosti ovih signala.

U **Poglavlje III** opisane su metode detekcije LPI radarskih signala. Signali su predstavljeni u 2D formi, vremensko-frekvencijska ravan, na izlazu iz detektora, za različite metode detekcije, koje su analizirane u ovom poglavlju. Korišćene su banke QMFB (*Quadrature Mirror Filter Bank*) filtara, dok je drugoj metodi detekcije korišćena Wigner Ville-ove raspodel.

**Poglavlje IV** sadrži opis metoda klasifikacije LPI radarskih signala. Opisane su, takodje, i metode predobrade i ekstrakcije odabranih parametara signala, koji su korišćeni za dalje analize: postupak odsecanje slike, normalizacija ulaza, adaptivno filtriranje, i promena veličine slike. Treći deo poglavlja opusuje same algoritme klasifikacije korišćene u radu. U procesu klasifikacije korišćena su dva nelinearna klasifikatora realizovana u vidu *feedforward* dvoslojnih i troslojnih neuronskih mreža (*Two-Layer Perceptron* i *Three-*

*Layer Perceptron*). U sklopu ovog dela poglavlja, dat je i opis algoritma za obuku (učenje) neuronskih mreža. Na kraju poglavlja dati su rezultati klasifikovanja test-signalna.

U **Poglavlje V** prikazano je sprovedeno testiranje radarskih signala u cilju dobijanja značajnih parametara LPI radarskog signala po obavljenoj klasifikaciji.

**Poglavlje VI** predstavlja zaključak. Izložene su i mogućnost daljeg unapređenja procesa klasifikacije LPI radarskih signala, kao i smernice za dalja potencijalna istraživanja u ovoj oblasti.

**Dodatak A** sadrži MATLAB m-fajlove koji se koriste za simulaciju polytime-fazno kodiranih signala  $T1(n)$  preko  $T2(n)$ .

**Dodatak B** sadrži MATLAB m-fajlove za procese klasifikacije LPI radarskih signala.

### 3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Cilj ovog istraživanja je analiza mogućnosti klasifikacije LPI radarskih signala i ekstrakcije njegovih parametara, koristeći metode obrade slike i neuronskih mreža.

Razvijen je simulator polytime-fazno kodiranih signala LPI radarskih signala. Proces klasifikacije koristi vremensko-frekvencijske predstave, koje su rezultat sledećih detekcionih metoda: banka QMFB filtara i detekcija korišćenjem Wigner-Vilove raspodele. Osnovni rezultat ovog dela rada je predlog postupka obrade signala koja pruža poluautomatsku klasifikaciju LPI signala.

Za otkrivanje LPI radarskih signala razvijen je proces klasifikacije koji koristi obradu slike i neuronske mreže.

Na kraju je ispitan metod za samostalno izdvajanje parametara LPI signala iz vremensko-frekvencijskog domena.

### 4. Zaključak i predlog

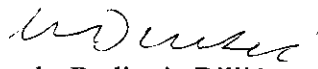
Kandidat Benjamin Popović je u svom master radu izložio predlog postupka detekcije LPI radarskih signala i nakon toga, putem obrade slike, ekstrakciju parametara značajnih za proces klasifikacije LPI radarskih signala. Predložena poboljšanja mogu značajno unaprediti metod klasifikacije.

Kandidat je iskazao samostalnost i sistematičnost u svom postupku kao i inovativne elemente u rešavanju problematike ovog rada.

Na osnovu gore navedenog, Komisija predlaže Nastavno-naučnom veću Elektro-tehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Klasifikacija i analiza signala radara sa malom verovatnoćom presretanja korišćenjem obrade slike“ dipl. inž. Benjamina Popovića kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 06.09.2013.

Članovi komisije:  
Prof.dr Miroslav L. Dukić

  
Doc.dr Radivoje Biljić

