

## KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 26.05.2015. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. Milice S. Isaković pod naslovom „Uticaj pomeranja niza mernih elektroda na izbor broja obeležja i klasifikaciju pokreta šake na bazi površinskih elektromiografskih signala“ (engleski – „Effects of the electrode array shift on sEMG-based feature selection and classification of hand movements“). Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

### IZVEŠTAJ

#### 1. Biografski podaci kandidata

Milica S. Isaković je rođena 09.05.1992. godine u Beogradu. Gimnaziju u Mladenovcu je završila 2010. godine sa odličnim uspehom, kao nosilac Vukove diplome. Osnovne akademske studije je upisala školske 2010/11. godine na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu, studijski program Elektrotehnika i računarstvo, izborno područje Signali i sistemi. Diplomski rad je odbranila 04.09.2014. godine sa ocenom 10 (deset), i završila studije sa opštim uspehom 9,48 (devet i 48/100). Master akademske studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu je upisala školske 2014/15. godine, izborno područje Signali i sistemi. Položila je sve ispite sa prosečnom ocenom 10 (deset).

#### 2. Opis master rada

Master rad kandidata sadrži 40 strana teksta, zajedno sa slikama (19) i tabelama (6). Rad sadrži 5 poglavlja i spisak literature od 47 bibliografskih jedinica. Rad je pisan na engleskom jeziku. Praktični deo diplomskog rada realizovan je u Laboratoriji za Biomedicinsku Instrumentaciju i Tehnologije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Prvo poglavlje predstavlja uvod u kome su opisani predmet i cilj rada. Predstavljene su teorijske osnove elektromiografije kao metode, karakteristike elektromiografskih (EMG) signala i mernih elektroda, i principi mioelektrične kontrole. Izložen je pregled referentne literature iz ove oblasti. Takođe je izložena polazna hipoteza istraživanja – da pomeranje niza mernih elektroda neće u statistički značajnoj meri uticati na tačnost klasifikacije pokreta šake.

U drugom poglavlju je detaljno prikazana primenjena metodologija. Izloženi su podaci o ispitanicima koji su učestvovali u merenjima i korišćenju mernoj opremi. Opisan je protokol snimanja, razmatrani pokreti šake i tri pozicije niza mernih elektroda za koja su izvršena merenja. Izložene su primenjene metode za obradu dobijenih signala: koraci u

pretprocesiranju, analiza glavnih komponenti koja je primenja za izdvajanje obeležja za klasifikaciju i projektovanje klasifikatora. Predložene su opsežne statističke analize za ispitivanje razlika između tri pozicije niza elektroda za različite setove pokreta (tri funkcionalna hvata, šest pokreta zgloba i svih devet pokreta zajedno) i različiti broj klasifikacionih obeležja. U cilju određivanja optimalnog broja klasifikacionih obeležja su statistički analizirane razlike između različitih setova obeležja. Takođe su analizirane i razlike u procentnih udelima u varijansi pojedinačnih glavnih komponenti.

U trećem poglavlju su prikazani rezultati klasifikacije dobijeni primenom razvijene metodologije na snimljenim signalima, za različite setove obeležja i pokreta šake. Uz rezultate klasifikacije su prikazani i rezultati primenjene statističke analize, kao i optimalni broj obeležja za klasifikaciju koji je na osnovu toga određen. Prikazani su procentni udeli u varijansi za različite pokrete i broj obeležja, sa rezultatima odgovarajuće statističke analize, i istaknute razlike koje postoje.

Četvrto poglavlje detaljno diskutuje postignute rezultate i izdvaja određene specifičnosti unutar setova pokreta. Dobijeni rezultati statističke analize poslužili su za odabir i preporuku dovoljnog broja obeležja za uspešnu klasifikaciju. Diskutovana su moguća unapređenja na svim nivoima istraživanja (postavljanje mernih elektroda, obrada signala i klasifikacija).

Peto poglavlje je zaključak u okviru koga je opisan značaj razvijene metodologije i rezimirani ključni rezultati rada.

### **3. Analiza rada sa ključnim rezultatima**

Master rad dipl. inž. Milice S. Isaković bavi se ispitivanjem uticaja pomeranja niza mernih elektroda na klasifikaciju voljnih pokreta šake na bazi površinskih EMG signala. Ova problematika je veoma aktuelna u oblasti mioelektrične kontrole.

Definisan je protokol studije i izvršena merenja EMG signala sa mišića podlaktice zdravih ispitanika. Analizirana su tri seta pokreta šake i tri pozicije niza elektroda, kao i razlike između njih. Obrada snimljenih signala uključila je pretprocesiranje (filtriranje, segmentaciju i usrednjavanje), primenu analize glavnih komponenti za izdvajanje obeležja i projektovanje kvadratnog klasifikatora. Rezultati klasifikacije i sprovedena statistička analiza su pokazali da se uticaj pomeranja niza elektroda može izbeći ponovnim obučavanjem klasifikatora i primenom dovoljnog broja obeležja. Izložene su preporuke za broj obeležja koja treba koristiti u zavisnosti od broja pokreta koji se analiziraju. Analizirane su razlike u procentnim udelima u varijansi pojedinačnih setova obeležja između različitih pozicija elektroda i pokreta šake.

Osnovni doprinosi rada su:

- (a) eksperimentalni protokol i metodologija procesiranja EMG signala,
- (b) poređenje rezultata klasifikacije u slučaju pomeranja niza mernih elektroda, za različite setove pokreta i broj klasifikacionih obeležja,

- (c) preporuke za broj potrebnih obeležja za uspešnu klasifikaciju,
- (d) mogućnost nastavka rada na razvoju ove metodologije.

Rezultati proistekli iz master rada su objavljeni u sledećim publikacijama:

M. S. Isaković, N. Miljković, and M. B. Popović, "Classifying sEMG-based hand movements by means of principal component analysis", *Proc. of the 22nd Telecommunications Forum TELFOR*, Belgrade, Serbia, pp. 545-548, 25 - 27 Nov., 2014.

M. S. Isaković, N. Miljković, and M. B. Popović, "Classifying sEMG-based hand movements by means of principal component analysis", *Telfor Journal* 7(1): 26-30, 2015.

M. S. Isaković, N. Miljković, M. Štrbac, and M. B. Popović, "Classification of sEMG-based hand movements is affected by electrode array positioning," *Proc. 2<sup>nd</sup> Conference on Human-Machine Interface from Student-to-Student Interface (HMI from SSI)*, Belgrade, pp. 22, 20 Mar. 2015.

M. S. Isaković, N. Miljković, M. Štrbac, and M. B. Popović, "Effects of Electrode Array Shift on sEMG-based Grasp Classification," *Proc. 2nd International conference in Electrical, Electronic, and Computing Engineering IcETRAN*, Silver Lake, 8 - 11 Jun. 2015.

#### 4. Zaključak i predlog

Kandidatkinja Milica S. Isaković je u svom master radu uspešno predložila novu metodologiju za obradu EMG signala i klasifikaciju pokreta šake i ispitala uticaj pomeranja niza mernih elektroda. Predloženo rešenje može značajno da unapredi saznanja u oblasti mioelektrične kontrole.

Kandidatkinja je iskazala samostalnost i sistematičnost u svome postupku, kao i inovativne elemente u rešavanju problematike ovog rada.

Na osnovu gore navedenog Komisija sa zadovoljstvom predlaže Nastavno-naučnom veću Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu da prihvati rad „Uticaj pomeranja niza mernih elektroda na izbor broja obeležja i klasifikaciju pokreta šake na bazi površinskih elektromiografskih signala“ dipl. inž. Milice S. Isaković kao master rad i odobri javnu usmenu odbranu.

Beograd, 31.08.2015. godine

Članovi komisije:



Dr Mirjana Popović, redovni profesor



Dr Nadica Miljković, docent