

KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj jula 2014. godine imenovala nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada dipl. inž. **Ivana Topalovića**, indeks 2013/3072 pod naslovom "**Mioelektrični signali za upravljanje prstima robotske ruke**".

Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci kandidata

Ivan Topalović, rođen 1989. u Gornjem Milanovcu, je diplomirao septembra 2013. godine diplomske akademske studije na modul Fizička elektronika, smer Biomedicinski i ekološki inženjering na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu sa prosečnom ocenom 8.45 i sa završnim radom "Sistem za snimanje telesnih temperaturskih mapa na bazi NTC termistora" ocenjenim sa 10.

Na master studije na modul Biomedicinsko i ekološko inženjerstvo se upisao 2013. godine i položio predviđene ispite sa prosečnom ocenom 9.6. U toku letnjeg semestra 2013/14 godine je intenzivno radio eksperimentalni deo projekta koji je osnova mater rada koji smo pregledali

2. Opis master rada

Rad ima pet glava i spisak literature i priloge. Prilog, u elektronskom obliku je program koji je razvijen za snimanje i obradu signala sa mišića primenom površinskih elektroda. Literatura uključuje 14 naslova koji su pravilno odabrani i potpuno odgovaraju projektu koji je razmatran i prikazan u master radu. Rad je odlično ilustrovan sa 17 slika i dve tabele.

U prvom delu je kratko opisan problem koji je od interesa. Preciznije, definisano je da je potrebno razviti sistem koji može da upravlja pokretima prstiju robotske ruke na osnovu merenja mišićne aktivnosti. Signali mišićne aktivnosti su korelisani sa pokretima prstiju ispitanika na kome se snima i se pokretima prstiju robotske ruke. U ovom delu rada su ukratko navedene metode koje se koriste za mioelektrično upravljanje, ali s obzirom da je ovo netipičan zadatak, ukazano da se radi o praktično postojećem rešenju obrade signala ali primeni većeg broja signala i drugim tipom klasifikacije.

U drugoj glavi je detaljno opisan metod sakupljanja i dva metoda obrade signala koji generišu upravljačke signale.

U trećoj glavi su rezultati primene obe metode obrade i klasifikacije i pokazano koje su mogućnosti i koji su problemi. Ukazano je da je neophodno u svakoj primeni na ispitaniku koji bi upravljao robotskom rukom sakupiti podatke, i primeniti tehniku obrade i klasifikacije da bi u drugoj fazi mogla da se u realnom vremenu koristi klasifikacija za upravljanje pokretima. Ovaj metod je uobičajen i potpuno odgovara zadatku.

Četvrta glava je diskusija u obliku zaključaka dokle se stiglo u ovom kompleksnom zadatku i kako se moguće unaprediti sistem koje dolaze.

Peta glava je Zaključak.

Ovaj rad je zasnovan na dugotrajnom i detaljnom procesu merenja na zdravim ispitanicima. Ispitivanja i merenja su obavljena u Laboratoriji za Biomedicinsko inženjerstvo i tehnologije uz strogo poštovanje etičkih principa i sa opremom koja se profesionalno koristi za snimanje elektrofizioloških signala. Za obradu signala je korišćeno Matlab programsko okruženje.

3. Analiza rada sa ključnim rezultatima

Ljudska šaka je složen biomehanički sistem sa velikim brojem stepeni slobode. Dvadeset četiri mišićne grupe, povezane sa senzornim i motornim neuronima upravljaju pokretima. Trend koji je trenutno prihvaćen u rehabilitaciji osoba posle transradijalne amputacije je primena aktivnih proteza šake, koje su mimeza biološkog sistema. S obzirom da je cilj da se omogući korisniku da na podsvesnom nivou upravlja protezom koristi se mioelektrično upravljanje tj. generisanje upravljačkih signala na bazi elektromiografskih (EMG) signala merenih u realnom vremenu koje generiše korisnik.

Ljudska šaka je istovremeno sistem koji već dugo privlači pažnju i služi kao uzor idealne hvataljke u robotici. Razvoj aktivne proteze i robotskih hvataljki je bio deo istraživanja i na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu gde je prema idejama Prof. Rajka Tomovića i Prof. Miodraga Rakića, ali i nizom drugih istraživača iz Instituta "Mihajlo Pupin" u Beogradu nastalo nekoliko pionirskih rezultata. Osamdesetih godina prošlog veka je razvijena i ideja koja je dovela do industrijskog prototipa u saradnji Elektrotehničkog fakulteta i Univerziteta južne Kalifornije (USC, Los Angeles, CA) pod rukovodstvom Prof. George Bekey-a i Rajka Tomovića. Specifičnost tog rešenja je mehanički sistem koji omogućava prilagođenje savijenosti prstiju i palca na principu maksimalnog kontakta i jednakih sila pritiska na raznim kontaktnim mestima šake i predmeta. Ovo rešenje je prva šaka koja je mogla samostalno da se prilagođava objektu koji hvata, bez složenog eksternog upravljanja kome je neophodno zadavanje trajektorije na način koji je zapravo nemoguć. Komercijalne proteze šake, kontrolisanih EMG signalima, danas razvija i pokušava da plasira na tržište nekoliko kompanija (npr. , Liberating Technologies, Inc, USA; Otto Bock, Nemačka; Shanghai Kesheng Prostheses Co, Kina; Touch Bionics, Engleska).

Ovaj rad je bio motivisan radoznalošću provere ideje da li je moguće voljno upravljati robotskom rukom i omogućiti sviranje instrumenata, npr. klavira. S obzirom da se aktuatori (mišići) koji u

biološkom sistemu upravljaju pokretima nalaze pretežno u podlaktici i da oni sinergijski podržavaju veliki broj funkcionalnih pokreta u ručnom zglobu i prstima/palcem odlučeno je da se snima broj signala i da se klasifikacijom odaberu stanja koja su korelisana sa pojedinim pokretima. U skladu sa tim, ispitivani su različiti metodi postavljanja elektroda, kao i obrade signala, u vremenskom, frekvencijskom i frekvencijsko-vremenskom domenu.

Ispunjeni cilj ovog rada je bio da se generišu kontrolni signali na osnovu električnih signala koji potiču od mišića (EMG), snimanih na podlaktici zdravog ispitanika, koji mogu da upravljaju prstima robotske šake, koja ima po jedan motorni sistem po prstu (4 prsta). Preciznije, cilj je da se razvije metoda obrade EMG signala, koja pri nameri za pokret pojedinog prsta daje signal koji upravlja odgovarajućim prstom robotske šake. U radu je prikazano ostvarenje sledećih funkcija prepoznavanja na osnovu EMG signala: detekcija pokreta; detekcija prsta koji se pomera; smer pokreta; i brzina pokreta.

4. Zaključak i predlog

Na osnovu svega izloženog zaključili smo da je Ivan Topalović na uspešan način odgovorio na pitanja koja su postavljena pri definisanju zadatka.

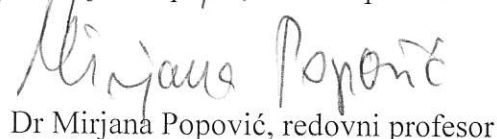
Rad je napisan na način koji pokazuje zrelost kandidata. Rad jasno pokazuje da je kandidat Ivan Topalović sakupio i integrisao znanja predviđena pravilima i standardima Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu za zvanje master inženjer. Rezultati koje je prikazao i način na koji ih je prikazao ga kvalifikuju da stekne zvanje master na Univerzitetu u Beogradu - Elektrotehnički fakultet i da bude uspešan inženjer koji će svoja znanja, ideje i upornost prevesti u upotrebljive metode i instrumentaciju za praksu.

Shodno zaključcima predlažemo Komisiji II stepena studija Univerziteta u Beogradu - Elektrotehnički fakultet da ovaj izveštaj usvoji i odobri javnu usmenu odbranu Ivanu Topaloviću master rada pod naslovom: **“Mioelektrični signali za upravljanje prstima robotske ruke”**.

Beograd, 25. septembar 2014.



Dr Dejan Popović, redovni profesor



Dr Mirjana Popović, redovni profesor