

KOMISIJI ZA STUDIJE II STEPENA ELEKTROTEHNIČKOG FAKULTETA U BEOGRADU

Komisija za studije II stepena, Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na svojoj sednici održanoj 5. jula 2013. godine imenovalo nas je u Komisiju za pregled i ocenu master rada **dipl. inž. Marije Petrović** pod naslovom „**Heuristička procena uglova u zglobovima tokom hoda na osnovu podataka dobijenih sa inercijalnih senzora**“.

Nakon pregleda materijala Komisija podnosi sledeći

IZVEŠTAJ

1. Biografski podaci kandidata

Marija Petrović je rođena 12. novembra 1990. u Beogradu. Elektrotehnički fakultet u Beogradu upisala je 2009 godine na odseku za Signale i sisteme i diplomirala u septembru 2013. godine sa prosečnom ocenom na ispitima 9.07, na diplomskom 10. 2013. godine je nagrađena kao najbolji student na smeru Biomedicinski i ekološki inženjering, modul Fizička elektronika. Master studije na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu na smeru Biomedicinsko i ekološko inženjerstvo je upisala oktobra 2013. Položila je sve ispite sa prosečnom ocenom 10.

2. Sadržaj i opis master rada

Master rad Marije Petrović ima 46 strana teksta, zajedno sa slikama i tabelom. Rad sadrži pet glava i spisak literature. Spisak literature sadrži 32 reference.

Prvo poglavlje (uvod) definiše predmet i cilja rada i prikazuje stanje u oblasti na osnovu dobro odabrane literature. Objasnjena je potreba za analizom hoda i prikazani su sistemi koji se danas koriste za procenu kinematike i dinamike hoda sa posebnim osvrtom na primenu inercijalnih senzora koji se postavljaju na segmente tela.

U drugom poglavlju je prikazana analiza signala i primena metode glavnih komponenti sa ciljem klasifikacije tipa hoda koristeći glavne komponente.

U trećem poglavlju su opisani metod merenja koji je primenjen, procedura snimanja i instrumentacija koja je neophodna za ova merenja. Posebno je istaknuto da je ova instrumentacija prihvatljiva za kliničke primene.

Četvrto poglavlje daje detalje metodologije heurističkog modeliranja i rezultate primene tog modela. Najvažniji rezultat je automatsko mapiranje sekvenci u obliku sigmoidalnih i zvonastih primitiva na osnovu informacije sa inercijalnih senzora i prepoznatog tipa hoda i ugaonih promena u zglobovima. U prvom je dat primena metode glavnih komponenti u cilju određivanja tipa hoda i određivanje trenutka promene pokreta u toku koraka (faze koraka), a u drugom delu generisanje „virtuelne kinematike“ koristeći pomenute primitive. U trećem delu su analizirani oblici uglova između karakterističnih pikova i konstruisane krive koje po obliku odgovaraju modelima dobijeni primenom fleksibilnih goniometara.

Snimanje signala je realizovano koristeći Labview okruženje, a obrada signala u Matlabu i statističkom dodatku Eksela (XLStat).

Peto poglavlje daje zaključke na osnovu dobijenih rezultata kao i značaj opisanog rešenja za modelovanje hoda i moguća dalja unapređenja. U ovom delu se rezultati rada diskutuju u odnosu na rezultate koji se dobijaju drugim metodama koja su prikazana u literaturi.

Rezultat ovog rada je praktičan metod za generisanje uglova samo na osnovu signala sa inercijalnih senzora bez integracije.

Eksperimentalni deo rada je rađen u Laboratoriji za biomedicinsko inženjerstvo i tehnologije Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu.

3. Analiza rada i najvažniji rezultati rada

Rad opisuje razvoj i unapređenje metoda za objektivnu procenu kvaliteta ljudskog hoda koje su primenljive u kliničkoj praksi. Analiza hoda je potrebna za dijagnozu poremećaja hoda, u rehabilitaciji, terapiji, kao i u sportu i robotici. Prikazani su reprezentativne tehnike procene u kojima se podaci za analizu prikupljaju u laboratorijskim uslovima: sistemi sa kamerama (npr. *3D gait analysis system - Running injury clinic*), platformama za određivanje sile reakcije podloge. Postoje i nosivi sistemi koji kombinuju inercijalne i magnetne senzore (npr. MVN Biomech - *Xsens*).

Jednostavnost upotrebe, nosivost u svakodnevnim uslovima, niska cena i dostupnost čine inercijalne senzore pogodnim za kliničke primene. U radu su korišćeni akcelerometri u kombinaciji sa žiroskopima. Korišćeni su i fleksibilni goniometri koji su validirani u nizu studija proizvođača *Biometrics, Gwent*, UK radi dobijanja reprezentativnih modela uglova zglobova nogu pri kretanju radi modelovanja hoda.

S obzirom da je hod stohastički proces, kao logičan izbor je odabrana analiza principijelnih komponenti. Pomoću nje su karakterisane specifične odlike različitih vrsta hoda, i klasifikovane različite vrste hoda. Ova primena prati metodologiju uvedenu od strane Prof. Yuri Ivanenka, sa La Sapienza University, Rim, ali koristeći originalnu metodologiju i podatke sakupljene u eksperimentalnom radu u laboratoriji.

Osnovni doprinos rada je prikaz originalne metode objektivne procene karakteristika hoda sa ciljem praćenja oporavka ispitanika u toku rehabilitacionog postupka i u budućnosti potencijalno i unapređenja upravljanja asistivnim sistemima. Ova metoda je dvofazna: 1) prepoznavanje tipa hoda na osnovu stohastičkog modela u prostoru ugaonih brzina segmenata tela procenjenih inercijalnim žiroskopima i određivanje trenutaka (temporalna sinergija) faza koraka na osnovu podataka dobijenih MEMS akcelerometrima, i 2) automatskog formiranje virtuelnih trajektorija na osnovu mapiranja ugaonih promena za karakteristične oblike hoda i "templata" (sigmoidalne i zvonaste funkcije) metodom minimizacije greške. Dobijene trajektorije su predstava ugaonih promena u vremenu. Ova metoda se predlaže kao zamena za postupak integracije podataka sa inercijalnih senzora koja je podložna greškama usled *drifta* senzora i numeričke integracije zbog nepoznavanja graničnih uslova.

4. Zaključak i predlog

Master rad dipl. inž. Marije Petrović prikazuje rezultate originalnog istraživanja u domenu praćenja kinematike u kliničkim uslovima namenjene unapređenju terapije osoba posle moždanog udara. Master rad daje mogućnost procene oporavka na bazi praćenja i poređenja pokreta sa željenim kretanjima (prirodni pokreti). U radu je Marija pokazala da je u stanju da definiše istraživački inženjerski zadatak, pripremi i razvije hardver koji je neophodan za eksperimetalni rad, procenjuje rezultate svog rada u svetlu literaturnih podataka i zahteva korisnika u skladu sa savremenim pristupima primene robotike u rehabilitaciji. Pri ovome je Marija na efikasan način ukazala na kompleksnost procesa i teškoće koje prate razvoj sistema za rehabilitaciju tako da oni koji nastavljaju rad mogu da brzo naprave nove korake ka efikasnom rehabilitacionom postupku polazeći od ovog master rada. Marija je u master radu pokazala mogućnosti metode koja se dosada nisu koristile u domenu generisanja kinematičke procene hoda. Način prikaza stanja u oblasti, problema koje je proučavala, metodologije primenjene u radu i rezultati potpuno odgovaraju kvalitetu koji se očekuje od master studenata na Elektrotehničkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

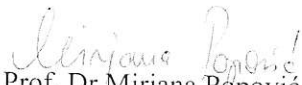
U skladu sa navedenim predlažemo Naučno-nastavnom veću Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu da prihvati master rad i odobri odbranu rada pred Komisijom u istom sastavu.

Beograd, 6. 7. 2014.

Članovi komisije:



Prof. Dr Dejan Popović



Prof. Dr Mirjana Popović