

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији: Матија Д. Штрбац, мастер инжењер електротехнике и рачунарства

Одлуком Наставно-научног већа Универзитета у Београду - Електротехничког факултета бр. 5019/11-3 донетој 26.05.2017. године именовани смо у Комисију за преглед и оцену докторске дисертације под насловом „Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом“ коју је пријавио Матија Д. Штрбац, мастер инж. електротехнике и рачунарства.

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат **Матија Штрбац, мастер инжењер електротехнике и рачунарства** је уписао докторске студије Универзитета у Београду - Електротехнички факултет на модулу Управљање системима и обрада сигнала у децембру 2011. године. Докторску дисертацију под насловом "Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом" пријавио је 28. маја 2015. године. 6. јула. 2015. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије о оцени подобности теме и кандидата упутила Наставно–научном већу на усвајање. Наставно-научно веће именовало је Комисију за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5019/11-1 од 30.6.2015.) у саставу проф. др Мирјана Б. Поповић, редовни професор на Универзитету у Београду - Електротехнички факултет, проф. др Љубица Константиновић, Универзитет у Београду – Медицински факултет, проф. др Игор Тартаља, Универзитет у Београду - Електротехнички факултет. Наставно-научно веће усвојило је Извештај Комисије за оцену услова и прихватање теме докторске дисертације (Одлука бр. 5019/11-2 од 10.7.2015. године). Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације (број одлуке од 15.9.2015. године) и за ментора је одређен др Дејан Б. Поповић, члан САНУ, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији. 4. маја 2017. године кандидат је предао докторску дисертацију на преглед и оцену. 9. маја 2017. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (број одлуке 5019/11-3 од 26.5.2017. године) у саставу:

академик Дејан Б. Поповић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији, др Игор Тартаља, ванредни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Ненад Јовичић, доцент, Електротехнички факултета Универзитета у Београду; др Жељко Ђуровић, редовни професор, Електротехнички факултет Универзитета у Београду; др Мирјана Поповић, редовни професор у пензији, Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

1.2. Научна област дисертације

Дисертација Матије Штрпца припада научној области **Техничке науке - Електротехника**, ужа научна област **Биомедицинско инжењерство**. За ментора дисертације одређен је професор др Дејан Б. Поповић, члан САНУ, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији као истакнути истраживач у области биомедицинског и рехабилитационог инжењерства.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Матија Штрбац је рођен у Београду 1987. године. Завршио је Шесту београдску гимназију 2006. године и дипломирао је на четворогодишњим академским дипломским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2010. на усмерењу Биомедицинско инжењерство у оквиру одсека за Сигнале и системе. Тема дипломског рада била је “Идентификација предмета и одређивање типа хвата на основу информација стереовизијског система” под менторством проф. др Дејана Б. Поповића. Након дипломирања провео је два месеца у Хонг Конгу на стручном усавршавања у оквиру студентске праксе коју организује ИАЕСТЕ, где је радио на Политехничком универзитету као студент приправник. Исте године, уписао је мастер студије, такође на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Сигнали и системи. Једногодишњи мастер програм завршио је 2011. године, а тема мастер рада је била “Еластично стопало: моделирање и анализа ефеката крутости”, такође под менторством проф. др Дејана Б. Поповића.

Кандидат је 2011. године уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на усмерењу Управљање процесима и обрада сигнала на ком је са одличним успехом положио све испите и завршио све обавезе. Од јануара 2012. године до децембра 2015. године био је запослен на Електротехничком факултету Универзитета у Београду као сарадник на пројекту бр. 175016 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије „Ефекти асистивних система у неурорехабилитацији: опоравак сензорно-моторних функција”, под руководством проф. др Мирјане Поповић. У овом периоду Матија је остварио успешну сарадњу са истраживачко-развојним тимом фондације *Tecnalia Research and Innovation* (Сан Себастиан, Шпанија), захваљујући чему је од јануара 2016. године директор предузећа *Tecnalia Serbia* у Београду која је део фондације *Tecnalia Research and Innovation* (Сан Себастиан, Шпанија).

Своје научноистраживачке активности везане за докторску тезу Матија је усмерио на проучавање нових уређаја и алгоритама за артифицијалну визуелну перцепцију са циљем аутоматизације асистивних система за ресторацију моторне контроле горњих екстремитета. Упоредо са овим активностима, Матија је за фирму *Tecnalia Serbia* радио на истраживачким пројектима који се односе на развој вишеканалног система за електричну стимулацију за рехабилитацију хвата и система за слање повратних информација са миоелектричне протезе до корисника путем електротактилне стимулације. У току реализације докторске тезе остварио је успешну сарадњу са лекарима из Клинике за рехабилитацију “Др Мирослав Зотовић”, Београд. У току 2013. године Матија се упоредо бавио и развојем инструментације и метода за интервентну кардиологију у сарадњи са истраживачима са Кардиолошке клинике Клиничког центра Србије, Београд. У оквиру овог истраживања развијене су иновативне методе и инструментација за дијагностику који су резултовали са две патентне пријаве.

Матија Штрбац је аутор/коаутор на шест радова који су објављени у часописима који су на СЦИ листи, при чему је први аутор на четири публикације. Поред шест објављених радова, Матија је коаутор још једног рада који је у процесу рецензије. Публиковао је и три рада у часописима националног значаја са рецензијом, при чему је на два први аутор. Поред публикација у часописима, Матија је аутор и на седам радова на међународним конференцијама штампаних у целини и два рада на међународној конференцији штампана у изводу.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација је написана на 121 страна, организована је у 6 поглавља и има прилог. Теза је илустрована са укупно 42 слике. Листа од 201 референци показује општост притупа који је усвојио кандидат и савременост његовог истраживања. Називи поглавља тезе су: 1. Стање у области; 2. Микрософт Кинект у ФЕС окружењу; 3. Контрола подлактице електричном стимулацијом бицепса и трицепса; 4. Компјутерска визија за избор хвата и препознавање намере; 5. Управљање ИнтФЕС в2 стимулатором и клинички тестови; и 6. Закључак. Прилог тези је под насловом Управљање стимулацијом на основу биомеханичког модела.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу представљено је стање у области функционалне електричне стимулације, и дат је кратак осврт на развој компјутерске визије. У кратким цртама је представљен историјат функционалне електричне стимулације као рехабилитационе технике, битна достигнућа у овом пољу истраживања, пре свега са фокусом на системе који се базирају на овој техници а користе се за рехабилитацију хвата, након чега су истакнуте могућности и ограничења система који се тренутно активно примењују у ову сврху. Када је реч о компјутерској визији, објашњен је концепт на коме се заснива ова техника и дат је кратак осврт на убрзани развој *hardware*-а који се користи за ову намену.

У другом поглављу су представљене усвојене поставке система за интеграцију компјутерске визије у постојеће окружење које се користи за рехабилитацију хвата применом функционалне електричне стимулације, као и развијене методе које омогућавају да се кроз компјутерску визију дође до параметара од интереса. Ови параметри се пре свега односе на позицију и оријентацију руке у 3Д простору, али и на детекцију предмета који се могу користити током рехабилитације. Резултати овог поглавља приказују просторну и временску резолуцију овако постављеног система, што је од кључног интереса за управљање у затвореној спреси.

Треће поглавље приказује резултат истраживања које се односи на примену компјутерске визије за управљање позицијом руке електричном стимулацијом мишића надлактице. У ову сврху је хеуристички дефинисан алгоритам управљања и приказани су резултати експеримента на пет здравих добровољаца, као и валидације која је урађена на једном тетраплегијном пацијенту.

У четвртном поглављу приказан је развој артифицијелне перцепције која подразумева укључивање разумевања постављеног задатка, односно препознавање предмета и избор одговарајућег типа хвата на основу облика и величине предмета и процене намере субјекта. У поглављу су приказана два нова метода за класификацију на основу снимљене слике са Кинект сензора, од који се први заснива на раванским пројекцијама издвојеног примитива предмета, а други на трајекторији руке субјекта током припреме за хват.

Пето поглавље заправо заокружује целокупно истраживање и приказује аутоматску контролу функционалне електричне стимулације коришћењем развијених алгоритама компјутерске

визије у клиничким условима, током вежбања хватања и манипулације предметима од стране пацијената. У овом поглављу је приказан коришћени систем за електричну стимулацију и посебно развијени комуникациони протокол који омогућава бежично екстерно управљање од стране система за компјутерску визију. У овом поглављу приказани су и резултати експеримента на три хемиплегична пацијента који се односе на времена формирања хвата и манипулације предметом уз асистенцију од стране система за функционалну електричну стимулацију контролисаног алгоритмом компјутерске визије.

У шестом поглављу представљени су закључци истраживања које је обухваћено овом тезом и дати су предлози за будући развој у складу са виђењем генералног развоја компјутерске визије и управљања електростимулацијом у затвореној спреси посредством исте, као и препоруке за будући рад на овом пољу истраживања.

Прилог тези представља надоградњу на треће поглавље, и односи се на испитивање могућности аналитичког управљања позицијом руке заснованог на механичком моделу. У овом прилогу је детаљно описан математички модел, изведени су оптимални услови управљања електростимулацијом на основу модела и приказани су резултати компјутерских симулација.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тема докторске дисертације је у домену истраживања нових метода за рехабилитацију и процену стања особа са сензорномоторним дефицитом, односно унапређења постојећих рехабилитационих техника посредством нових технологија и компјутерске визије. Развој ових технологија је тренутно у фокусу интересовања светске научне заједнице у области мапирања простора, препознавања гестова и аутоматског управљања роботским системима, али и у самој области рехабилитације. Кроз ово истраживање утемељене су нове методологије које омогућавају једноставније и ефикасније коришћење рехабилитационих система за функционалну електричну стимулацију у свакодневној клиничкој пракси, али се применом развијених технологија и алгоритама може остварити значајан напредак у другим областима рехабилитације и шире.

Основни допринос тезе може се наћи у базичном истраживању којим је постављена платформа за даље унапређење знања у области артифицијелне перцепције и препознавања намере субјекта, као и екстерне контроле сензорномоторног система у затвореној спреси на основу процењених информација. Приказано решење управљања системом за електричну стимулацију представља искорак у концепту вежбања хватања потпомогнутог функционалном електричном стимулацијом и доприноси поједностављењу овог процеса, односно приближава сам процес коришћењу у свакодневној клиничкој пракси.

Развијене методе за обраду слике и екстерну контролу електростимулатора на основу слике са Кинект камере представљају значајан допринос у области. Поред тога, приказано базично истраживање по питању формирања одлуке о исправном типу хвата и препознавања намере субјекта из трајекторије руке током припреме за хват, затим оригинална метода за обраду слике заснована на РАНСАК алгоритму, метода класификације заснована на пројекцијама 3Д примитива предмета и развијени комуникациони и управљачки протокол који дозвољавају правремену активацију стимулационог система имају висок научни значај, али и потенцијал за клиничку примену и унапређење стања технике.

Осим значаја директне примене решења описаних у дисертацији, описано истраживање има и допринос у смислу трансфера технологије, будући да описана решења доприносе развоју хибридног система за рехабилитацију који би укључивао компјутерску визију и

функционалну електричну стимулацију, па би се могао врло лако надоградити у систем проширене вештачке реалности у коме би сама вежба могла да буде у форми игре. Овакве форме ће сасвим сигурно у неком наредном периоду бити у фокусу интересовања светске научне заједнице, а рехабилитациони системи засновани на вештачкој реалности ће у будућности постати стандард клиничке праксе.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе у докторској дисертацији је целовит и обухвата класичне али и најновије релевантне публикације за развој области. Списак укључује и 11 радова на којима је Матија Штрбац аутор/коаутор. Начин на који је дат приказ резултата који су у наведеној литератури показује да је Матија Штрбац израстао у зрелог истраживача.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Дисертација приказује следеће научно истраживачке фазе:

1. Проучавање принципа моторне контроле и моторног учења.
2. Проучавање технологије система за функционалну електричну стимулацију.
3. Проучавање технологије РГБ-Д камера и алгоритама компјутерске визије.
4. Проучавање метода аутоматског управљања и екстерне контроле неуропротеза.
5. Развијање методологије за укључивање Кинект камере у систем за хватање потпомогнуто функционалном електричном стимулацијом и имплементација алгоритама који омогућавају праћење позиције и оријентације руке корисника.
6. Развијање и испитивање метода управљања функционалном електричном стимулацијом у затвореној спреси.
7. Развијање и испитивање метода за аутоматско одређивање типа хвата на основу сцене посматране од стране камере.
8. Испитивање утицаја аутоматске контроле функционалне електричне стимулације на време потребно за извршавање функционалних задатака који у себе укључују хватање.

Све ове фазе су успешно окончане и омогућиле клиничка истраживања:

1. Развијени систем и методе аутоматског управљања на основу слике са Кинект камере су тестирани са здравим испитаницима, али и са пацијентима у клиничком окружењу.
2. Експериментално је показано да коришћење система за функционалну електричну стимулацију контролисаног компјутерском визијом значајно смањује време потребно за обављање функционалног задатка у односу на конвенционалан приступ.
3. Размотрене су могућности даљих унапређења у усвојеној методологији ради поједнастављеног коришћења система у свакодневној клиничкој пракси, као и интеграција различитих делова система ради проширења његове применљивости на ширу популацију.

Примењена методологија у потпуности одговара светским стандардима научно-истраживачког рада. Наведени поступци су у сагласности са постављеним циљевима дисертације и укључују теоријски и експериментални рад.

3.4. Применљивост остварених резултата

Сви резултати који су представљени у докторској дисертацији имају две функције: допрнос знањима која се могу користити у даљем раду и клиничку примену у рехабилитацији.

Резултати кандидата су солидна основа за иновацију која може да има врло позитивне економске ефекте с обзиром да примена система који се предлаже убрзава и подиже ниво опоравка па тиме омогућава интеграцију особа са инвалидитетом у нормалан живот.

Увођењем нових метода за аутоматску контролу параметара функционалне електричне стимулације при вежбању хвата, кроз систем за компјутерску визију заснован на подацима са Кинект камере, отворен је пут за даље унапређење постојећих система који се користе у свакодневnoj клиничкој пракси. Са друге стране, развијене методе и алгоритми обраде, чији је практични значај показан у резултатима мерења са пацијентима и са здравим испитаницима, могу сами по себи значајно унапредити процес рехабилитације кроз смањење трајања терапије, односно обаљање већег броја задатака за исти временски период.

Развијена метода заснована на систему артифицијелне перцепције поједностављује и унапређује примену система за функционалну електричну стимулацију за хватање, истовремено смањујући техничку захтевност коришћења овог система, што је од великог значаја узевши у обзир његову комплексност. Нова метода за имплементацију екстерне контроле која је заснована на Кинект сензору пружа пацијенту могућност да се концентрише на покрет који жели да обави и не захтева са његове стране никакву додатну интеракцију, чиме се систем приближава природној биолошкој контроли. Примена ових решења омогућила би већи продор технологије у рехабилитацију, било у облику клиничког лечења, или у кућној рехабилитацији, као и већу ефикасност рехабилитације коришћењем ове технологије.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Квалитет рада кандидата, организованост, систематичност и изузетна способност решавања проблема која комбинује добро познавање области и низ иновација, коју је показао током израде докторске дисертације су елементи који га квалификују за будући успешан, самостални и тимски, научно-истраживачки рад. Савременост и оригиналност приказаних резултата показују висок ниво спремности кандидата за компетентно бављење научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације се огледа у комплетном развоју нове методе аутоматског управљања системом за функционалну електричну стимулацију горњих екстремитета заснованог на алгоритмима компјутерске визије.

Доприноси приказани у тези су:

1. Развој методе за процену позиције и оријентације руке пацијента на основу слике снимљене Кинект сензором у реалном времену.
2. Развој стратегије управљања позицијом руке у равни путем електростимулације мишића флексора и екстензора лакта.
3. Развој методе за издвајање предмета из сцене и нове методе за класификацију одговарајућег типа хвата на основу раванских пројекција 3Д модела.
4. Развој нове методе артифицијалне перцепције за препознавање намере субјекта засноване на трајекторији руке током припреме за хват.
5. Развој методе и комуникационих протокола који омогућавају екстерну контролу уређаја за електричну стимулацију од стране система за компјутерску визију.
6. Тестирање развијених метода и уређаја у клиничком окружењу.
7. Постављање платформе за даља истраживања примене компјутерске визије за управљање стимулационим уређајима или процену опоравка приликом вежбања покрета.
8. Постављање платформе за даља истраживања утицаја аутоматске регулације параметара електричне стимулације приликом вежбања хвата.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Увидом у постављене хипотезе докторске дисертације, циљеве истраживања и добијене резултате, констатујемо да је кандидат успешно одговорио на постављена питања која су од значаја за унапређење система за функционалну електричну стимулацију. Нови систем аутоматске контроле и алгоритми управљања засновани на компјутерској визији, као и добијени експериментални резултати дају значајан научни и стручни допринос у домену биомедицинског инжењерства који се бави проучавањем и применом технологија за рехабилитацију моторне контроле. Увидом у публиковане радове и резултате докторске дисертације, констатујемо да су у докторској дисертацији приказани нови, савремени и оригинални резултати.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати досадашњег истраживања су приказани у публикацијама које припадају ужој области дисертације:

Категорија M21:

1. **Štrbac, M.**, Kočović, S., Marković, M., Popović, D.B., "Microsoft Kinect-Based Artificial Perception System for Control of Functional Electrical Stimulation Assisted Grasping," *BioMed Research International (J Biomedicine and Biotechnology)*, vol. 2014, Article ID 740469, 12 pages, 2014, (IF₂₀₁₄: **3.169**) (ISSN 2314-6133, doi:10.1155/2014/740469)
2. **Štrbac, M.**, Belić, M., Isaković, M., Kojić, V., Bijelić, G., Popović, I., Radotić, M., Došen, S., Fradina, D., and Keller, T., "Integrated and flexible multichannel interface for electrotactile stimulation," *Journal of neural engineering*, vol. 13, p. 046014, 2016, (IF₂₀₁₅: **3.493**) (ISSN 1741-2560, doi:10.1088/1741-2560/13/4/046014)
3. **Štrbac, M.**, Isaković, M., Belić, M., Popović, I., Simanić, I., Farina, D., Keller, T., and Došen, S., "Short- and Long-Term Learning of Feedforward Control of a Myoelectric Prosthesis with Sensory Feedback by Amputees," *IEEE Transactions on neural systems and rehabilitation engineering*, p. 12, 2017, (accepted manuscript) (IF₂₀₁₅: **2.583**) (ISSN 1534-4320)
4. Došen, S., Markovic, M., **Štrbac, M.**, Belić, M., Kojic, V., Bijelic, G., Keller, T., and Farina, D., "Multichannel electrotactile feedback with spatial and mixed coding for closed-loop control of grasping force in hand prostheses," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 2016, (IF₂₀₁₅: **2.583**), (ISSN 1534-4320, doi: 10.1109/TNSRE.2016.2550864)

Категорија M22:

1. Malešević J., **Štrbac, M.**, Isaković M., Kojić V., Konstantinović Lj., Vidaković A., Dedijer S., Kostić M., Keller T., "Temporal and spatial variability of surface motor activation zones in hemiplegic patients during 20 FES therapy sessions," *Artificial Organs*, 2017, (in review, invited manuscript) (IF₂₀₁₅: **1.993**) (ISSN 0160-564X)
2. Franceschi, M., Seminara, L., Došen, S., **Štrbac, M.**, Valle, M., and Farina, D., "A system for electrotactile feedback using electronic skin and flexible matrix electrodes: Experimental evaluation," *IEEE Transactions on Haptics*, 2016, (IF₂₀₁₅: **1.031**) (ISSN 1939-1412, doi:10.1109/TOH.2016.2618377)

Категорија M23:

1. **Štrbac, M.**, Popović, D.B., "Software Tool for the Prosthetic Foot Modeling and Stiffness Optimization," *Computational and Mathematical Methods in Medicine*, vol. 2012, Article ID 421796, 8 pages, 2012, (IF₂₀₁₃: **1.018**), (ISSN 1748-670X, doi:10.1155/2012/421796)

Категорија M33:

1. **Štrbac, M.**, Popović, D.B., "Computer vision with Microsoft Kinect for control of functional electrical stimulation: ANN classification of the grasping intentions," in 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), Belgrade, Serbia, pp. 127-132, 2014.

2. Štrbac, M., Malešević, N., Čobeljić R., Schwirtlich, L. "Feedback control of the forearm movement of tetraplegic patient based on Microsoft Kinect and multi-pad electrodes", IFESS Conference, San Sebastian, Spain, 2013.
3. Štrbac, M., Marković, M., Popović, D.B., "Kinect in neurorehabilitation: computer vision system for real time hand and object detection and distance estimation," in 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL), Belgrade, Serbia, pp. 127-132, 2012.
4. Malešević, J., Štrbac, M., Isaković, M., Kojić, V., Konstantinović, L., Vidaković, A., Kostić, M., Keller, T. "Evolution of surface motor activation zones in hemiplegic patients during 20 sessions of FES therapy with multi-pad electrodes", IFESS Conference, La Grande Motte, France, 2016.
5. Isaković, M., Belić, M., Štrbac, M., Popović, I., Došen, S., Farina, D., Keller, T. "Electrotactile feedback improves performance and facilitates learning in the routine grasping task", IFESS Conference, La Grande Motte, France, 2016.
6. Isaković, M., Štrbac, M., Belić, M., Bijelić, G., Popović, I., Radotić, M., Farina, D., Došen, S., Keller, T. "Dynamic Stimulation Patterns for Conveying Proprioceptive Information from Multi-DOF Prosthesis", 3rd International Conference on NeuroRehabilitation (ICNR2016), October 18-21, Segovia, Spain, 2016.
7. Štrbac, M., Kevac, Lj., Popović, I., Jovičić, N. "Wireless camera network system: test of concept," in Proceedings of TELFOR conference 2012, Belgrade, Serbia, pp. 1001-1004, 2012.

Категорија M34:

1. Jevtić, T., Štrbac, M., Janković, M., Popović-Maneski, L., Bijelić, G., Popović, D.B. "Optimization of active pads on a multipad electrode for selective finger movements based on accelerometer data", 10th Mediterranean Congress of PRM, Budva, Montenegro, pp. 119, 2013.
2. Štrbac, M., Kljajić, J., Okošanić, M., Popović, M. "Computer vision system for assessment of hand manipulation", 10th Mediterranean Congress of PRM, Budva, Montenegro, pp. 121, 2013.

Категорија M52:

1. Štrbac, M., Malešević, N., Čobeljić, R., Schwirtlich, L. "Feedback control of the forearm movement of tetraplegic patient based on Microsoft Kinect and multi-pad electrodes," *Journal of Automatic Control*, vol. 21(1), pp 7-11, 2013, (doi: 10.2298/JAC1301007S)
2. Perović, M., Stevanović, M., Jevtić, T., Štrbac, M., Bijelić, G., Vučetić, Č., Popović Maneski, L., Popović, D.B., "Electrical stimulation of the forearm: a method for transmitting sensory signals from the artificial hand to the brain," *Journal of Automatic Control*, vol. 21, pp. 13-18, 2013, (doi: 10.2298/JAC1301013P)
3. Štrbac, M., and Marković, M., "Stereovision system for estimation of the grasp type for electrotherapy." *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 8, no. 1, pp. 17-25, 2011, (doi: 10.2298/SJEE1101017S)

Према информацији са стране *Google Academic* на дан писашња реферата кандидатај је цитиран 57 пута, и има Хиршов индекс $h=6$.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација кандидата **Матије Штрпца** под насловом "**Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом**" представља савремен, оригиналан и значајан научни допринос. Дисертација је у сагласности са образложењем датим у пријави теме и садржи све елементе које предвиђа Правилник о докторским студијама Универзитета у Београду - Електротехничког факултета. У дисертацији је разматран проблем аутоматске контроле система за функционалну електричну стимулацију горњих екстремитета применом компјутерске визије засноване на Микрософт Кинект сензору са циљем унапређења процеса рехабилитације. Комисија потврђује да

докторска дисертација има оригиналан и савремен научни допринос у домену развоја система намењених рехабилитацији.

На основу оцењене дисертације, демонстриране способности кандидата за научно-истраживачки рад, критичке анализе резултата истраживања и верификације научних доприноса, Комисија констатује да је **Матија Штрбац** испунио све услове предвиђене Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Универзитета у Београду - Електротехничког факултета. Предлажемо Комисији за трећи степен студија Универзитета у Београду - Електротехничког факултета и Научно-наставном већу Универзитета у Београду - Електротехничког факултета, да се докторска дисертација под називом **"Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом"** кандидата **Матије Штрпца, мастер инжењера електротехнике и рачунарства** прихвати, изложи на увид јавности, упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и одобри јавна усмена одбрана.

Београд, 27. мај 2017.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Дејан Б. Поповић, члан САНУ, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



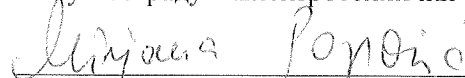
др Игор Тартаља, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Ненад Јовичић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Жељко Ђурђевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирјана Поповић, редовни професор у пензији
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет