

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Матије Штрпца за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5019/11-1 од 30.06.2015. године именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Матије Штрпца за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Кинект и компјутерска визија за контролу функционалне електричне стимулације за управљање руком"**.

На основу исказа кандидата у току усмене одбране теме докторске дисертације Комисија је предложила корекцију теме у **"Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Матија Штрбац је рођен у Београду 06.10.1987. године. Завршио је Шесту београдску гимназију 2006. године и дипломирао је на четворогодишњим академским студијама на Електротехничком факултету Универзитета у Београду 2010. на усмерењу Биомедицинско инжењерство у оквиру одсека за Сигнале и системе у предвиђеном периоду од четири године са просечном оценом 9,62 у току студија. Тема дипломског рада била је "Идентификација предмета и одређивање типа хвата на основу информација стереовизијског система" под менторством проф. др Дејана Поповића.

Након дипломирања провео је два месеца (јул-август) у Хонг Конгу на стручном усавршавању у оквиру студентске праксе коју организује ИАЕСТЕ, где је радио на Политехничком универзитету као студент приправник. Исте године, уписао је мастер академске студије, такође на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на модулу Сигнали и системи. Једногодишњи мастер програм завршио је у року 2011. године са просечном оценом 10, а тема мастер рада је била "Еластично стопало: моделирање и анализа ефеката крутости", под руководством проф. др Дејана Поповића.

Кандидат је 2011. године уписао докторске студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду на усмерењу Управљање процесима и обрада сигнала. Од јануара 2012. године је ангажован на Електротехничком факултету Универзитета у Београду као сарадник на пројекту 175016 Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије „Ефекти асистивних система у неурореабилитацији: опоравак сензорно-моторних функција”, којим руководи проф. др Мирјана Поповић. Од марта 2013. године Матија Штрбац је ангажован и на истраживачким пројектима у оквиру предузећа Tescnia Serbia DOO у Београду.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Своје научноистраживачке активности везане за докторску тезу Матија је усмерио на проучавање нових уређаја и алгоритама за артифицијелну визуелну перцепцију са циљем аутоматизације асистивних система намењених ресторацији покрета горњих екстремитета пацијената са сензорно-моторним оштећењима централног нервног система. Предмети на докторским студијама су изабрани тако да покривају све области од интереса за рад на пројекту који води докторској дисертацији. У току прве године докторских студија Матија је положио следеће предмете: Класификација и естимација сигнала, Наменске сензорске мреже, Одабране методе обраде физиолошких сигнала, Вештачка интелигенција и Неуралне протезе и успешно урадио студијско истраживачки рад у вези докторске тезе, чиме је остварио 60 ЕСПБ. На другој години докторских студија Матија је положио следеће изборне предмете: Моторна контрола и рехабилитација, Методе и инструментација за електрофизиологију, Линеарне и нелинеарне методе анализе сигнала, Управљање сложеним системима и Увод у научни рад, објавио је научно стручни рад и успешно урадио студијско истраживачки рад у вези докторске тезе, чиме је остварио још 60 ЕСПБ.

У току рада је Матија Штрбац започео и сарадњу са предузећем Tecnia Serbia DOO, Београд, са којим Електротехнички факултет већ има дугогодишњу сарадњу у области истраживања. Ова сарадња је делимично проширила активности у домену истраживања и омогућила примену најсавременијих компоненти и алата потребних за научно-истраживачки рад кандидата. Матија је у току реализације докторске теме остварио успешну сарадњу са лекарима из Клинике за рехабилитацију "Др Мирослав Зотовић", Београд. У оквиру ове сарадње Матија експериментално проверава неке од хипотеза и тестира делове система који развија.

Свој интензиван и успешан рад је Матија приказао у низу публикација у часописима и конференцијама, као и у низу предавања која је одржао. Матија Штрбац је први аутор на два раду који су објављени у часописима који се налазе на СЦИ листи. До сада је публикувао и три рада у часописима националног значаја са рецензијом, од којих је на два први аутор, и четири рада на међународним конференцијама штампаних у целини на којима је први аутор. Од радова који су у директној вези са пројектом на којем ради и са самом темом докторске дисертације издваја се следећи низ публикација:

Радови у међународним часописима (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, doi:10.1155/2012/421796, 2012, ISSN 1748-670X, IF₂₀₁₃: 1.018
2. 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 I (J Biomedicine and Biotechnology)*, vol. 2014, Article ID 740469, 12 pages, doi:10.1155/2014/740469, 2014, ISSN 2314-6133, IF₂₀₁₄: 3.169

Радови у часописима од националног значаја (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, DOI: 10.2298/JAC1301007S, 2013, ISSN 1450-9903
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(1), pp 13-18, DOI: 10.2298/JAC1301013P, 2013, ISSN 1450-9903

Саопштења на међународним скуповима штампани у целини (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. 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

Саопштења на међународним скуповима штампани у изводу (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.

Матија је учествовао и у настави из предмета Неурално инжењерство и Моделирање система у организму у оквиру мастер академских студија на Факултету под руководством наставника и ментора проф. др Дејана Поповића. Матија је направио и води рачуна о веб сајту Лабораторије за Биомедицинско инжењерство и технологије (<http://bmit.etf.bg.ac.rs/>) на одличан начин. Матија је био веома активан и у активностима које организује проф. Мирјана Поповић везаним за недеље посвећене ширењу свести о мозгу (BAW, <http://bmit.etf.bg.ac.rs/index.php?id=82>).

Треба споменути и да је у току 2013. године Матија развијао инструментацију и методу за интервентну кардиологију у сарадњи са др Милошем Костићем, који је такође био истраживач на пројекту на ЕТФ, и са истраживачима Кардиолошке клинике Клиничког центра Србије, Београд. Ова активност је резултовала прототипом који се тестира ин виво на Клиници, а за методу и инструментацију су поднете две патентне пријаве.

На усменој јавној одбрани теме докторске дисертације одржаној на Електротехничком факултету 1.7.2015. године пред комисијом коју су чинили др Мирјана Поповић, редовни професор на Електротехничком факултету, др Игор Тартаља, ванредни професор на Електротехничком факултету, и др Љубица Константиновић, ванредни професор на медицинском факултету, Матија је презентовао тему докторске дисертације и образложио предмет, циљ и значај истраживања, као и досадашње резултате истраживања у овој области. Радну хипотезу да визуелна перцепција значајно унапређује систем за електричну стимулацију и да олакшава његову примену у клиничким условима је образложио аутоматизацијом система која у себе укључује опонашање биолошке контроле покрета, док је своје досадашње резултате илустровао видео записима са Клинике за рехабилитацију који приказују побољшање постојећег система за електричну стимулацију покрета. Комисија је изнела закључак да је кандидат на јавној усменој одбрани предложене теме докторске дисертације положио испит о подобности теме (докторски испит) и да је предложена тема задовољила све услове како би кандидат почео са изработом.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Матија Штрбац је у досадашњем раду показао изузетно велики интерес за рад у области примене компјутерске визије за управљање асистивним системима у неурорехабилитацији. Још у оквиру свог дипломског рада под насловом "Идентификација предмета и одређивање типа хвата на основу информација стереовизијског система", Матија се упознао са овом проблематиком и његов рад је награђен као најбољи у секцији на конференцији ЕТРАН 2010. године и као такав је у проширеној форми публикован исте године у часопису од националног значаја. У континуитету научно-истраживачког рада у наставку студија кандидат се систематски упознао са постојећим техникама и методама за снимање, обраду и

анализу различитих биофизиолошких сигнала, развијајући самостално хардверска и софтверска решења за њихову реализацију. У склопу своје сарадње са предузећем предузећем Тецналиа Србија, Београд, Матија је учествовао у развоју једног од најсавременијих система за електричну стимулацију и добио је прилику да се суочи са различитим ограничењима који се јављају у практичној примени функционалне електричне стимулације за ресторацију хвата у клиничком окружењу. Истовремено, као резултат сарадње са научницима из лабораторија у којима је радио као стипендиста научних пројеката и у склопу пословне сарадње, кандидат је развио нове методе усмерене на пројектовање потпуно нових алгоритама управљања асистивним системима у неурорехабилитацији. У току свог истраживања, кандидат је такође имао прилику да се упозна са применом система за компјутерску визију у клиничком окружењу и да тестира нове биомедицинске уређаје и алгоритме управљања на пацијентима са различитим моторним оштећењима. Кандидат је већ остварио значајне резултате у области теме докторске дисертације што показују публикације, активно учешће на конференцијама и скуповима, учешће на пројектима, као и награде и стипендије. Паралелно са научно-истраживачким радом кандидат свој научни развој обogaђује значајним педагошким радом са студентима у домену теме дисертације и шире, у области биомедицинског инжењерства. Узимајући у обзир све наведене чињенице и резултате досадашњег рада Матије Штрпца Комисија има позитивно мишљење о квалификованости кандидата за рад на предложеној теми докторске дисертације.

2. Предмет и циљ истраживања

Системи за електричну стимулацију и генерисање хвата код пацијената са спастичном парализом руке налазе клиничку примену у опоравку хемиплегичних пацијената, након церебро-васкуларног акцидента, као и пацијената са повредом кичмене мождине. Међутим, чак и код најнапреднијих система за електричну стимулацију се јављају следећа ограничења: недовољна селективност стимулације, мишићни замор при стимулацији, дуготрајан и заморан процес постављања система, захтеван контролни интерфејс и неопходност мануелне контроле приликом хватања која заправо спречава пацијента да се концентрише на саму вежбу и хват који треба да направи. У оквиру овог истраживања суочићемо се наведеним ограничењима и покушаћемо да развијемо решења за неке од њих, пре свега оне које се односе на аутоматско управљање системом. Развој електронске опреме, пре свега камера и графичких процесора, као и алгоритама за обраду слике резултовао је разноврсним решењима у областима аутоматског управљања и биомедицинског инжењерства заснованим на системима за компјутерску визију. Предмет истраживања у оквиру рада на докторској тези је развој система за компјутерску визију који користи Мицрософт Кинект сензор ради унапређења постојећих система за електротерапију и решавања неких од горе наведених ограничења. Идеја је да систем за компјутерску визију у неком смислу опонаша процес биолошке контроле приликом формирања хвата која полази од визуелне перцепције предмета који човек жели да ухвати и окружења у коме се тај предмет налази. Циљ је да се когнитивни процеси који омогућавају да се од визуелне перцепције преко издвајања обележја од интереса, формирања одлуке до постизања одговарајућег мишићног одговора и жељеног хвата укључи у систем за функционалну електричну стимулацију (ФЕС). Систем за компјутерску визију би при том требало да обезбеди лаку интеграцију у постојеће клиничко окружење и да омогући праћење позиције и оријентације руке пацијента у реалном времену и препознавање сцене и предмета који се користе за вежбање хвата. Значај овог истраживања састоји се у могућности побољшања конвенционалних асистивних метода неурорехабилитације пацијената након церебро-васкуларног акцидента или повреде кичмене мождине. Унапређења система за ФЕС применом компјутерске визије односе се на аутоматски избор хвата и правовремено укључивање стимулационе шеме која одговара датом хвату, чиме се пацијенту омогућава да се концентрише на вежбање. Као директна

последица ових побољшања очекује се и допринос у самој рехабилитацији који би требало да резултује повећањем брзине и степена опоравка пацијената.

2.1. Досадашњи резултати истраживања у овој области

Типичан систем за рехабилитацију хвата применом ФЕС-а састоји се од електронског стимулатора и електрода преко којих се стимулациони импулси преносе до еферентних нерава подлактице како би обезбедили отварање и затварање шаке [1-3]. Хват се формира коришћењем препрограмираних временских секвенци укључивања и искључива различитих електрода, односно стимулационих канала [4, 5]. Ова временска секвенца је заснована на усклађености просторних синергија које имају задатак да обезбеде што приподнији покрет парализоване руке [6, 7]. Најједноставнији приступ за активацију жељене стимулационе секвенце који се користи у великом броју ФЕС система јесте правовремено притискање тастера [8] од стране пацијента или терапеута. Неки комерцијални системи који су тренутно доступни за укључивање стимулације користе и сензор позиције за детекцију покрета рамена [9] или флексије/екстензије ручног зглоба [10]. Основни недостатак наведених приступа се огледа превасходно у томе што захтевају додатане покрете како би се активирала стимулација, чиме онемогућавају корисника да се концентрише на хват који жели да направи и могу резултовати стварањем неприродне сензомоторне спреге. Избор одговарајуће шеме стимулације како би се кориснику омогућило да направи различите хватове у зависности од предмета који жели да ухвати су додатно ограничење. У прошлости су за решавање овог проблема понуђена разна решења, од специјално дизајнираног управљачког џојстика [11, 12], преко избора стимулационог шаблона гласовним командама [13, 14], до контроле електромиографским сигнаlima [15, 16] и мозак рачунар интерфејсом [17-19]. Иако су неки од ових система омогућили кориснику селекцију стимулационог шаблона, недовољна интуитивност контролног механизма је остао проблем. За успешну обнову функције неопходно је да се систем базира на опонашању природних биолошких механизма [20]. Уколико желимо да систем опонаша биолошку контролу, најбоље је поћи од истих улазних информација, тако да се артифицијална перцепција намеће као добар приступ. Идентификација предмета и препознавање одговарајућег хвата применом компјутерске визије је концепт који је првобитно тестиран у управљању протетичком шаком [21, 22]. Са циљем да се исти принцип искористи за управљање електричном стимулацијом, развијена су два система за компјутерску визију - систем који се састоји од камере и ултразвучног сензора растојања [23] и стереовизијски систем [24], али су се понуђена решења показала превише захтевна за рад у реалном времену у клиничком окружењу и нису могла понуде аутоматску активацију стимулације у складу са просторним синергијама. Наше истраживање има за циљ да направи систем за контролу ФЕС-а заснован на Кинект сензору. Сам систем би требало да садржи одговарајуће алгоритме за обраду слике који би омогућили екстракцију параметара од интереса у реалном времену, како би систем кроз компјутерску визију опонашао процес биолошке контроле и обезбедио временску усклађеност просторних синергија, чиме би се превазишли недостаци и ограничења која постоје у савременим системима.

2.2. Листа референци

- [1] M. B. Popović, D. B. Popović, and R. Tomović, "Control of arm movement: reaching synergies for neuroprosthesis with life-like control," *Journal of Automatic Control*, vol. 12, pp. 9–15, 2002.
- [2] Y. Hara, S. Ogawa, K. Tsujiuchi, and Y. Muraoka, "A home-based rehabilitation program for the hemiplegic upper extremity by power-assisted functional electrical stimulation," *Disability and Rehabilitation*, vol. 30, no. 4, pp. 296–304, 2008.
- [3] D. B. Popovic, M. B. Popovic, T. Sinkjær, A. Stefanovic, and L. Schwirtlich, "Therapy of paretic arm in hemiplegic subjects augmented with a neural prosthesis: a cross-over study," *Canadian Journal of Physiology and Pharmacology*, vol. 82, no. 8-9, pp. 749–756, 2004.
- [4] Y. Handa and N. Hoshimiya, "Functional electrical stimulation for the control of the upper extremities," in *Medical progress through technology*, ed: Springer, 1987, pp. 51-63.

- [5] A. Popović-Bijelić, G. Bijelić, N. Jorgovanović, D. Bojanić, M. B. Popović, and D. B. Popović, "Multi-Field Surface Electrode for Selective Electrical Stimulation," *Artificial organs*, vol. 29, pp. 448-452, 2005.
- [6] S. D. Iftime, L. L. Egsgaard, and M. B. Popović, "Automatic determination of synergies by radial basis function artificial neural networks for the control of a neural prosthesis," *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 482-489, 2005.
- [7] M. B. Popović, "Control of neural prostheses for grasping and reaching," *Medical Engineering and Physics*, vol. 25, no. 1, pp. 41-50, 2003.
- [8] R. Nathan and A. Ohry, "Upper limb functions regained in quadriplegia: a hybrid computerized neuromuscular stimulation system," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 71, pp. 415-421, 1990.
- [9] J. R. Buckett, P. H. Peckham, G. B. Thrope, S. D. Braswell, and M. W. Keith, "A flexible, portable system for neuromuscular stimulation in the paralyzed upper extremity," *Biomedical Engineering, IEEE Transactions on*, vol. 35, pp. 897-904, 1988.
- [10] A. Prochazka, M. Gauthier, M. Wieler, and Z. Kenwell, "The bionic glove: an electrical stimulator garment that provides controlled grasp and hand opening in quadriplegia," *Archives of physical medicine and rehabilitation*, vol. 78, pp. 608-614, 1997.
- [11] P. Peckham, "Motor prosthesis for restoration of upper extremity function," in *Neural Prostheses*, pp. 162-187, 1992.
- [12] R. B. Stein, P. H. Peckham, and D. Popović, *Neural Prostheses: Replacing Motor Function after Disease or Disability*, Oxford University Press, 1992.
- [13] R. H. Nathan, "An FNS-based system for generating upper limb function in the C4 quadriplegic," *Medical and Biological Engineering and Computing*, vol. 27, no. 6, pp. 549-556, 1989.
- [14] R. H. Nathan and A. Ohry, "Upper limb functions regained in quadriplegia: a hybrid computerized neuromuscular stimulation system," *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, vol. 71, no. 6, pp. 415-421, 1990.
- [15] S. Saxena, S. Nikolic, and D. Popovic, "An EMG-controlled grasping system for tetraplegics," *Journal of Rehabilitation Research and Development*, vol. 32, no. 1, pp. 17-24, 1995.
- [16] T. Keller, A. Curt, M. R. Popovic, A. Signer, and V. Dietz, "Grasping in high lesioned tetraplegic subjects using the EMG controlled neuroprosthesis," *NeuroRehabilitation-An Interdisciplinary Journal*, vol. 10, pp. 251-256, 1998.
- [17] Y. Hao, M. Controzzi, C. Cipriani et al., "Controlling hand-assistive devices: utilizing electrooculography as a substitute for vision," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, vol. 20, no. 1, pp. 40-52, 2013.
- [18] G. Pfurtscheller, G. R. Müller-Putz, J. Pfurtscheller, and R. Rupp, "EEG-based asynchronous BCI controls functional electrical stimulation in a tetraplegic patient," *Eurasip Journal on Applied Signal Processing*, vol. 2005, no. 19, pp. 3152-3155, 2005.
- [19] A. M. Savić, N. M. Malešević, and M. B. Popović, "Feasibility of a hybrid brain-computer interface for advanced functional electrical therapy," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, Article ID 797128, 11 pages, 2014.
- [20] Tomovic' R, Popovic' DB, Stein RB. *Nonanalytical methods for motor control*. Singapore: World Science Publisher; 1995.
- [21] S. Došen and D. B. Popović, "Transradial Prosthesis: Artificial Vision for Control of Prehension," *Artificial Organs*, vol. 35, no. 1, pp. 37-48, 2011.
- [23] S. Došen, C. Cipriani, M. Kostić, M. Controzzi, M. C. Carrozza, and D. B. Popović, "Cognitive vision system for control of dexterous prosthetic hands: experimental evaluation," *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 7, no. 1, article 42, 2010.
- [23] Đ. Klisić, M. Kostić, S. Došen, and D. B. Popović, "Control of prehension for the transradial prosthesis: natural-like image recognition system," *Journal of Automatic Control*, vol. 19, pp. 27-31, 2009.
- [24] M. Štrbac and M. Marković, "Stereovision system for estimation of the grasp type for electrotherapy," *Serbian Journal of Electrical Engineering*, vol. 8, no. 1, p. 17, 2011.

3. Полазне хипотезе

У истраживању је постављена следећа хипотеза: **Вештачка визуелна перцепција је значајно унапређење система за електричну стимулацију.**

Ова хипотеза ће се испитати кроз проверу могућности да Кинект камера уз одговарајући алгоритам чији резултат је вештачка перцепција унапреди систем за ресторацију покрета руком и хватање и поједностави примену овог система у клиничким условима. У овом контексту вештачка перцепција је систем за препознавање објекта у радном простору који ће пацијент користити, процену положаја шаке у односу на објекат који пацијент жели да користи, примену хеуристички развијених мапа за избор временске шеме укључења појединих стимулационих канала и повратну спрегу за корекцију покрета руком.

У циљу провере хипотезе истраживање ће дати одговоре на следећа питања:

1. Да ли је могуће укључити Кинект у постојећи систем за функционалну електричну терапију тако да се не намећу нови услови и ограничења? Који су у том случају параметри које је могуће пратити компјутерском визијом и са коликом просторном и временском резолуцијом?
2. Да ли је електричном стимулацијом бицепса и трицепса могуће контролисати позицију руке у затвореној спрези применом компјутерске визије? Колики је утицај замора на промене параметара стимулације и да ли је могуће одговорити на овај вид поремећаја применом компјутерске визије?
3. Да ли је могуће применити артифицијелну перцепцију која oponaша биолошку контролу како би се обезбедио аутоматски избор одговарајуће стимулационе шеме при хватању предмета? Која су временска ограничења и да ли овакав систем може да се обезбеди правовремено укључивање стимулације у току приближавања руке предмету, као и правовремено искључивање након што је манипулација предметом завршена.
4. Која све побољшања уноси компјутерска визија у постојеће системе за функционалну електричну стимулацију горњих екстремитета, да ли постоји побољшање у контроли и брзини извршавања хвата, и да ли су ова побољшања праћена клиничким ефектима?

4. Научне методе истраживања

Да би се одговорило на полазне хипотезе развијен протокол научно истраживачког рада. После детаљног проучавања литературе релевантне за компјутерску визију, са посебним нагласком на истраживања у којима се користе системи типа Кинект за рехабилитацију, а затим и упознавања са техничким карактеристикама електричних стимулатора и клиничким применама функционалне електричне стимулације намењене терапији хемиплегичних и тетраплегичних пацијената, дефинисани су кораци који су неопходни да би се дошло до валидних квантификованих мера које доказују постављену хипотезу.

У раду ће се поћи од захтева које је неопходно испунити како би се систем за компјутерску визију интегрисао у клиничко окружење, и користећи те захтеве развија се алгоритам за компјутерску визију и испитује резолуција система визије при праћењу позиције и оријентације руке, као и препознавању предмета, у датим условима.

У наставку ће се испитати могућност контроле позиције руке стимулацијом мишића надлактице у затвореној спрези. При томе су од интереса временска ограничења стимулације, мишићни замор, који се јавља приликом одржавања руке у позицији од интереса коонтракцијом, а који је последица релативно дуготрајне стимулације бицепса и трицепса, и могућност система за компјутерску визију да правовремено одговори на овај вид "поремећаја".

На крају ће се испитати да ли се систем за компјутерску визију може да генерише поновљив сигнал за управљање функционалном електричном стимулацијом тако да се обезбеди хват од интереса и да ли ова примена даје жељена унапређења са аспекта клиничара и корисника система у процесу рехабилитације.

Истраживања у овом пројекту ће се обавити сложеним системом који укључује:

1. Комерцијална РГБ-Д камера *Microsoft Kinect for Windows* постављена на сталак који обезбеђује висину и угао под којима камера види радни простор;
2. Програмску подршку за аквизицију, обраду, издвајање и класификацију обележја из дубинске слике и слике у боји, који омогућава праћење позиције и оријентације руке у реалном времену, препознавање предмета и избор одговарајућег хвата, као и аутоматско управљање функционалном електричном стимулацијом путем *Bluetooth* (БТ) протокола
3. Лабораторијски прототип система за функционалну електричну терапију од стране предузећа *Tecnalia Serbia*, Београд у сарадњи са Електротехничким факултетом Универзитета у Београду;
4. Програмску подршку за каснију обраду сигнала и анализу резултата мерења и ефикасности система

Рад на пројектовању захтева: развој компоненти 2 и 4, унапређење компоненте 3, и интеграцију свих компоненти у систем са једноставним корисничким интерфејсом.

У оквиру рада на тези примењују се различите методе за обраду слике, издвајање обележја и њихову класификацију. За развој методологије потребно је пројектовати и реализовати поједине хардверске компоненте и комплетан софтвер за процесирање у реалном времену као и каснију анализу резултата мерења. Предложена методологија праћења позиције и оријентације руке, препознавања предмета и избора хвата ради управљања електричном стимулацијом заснива се искључиво на обради слике са Кинект камере и процесирању сигнала. Слика се обрађује и издвојена обележја се процесирају у софтверском пакету *Matlab*, а део везан за аквизицију се обавља у *Kinect SDK DLL* библиотекама.

Методологија истраживања укључује и дефинисање кључних питања и формулисање одговарајућих експерименталних протокола за испитивање и проверу полазних хипотеза.

5. Очекивани научни допринос

- Нови систем за аутоматско управљање функционалном електричном стимулацијом који се заснива на компјутерској визији и примени Кинект сензора.
- Развој механизма артифицијелне перцепције који oponaша природан начин формирања одлуке и контроле позиције и оријентације руке приликом формирања хвата.
- Разумевање улоге визуелне информације и механизма перцепције при хватању и укључивање ове интелигенције у системе за ФЕС хвата.
- Испитивање интуитивности аутоматизоване контроле шеме стимулације која одговара формирању хвата потребном за предмет од интереса при коришћењу система за ФЕС.
- Оптимизација процеса покретања стимулације детектовањем корисникове намере, односно приближавања руке на одговарајућу дистанцу од предмета.
- Анализа предности које пружа систем за компјутерску визију у односу на конвенционално управљање електричном стимулацијом.
- Референтни подаци за планирање будућих клиничких студија на основу резултата тестова система на здравим испитаницима и пилот студије на хемиплегичним и тетраплегијским пацијентима.
- Непосредни резултат развоја система за компјутерску визију је унапређење и поједностављење управљања рехабилитационим системом за ФЕС

6. План истраживања и структура рада

- Преглед постојећих система за вежбање хвата применом ФЕС-а, постојећих метода за аутоматско управљање ФЕС-ом, постојећих система за аквизицију слике и 3Д мапирање простора, са фокусом на системе за компјутерску визију који се примењују у аутоматској контроли и неурорехабилитацији.
- Приказ еволутивног развоја система за компјутерску визију за контролу електричне стимулације.
- Приказ Кинект камере и њених предности и ограничења у односу на остале системе који се могу користити за аквизицију слике и процену дубине.
- Приказ метода обраде и анализе слике ради издвајања обележја од интереса.
- Приказ метода ФЕС мишића, као и дизајн хардверског дела система (подразумева оптимизацију радног простора у односу на сцену коју посматра камера).
- Повезивање система за компјутерску визију и електричног стимулатора за ФЕС мишића.
- Развој нове стратегије аутоматског управљања стимулационом шемом применом система за компјутерску визију .

- Дизајн софтвера за аквизицију и обраду слике ради процене позиције и оријентације руке у реалном времену, препознавања предмета и избора хвата, као и графичког корисничког интерфејса ове апликације.
- Тестирање развијеног система на здравим испитаницима и на хемиплегичним и тетраплегичним пацијентима.
- Писање научних публикација заснованих на резултатима тестирања развијених система.

7. Закључак и предлог

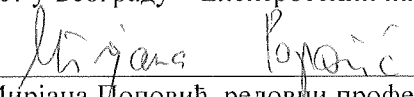
Из достављене документације која укључује биографију и библиографију кандидата Матије Штрпца закључујемо да се ради о успешном и мотивисаном младом научнику. Такође, на основу података из биографије и библиографије закључили смо да је кандидат успешно интегрисан у рад у овој области са другим истраживачима и клиничарима. На основу изложеног, Комисија сматра да кандидат испуњава све суштинске и формалне услове за рад на докторској дисертацији, као и да је предложена тема актуелна у свету у области биомедицинског и рехабилитационог инжењерства и компјутерске визије уопште. Сличном проблематиком се тренутно бави више врхунских истраживачких институција у свету, а досадашњи резултати кандидата припадају истом нивоу истраживања. Предлог истраживања сугерише да ће резултат бити практични систем чије ће тестирање формулисати и питања у коме смеру треба да се развијају компјутерска визија за неурорехабилитацији особа са моторним оштећењем. Предложена истраживања и наведене методе показују зрелост кандидата као и познавање проблема примене система у клиничким условима.

На основу свих наведених релевантних чињеница наш закључак је да мастер инжењер Матија Штрбац испуњава све услове за израду докторске дисертације и потврђујемо научну заснованост предложене теме „Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом“. Сходно томе Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета, Универзитета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Развој компјутерске визије за управљање функционалном електричном стимулацијом“ и да кандидату Матији Штрпцу омогући да приступи њеној изради.

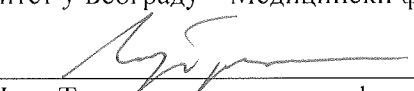
Тема докторске тезе је у оквиру области истраживања у домену Биомедицинске технике на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, и предлажемо ментора редовног професора Електротехничког факултета, Универзитета у Београду др Дејана Б. Поповића.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Дејан Поповић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


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


др Љубица Константиновић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Медицински факултет


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