

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата **Антонине Алексић**, студента докторских студија за израду докторске дисертације

Одлуком 5020/16-1 од 25. новембра 2019. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Антонине Алексић**, мастер инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације и научне заснованости теме **"Развој и тестирање методе за квантификовану процену спастичности"**.

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата и записника са усмене одбране предложене тезе доле потписна Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Антонина Алексић је рођена 25.03.1992. године у Новом Саду, где је и завршила основну школу као ђак генерације и носилац Вукове дипломе. Математичку гимназију завршила је у Београду као вуковац. Основне академске студије на Електротехничком факултету је уписала 2011. године, а дипломирала 2015. године на модулу Сигнали и системи са просечном оценом 8.89. Дипломски рад под називом "Издавање феталног ЕКГ-а из композитног ЕКГ-а мајке анализом независних компоненти" под менторством проф. др Мирјане Поповић је одбранила са оценом 10 у јулу 2015. године. Исте године је уписала мастер академске студије на Електротехничком факултету и положила све испите на модулу Сигнали и системи са просечном оценом 9.83. Мастер рад под називом "Примена електромиографских сигнала за одређивање мишићне синергије које карактеришу хватање" под менторством професора академика Дејана Б. Поповића је одбранила у јулу 2016. године са оценом 10. Докторске академске студије на Електротехничком факултету у Београду, модул Управљање системима и обрада сигнала је уписала 2015. године и положила све испите са просечном оценом 9.90.

У периоду од јануара до априла 2018. године, Антонина је била ангажована као истраживач на универзитету у Јапану. Тамо се бавила биомеханичким моделима. Антонина је од маја 2018. до децембра исте године била ангажована као истраживач приправник на пројекту Министарства просвете, науке и технолошког развоја број ТР 35003 под називом "Истраживање и развој амбијентално-интелигентних сервисних робота антропоморфне структуре" у Институту техничких наука САНУ. Током рада на овом пројекту, Антонина је стекла искуство у клиничком раду са пацијентима различитих профила. Остварила је успешну сарадњу са клиником "Др Мирослав Зотовић" где се бавила пацијентима са повредом кичмене мождине. У болници "Мартин Хорват" у Ровињу је радила студије са пацијентима који болују од церебралне парализе.

1.2. Стечено научноистраживачко искуство

Положила је све испите и тренутно завршава докторску дисертацију. Као основну област рада у оквиру истраживања изабрала је под руководством академика Дејана Поповића проучавање могућности објективне процене патолошког стања које се назива спастичитет особа после повреде централног нервног система.

Прецизније, област истраживања Антонине Алексић обухвата обраду сигнала, проучавање сензорно-моторних функција, увођење нових метода и пројектовање опреме која омогућава одређивање параметара биомеханичког модела пендуларног кретања потколена. Све ово намењено је развоју нових

знања у области неуронаука као и објективизацији процене моторног стања које може да унапреди праћење ефеката терапије у клиничким условима од чега користе имају особе са инвалидитетом и клиничари.

Шифра	Назив предмета	Оцена	ЕСПБ	Датум
13Д051АВО	Аутоматско вођење објеката у простору	9	9	12.09.2018.
13Д051ОМО	Одабране методе обраде физиолошких сигнала	10	9	22.09.2018.
13Д051КЕС	Класификација и естимација сигнала	10	9	31.08.2018.
13Д051МКР	Моторна контрола и рехабилитација	10	9	29.08.2018.
13Д091УНР	Увод у научни рад	10	6	31.08.2018.
13Д061БСП	Биомедицински сензори и претварачи	10	9	01.09.2017.
13Д051МИЕ	Методе и инструментација за електрофизиологију	10	9	15.06.2017.
13Д051НП	Неуралне протезе	10	9	16.06.2017.
13Д051ОПД	Одабране примене дигиталне обраде слике	10	9	16.06.2017.
13Д051СОМ	Системи одлучивања у медицини	10	9	23.06.2017.
Научно стручни рад			3	
Студијски истраживачки рад I			15	
Студијски истраживачки рад II			15	
УКУПНО			120	

Кандидаткиња је положила све испите предвиђене програмом као што је показано у Табели.

Кандидаткиња је успешно овладава техникама неопходним за рад на докторској дисертацији коју је пријавила. Антонина је проучила и проучава стручну и научну литературу која је директно повезана са темом његовог истраживања, али и много шире да би своја истраживања на прави начин приказала стручној јавности у свету.

Досадашњи резултати рада су приказани у 8 публикација: 3 рада у међународним часописима, један рад у националном часопису и 4 рада на интернационалним конференцијама. 2017. године на међународној конференцији *IceTRAN* Антонина је награђена (најбољи рад младог истраживача у оквиру секције за медицинску технику).

Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M21-M23):

1. Popović-Maneski, L., **Aleksić, A.**, Metani, A., Bergeron, V., Čobelić, R., Popović, D.B. (2018). Assessment of spasticity by a pendulum test in SCI patients who exercise FES cycling or receive only conventional therapy. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(1), 181-187. (ISSN: 1558-0210, IF=3.972) (M21)
2. Čobelić, R.D., Ribarić-Jankes, K., **Aleksić, A.**, Popović-Maneski, L.Z., Schwirtlich, L.B., Popović, D. B. (2018). Does galvanic vestibular stimulation decrease spasticity in clinically complete spinal cord injury? *International Journal of Rehabilitation Research*, 41(3), 251-257. (ISSN: 0342-5282, IF=1.378) (M23)

Радови објављени међународним и националним часописима (M24):

1. Popović Maneski, L., **Aleksić, A.**, Čobelić, R., Bajd, T., Popović, D.B.(2017). A new method and instrumentation for analyzing spasticity. *IETI Transactions on Ergonomics and Safety*, 1(1), 12-27, (ISSN 2520-5439, not on the WoS list). (M24)
2. **Aleksić, A.**, Graovac, S., Maneski-Popović, L., & Popović, D. B. (2018). The assessment of spasticity: Pendulum test based smart phone movie of passive markers. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 15(1), 29-39. (ISSN 1451-4869) (M24)

Радови у Зборницима са међународних конференција:

1. Petrović, V., Kojić, V., **Aleksić, A.**, Popović, M.B., Potkonjak, V. A *Biomechanical Approach of Fatigue Impact on Human Arm Kinematics in Repetitive Tasks*, Proceedings of the 2nd International Conference on

Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2015), Silver Lake, Serbia, June 2015, ROI2.4 pp. 1-5. (M33)

2. **Aleksić, A.**, Miljković, M., Popović, M.B. *FastICA for extraction of the fetal ECG*, 7th International Symposium on Neurocardiology NEUROCARD 2015, Belgrade, Serbia, October 2015, pp. 87. ISSN 2069-0169, ISSN-L 2069-0169. (M33)
3. **Aleksić, A.**, Topalović, I., Popović, D.B. *Muscular Synergies During the Grasping Estimated from Surface EMG Recordings*, Proceedings of the 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2016), Zlatibor, Serbia, June 2016., ISBN 978-86-7466-618-0, MEI1.3.1-4. 4. (M33)
4. **Aleksić, A.**, Graovac, S., Popović, D.B. *The pendulum test for assessing spasticity based on smart phone movie and passive markers*, Proceedings of the 4th International Conference on Electrical, Electronic and Computing (IcETRAN 2017), Kladovo, Serbia, June 2017., ISBN 978-86-7466-693-7. (нарађен као најбољи рад младог аутора у секцији Медицинска техника) (M33)

Антонина Алексић је положила докторски испит 12. децембра 2019. године пред комисијом коју је одредило Наставно-научно веће Електротехничког факултета Универзитета у Београду у саставу: Милица Јанковић, доцент Електротехничког факултета БУ, Љубица Константиновић, редовни професор Медицинског факултета БУ, и Лазар Сарановац, редовни професор Електротехничког факултета БУ.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Антонина је положила све испите са одличним оценама и усмено одбранила предложену тему пред доле потписаном Комисијом.

Антонина има три рада у часописима категорије M21 до M23. Антонина је публиковала и један рад у часопису M24 на којем је први аутор, Антонина тренутно припрема рад на којем ће бити први аутор, а који ће бити публикован у часопису категорије M21 или M22. Ове публикације је потпуно квалификују за финализацију и каснију одбрану докторске тезе.

Антонина је савладала у пуној мери начин припреме и пројектовања експеримената. Она постепено формира нове методе у којима се истиче њена оригиналност у научном раду заснована на одличном познавању литературе и комуникацијама са експертима у њеном окружењу.

Антонина Алексић испуњава све услове за рад на докторској дисертацији коју је предложила.

2. Предмет и циљ истраживања

Истраживање је усмерено развоју инструментације и методологије који омогућавају клиничару да на једноставан начин објективно оцени спастичитет код пацијената са повредом централног нервног система. Спастицитет се јавља се као пратећи моторни поремећај различитих болести: можданог удара, повреде кичмене мождине, церебралне парализе, мултипла склерозе итд.

Спастицитет није јединствено дефинисан у литератури, али је опште усвојено да се ради о патолошком рефлексном одговору парализованог или паретичног мишића на истезање [1]. Овај поремећај настаје највероватније због недостатка сигнала од горњег моторног неурона до синапсе моторног нерва који побуђује посматрани мишић услед повреде или болести дела централног нервног система [2]. Карактеристика спастичитета је да са повећањем брзине истезања мишића долази до хипертоније, тј. појачаног тонуса мишића [3]. Неке од последица спастичитета су губитак прецизности покрета, замор и слабост мишића [3]. Спастични мишићи имају већу тенденцију да остану у скраћеном положају, што може довести до промена у неким ткивима као и до контрактура [3]. Такође, спастичитет ограничава опсег покрета [3]. Истовремено, савремена истраживања указују да су постојање спастичности и могућност контроле нивоа спастичности есенцијални за потенцијално успостављање моторних функција [4].

У клиничкој пракси се користе различите скале за оцену спастичитета: Ашворт скала, Модификована Ашворт скала (МАС), Тардијеова скала, композитни индекс спастичитета и скала фреквенције спазма [5-9]. Од ових метода најчешће се у литератури користи процена спастичитета применом МАС скале у којој су мере бројеви 1, 1+, 2, 3 и 4. Број 4 означава веома јак спастичитет, док број 1 указује на минимални спастичитет. За одређивање броја у оквиру МАС скале клиничар мануелно опружа и савија екстремитет у зглобу (нпр., колено, лакат) и тиме истеже флексорне и екстензорне мишићне групе које имају доминантну улогу при вољним покретима посматраног зглоба [4]. При овом мануелном акту клиничар субјективно процењује отпор који потиче од флексора и екстензора. Ова метода не захтева специјалну опрему, већ само искуство испитивача. Студије показују велику интерваријабилност при коришћењу МАС скале [2,10,11], а у одређеној мери и интраваријабилност. Литературни подаци указују такође да је највеће неслагање између различитих испитивача у процени спастичитета малог интензитета (оцене 1 и 1+).

Кретање потколена као физичког клатна је аналогно мануелној манипулацији у коленом зглобу, али је поновљиво и независно од испитивача. Прецизније, ако клиничар испитанику у седећем положају опружи колено до пуне екстензије држећи га за стопало, по отпуштању потколена ће се кретати под дејством гравитационе силе и рефлексно генерисаних сила уз трење у зглобу и минимални отпор средине [13]. Анализа резултата је названо Пендулум или Вартенбергов тест [12]. У пендулум тесту се мере угао између потколена и натколена и мишићна активност флексора и екстензора колена. Добијени сигнали се користе за израчунавање параметара који су корелисани са спастичитетом [13]. Овај тест је унапређен од стране Бајда и Баумана [15]. У каснијим истраживањима Ле Каворзин је увео и рефлексну компоненту у математички модел пендулума [15, 16]. У раду Кима, Еома и Хасеа, идентификација параметара спастичног колена током пендулум теста је рађена помоћу модела рефлекса истезања који је у повратној спрези садржао модел мишићног вретена са константним прагом рефлекса [17]. У Канговом раду из 2018. године рефлекс истезања је моделиран тако што су у моделу укључени и тежински фактори који представљају однос брзо и споро трзајућих влакана мишића који се моделира [18]. У раду [19] је приказан трокомпонентни модел мишића базиран на радовима Вилкија [20] и Хила [21] и показано је да се временског трајања рефлекса може одредити из електричне активности пасивног мишића (ЕМГ сигнал).

Циљ предложене студије је побољшање квантификације при процени спастичитета пендулум тестом. У досадашњим истраживањима [22-25] је кандидаткиња показала да је може да ефикасно учествује у припреми и реализацији клиничког мерења. Кандидаткиња је у овим студијама примењивала уређаје погодне за клиничке услове, а делимично унапредила мерне технике и методе обраде резултата. У мерењима је у разним фазама примењивала неколико система за снимање пендулум теста: 1) аналогни индикатор угла постављен у правцу осе колена и инерцијални акцелерометри и жirosкопи на потколenu и натколenu који су преко аналогно-дигиталног (А/Д) конвертора повезани на рачунар; 2) камера која региструје положај по два пасивна маркера на натколenu и потколenu; и 3) инерцијални сензори за мерење убрзања и угаоних брзина који у чипу сада А/Д и бежично шаљу сигнале рачунару. Мишићна активност главних екстензора и флексора колена је синхорнизовано снимана применом једноупотребних површинских електрода и нискошумних инструментационих појачавача чији излаз је био доведен на А/Д конвертор, тј. на рачунар који снима и кинематику. Снимљени сигнали могу да се користе за идентификацију параметара математичког модела који описује пендулум тест. Математички модел је усвојен у форми физичког клатна на које поред гравитације делују и силе које потичу од невољних рефлексних контракција мишића. За анализу је погодан трокомпонентни мултипликативни модел мишића [19]. Параметри модела се одређују користећи минимизацију одступања снимљеног кретања и криве дефинисане математичким моделом. Анализа резултата моделирања обезбеђује информације о типу, интензитету и етиологије рефлексних одговора, тј. спастичитета. Анализа и увођење нових мера су клиничарима од интереса при праћењу резултата терапије.

2.1 Списак референци

1. Freund, H. J. (1985). The pathophysiology of central paresis. In *Electromyography and evoked potentials* (pp. 19-21). Springer, Berlin, Heidelberg.
2. Trompetto, C., Marinelli, L., Mori, L., Pelosin, E., Currà, A., Molletta, L., & Abbruzzese, G. (2014). Pathophysiology of spasticity: implications for neurorehabilitation. *BioMed research international*, 2014.

3. Barnes, M. P., & Johnson, G. R. (Eds.). (2008). *Upper motor neurone syndrome and spasticity: clinical management and neurophysiology*. Cambridge University Press.
4. Dimitrijevic, M. R., Danner, S. M., & Mayr, W. (2015). Neurocontrol of movement in humans with spinal cord injury. *Artificial organs*, 39(10), 823-833.
5. <https://www.sralab.org/rehabilitation-measures/ashworth-h-scale-modified-ashworth-scale>
6. Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physical therapy*, 67(2), 206-207.
7. Boyd, R. N., & Graham, H. K. (1999). Objective measurement of clinical findings in the use of botulinum toxin type A for the management of children with cerebral palsy. *European Journal of Neurology*, 6, s23-s35.
8. Levin, M. F., & Hui-Chan, C. W. (1992). Relief of hemiparetic spasticity by TENS is associated with improvement in reflex and voluntary motor functions. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology/Evoked Potentials Section*, 85(2), 131-142.
9. Burridge, J. H., Wood, D. E., Hermens, H. J., Voerman, G. E., Johnson, G. R., Wijck, F. V., ... & Pandyan, A. D. (2005). Theoretical and methodological considerations in the measurement of spasticity. *Disability and rehabilitation*, 27(1-2), 69-80.
10. Blackburn, M., Van Vliet, P., & Mockett, S. P. (2002). Reliability of measurements obtained with the modified Ashworth scale in the lower extremities of people with stroke. *Physical therapy*, 82(1), 25-34.
11. Pandyan, A. D., Johnson, G. R., Price, C. I. M., Curless, R. H., Barnes, M. P., & Rodgers, H. (1999). A review of the properties and limitations of the Ashworth and modified Ashworth Scales as measures of spasticity. *Clinical rehabilitation*, 13(5), 373-383.
12. Wartenberg, R. (1951). Pendulousness of the legs as a diagnostic test. *Neurology*, 1(1), 18-18.
13. Bajd, T., & Vodovnik, L. (1984). Pendulum testing of spasticity. *Journal of Biomedical Engineering*, 6(1), 9-16.
14. Bajd, T., & Bowman, B. (1982). Testing and modelling of spasticity. *Journal of biomedical engineering*, 4(2), 90-96.
15. Le Cavorzin P., Hernot X., Bartier O., Allain H., Carrault G., Rochcongar P. and Chagneau F., 2001, A computed model of the pendulum test of the leg for routine assessment of spasticity in man, ITBM-RBM, 22 (3), pp. 170-177.
16. Le Cavorzin P., Poudens S.A., Chagneau F., Carrault G., Allain H. and Rochcongar P., 2001, A comprehensive model of spastic hypertonia derived from the pendulum test of the leg, Muscle & Nerve, 24 (12), pp. 1612-1621.
17. Kim, C. S., EOM, G. M., & HASE, K. (2011). Modeling and Identification of Mechanical and Reflex Properties related to Spasticity in Stroke Patients using Multiple Pendulum Tests. *Journal of Biomechanical Science and Engineering*, 6(3), 135-147.
18. Kang, M. J., Shin, C. S., & Yoo, H. H. (2018). Modeling of Stretch Reflex Activation Considering Muscle Type. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, 65(5), 980-988.
19. Popović, D. B., & Bajd, T. (2018). Pendulum test: Quantified assessment of the type and level of spasticity in persons with central nervous system lesions. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 15(1), 1-12.
20. Wilkie, D. R. (1949). The relation between force and velocity in human muscle. *The Journal of physiology*, 110(3-4), 249-280.
21. Hill, A. V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B-Biological Sciences*, 126(843), 136-195.
22. Popović-Maneski, L., Aleksić, A., Metani, A., Bergeron, V., Čobeljić, R., & Popović, D. B. (2018). Assessment of spasticity by a pendulum test in SCI patients who exercise FES cycling or receive only conventional therapy. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(1), 181-187.
23. Popović Maneski, L., Aleksić, A., Čobeljić, R., Bajd, T., & Popović, D. B. (2017). A new method and instrumentation for analyzing spasticity.
24. Aleksić, A., Graovac, S., Maneski-Popović, L., & Popović, D. B. (2018). The assessment of spasticity: Pendulum test based smart phone movie of passive markers. *Serbian Journal of Electrical Engineering*, 15(1), 29-39.
25. Cobeljic, R. D., Ribaric-Jankes, K., Aleksic, A., Popovic-Maneski, L. Z., Schwirtlich, L. B., & Popovic, D. B. (2018). Does galvanic vestibular stimulation decrease spasticity in clinically complete spinal cord injury?. *International Journal of Rehabilitation Research*, 41(3), 251-257.

3. Полазне хипотезе

ХИПОТЕЗА: Пендулум тест који укључује мерење активности мишића који се истежу омогућава поновљиву квантификовану процену спастицитета који клиничару дају одговоре на питања: 1) који тип спастицитета је доминантан; 2) колики је спастицитет и 3) процену јачине и тренутака појаве фазичних и тоничних рефлекса.

Питања на која се очекују да дају одговор и докажу хипотезу су:

- Да ли постојећи модел пендулум теста и излазне променљиве довољно прецизно дефинишу степен и врсту спастицитета?
- Која је метода мерења и обраде мерних сигнала поновљива и довољно осетљива за унапређење дијагностике применом пендулум теста?
- Да ли модел кретања ноге који узима у обзир нелинеарне ефекте рефлексно побуђених мишића примењен на кинематичке резултате мерења и синхронизована мерења ЕМГ сигнала са мишића које побуђује истезање даје квантификовану меру која је корисна клиничару за процену стања и тока терапије?

Хипотеза је базирана на сазнању да је неопходно да модел укључи рефлексно генерисане контракције као поремећаја кретања физичког клатна. Модел треба да укључи рефлексне мишићне силе у интервалима омеђеним појавом и престанком ЕМГ мишића (рефлексна активација). Анализа ће да пружи о одговор о корелисаности конвенционалних мера спастицитета и мера које су добијене применом нове методе. Очекивање је да се докаже висока корелисаност, и да се на тај начин клиничарима обезбеди инструмент који елиминисе субјективност.

4. Научне методе истраживања

Студија је почела развојем система за мерење покрета у Лабораторији за биомедицинско инжењерство и технологије на Електротехничком факултету у сарадњи са Клиником "Др Мирослав Зотовић" у Београду. У развоју је учествовало и предузеће 3F- Fit Fabricando Faber (<https://www.3-x-f.com/>) из Београда које је развило мерни систем који се користи у садашњим истраживањима. Испитивања су одобрена од стране Етичког одбора Клинике за рехабилитацију "Др Мирослав Зотовић". Сви испитаници који су волонтирали у студији, укључујући здраве и пацијенте после повреде кичмене мождине су пунолетни. Од свих је добијена писмена сагласност која је одобрена од стране Етичког одбора Клинике. Сви тестови са пацијентима су били вођени од стране акредитованог клиничара у Клиници.

У току мерења испитаници су седели мирно наслоњени леђима на тврди јастук тако да је угао тела у односу на натколени био 135° . На натколени и потколени испитаника се постављају сензори који обезбеђују естимацију угла и угаоне брзине потколена у односу на натколени. На флексоре и екстензоре коленог зглоба се постављају парови једноупотребних електрода ГС26, а електрода за уземљење се поставља близу колена на делу на коме нема мишића. Електроде су повезане на нискошумни инструментациони појачавач, а излазни ЕМГ се води на А/Д конвертор. Испитаници седе на посебно дизајнираном столу који омогућава снимање ЕМГ сигнала. На дан снимања испитаници не користе лекове за смањивање спастицитета. На почетку теста клиничар одређује спастицитет користећи MAC, а након тога се ради пендулум тест. Пендулум тест се понавља три пута са паузом од 15 секунди између мерења. У току испитивања се могу користити аналогни сензори чији излаз се повезује на улаз NI 6009 USB A/D картице да би се могли посматрати на екрану лаптоп рачунара и меморисати у документу са временским печатом у текст формату. За сензоре који су интегрисану у чип са А/Д конвертором се примењује бежична комуникација са рачунаром. За аквизицију се користи програм развијен за ове потребе у LabVIEW окружењу. Фреквенција одабирања сигнала је одабрана да буде 1000 Hz на бази карактеристика ЕМГ сигнала.

Каснија обрада сигнала је реализована користећи софтверски пакет MATLAB. Направљен је програм за аутоматску детекцију почетка и краја сигнала, цртање графика и аутоматско одређивање параметара укључујући релаксациони индекс, број осцилација, максималну и минималну угаону брзину потколена [13].

Параметри за здраве испитанике су рачунати у циљу добијања норме, која је касније коришћена у циљу нормирања спастицитета у односу на здраве. Анализа сигнала омогућује рачунање низа параметара који нису били раније рачунати: фреквенција осцилација и однос позитивних и негативних површина између криве гониограма и неутралне линије, као и ПТ скор [22]. ПТ скор се израчунава користећи претходно поменуте параметре тако што се од сваког параметра одузима средња вредност истог параметра добијена у групи здравих испитаника, а након тога се добијена разлика подели са укупним бројем

са укупним бројем параметара и средњом вредношћу из групе здравих испитаника. Показано је да постоји велика корелација између ПТ скорa и MAC-a [22].

Модел који ће бити коришћен за моделирање рефлекса мишића јесте мултипликативни модел [19] базиран на оригиналним радовима Вилкија [20] и Хила [21]. У таквом моделу мишићна динамика је представљена контрактилним компонентама и паралелним вискоеластичним елементима. Сви моделирани елементи у серији су нелинеарни. Овај мултипликативни модел мишића зависи од активације мишића, дужине и брзине мишића. Активација мишића ће бити одређена на основу снимљеног ЕМГ-а и одговарајуће постављеног прага. Угао у колену и његови изводи зависе од дужине и брзине скраћења мишића. Такође, усвојена је претпоставка да се сви мишићи који су флексори или екстензори колена могу представити као један мишић флексор или екстензор. У овом моделу, минимизацијом одступања снимљене криве при пендуларном кретању и криве добијене математичким моделом се добијају одговарајући коефицијенти који карактеришу рефлексну активност мишића. Након одређивања параметара, рачунају се моменти мишића екстензора и флексора колена. Ови моменти математички описују рефлексну активност и спастицитет мишића, као и да ли овакав спастицитет потиче са мишића екстензора и флексора и у којим се тренуцима он јавља. Оваква, временски и математички одређена мера, даје нов и детаљан увид у спастицитет, његову јачину и трајање, и као таква представља унапређење у односу на субјективно зависне мере које се тренутно користе.

5. Очекивани научни допринос

У оквиру предложене докторске дисертације очекују се следећи доприноси:

- Формирање протокола и базе података снимака пендулум теста болесних и здравих испитаника
- увођење нове унапређене мере спастицитета која је независна од субјективног осећаја;
- разумевање спастичности пацијента на бази пендулум теста испитаника, као и типа спастицитета;
- методологија и алати за побољшано, прецизно и математички квантификовано мерење спастицитета који су једноставни за примену у клиничком окружењу

6. План истраживања и структура рада

Истраживање се може поделити у неколико целина:

- Формирање протокола и базе података снимака пендулум теста болесних и здравих испитаника;
- Добијања етичке дозволе за тестове са људима;
- Мерење на здравим испитаницима и мерење на пацијентима са спастицитетом као последицом повреде или обољења кичмене мождине;
- Одређивање параметара модела симулацијом пендулум теста;
- Увођење нове мере спастицитета који користи карактеристике и параметре модела;
- Одређивање корелације нове мере спастицитета са конвенционалним скалама;
- писање радова;
- припрема упутства за примену и корисничког интерфејса који је погодан за клинички рад.

7. Закључак и предлог

Из достављене документације која укључује биографију и библиографију кандидаткиње Антонине Алексића закључили смо се да се ради о веома успешној, амбициозној и мотивисаној младој особи. Подаци из биографије и библиографије указују да је кандидаткиња успешно интегрисана у рад у овој области са инжењерима и клиничарима. На основу изложеног, Комисија сматра да кандидаткиња 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 области модула Управљање системима и обрада сигнала на који је уписана. Досадашњи резултати кандидаткиње припадају категорији која се очекује од успешних студената на Универзитету у Београду.

Предлог истраживања сугерише да ће резултат бити практични систем који отвара могућност даљег истраживања, али свакако и иновацијама. 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 Антонина Алексић испуњава све услове за израду докторске дисертације и потврђујемо научну заснованост предложене теме „Развој и тестирање методе за квантификовану процену спастичности“.

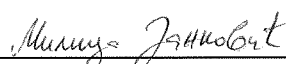
Сходно томе Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета, Универзитета у Београду да прихвати тему докторске дисертације „Развој и тестирање методе за квантификовану процену спастичности“ и да кандидаткињи Антонини Алексић омогући да приступи њеној изради.

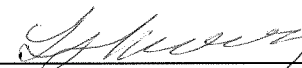
Тема докторске тезе је у оквиру области истраживања у домену Биомедицинске технике на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, и предлажемо ментора академика др Дејана Б. Поповића, професора Електротехничког факултета Универзитета у Београду у пензији.

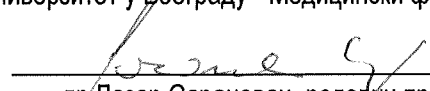
У Београду, 19.12 2019.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Дејан Б. Поповић, академик, редовни професор у пензији
Српска академија наука и уметности, Београд


др Милица Јанковић, доцент
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет


др Љубица Константиновић, редовни професор
Универзитет у Београду - Медицински факултет


др Лазар Сарановац, редовни професор
Универзитет у Београду - Електротехнички факултет