

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Ивана Стојковића мастер инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета бр. 5056/11-1 од 20.06.2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Ивана Стојковића мастер инжењера електротехнике и рачунарства за израду докторске дисертације и научне заснованости теме измењеног наслова "Примена функционалних норми за регуларизацију рангирања над темпоралним подацима" чији је назив на енглеском језику "Functional Norm Regularization for Margin-Based Ranking on Temporal Data". Наслов је промењен из првобитно предложеног "Структурирани приступ анализи комплексних биомедицинских система и сигнала".

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Иван Стојковић је рођен 11.04.1987. године у Београду, општина Савски венац. Основне студије је завршио на Електротехничком факултету, смер Сигнали и Системи, са просечном оценом 8.31. Дипломирао је 2010. године, успешно одбранивши дипломски рад на тему: "Симулатор робота SCARA конфигурације" код професора Вељка Поткоњака. Мастер студије је завршио на истом смеру 2011., одбранивши мастер рад: "Управљање и навигација мобилних робота у непознатом окружењу" код професора Жељка Ђуровића. Докторске студије је уписао 2011/2012. године на модулу Управљање системима и обрада сигнала и положио је све испите предвиђене Наставним планом и програмом модула са просечном оценом 10. У јесењем семестру 2014. године уписује докторске студије на Одсеку за Рачунарске Науке и Информатику, при Колеџу за Науку и Технологију, на Темпл Универзитету у Филаделфији, Сједињене Америчке Државе. Докторске студије Ивана Стојковића на Београдском Универзитету и на Темпл Универзитету су координисане уговором о дуалним докторским студијама између два универзитета (бр. 68-3670/2-2014).

Од јануара 2012. до августа 2014. године је био запослен као истраживач у Лабораторији за роботiku, при Институту Михајло Пупин у Београду. Од фебруара 2014. је запослен као истраживач у Центру за Анализу Података и Биомедицинску Информатику при Темпл Универзитету у Филаделфији.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

На докторским студијама на модулу за Управљање Системима и Обраду Сигнала при Електротехничком факултету Универзитета у Београду кандидат је положио следеће испите:

- Аутоматско вођење објеката у простору (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Аутономни роботски системи без људске посаде (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Класификација и естимација сигнала (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Специјални роботски системи (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Вештачка интелигенција (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Енглески језик (6 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Оптимални и адаптивни стохастички системи (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Интелигентни роботски системи (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Теорија роботских система (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)
- Сложени мулти-агент системи (9 ЕСПБ)	оцена 10 (десет)

Поред испита, кандидат је обавио и два студијска истраживачка рада и један научно-стручни рад, што је предвиђено планом докторских студија.

Научно-истраживачко искуство је стекао учествовањем на пројекту Министарства за науку и технолошки развој (МНТР) Републике Србије. Пројекат "Истраживање и развој амбијентално интелигентних сервисних робота антропоморфних карактеристика" је реализован у Лабораторији за Роботику Института Михајло Пупин, где је кандидат радио на истраживањима у области навигације и управљања кретањем малих беспилотних летелица са пропелерима, као и мобилних робота са точковима.

У Центру за Анализу Података и Биомедицинску Информатику на Темпл Универзитету у Филаделфији је учествовао на пројектима финансираним од стране Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA):

1. "Graph-theoretic Research on Algorithms and the Phenomenology of Social networks (GRAPHS)" AFOSR award number FA 9550-12-1-0406,
2. "Dialysis-Like Therapeutics (DLT)" SSC Pacific grant No. 66001-11-1-4183
3. "Technologies for Host Resilience (THoR)" under Contract No. W911NF-16-C-0050

У оквиру тих пројеката је сарађивао са реномираним стручњацима из престижних институција и стекао искуство рада у областима машинског учења, вештачке интелигенције и анализе података, претежно на апликацијама из биомедицинског домена.

Лета 2017. године је похађао праксу у Yahoo! Research Labs, на позицији Data Scientist практиканта, где је радио на развијању статистичких модела за обраду велике количине хетерогених података са више извора, у циљу идентификације прилика за апликацију рекомендер система.

Иван Стојковић је коаутор три поглавља у монографијама међународног значаја, пет радова објављених у журналима са импакт фактором, девет радова презентованих на међународним конференцијама и три рада презентована на домаћим конференцијама.

Поглавље у монографији интернационалног значаја (M14)

1. Zivanovic M., **Stojkovic I.**: *Self-organization in Motion of a Set of Living Individuals*, - WenJun Zhang (Ed.), *Self-Organization: Theories and Methods*, pp. 171-194, Nova Science Publishers Inc., 2013. ISBN: 978-1-62618-865-5
2. Rodic A., **Stojkovic I.**: *Building of Open-Structure Wheel-Based Mobile Robotic Platform*, - Maki K. Habib, J. Paulo Davim (Eds.), *Interdisciplinary Mechatronics: Engineering Science and Research Development*, pp. 385-421, ISTE Ltd and John-Wiley & Sons Inc., 2013. ISBN: 978-1-84821-418-7
3. Rodic A., Mester G., **Stojkovic I.**: *Qualitative Evaluation of Flight Controller Performances for Autonomous Quadrotors*, - Endre Pap (Ed.), *Intelligent Systems: Models and Applications*, Topics in Intelligent Engineering and Informatics Vol. 3, pp. 115-134, Springer Berlin Heidelberg, 2013. ISBN: 978-3-642-33958-5

Рад у врхунском међународном часопису (M21)

1. Spasojevic S., Ilic T., **Stojkovic I.**, Potkonjak V., Rodic A., Santos-Victor J.: *Quantitative assessment of the arm/hand movements in Parkinson's disease using a wireless armband device*, - *Frontiers in Neurology*, Vol. 8 (388), pp. 1-15, Frontiers Media SA, 2017. DOI: 10.3389/fneur.2017.00388 ISSN: 1664-2295 (online)
2016 impact factor 3.552 (84/259 in Neurosciences)
2. **Stojkovic I.**, Ghalwash MF., Cao XH., Obradovic Z.: *Effectiveness of Multiple Blood-Cleansing Interventions in Sepsis, Characterized in Rats*, - *Scientific Reports*, Vol. 6 (24719), pp. 1-11, Nature Publishing Group, 2016. DOI: 10.1038/srep24719 ISSN: 2045-2322 (online)
2016 impact factor 4.259 (10/63 in Multidisciplinary Sciences)
3. Cao XH., **Stojkovic I.**, Obradovic Z.: *A robust data scaling algorithm to improve classification accuracies in biomedical data*, - *BMC Bioinformatics*, Vol. 17 (359), pp. 1-10, BioMed Central, 2016. DOI: 10.1186/s12859-016-1236-x ISSN: 1471-2105 (online)
2016 impact factor 2.448 (10/57 in Computational Biology)
4. Ghalwash MF., Cao XH., **Stojkovic I.**, Obradovic Z.: *Structured feature selection using coordinate descent optimization*, - *BMC Bioinformatics*, Vol. 17 (158), pp. 1-14, BioMed Central, 2016. DOI: 10.1186/s12859-016-0954-4 ISSN: 1471-2105 (online)
2016 impact factor 2.448 (10/57 in Computational Biology)

Рад у часопису међународног значаја верификованог посебном одлуком (M24)

1. **Stojkovic I.**, Katic D.: *Formation Control of Robotized Aerial Vehicles Based on Consensus-Based Algorithms*, - *FME Transactions*, Vol. 45 (4), pp. 559-564, Faculty of Mechanical Engineering Belgrade, 2017. DOI:10.5937/fmet1704559S ISSN: 2406-128X (online)
2016 impact factor 0.205

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. **Stojkovic I.**, Ghalwash MF., Obradovic Z.: *Ranking Based Multitask Learning of Scoring Functions*, - *Proc. European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*, Skopje, Macedonia, September 2017
2. Pavlovski M., Zhou F., **Stojkovic I.**, Kocarev Lj., Obradovic Z.: *Adaptive Skip-Train Structured Regression for Temporal Networks*, - *Proc. European Conference on Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*, Skopje, Macedonia, September 2017

3. **Stojkovic I.**, Jelisavcic V., Milutinovic V., Obradovic Z.: *Fast sparse Gaussian Markov Random Fields learning based on Cholesky factorization*, - Proc. 26th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Melbourne, Australia, August 2017
4. **Stojkovic I.**, Obradovic Z.: *Predicting Sepsis Biomarker Progression under Therapy*, - Proc. 30th IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems, Thessaloniki, Greece, June, 2017
5. **Stojkovic I.**, Jelisavcic V., Milutinovic V., Obradovic Z.: *Distance Based Modeling of Interactions in Structured Regression*, - Proc. 25th International Joint Conference on Artificial Intelligence IJCAI-16, New York City, NY, USA, July 2016
6. Cao XH., **Stojkovic I.**, Obradovic Z.: *Predicting sepsis severity from limited temporal observations*, - Proc. 17th Discovery Science, Bled, Slovenia, October 2014
7. Rodic A., **Stojkovic I.**: *Dynamic Inversion Control of Quadrotor with Complementary Fuzzy Logic Compensator*, - Proc. 11th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering NEUREL, Belgrade, Serbia, September 2012
8. Rodic A., **Stojkovic I.**: *Integrated Control of Quadrotor Flight Dynamics with Complementary Compensator of System Uncertainties*, - Proc. International Micro Air Vehicle Conference and Flight Competition – IMAV 2012, Braunschweig, Germany, July 2012
9. Miloradovic B., Popic S., **Stojkovic I.**: *Development of Intelligent Behaviour Using Decision Making Methods Based on ANN*, - Proc. 12th International Scientific-Professional Symposium INFOTEH, Jahorina, Bosnia, February 2013

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. Cosic A., Katic D., **Stojkovic I.**: *An Approach to Localization of Mobile Robots Based on Extended Kalman Filter*, - The 57th ETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, June 2013, ISBN 978-86-80509-68-6
2. Rodic A., Mester G., **Stojkovic I.**: *Navigation and Control of Indoor Mobile Robots in Unknown Environments*, - The 56th ETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, June 2012, ISBN 978-86-80509-67-9
3. **Stojkovic I.**, Rodic A., Stevanovic I.: *Comparison of Different Flight Control Techniques for Autonomous Quadrotors*, - The 56th ETRAN Conference, Zlatibor, Serbia, June 2012, ISBN 978-86-80509-67-9

Дана 12.07.2017. године одржана је јавна усмена одбрана теме докторске дисертације пред комисијом коју су чинили:

- др Жељко Ћуровић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду (председник комисије),

- др Мирјана Поповић, редовни професор у пензији Електротехничког факултета Универзитета у Београду (члан комисије који није запослен на ЕТФ-у)

и

- др Милош Вујисић, доцент Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

Комисија је кандидата на јавној усменој одбрани оценила оценом задовољно.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада кандидата. Кандидат је кроз положене испите на докторским студијама, кроз остварено учешће у научним пројектима, стручном усавршавању у иностранству, успешну одбрану теме докторске дисертације, и објављене научне радове показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија сматра да је кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија констатује да кандидат Иван Стојковић испуњава све потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом. Комисија констатује да су предложена истраживања сувише широка и да је неопходно да се у даљем истраживању кандидат концентрише на проблем моделирања узроно-последичних веза у биолошким системима. Такође, комисија констатује да је радни назив теме превише уопштен, и стога предлаже да се назив теме промени из **"Структурирани приступ анализи комплексних биомедицинских система и сигнала"** у **"Примена функционалних норми за регуларизацију рангирања над темпоралним подацима"**. Предложени назив тезе на енглеском је "Functional Norm Regularization for Margin-Based Ranking on Temporal Data".

2. Предмет, циљ и значај истраживања

Комплексни системи су системи који се састоје од већег броја делова који међусобно интерагују, и тиме проузрокују глобално (колективно) понашање чије карактеристике нису очигледне из познавања начина функционисања његових делова [1], тј. карактеристике таквог система нису истовремено и карактеристике његових делова, већ последица њихових међусобних интеракција на глобалном нивоу. Иако су правила интераговања чинилаца често врло једноставна, комплексни системи испољавају веома интересантна понашања (својства), и то у одсуству централизованог контролера који управља и синхронизује понашање појединачних делова у циљу постизања жељеног понашања.

Велики број система из биомедицинског домена (од ћелије, преко органа, организма, па до нивоа популације) испољава карактеристике комплексних система и може се посматрати као такав. Различити математички формализми су коришћени за проучавање комплексних система тј. да се моделирају интеракције и њихове последице, као на пример: системи једначина и системи диференцијалних једначина [2], графови и мреже [3], симулације засноване на агентима [4]. Често су правила интеракције појединачних делова непозната и како систем функционише је потребно закључити на основу опсервација његовог понашања. Проналажење образаца понашања на основу прикупљених података је централни проблем више области у рачунарским наукама: Препознавања облика (Pattern Recognition) [5], Машинског учења (Machine Learning) [6], Анализе података (Data Mining) [7], као и Идентификације система (System Identification) [8]. Откривени образци могу да сугеришу круцијалне чиниоце система (гене одговорне за одређене болести), интеракције (који лекови заједно повећавају ефекат), механизме који доводе до одређеног понашања (мотиви мреже [9]). Поменута открића даље фокусирају истраживање и воде до акција и управљачких политика које могу да доведу систем у жељено стање (на пример из болесног у здраво).

Задатак проналажења образаца из података је отежан када је количина доступних података за обучавање мала, а то је посебно приметно у проблемима са великим бројем варијабли [10], што је често случај у биомедицини где је број и разноврсност биомаркера веома изражен. Један од начина за побољшање генерализације у тим случајевима је укључивање додатних претпоставки о постојању регуларности у обрасцима понашања [11]. Циљ овог истраживања је развој модела и претпоставки специјално за употребу у наведеним условима.

- [1] Wolfram, S.: *A new kind of science*. Vol. 5. Champaign: Wolfram media, 2002.
- [2] Boccara, N.: *Modeling complex systems*. Springer Science & Business Media, 2010.
- [3] Barabasi, AL.: *Network science*. Cambridge University Press, 2016.
- [4] Wilensky, U., Rand, W.: *An Introduction to Agent-Based Modeling*. The MIT Press, 2015.
- [5] Christopher MB.: *Pattern recognition and machine learning*. Springer, 2006.
- [6] Mitchell, TM.: *Machine learning*. WCB, 1997.
- [7] Jiawei, H., Pei, J., Kamber M.: *Data mining: concepts and techniques*. Elsevier, 2011.
- [8] Ljung L.: *System identification*. John Wiley & Sons Inc, 1999.
- [9] Alon U.: *Network motifs: theory and experimental approaches*. - Nature Reviews Genetics. 2007 Jun, Vol 8(6):450-61.
- [10] Bühlmann, P., and Van De Geer S.: *Statistics for high-dimensional data: methods, theory and applications*. Springer Science & Business Media, 2011.
- [11] Jianhui, C. et al: *A convex formulation for learning shared structures from multiple tasks*. – Proc. 26th Annual International Conference on Machine Learning. ACM, 2009.

3. Полазне хипотезе

Истраживање ће се заснивати на следећим претпоставкама:

- Података потребних за учење има недовољно за поуздану идентификацију (екстракцију) образаца од интереса
- Систем се састоји од великог броја интерагујућих чинилаца, што чини идентификацију образаца понашања и закључивање о каузалним механизмима тешким проблемима (драстично расте простор хипотеза)
- Квантификација карактеристика од интереса није довољно поуздана да би се проблем формулисао као регресија или класификација, већ постоји приступ само информацијама о компаративним релацијама између примера (један је већи од другог)
- Додатне претпоставке на основу доменског знања о природи проблема сужавају простор могућих хипотеза и омогућавају учење из мањег броја података
- Између чиниоца (делова) система постоје зависности и регуларности у образцу понашања које могу бити искоришћене за побољшање (унапређење) генерализационих могућности модела

4. Научне методе истраживања

Истраживачки рад у оквиру израде дисертације кандидата биће базиран на тренутним праксама у областима машинског учења и препознавања облика [12]. Моделирање и формулација проблема ће се заснивати на параметарским математичким моделима [13]. Проблеми ће бити формулисани као супервизовано учење [14], [15]. Једна од потенцијалних ефективних метода која ће бити коришћена да укључи претпоставке о регуларности у обрасцима понашања је употреба структуриране регуларизације [16]. Код вишедимензионих проблема је често корисна и претпоставка да нису баш све промјљиве релевантне за проблем, стога ће и методе за селекцију обележја потенцијално бити разматране [17], [18]. Параметри резултујућег модела који обједињује објективе предикције и структуралних претпоставки се типично оптимизују тако да највише одговарају подацима. За оптимизацију критеријумске функције користиће се алгоритми базирани на конвексној [19] и-или

неквексној оптимизацији [20]. Подаци ће захтевати прикладно препроцесирање и трансформацију пре употребе за фитовање модела [21]. При оцени квалитета перформанси модела и резултата користиће се традиционалне статистичке методе и метрике [22], [23].

- [12] Aggarwal, CC.: *Data mining: the textbook*. Springer, 2015.
- [13] Walter, E., Proznato L.: *Identification of parametric models from experimental data. Vol. 1*. Berlin: Springer, 1997.
- [14] James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R.: *An introduction to statistical learning*. New York: Springer; 2013 Feb 11.
- [15] Yu, H., and Sungchul K.: *Svm tutorial—classification, regression and ranking*. - Handbook of Natural computing. Springer Berlin Heidelberg, 2012. 479-506.
- [16] Zhou, J., Jianhui C., Jieping Y.: *MALSAR: Multi-task learning via structural regularization*. Arizona State University 21, 2011.
- [17] Guyon, I., Elisseeff A.: *An introduction to variable and feature selection*. - Journal of machine learning research 3.Mar 2003: 1157-1182.
- [18] Hastie, T., Tibshirani R., Wainwright M.: *Statistical learning with sparsity*. CRC press, 2015.
- [19] Boyd, S., Vandenberghe L.: *Convex optimization*. Cambridge university press, 2004.
- [20] Pardalos, P., et al.: *Nonconvex Optimization and Its Applications. Vol. 1*. Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [21] Kotsiantis, SB., Kanellopoulos D., and Pintelas PE.: *Data preprocessing for supervised learning*. - International Journal of Computer Science 1.2 (2006): 111-117.
- [22] Kohavi, R.: *A study of cross-validation and bootstrap for accuracy estimation and model selection*. – Proc. 14th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 1995.
- [23] Fawcett, T.: *An introduction to ROC analysis*. - Pattern recognition letters 27.8 2006: 861-874.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да истраживање у предложеном смеру резултује у:

- Нове параметарске предиктивне моделе, засноване на супервизованим подацима, са унапређеним предиктивним перформансама, и-или поузданијим (робуснијим-стабилнијим) откривеним обрасцима.
- Такође, очекује се да модели буду праћени, новим и-или унапређеним алгоритмима за њихово обучавање, који могу да уче из мањег броја података, или који су бржи-ефикаснији.
- Коначно, очекује се да апликација развијених модела и алгоритама на реалним подацима доведе до нових увида о функционисању проучаваног система (проблема) од интереса.

6. План истраживања и структура рада

План истраживања у оквиру предложене теме садржи следеће кораке:

- Преглед литературе са методолошког аспекта ради стицања увида у ограничења тренутних приступа, и простора за унапређење истих. Преглед литературе са доменског и апликационог аспекта са циљем идентификације претпоставки које би могле да унапреде формулацију проблема и-или приступ његовом решавању.
- Предлагање нових модела, заснованих на раније наведеним хипотезама о структуралним регуларностима, и развој алгоритама за њихово обучавање.
- Тестирање модела и алгоритама на синтетички подацима, генерисаним под претпоставкама хипотеза уграђених у моделе, за иницијалну валидацију, као и за

потенцијално усмеравање ка евентуалној модификацији и унапређењу модела и алгоритама.

- Апликација на реалним подацима која подразумева проналажење одговарајуће базе података из биомедицинског домена, затим препроцесирање и обрада, и коначно апликација развијених модела на биомедицинске податке и финална анализа и интерпретација добијених резултата.

7. Закључак и предлог

На основу свега изложеног, Комисија констатује да кандидат Иван Стојковић испуњава потребне услове да може приступити изради докторске дисертације, под измењеним радним насловом "Примена функционалних норми за регуларизацију рангирања над темпоралним подацима", који је промењен из провобитно предложеног "Структурирани приступ анализи комплексних биомедицинских система и сигнала". Комисија одобрава писање дисертације на енглеском језику са насловом "Functional Norm Regularization for Margin-Based Ranking on Temporal Data".

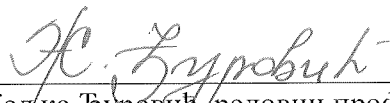
Ужа научна област предложене теме је Управљање системима и обрада сигнала. За ментора се предлаже проф. др Бранко Ковачевић, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

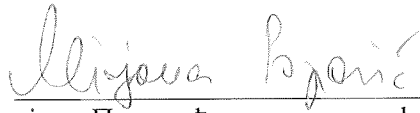
Стога комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета у Београду да одобри Ивану Стојковићу израду докторске дисертације под горе наведеним насловом под руководством ментора проф. др Бранка Ковачевића.

У Београду, 13.10.2017. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ


др Бранко Ковачевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


др Желько Ђуровић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет


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


др Милош Вујић, доцент
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет