

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Факултет организационих наука

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Тијане Вујичић

Одлуком бр. 3/19-4 од 21.02.2018. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње Тијане Вујичић под насловом

„СОФТВЕРСКИ АЛАТ ЗА ИСПИТИВАЊЕ АЛГОРИТАМА СТРУКТУРНЕ РЕГРЕСИЈЕ БАЗИРАНЕ НА *GCRF* МОДЕЛУ“

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Тијана Вујичић је докторске студије на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду, на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Софтверско инжењерство уписала 2015. године. Положила је све испите предвиђене планом и програмом.

Израда приступног рада кандидаткиње, под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“, одобрена је на седници Наставно-научног већа Факултета организационих наука, одлуком бр. 3/81-3 од 28.06.2017. године. За ментора је именован др Владан Девеџић, ред. проф. Факултета организационих наука. Кандидаткиња је дана 26.09.2017. године одбранила приступни рад.

Одлуком бр. 3/132-9 од 11.10.2017. године, на Наставно-научном већу Факултета организационих наука, усвојен је Извештај Комисије за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације Кандидаткиње, под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“.

Веће научних области техничких наука Универзитета у Београду дало је сагласност на предлог наведене теме докторске дисертације Кандидаткиње, одлуком бр. 61206-4366/2-17 од 30.10.2017. године.

На седници Наставно-научног већа Факултета организационих наука, одлуком бр 3/163-10 од 08.11.2017. године, одобрена је израда докторске дисертације Кандидаткиње под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“.

Ментор, проф. др Владан Девеџић је 14.02.2018. године поднео Наставно-научном већу Факултета организационих наука Извештај да је завршена израда докторске дисертације кандидаткиње Тијане Вујичић под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“. На седници овог већа, одлуком бр. 3/19-4 од 21.02.2018. године, именована је комисија за оцену и одбрану завршене докторске дисертације Кандидаткиње.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“ припада научној области техничких наука – организационе науке, ужој научној области Софтверско инжењерство.

Као ментор, именован је проф. др Владан Девеџић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. Проф. др Владан Девеџић је објавио велики број научних радова који га квалификују за ментора израде докторске дисертације кандидаткиње Тијане Вујичић, од којих су релевантни:

- **Devedžić, V. & Jovanović, J. (2015).** Developing Open Badges: a comprehensive approach, *Educational Technology Research & Development*, 63 (4), 603-620, DOI: 10.1007/s11423-015-9388-3, ISSN: 1042-1629 (Print), ISSN: 1556-6501 (Online), IF: 0.725.
- Dimitrijević, S., Jovanović, J. & **Devedžić, V. (2015).** A Comparative Study of Software Tools for User Story Management, *Information and Software Technology*, 57, 352-368, DOI: 10.1016/j.infsof.2014.05.012, ISSN: 0950-5849, IF: 2.694.
- Jovanović, J. & **Devedžić, V. (2015).** Open Badges: Novel Means to Motivate, Scaffold and Recognize Learning, *Technology, Knowledge and Learning*, 20 (1), 115-122, DOI: 10.1007/s10758-014-9232-6, ISSN: 2211-1662 (Print), ISSN: 2211-1670 (Online), IF: 0.64.
- Radenković, S., **Devedžić, V.**, Jovanovic, J. & Jeremić, Z. (2014). Content and knowledge provision service – a way to build intellectual capital in learning organizations, *Knowledge Management Research & Practice*, 12 (3), 297-3019, DOI: 10.1057/kmrp.2013.55, ISSN: 1477-8238 (Print), ISSN: 1477-8246 (Online), IF:1.013.
- Krcadinac, U., Pasquier, P., Jovanovic, J. & **Devedžić, V. (2013).** Synesketch: An Open Source Library for Sentence-based Emotion Recognition, *IEEE Transactions on Affective Computing*, 4 (3), 312-325, DOI: 10.1109/T-AFFC.2013.18, ISSN: 1949-3045, IF: 3.149.
- Ševarac, Z., **Devedžić, V.** & Jovanović, J. (2012). Adaptive Neuro-Fuzzy Pedagogical Recommender, *Expert Systems With Applications*, 39 (10), 9797-9806, DOI: 10.1016/j.eswa.2012.02.174, ISSN: 0957-4174, IF: 3.928.

- **Devedžić, V. & Milenković, S.R.** (2011). Teaching Agile Software Development: A Case Study, *IEEE Transactions on Education*, 54 (2), 273-278, DOI: 10.1109/TE.2010.2052104, ISSN: 0018-9359, IF: 1.727.
- Đuric, D., **Devedžić, V.** & Gašević, D. (2007). Adopting Software Engineering Trends in AI, *IEEE Intelligent Systems*, 22 (1), 59-66, DOI: 10.1109/MIS.2007.2, ISSN: 1541-1672, IF: 2.374.
- **Devedžić, V.** & Harrer, A. (2005). Software Patterns in ITS Architectures, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 15 (2), 63-94, ISSN: 1560-4306.
- **Devedžić, V.** (2004). Education and The Semantic Web, *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 14, 39-65, ISSN: 1560-4306.
- **Devedžić, V.** (2004). Web Intelligence and Artificial Intelligence in Education, *Educational Technology & Society*, 7 (4), 29-39, ISSN: 11763647.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Тијана Вујичић рођена је 20. октобра 1990. године у Никшићу, где је завршила основну школу „Ратко Жарић“ и гимназију „Стојан Церовић“ са одличним успехом. Основне и специјалистичке студије завршила је на Факултету за информационе технологије Универзитета „Медитеран“ у Подгорици. Дипломирала је 2013. године на смеру Софтверско инжењерство, одбраном дипломског рада на тему „Моделовање података засновано на временски базираним подацима помоћу *Datomic NoSQL*-а“. Магистрирала је 2015. године на Факултету организационих наука Универзитета у Београду, на студијском програму Софтверско инжењерство и рачунарске науке, модул Софтверско инжењерство, одбраном тезе на тему „Коришћење неуронских мрежа за предвиђање употребљивости података“. Ментор за завршни рад на основним и мастер студијама био је др. Драган Ђурић. Основне, специјалистичке и мастер студије завршила је са просечном оценом 10,00 (десет, 0/100).

Од септембра 2013. године ради као асистент на Факултету за информационе технологије Универзитета „Медитеран“, на предметима: Увод у програмирање, Програмирање 1, Програмирање 2, Структуре података и алгоритми и *XML* технологије. У току рада на факултету активно је учествовала у великом броју европских пројеката на којима се бавила развојем мобилних, веб и десктоп апликација. Докторске студије на Факултету организационих наука уписала је 2015 године, на студијском програму Информациони системи и квантитативни менаџмент, изборно подручје Софтверско инжењерство. Положила је следеће испите:

1. Прикупљање софтверских захтева – оцена 9 (девет)
2. Пројектовање софтвера – одабрана поглавља – оцена 10 (десет)
3. Софтверски процес и одржавање софтвера – одабрана поглавља – оцена 10 (десет)
4. Вештачка интелигенција - оцена 10 (десет)
5. Управљање софтверским пројектима - оцена 10 (десет)
6. Квалитет софтвера - оцена 10 (десет)
7. Алати и методе софтверског инжењерства - оцена 10 (десет)
8. Тестирање софтвера - оцена 10 (десет)
9. Конструкција софтвера - оцена 9 (девет)

Кандидаткиња је дана 26.09.2017. одбранила приступни рад за израду дисертације под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“.

Списак објављених радова:

1. Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M21)
 - 1.1 **Vujičić, T.**, Glass, J., Zhou, F. & Obradović, Z. (2017). Gaussian Conditional Random Fields Extended for Directed Graphs, *Machine Learning*, 106 (9-10), 1271–1288, DOI: 10.1007/s10994-016-5611-7, ISSN: 0885-6125 (Print), ISSN: 1573-0565 (Online), IF2016: 1.848.
2. Радови саопштени на скупу међународног значаја (M33)
 - 2.1 Šćepanović, S., **Vujičić, T.**, Radunović, P., Zupanc, K. & Bosnić, Z. (2015). Geostep –platform for mobile game-based learning, *International Electrotechnical and Computer Science IEEE Conference*, ISSN: 1581-4572.
 - 2.2 Šćepanović, S., **Vujičić, T.**, Matijević, T. & Radunović, P. (2015). Game based mobile learning – application development and evaluation, *Conference on eLearning*, ISBN: 978-86-89755-07-7.
 - 2.3 Šćepanović, S., **Vujičić, T.**, Radunović, P., Antović, I. & Vlajić, S. (2016). Challenges in design of games for mobile learning, *International Technology, Education and Development Conference*, ISBN: 978-84-608-5617-7, ISSN: 2340-1079.
 - 2.4 **Vujičić, T.**, Šćepanović, S. & Jovanović, J. (2016). Requirements Engineering in Culturally and Technologically Diverse Settings, *Mediterranean Conference on Embedded Computing*, DOI: 10.1109/MECO.2016.7525693, ISBN: 978-1-5090-2222-9.
 - 2.5 **Vujičić, T.**, Matijević, T., Ševarac, Z., Ljucović, J. & Balota, A. (2016). Comparative Analysis of Methods for Determining Number of Hidden Neurons in Artificial Neural Network, *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, ISSN: 1847-2001 (Print), ISSN: 1848-2295 (Online).
 - 2.6 Matijević, T., **Vujičić, T.**, Ljucović, J., Radunović, P. & Balota, A. (2016). Performance Analysis of Girvan-Newman Algorithm on Different Types of Random Graphs, *Central European Conference on Information and Intelligent Systems*, ISSN: 1847-2001 (Print), ISSN: 1848-2295 (Online).
 - 2.7 Ljucović, J., **Vujičić, T.**, Matijević, T., Tomović, S. & Šćepanović, S. (2016). Comparative analysis of classic clustering algorithms and Girvan-Newman algorithm for finding communities in social networks, *Enterprise Research Innovation Conference*, ISSN: 1849-7950.
 - 2.8 Balota, A., Grebović, S., **Vujičić, T.** & Radunović, P. (2017). Connection links and transport of atmospheric discharges registered data, *Mediterranean Conference on Embedded Computing*, DOI: 10.1109/MECO.2017.7977153, ISBN: 978-1-5090-6741-1, ISSN: 2377-5475.
 - 2.9 Radunović, P., **Vujičić, T.** & Balota, A. (2017). Web Application for Lightning Activity Monitoring System (LAMS), *Iberian Conference on Information Systems and Technologies*, ISBN: 978-989-98434-7-9.

- 2.10 Žarić, N., Šćepanović, S., **Vujičić, T.**, Ljucović, J. & Davcev, D. (2017). The Model for Gamification of E-learning in Higher Education Based on Learning Styles, *ICT Innovations*, DOI: 10.1007/978-3-319-67597-8, ISSN: 1865-0929, ISBN: 978-3-319-67596-1.
- 2.11 Šćepanović, S., Loshkovska, S., Balota, A., Radunović, P., Knežević, I., **Vujičić, T.**, Petrušić, D. & Antović, I. (2017). Case Studies of Dynamic SOA Services for The Healthcare Systems in Montenegro and Macedonia, *ICT Innovations Web proceedings*, ISSN: 1865-0937.
3. Радови саопштени на скупу националног значаја (M63)
- 3.1 **Vujičić, T.**, Radunović, P., Karanikić, M. & Knežević, I. (2011) Elektronske ulaznice bazirane na QR kodu, *Međunarodni naučno-stručni skup StES (Students Encountering Science)*, ISBN: 999388062-0.
- 3.2 **Vujičić, T.**, Strujić, Dž. & Šendelj, R. (2012) Prednosti korišćenja Hibernate frameworka u odnosu na JDBC u Java EE aplikacijama, *XVII naučno stručni skup Informacione tehnologije*, ISBN: 978-86-7664-102-4.
- 3.3 Radunović, P., **Vujičić, T.**, Karanikić, M. & Knežević, I. (2012). Simulacioni model *three-state* algoritma, *XVII naučno stručni skup Informacione tehnologije*, ISBN: 978-86-7664-102-4.
- 3.4 **Vujičić, T.**, Radunović, P. & Knežević, I. (2014). Komparativna analiza NOSQL i SQL baza podataka, na primjeru Datomic-a i MSSQL-a, *XIX naučno stručni skup Informacione tehnologije*, ISBN: 978-86-85775-15-4.
- 3.5 Radunović, P., **Vujičić, T.** & Knežević, I. (2014). Poređenje funkcionalnog i imperativnog pristupa programiranju, *XIX naučno stručni skup Informacione tehnologije*, ISBN: 978-86-85775-15-4.
- 3.6 **Vujičić, T.**, Radunović, P., Antović, I. & Vlajić, S. (2016). Upotreba neuronskih mreža za predviđanje upotrebljivosti podataka, *YUINFO*, ISBN: 978-86-85525-17-9.
- 3.7 Ljucović, J., Matijević, T., **Vujičić, T.** & Tomović, S. (2016). Analysis of social network random model and comparison to real collaboration network, *International Conference of Information Technology and Development of Education*, ISBN: 978-86-7672-285-3.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Тијане Вујичић садржи 110 страна, разврстаних у 7 поглавља. Дисертација садржи 47 слика и 14 табела. У попису коришћене литературе кандидаткиња је навела 45 референтних јединица. Рад је структуриран на следећи начин:

1. Увод
2. Преглед области
3. Усмерени *GCRF*
4. Софтверски алат *GCRF GUI TOOL*
5. Јава библиотека *GCRFs*
6. Примери примене
7. Дискусија

8. Закључак

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном делу рада дат је опис проблема који се разматра и циља истраживања. Основни предмет истраживања докторског рада су модели структурне регресије базирани на *Gaussian Conditional Random Fields (GCRF)* моделу. У овом поглављу су наведене хипотезе као и научне методе истраживања. Као полазне хипотезе наведене су:

- Постојећа проширења *GCRF* модела се не могу применити на усмерене графове.
- Предложено проширење *GCRF* модела за усмерене графове омогућава прецизније предвиђање од стандардног *GCRF* модела и традиционалних неструктурних предиктора.
- Софтверски алат поједностављује тренирање и тестирање *GCRF* модела и његових проширења на различитим сетовима података.
- Софтверски алат који нуди имплементацију стандардног *GCRF* модела и његових проширења могу користити како и експерти у области машинског учења, тако и почетници којима *GCRF* модел може помоћи да дођу до жељених информација.

У другом поглављу дат је преглед релевантних области за реализовано истраживање: машинског учења, структурне регресије, *GCRF* модела и његових проширења.

У трећем поглављу је описано проширење *GCRF* модела за усмерене графове (*DirGCRF*). Презентован је математички модел, његова имплементација, као и тестирање перформанси модела на синтетичким и реалним подацима. Резултати тестирања доказали су да *DirGCRF* даје тачнија предвиђања од стандардног *GCRF* модела од 5 до 19% за реалне сетове података о у просеку 30% за синтетичке сетове података. Уколико је у неком сету података утицај структуре (графа) јачи од утицаја неструктурног предиктора (нпр. неуронских мрежа), долази чак и дуплирања прецизности у односу на стандардни *GCRF*.

У четвртном поглављу је представљен софтверски алат који нуди имплементацију стандардног *GCRF* модела и његових проширења. *GCRF GUI TOOL* је софтвер отвореног кода који интегрише различите *GCRF* моделе и омогућава њихову примену на сетове података из различитих области. Представљене су све функционалности алата, његов дизајн и начин имплементације, као и начин употребе алата за тренирање различитих модела на различитим сетовима података. С обзиром да је веома важно да *GCRF GUI TOOL* буде лак и једноставан за коришћење за експерте и почетнике, извршена је евалуација софтвера са различитим групама корисника. Резултати евалуације показали су да су обе групе корисника веома задовољне софтвером, а њихови предлози и сугестије су веома помогли приликом планирања будућег развоја.

У петом поглављу описана је имплементација и употреба Јава библиотеке која садржи основне класе за *GCRF* концепте и имплементацију неких конкретних модела. Дати су детаљи имплементације ове библиотеке, представљен је начин употребе библиотеке, и објашњено је како може бити проширена.

У шестом поглављу дати су примери примене усмереног *GCRF* модела, софтверског алата *GCRF GUI TOOL* и Јава библиотеке *GCRFs*, као и могућност примене у настави.

У седмом поглављу представљена је анализа предности и слабости, као и план за даљи развој.

У осмом поглављу дата су закључна разматрања дисертације. Дат је осврт на кључне резултате и доприносе докторске дисертације, као и осврт на полазне хипотезе од којих је свака потврђена.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“, кандидаткиње Тијане Вујичић, бави се веома актуелном области вештачке интелигенције, која је још увек недовољно истражена и тек треба да достигне своје најзначајније резултате, упркос томе што већ постоје многи интелигентни системи који функционишу веома добро. На основу прегледа литературе и актуелних истраживања уочена је потреба да се креира модел структурне регресије који се може применити на усмерене графове, који су чести у реалним проблемима (друштвене мреже, просторне географске мреже, транспортне мреже, комуникационе мреже). Резултати реализованог истраживања представљају оригинални допринос кандидаткиње области машинског учења и пружају истраживачима из различитих домена могућност да примене савремене методе вештачке интелигенције како би дошли до жељених информација и напретка у својим областима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Литература коју је кандидаткиња користила приликом писања докторске дисертације, садржи 45 референци, које обухватају књиге, електронске ресурсе и научне радове објављене у часописима и на конференцијама. Све референце које су коришћене у изради дисертације су из страних извора и на енглеском језику. Комплетан списак литературе дат је у дисертацији, а овде су наведене референце од посебног значаја за израду ове докторске дисертације:

1. Radosavljević, V., Vučetić, S., & Obradović, Z. (2010). Continuous conditional random fields for regression in remote sensing, *19th European Conference on Artificial Intelligence*, 809–814.
2. Radosavljević, V., Vučetić, S., & Obradović, Z. (2014). Neural Gaussian conditional random fields, *Joint European conference on machine learning and knowledge discovery in databases*, 614-629.
3. Wytoczek, M., & Kolter, J. Z. (2013). Sparse Gaussian conditional random fields: Algorithms, theory, and application to energy forecasting, *International conference on machine learning*, 1265-1273.

4. Gligorijević, D., Stojanović, J., & Obradović, Z. (2015). Improving confidence while predicting trends in temporal disease networks, *4th Workshop on Data Mining for Medicine and Healthcare, 2015 SIAM International Conference on Data Mining*, 1-10.
5. Khorram, S., Bahmaninezhad, F., & Sameti, H. (2014). Speech synthesis based on Gaussian conditional random fields, *International Symposium on Artificial Intelligence and Signal Processing*, 427, 183-193. DOI:10.1007/978-3-319-10849-0_19.
6. Glass, J., Ghalwash, M., Vukićević, M., & Obradović, Z. (2016). Extending the modelling capacity of gaussian conditional random fields while learning faster, *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-16)*, 1596-1602.
7. Stojanović, J., J. M., Gligorijević, D., & Obradović, Z. (2015). Semi-supervised learning for structured regression on partially observed attributed graphs, *SIAM International Conference on Data Mining*, 217-225.
8. Gligorijević, D., Stojanović, J., & Obradović, Z. (2016). Uncertainty propagation in long-term structured regression on evolving networks, *Thirtieth AAAI Conference on Artificial Intelligence (AAAI-16)*, 1603-1610.
9. Han, C., Zhang, S., Ghalwash, M., Vučetić, S., & Obradović, Z. (2016). Joint learning of representation and structure for sparse regression on graphs, *SIAM International Conference on Data Mining*, 846-854.
10. Michell, L., & Amos, A. (1997). Girls, pecking order and smoking, *Social Science & Medicine*, 44 (12), 1861–1869, DOI:10.1016/S0277-9536(96)00295-X.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У првој фази истраживање се базирало на анализи теоријских концепата, математичких модела и постојећих практичних решења у наведеној области. Коришћене су методе прикупљања, дедукције, анализе и упоређивања. У току анализе кандидаткиња је наишла на проблем који није било могуће решити постојећим методама структурне регресије. Следећа фаза истраживања била је посвећена формулисању проблема и унапређену постојећих математичких модела. Након дефинисања новог модела он је имплементиран у Јава програмског језику и уследила је фаза експерименталног рада, тј. тестирања модела прво над вештачки генерисаним подацима, а затим и над реалним сетовима података. У току тестирања модел је упоређен са релевантним конкурентским моделима. С обзиром да је модел дао веома добре резултате на сетовима података из различитих научних области кандидаткиња је дошла на идеју да развије софтверски алат који ће омогућити ширу примену како новог модела, тако и осталих често коришћених модела структурне регресије. Алат је развијен у складу са савременим методама софтверског инжењерства, које се примењују приликом развоја софтвера отвореног кода. Извршена је експериментална евалуација употребљивости софтверског алата са корисницима различитих профила, у којој су коришћени упитници који су креирани у складу са савременим препорукама. Јава библиотека је израђена у складу са принципима објектно-орјентисаног програмирања, има интуитиван програмски интерфејс (*API*), флексибилна је и лако проширива. Програмски код је отворен и доступан на *GitHub*-у. Резултати истраживања презентовани су текстуално и графички, коришћењем слика, табела, дијаграма и делова програмског кода.

Након анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе одговарају теми дисертације и спроведеном истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

У стварним примерима, многи објекти су повезани са усмереним везама. Стандардни *GCRF* модел се не може директно применити на такве графове, а трансформација графа из усмереног у неусмерени доводи до губитка прецизности. Стога је проширење *GCRF* модела за усмерене графове (*DirGCRF*) веома значајан напредак за све области у којима је потребно применити методе структурне регресије на графове у којима су важни смерови веза. Примери таквих графова су мреже пријатељства, друштвене мреже (*Facebook, Twitter, Instagram, GitHub*), комуникационе мреже, транспортне мреже (путеви, железничке везе, авио везе), просторне / географске мреже... У свим наведеним примерима једносмерне везе су честе. Заваљујући софтверу *GCRF GUI TOOL* модели структурне регресије постају доступни истраживачима из различитих области, који могу да користе савремене методе предвиђања без познавања области и потребе за програмирањем. С друге стране, истраживачи који имају искуства у Јава програмирању могу да користе Јава библиотеку *GCRFs* и тако на бржи и једноставнији начин у свом коду користе методе базиране на *GCRF* моделу и имплементирају његова проширења.

На основу наведеног, закључује се да су резултати ове дисертације применљиви за даља теоријска истраживања и практичну примену.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткиње за самостални научни рад

Током израде докторске дисертације, кандидаткиња Тијана Вујичић показала је да поседује потребна стручна, теоријска и практична знања потребна за самостални научни рад. Висок ниво самосталности у научно-истраживачком раду у области истраживања показала је кроз квалитет научних публикација и кроз учешће на пројектима, где је имала прилику да решава реалне истраживачке проблеме. Спроведено истраживање потврђује да је способна да самостално пројектује и спроведе научно истраживање. Истраживање је верификовано објављивањем научног рада у истакнутом међународном часопису.

Узевши у обзир целокупни ток истраживања и остварене резултате у досадашњем научно-истраживачком раду, Комисија сматра да кандидаткиња Тијана Вујичић поседује потребно знање, вештине и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Током рада на овој дисертацији потврђене су све постављене хипотезе.

Допринос дисертације огледа се у предлогу оригиналног модела структурне регресије за усмерене графове и развоју софтверског пакета за примену алгоритама структурне регресије базираних на *GCRF* моделу.

Конкретни резултати, проистекли из истраживања у докторској дисертацији, су:

- Нови математички модел који омогућава проширење *GCRF* модела за усмерене графове
- Имплементација новог *GCRF* модела за усмерене графове
- евалуација новог *GCRF* модела за усмерене графове која је потврдила прецизност креираног модела
- Апликација *GCRF GUI TOOL* која интегрише различите врсте *GCRF* модела
- Евалуација апликације *GCRF GUI TOOL* са корисницима, која је потврдила да је апликација лака за коришћење за кориснике различитих профила и различитих знања из области машинског учења
- Нова Јава библиотека за методе базиране на *GCRF* моделу

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Сагледавањем постављених хипотеза, циљева истраживања и остварених резултата, констатујемо да је кандидаткиња Тијана Вујичић успешно одговорила на сва релевантна питања за решавање проблема дефинисаног истраживања. У току израде дисертације проучена је и анализирана литература из области вештачке интелигенције, са акцентом на машинском учењу и методама структурне регресије. Након уочавања научног проблема, припремљене су полазне хипотезе и предлог решења. Решење је реализовано, тестирано и евалуирано, са циљем да се потврде полазне хипотезе. Све постављене хипотезе су потврђене кроз теоријска разматрања и експерименталним путем. Истраживање је верификовано објављивањем научног рада у истакнутом међународном часопису, остварен је значајан допринос и добијена су сазнања која су релевантна за научну и стручну заједницу у овој области.

4.3. Верификација научних доприноса

Научни допринос докторске дисертације под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“, кандидаткиње Тијане Вујичић, верификован је следећом публикацијом која је резултат истраживања у оквиру докторске дисертације:

Рад објављен у научном часопису међународног значаја (M21):

- **Вујичић, Т., Glass, J., Zhou, F. & Obradović, Z. (2017).** Gaussian Conditional Random Fields Extended for Directed Graphs, *Machine Learning*, 106 (9-10), 1271–1288, *Springer* (Categories: Computer Science, Artificial Intelligence), DOI: 10.1007/s10994-016-5611-7, ISSN: 0885-6125 (Print), ISSN: 1573-0565 (Online), IF2016: 1.848.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“, кандидаткиње Тијане Вујичић, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације констатује да је урађена докторска дисертација написана према свим стандардима у научно-истраживачком раду, као и да испуњава све услове предвиђене Законом о

високом образовању, стандардима и Статутом Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, као и чињенице да је анализирана проблематика веома актуелна, Комисија констатује да је кандидаткиња Тијана Вујичић успешно завршила докторску дисертацију у складу са предвиђеним предметом и постављеним циљевима истраживања .

Кандидаткиња је дошла до оригиналних резултата који су верификовани у међународном часопису и широко су применљиви у области вештачке интелигенције. Предложени модел је применљив на различите истраживачке области. Докторска дисертација под називом „Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу“ представља савремен и оригиналан допринос научном сазнању из области Софтверског инжењерства.

Истраживање је валидирано кроз објављивање рада у часопису на SCIE листи. Обзиром на приказане резултате, актуелност и мултидисциплинарност обрађених тема, ова дисертација задовољава највише критеријуме и квалификује кандидаткињу Тијану Вујичић за научно-истраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука, да се докторска дисертација под називом „**Софтверски алат за испитивање алгоритама структурне регресије базиране на *GCRF* моделу**“ кандидаткиње **Тијане Вујичић**, прихвати, изложи на увид јавности и упуту на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 02.04.2018. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Владан Девеџић, редовни професор - ментор
Универзитета у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Вељко Јеремић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Факултет организационих наука

Проф. др Зорица Станимировић, ванредни професор
Универзитета у Београду, Математички факултет