

## СЕНАТУ УНИВЕРЗИТЕТА УНИОН У БЕОГРАДУ

ПРЕДМЕТ: Извештај комисије за оцену и одбрану докторске дисертације

Одлуком Сената Универзитета Унион, у Београду од 23.10.2017., именовани смо за чланове Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације Јоване Божић, дипл.инж.електротехнике., под насловом: *Предикција временских низова помоћу таласића и неуралних мрежа са применом за предикцију валутних парова*. Након прегледа добијене документације, Комисија у саставу:

1. др Ђорђе Бабић, ванредни професор, Рачунарски факултет, Универзитет Унион,
2. др Десимир Вучић, ванредни професор, Рачунарски факултет, Универзитет Унион,
3. др Мирјана Радивојевић, ванредни професор, Рачунарски факултет, Универзитет Унион,

подноси Сенату Универзитета Унион следећи

### ИЗВЕШТАЈ

У току школске 2014/2015. године, Јована Божић, дипл.инж. електротехнике, пријавила је тему докторске дисертације под насловом „Предикција временских низова помоћу таласића и неуралних мрежа са применом за предикцију валутних парова“, након чега је Сенат Универзитета Унион именовано комисију за оцену подобности теме и кандидата. Комисија је Сенату Универзитета Унион, поднела извештај у коме се прихвата предложена тема, након чега је одобрена израда докторске дисертације. За ментора је именован ванредни професор Рачунарског факултета, проф. др Ђорђе Бабић.

Истраживање у оквиру ове дисертације спада у област Обраде сигнала, која припада научној области Рачунарског инжењерства, за коју је матичан Рачунарски факултет.

Јована Божић је завршила студије на Електротехничком факултету Универзитета у Београду (смер Електроника, Телекомуникације, Аутоматика) 2007. године са просечном оценом 9.26. Након завршених студија радила је као мрежни инжењер и систем администратор у фирмама „Енетел Солутионс“ и „АМРЕС“ (Академска Мрежа Србије). Од 01.03.2012. је у сталном радном односу у компанији „Телеком Србија“. У периоду до маја 2014. године радила је на пословима експлоатације и одржавања мобилне мреже као инжењер за додатне сервисе што је укључивало обављање послова експлоатације и одржавања мобилних ВАС система, учествовање у реализацији налога и креирања извештаја, извршавање процедура и послова израде и провере техничке документације, обезбеђивање ефикасног рада комисија и тимова везано за системе у надлежности, учествовање у раду комисија за контролу квалитета интеграције нових мрежних елемената и имплементације нових сервиса итд. Од маја 2014. године постаје руководилац за додатне сервисе у оквиру Службе за развој дигиталних производа и услуга где је запослена и данас. Задужена је за обављање развоја нових и унапређења постојећих сервиса, производа и услуга у оквиру мултидисциплинарних тимова (ВАС/СИМ/СДП сервиси, адвертајзинг, финансијски дигитални сервиси, основни и додатни СМС сервиси, роаминг сервиси итд.), управљање анализом изводљивости идејног захтева за увођење нових сервиса, односно унапређење постојећих, документовање примењених техничко технолошких решења, праћење и учествовање у дефинисању сервисног сценарија итд. Сертификат ТОЕФЛ је стекла полагањем истоименог испита 20.09.2012. Од 2012. године поседује сертификат ЦЦНА (CCNA - Cisco Certified Network Associate) који је стекла полагањем испита 25.06.2012., а од 2013. године поседује сертификат ЛПИЦ (LPIC - Linux Professional Institute Certification) који је стекла полагањем испита 22.10.2013. године. Од 2015. године поседује ПМП (PMP - Project Management Professional) сертификат за пројектно управљање. Област експертизе је обрада сигнала, анализа сигнала са таласићима и неуралне мреже.

У току досадашњег рада на истраживању везаном за тему предложене дисертације, кандидат Јована Божић је објавила, или има прихваћено за објављивање, два рада у часописима међународног значаја категорије М23 (часописи на СЦИ листи) као први аутор, и три рада на међународним конференцијама категорије М33.

- [1] J. Bozic, D. Babic, "EUR/RSD Exchange Rate Forecasting Using Hybrid Wavelet-Neural Model: A CASE STUDY," *Computer Science and Information Systems*, vol. 12, no. 2, pp. 487-508, 2015. M23
- [2] J. Bozic, D. Babic, "Financial Time Series Forecasting Using Hybrid Wavelet-Neural Model," *The International Arab Journal of Information Technology IAJIT*, прихваћен за објављивање. M23
- [3] J. Božić, S. Vukotić, Đ. Babić, "Predikcija kursa dinara pomoću wavelet-a i neuralne mreže," *19. Telekomunikacioni forum TELFOR 2011*, Србија, Београд, Новембар 22.-24., 2011. M33
- [4] J. Bozic, D. Babic, "Predicting the EUR/RSD exchange rate using wavelets and neural network," In *Proceedings of International Conference on Applied Internet and Information Technologies*, Zrenjanin, Serbia, 2013, 108-112. M33
- [5] J. Božić, "Predikcijakursnihrazlika pomoćuneuralnih mreža," *YU INFO konferencija 2015 (5th International Conference on Information Society and Technology ICIST 2015)*, Србија, Кораоник, 08.-11. mart 2015., ISBN: 978-86-85525-15-5, str. 273-277. M33

Дисертација је писана у складу са стандардном методологијом писања научних радова. Састоји се из седам основних целина: увода, анализа временских низова уз помоћ таласића, вештачке неуралне мреже, статистички параметри, хибридни модел за предикцију, резултати и на крају су дата закључна разматрања. Докторска дисертација има 223 стране, док списак референтне литературе има 274 наслова. Рад је прегледно написан, технички добро обрађен и организован, уз јасан садржај и пагинацију, индекс слика, и табела.

Предмет истраживања докторске дисертације су финансијски временски низови који представљају индикатор понашања разних финансијских појава током узастопних и једнаких временских интервала, односно. Општа претпоставка која се прави у предикцији ових временских низова јесте да се све важне особине за овај процес налазе у прошлости и да се њеном анализом методама обраде сигнала може прогнозировать будућност. Важно је напоменути да је недостатак одговарајућих модела за предикцију временских низова приметан како у теорији, тако и у пракси и ово често представља проблем и за академска истраживања али и за област пословне аналитике.

У дисертацији се представља хибридни модел са две различите технике – таласићима (eng. wavelets) и неуралним мрежама (eng. neural networks), где се таласићи користе као средство за разлагање сигнала, утврђивање тренда и потенцијално отклањање шума, док се неуралне мреже са посебним фазама тренирања и обучавања користе као средства за предикцију будућих вредности одређеног улазног низа. За проверу претходно изложеног концепта, дизајниране су разне врсте модела које су примењене на валутне парове, посебне врсте временских низова. Анализирани су различите врсте сценарија у циљу добијања што прецизнијег резултата предикције и у ту сврху су коришћени различити критеријуми грешке, таласића и других параметара архитектуре. Резултати истраживања су показали да хибридни модел представља добар предиктор временских низова, чему сведоче нумерички резултати и врло добра преклапања оригиналних и прогнозираних одбирака.

Дисертација је организована у седам поглавља: (1) Увод; (2) Анализа временских низова помоћу таласића; (3) Вештачке неуралне мреже; (4) Статистички параметри; (5) Хибридни модел за предикцију; (6) Резултати; и (7) Закључна разматрања.

У уводном поглављу изложена је иницијална мотивација за израду дисертације као и преглед основних појмова и аспеката којима се приступало приликом истраживања. Детаљно је размотрен

циљ истраживања као и основни алати и смернице који су том приликом коришћени. Направљен је историјски осврт на различите предикционе алате, кратак преглед њихових основних карактеристика и литературе која их прати.

Наредна три поглавља су дата са циљем лакшег разумевања комплетног комплексног представљеног модела за предикцију финансијских низова.

У другом поглављу представљени су таласићи, то јест вејвлети, посебни алати за анализу сигнала. Направљен је историјски преглед извођења ових алата и објашњене су врсте трансформација које их користе. Дат је осврт на процес уклањања шума помоћу ових алата а на крају је посебна пажња посвећена софтверским пакетима који таласиће успешно примењују у пракси.

У трећем поглављу су представљене неуралне мреже. Дат је историјски преглед њиховог развоја, размотрена је њихова архитектура као и основни параметри. Објашњена су правила за учења и врсте тренирања, а посебан осврт је направљен на мреже са пропагацијом сигнала унапред, које су најчешће коришћена врста овог алата у литератури. На крају су наведени њихови примери коришћења у финансијама и најчешће коришћени софтверски пакети у рачунарским применама.

У четвртном поглављу направљен је преглед основних статистичких параметара који се користе у предложеном хибридном моделу за предикцију.

Пето поглавље садржи главне резултате и доприносе дисертације. У петом поглављу представљен је нови хибридни модел за предикцију валутних парова, са детаљним описом функционалних делова целина. Овај модел представља главни научни допринос тезе. Прво је представљена идеја хибридизације као и еволуција хибридног модела. Након тога је детаљно описан хибридни предиктор. Акцентат је стављен на опису архитектуре, обради података и подешавању одређених параметара система. На крају су представљене мере перформанси на основу којих ће модел бити оцењен.

У шестом поглављу дат је преглед резултата тестирања предложеног хибридног модела за предикцију три врсте валутних парова. Поред резултата тестирања добијених за домаћу валуту (EUR/RSD), представљени су и резултати тестирања друга два валутна пара (EUR/GBP, EUR/HUF) у сврху показивања успешности рада модела. На крају поглавља дата је дискусија резултата тестирања. Анализирани су резултати и дата је анализа осетљивости.

У седмом поглављу дат је преглед изведених закључака и наведен је научни допринос тезе. Поред овога, представљене су смернице и препоруке које би биле од значаја за будућност ове области у циљу даљег развоја алгоритама и модела за предикцију валутних парова.

## ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Хибридни модел за предикцију изложен у дисертацији предстаља веома сложено, креативно и квалитетно средство за предикцију сигнала. Разлози за то су комплексне технике коришћене у синергији. Доказ квалитета предложеног модела се огледа у великом броју симулација и параметара архитектуре које су тестиране. У раду је изложен концепт хибридизације, дизајниране су различите верзије модела које су примењене на посебне врсте финансијских низова, валутне парове. Креиран је рачунарски код, који је адаптилан и флексибилан. Научно захтеван проблем предикције је целовито истражен са теоријског и практичног становништва. Рад се одликује квалитетним закључивањем а писан је једноставним и јасним стилем.

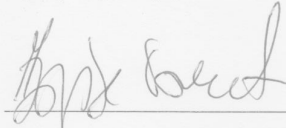
У изради ове дисертације коришћено је 274 библиографске јединица. У попису литературе коришћене су домаће и иностране књиге, монографије, научни и стручни радови мањег обима као и интернет извори. Међу њима се налазу и литература новијег датума, тј. са најновијим сазнањима из области истраживања. Обимна библиографија је извесно допринела квалитету рада. У овој дисертацији примењен је научни приступ комбиновања вејвлет трансформација, неуралних мрежа и статистичких параметара. Наведене технике су популарни алати и адекватни су за примену у предметним истраживањима.

Докторска дисертација има јасан научни допринос у форми нових предикционих метода и представљеног хибридног предиктора временских низова. Предложени метод који укључује неколико алата за предикцију се користи да би се процес предикције целовито сагледао и да би се приступило решавању проблема са укљученим великим бројем аспеката који могу да имају везе са кретањем временског низа. Дисертација има информатички допринос у виду погодних *user-friendly* програма са великим бројем примена. Главни резултати дисертације су објављени у међународним часописима са рецензијом, и на међународним конференцијама, чиме је научни допринос верификован од стране ширег аудиторијума. Поред тога, сматрамо да је домаћа научно-истраживачка јавност добила допринос новог смера истраживања хибридних модела намењених за предикцију временских низова.

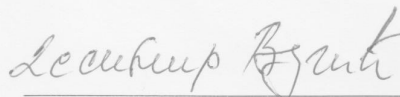
Београд, 30.10.2017.

Чланови комисије:

Проф. др Ђорђе Бабић



Проф. др Десимир Вучић



Проф. др Мирјана Радивојевић

