

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: einfo@elfak.ni.ac.rs
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН
12.02.2018.

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. **Иване Марковић** под насловом: „Избор атрибута интеграцијом знања о домену применом метода одлучивања код предиктивног моделовања временских серија надгледаним машинским учењем“ и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до **14.03.2018. године**.

Примедбе на наведени Извештај достављају се Декану Факултета у напред наведеном року.

ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ



Декан

Проф. др Драган Јанковић

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног родитеља и име	Марковић, Првослав, Ивана
Датум и место рођења	20.12.1979. Ниш

Основне студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Рачунарство и информатика
Звање	Дипломирани инжењер електронике на смеру за рачунарство и информатику
Година уписа	1998.
Година завршетка	2005.
Просечна оцена	9.34

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет	
Факултет	
Студијски програм	
Звање	
Година уписа	
Година завршетка	
Просечна оцена	
Научна област	
Наслов завршног рада	

Докторске студије

Универзитет	Универзитет у Нишу
Факултет	Електронски факултет
Студијски програм	Електротехника и рачунарство (модул: Рачунарство и информатика)
Година уписа	2007
Остварен број ЕСПБ бодова	214 на докторским студијама (укупно 514)
Просечна оцена	10.00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације	Избор атрибута интеграцијом знања о домену применим метода одлучивања код предиктивног моделовања временских серија надгледаним машинским учењем
Име и презиме ментора, звање	Милена Станковић, редовни професор
Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације	НСВ број 8/20-01-006/16-025 од 19.09.2016. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Број страна	129+ix
Број поглавља	9
Број слика (шема, графикона)	13
Број табела	36
Број прилога	/

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>I. Marković, M. Stojanović, M. Božić, J. Stanković Stock Market Trend Prediction Based on the LS-SVM Model Update Algorithm, ICT Innovations 2014, Advances in Intelligent Systems and Computing, (2015) Springer, Volume 311, pp. 105-114. DOI: 10.1007/978-3-319-09879-1_11</p> <p><i>Предложен је приступ за предвиђање промене тренда вредности берзанског индекса, заснован на периодичном ретренирању иницијалог модела са новим тренинг примерима, како постају доступни. На овај начин је омогућено да предвиђања модела прате динамику промена на берзи.</i></p>	M13
2	<p>I. Marković, M. Stojanović, J. Stanković, M. Stanković, „Stock market trend prediction using AHP and weighted kernel LS-SVM,“ <i>Soft Computing</i>, 2017, t. 21, br. 18, p. 5387–5398.</p> <p><i>У раду је предложен метод за рангирање и селекцију атрибута код предвиђања тренда промена берзанских индекса који се заснива на коришћењу експертског знања о домену применом АHP (Analytic Hierarchy Process) методе за вишекритеријумско одлучивање. Тежине атрибута одређене АHP методом користе се за рангирање и селекцију атрибута LS-SVM класификатора са тежинским језгром. Резултати тестирања и компаративне анализе показују да се примењеном методологијом добија побољшање резултата на неким бенчмарк примерима финансијских временских серија.</i></p>	M22
3	<p>I. Marković, M. Stojanović, J. Stanković, M. Božić, Stock Market Trend Prediction using Support Vector Machines, <i>Facta Universitatis, Ser.: Automatic Control and Robotics</i> (2014). Vol. 3, No 13, str. 147-158</p> <p><i>Рад се односи на предвиђање тренда тржишног индекса коришћењем метода Support Vector Machines (SVMs). Селекција атрибута извршена је над техничким и макроекономским индикаторима. SVM модел се даље пореди са LS-SVM моделом како би се анализирале њихова комплексност и прецизност класификације.</i></p>	M24
4	<p>I. Marković, J. Stanković, M. Stojanović, M. Božić Prediction of the stock market trend using LS-SVMs based on technical indicators, <i>Zbornik radova sa internacionalne konferencije ICESS 2014</i>, (2014), Vol. 1, pp. 61-64, Niš, Republika Srbija</p> <p><i>Рад обухвата примену LS-SVM алгорита машинског учења на предвиђање промене тренда вредности Belex15 берзанског индекса. Коришћени модел је заснован на анализи техничких индикатора и временских серија.</i></p>	M33
5	<p>I. Marković, M. Stojanović, M. Božić Stock Market Trend Prediction Using a Sparse Bayesian Framework, <i>Zbornik radova sa 12th Symposium on Neural Network Applications in Electrical Engineering (NEUREL 2014)</i>, (2014), str. 207-210, Beograd, Republika Srbija.</p> <p><i>Фокус рада је моделовање и креирање Relevance Vector Machine (RVM) класификатора за предвиђање тренда промена берзанских индекса.</i></p>	M33
6	<p>I. Marković, Izbor atributa u mašinskom učenju, <i>Zbornik radova Ekonomskog fakulteta Univerziteta u Nišu „Konkurentnost i održivi razvoj privrede Republike Srbije“</i>, (2017) Redaktori: Prof. dr Jadranka Đurović -Todorović, Prof. dr Marija Radosavljević, str. 563-580 (ISBN: 978-86-6139-144-6)</p> <p><i>У раду је изложена проблематика избора атрибута у машинском учењу, приказана су основна својства процеса селекције атрибута и дат је приказ најзначајнијег метода избора атрибута. Рад пружа основе за разумевање машинског учења и области избора атрибута ккао са теоријског тако и са практичног становишта.</i></p>	M45
7	<p>J. Stanković, I. Marković, O. Radović Предвиђање тренда belex15 индекса и његових конституената помоћу LS-SVM метода, <i>Анали Економског факултета у Суботици</i>, (2015). Vol. 51, No 34, ISSN: 0350-2120, str. 251-264</p> <p><i>Циљ истраживања, спроведеног у овом раду јесте предвиђање промене тренда индекса Belex15 и његових најважнијих конституената. У раду се најпре детаљно анализирају најзначајнији конституенти у корпи индекса Belex15. Као модел за предикцију тренда промене вредности Belex15 индекса и његових конституената коришћена је метода најмањих квадрата подржавајућих вектора (The Least Square Support Vector Machine, LS-SVMs), при чему је избор улазних атрибута извршен на основу анализе техничких индикатора. Добијени резултати указују на чињеницу да предложени модел показује већу прецизност у случају предикције тренда конституената индекса него на самом индексу Belex15.</i></p>	M51
8	<p>J. Stanković, I. Marković, M. Stojanović, Investment Strategy Optimization Using Technical Analysis And Predictive Modeling In Emerging Markets, <i>Procedia Economics and Finance</i>, (2015). Vol. 19. str. 51–62 doi:10.1016/S2212-5671(15)00007-6</p>	M51

У раду се испитује ефикасност предиктивног моделовања у дефинисању оптималних стратегија трговања за инвестирање у тржишне индексе. Стратегије трговања су постављене према различитим правилима трговања, која су дефинисана покретним просецима и волатилношћу вредности и приноса тржишних индекса. Селектовани технички индикатори су даље коришћени у дефинисању предиктивног модела заснованог на LS-SVM (Least Squares Support Vector Machines) класификатору. Овим класификатором предвиђају се промене тренда берзанских индекса при чему се добијене вредности бинарних сигнала даље користе за дефинисање сигнала за трговање. Добијени резултати указују да примена предиктивног моделовања на финансијским тржиштима доводи до повећања профитабилности уз смањење ризика укљученог у трговање.

I. Marković, J. Stanković, M. Stojanović, M. Božić. Predviđanje promene trenda vrednosti berzanskog indeksa Belex15 pomoću LS-SVM klasifikatora, Zbornik radova sa internacionalne konferencije: Infoteh 2014, (2014) Vol. 13, str. 739-742, Jahorina, Mart 2014

9 У раду је предложен модел за предвиђање тренда промене вредности Belex15 индекса применом Least squares support vector machine (LS-SVM) класификатора. Селекција атрибута за приказани предикциони модел заснована је на анализи техничких индикатора. Атрибути који су коришћени за тренирање модела су изведени из логаритамских приноса директно и обрачуном експоненцијалног покретног просека (Exponential Moving Average – ЕМА). Резултати експеримента су показали да је предложени модел погодан за краткорочно предвиђање промена правца кретања берзанских индекса.

M63

10 **I. Marković, J. Z. Stanković, M. Stojanović,** An AHP approach for modeling financial time series, In: Book of Abstracts, TINKOS 2016 - The Fourth National Conference Information Theory and Complex Systems, (2016), str. 9-10. (ISBN: 978-86-80593-49-4)

У раду је изложен приказ примене АHP метода са циљем инкорпорације знања о одмену ради моделовања својства финансијских временских серија.

M64

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

У извештају Комисије за оцену испуњености критеријума за покретање поступака за пријаву докторске дисертације, покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације и изборе у звања наставника на Електронском факултету у Нишу, у решењу бр. **07/03-040/17-001, од 01.12.2017.године**, наводи се да кандидат дипл. инж. Ивана Марковић **ИСПУЊАВА** предвиђене критеријуме за покретање поступка за оцену и одбрану докторске дисертације.

ДА НЕ

Комисија за

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације

Садржај докторске дисертације, поред увода, закључка и литературе, чини шест логички повезаних целина.

Уводни део рада представља кратко образложење предмета истраживања, сврхе и циљева истраживања, као и основних метода истраживања.

У другом поглављу дат је детаљан приказа предмета истраживања, анализирани се области примене временских серија као и предиктивног моделовања. Поред тога, дат је приказ предикционих модела и изложени су основни појмови потребни за разумевање својства алгоритама машинског учења. Приказана су и ограничења и проблеми у досадашњим приступима креирања предикционих модела.

У трећем поглављу под називом *Кернел функције и методе подржавајућих вектора* изложен је принцип учења кернелом и теоријске основе SVM и LS-SVM метода који су коришћени у симулацијама за формирање предикционих модела. У овом поглављу су посебно анализирани кернел функције и приказане су теоријске основе потребне за разумевање и дефинисање тежинске кернел функције.

У четвртном поглављу под називом *Избор атрибута у машинском учењу* детаљно су анализирани проблем и област избора атрибута у надгледаном машинском учењу, а затим је према најшире прихваћеној класификацији извршена компаративна анализа приказаних стратегија.

У петом поглављу под називом *Репрезентација знања и инжењеринг атрибута* разматрани су проблеми репрезентације знања код метода машинског учења, појмови инжењеринг атрибута и могућности означавања вектора и додељивање тежина атрибутима.

У шестом поглављу под називом *Интеграција машинског учења и метода одлучивања* дат је приказ синергије метода машинског учења и оптимizacionих метода, заједно са прегледом литературе која упућује на интеграцију метода одлучивања и алгоритама машинског учења. У последњем делу истог поглавља приказане су теоријске основе потребне за разумевање АHP метода коришћеног у експерименталном делу докторске дисертације.

У седмом поглављу под називом *Развој методологије избора атрибута*, као допринос, предложена је методологија за избор подскупа атрибута заснована на инкорпорацији знања о домену применом метода одлучивања односно применом Аналитичког хијерархијског процеса.

У осмом поглављу под називом *Анализа резултата* приказана је и анализирана је примена предложене методологије на различитим скуповима података у комбинацији са интеграцијом тежина у кернел код SVM и LS-SVM метода. У оквиру осмог поглавља приказани су и резултати компарације предложене методологије са другим алгоритмима избора атрибута као и резултати компарације предложеног предикционог модела са другим моделима надгледаног машинског учења. На крају осмог поглавља, разматрани су услови примене предложене методологије за избор атрибута и дискутована су уопштења.

Дисертација се завршава излагањем које се односи на закључна разматрања, док на крају следи навођење релевантне литературе и прилога.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Истраживања представљена у докторској дисертацији фокусирана су на оптимизацију предиктивног моделовања кретања финансијских временских серија. Са циљем повећања прецизности предикционог модела, истраживањем су обухваћени избор атрибута и прилагођавање метода машинског учења. Предложена је методологије којом се формализују знања специфична за финансијска тржишта на начин да их кроз математички метод одлучивања концептуализује и интегрише у поступак избора атрибута за обуку предикционог модела. За селекцију атрибута коришћена је вишекритеријумска анализа методом корисности познатија као Аналитички хијерархијски процес. Метод се показао успешан код вишекритеријумског одлучивања због своје способности да врши евалуацију скупа фактора на основу њихове релевантности чак и код међусобно супростављених критеријума, а без претходног знања о структури њихових односа. Предложена је методологија за избор атрибута, заснована на анализи корисности иницијалног скупа атрибута, као и сами критеријуми поређења у складу са којима се врши рангирање и селекција атрибута.

Како би се постигло максимално побољшање на посматраном домену, посебна пажња је посвећена побољшању предикционих способности метода подржавајућих вектора са интеграцијом тежина у кернел. Коришћена је метода подржавајућих вектора SVM (eng. *Support Vector Machines*) и метод најмањих квадрата подржавајућих вектора - LS-SVM (eng. *Least Squares Support Vector Machines*). За предиктивно моделовање кретања финансијских временских серија, у комбинацији са избором атрибута имплементирана је бинарна класификација.

Евалуација предложене методологије обављена је на моделовању проблема предвиђања кретања берзанских индекса. Као примери у истраживању узети су: Belex 15 - водећи индекс Београдске берзе, S&P500 - индекс Америчке берзе и FTSE100 – индекс Лондонске берзе.

Сви постављени циљеви из пријаве докторске дисертације у потпуности су остварени.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Докторска дисертација представља значајан допринос у области примене метода вишекритеријумског одлучивања у циљу коришћења доменског знања код предиктивног моделовања временских серија, што је један од актуелних трендова у овој области. Међу научним доприносима и резултатима које доноси дисертација најзначајнији су:

- Преглед и анализа актуелних метода избора атрибута код примене техника машинског учења;
- Предлог методологије за избор атрибута применом АНР метода одлучивања за процену корисности и редукцију скупа атрибута код предиктивног моделовања временских серија;
- Примена методологије са кернел функцијама код алгоритама машинског учења са подржавајућим векторима;
- Анализа и тестирање предложене методологије на моделовању реалних проблема, као што је предикција тренда кретања берзанских индекса;
- Компаративна анализа предложене методологије са другим методама селекције и рангирања атрибута;
- Компаративна анализа предложеног модела са другим методама надгледаног машинског учења;
- Предлог модела за предвиђање тржишних индекса базираног на предложеној методологији реализованог SVM и LS-SVM методом са тежинском кернел функцијом.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је у току истраживања показао изузетан напредак у научно-истраживачком раду и до најзначајнијих резултата представљених у научним публикацијама и самој дисертацији дошао је самосталним аналитичким сагледавањем проблема, свеукупним сагледавањем актуелних трендова у области предиктивног моделовања временских серија и избору атрибута за моделовање и спајањем знања из различитих области, посебно области вишекритеријумског одлучивања и машинског учења.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

Докторска дисертација под насловом *Избор атрибута интеграцијом знања о домену применом метода одлучивања код предиктивног моделовања временских серија надгледаним машинским учењем*, кандидата Иване марковић, доноси нови приступ селекцији атрибута код предиктивног моделовања временских серија надгледаним машинским учењем, заснован на примени метода вишекритеријумског одлучивања. Резултати приказани у дисертацији верификовани су применом на конкретним скуповима података и поређењем предложене методологије са другим алгоритмима избора атрибута као и поређењем предложеног предикционог модела са другим моделима надгледаног машинског учења. Постигнути резултати презентовани су на научним

скуповима релевантним за област на коју се дисертација односи, а најзначајнији резултати публиковани су у релевантним часописима из области.

Комисија закључује да је докторска дисертације под насловом *Избор атрибута интеграцијом знања о домену примене метода одлучивања код предиктивног моделовања временских серија надгледаним машинским учењем* научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета и Научно-стручном већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу да прихвати дисертацију и одобри њену јавну одбрану.




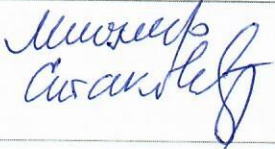

КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану Комисије

НВС број 8/20-01-001/18-028

Датум именовања Комисије

15.01.2018.

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
1.	Проф. др Милена Станковић, редовни професор	ментор, председник	
	Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет	
2.	Проф. др Леонид Стоименов, редовни професор	члан	
	Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет	
3.	Проф. др Сузана Стојковић, ванредни професор	члан	
	Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика)	Универзитет у Нишу, Електронски факултет	
4.	Проф. др Миомир Станковић, редовни професор у пензији	члан	
	Математичке науке – (ужа: Математика и математичко моделирање)	Универзитет у Нишу, Факултет заштите на раду	
5.	Проф. др Славољуб Миловановић, редовни професор	члан	
	Економске науке – (ужа: Информатика, Информатика и кибернетика у економији)	Универзитет у Нишу, Економски факултет	

Датум и место:
07.02.2018. године, Ниш

**ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ
У НИШУ**

Примљено 12.02.18.
Број
04/03-006/18-001