

ПРИМЉЕНО: 26. 01. 2016.			
Орг. јед.	Број	ПРИЛОГ	ВРЕДНОСТ
05	90/19	-	-

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

СТРУЧНОМ ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

*Имајући у виду сагласност
Б. Ђорђевића*

ИЗВЕШТАЈ КОМИСИЈЕ О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На седници Наставно-научног већа Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу одржаној 2.12.2015. године, одлуком број 1190/IX-2, а на предлог Института за математику и информатику Факултета, одређени смо у Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом

„ Методе развоја и адаптације регресионих модела базиране на генетским алгоритмима “

кандидата **Милована Миливојевића**, магистра техничких наука, предавача на Високој пословно-техничкој школи у Ужицу.

На основу приложене документације, као и личног увида у рад кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертација „**Методе развоја и адаптације регресионих модела базиране на генетским алгоритмима**“ написана је на 163 стране и садржи следеће делове:

- 1) Сажетак у коме је дат кратак приказ читаве докторске дисертације
- 2) Сажетак докторске дисертације на енглеском језику (*Summary*)
- 3) Садржај
- 4) Списак слика
- 5) Списак табела
- 6) Листа скраћеница
- 7) Увод
- 8) Поглавље под насловом „Математички модели“
- 9) Поглавље под насловом „Регресија“

- 10) Поглавље под насловом „Вештачке неуронске мреже“
- 11) Поглавље под насловом „Генетски алгоритми“
- 12) Поглавље под насловом „Адаптација линеарних регресионих модела помоћу генетских алгоритама“
- 13) Поглавље под насловом „Адаптација ANN модела помоћу генетских алгоритама“
- 14) Поглавље под насловом „Компарација MLR/GA и ANN/GA регресионих модела са моделима у форми постепених регресија“
- 15) Поглавље под насловом „Редукција димензија простора истраживања код регресионих модела заснованих на MLR/GA и ANN/GA хибридима“
- 16) Закључна разматрања
- 17) Библиографија
- 18) Биографија кандидата
- 19) Прва страна научног рада у којем су објављени резултати из дисертације

Дисертација садржи 64 слике, 30 табела и 139 библиографских јединица.

Преглед садржаја урађене дисертације

У предговору је приказан развојни пут аутора дисертације у истраживању домена теорије експеримента, математичког моделирања и оптимизације током претходне две декаде, и објашњена је мотивација за рад на дисертацији.

Дисертација се састоји од десет поглавља.

У **првом поглављу** је описана шира платформа простора истраживања. Дефинисан је циљ и значај дисертације и постављене су полазне хипотезе.

Као примарни циљ дисертације, кандидат је поставио: развој и имплементацију метода за генерисање и адаптацију регресионих модела помоћу генетских алгоритама (GA). Остварење циља је структурирано кроз: развој MLR/GA метода и одговарајућег софтверског агента (GenReg) за адаптивну оптимизацију модела у облику вишеструких линеарних регресија (MLR); развој ANN/GA метода и DEVONNA софтверског агента за оптимизацију и адаптацију модела у облику вештачких неуронских мрежа (Artificial Neural Networks - ANN); компаративну анализу модела добијених на основу MLR/GA и ANN/GA метода и модела у облику постепених регресија (stepwise regressions); поједностављење и регуларизацију модела добијених на основу MLR/GA и ANN/GA хибрида применом PCA технике (Principal Component Analysis); тестирање регресионих парадигми у примењеним инжењерским областима.

Основна хипотеза овог рада је да је моделирање класичним вишеструким линеарним регресијама недовољно добро за реалне објекте и системе који се одликују великим и променљивим бројем улазних варијабли, великим и растућим скупом података које одликује висок ниво стохастике, као и за објекте моделирања који захтевају адаптирање математичког модела у реалном времену.

Основна хипотеза имплицирала је следеће полазне хипотезе ове дисертације:

1. Генетски алгоритми могу оптимизовати број и тип регресора при моделирању вишеструким линеарним регресијама.
2. Примена GA парадигме обезбеђује мању комплексност добијених регресионих модела (*регуларизација*).
3. Хибридни математички модели базирани на парадигмама вишеструке линеарне

регресије-генетски алгоритми (MLR/GA) и вештачке неуронске мреже – генетски алгоритми (ANN/GA), могу на адекватан начин моделирати одабране објекте и допринети бољој предикцији излазних ефеката.

4. Примена MLR/GA и ANN/GA хибрида омогућава упоредиву или бољу тачност уз упоредиву комплексност у односу на постепене регресије.
5. Примена PCA технике обезбеђује поједностављење и регуларизацију модела добијених на основу MLR/GA и ANN/GA хибрида у факторабилним просторима истраживања.

На крају увода је дат преглед садржаја дисертације као и преглед стања у подручју истраживања.

Друго поглавље у уводном делу дефинише кибернетски приступ у поступку математичког моделирања и оптимизације реалних објеката, процеса и система. Дате су поделе математичких модела по разним основама и дефинисана методологија креирања математичких модела. Описан је појам математичких модела у терминологији рационалних агената и парадигми вештачке интелигенције. Описане су одреднице: надгледано обучавање, простори хипотеза, преприлагођавање, губитак, трошак, регуларизација... Поглавље се завршава постављањем развојног оквира за генерисање и избор најбољих математичких хипотеза које су базиране на линеарним и нелинеарним регресионим моделима и генетским алгоритмима.

Треће поглавље даје кључне теоријске поставке вишеструких линеарних регресија. Фокус је стављен на приказ мера квалитета регресионих модела, а посебно коригованог коефицијента вишеструке детерминације. Отворено је питање регресионих модела, како са аспекта тачности, тако и са аспекта сложености регресора појединачно, а и регресионих модела у целини.

У четвртном поглављу описани су кључни појмови и поставке вештачких неуронских мрежа са простирањем унапред. Неки од описаних појмова су: топологија мрежа, слојеви, неурони, трансфер и активационе функције, алгоритми учења и правила учења. Дат је приказ и најчешће коришћених мера квалитета математичких модела у форми неуронских мрежа.

Пето поглавље даје теоријску подлогу и опис кључних одредница у домену оптимизационе методе генетских алгоритама. Дата је процедура уопштеног GA, приказане варијанте кодирања и представљања јединки, као и поступци селекције и репродукције. Описани су оператори укрштања и мутације, и дефинисани остали базични параметри генетских алгоритама.

У шестом поглављу је приказан развијени MLR/GA хибридни метод, који за разлику од постојећих метода, омогућава генерисање адаптивних модела отпорних на променљивост скупа улазних варијабли и променљивост скупа измерених вредности. Коришћењем генетских алгоритама, развијени метод оптимизује модел вишеструке линеарне регресије у складу са тренутно активним сензорима и актуелним подацима. MLR модел је, за дате услове, оптимизован по два критеријума: критеријуму тачности и критеријуму комплексности. За мерење тачности модела коришћен је прилагођени коефицијент вишеструке детерминације, док је укупни број регресора коришћен као мера комплексности модела. Развијени MLR/GA метод је имплементиран у виду GenReg софтверског агента, чије перформансе су тестиране у поступку моделирања радијалног померања одабраних тачака бетонске бране Бочац, на реци Врбас у Републици Српској.

Моделирано је радијално померање одабране тачке бране у функцији нивоа воде у акумулацији, падавина, температуре и времена које је протекло од почетка експлоатације бране. У поглављу су дати резултати и дискусије за велики број реализованих тестова у оквиру *cross-validation* стратегије. Показано је да модели који су генерисани коришћењем MLR/GA метода, у случају отказа појединих сензора имају значајно бољу способност за предикцију у односу на MLR моделе који подразумевају сталан скуп улазних варијабли. Додатно је показано да је хибридни метод способан да при генерисању модела одбацује предикторе који нису од значаја за описивање посматраног објекта.

У седмом поглављу је развијен ANN/GA хибридни метод и DEVONNA софтверски агент за моделирање објеката и система у форми самоподешавајућих еволуционих вештачких неуронских мрежа. Коришћењем генетских алгоритама ANN/GA метод оптимизује структуру и параметре неуронске мреже у складу са актуелним скуповима улазних и излазних варијабли, и мерених вредности. За разлику од сличних постојећих решења, аутор дисертације је предлажио и развио ANN/GA метод који оптимизује скоро све елементе неуронске мреже. Хибрид врши самоподешавање модела тако што оптимизује број скривених слојева, број неурона у тим слојевима, избор активационе функције, алгоритама учења, као и вредности параметара учења у складу са одабраним алгоритмом. Мрежа се адаптира, оптимизује и обучава на основу актуелних историјских података. Развијени ANN/GA метод је валидован кроз студију случаја бране Гранчарево која се налази на реци Требишњици у Републици Српској. У студији је помоћу DEVONNA софтверског агента моделирано радијално померање тачке која се налази у структури бране у функцији нивоа воде у акумулацији, температуре и времена од почетка експлоатације бране. Да би се тестирале перформансе ANN/GA хибрида и DEVONNA агента, генерисани модели су поређени са моделима који су добијени коришћењем еквивалентног MLR/GA хибрида. На основу добијених резултата кандидат је показао да се на основу ANN/GA хибридног метода могу генерисати ANN модели чија је тачност предикције структурног понашања бране приближно 10% већа у поређењу са моделима који су базирани на MLR/GA методу. Додатно, кандидат је на основу резултата показао да за разлику од MLR модела, који су отпорни на температурне фазне помаке присутне на различитим географским локацијама, ANN модели показују нестабилно понашање под таквим околностима. Ова предност MLR модела је протумачена способношћу регресија да суперпонирањем тригонометријских регресора постигну жељени фазни помак. Поред тога, у поглављу су приказани резултати тестирања који указују да је генерисање ANN модела временски знатно захтевније у односу на MLR.

У оквиру осмог поглавља дисертације су, у циљу оцене перформанси новоразвијених хибридних метода у односу на постојеће, регресиони модели генерисани коришћењем MLR/GA и ANN/GA метода поређени са моделима у форми постепених регресија. Структурно понашање бетонске лучне бране Бочац, које је служило као платформа за поређење је, као и у претходним поглављима, исказано преко радијалног померања посматраних тачака на круни бране. Компаративна анализа модела генерисаних на основу MLR/GA и ANN/GA метода, са једне, и модела у форми постепених

регресија, са друге стране, је показала да представљени методи у појединим аспектима превазилазе могућности постојећих метода за генерисање регресионих модела.

У уводном делу **деветог поглавља** даје се процена развојних трендова у домену модерних сензора и мерне и аквизиционе технике и могућих ефеката ових трендова на рапидно повећање комплексности објеката моделирања, како са аспекта броја улазних варијабли, тако и са аспекта обима мерења. Како би ови трендови нужно водили до вишеструких линеарних регресија неприхватљиве дужине и сложености или до веома комплексних модела у облику вештачких неуронских мрежа, у наставку **деветог поглавља** дисертације кандидат примењује PCA технику. Циљ је био регуларизација регресионих модела који су засновани на развијеним MLR/GA и ANN/GA методама. За студију случаја је одабран скуп података о измереним температурама, везаним за мониторинг бране Гранчарево. PCA метода факторске анализе је примењена за редукцију 45 варијабли: 1 варијабле која репрезентује средњу температуру ваздуха и 44 варијабле, које репрезентују температуре бетонске структуре на различитим позицијама. На бази резултата и детаљне, нумеричке и графичке, појединачне и компаративне анализе квалитета добијених модела, аутор дисертације је показао да оба метода, након редукције димензија, могу генерисати моделе високе тачности и прихватљиве сложености, чак и у околностима када је почетни, факторабилни простор истраживања карактерисао велики број улазних варијабли.

Након описаних поглавља, у **дестом поглављу** су дати сумарни, сажети прегледи добијених резултата, коначне упоредне анализе и закључци о развијеним MLR/GA и ANN/GA методама и софтверским агентима. Дефинисани су и правци даљих истраживања.

1. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Већина постојећих регресионих метода моделирања претпоставља временску непроменљивост моделираних објеката и захтева сталан скуп улазних параметара. У реалним апликацијама, сталне промене објеката и откази мерне опреме могу довести до ситуација у којима усвојени модел постаје неупотребљив. Из тог разлога је неопходно развити методе и системе за аутоматско генерисање што адекватнијих модела за дату ситуацију. У оквиру ове дисертације су развијена два хибридна метода који нуде део решења за наведене проблеме.

MLR/GA хибрид омогућава генерисање линеарног регресионог модела (MLR) који је, за дате услове, оптимизован помоћу генетских алгоритама по критеријуму тачности и критеријуму комплексности. За разлику од постојећих метода, MLR/GA метод омогућава генерисање адаптивних модела који су отпорни на променљивост скупа улазних варијабли и променљивост скупа измерених вредности. Развијени MLR/GA метод је валидован у примењеним истраживањима у домену хидроинформатике. Модели генерисани коришћењем MLR/GA метода су у случају отказа појединих сензора показали значајно бољу способност за предикцију у односу на MLR моделе који подразумевају сталан скуп улазних варијабли. Додатно, хибридни метод је показао способност да при генерисању модела одбацује предикторе који нису од значаја за описивање посматраног објекта.

Новоразвијени ANN/GA хибридни метод коришћењем генетских алгоритама оптимизује структуру и параметре неуронске мреже (ANN) у складу са актуелним скуповима улазних и излазних варијабли, и мерених вредности. За разлику од сличних постојећих решења, ANN/GA метод оптимизује скоро све елементе неуронске мреже. Хибрид врши самоподешавање модела тако што оптимизује број скривених слојева, број неурона у тим слојевима, избор активационе функције, алгоритам учења, као и вредности параметара учења у складу са одабраним алгоритмом. Валидација ANN/GA метода је реализована кроз креирање вештачке неуронске мреже оптималне топологије и оптималних параметара, којом се моделира структурно понашање брана, а резултати су поређени са резултатима добијеним коришћењем еквивалентног MLR/GA хибрида. Реализовани тестови су показали да модели генерисани ANN/GA хибридом могу дати предикције структурног понашања бране са већом тачношћу од MLR модела. Међутим, за разлику од модела у облику MLR, који су отпорни на температурне фазне помаке присутне на различитим географским локацијама, модели у форми ANN показују нестабилно понашање под таквим околностима. Поред тога, генерисање ANN модела је временски знатно захтевније.

Компаративна анализа модела генерисаних на основу MLR/GA и ANN/GA метода са једне, и модела у форми постепених регресија, са друге стране, је показала да представљени методи у појединим аспектима превазилазе могућности постојећих метода за генерисање регресионих модела. Уз примену техника редукције димензија простора истраживања, предложени хибридни методи и развијени софтверски агенти представљају моћан алат за моделирање реалних објеката и система.

2. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Имајући у виду актуелно стање у области математичког моделирања објеката, процеса и система помоћу регресионих модела чија је оптимизација по разним основама засноване на генетским алгоритмима, можемо констатовати да докторска дисертација кандидата Милована Миливојевића садржи оригиналне научне резултате који нису били предмет ниједног до сада објављеног истраживања.

3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области

Кандидат Милован Миливојевић је у последњих пет година објавио 2 рада у часописима са SCI листе (M21, M22), два рада у међународним часописима и око 40 радова на међународним конференцијама. Такође у последњих пет година, кандидат је учествовао у пет међународних пројеката.

У листи која следи издвојени су научни радови кандидата, у области математичког моделирања и у области оптимизације засноване на генетским алгоритмима.

Радови у часописима на SCI листи:

- Stojanovic B., Milivojevic M., Ivanovic M., Milivojevic N., Divac D., Adaptive system for dam behavior modeling based on linear regression and genetic algorithms, *Advances in engineering software*, vol. 65, p. 182-190, 2013. ISSN: 0965-9978 (M21)
- Milivojevic M., Stopic S., Friedrich B., Stojanovic B., Drndarevic D., Computer Modeling of High Pressure Leaching Process of Nickel Laterite by Design of Experiments and Neural

Издвојени остали радови из области математичког моделирања и области оптимизације у последњих 5 година:

2015. год

- Milivojevic M., Forst Dj., Pot M., Dikovic Lj., Demo software for simple genetic algorithms, 8. Int. Conf. SED 2015, Uzice, Serbia, 2-3 Oct., 2015. (2.50 – 2.57), ISBN 978-86-83573-61-5, COBIS.SR-ID 220039436 (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling of dimensional changes of powder metallurgy parts after pressing, 2 Int. Conf. of New Technology NT-2015, Mostar, BiH, April, 2015. (170-177) (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Two models of a powder metallurgy process using neural networks, 8. Int. Conf. SED 2015, Uzice, Serbia, 2-3 Oct., 2015. (1.32 – 1.35), ISBN 978-86-83573-61-5, COBIS.SR-ID 220039436 (M33)

2014. год

- Milivojevic M., Forst Dj., Stopic S., Drndarevic D., Stevanovic M., Development of software for k-means klustering, 7. Int. Conf. SED 2014, Uzice, Serbia, Oct., 2014. (2.10 – 2.17), ISBN 978-86-83573-42-24, COBIS.SR-ID 209983756, (M33)
- Milivojevic M., Dikovic Lj., Popovic P., Forst Dj., Stevanovic M., Logistic regression of students success rates in the exams, 7. Int. Conf. SED 2014, Uzice, Serbia, Oct., 2014. (2.10 – 2.17), ISBN 978-86-83573-42-24, COBIS.SR-ID 209983756, (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling with neural networks, *Journal of Mechatronics*, Vol. 2., No. 2., June 2014., (143-146), ISSN: 0352-9665, (M51)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling of the spring-back of PM parts after compaction using backpropagation learning algorithm, 7. Int. Conf. SED 2014, Uzice, Serbia, Oct., 2014. (1.15 – 1.19), ISBN 978-86-83573-42-24, COBIS.SR-ID 209983756, (M33)

2013. год

- Milivojevic M., Stopic S., Стојановић Б., Drndarevic D., Bernd F., Forward stepwise regression in determining dimensions of forming and sizing tools for self-lubricated bearings, *METAL Internationale Fachzeitschrift fur metallurgie*, April, 2013, Vol. 67, pp. 147-153, ISSN: 0026-0746 (M23)
- Milivojevic M., Dikovic Lj., Forst Dj., Stopic S., Drndarevic D., Software for determining k Nearest Neighbours using Genetic Algorithm, 6. Int. Conf. SED 2013, Uzice, Serbia, 2013. (2:35-41), ISBN 978-86-83573-39-4, COBIS.SR-ID 201568780, (M33)
- Milivojevic M., Drndarevic D., Dikovic Lj., Forst Dj., Arnold A., Stopic S., Development of software for mathematical modeling using artificial neural network, 6. Int. Conf. SED 2013, Uzice, Serbia, 2013. (2:12-21), ISBN 978-86-83573-39-4, COBIS.SR-ID 201568780 (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling of dimensional changes of pm parts after sizing, 6. Int. Conf. SED 2013, Uzice, Serbia 2013. (1:47-51), ISBN 978-86-83573-39-4, COBIS.SR-ID 201568780 (M33)
- Dikovic Lj., Milivojevic M., Bogovic J., Friedrich B., Stopic S., Stojanovic B., Jankovic B., Normal vs. Lognormal distributions in aerosol synthesis, 6. Int. Conf. SED 2013, Uzice, Serbia, 2013. (2:28-34), ISBN 978-86-83573-39-4, COBIS.SR-ID 201568780 (M33)

2012. год

- Stopic S., Bogovic J., Schwinger A., Friedrich B., Dikovic Lj., Milivojevic M., Drndarevic D., Stojanovic B., Computer modeling of metallurgical processes by design of experiments and neural networks, ,5. Int. Conf. SED 2012, Uzice, Serbia , 2012. (216-219), ISBN 978-86-83573-28-8, COBIS.SR-ID 197071372, (M33)
- Forst Dj., Milivojevic M., Dikovic Lj., Drndarevic D., Rational Agricultural Agent for Sustainable Crop Protection based on Artificial Neural Networks, International student scientific conference-2012., Nitra, Slovakia, 2012. (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modeling and control using backpropagation neural network, 33 međunarodni kongres HIPNEM 2012, Beograd, Serbia , okt. 2012. (8-12) (M33)

2011. год

- Milivojevic M., Dikovic Lj., Nedovic J., Development of application software for the analysis of the flow function, numerical integration and derivation, 1'st Mathematical Conf. of Serbian Republic, Department of Mathematics and Computing, Faculty of Philosophy, University of East Sarajevo, 2011. (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling with Neural Networks, 4. Int. Conf. SED 2011, Uzice, Serbia, 2011. (3.12-3.17). (M33)
- Drndarevic D., Milivojevic M., Modelling with Backpropagation Algorithm, Proceedeings of the 1st Regional Conference Mechatronics in Practice and Education (MECH-CONF 2011), December, Subotica, Serbia , 2011. (134-138) (M33)

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Приложена докторска дисертација у погледу обима и квалитета испуњава све захтеве који су постављени пријавом теме докторске дисертације. Циљеви докторске дисертације су у потпуности испуњени и добијени су очекивани резултати.

5. Научни резултати докторске дисертације

У дисертацији су приказане две методе за развој адаптивних, линеарних и нелинеарних регресионих модела засноване на генетским алгоритмима. Прва метода представља хибрид вишеструких линеарних регресија и генетских алгоритама. За разлику од постојећих метода, MLR/GA метода омогућава оптимизацију и регуларизацију регресионих модела за променљиве скупове предикторских варијабли и променљиве скупове података. Регресиони модели засновани на MLR/GA методи су оптимизовани по критеријуму тачности и критеријуму комплексности. Овакви модели су у случају отказа појединих сензора показали значајно бољу способност за предикцију у односу на MLR моделе који подразумевају сталан скуп улазних варијабли. Додатно, хибридни метод је показао способност да при генерисању модела одбацује предикторе који нису од значаја за описивање посматраног објекта. На основу приказаних перформанси у студији случаја бране Бочац, може се закључити да MLR/GA метод и развијени GenReg софтверски агент чине моћни и робустни статистичко-софтверски оквир за математичко моделирање, мониторинг, предикцију и управљање објектима, процесима и системима.

ANN/GA је хибридна метода за развој и адаптацију регресионих модела заснованих на вештачким неуронским мрежама. Коришћењем генетских алгоритама ANN/GA метода оптимизује структуру и параметре неуронске мреже у складу са актуелним скуповима улазних и излазних варијабли, и мерених вредности. За разлику од сличних постојећих решења, ANN/GA метода оптимизује скоро све елементе неуронске мреже. Истраживања

реализована у оквиру ове дисертације и добијени резултати су показали да модели засновани на ANN/GA хибриду могу дати предикције структурног понашања бране са већом тачношћу од MLR модела. Међутим, за разлику од модела у облику MLR, који су отпорни на температурне фазне помаке присутне на различитим географским локацијама, модели у форми ANN показују нестабилно понашање под таквим околностима. Поред тога, генерисање ANN модела је временски знатно захтевније.

Компаративна анализа модела генерисаних на основу MLR/GA и ANN/GA метода са једне, и модела у форми постепених регресија, са друге стране, је показала да представљени методи у појединим аспектима превазилазе могућности постојећих метода за генерисање регресионих модела. Додатно, у дисертацији је показано да примена PCA технике обезбеђује поједностављење и регуларизацију регресионих модела добијених на основу MLR/GA и ANN/GA хибрида у комплексним факторабилним просторима истраживања.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Практична примена развијених и презентованих MLR/GA и ANN/GA метода и софтверских агената за адаптивну оптимизацију регресионих модела већ је успешно остварена у области хидроинформатике, што се може видети из студија случајева датих у дисертацији.

Резултати добијени у овој дисертацији су применљиви генерално, дакле и свим другим областима у којима постоји потреба за креирањем линеарних и нелинеарних регресионих математичких модела.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Део резултата из докторске дисертације је презентован научној јавности публиковањем рада у часопису:

- Stojanovic B., Milivojevic M., Ivanovic M., Milivojevic N., Divac D., Adaptive system for dam behavior modeling based on linear regression and genetic algorithms, *Advances in engineering software*, vol. 65, p. 182-190, 2013. ISSN: 0965-9978 (M21)

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

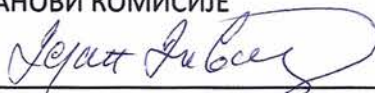
Из изложених података Комисија закључује:

- кандидат Милован Миљивојевић испуњава све суштинске и формалне захтеве који се траже од кандидата за одбрану докторске дисертације;
- урађена докторска дисертација је значајна и са теоријског и са практичног становишта и представља битан научни допринос у области рачунарских наука.

Комисија предлаже Наставно-научном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу и Стручном већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да позитивно оцени урађену докторску дисертацију кандидата Милована Миљивојевића, под насловом „ **Методe развоја и адаптације регресионих модела базиране на генетским алгоритмима** “ и одобри њену одбрану.

Крагујевац, 21.1.2016. год.

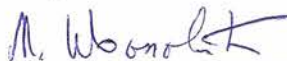
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



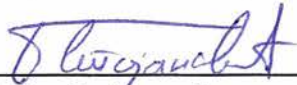
др Дејан Дивац, научни саветник
Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Београд
ужа научна област: Грађевинарство



др Владимир Ранковић, ванредни професор
Економски факултет у Крагујевцу
ужа научна област: Статистика и информатика



др Милош Ивановић, доцент,
Природно-математички факултет у Крагујевцу
ужа научна област: Рачунарске комуникације



др Бобан Стојановић, ванредни професор (ментор)
Природно-математички факултет у Крагујевцу
ужа научна област: Програмирање