

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
КАНДИДАТА НЕВЕНЕ РАНКОВИЋ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију: 16.12.2021. године, Наставно-научно веће Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду</p> <p>2. Састав комисије са знаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен:</p> <p>др Владимир Курбалија, редовни професор, <i>Рачунарске науке</i>, 1.7.2021. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – председник</p> <p>др Мирјана Ивановић, редовни професор, <i>Рачунарске науке</i>, 29. 04. 2002. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – ментор</p> <p>др Милош Рацковић, редовни професор, <i>Рачунарске науке</i>, 2.3.2006. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – члан</p> <p>др Тихана Галинац Грбац, редовни професор, <i>Рачунарство - обрада информација</i>, 27.04.2018. године, Технички факултет у Пули, Јурај Добрила Универзитет у Пули – члан</p> <p>др Љубомир Лазић, редовни професор у пензији, <i>Рачунарска техника</i>, 07.05.2019, Универзитет Унион, Рачунарски факултет Београд – члан</p> <p>др Александра Клашња Милићевић, ванредни професор, <i>Рачунарске науке</i>, 1.8.2019. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – члан</p>
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Невена, Драгица, Ранковић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 17.03.1994, Ваљево, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Информатика: модул софтверско инжењерство - мастер информатичар</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p>

<p>2018, Докторске академске студије - Информатика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p>
<p>III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Наслов на енглеском језику: Estimation of effort and costs in the development of software projects using artificial neural networks based on Taguchi's orthogonal vector plans</p> <p>Наслов на српском језику: Procena napora i troškova za razvoj softverskih projekata pomoću veštačkih neuronskih mreža zasnovanih na Tagučijevim ortogonalnim vektorskim planovima</p>
<p>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ: Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.</p>
<p>Докторска дисертација је написана на енглеском језику и садржи укупно 195 страна А4 формата, 7 поглавља, 133 библиографских референци, 80 табела и 64 слике. Поред тога дисертација садржи сажетак на српском и енглеском језику и проширени извод на српском језику, кратку биографију кандидата и кључне библиотеке информације.</p> <p>Предмет истраживања дисертације обухвата три различита приступа процене напора и трошкова за развој софтверских пројеката.</p> <p>Дисертација је структурирана на следећи начин:</p> <p>Chapter 1: Introduction (Поглавље 1: Увод) Chapter 2: Typical existing methods for effort and cost estimation of software projects (Поглавље 2: Досадашње методе процене напора и трошкова на софтверским пројектима) Chapter 3: New, proposed models for three software approaches (Поглавље 3: Нови, побољшани модели за три приступа процене софтвера) Chapter 4: Analysis of the obtained results by applying three new, improved models (Поглавље 4: Анализа добијених резултата три нова побољшана модела) Chapter 5: The problem of generalization (Поглавље 4: Проблем генерализације) Chapter 6: Application of the proposed models and scientific contribution (Поглавље 6: Примена предложених модела и научни допринос) Chapter 7: Conclusion (Поглавље 7: Закључак)</p> <p>У уводном делу дисертације су приказани досадашњи проблеми процене напора и трошкова за реализацију софтверских пројеката. Потом је истакнут циљ и значај нових, предложених, побољшаних модела. Друго поглавље описује досадашње приступе и моделе који су коришћени за процену напора и трошкова, њихове добијене резултате и недостатке. Треће поглавље детаљно објашњава три нова, побољшана модела у оквиру три различита приступа процене софтвера:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Нови, побољшани COCOMO2000 модел, - Нови, побољшани COSMIC FFP модел, - Нови, побољшани UCP модел. <p>Сва три нова, побољшана модела користе алат вештачке интелигенције - вештачке неуронске мреже које су конструисане на основу Тагучијевог метода - примене одговарајућих ортогоналних векторских планова, односно технике робузног дизајна. Четврто поглавље представља анализу добијених резултата сва три нова, побољшана модела у оквиру сва три приступа. Пето поглавље приказује уопштавање проблема који су се јављали у оквиру реализације свих наведених делова експеримената. Шесто поглавље објашњава могућност примене нових, предложених модела не само у области софтверског инжењерства већ и у другим научним и индустријским областима. Седмо поглавље представља главне закључке, добијене резултате, као и њихов значај и примену у пракси.</p>

Дисертација у целини, као и њени појединачни делови, има одговарајућу структуру и план излагања. Кандидат је добро систематизовао постојеће радове у области процене напора и трошкова за развој софтверских пројеката, док је својим резултатима дао оригиналан допринос области софтверског инжењерства. Тиме је он у потпуности реализовао постављене циљеве дисертације.

Наслов: Наслов дисертације је јасно, прецизно формулисан и одражава садржај истраживања.

Прво поглавље **1. Увод** има три дела. У првом делу **1.1** су приказани проблеми и досадашњи начини у процени напора и трошкова када је у питању реализација софтверског пројекта. Други део **1.2** приказује предмет истраживања ове докторске дисертације. Потом се детаљно описује шта је циљ и који модели ће бити представљени, на који начин ће бити конструисани и експериментално проверавани. Трећи део **1.3** објашњава значај увођења и представљања нових побољшаних модела и због чега је то важно за ову област софтверског инжењерства. Потом се објашњава и шира примена нових побољшаних модела у другим областима, не само у процени напора и трошкова за реализацију софтверских пројеката.

Друго поглавље **2. Досадашње методе процене напора и трошкова на софтверским пројектима** садржи седам делова и детаљно приказује различите методе и моделе досадашњих процена напора и трошкова. У првом делу **2.1** објашњава се примена различитих, до сада коришћених, параметарских метода и наводи пример СОСОМО2000 (*енгл. Constructive Cost Model*) параметарске методе, са којом ће се поредити и резултати нових побољшаних, предложених модела. У другом делу **2.2** приказано је коришћење и неких других параметарских и комбинованих метода као што су линеарна регресија и друге статистичке процене и анализе. Трећи део **2.3** је посвећен детаљнијем објашњењу досадашњег СОСОМО2000 приступа, чија је реална вредност заснована на броју линија кода и различитим комбинованим методама. У делу **2.3.1** су објашњени сви параметри овог приступа и њихове комбинације са другим методама, алгоритмима и техникама, које би дале боље резултате. Такође се детаљно приказује који се параметри мере, а битно утичу на процену напора и трошкова, како се они рачунају и шта представљају улазне величине на основу којих се израчунава стварна вредност пројекта. Део **2.3.2** представља и описује досадашња истраживања везана за коришћење СОСОМО2000 модела и приступа у многим истраживачким и научним радовима. Четврти део овог поглавља **2.4** Анализа функционалних тачака, приказује досадашњи приступ COSMIC FFP (*енгл. COmmon Software Measurement International Consortium full function point*) у коришћењу анализе функционалне величине система. За разлику од претходног приступа величина система се овде рачуна на основу одређених функционалних тачака које се мере. У делу **2.4.1** се детаљно приказују улазни параметри који битно утичу на процену напора и трошкова, како се користе и шта представљају улазне величине на основу којих се израчунава стварна функционална величина система. Део **2.4.2** представља и описује досадашња истраживања везана за коришћење овог модела и приступа, као и све друге моделе настале као резултат побољшаних претходних приступа. Истиче се и значај ових модела како у пракси тако и у многим истраживачким, стручним и научним радовима. У делу **2.5** је представљен трећи, најчешће коришћени приступ који се заснива на анализи корисника и случајева коришћења UCP (*енгл. Use Case Point Analysis*) модела. У делу **2.5.1** се приказују сви параметри који се мере како би се израчунала реална вредност пројекта. Детаљно су описани и представљени параметри који утичу на реалну вредност пројекта и начин на који се она адекватно може израчунати. Део **2.5.2** је посвећен досадашњим истраживањима која су везана за представљање и коришћење овог модела и приступа и све друге моделе настале као резултат побољшаних претходних приступа. Такође, истиче се значај ових модела како у пракси тако и у многим истраживачким и научним радовима. У делу **2.6** Примена вештачких неуронских мрежа је детаљно објашњена улога и могућности примене савременог алата вештачке интелигенције - вештачких неуронских мрежа. Овај алат је погодан за коришћење

када нема одређених правила по којима би се израчунавала коначна излазна вредност. Вештачке неуронске мреже имају важну улогу у конструисању сва три нова побољшана предложена модела за процену напора и трошкова за реализацију софтверских пројеката, који ће бити представљени у овој дисертацији. Део **2.7** Тагучијев метод робусног дизајна је посвећен изузетно важној методи оптимизације, која значајно доприноси унапређењу нових побољшаних модела. Стратегија робусног дизајна подразумева и коришћење ортогоналних векторских планова за прикупљање поузданих информација о параметрима пројекта са изузетно малим бројем експеримената. Овај метод се до сада користио у другим областима, а веома ретко у овој области софтверског инжењерства.

У поглављу **3. Нови побољшани модели у оквиру три приступа процене софтвера** који се састоји из три дела детаљно су објашњена и представљена сва три нова конструисана модела из три различита приступа процене напора и трошкова за развој софтверских пројеката. У делу **3.1** приказан је први, нови, побољшани СОСОМО2000 модел, који користи четири различите ANN (*енгл. Artificial Neural Networks - вештачке неуронске мреже*) архитектуре. Свака архитектура конструисана је на основу одговарајућег Тагучијевог ортогоналног векторског плана. Избор векторског плана зависи од броја улазних величина и броја тежинских коефицијената. Потом је одабрано пет различитих скупова података који су описани у делу 3.1.1 на којима ће се експеримент извршавати. Део **3.1.2** приказује коришћену методологију у сва три дела експеримента: тренирање, тестирање и валидација и извршава се корак по корак на основу датог алгорита. Део **3.2** приказује други, нови, побољшани COSMIC FFP модел, који користи две различите архитектуре ANN. Свака архитектура конструисана је на основу одговарајућег Тагучијевог ортогоналног векторског плана. Избор векторског плана зависи од броја улазних величина и броја тежинских коефицијената. Потом је одабрано седам различитих скупова података представљених у делу **3.2.1** на којима ће се експеримент извршавати. Део **3.2.2** приказује коришћену методологију у сва три дела експеримента: тренирање, тестирање и валидација и извршава се корак по корак на основу датог алгорита. У делу **3.3** приказан је трећи, нови, побољшани UCP модел, који користи две различите архитектуре ANN. Свака архитектура конструисана је на основу одговарајућег Тагучијевог ортогоналног векторског плана. Избор векторског плана зависи од броја улазних величина и броја тежинских коефицијената. Потом је одабрано четири различита скупа података представљених у **3.3.1** на којима ће се експеримент извршавати. Део 3.2.2 приказује коришћену методологију у сва три дела експеримента: тренирање, тестирање и валидација и извршава се корак по корак на основу датог алгорита.

Четврто поглавље **4. Анализа добијених резултата три нова побољшана модела** садржи четири дела. У делу **4.1** за нови побољшани СОСОМО2000 модел, представљени су резултати сваке итерације сваког кластера за сваку од четири предложене ANN архитектуре. Потом су анализирани вредности релативне грешке, добијене коришћењем приказаних ANN. Урађена је и статистичка провера поузданости модела кроз предикцију на три критеријума и провером са два коефицијента корелације. Добијени резултати су бољи од приказаних у претходним истраживањима. Праћен је број извршених итерација и брзина конвергенције и резултат овог модела је до сада најбољи, што као последицу има изузетно брзо време процене. На основу добијених резултата могло се закључити да је ANN-L36 архитектура која даје најнижу вредност грешке од 43.3%, а конвергира после пете итерације. Део **4.2** за нови побољшани COSMIC FFP модел, приказује резултате сваке итерације сваког кластера за сваку од две предложене ANN архитектуре. Анализирани су вредности релативне грешке добијене коришћењем две различите ANN архитектуре. Урађена је и статистичка провера поузданости модела кроз предикцију на три критеријума и провером са два коефицијента корелације. Добијени резултати су бољи од претходно представљених у сличним истраживањима. Најнижа вредност MMRE (*енгл. Mean Magnitude Relative Error*) грешке је 28.8% на архитектури ANN-L36prim. Праћен је и број извршених итерација и брзина конвергенције, и резултати овог модела су до сада најбољи у поређењу са добијеним резултатима из досадашњих истраживања. Ово за последицу има изузетно брзо време процене и конвергенцију после пете итерације. У делу **4.3** за нови побољшани

UCP модел, представљени су резултати сваке итерације сваког кластера за сваку од две предложене ANN архитектуре. Потом су анализирane вредности релативне грешке добијене коришћењем различитих ANN. Урађена је и статистичка провера поузданости модела кроз предикцију на три критеријума и провером са два коефицијента корелације. Добијени резултати су најбољи у поређењу са до сада приказаним у било ком претходном експерименталном и научном истраживању. Вредност MMRE грешке је 7.5%, док архитектура ANN-L16 конвергира после четири итерације, што као последицу има изузетно брзо време процене. Коначно, у делу **4.4** на основу анализа и поређења добијених резултата у различитим експериментима, идентификован је најбољи модел - трећи, нови, побољшани UCP модел, који даје најбоље резултате. Потом је идентификована и најбоља ANN-L16 архитектура која постиже минималну вредност грешке након само четири итерације.

Поглавље **5. Проблем генерализације**, се састоји из шест делова и представља уопштавање проблема који су се јављали током реализације свих претходно наведених експеримената. Део **5.1** даје одговор на питање колико пројеката је потребно за сваки кластер сваког скупа података у сваком делу експеримента. Упоредивањем са претходним истраживањима овај број треба да буде већи од броја тежинских коефицијената коришћеног ортогоналног векторског плана, што је у свим коришћеним скуповима података ове дисертације у великом проценту испуњено. У делу **5.2** је решен проблем исправно коришћене поделе скупа података на кластере, коришћењем упоредне анализе сваког новог побољшаног модела са SVM (енгл. *Support Vector Machine Learning algorithm*) алгоритмом користећи проверу још једним детерминистичким коефицијентом корелације - R^2 . Добијени резултати показују да је вредност R^2 код сва три модела, упоређивањем са три различите функције језгра RBF (енгл. *Radial Basis Function*): линеарном, квадратном и кубном, већа од 0.9. Овим се још једном потврђује прецизност, поузданост и ефикасност три нова, предложена, побољшана модела. Део **5.3** даје одговор на питање како и коју одговарајућу ANN архитектуру треба изабрати за сва три дела експеримента. Полази се од најједноставније ANN архитектуре без скривеног слоја, потом се уводи један скривени слој са најмање два чвора, затим се повећава број чворова у скривеном слоју архитектуре и на крају се користи архитектура са два скривена слоја. Одабир нове, сложеније архитектуре се зауставља када разлика вредности MMRE грешке узастопних итерација буде око 1%. У делу **5.4** анализира се и приказује број потребних итерација сваког модела и испитује брзина свих коришћених ANN архитектура. У делу **5.5** приказује се важност одабира активационе функције која даје најнижу вредност грешке, а при томе конвергира ка најнижој вредности са минималним бројем итерација. У делу **5.6** представљају се претње по валидност модела, као што су интерна, екстерна и закључна валидност.

Поглавље **6. Примена предложених модела и научни допринос** објашњава које су могућности примене нових, предложених модела не само у области процене напора и трошкова у софтверском инжењерству, већ и другим областима науке и индустрије. Нови, побољшани модели могу прецизнијом и ефикаснијом проценом у великој мери повећати проценат успешне реализације пројеката, а самим тим значајно унапредити ову област софтверског инжењерства.

Поглавље **7. Закључак** приказује главне закључке свих експеримената, добијених резултата, њихов значај и примену у пракси.

Према правилима Универзитета, текст дисертације тестиран је на плагијаризам коришћењем софтвера iThenticate. Софтвер је пријавио укупан индекс сличности од 18%. Притом је највећи проценат од 5% преклапања текста дисертације везано за текст рада:

Nevena Rankovic, Dragica Rankovic, Mirjana Ivanovic, Ljubomir Lasic. A Novel UCP Model Based on Artificial Neural Networks and Orthogonal Arrays. *Applied Sciences*. 2021, 11, 8799. <https://doi.org/10.3390/app11198799>

што је очекивано, будући да је ово један од коауторских радова кандидаткиње на основу којих је стекла услове за предају дисертације.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Категорија M21

Dragica Rankovic, Nevena Rankovic, Mirjana Ivanovic and Ljubomir Lazic. Convergence rate of Artificial Neural Networks in software development projects. *Information and Software Technology Journal*, Volume 138, October 2021, <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2021.106627>.

Категорија M22

Nevena Rankovic, Dragica Rankovic, Mirjana Ivanovic and Ljubomir Lazic. Improved effort and cost estimation model using Artificial Neural Networks and Taguchi method with different activation functions. in *Entropy* 2021, 23(7), 854; <https://doi.org/10.3390/e23070854>

Nevena Rankovic, Dragica Rankovic, Mirjana Ivanovic, Ljubomir Lazic. A Novel UCP Model Based on Artificial Neural Networks and Orthogonal Arrays. *Applied Sciences*. 2021, 11, 8799. <https://doi.org/10.3390/app11198799>

Категорија M33

Nevena Rankovic, Dragica Rankovic, Mirjana Ivanovic, Ljubomir Lazic. Artificial Neural Network Architecture and Orthogonal Arrays in Estimation of Software Projects Efforts. 2021 International Conference on INnovations in Intelligent SysTems and Applications, Technically Co-Sponsored by the IEEE SMC Society, August 25-27, Kocaeli, Turkey. **Best paper award.**

Nevena Ranković, Tatjana Radmanović, Dragica Ranković, Momčilo Bjelica. Visualization tools for large amount of data. AIIT conference (Applied Internet and Information Technologies), 3-4.Oktobar, 2019.Tehnicla faculty “Mihajlo Pupin” Zrenjanin. http://www.tfzr.uns.ac.rs/aiit/old/archives/AIIT2019/files/AIIT2019_ProceedingsFinal.pdf

Nevena Rankovic, Mirjana Ivanovic. Risk Analysis Tools for Managing Software Projects. 7th Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications SQAMIA 2018 Novi Sad, Serbia, 27-30.08.2018, ISBN: 978-86-7031- 473-3, <http://ceur-ws.org/Vol-2217/paper-ran.pdf>

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Научни резултати дисертације се могу сагледати у оквирима следећих истраживачких резултата:

Први истраживачки резултат приказан у другом поглављу ове дисертације детаљно објашњава до сада три најчешће коришћена приступа процене напора и трошкова за развој софтверских производа:

- COCOMO2000,
- COSMIC FFP,
- UCP.

За сваки од наведених приступа детаљно су објашњене предности и недостаци у њиховом коришћењу у пракси.

Други истраживачки резултат је постигнут кроз добијене резултате новог, побољшаног COCOMO2000 модела, користећи четири различите архитектуре вештачких неуронских мрежа са нула, једним или два скривена слоја. Предложене архитектуре (ANN-L9, ANN-L18, ANN-L27 и ANN-L36) су засноване на одговарајућим Тагучијевим ортогоналним векторским плановима L9, L18, L27 и L36, респективно. Значајно је напоменути и да предложени, побољшани модел захтева изузетно мали број итерација које је потребно извршити (мање од девет), чиме се значајно скраћује време процене. Резултати су проверени на пет различитих скупова података. Како би се додатно утврдила валидност добијених резултата, проверавани су различити статистички параметри попут корелације и предикције на више критеријума.

Трећи истраживачки резултат је постигнут кроз добијене резултате новог, побољшаног COSMIC FFP модела, користећи две различите архитектуре вештачких неуронских мрежа са једним скривеним слојем. Предложене архитектуре (ANN-L12, ANN-L36prim) су засноване на одговарајућим Тагучијевим ортогоналним векторским плановима L12 и L36 prim, респективно. Значајно је напоменути и да предложени, побољшани модел захтева изузетно мали број итерација које је потребно извршити (мање од седам), чиме се значајно скраћује време процене. Резултати су проверени на седам различитих скупова података. Како би се додатно утврдила валидност добијених резултата, проверавани су различити статистички параметри попут корелације и предикције на више критеријума.

Четврти истраживачки резултат је постигнут кроз добијене резултате новог, побољшаног UCP модела, користећи две различите архитектуре вештачких неуронских мрежа са једним скривеним слојем. Предложене архитектуре (ANN-L16, ANN-L36prim) су засноване на одговарајућим Тагучијевим ортогоналним векторским плановима L16 и L36 prim, респективно. Значајно је напоменути и да предложени, побољшани модел захтева изузетно мали број итерација које је потребно извршити (мање од шест), чиме се значајно скраћује време процене. Резултати су проверени на четири различита скупа података. Како би се додатно утврдила валидност добијених резултата, проверавани су различити статистички параметри попут корелације и предикције на више критеријума.

Пети истраживачки резултат представља уопштавање проблема који су се јављали током реализације свих делова експеримената у свим наведеним приступима. Истраживањем је закључено да неопходан број пројеката у сваком скупу података треба да буде два пута већи од броја тежинских коефицијената коришћеног ортогоналног векторског плана. Може се закључити да је за први предложени приступ овај услов 90% испуњен. У другом предложеном приступу овај услов је 75% испуњен, док у трећем предложеном приступу овај услов је 100% испуњен.

<p>Шести истраживачки резултат се огледа кроз коришћену методологију, у циљу постизања:</p> <ul style="list-style-type: none">- најједноставније архитектуре вештачке неуронске мреже (са најмањим бројем скривених слојева) која ће имати минималан број итерација које је потребно извршити,- минималне вредности релативне грешке сваког предложеног модела. <p>Додатно, у оквиру сва три предложена приступа указано је и на конструктивну, интерну, екстерну и закључну валидност предложених модела.</p>
<p>VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА</p> <p>Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.</p>
<p>Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата. Оригинални резултати дисертације приказани су систематично и јасно, уз употребу садржајних табела и графикана, тумаче се коректно, и дискутују у склопу претходних релевантних истраживања.</p>
<p>IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:</p> <p>Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:</p>

<p>1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме</p> <p>Увидом у образложење наведено у пријави теме може се утврдити да је дисертација написана у складу са планом истраживања наведеним у пријави теме и да добијени резултати одговарају циљевима постављеним у пријави теме.</p>
<p>2. Да ли дисертација садржи све битне елементе</p> <p>Дисертација садржи све битне елементе. Дат је опширан увод у концепте и теорију који служе као полазна основа за резултате добијене у каснијим поглављима. Изложени су сви битни познати резултати на које се дисертација ослања. Обиман списак библиографских референци садржи релевантне радове и сведочи о добром познавању области. Дисертација је прегледна и добро организована.</p>
<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Компаративном анализом параметарске методе COCOMO2000 са побољшаним COCOMO2000 моделом и применом ANN архитектура долази се до закључка да је смањење грешке модела $193.1/43.3=4.5$ пута.</p> <p>У другом предложеном приступу, упоређујући параметарску методу COCOMO2000 и побољшани COSMIC FFP са одабраним ANN архитектурама, смањење грешке модела је $193.1/28.8=6.7$ пута.</p> <p>У поређењу параметарске COCOMO2000 методе са UCP и ANN одговарајућим архитектурама, смањење грешке модела је $193.1/7.5=25.7$.</p> <p>У првом предложеном приступу, најнижа вредност грешке модела је 43.3% за ANN-L36 архитектуру. У другом предложеном приступу, најмања вредност грешке је постигнута код ANN-L36прим и износи 28.8%. У трећем предложеном приступу, обе предложене архитектуре ANN-L16 и ANN-L36прим добија се најнижа вредност грешке модела од 7.5%.</p> <p>Може се закључити да трећи предложени UCP приступ постиже најнижу вредност MMRE грешке. Поред тога, архитектура ANN-L16 у овом приступу брзо конвергира и достиже „критеријум заустављања“ након 4. итерације, што је уједно и најмањи број изведених итерација у односу на све коришћене архитектуре у сва три предложена приступа. Утицај зависних варијабли на промену вредности MMRE грешке у ANN-L16 архитектури је мањи од 0.5%.</p> <p>Може се закључити да је побољшани UCP модел, који користи ANN-L16 архитектуру најбоље предложени “процењивач” напора и трошкова за развој софтверских пројеката.</p> <p>Избором најбољих ANN архитектура, које су постигле најнижу MMRE грешке за сваки од три предложена, побољшана модела, може се закључити да је: COSMIC FFP са ANN $43.3/28.8=1.5$ пута бољи од COCOMO2000 у комбинацији са ANN; UCP у комбинацији са ANN је $48.8/7.5=5.8$ пута бољи од COCOMO2000 у комбинацији са ANN; UCP у комбинацији са ANN је $28.8/7.5=3.8$ пута бољи од COSMIC FFP у комбинацији са ANN.</p> <p>Поред примене предложене методологије у области софтверског инжењерства, могућа је примена предложених модела и у другим областима као што су обрада сигнала, препознавање слике и говора, препознавање и обрада природних језика и различитих знања, препознавање штампаних текстова и др. Такође се овај приступ може успешно користити у медицинским наукама за конструисање различитих софтверских решења за дијагностиковање великог броја болести. Додатно, може се користити у метеорологији за прогнозу временских прилика. Поред тога, може бити и релевантан у нуклеарној науци,</p>

<p>роботици, аутоматској контроли, телекомуникацијама, финансијским и банкарским услугама.</p> <p>Компанија или појединац могу користити три различита предложена модела у зависности од података које прикупљају и њихових потреба. Сва три предложена модела могу се користити заједно у исто време како би се добили стабилнији, поузданији и тачнији резултати процене напора и трошкова.</p> <p>У будућности се очекују бројне нове примене предложених модела вештачке интелигенције. Будућа истраживања би се могла фокусирати на конструисање модела у решавању проблема сајбер криминала.</p>
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p>
<p>Дисертација нема недостатака.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу укупне позитивне оцене дисертације, комисија предлаже да се докторска дисертација под називом “Процена напора и трошкова за развој софтверских пројеката помоћу вештачких неуронских мрежа заснованих на Тагучијевим ортогоналним векторским плановима”, тј. на енглеском језику “Estimation of effort and costs in the development of software projects using artificial neural networks based on Taguchi’s orthogonal vector plans” кандидата Невене Ранковић прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана дисертације.</p>
<p>-</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Проф. др Владимир Курбалија, редовни професор, председник

Проф. др Мирјана Ивановић, редовни професор, ментор

Проф. др Милош Рацковић, редовни професор, члан

Проф. др Тихана Галинац Грбац, редовни професор, члан

Проф. др Љубомир Лазић, редовни професор у пензији, члан

др Александра Клашња Милићевић, ванредни професор, члан