

ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
КАНДИДАТА ГОРДАНЕ РАКИЋ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију 27.3.2015. 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> <ul style="list-style-type: none"> - др Владимир Курбалија, ванредни професор, <i>Рачунарске науке</i>, 1.2.2015. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – председник - др Зоран Будимац, редовни професор, <i>Рачунарске науке и информатика</i>, 15. 6. 2004. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – ментор - др Мирјана Ивановић, редовни професор, <i>Рачунарске науке и информатика</i>, 29. 04. 2002. године, Природно-математички факултет, Департман за математику и информатику, Универзитет у Новом Саду – ментор - др Марјан Херичко, редовни професор, <i>Информатика</i>, 17.6.2008. године, Факултет за електро-технику, рачунарство и информатику, Универзитет у Марибору, Словенија – члан
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме: Гордана, Ђуро, Ракић</p> <p>2. Датум рођења, општина, држава: 27.10.1981., Нови Сад, Србија</p> <p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Природно-математички факултет Универзитета у Новом Саду, Дипломирани информатичар пословне информатике, Мастер-информатичар</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2008, 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>
III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:
<p>Extendable and adaptable framework for input language independent static analysis Проширив и прилагодљив оквир за статичку анализу независну од улазног језика</p>

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација је написана на енглеском језику и садржи укупно $xx + 214$ страна Б5 формата, 6 поглавља и 2 додатка, 82 библиографске референце, 40 табела, 27 слика и 35 листинга. Поред тога дисертација садржи сажетак и проширени извод на српском језику, кратку биографију кандидата и кључну документацијску информацију.

Предмет истраживања дисертације обухвата методе за креирање прилагодљивог и проширеног оквира за статичку анализу софтвера који је независан од улазног (компјутерског) језика. Оквир је заснован на универзалној међу-структури: обогачено конкретно синтаксно стабло (*enriched Concrete Syntax Tree - eCST*) а реализован је на основу прецизно дефинисане софтверске архитектуре, која омогућава лаку прилагодљивост новим улазним језицима и проширење новим алгоритмима за статичку анализу, тако да су а) све расположиве анализе одмах применљиве на нови језик и б) свака нова анализа је одмах применљива на све подржане језике. Реализовани оквир је назван "Скуп статичких анализатора за квалитет софтвера (*Set of Software Quality Static Analyzers - SSQSA*).

Дисертација је структурирана на следећи начин:

Chapter 1: Introduction (Поглавље 1: Увод)

Chapter 2: Background (Поглавље 2: Основе)

Chapter 3: Justification of SSQSA concept (Поглавље 3: Образложење SSQSA концепта)

Chapter 4: SSQSA framework (Поглавље 4: Оквир SSQSA)

Chapter 5: Validation and results (Поглавље 5: Валидација и резултати)

Chapter 6: Conclusion (Поглавље 6: Закључак)

После уводног (првог) поглавља, друго поглавље даје преглед основних појмова из области квалитета софтвера, међу-репрезентација и компјутерских језика. У трећем поглављу описују се мотивација и истраживања која су довела до избора одговарајућих решења за међу-репрезентацију и софтверску архитектуру која ће омогућити реализацију зацртаних циљева: проширивост и прилагодљивост, заснованих на независности од улазног језика. Четврто поглавље представља централни део дисертације и детаљно описује: а) међу-структуру (eCST) независну од језика, њене саставне делове са фокусом на универзалне чворове и методологију за њихов избор; б) оквир (SSQSA), његову архитектуру и компоненте; ц) прилагодљивост оквира у односу на компјутерске језике; и д) проширивост у односу на алгоритме за анализу квалитета. Пето поглавље приказује нумеричке и графичке резултате примене неких анализатора на велике софтверске системе писаних у различитим програмским језицима, чиме се показује проширивост, прилагодљивост и независност од језика реализованог оквира. Последње поглавље закључује дисертацију сумирајући резултате и доприносе и даје назнаке за будући рад у овој области.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Дисертација у целини, као и њени појединачни делови, има одговарајућу структуру и план излагања. У дисертацији су добро систематизовани постојећи радови и софтверска решења у области статичке анализе квалитета софтвера, а описани резултати дају оригинални допринос у овој области. Тиме су циљеви дисертације у потпуности реализоване.

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

Поглавље 1, Увод. У уводном поглављу дисертације дат је сажет, јасан и прегледан приказ циљева дисертације као и назнака коначних резултата. Назначено је на који начин су циљеви испуњени и околности у којима је то учињено.

Поглавље 2, Основе. У овом поглављу изложени су основни појмови из области квалитета софтвера, статичке анализе и компјутерских језика. Поред опште поделе и таксономије (техника, анализатора и језика), нарочита је пажња посвећена оним техникама, језицима и језичким

парадигмама који су реализовани у оквиру за статичку анализу.

Прво су са више детаља описане софтверске метрике, софтверске мреже, детекција софтверских клонова и праћење измена на софтверу као репрезентативних техника статичке анализе квалитета софтвера. После тога се уводи појам компјутерских језика као проширење појма програмских језика, те се описују њихове парадигме на два нивоа.

Поглавље 3, Образложење SSQSA концепта. У овом поглављу се описује мотивација за постављене циљеве дисертације, истраживања која оправдавају ту мотивацију, као и поређење са другим приступима и софтверским решењима. Мотивација има своје корене у несавршености оруђа и техника за софтверске метрике: често неконзистентним резултатима између различитих софтверских оруђа, недовољној подржаности за објектно-оријентисане метрике, немогућности да се софтверске метрике на конзистентан начин примене на више-језичне пројекте и на старе програмске језике попут COBOL-а и FORTRAN-а... На основу тих истраживања и уочених недостака, настао је анализатор за софтверске метрике SMILE (Software Metrics Independent on Input Language) независан од компјутерског језика, који ће касније постати основа за уопштење и на друге фамилије статичких анализатора. Поређење са другим софтверским решењима, приступима и радовима дато је на крају овог поглавља.

Поглавље 4, Оквир SSQSA. Ово поглавље је централно и у њему су описани главни резултати и доприноси дисертације. Подељено је у неколико одељака. Први одељак даје кратки преглед архитектуре оквира SSQSA, његових основних компонената и разлога због којих ће таква архитектура омогућити проширљивост и прилагодљивост. Други одељак детаљно описује eCST - интерну међу-репрезентацију која омогућава независност од компјутерског језика - и две изведене међу-репрезентације. Приказана је табела са описом свих чворова, а дат је и метод који је коришћен да би се одабрао минималан скуп чворова стабла eCST тако да омогућава независност од улазног језика. Трећи одељак детаљно описује све компоненте предложеног оквира и дели их по улогама на пет нивоа. Четврти одељак показује како приказана архитектура омогућава прилагодљивост у односу на укључење нових компјутерских језика, при чему су приказани и карактеристични проблеми приликом укључења неких од језика. Пети одељак приказује како предложена архитектура омогућава проширивост оквира у односу на нове и постојеће статичке анализаторе.

Поглавље 5, Валидација и резултати. Ово поглавље дисертације приказује поступак тестирања и валидације оквира при додавању новог компјутерског језика и новог анализатора. Такође приказује и неке карактеристичне резултате при примени оквира на велике програме (реда величине око 100,000 редова кода) писаним у разним програмским језицима. Резултати анализа су поређени:

а) у односу на резултате других анализатора и евентуалне разлике су објашњене. Ове анализе су вршене на великим програмима а поређене су вредности метрика насталих из софтверских мрежа, Халстедова метрика и метрика цикломатске комплексности.

б) у односу на резултате настале применом SSQSA оквира на програме писане у различитим језицима. Због природе проблема, ова анализа се може извршити само на мањим и аналогним примерима.

На основу две врсте описаних анализа и резултата, показује се да су резултати добијени применом оквира SSQSA тачни и конзистентни, између осталог и зато што сви улазни програми имају исту унутрашњу репрезентацију засновану на eCST. На пример, да би се показала валидност добијених вредности примене неке анализе на Modula-2 програму, довољно је показати валидност добијених вредности неке друге анализе у (нпр. Javi) поређењем са неколико других анализатора. Валидност првобитне анализе за Modula-2 језика, тада следи аутоматски на основу чињенице да су програми писани у Javi и Moduli-2 представљени истом међу-репрезентацијом.

Поглавље 6, Закључак. У последњем поглављу дисертације кандидаткиња сумира оригиналне доприносе дисертације и наводи листу укључених и тестираних компјутерских језика и статичких анализатора. Од компјутерских језика у оквир су укључени: Java, C#, Delphi, Modula-2, Pascal, C, COBOL, Erlang, Scheme, Python, PHP, JavaScript, OWL, WSL, и Tempura. Од статичких

анализатора укључени су анализатори за софтверске метрике, софтверске мреже, детекцију клонова и праћење измена у софтверу. Дају се и смернице за будући рад у области.

Додатак А, Каталог универзалних чворова. Овај додатак за сваки универзални чвор eCST стабла и за неколико карактеристичних језика објашњава које језичке конструкције се описују којим чворовима eCST стабла. Осим што овај каталог представља документацију за сваки чвор eCST-а, он се такође може сматрати и упутством за свакога ко жели да укључи нови језик у предложени и реализовани оквир.

Додатак Б, Пример "Студент". Приказан је изворни код једног од дужих примера који су коришћени у тексту дисертације.

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

M21 – Рад у врхунском међународном часопису

19. Savić M., Rakić G., Budimac Z., and Ivanović M., A language-independent approach to the extraction of dependencies between source code entities. *Information and Software Technology* 56(10): 1268-1288, 2014, DOI: 10.1016/j.infsof.2014.04.011.

M23 – Рад у међународном часопису

18. Gerlec Č., Rakić G., Budimac Z., Heričko M., A programming language independent framework for metrics-based software evolution and analysis. *ComSIS journal*, 2012., Vol. 9, No. 3, 1155-1186.

M33 – Рад саопштен на скупу међународног значаја, штампано у целини

17. Tóth M., Péter-Részeg A., Rakić G., Introducing support for Erlang into SSQSA framework, In (AIP Conference) Proc. Of International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM2014, 4th Symposium on Computer Languages, Implementations and Tools (SCLIT), September 20-26, 2013, Rhodes, Greece, AIP Conference Proceedings 1648, pp. 310012-1 - 310012-4, doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4912565>.

16. Rakić G., Budimac Z., Toward language independent worst-case execution time calculation. In Proc. of 3rd workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications (SQAMIA 2014), Faculty of Sciences, University of Novi Sad, Novi Sad, ISBN 78-86-7031-374-3, (Zoran Budimac, Tihana Galinac Grbac, eds.), Lovran, Croatia, September 19 - 22, 2014. Also published by "CEUR workshop proceedings", vol. 1266, ISSN: 1613-0073, <http://ceur-ws.org/Vol-1266/>, pp. 75-80.

15. Rakić G., Budimac Z. and Bothe K., Introducing Recursive Complexity, In (AIP Conference) Proc. Of International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM2013, 3rd Symposium on Computer Languages, Implementations and Tools (SCLIT), September 21-27, 2013, Rhodes, Greece, AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094-243X, E-ISSN: 1551-7616, 357-361

14. Rakić G., Budimac Z., and Savić M., 2013. Language independent framework for static code analysis, In Proceedings of the 6th Balkan Conference in Informatics (BCI '13), Thessaloniki, Greece, September 19-21, 2013, ACM, New York, NY, USA, 236-243.

13. Kolek J, Rakić G, Savić M., Two-dimensional Extensibility of SSQSA Framework, In Proceedings of the 2nd Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications, Novi Sad, Serbia, September 15-17, 2013., pp. 35-43.

12. Savić M., Budimac Z, Rakić G, Ivanović M., Heričko M., SSQSA Ontology Metrics Front-End, In Proceedings of the 2nd Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications, Novi Sad, Serbia, September 15-17, 2013., pp. 95-101.

11. Pribela I., Rakić G., Budimac Z, First Experiences in Using Software Metrics in Automated Assessment, In Proc. of the 15th International Multiconference on Information Society (IS), Collaboration, Software And Services In Information Society (CSS), October 8-12, 2012, Ljubljana, Slovenia, Volume A, pp. 250-253.

10. Savić M., Rakić G., Budimac Z. and Ivanović M. Extractor of Software Networks from Enriched Concrete Syntax Trees, In Proc. Of International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2012, 2nd Symposium on Computer Languages, Implementations and Tools (SCLIT), September 19-25, 2012, Kos, Greece, AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094-243X, E-ISSN: 1551-7616, pp. 486-489.

9. Budimac Z., Rakić G., Savić M, SSQSA architecture, In Proc. of The 5th Balkan Conference in Informatics (BCI), Workshop on Software Quality Analysis, Monitoring, Improvement, and Applications (SQAMIA), September 16-20, 2012, Novi Sad, Serbia, pp . 287-290.

8. Budimac Z., Rakić G., Heričko M., Gerlec Č., Towards the Better Software Metrics Tool, In Proc of 16th European Conference on Software Maintenance and Reengineering (CSMR), March 27-30, 2011, Szeged, Hungary, pp. 491-494.

7. Rakić G., Gerlec Č., Novak J., Budimac Z., XML-Based Integration of the SMILE Tool Prototype and Software Metrics Repository, In Proc. Of International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2011, 1st Symposium on Computer Languages, Implementations and Tools (SCLIT), September 19-25, 2011, Halkidiki, Greece, AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094-243X, E-ISSN: 1551-7616, vol. 1398, pp. 869-872.

6. Rakić G., Budimac Z., SMILE Prototype, In Proc. of International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics ICNAAM 2011, 1st Symposium on Computer Languages, Implementations and Tools (SCLIT), September 19-25, 2011, Halkidiki, Greece, AIP Conference Proceedings, ISSN: 0094-243X, E-ISSN: 1551-7616, pp. 853-856.

5. Rakić G., Budimac Z., Introducing Enriched Concrete Syntax Trees, In Proc. of the 14th International Multiconference on Information Society (IS), Collaboration, Software And Services In Information Society (CSS), October 10-14, 2011, Ljubljana, Slovenia, Volume A, pp. 211-214.

4. Rakić G, Budimac Z., Problems In Systematic Application Of Software Metrics And Possible Solution, In Proc. of The 5th International Conference on Information Technology (ICIT) May 11-13, 2011, Amman, Jordan.

3. Novak J., Rakić G, Comparison of Software Metrics Tools for .NET, In Proc. Of 13th International Multiconference Information Society (IS), Collaboration, Software And Services In Information Society (CSS), October 11-15, 2011, Ljubljana, Slovenia, vol. A, pp. 231-234.

2. Rakić G., Budimac Z., Bothe K., Towards a 'Universal' Software Metrics Tool - Motivation, Process and a Prototype, In Proc. of the 5th International Conference on Software and Data Technologies (ICSOF), July 22-24, 2010, Athens, Greece.

1. Rakić G., Budimac Z., Towards the Better Software Metrics Tool, PRIM 2009, May 25-27, 2009, Subotica, Serbia.

VII ZAKЉUČCI OДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

У дисертацији је предложен, дизајниран и реализован софтверски оквир за статичку анализу квалитета софтвера SSQSA (Set of Software Quality Static Analyzers). Оквир је заснован на

оригиналној међу-структури - обогаћеном конкретним синтаксном стаблу (eCST) - које је независно од улазног језика и тако омогућава униформну репрезентацију за многе компјутерске језике. По овој особини и по броју подржаних језика, SSQSA јесте значајно боља од многих сличних решења у овој области. Униформна репрезентација језика омогућава да су сви расположиви анализатори који припадају оквиру применљиви на све компјутерске језике који су подржани оквиром. Оквир је и:

- лако прилагодљив, јер су за сваки нови језик који се дода оквиру, сви расположиви анализатори одмах применљиви.

- лако проширив, јер је сваки нови анализатор који се дода оквиру одмах расположив за све језике који су подржани оквиром.

Последица униформне међу-репрезентације је и конзистентност резултата мерења и статичке анализе у мулти-језичком софтверу, чиме се исправља и један од значајних недостатака других статичких анализатора.

Валидност извршених мерења помоћу оквира је показана поређењем мерења за један компјутерски језик са неколико других софтверских оруђа за мерење. Ако су резултати упоредиви за тај компјутерски језик, тада су резултати валидни и конзистентни и за сваки други компјутерски језик који је подржан оквиром.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

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.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

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.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе научно-истраживачког рада: неопходну теоријску основу, приказ релевантних истраживања из области, и оригиналне методолошке и емпиријске доприносе који унапређују постојећа знања и схватања у домену статичке анализе за квалитет софтвера. Обиман списак библиографских референци садржи релевантне радове и сведочи да је кандидаткиња добро упознала област истраживања.

<p>3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци</p> <p>Оригинални доприноси дисертације су:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Дизајн и употреба обогаћеног конкретног синтаксног стабла (<i>enriched Concrete Syntax tree, eCST</i>) погодног за униформну репрезентацију комјутерских језика различитих парадигми 2. Дизајн и имплементација проширеног, прилагодљивог и језички-независног софтверског оквира за статичку анализу квалитета софтвера. 3. Омогућавање конзистентних резултата статичке анализе за различите компјутерске језике и за софтверке производе писане у више комјутерских језика.
<p>4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања</p> <p>Дисертација нема недостатака.</p>
<p>X ПРЕДЛОГ:</p>
<p>На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже: да се докторска дисертација под називом Extendable and adaptable framework for input language independent static analysis (Проширив и прилагодљив оквир за статичку анализу независну од улазног језика) кандидаткиње Гордане Ракић прихвати, а кандидату одобри јавна одбрана дисертације.</p>

ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

др Владимир Курбалија, ванредни професор, председник

др Зоран Будимац, редовни професор, ментор

др Мирјана Ивановић, редовни професор, члан

др Марјан Херичко, редовни професор, члан