

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовao комисију</p> <p>29. 3. 2018, на основу Одлуке Наставно Научног већа Факултета техничких наука Декан Факултета техничких наука донео је Решење о именовању комисије за оцену и одбрану докторске дисертације бр. 012-199/26-2017.</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> <ol style="list-style-type: none"><li>1. др Соња Ристић, ванредни професор, УНО: Информационо-комуникациони системи, 20. 6. 2013. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, председник комисије</li><li>2. др Борис Милашиновић, доцент, УНО: Рачунарство – Информацијски сујтави, 25. 11. 2013, Свеучилиште у Загребу, Факултет електротехнике и рачунарства, члан комисије</li><li>3. др Славица Кордић, доцент, УНО: Примењене рачунарске науке и информатика, 1. 4. 2014, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије</li><li>4. др Милан Сегединац, доцент, УНО: Примењене рачунарске науке и информатика, 1.12.2014, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије</li><li>5. др Иван Луковић, редовни професор, УНО: Примењене рачунарске науке и информатика, 15. 6. 2006, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије, ментор</li></ol>
<b>II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ</b>
<p>1. Име, име једног родитеља, презиме:</p> <p>Милан, Душан, Челиковић</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>4. 8. 1984, Нови Сад, Србија</p>
<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p>

Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Рачунарство и аутоматика, дипломирани инжењер – мастер електротехнике и рачунарства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија

2010, Рачунарство и аутоматика

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:

/

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:

/

### **III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

**Приступ моделовању спецификација информационог система путем наменских језика (енг. *An Approach to Modeling Information System Specifications based on Domain Specific Languages*)**

### **IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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

Докторска дисертација кандидата написана је на српском језику на 125 страна формата А4. Садржи 7 поглавља, у којима се налази 33 слике. Дисертација обухвата 76 литературна навода. Поголавља у дисертацији су:

1. Увод,
2. Преглед тренутног стања у области,
3. Преглед карактеристика и могућности окружења IIS\*Studio,
4. Мета-модел за спецификацију информационог система,
5. Конкретне синтаксе наменских језика за спецификацију информационог система,
6. Примена развијеног приступа у развоју информационог система на карактеристичним примерима и
7. Закључак.

Прилози у дисертацији су:

1. Пример спецификације информационог система путем *EERDSL* наменског језика и
2. Пример спецификације информационог система путем *FTDSL* и *UIDSL* наменских језика

Дисертација такође садржи Захвалницу, садржај дисертације, као и списак слика, списак коришћених скраћеница и списак референци.

### **V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

Резултати истраживања који су представљени у докторској дисертацији кандидата припадају научној области Електротехничко и рачунарско инжењерство и ужој научној области Примењене рачунарске науке и информатика.

У првом поглављу, односно Уводу, представљена је главна тема истраживања – развој методолошког приступа и помоћних поступака за разрешење проблема моделовања спецификација информационог система. Опређена тема истраживања припада доменама развоја софтвера вођеног моделима и развоја информационог система. У почетном делу Увода, налази се опис савременог контекста области истраживања од значаја за постављену тему истраживања као и проблема који се често сусрећу у том контексту, а који су

послужили као мотивација за истраживање. Након тога, дат је преглед предмета истраживања, истраживачких хипотеза, циљева с очекиваним ефектима истраживања, постављених истраживачких задатака, примењених истраживачких метода и остварених резултата. У Уводу су такође дате и дефиниције основних појмова из области развоја софтвера вођеног моделима. Дате су дефиниције и детаљни описи појмова као што су моделовање, модел, мета-модел, мета-мета-модел и наменски језик. На крају Увода, налази се преглед структуре дисертације. У Уводу је представљен јасан синопсис истраживања по свим кључним аспектима савременог научно-истраживачког рада.

Приказ и анализа постојећих сазнања и достигнућа у области теме истраживања дати су у другом поглављу. Природа изабране теме дисертације, као и важност доказивања могућности за примену резултата истраживања у пракси захтева свеобухватни преглед литературе која се односи на развој информационих система, те је тај преглед у овом поглављу дат. У оквиру овог поглавља, представљена је еволуција техника за развој информационих система кроз три историјске фазе у складу са важним променама које су настале у софтверском инжењерству и које су изазване прихватањем основних принципа развоја софтвера који је заснован на моделима и наменских језика. Поред описа приступа типичних за наведене фазе, презентоване су предности и недостаци репрезентативних метода. Посебна пажња посвећена је наменским језицима и настојањима да се они примене у већ установљеним и често коришћеним методама развоја информационих система и тиме остваре значајне предности. У овом поглављу, уочена је неопходност развоја наменских језика који би омогућили примену основних резултата истраживања у пракси.

У трећем поглављу, најпре су укратко приказане основне могућности и функционалности алата *IIS\*Case*. Затим, описани су основни концепти алата, при чему је посебна пажња посвећена дефиницији и опису концепта типа форме, као главног концепта за моделовање. Након тога описане су фазе *forward* инжењеринга који као крајњи резултат даје имплементациони опис релационе шеме базе података и програмски код екранских форми трансакционих програма. Један од циљева истраживања у овој докторској дисертацији био је да се окружење *IIS\*Studio* прошири новим наменским језиком који ће се ослањати и на могућности алата *IIS\*Case* и његов процес *forward* инжењеринга. У овом поглављу детаљно је описан методолошки приступ за развој информационих система заснован на концепту типа форме и алгоритму синетезе. Методолошки приступ представљен у овом поглављу, развијан је дуги низ година и подржан је у оквиру алата *IIS\*Studio*. Детаљан преглед резултата истраживања у оквиру овог методолошког приступа, пружио је могућности за дефинисање и практичну реализацију теоријских основа ове докторске дисертације.

Концепти за моделовање спецификације информационог система приказани на нивоу мета-модела презентовани су у четвртном поглављу. Концепти дефинисани на нивоу мета-модела су елементи апстрактних синтакси наменских језика за моделовање спецификација информационих система. За спецификацију мета-модела употребљено је *Eclipse Modelling Framework* окружење и његов језик за мета-моделовање *Ecore*. У оквиру поглавља приказана су три мета-модела: а) *IIS\*Case* мета-модел за спецификацију модела информационог система путем концепта типа форме, б) мета-модел концепта шаблона корисничког интерфејса и в) мета-модел проширеног модела заснованог на типу ентитета и типу повезника. Дефинисање концепата за моделовање спецификација информационих система на формалан начин, представља један од главних доприноса ове докторске дисертације. Три мета-модела приказана у овом поглављу представљају основу за изградњу три наменска језика, јер се помоћу њих специфицира апстрактна синтакса. Поред дефиниције апстрактне синтаксе наменских језика, концепти за моделовање описани на овако формалан начин представљају основ за даља истраживања у области развоја информационих система вођеног моделима.

У петом поглављу приказане су конкретне текстуалне синтаксе три наменска језика за моделовање спецификације информационог система. У овом поглављу приказане су текстуалне конкретне синтаксе наменских језика: а) *FTDSL* – наменског језика за

моделовање спецификације информационог система путем концепта типа форме, б) *UIDSL* – наменског језика за моделовање спецификација шаблона корисничког интерфејса и в) *EERDSL* – наменског језика за моделовање спецификације информационог система путем концепата типова ентитета и повезника. За спецификацију конкретне синтаксе наменских језика употребљено је окружење *XText*. У поступку спецификације конкретне синтаксе путем окружења *XText* употребљени су мета-модел дефинисани помоћу језика *Ecore*, а који су презентовани у четвртом поглављу. Наменски језици који су развијени у оквиру ове докторске дисертације, а чија је текстуална синтакса представљена у оквиру овог поглавља, представљају главни допринос овог истраживања.

У шестом поглављу описан је практични случај употребе развијених наменских језика на изабраним карактеристичним примерима. Циљ овог поглавља био је да прикаже на који начин се могу употребити концепти за моделовање развијених наменских језика. Такође, на примерима су приказане могућности употребе наменских језика: *FTDSL*, *UIDSL* и *EERDSL* и демонстрирана је употреба свих концепата који су подржани датим наменским језицима. Поред спроведене анализе и оцене развијених наменских језика на карактеристичном примеру који је путем њих моделован, у овом поглављу представљена је и оцена *EERDSL* наменског језика од стране других корисника. Овакав вид тестирања је спроведен само за *EERDSL* наменски језик јер је модел заснован на концептима типова ентитета и повезника један од најкарактеристичнијих модела за употребу у пракси. На тај начин, креирана је оцена предложеног *EERDSL* наменског језика од стране других корисника који нису свесни начина његове имплементације као и добрих и лоших страна језика. Оцењивање наменског језика обавили су корисници који су били подељени у три категорије, са становишта искуства у моделовању спецификације информационог система. Циљ тако спроведеног поступка оцењивања био је да оцени наменски језик са становишта следећих карактеристика: функционалност, употребљивост, поузданост, експресивност и продуктивност. Корисници су заједнички оценили *EERDSL* наменски језик као функционалан и експресиван јер покрива све концепте за моделовање на одговарајући начин. Замерка коју су изнели испитани корисници са највише искуства у области пројектовања информационог система је спецификација великих и сложених шема база података на нивоу једног модела, тј. недостатак концепта подшеме који би омогућио моделовање спецификација информационог система на нивоу мањих целина.

У седмом поглављу, односно Закључку, дата је рекапитулација остварених резултата истраживања и предложено је више праваца за даље истраживање у области развоја информационог система вођеног моделима. Наведени правци будућег истраживања представљају могући природан наставак истраживања која су описана у дисертацији и могу бити стабилан основ за нове истраживачке пројекте у области моделовања спецификација информационог система.

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 1. јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Кандидат је током истраживачког рада на докторским студијама објавио 27 радова у научним часописима, монографијама и зборницима научних скупова. Међу тим радовима, укупно 9 радова је уже повезано с темом докторске дисертације кандидата и резултатима који су у тој докторској дисертацији представљени, укључујући четири рада у међународним часописима са ISI листе (M23) [1, 2, 3, 4], једну монографску студију/поглавље у књизи M11 (M13) [5] и четири саопштења с међународних скупова штампаних у целини (M33) [6, 7, 8,

9]:

- [1] **Čeliković M**, Luković I, Aleksić S, Ivančević V, "A MOF based Meta-Model and a Concrete DSL Syntax of IIS\*Case PIM Concepts", Computer Science and Information Systems (ComSIS), Consortium of Faculties of Serbia and Montenegro, Belgrade, Serbia, DOI: 10.2298/CSIS120203034C, ISSN: 1820-0214, Vol. 9, No. 3, 2012, pp. 1075-1103. **(M23, Computer Science, Software Engineering: 80/105; IF 2012 = 0.549)**
- [2] Aleksić S, Ristić S, Luković I, **Čeliković M**, "A Design Specification and a Server Implementation of the Inverse Referential Integrity Constraints", Computer Science and Information Systems (ComSIS), Consortium of Faculties of Serbia and Montenegro, Belgrade, Serbia, DOI: 10.2298/CSIS111102003A, ISSN: 1820-0214, Vol. 10, No. 1, 2013, pp. 283-320. **(M23, Computer Science, Software Engineering: 84/105; IF 2013 = 0.575)**
- [3] Dimitrieski V, **Čeliković M**, Aleksić S, Ristić S, Alarçt A, Luković I, "Concepts and Evaluation of the Extended Entity-Relationship Approach to Database Design in a Multi-Paradigm Information System Modeling Tool", Computer Languages, Systems & Structures (COMLAN), Elsevier, ISSN: 1477-8424, DOI: 10.1016/j.cl.2015.08.011, 2015, pp. 299-318. **(M23, Computer Science, Software Engineering: 87/106; IF 2015 = 0.556)**
- [4] Ristić S, Aleksić S, **Čeliković M**, Luković I, "Generic and Standard Database Constraint Meta-Models", Computer Science and Information Systems (ComSIS), Consortium of Faculties of Serbia and Montenegro, Belgrade, Serbia, DOI: 10.2298/CSIS140216037R, ISSN: 1820-0214, Vol. 11, No. 2, 2014, pp. 679-696. **(M23, Computer Science, Software Engineering: 87/104; IF 2014 = 0.477)**
- [5] Luković I, Ivančević V, **Čeliković M**, Aleksić S, "DSLs in Action with Model Based Approaches to Information System Development", in the book: Formal and Practical Aspects of Domain-Specific Languages: Recent Developments, (Ed.) Marjan Mernik, IGI Global, USA, 2013, ISBN: 978-1-4666-2092-6, DOI: 10.4018/978-1-4666-2092-6, pp. 502-532. **(M13)**
- [6] **Čeliković M**, Luković I, Aleksić S, Ivančević V, "A MOF based Meta-Model of IIS\*Case PIM Concepts", Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 3rd Workshop on Advances in Programming Languages (WAPL 2011), September 18-21, 2011, Szczecin, Poland, Proceedings, IEEE Computer Society Press and Polish Information Processing Society, ISBN 978-83-60810-39-2, pp. 825-832. **(M33)**
- [7] **Čeliković M**, Dimitrieski V, Aleksić S, Ristić S, Luković I. "A DSL for EER Data Model Specification", 23rd International Conference On Information Systems Development (ISD 2014), September 2-4, 2014, Varazdin, Croatia, Proceedings, University of Zagreb, Faculty of Organization and Informatics, Varazdin, ISBN 978-953-6071-43-2, pp. 290-297. **(M33)**
- [8] Dimitrieski V, **Čeliković M**, Aleksić S, Ristić S, Luković I. "Extended Entity-Relationship Approach in a Multi-Paradigm Information System Modeling Tool", Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 3rd Workshop on Model Driven Approaches in System Development (MDASD 2014), September 7-10, 2014, Warsaw, Poland, Proceedings, IEEE Computer Society Press and Polish Information Processing Society, ISSN 2300-5963, DOI: <http://dx.doi.org/10.15439/978-83-60810-58-3>; 10.15439/2014F239, Vol. 2, pp. 1611-1620. **(M33)**
- [9] Dimitrieski V, **Čeliković M**, Ivančević V, Luković I. "A Comparison of Ecore and GOPRR through an Information System Meta Modeling Approach", 8th European Conference on Modelling Foundations and Applications (ECMFA 2012), Workshop on Graphical Modeling Language Development (GMLD 2012), July 2-5, 2012, Technical University of Denmark, Kongens Lyngby, Denmark, Joint Proceedings, ISBN 978-87-643-1014-6, pp. 217-228. **(M33)**

## VII ZAKЉUČCI ODNOSNO REZULTATI ISTRAŽIVAŃA

У докторској дисертацији кандидата представљени су резултати остварени у раду на развоју методолошког приступа моделовању спецификације информационих система. На основу прегледа релевантне литературе, може се уочити да остварени резултати представљају искоришћење, разраду и синтезу постојећих концепата и сазнања, што је довело до једног новог приступа решавању проблема моделовања спецификације информационих система на формалан начин. У дисертацији, представљени су теоријски, развојни и практични резултати

и доприноси истраживања.

Најважнији теоријски резултати и доприноси обухватају: а) остварену могућност примене развоја софтвера вођеног моделима у домену развоја информационих система, б) концепте специфициране на нивоу мета-модела за моделовање спецификације информационих система путем концепта типа форме и концепата типова ентитета и повезника, в) развијен наменски језик за моделовање спецификације информационог система путем концепта типа форме, г) развијен наменски језик за моделовање спецификација шаблона корисничког интерфејса, д) развијен наменски језик за моделовање спецификације информационог система путем концепата типова ентитета и повезника и њ) предложен нови методолошки приступ моделовању спецификација информационих система путем развијених наменских језика.

Главни допринос у домену развоја су развијени наменски језици *FTDSL*, *UIDSL* и *EERDSL*, који су намењени моделовању спецификација информационих система према развијеном методолошком приступу. Наменски језици су имплементирани помоћу *Eclipse Modelling Framework* окружења и искоришћени су приликом спровођења студије случаја у циљу анализе развијеног приступа моделовању спецификација информационих система.

Доприноси у домену примене обухватају конкретну реализацију студије случаја, на којој су демонстриране и анализирани могућности за примену формулисаних приступа за моделовање спецификација информационих система у пракси. Спроведена анализа и постигнути резултати указују на закључак да приступ развоју информационих система заснован на наменским језицима, предложен у овој дисертацији, има своју значајну практичну оправданост и широку применљивост.

Остварени резултати истраживања отварају нова истраживачка питања и правце развоја, од којих немали број је уочен и наведен у овој дисертацији. Отворен је простор за будућа истраживања у области моделовања спецификација информационих система која би била усмерена ка даљем проширењу мета-модела *IIS\*Case*-а и додавању нових алата у *IIS\*Case*, који би били намењени моделовању информационих система путем визуелних и текстуелних језика. Овакви алати би могли да обезбеде и формалну проверу семантичке валидности модела у току моделовања. Примена приступа у новим доменима такође представља суштински важан корак на путу даљег развоја и оцене квалитета презентованог приступа.

### **VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА**

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

Кандидат је у оквиру докторске дисертације на јасан, прегледан и систематичан начин спровео: анализу тренутног стања у релевантној области истраживања у складу с доступном литературом, формулисање теоријских основа неопходних за остварење истраживачких резултата, представљање теоријских и апликативних резултата и доприноса, демонстрацију применљивости и структурирану анализу истраживачких резултата, дискусију практичних доприноса и питања битних за примену и идентификацију сличних будућих истраживања.

Комисија констатује да је ова докторска дисертација оригинално дело аутора. Текст дисертације додатно је проверен путем софтвера за детекцију плагијаризма *iThenticate* и нису пронађене сличности које би указивале на било какву врсту плагијаризма. Једине пронађене сличности односе се на објављене радове самог аутора у коауторству с ментором и истраживачима из исте истраживачке групе, а у којима су већ јавно приказани делови резултата, уграђених у ову докторску дисертацију а што је и очекивани захтев према кандидату и његовом истраживачком раду.

Сагласно свим презентованим чињеницама у овом Извештају, Комисија даје позитивну оцену за начин приказа и тумачења резултата истраживања.

**IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:**

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:

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

Дисертација је написана у складу с образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Дисертација садржи све битне елементе.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Кандидат је у истраживачком раду на дисертацији, у области моделовања спецификација информационих система, остварио теоријске, апликативне и практичне резултате који представљају оригиналан допринос науци и искорак у односу на тренутно стање приказано у доступној литератури. Развијени су: мета-модел, апстрактна и конкретна синтакса три наменска језика за моделовање информационих система, што, заједно с формулисаним методолошким приступом који користи све ове елементе у пракси омогућава приступачно, систематично и заокружено моделовање спецификација информационих система.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Дисертација не поседује недостатке који би могли негативно да утичу на вредност постигнутих резултата истраживања.

<b>X ПРЕДЛОГ:</b>
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
<p>- <b><u>да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана</u></b></p> <p>Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом „Приступ моделовању спецификација информационог система путем наменских језика” (енг. <i>An Approach to Modeling Information System Specifications based on Domain Specific Languages</i>) и предлаже да буде прихваћена од стране надлежних тела Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, а да кандидату Милану Челиковићу буде одобрена њена одбрана.</p>

#### ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

---

др Соња Ристић, ванредни професор  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука  
председник комисије

---

др Борис Милашиновић, доцент  
Свеучилиште у Загребу, Факултет електротехнике и рачунарства  
члан комисије

---

др Славица Кордић, доцент  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука  
члан комисије

---

др Милан Сегединац  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука  
члан комисије

---

др Иван Луковић, редовни професор  
Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука  
члан комисије, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.