

## ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

<b>I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ</b>
<p>1. Датум и орган који је именовео комисију</p> <p>28. 5. 2015, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, Решење бр. 012-199/26-2014.</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 Зоран Марјановић, редовни професор, УНО: Информациони системи, 13. 12. 2006. Универзитет у Београду, Факултет организационих наука, Београд, председник комисије.</li><li>2. др Силвиа Гилезан, редовни професор, УНО: Математика, 24. 2. 2005. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије.</li><li>3. др Соња Ристић, ванредни професор, УНО: Информационо-комуникациони системи, 20. 6. 2013. Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука, Нови Сад, члан комисије.</li><li>4. 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>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>Никола, Бранко, Обреновић</p>
<p>2. Датум рођења, општина, држава:</p> <p>7. 3. 1984, Нови Сад, Србија</p>

<p>3. Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив</p> <p>Факултет техничких наука; Електротехника и рачунарство (Интегрисане основне и мастер студије); дипломирани инжењер – мастер</p> <p>4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија</p> <p>2008., Рачунарство и аутоматика</p> <p>5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране:</p> <p>Кандидат није студирао на магистарским студијама према претходном Закону о високом образовању.</p>
<p>6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука:</p> <p>-</p>
<p><b>III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p><b>Прилог пројектовању, консолидацији и трансформацијама ограничења торке шеме базе података, заснован на платформски независним моделима</b></p>
<p><b>IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:</b></p> <p>Навести кратак садржај са знаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.</p>
<p>Ова докторска дисертација припада ужој научној области Примењене рачунарске науке и информатика, односно подручјима информационих система и база података. Написана је на српском језику (ћирилица), а апстракт тезе у кључној документацијској информацији дат је на српском и енглеском језику. Садржи осам поглавља и списак литературних навода (поглавље Литература). Написана је на 106 страна А4 формата и обухвата 50 слика и 8 програмских листинга. Дисертација садржи следећа поглавља:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Увод,</li> <li>2. Актуелно стање у области,</li> <li>3. Развој информационих система у окружењу <i>IIS*Studio</i>,</li> <li>4. Моделовање ограничења вредности путем платформски независних модела,</li> <li>5. Трансформација ограничења вредности у релациони модел података,</li> <li>6. Генерисање извршивог кода за ограничења торки,</li> <li>7. Усаглашавање ограничења торки моделованих у оквиру подшема са јединственом шемом базе података,</li> <li>8. Закључци и правци даљег истраживања и</li> <li>9. Литература.</li> </ol> <p>У Уводу, описани су решавани проблем са мотивацијом истраживања, главни циљеви и задаци. Након тога, у другом поглављу приказани су изабрани резултати актуелних истраживања у области развоја (формалне спецификације и имплементације) ограничења вредности у релационим базама података. При томе, представљени су радови који се баве платформски независним моделовањем ограничења вредности и трансформацијом модела у извршиви <i>SQL/DDL</i> код, као и могућности постојећих <i>Model Driven Software Development (MDS)</i> алата у погледу развоја ограничења вредности. Такође, представљени су радови из области консолидације подшема релационих база података и провере задовољности скупа ограничења.</p> <p>У трећем поглављу рада представљено је развојно окружење <i>IIS*Studio</i> и детаљно је представљен алат <i>IIS*Case</i> који је намењен за платформски независно моделовање информационих система и база података, као и генерисање релационих шема база података и функционалних</p>

протоטיפова апликација. Уз алат *IIS\*Case* представљен је и платформски независан модел типова форми, који се користи за моделовање информационих система и база података. Алат *IIS\*Case* и модел типова форми представљају окружење у којем су решавани проблеми и имплементирани резултати ове дисертације.

У четвртом поглављу описан је платформски независан модел ограничења вредности, и посебно ограничења торке, који је саставни део модела типова форми. Модел ограничења вредности и ограничења торке представља полазну основу за приступ спецификацији и имплементацији ограничења вредности и ограничења торке, који је представљен у овој дисертацији.

Спецификације ограничења вредности у описаном моделу представљају улаз за трансформације ограничења вредности из платформски независних у платформски зависне моделе (*PIM/PSM* трансформације), које су описане у следећем, петом, поглављу. При томе, посебно су разматране трансформације ограничења торки јер, за разлику од ограничења вредности на нивоу домена и атрибута, ограничења торке захтевају трансформацију контекста, тј. елемената модела, над којима се специфицирају. Резултат *PIM/PSM* трансформације су спецификације ограничења вредности у релационом моделу података.

У шестом поглављу дати су алгоритми и шаблони кода који су искоришћени у генерисању извршивог *SQL/DDDL* кода ограничења вредности. При томе, описано је генерисање кода за различите платформе система за управљање базама података (СУБП): *ANSI SQL-2003* стандард, *Oracle 9i* и *10g*, и *MS SQL Server 2000* и *2008*.

У седмом поглављу, анализиран је проблем провере формалне консолидованости подшеме са јединственом шемом базе података са аспекта ограничења торке, и дефинисан је алгоритам за проверу формалне консолидованости. Такође, представљени су и *SMT* решавачи, који су употребљени у циљу креирања алата за аутоматску проверу консолидације са аспекта ограничења торке, и укратко описани су остали алати и технологије који су разматрани као алтернативна решења.

У Закључку докторске дисертације дат је краћи приказ постигнутих резултата. Такође, презентовани су могући правци даљег истраживања у овој области.

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

Оригинални научни резултати ове докторске дисертације приказани су у петом, шестом и седмом поглављу, а односе се на следеће теоријске и практичне аспекте.

Аутор је развио оригинални, кориснички оријентисан приступ развоју ограничења вредности заснован на платформски независним моделима. Развијени приступ представља саставни део и унапређење постојећег приступа развоју информационих система и база података, који се дужи низ година истражује на Факултету техничких наука. По својој природи, развијени приступ спада у *MDS* приступе развоју софтвера.

Први корак у предложеном приступу представљају *PIM/PSM* трансформације, тј. алгоритми за трансформацију ограничења вредности из платформски независног модела типова форми у релациони модел података, оригинално развијени у овој дисертацији. При томе, обухваћена су ограничења вредности на нивоу домена, атрибута и типа компоненте, као саставног дела типа форме. На тај начин, обухваћена су ограничења вредности на свим нивоима где је њихово моделовање могуће. Међу предложеним алгоритмима, због своје комплексности, алгоритам трансформације ограничења торке представља главни допринос. Такође, за предложене алгоритме, формално је доказана њихова коректност и дата је оцена њихове сложености.

Након тога, аутор је у дисертацији развио потпуно нове трансформације типа „модел-у-код“ и увео шаблоне кода за генерисање извршивог *SQL/DDDL* кода ограничења вредности за следеће СУБП платформе: *ANSI SQL-2003* стандард, *Oracle 9i* и *10g*, и *MS SQL Server 2000* и *2008*. Аутор је посебну пажњу посветио перформансама генерисаног кода, користећи својствености сваке циљне платформе.

Постојећи приступ развоју информационих система омогућује да се делови информационог система, односно подсистеми, моделују независно, од стране више различитих пројектаната. Да би овакав начин моделовања био могућ, у ранијим истраживањима развијени су алгоритми за формалну проверу консолидованости моделованих подшема са интегрисаном шемом базе података, са аспекта различитих концепата шема базе података, тј. шема релација, обележја и различитих типова ограничења. Ипак, постојећи алгоритми за проверу консолидованости нису узимали у обзир ограничења вредности, односно ограничења торке, која су по својој природи сложенија од осталих

типова ограничења, јер у својој спецификацији, поред израза математичке логике могу садржати и разне друге „типске“ изразе, односно аритметичке изразе, изразе над датумима, стринговима или скуповима.

Из тог разлога, још један важан допринос ове дисертације је новопредложени алгоритам за формалну проверу консолидованости подшеме са јединственом шемом базе података са аспекта ограничења торки. Креирањем овог алгоритма, развој ограничења вредности је постао, у пројектантском смислу речи, заокружен процес који садржи све кораке од платформски независног моделовања до аутоматског генерисања кода, уз обезбеђење формалне консолидованости моделованих ограничења.

Практичан резултат ове дисертације представља имплементација предложеног приступа за развој ограничења вредности, односно имплементација предложених трансформација типа „модел-у-модел“ и „модел-у-код“ у оквиру алата *IIS\*Case*, чиме је обезбеђена могућност испитивања њихове практичне применљивости.

#### **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 01.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 има објављена два научна рада који представљају резултат ове докторске дисертације и два научна рада који су резултат широк истраживачких активности у току докторских студија. Као резултат истраживања у оквиру ове докторске дисертације, кандидат има објављен један рад у часопису међународног значаја који се налази на SCI листи (M23, рбр. 1) и један објављени рад у Зборнику радова међународног скупа, штампаног у целини (M33, рбр. 2). Резултате осталих истраживања у току докторских студија представљају два рада у зборницима радова међународних скупова, штампаних у целини (M33, рбр. 3 и 4).

Објављени радови, настали на основу резултата истраживања ове дисертације и осталих истраживања у току докторских студија, следећи су:

- [1] Obrenović N, Aleksić S, Popović A, Luković I: Transformations of Check Constraint PIM Specifications, in: *Computer and Informatics (CAI)*, ISSN: 1335-9150, Vol. 31, No. 5, pp. 1045-1079, 2012. (IF2013 = 0.254)
- [2] Obrenović N, Luković I: An Approach to Consolidation of Database Check Constraints, 4th International Conference on Information Society and Technology (ICIST 2014), Proceedings, pp. 210-215, Kopaonik, March 2014.
- [3] Obrenović N, Domazetović M, Luković I: An Approach to Assess Data Quality in a Distribution Management System, 15th International Scientific Conference on Industrial Systems (IS '11), Proceedings, pp. 199-204, Novi Sad, September 2011.
- [4] Mirković D, Luković I, Obrenović N, Rogić Đ: A Framework for Comparative Analysis of Data Mining Algorithms, 5th International Conference on Information Society Technology and Management (ICIST 2015), Proceedings, pp. 49-54, Kopaonik, Serbia, March 2015.

#### **VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА**

У овој докторској дисертацији описани су резултати истраживања у области пројектовања и имплементације ограничења вредности релационих база података. На основу увида у постојеће стање методолошких приступа и софтверских решења у овој области, као и академских радова из области истраживања, закључујемо да презентовани резултати истраживања, укључујући и реализовани алат путем којег је верификован предложени приступ, омогућавају конкретну примену оригиналних и практично употребљивих решења у процесу развоја ограничења вредности и,

посебно, ограничења торки.

Полазећи од *MDS* принципа развоја софтвера и платформски независних модела ограничења вредности, развијен је кориснички оријентисан приступ за развој ограничења вредности. Да би такав приступ био развијен, било је потребно урадити следеће:

- a) развити трансформације типа „модел-у-модел“ за спецификацију ограничења вредности, из платформски независног модела типова форми у релациони модел података,
- б) развити трансформације типа „модел-у-код“ за имплементацију ограничења вредности, из релационог модела података у извршиви *SQL/DDL* код, намењен стандардизованим и комерцијалним СУБП и
- в) развити алгоритам за проверу формалне консолидованости независно моделованих подшема база података са интегрисаном шемом базе података, са аспекта ограничења вредности, односно ограничења торке.

На тај начин, потврђене су хипотезе постављене у Уводу ове дисертације:

1. могуће је креирати кориснички оријентисан приступ за развој ограничења вредности у релационим базама података, који ће укључити платформски независно моделовање ограничења вредности, аутоматску трансформацију у платформски зависан модел и аутоматско генерисање извршивог *SQL/DDL* кода и
2. могуће је развити алгоритам за проверу усклађености подшеме са јединственом шемом базе података, са аспекта ограничења вредности.

Резултати који се односе на теоријски допринос рада праћени су имплементацијом предложених алгоритама у развојном алату *IIS\*Case*, у циљу верификације њихове применљивости.

У овој докторској дисертацији препознато је неколико праваца даљих истраживања у области софтверског инжењерства и примена у области инжењеринга информационих система, за које ова дисертација пружа веома добре основе.

Први правац будућих истраживања треба да омогући употребу агрегационих функција и угњеждених упита у логичким изразима ограничења торки, што доступни СУБП, према нашим актуелним сазнањима, тренутно не дозвољавају. Из тог разлога, било би потребно проширити платформски независан модел ограничења торке и развити трансформације које ће моделована ограничења, која садрже агрегационе функције или угњеждене упите, успешно трансформисати у извршив *SQL/DDL* код, у циљу семантички исправне имплементације моделованих ограничења. У анализираној доступној литератури и постојећим *MDS* алатима, показује се да описане трансформације и даље не постоје.

Други правац представља развој наменског *SMT* решавача који би био употребљен за проверу формалне консолидованости подшема са аспекта ограничења торки. Тренутна имплементација алгорита за проверу консолидованости заснива се на употреби доступног, постојећег *SMT* решавача, који је изабран на основу остварених успеха на такмичењима *SMT* решавача. Са друге стране, недостатак изабраног *SMT* решавача, као и свих осталих разматраних, јесте да не резонује над изразима који садрже стринг, датумске и скуповне операције и променљиве. Овај недостатак је превазиђен превођењем поменутих типова израза у чисто логичке изразе у фази припреме логичког израза ограничења торке за употребу у *SMT* решавачу. Према *SMT* терминологији, овај приступ назива се проактивним приступом решавању *SMT* проблема.

Насупрот проактивном приступу, тзв. „лењи“ приступ подразумева развој метода резонувања за позадинске теорије и њихову интергацију у *SMT* решавач, и према досадашњим истраживањима, лењи приступ је ефикаснији у односу на проактивни, и у погледу броја решених проблема и у погледу временске и меморијске ефикасности. Из тог разлога, развој метода резонувања над изразима који садрже стринг, датумске и скуповне операције и променљиве, као и њихова имплементација унутар постојећег или новог *SMT* решавача, омогућила би ефикасније спровођење поступка испитивања формалне конзистентности, односно унапредила би тај поступак са аспекта успешности решавача као и очекиваних перформанси. Наведени развој би, тиме, представљао развој наменског *SMT* решавача за проверу формалне консолидованости подшема са аспекта ограничења торки.

Сви презентовани правци истраживања су, у овој дисертацији, детаљно образложени и стварају добру основу за креирање неколико нових тема докторских дисертација.

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

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

Аутор ове докторске дисертације је свеобухватно, систематично и коректно приказао: а) стање у области истраживања, анализирано на основу доступне литературе, б) постигнуте резултате истраживања, в) компарацију постигнутих резултата истраживања са приказаним стањем у области истраживања, г) даље правце истраживања и д) извршио је практичну проверу добијених резултата на конкретним примерима.

Сагласно овим чињеницама, Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

### **IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE 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

ДА

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

ДА

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Кандидат је самостално и успешно креирао оригинална концепцијска, методолошка и софтверска решења, која представљају главне доприносе ове докторске дисертације, а односе се на развој (формалну спецификацију и имплементацију) ограничења вредности у релационим база података применом *MDS* принципа. Тиме је остварен помак вредан пажње, у односу на анализирано стање у области истраживања, презентовано у доступној литератури.

4. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања

Не постоје недостаци дисертације који би имали негативан утицај на остварене резултате истраживања. Постоји простор за даље истраживање и унапређивање постигнутих резултата у овој дисертацији.

**X ПРЕДЛОГ:**

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана
- да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни односно измени) или
- да се докторска дисертација одбија

На основу укупне оцене дисертације, увида у истраживачки рад кандидата, и сагласно свим претходно изнетим чињеницама у овом Извештају, Комисија предлаже да се докторска дисертација под називом

**Прилог пројектовању, консолидацији и трансформацијама ограничења торке шеме базе података, заснован на платформски независним моделима**

кандидата **Николе Обреновића, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, прихвати,**  
а кандидату одобри одбрана.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

---

др Зоран Марјановић, редовни професор,  
Факултет организационих наука у Београду

---

др Силвиа Гилезан, редовни професор,  
Факултет техничких наука у Новом Саду

---

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

---

др Славица Кордић, доцент,  
Факултет техничких наука у Новом Саду

---

др Иван Луковић, редовни професор,  
Факултет техничких наука у Новом Саду

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.