

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Подобност теме и кандидата Немање Којића, мастер инж. електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације

Одлуком Наставно-научног већа Електротехничког факултета у Београду бр. 5043/10-1 од 26. 5. 2017. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата **Немање Којића**, мастер инж. електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „Оптимизација приступа подацима у објектно-релационом мапирању заснована на аутоматској денормализацији“.

На основу материјала приложеног уз захтев кандидата, Комисија подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. Подаци о кандидату

1.1. Биографски подаци

Немања Којић је рођен 22. септембра 1984. у Лозници. Гимназију „Вук Караџић“ завршио у Малом Зворнику као носилац Вукове дипломе 2003. године. У октобру 2003. године уписао је основне академске студије на Електротехничком факултету у Београду на одсеку за Рачунарску технику и информатику. Дипломирао је фебруара 2008. са просечном оценом 9,60 током студија и оценом 10 на дипломском испиту. Током 2007. године боравио је на тромесечној стручној пракси у држави Веракруз у Мексику. Након завршених основних академских студија Немања Којић се запослио као програмер у компанији SOL softver d.o.o. где се бавио развојем објектно оријентисаних информационих система у оквиру неколико интернационалних пројеката.

Дипломске академске – мастер студије уписао је 2008. године на Електротехничком факултету у Београду на модулу за Рачунарску технику и информатику. Положио је све испите са просечном оценом 9,60 и фебруара 2010. одбранио мастер рад на тему “Перзистенција UML објектног простора у релационим базама података за вишеслојне и скалабилне веб архитектуре” са оценом 10.

Докторске студије на Електротехничком факултету у Београду уписао је 2010. године на модулу за Софтверско инжењерство и положио све испите са просечном оценом 10.

У децембру 2009. године, Немања Којић се запослио на Електротехничком факултету као сарадник у настави, а затим од септембра 2011. као асистент на Катедри за рачунарску технику и информатику.

Као асистент на Електротехничком факултету био је ангажован на следећим предметима: Програмирање 1, Програмирање 2, Објектно оријентисано програмирање, Инфраструктура за електронско пословање, Пројектовање софтвера, Програмирање у реалном времену, Програмски преводиоци и Перформансе рачунарских система. У оквиру овога радио је на унапређењу наставе и наставних материјала.

1.2. Сечено научноистраживачко искуство

Немања Којић је у досадашњем току докторских студија испунио све обавезе и положио све испите предвиђене студијским планом и програмом, остваривши укупно 120 ЕСПБ бодова и просечну оцену 10 (десет и 00/100). Испити које је кандидат положио у току докторских студија су приказани у следећој табели.

Назив предмета	Оцена	ЕСПБ
Одабрана поглавља из оперативних система	10 (десет)	9
Одабрана поглавља из програмских преводилаца	10 (десет)	9
Развој микропроцесорског софтвера	10 (десет)	9
Интернет програмирање	10 (десет)	9
Увод у научни рад	10 (десет)	6
Принципи програмских језика	10 (десет)	9
Формални језици и аутомати	10 (десет)	9
Моделовање и мерење рачунарских перформанси	10 (десет)	9
Софтверска техника	10 (десет)	9
Одабрана поглавља из објектних технологија	10 (десет)	9

Поред испита, кандидат је обавио и два студијска истраживачка рада и један научно-стручни рад, што је предвиђено планом докторских студија.

По истеку законског рока за завршетак докторских академских студија, на захтев студента, одобрено је продужење рока за завршетак ових студија за још два семестра, сагласно члану 92. став 4 Статута Универзитета у Београду.

Од 2008. године је учествовао на више научних и стручних пројеката, од којих су најважнији:

- Радни оквир SOLoist за развој објектно оријентисаних информационих система базиран на извршивим UML моделима, SOL softver d.o.o.,
- Информациони систем за организовање масовних манифестација, Event Management System, SOL softver, d.o.o.,
- ETL систем за масовно складиштење кратких порука, Sybase 365,
- Анализа захтева и израда спецификације софтвера за Регистар националних интернет домена Србије, Електротехнички факултет у Београду,
- Диоген – алат за генерисање тест секвенци на основу граматичке спецификације, Електротехнички факултет у Београду, 2015-2016.

- Пројекат Министарства науке бр. 61416 под називом “Развој хардверске, софтверске и телекомуникационе инфраструктуре е-система за контролу промета и пореза”, коаутор је два техничка решења

У свом истраживачком раду показао је посебно интересовање за симулационе методологије, оптимизовано објектно-релационо мапирање, као и аутоматско генерисање софтверских тестова на бази спецификације у виду бесконтекстне граматике.

Кандидат је коаутор 8 научних радова, од чега је један рад у часопису са *impact factorom*, три рада у зборницима међународних скупова, један рад у националном часопису и три рада у зборницима скупова националног значаја.

Рад у међународном часопису (M23)

1. Vujičić-Stanković, S., **Kojić, N.**, Rakočević, G., Vitas, D., & Milutinović, V. (2013). "A Classification of Data Mining Algorithms for Wireless Sensor Networks, and Classification Extension to Concept Modeling in System of Wireless Sensor Networks Based on Natural Language Processing", *Advances in Computers*, ISSN 0065-2458, vol. 90, pp. 223-283, DOI: 10.1016/B978-0-12-408091-1.00004-X, IF(2013): 0.489

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (M33)

1. Stankovic V.S., Rakocevic G., **Kojic N.**, Milicev D., "A Classification and Comparison of Data Mining Algorithms for Wireless Sensor Networks", *Proceedings of 2012 IEEE International Conference on Industrial Technology*, Print ISBN: 978-1-4673-0340-8, Athens, Greece, March 2012, DOI: 10.1109/ICIT.2012.6209949
2. S. Žitnik, L. Šubelj, M. Janković, B. Furlan, D. Drašković, **N. Kojić**, M. Mišić, M. Bajec, "Iterative End-to-end Information Extraction based on Linear Models", *Proceedings of the 22nd International Electrotechnical and Computer Science Conference ERK 2013*, ISSN 1581-4572, vol. B, pp. 47-50, Portorož, Slovenia, Sep. 2013
3. **Kojić N.** and Milićev D., "A Survey of Object-Relational Transformation Patterns for High-performance UML-based Applications", *Proceedings of the 3rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development, MODELSWARD*, ISBN 978-989-758-083-3, pp. 280-285, France, 2015, DOI: 10.5220/0005242302800285

Рад у националном часопису (M53)

1. Milicev D i **Kojić N.**, "Modelovanje sistema velikih razmera primenjeno u praksi: razvoj slozenih poslovnih aplikacija pomoću izvršivog UML-a", *InfoM*, ISSN 1451-4397, vol. 43, str. 4-12, 2012

Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини (M63)

1. **Kojić N.**, Milićev D., "Perzistencija UML objektnog prostora u relacionim bazama podataka za višeslojne veb arhitekture", *Zbornik radova konferencije YU Info*, str. 265-270, Kopaonik, Srbija, 2012
2. **Kojić N.**, Oklapi E., Drašković D., Protić J., "Softverska realizacija jezgra za analitičku i simulacionu evaluaciju performansi računarskih sistema", *Zbornik radova konferencije YU Info*, str. 548-553, Kopaonik, Srbija, 2013
3. Protić J., Marjanović A., Drašković D., **Kojić N.**, Romić U., Marković D., "Softverski aspekti procedure samovrednovanja Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu", *Zbornik radova konferencije YU Info*, str. 595-600, Kopaonik, Srbija, 2013

Кандидат Немања Којић је 29.05.2017. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду јавно усмено бранио предложену тему докторске дисертацију пред комисијом у саставу:

- др Драган Бојић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Саша Малков, ванредни професор, Универзитет у Београду – Математички факултет,
- др Дејан Тошић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На јавној усменој одбрани предложене теме Комисија је кандидата оценила оценом задовољно.

1.3. Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Комисија је размотрила све претходно наведене резултате досадашњег рада кандидата Немање Којића. Кандидат је кроз положене испите на докторским студијама, остварено учешће у стручним пројектима, успешну одбрану теме докторске дисертације и до сада објављене научне радове у часописима и на научно-стручним конференцијама показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научноистраживачки рад. Комисија сматра да је кандидат у стању да током израде докторске дисертације оствари резултате који ће бити верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија констатује да кандидат Немања Којић испуњава све потребне услове да приступи изради докторске дисертације под наведеном темом.

2. Предмет и циљ истраживања

У данашње време сведоци смо експанзије рачунарства у облаку и пораста потребе за апликацијама које раде са великим подацима. Архитектура таквих вишекорисничких апликација за рад са подацима (eng. *data-centric applications*) и даље најчешће подразумева коришћење релационих база података за складиштење, конкурентну обраду и претрагу података, док је објектно оријентисана парадигма доминантно у употреби за имплементацију пословне логике и корисничког интерфејса, због бројних предности које пружа у односу на релациону парадигму. Са друге стране, објектно оријентисане базе, које би биле природно окружење за чување и обраду података објектно оријентисаних апликација, нису до сада постале доминантна технологија за смештање података и контролу конкурентне обраде. Због ових наведених особина релационе базе података и даље држе примат као поуздана, оптимизована и робусна технологија података која обезбеђује атомичност, конзистентност, изолацију и трајност трансакција над подацима (енгл. ACID).

Потреба да се помире концептуалне разлике објектно оријентисане и релационе парадигме, односно да се апстрахују концептуални елементи релационе парадигме и тиме објектно оријентисани модели апликација и сама имплементација учине независним од технологије релационих база података, довела је до појаве бројних технологија за објектно-релационо мапирање. Неке од најпопуларнијих технологија су: Hibernate, Entity Framework, EJB, LINQ. Велика већина технологија за објектно-релационо мапирање првенствено ставља фокус на мапирање концепата објектног модела на концепте релационог модела, тако да релациони модел који настане као резултат мапирања, у многоструку подсећа на изворни

објектни модел, јер је фокус на одржању препознатљиве структуре објектног модела, док се сама релациона база података посматра као црна кутија и утицај тако добијених релационих модела на перформансе упита ставља у други план. Најпопуларније технологије за објектно-релационо мапирање наравно пружају могућности за оптимизацију приступа подацима у одређеним случајевима употребе, али то није транспарентно за програмера, већ се од програмера очекује да на основу сопственог искуства, осећаја или потребе доноси одлуке о употреби уграђених оптимизација, чиме се оптерећује имплементација објектно оријентисане апликације детаљима технологије за приступ подацима.

Предмет истраживања у овој дисертацији представља предлог нове, унапређене технологије за објектно-релационо мапирање која треба да потпуно апстрахује начин приступа подацима и учини га транспарентним за програмере и имплементацију објектно оријентисаних апликација. Важно својство такве објектно-релационе технологије је да има могућност препознавања шаблона приступа подацима који су погодни за оптимизацију приступа [1, 5, 9]. Оптимизација приступа дефинише се као редукација броја захтева ка бази података за дохватање података неопходних за извршавање тренутног захтева или функционалности апликације, у складу са потребом да се при сваком обраћању бази података повећа релевантност враћених података за дати контекст извршавања [1, 7, 8, 9].

У пракси, а и у научним и стручним радовима, презентоване су различите технике оптимизовања приступа подацима у релационим базама података. Релационе базе података су употреби у два различита контекста: (1) анализа (великих количина) података са акцентом на операцијама читања (OLAP) и (2) интензивна трансакциона обрада података са честим променама (OLTP). У првом случају подаци у бази података се ретко или готово уопште не мењају, па постоји палета разних техника убрзавања извршавања упита које се у основи свде на већа или мања реструктурирања шеме базе, односно денормализацију релационог модела, а све са циљем да се елиминишу захтевне релационе операције [2, 3]. Посебно место у скупу тих оптимизација заузима и техника чувања редундатних копија података, којом се елиминише потреба за спајањем низа успутних асоцијационих табела са циљем да се приступи подацима из табеле на крају ланца спајања. Ова техника је ефикасна под условом да нема честих промена података, док у контексту релационих база података намењених за OLTP системе, где су измене података доста честе, измена редундантно копираног податка захтева измену и свих његових копија, што значајно поскупљује операције уписа [3, 4, 6]. Међутим, анализе приступа подацима у бројним релационим базама из праксе показују да се и у OLTP системима подаци могу класификовати на оне који се ретко или готово никад не мењају и оне који се често мењају. Управо та чињеница отвара простор за употребу техника оптимизације релационих база података из домена OLAP система у релационим базама података специјализованих за интензивну трансакциону обраду (OLTP), и то на део релационог модела који се ретко мења, и при томе често чита.

Наведене оптимизације релационих база података из домена OLAP система, презентоване у научним радовима, углавном се спроводе мануелно и то специјално за потребе оптимизације важних и скувих аналитичких упита [2, 3]. У контексту трансакционих база података, денормализацију шеме базе, као оптимизациону технику, чешће замењују технике оптимизације у време извршавања апликација коришћењем специјалних предиктора [1, 9]. Циљ тих техника јесте да се препозна контекст приступа подацима, предвиде подаци од значаја за извршавање функционалности, и дохвате унапред (енгл: *prefetching*). Међутим, то у практичној употреби захтева утрошак времена на одржавање предиктора, њихову

перзистенцију, заштиту и логичку исправност у конкуретном окружењу, поузданост и робусност у раду. Осим тога, предиктори не могу смањити инхерентну временску сложеност приступа подацима у бази која потиче од њиховог распореда, односно шеме.

На основу свега наведеног, циљ овог рада је да се дефинишу теоретски оквири за имплементацију и функционисање интелигентне објектно-релационе технологије која на основу профилизације приступа подацима може да предложи скуп правила за денормализацију релационог модела и да се коришћењем предности денормализационих техника из аналитичког домена постигне заправо имплицитно дохватање података унапред својствено техникама које се срећу у домену интезивне трансакционе обраде података. При томе, начин приступа подацима треба да буде потпуно транспарентан за имплементацију објектно оријентисаних апликација.

2.1 Релевантни библиографски извори за предложено истраживање

- [1] Bernstein, Philip A., Shankar Pal, and David Shutt. "Context-based prefetch – an optimization for implementing objects on relations." *The VLDB Journal—The International Journal on Very Large Data Bases* 9.3 (2000): 177-189.
- [2] Rahayu, Johanna Wenny, et al. "Performance evaluation of the object-relational transformation methodology." *Data & Knowledge Engineering* 38.3 (2001): 265-300.
- [3] Shin, Seung Kyoan, and G. Lawrence Sanders. "Denormalization strategies for data retrieval from data warehouses." *Decision Support Systems* 42.1 (2006): 267-282.
- [4] Chen, Tse-Hsun, et al. "Finding and evaluating the performance impact of redundant data access for applications that are developed using object-relational mapping frameworks." *IEEE Transactions on Software Engineering* 42.12 (2016): 1148-1161.
- [5] Chen, Tse-Hsun. "Improving the quality of large-scale database-centric software systems by analyzing database access code." *Data Engineering Workshops (ICDEW), 2015 31st IEEE International Conference on*. IEEE, 2015.
- [6] Boniewicz, Aleksandra, Piotr Wisniewski, and Krzysztof Stencel. "On redundant data for faster recursive querying via ORM systems." *Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2013 Federated Conference on*. IEEE, 2013.
- [7] Zäschke, Tilmann, et al. "Optimising conceptual data models through profiling in object databases." *International Conference on Conceptual Modeling*. Springer Berlin Heidelberg, 2013.
- [8] Martin, Bruce E. "Uncovering database access optimizations in the middle tier with TORPEDO." *Data Engineering, 2005. ICDE 2005. Proceedings. 21st International Conference on*. IEEE, 2005.
- [9] Guéhis, Sonia, Virginie Goasdoué-Thion, and Philippe Rigaux. "Speeding-up data-driven applications with program summaries." *Proceedings of the 2009 International Database Engineering & Applications Symposium*. ACM, 2009.
- [10] Chen, Tse-Hsun, et al. "Detecting performance anti-patterns for applications developed using object-relational mapping." *Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering*. ACM, 2014.

3. Полазне хипотезе

Основне хипотезе усвојене у овој дисертацији су:

- *Модели реалних апликација имају својства погодна за оптимизације која се могу детектовати у време извршавања – анализом модела (објектних и релационих)*

реалних апликација показано је да постоје подаци који се ретко мењају, а често читају.

- *Технологија треба да буде примењива на моделе реалних система* – технологија треба да задовољи практичне захтеве развоју пословних апликација и буде примењива на реалне моделе.
- *Денормализација релационог модела доприноси побољшању перформанси упита апликација за трансакциону обраду података* – мануелна примена денормализације до сада је у неколико пројеката допринела побољшању перформанси приступа масивним подацима.
- *Денормализација релационог модела треба да буде транспарентна за програмера* – промене релационог модела у циљу оптимизације упита треба да буду потпуно транспарентне за програмера и не смеју да утичу на архитектуру апликације нити на њену имплементацију.
- *Одлучивање о поступку денормализације може да се врши аутоматски* – интелигентна објектно-релациона технологија може да предложи скуп оптимизација релационог модела, конфигурацију, која даје најбоље резултате за задати начин приступа подацима, на основу профилизације приступа подацима реалних апликација.

4. Научне методе истраживања

У овој дисертацији биће примењене следеће методе истраживања:

- Упоредна анализа постојећих метода оптимизација приступа подацима у релационим базама података и систематизација њихових предности и недостатака у различитим условима примене.
- Аналитичка евалуација – формирање аналитичког оквира за представљање шаблона приступа подацима, формулисање скупа квантитативних и квалитативних параметара, аналитичко представљање законитости и евалуација позитивних и негативних ефеката денормализације.
- Софтверска имплементација – имплементација предложених аналитичких формула за евалуацију позитивних и негативних ефеката денормализације, имплементација алгорита за проналажење конфигурације релационог модела која максимизира однос позитивних и негативних ефеката денормализације.
- Експериментална евалуација – провера квалитета и перформанси добијеног решења симулационом методом, упоређивање са резултатима постојећих решења и евалуација резултате на прототипу реалног система у лабораторијским условима.

5. Очекивани научни допринос

Очекује се да ће ова дисертација довести до следећих научних доприноса:

- Конципирање и имплементација решења за анализу начина приступања подацима у бази података – профајлер који снима извршене акције над објектним простором и организује их у логичке целине за даљу анализу. Резултат анализе извршених акција треба да буде скуп шаблона приступа подацима који су погодни за предложени начин оптимизације објектно-релационог мапирања;

- Конципирање аналитичког модела за евалуацију позитивних и негативних ефеката денормализације на извршавање апликација. Биће дефинисани основни параметри шаблона приступа подацима у објектном простору, на основу којих се могу дефинисати аналитичке формуле за оцену корисног дејства метода денормализације;
- Конципирање модела евалуације конфигурација за денормализацију релационог модела и алгоритма претраживања конфигурација. У циљу побољшања ефикасности рада, биће предложене и оптимизације претраге и дефинисане метрике за оцену квалитета добијених конфигурација (кандидат решења);
- Имплементација алгоритма претраживања кандидат решења и експериментална евалуација добијених резултата;
- Испитивање утицаја промена параметара модела на укупне резултате и извођење емпиријских закључака о њиховом утицају на избор кандидат решења.

6. План истраживања и структура рада

Планирано је да се истраживање изведе у следећим фазама:

- Прва фаза обухвата преглед и класификацију постојећих техника денормализације релационог модела специфичних за домен аналитичких база података. Биће извршен и преглед и класификација постојећих метода оптимизације објектно-релационог мапирања.
- Друга фаза обухвата имплементацију профајлера акција над објектним простором, инсталацију профајлера на продукционим серверима, имплементацију детекције шаблона приступа подацима који су погодни за спровођење оптимизација.
- Трећа фаза обухвата формирање аналитичког модела за процену корисног дејства денормализације релационог модела, формулисање алгоритма за проналажење оптималне конфигурације релационог модела, анализа сложености датог алгоритма, разматрање поступака оптимизације претраге простора решења.
- Четврта фаза обухвата имплементацију оптимизационог алгоритма, специфицирање скупа синтетичких и реалних шаблона за тестирање рада алгоритма, експерименталну анализу симулационом методом и анализу добијених резултата.
- Пета фаза обухвата експерименталну анализу прототипа реалног система у реалним условима и оцену добијених аналитичких и симулационих резултата.

Планирано је да се у тексту дисертације најпре прикаже тренутно стање у датој научној области и опише мотивација за ово истраживање кроз навођење прелиминарних закључака из практичне употребе, уз осврт на могућност формализовања одлучивања у датом контексту оптимизовања приступа подацима заснованог на анализи извршавања апликација. У вези са тиме биће дат и преглед предности и недостатака постојећих решења. Централни део дисертације биће опис формалног модела за евалуацију ефеката оптимизација и одлучивање о њиховом избору. Потом ће бити дат приказ експерименталних резултата и изведени основни закључци и правци разраде и еволуције идеје.

7. Закључак и предлог

На основу приложене документације, као и непосредног увида у досадашњи научноистраживачки рад кандидата, Комисија закључује да кандидат Немања Којић испуњава потребне услове за приступање изради предложене докторске дисертације под насловом „Оптимизација приступа подацима у објектно-релационом мапирању заснована на аутоматској денормализацији“.

Тема припада научној области Софтверско инжењерство за коју је Електротехнички факултет Универзитета у Београду матичан. За ментора израде докторске дисертације предлаже се др Драган Милићев, редовни професор Електротехничког факултета Универзитета у Београду.

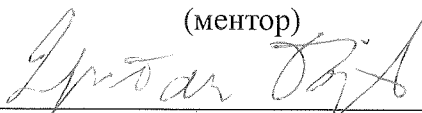
Комисија предлаже Наставно-нучном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Немањи Којићу одобри израду докторске дисертације под горе наведеним насловом, под руководством ментора др Драгана Милићева, редовног професора на Електротехничком факултету Универзитета у Београду.

У Београду, 30.05.2017. године.

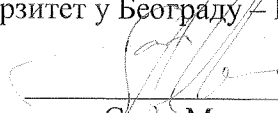
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



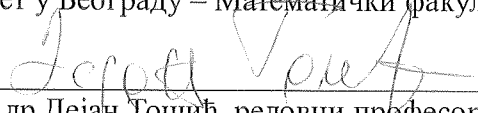
др Драган Милићев, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет
(ментор)



др Драган Бојић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Саша Малков, ванредни професор
Универзитет у Београду – Математички факултет



др Дејан Тошић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет