

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Дејана Дунђерског, мастер инжењера електротехнике и рачунарства

Одлуком бр. 5019/14-3 од 24.09.2021. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације кандидата Дејана Дунђерског под насловом

Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала, као и разговора са кандидатом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

24.10.2014. године Дејан Дунђерски је уписао докторске академске студије Електротехнике и рачунарства, модул Софтверско инжењерство, на Електротехничком факултету Универзитета у Београду. На докторским студијама положио је све испите са просечном оценом 10,00.

На основу члана 101. Статута Универзитета у Београду, члана 74. Статута Универзитета у Београду-Електротехничког факултета и захтева студента, одобрено је продужење рока за завршетак студија до истека троструког броја школских година потребних за реализацију уписаног студијског програма.

1.10.2020. године Дејан Дунђерски пријавио је тему за израду докторске дисертације под радним називом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу”.

6.10.2020. године Комисија за студије трећег степена разматрала је предлог теме за израду докторске дисертације и предлог Комисије за оцену научне заснованости теме упутила Наставно-научном већу Електротехничког факултета на усвајање.

14.10.2020. године на 854. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за оцену научне заснованости теме (Одлука бр. 5019/14-1 од 23.10.2020.) у саставу:

- др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Синиша Влајић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука,
- др Зоран Чича, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

За ментора докторске дисертације је предложен др Мило Томашевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

13.11.2020. године обављена је јавна усмена одбрана предложене теме докторске дисертације на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, пред Комисијом у саставу: др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет, др Синиша Влајић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука и др Зоран Чича, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

На одбрани су били присутни сви чланови Комисије. Комисија је закључила да је кандидат добио оцену „задовољно”.

Наставно-научно веће Електротехничког факултета усвојило је извештај Комисије за оцену научне заснованости теме (Одлука бр. 5014/19-2 од 16.12.2020. године).

3.3.2021. године Веће научних области техничких наука дало је сагласност на предлог теме докторске дисертације.

26.8.2021. године Дејан Дунђерски предао је на преглед и оцену докторску дисертацију под насловом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу”.

7.9.2021. године Комисија за студије трећег степена потврдила је испуњеност потребних услова за подношење предлога Наставно-научном већу Електротехничког факултета за формирање Комисије за преглед и оцену докторске дисертације.

15.9.2021. године на 864. седници, Наставно-научно веће Електротехничког факултета именовало је Комисију за преглед и оцену докторске дисертације (одлука бр. 5019/14-3 од 24.09.2021. године) у саставу:

- др Мило Томашевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Мирослав Бојовић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Синиша Влајић, редовни професор, Универзитет у Београду – Факултет организационих наука,

која је на истој седници проширена члановима:

- др Милош Цветановић, ванредни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет,
- др Јелица Протић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет. .

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу” кандидата Дејана Дунђерског припада научној области Електротехника и рачунарство, ужа научна област Софтверско инжењерство, за коју је матичан Електротехнички факултет Универзитета у Београду.

Ментор докторске дисертације је др Мило Томашевић, редовни професор, Универзитет у Београду – Електротехнички факултет.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Дејан Дунђерски је рођен 10. августа 1987. године у Београду, где је завршио основну школу „Владимир Илич Лењин“ 2002. године. После завршетка основног образовања награђен је Вуковом дипломом. Након тога је уписао Математичку гимназију у Београду коју је завршио 2006. године.

Електротехнички факултет у Београду је уписао 2006. године. Дипломирао је 13.7. 2010. године на Одсеку за Софтверско инжењерство, са просечном оценом 9,71. Дипломски рад под насловом "Паралелизација БПП протокола рутирања коришћењем графичких процесора" израдио је под менторством проф. др Мила Томашевића и одбранио га са оценом 10.

Мастер академске студије је уписао 2010. године на Електротехничком факултету у Београду, на модулу Рачунарска техника и информатика. Студије је завршио 12.03.2012. године са просечном оценом 10, одбраном мастер рада "Паралелизација протокола рутирања у оквиру софтверских рутера коришћењем графичког процесора" код ментора проф. др Мила Томашевића.

Од октобра 2011. године запослио се као инжењер за аутоматске системе контроле летења у Агенцији за контролу летења Србије и Црне Горе. У јулу 2012. године, одлучио је да своју каријеру настави у Развојном центру компаније *Microsoft* у Београду где и данас ради као софтверски инжењер на *Azure SQL* платформи. Био је рецензент више научних радова на домаћим конференцијама.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу” написана је на српском језику и има 101 страну (114 страна заједно са прилозима). Дисертација садржи насловне стране на српском и енглеском језику, страну са информацијама о менторима и члановима комисије, страну са изјавом захвалности, стране са подацима о докторској дисертацији на српском и енглеском језику и садржај дисертације. Текст рада по поглављима организован је на следећи начин:

1. Увод (5 страна)
2. Савремена сервисна окружења (14 страна)
3. Преглед приступа истраживања и анализирања проблема у сервисима (13 страна)
4. Дефинисање система за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу (17 страна)
5. Дефиниција инфраструктуре за дату архитектуру (4 стране)
6. Организација тима (5 страна)
7. Имплементација система на дефинисаној архитектури (20 страна)
8. Евалуација (20 страна)
9. Закључак (3 стране)

На крају рада се налазе: списак литературе, биографија аутора, изјава о ауторству, изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада и изјава о коришћењу. Дисертација садржи 61 слику и 4 табеле. Списак литературе садржи 77 библиографских јединица наведених по редоследу цитирања у тексту дисертације.

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У **првом поглављу** дате су основне информације о истраживаној области и актуелним правцима истраживања везаним за сервисно клауд окружење. Поред тога се наводе неки од проблема који се јављају у релационим базама података као и основни циљ истраживања.

У **другом поглављу** детаљано су описане особине савремених сервисних окружења. Објашњени су важни концепти у области, а поготово релационе базе података у клауд системима. На крају поглавља је дата поставка проблема са нагласком на мотивацију и циљ истраживања.

У **трећем поглављу** је дат свеобухватан преглед постојећих решења. Описани су доприноси најзначајних научних радова и комерцијалних производа из области дисертације. Разматране су предности и недостаци појединих решења и извршена је класификација постојећих решења. На крају је наведено како се предложено решење уклапа у уведене категорије и које новине траба да доносе.

У **четвртном поглављу** је дефинисан предложени систем заснован на статистичким моделима и експертском систему као решење за постављени проблем. Статистички модели су подељени у две групе, генеричке и категоризационе. За сваки од модела дат је опис шта тачно треба да детектује у релационој бази података. Потом је дефинисан експертски систем за доношење коначне одлуке и представљени су различити случајеви до којих може доћи при раду система, као и на који начин се потенцијални конфликти разрешавају. На крају поглавља дефинисана је и објашњена сарадња модела и експертског система.

У **петом поглављу** је дат прецизан опис инфраструктуре за дефинисани систем. Прво се описује извор података који се користи у моделима, потом начин преноса тих података и врсте складишта података. Након тога, представљен је апликативни ниво који обрађује прикупљене податке, како се обрађени подаци чувају и објављују. Дефинисана је и потреба за континуираном анализом рада дефинисаног система, као и захтев за унапређењима система без последица по кориснике система.

У **шестом поглављу** је описан поступак организације тима који може имплементирати дефинисани систем у клауд окружењу, као и подела одговорности између различитих актера. Дато је поређење оваквог приступа са релевантном организационом методом која је пронађена у доступној литератури.

У **седмом поглављу** је представљена конкретна имплементација система на дефинисаној архитектури и инфраструктури. Дат је детаљан приказ података који се прикупљају и имплементација начина на који се прикупљају. Описано је коришћено складиште података и дат је пример његовог контролisaња. Приказани су детаљи развоја и имплементације статистичких модела који су, такође, илустровани и УМЛ дијаграмима и одабраним сегментима програмског кода. На сличан начин приказан је и експертски систем, а дискутован је и алгоритам за агрегацију правила. Описана је и апстрактна класа која представља микросервисе чијим инстанцирањем се извршавају модели, као и шема релационе базе података у којој се резултати чувају и изглед графичког интерфејса преко којег корисници могу пратити резултате. На крају поглавља објашњен је приступ континуираног тестирања путем репликације система и података на тестно и продукционо окружење.

У **осмом поглављу** је описана евалуација спроведена над продукционим клауд сервисним окружењем над којим је систем имплементиран и који служи за потврђивање делотворности описаног система. Прво је евалуирана инфраструктура, а потом су дати

примери унапређења рада релационих база података код неколико корисника. Дата је анализа свеобухватног побољшања које је примећено код свих корисника платформе.

На крају, **девето поглавље** сумира резултате приказане у оквиру дисертације и приказује главне елементе дисертације, а разматра и могуће правце даљег истраживања.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Клауд окружења су у последњој деценији доживели значајну експанзију. Корисници све више теже миграцији својих апликација и релационих база података из сопствених окружења у клауд сервисна окружења како би оптимизовали своје трошкове и смањили потреба за одржавањем.

Један од кључних сервиса у клауд окружењу је и релациона база података. И у традиционалним, сопственим окружењима корисника постоје различити изазови и проблеми који могу настати у раду са релационим базама података. Имајући у виду да корисници могу да осмисле произвољну логику у својим апликацијама и да податке из тих апликација чувају у релационим базама података на произвољан начин, врло се често дешава да су накнадне оптимизације система неопходне. У клауд сервисном окружењу, због повећања апстракције и смањивања могућности контроле и праћење рада како хардверских тако и софтверских компоненти, и поред тога што клауд платформа ослобађа корисника одређених врста проблема попут одржавања, степен комплексности неких проблема који настављају да буду актуелни се само повећава. Најпознатији такав проблем је проблем оптимизације перформанси рада релационих база података. На комерцијалним платформама се већ могу пронаћи нови приступи решавању неких традиционалних проблема. Са друге стране, у академској заједници, тежња ка аутоматској детекцији проблема у разним системима, потом његовој класификацији и свеобухватном разумевању, је област која се истражује већ десетинама година и све је актуелнија како се проблеми усложњавају, а трошкови које они изазивају расту. Чињеница да у отвореној литератури постоје радови који се баве сличном тематиком и да постоје неки други радови који се тичу релационих база података у сервисном клауд окружењу потврђује да је тема изузетно савремена и актуелна.

Приступ примењен у реализованом систему је заснован на разноврсним статистичким моделима који процесирају сачуване податке о раду и функционисању релационих база података у две фазе. У првој фази 5 статистичких „генеричких“ модела детектују потенцијалне проблеме на релационим базама података са нагласком на свеобухватност. Након тога, у другој фази, као улаз се користе примећени случајеви из прве фазе и за те конкретне релационе базе података се извршава 10 категоризационих статистичких модела који одређују конкретне проблеме који се на тим релационим базама података дешавају. Резултати из ове две фазе се, потом, заједно анализирају у експертском систему који доноси коначну одлуку о томе шта је узрок, а шта последица. Овакав приступ, а посебно чињеница да је након статистичких модела употребљен експертски систем за коначно разумевање проблема, не може се наћи у постојећој литератури других аутора и комерцијалних решења и представља оригиналан допринос објављен у радовима кандидата. Предложено решење за агрегацију правила унутар експертског система, такође, није заступљено у постојећој литератури и предмет је оригиналне анализе у дисертацији кандидата.

Предлози за организацију тима који је сачињен од различитих актера, учесника на развоју система, и који захтева статистичку анализу, доменско знање, разумевање велике количине података и оптимизација модела, као и имплементација сервиса у клауд окружењу, који су приказани у дисертацији, представљају савремен и оригиналан допринос кандидата. Овакав приступ се може сматрати и генералним јер га је могуће применити и на друге врсте пројеката који садрже систем са више нивоа анализе заснован на сервисима.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је цитирано 77 библиографских референци које су наведене по редоследу цитирања у тексту дисертације. Ове референце обухватају области којима се бави дисертација:

- алати за праћење рада релационих база података,
- сервисна клауд окружења,
- статистички модели,
- експертски системи.

Зато се може сматрати да дисертација садржи детаљан и актуелан преглед адекватне литературе. У случају одређених референци дате су и појединости које реферисани радови доносе и изнесена је паралела са приступом који је представљен у овој дисертацији. Све цитиране референце су класификоване..

Референце које обухватају области експертских система и области детекције проблема и његовог разумевања обухватају најзначајније радове у којима се тежи детекцији проблема и његовом решавању уз помоћ доменског експертског знања, а без директног утицаја самог експерта.

Сви наведени и цитирани радови су објављени у међународним часописима и конференцијама од којих су неки врло високе репутације. Референце које обухватају комерцијалне производе за праћење рада релационих база података представљају постојећа решења која су уско везана за неке аспекте праћења рада релационих база података и препознавање проблема који су приказани у овој дисертацији. У оквиру цитираних референци се налазе и радови који се баве системима у клауд окружењу највећих пружаоца услуга као што су *Amazon*, *AliBaba*, *Cisco* и *Microsoft*.

Конечно, у склопу цитиране литературе су и ауторски радови кандидата на којима се заснивају и неки од резултата представљених у тези.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У истраживању чији су резултати представљени у дисертацији најпре је извршен детаљан преглед и анализа стања у области и постојећих комерцијалних производа. Затим су истакнута најзначајнија достигнућа и указано је на потенцијалан простор и потребу за унапређење и додатно истраживање, што је увек први корак у једном научном истраживању.

Након тога, предложено решење је детаљно разрађено и описано. Пажљиво су дефинисани генерички и категоризациони статистички модели као решење за детекцију различитих типова проблема. За додатно побољшање прецизности уведен је експертски систем заснован на правилима на основу који доноси закључак о томе шта је узрок, а шта последица. Важан је и ток података и синергија између статистичких модела и експертског система. Успешности развојног поступка допринос је дала и предложена организација пројектног тима.

Евалуација предложених решења је урађена у стварном продукцијом Azure SQL окружењу које обухвата бише од 2 милиона релационих база података, што представља најадекватнији метод оцене перформанси. Такође, спроведен је низ експеримената на већим и мањим групама релационих база по различитим критеријумима (тип употребе, корисник, групе примењених проблема, итд.).

Научне методе примењене у дисертацији се веома заступљене у области експертских система, статистичких модела, клауд сервисних окружења, итд. На основу свега наведеног може се закључити да спроведене научне методе на адекватан начин одговарају циљевима који су постављени на почетку истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

Резултати изложени у дисертацији су прикупљени након практичне примене дефинисаног система, пошто је предложено решење имплементирано у комерцијалном клауд

сервисном окружењу од два милиона релационих база података. На тај начин се могу побољшати перформансе за разне типове употребе релационих база података. Осим тога, спроведена је детаљна анализа различитих проблематичних случајева који показују погодности за убрзавање целокупног клауд окружења. Тиме се показује да је предложено решење и остварени резултати током евалуације већ показало применљивим пракси.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Научно истраживање спроведено у оквиру ове тезе захтевало је како теоријски увид у разматрану тему, тако и практичну реализацију и проверу постављених претпоставки кроз анализирање, дефинисање модела, тестирање и евалуацију предложених решења. Током истраживања је такође било потребно повезати различите области, од модерних сервисних окружења до познатих статистичких модела и експертских система. Имајући у виду да је евалуација рађена на "живом" систему током дужег временског периода, показана је и темељитост у верификацији предложеног решења. На основу тога, можемо закључити да је кандидат Дејан Дунђерски показао веома задовољавајући степен способности за самостални научни рад и реализацију практичних инжењерских задатака.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

У дисертацији су остварени следећи научни доприноси:

- Детаљан преглед и класификација постојећих решења у области клауд окружења, система релационих база података, доступних статистичких модела, експертских система и сервиса заснованих на клауд технологијама,
- Дефиниција одговарајућих статистичких генеричких и категоризационих модела за откривање узрока проблема у релационим базама података,
- Дефиниција експертског система за додатну анализу резултата статистичких модела и доношење коначне одлуке,
- Дефиниција и имплементација опште архитектуре система за аутоматско откривање проблема у релационим базама података,
- Дефинисање процеса за континуирану анализу резултата овог система са поделом одговорности између актера који учествују на реализацији система,
- Евалуација перформанси добијеног решења и задовољства корисника у релевантном продукционом окружењу *Azure SQL Database* система,
- Испитивање скалабилности система са повећањем броја релационих база података.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Нов приступ детекцији проблема у релационим базама података и њихова даља анализа у сложеном окружењу као што је клауд сервисно окружење представљају значајан научни допринос. Поред тога, значај овог приступа се огледа и у томе што је пројектовани систем у потпуности имплементиран. Спроведена евалуација је урађена на значајном узроку у продукционом окружењу са око два милиона релационих база што представља значајан резултат који до сада није нађен у отвореној литератури. Имајући у виду да је постављени циљ овог истраживања било утврђивање да ли је могуће ефикасно и у одређеном временском интервалу извршити аутоматску детекцију и анализу различитих проблема у релационим базама података у клауд окружењу, наведени поступци истраживања у потпуности одговарају проблему и постављеном циљу дисертације и сматрају се потпуно валидним и одговарајућим.

4.3. Верификација научних доприноса

Кандидат Дејан Дунђерски је објавио следеће радове који су у непосредној вези са докторском дисертацијом:

Категорија M21a:

- **D. Dundjerski, M. Tomašević, "Automatic database troubleshooting of Azure SQL Databases,"** *IEEE Transactions on Cloud Computing*, July 2020 (Early Access), DOI: 10.1109/TCC.2020.3007016, ISSN 2168-7161 (IF=5.938).

Категорија M33:

- **D. Dundjerski, S. Lazić, M. Tomašević, D. Bojić, "Improving Schema Issue Advisor in the Azure SQL Database",** 2017 25th *Telecommunication Forum (TELFOR)*, Belgrade, 2017, pp. 1-4. DOI: 10.1109/TELFOR.2017.8249450

Категорија M52:

- **D. Dundjerski, S. Lazić, M. Tomašević, D. Bojić, "An Extended Evaluation of Schema Issues Advisor in the Azure SQL Database",** *Telfor journal*, Vol. 10, No. 2, pp. 91-96, January 2019, ISSN 1820-4503

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Докторска дисертација „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу” кандидата Дејана Дунђерског представља оригиналан научни допринос научној области Електротехника и рачунарство (ужа научна област Софтверско инжењерство).


Докторска дисертација је написана на српском језику. Излагање је јасно и систематично. Резултати изложени у оквиру докторске дисертације имају практичан значај и примењени су у продукционом систему. Главни допринос ове докторске дисертације огледа се у **развоју и евалуацији новог приступа препознавања, анализе и разумевања проблема који настају у релационим базама података у клауд окружењу**. Кандидат Дејан Дунђерски је овим истраживањем показао научну зрелост и инжењерску способност и креативност, који потврђују спремност за самостални научно-истраживачки рад.

На основу свега наведеног комисија констатује да су испуњени сви формални и суштински услови предвиђени Законом о високом образовању, Статутом и Правилником о докторским студијама Електротехничког факултета Универзитета у Београду, као и сви критеријуми који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Електротехничком факултету у Београду.

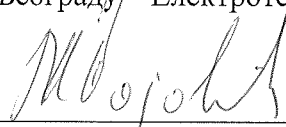
Комисија има задовољство да предложи Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да се докторска дисертација под називом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу” кандидата Дејана Дунђерског прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду, 2.10.2021. године

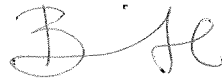
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



др Мило Томашевић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Мирослав Бојовић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Синиша Влајић, редовни професор
Универзитет у Београду – Факултет организационих наука



др Милош Цветановић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



др Јелица Протић, редовни професор
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет