

## НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

**Предмет:** Подобност теме и кандидата Дејана Дунђерског, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, за израду докторске дисертације под називом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу“.

Одлуком 5019/14-1 бр. од 23.10.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за оцену подобности теме и кандидата Дејана Дунђерског, за израду докторске дисертације и научне заснованости теме „**Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу**“ (енг. *Automatic Intelligent Database Troubleshooting System in Cloud Environment*)

На основу материјала приложеног уз Захтев кандидата, Комисија подноси следећи

## ИЗВЕШТАЈ

### 1. Подаци о кандидату

#### 1.1. Биографски подаци

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

Електротехнички факултет у Београду уписао је 2006. године. Дипломирао је 13.7.2010. године на Одсеку за Софтверско инжењерство, са просечном оценом 9,71. Дипломски рад под насловом "Паралелизација БГП протокола рутирања коришћењем графичких процесора" израдио је под менторством проф. др Мила Томашевића и одбранио га са оценом 10.

Мастер академске студије уписао је 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.

Докторске академске студије уписао је у новембру 2014. године на Електротехничком факултету у Београду. У току докторских студија је објавио два рада у међународним часописима са импакт фактором, један рад у домаћем часопису и више радова на конференцијама.

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 клауд платформи. Био је рецензент више научних радова на домаћим конференцијама.

## 1.2. Сечено научноистраживачко искуство

До сада је остварио 120 ЕСПБ, односно положио све испите предвиђене студијским програмом са оценом 10.

У свом истраживачком раду показао је посебно интересовање за паралелизацију процеса и интелигентне системе у клауд окружењу.

Дејан Дунђерски је уписао докторске студије школске 2014/2015. године на модулу Софтверско инжењерство. У досадашњем току докторских студија положио је све испите са просечном оценом 10,00. Списак положених испита дат је у следећој табели:

| Назив предмета                              | Оцена | ЕСПБ | Датум полагања | Предметни Наставник |
|---------------------------------------------|-------|------|----------------|---------------------|
| Принципи програмских језика                 | 10    | 9    | 11.06.2015.    | Мило Томашевић      |
| Софтверски системи за рад у реалном времену | 10    | 9    | 15.06.2015.    | Сања Вранеш         |
| Интернет програмирање                       | 10    | 9    | 08.07.2015.    | Бошко Николић       |
| Развој микропроцесорског софтвера           | 10    | 9    | 10.09.2015.    | Јелица Протић       |
| Мултипроцесорски системи                    | 10    | 9    | 12.01.2016.    | Мило Томашевић      |
| Нумеричка анализа                           | 10    | 9    | 21.01.2016.    | Синиша Јешић        |
| Вештачка интелигенција и експертски системи | 10    | 9    | 27.06.2016.    | Бошко Николић       |
| Моделовање и мерење рачунарских перформанси | 10    | 9    | 05.07.2016.    | Јелица Протић       |
| Комуникологија                              | 10    | 6    | 10.07.2016.    | Дивна Вуксановић    |
| Софтверска техника                          | 10    | 9    | 25.09.2016.    | Драган Бојић        |

Кандидат је испунио и све обавезе предвиђене наставним планом и програмом докторских студија: Студијски истраживачки рад I (15 ЕСПБ), Студијски истраживачки рад II (15 ЕСПБ) и Научно стручни рад (3 ЕСПБ).

Досадашњи резултати кандидата приказани су кроз неколико публикација у домаћим и међународним часописима и међународним конференцијама. У даљем тексту наведен је списак публикација на којима је Дејан Дунђерски коаутор:

Категорија M20 – Радови објављени у научним часописима међународног значаја:

- **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=5.967 за 2019, M21).

- **D. Dundjerski, M. Tomašević, "Graphical processing unit-based parallelization of the Open Shortest Path First and Border Gateway Protocol routing protocols,"** *Concurrency and Computation, Practice and Experience*, Vol. 27, issue 1, pp. 237-251, January 2015, ISSN 1532-0634 (IF= 0.942 za 2015, M22)

Категорија М30 – Зборници међународних научних скупова:

- **D. Dundjerski, S. Lazić, M. Tomašević, D. Bojić, "Improving Schema Issue Advisor in the Azure SQL Database",** 2017 25<sup>th</sup> Telecommunication Forum (TELFOR), Belgrade, 2017, pp. 1-4. DOI: 10.1109/TELFOR.2017.8249450 (M33)
- **D. Dundjerski, M. Tomašević, "GPU-based parallelization of the BGP protocol",** 2011 19<sup>th</sup> Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, 2011, pp. 1442-1445, DOI: 10.1109/TELFOR.2011.6143827. (M33)

Категорија М40 – Монографије националног значаја:

- **D. Dundjerski, Monografija "Paralelizacija mrežnih protokola",** Zadužbina Andrejević, 2013, ISBN 978-86-526-0093-2, (M42)

Категорија М50 – Часописи националног значаја:

- **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, (M52)

Категорија М60 – Зборници скупова националног значаја:

- **D. Dundjerski, B. Nikolić, M. Tomašević, "A New CUDA Web-based Learning Environment",** 2016 3rd International Conference on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN), (M63)

Дана 13. новембра 2020. године, кандидат Дејан Дунђерски је на Електротехничком факултету Универзитета у Београду усмено полагао испит о подобности предложене теме докторске дисертације и кандидата (докторски испит), 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,
- др Зоран Чича, ванредни 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 Дејана Дунђерског, узимајући у обзир положене испите и стручне обавезе током докторских студија, успешну одбрану теме докторске дисертације и до сада објављене научне радове у часописима и на научно-стручним скуповима, чиме је кандидат показао да је стекао неопходно искуство за самосталан научно-истраживачки рад. Комисија сматра да је кандидат способан да током израде докторске дисертације оствари резултате, који могу бити приказани и верификовани од стране међународне научне заједнице. Комисија даје позитиван став да кандидат Дејан Дунђерски испуњава све потребне и формалне услове да приступи изради докторске дисертације на предложеној теми.

## 2. Предмет и циљ истраживања

У последњој декади евидентни су трендови миграција софтверских апликација и комплетних система са персоналних рачунара и приватних дата центара у јавне и дељене дата центре, тј. у клауд окружење. Постоји више разлога који условљавају ове актуелне трендове. Пре свега, крајњем кориснику одржавање система у клауд окружењу значајно поједностављује комплетну архитектуру и фокусира га на сам проблем развоја софтвера [1, 2, 3]. Самим тим, употреба таквих окружења је значајно јефтинија с обзиром на вишеструке оптимизација од стране клауд провајдера. Веома је једноставно повећати хардверске капацитете клауд система када је то неопходно, док у случају када је корисник власник инфраструктуре неопходно је проћи кроз цео процес од наручивања и инсталирања хардвера до инсталирања и конфигурирања софтвера. Поред архитектуралних побољшања, додатна корист за кориснике се огледа и у чињеници да се клауд окружењу може приступити са било ког места где постоји линк ка интернету. Такође, софтвер који се користи у клауд окружењу, ажурира се знатно чешће у односу на ажурирање приватних рачунара и апликација које су инсталиране. На тај начин корисници добијају константна побољшања система која користе без икакве интервенције са њихове стране. Један од примера сталних побољшања система приказан је и у [4]. Од велике важности је и унапређење сигурносних аспеката у клауд окружењу, поготово када се подаци чувају у више копија на географски удаљеним локацијама. Тиме се елиминишу како проблеми који настају приликом нежељеног и неочекиваног отказа хардвера, тако и у случају природних катастрофа које могу погодити одређену географску локацију.

Померање комплетних система или појединих делова у клауд окружење са собом доноси и један додатни ниво апстракције архитектуре. Својевремено су програмери и софтверски инжењери имали комплетну контролу над хардвером, оперативним системом и осталим софтвером. У новом окружењу они више немају приступ хардверу и оперативном систему, поготово у случају платформских сервиса где корисник добије приступну тачку одређеном систему и скуп интерфејса преко којег може да управља тим системом. Имајући то у виду, сада је задатак који софтверски инжењери имају у погледу разумевања шта се то тачно дешава са коришћеним системом значајно отежан, док су неки претходни задаци сада у надлежности провајдера клауд система [5]. Традиционално се проблеми које корисник не разуме разрешавају тако што се комуницира са техничком подршком, али овакав приступ има одређене недостатке и захтева време и једне и друге стране. Растом клауд сервиса постаје јасно да корисничка подршка такође мора да се повећава уколико се не инвестира у проналажење неког алтернативног приступа детекције и решавања детектованих проблема било са системске или корисничке стране [6].

Разни приступи решавању ових проблема се могу наћи како у комерцијалним производима тако и у отвореној литератури. Прва група решења се базира на помоћним средствима [7] која визуелизују одређене податке и на тај начин помажу администраторима база података да схвате шта се дешава са системом. Друга, напреднија група решења се заснива на механизмима обавештавања на основу модела које корисник сам дефинише. Трећа група решења је употребљавана за аутоматску детекцију и разумевање проблема који настају на телефонској и рачунарској мрежи [8, 9, 10, 11]. Последња, напредна група решења, доступна првенствено у отвореној литератури, заснива се на употреби техника машинског учења за детекцију и класификацију проблема, како у релационим базама података [12, 13, 14] тако и у другим софтверским системима [15, 16, 17, 18].

Циљ овог истраживања је да се комбинацијом горе наведених техника утврди да ли се ефикасно и у одређеном временском интервалу може извршити аутоматска детекција и анализа различитих проблема у релационим базама података које се извршавају у клауд

окружењу. С обзиром да досадашња решења, која су решавала или делове сличних проблема у другим областима или неке појединачне аспекте за праћење и детекцију функционисања релационих база података (без аутоматског разумевања), потребно је осмислити комплетан систем који може да аутоматски детектује проблем, као и да разуме и изнесе закључке о детектованом проблему. Том приликом потребно је и дефинисати специфичну архитектуру и организацију самог система. Поред до сада наведених циљева, овим истраживањем је потребно утврдити и перформансе које задати систем остварује у реалном клауд окружењу.

Обезбеђивањем оваквог решења, намера истраживања је да се администраторима или корисницима база података олакша коришћење и да се нежељени ефекти који настају као последица проблема значајно смање, како би се смањио каскадни утицај неоптималног понашања релационих база података на системе који користе те релационе базе података. Део истраживања ће се усмерити и на посматрање утицаја овог система на крајњег корисника.

С обзиром да су неке наведене технике већ примењене у релационим базама података [4], а неке у сродним технологијама [8, 9], док су неке предложене у истраживачким студијама и академским радовима [13, 14, 16], овај рад ће тежити синергистичкој примени модерних концепата у циљу проналажења и имплементације финалног решења. Значај истраживања је у томе што ће се осмислити комплетан систем који би омогућио аутоматску детекцију и разумевање проблема у релационим базама података.

#### Референце:

- [1] P. Bernstein, I. Cseri, N. Dani, N. Ellis, A. Kalhan, G. Kakivaya, D. Lomet, R. Manne, L. Novik and T. Talus, "Adapting Microsoft SQL server for cloud computing," in Proceeding of the 27th International Conference on Data, Hannover, Germany, 2011.
- [2] S. Sivasubramanian, "Amazon dynamoDB: a seamlessly scalable non-relational database service," in Proceedings of the 2012 ACM SIGMOD International Conference on Management of Data, Scottsdale, Arizona, USA, 2012.
- [3] C. Curino, E. Jones, R. A. Popa, N. Malviya, E. Wu, S. Madden, H. Balakrishnan and N. Zeldovich, "Relational Cloud: A Database-as-a-Service for the Cloud," in 5th Biennial Conference on Innovative Data Systems Research, Asilomar, California, USA, 2011.
- [4] D. Dundjerski, S. Lazic, M. Tomasevic and D. Bojic, "Improving schema issue advisor in the Azure SQL database," in 25th Telecommunications Forum TELFOR, Belgrade, Serbia, 2017.
- [5] C. Wang, K. Soila, J. Tan, L. Hu, M. Kutare, M. Kasick, K. Schwan, P. Narasimhan and R. Gandhi, "Performance troubleshooting in data centers: an annotated bibliography," ACM SIGOPS Operating Systems Review, vol. 47, no. 3, pp. 50-62, 2013.
- [6] X. Zhu, "Application performance management using learning, optimization, and control," in 5th ACM/SPEC international conference on Performance engineering, Dublin, Ireland, 2014.
- [7] W. Lang, F. Bertsch, D. DeWitt and N. Ellis, "Microsoft Azure SQL database telemetry," in Proceedings of the Sixth ACM Symposium on Cloud Computing, Kohala Coast, Hawaii, USA, 2015.
- [8] T. E. Marquess, "STARKEEPER Network troubleshooter: an expert system product," AT&T Technical Journal, pp. 137-154, 1988.
- [9] P. H. Callahan, "Expert systems for AT&T switched network maintenance," AT&T Technical Journal, vol. 67, no. 1, pp. 93-103, 1988.
- [10] B. G. Buchanan and E. H. Shortliffe, Rule-Based Expert systems, Massachusetts, USA: Addison-Wesley, 1984.

- [11] Q. Zhao, "Reasoning with Awareness and for Awareness," IEEE Systems, Man, & Cybernetics magazine, pp. 35-38, 2017.
- [12] D. V. Aken, A. Pavlo, G. J. Gordon and B. Zhang, "Automatic Database Management System Tuning Through Large-scale Machine Learning," in Proceedings of the 2017 ACM International Conference on Management of Data, Chicago, Illinois, USA, 2017.
- [13] D. Y. Yoon, B. Mozafari, "DBSeer: pain-free database administration through workload intelligence," in Proceedings of the 41st International Conference on Very Large Data Bases, Kohala Coast, Hawaii, USA, pp. 2036-2039, 2015.
- [14] D. Y. Yoon, N. Niu and B. Mozafari, "DBSherlock: A Performance Diagnostic Tool for Transactional Databases," in SIGMOD'16 2016 International Conference on Management of Data, New York, USA, 2016.
- [15] V. Nair, A. Raul, S. Khanduja, V. Bahirwani, Q. Shao, S. Sellamanickam, S. Keerthi, S. Herbert and S. Dhulipalla, "Learning a Hierarchical Monitoring System for Detecting and Diagnosing Service Issues," in 21th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Sydney, Australia, 2015.
- [16] V. Jeyakumar, O. Madani, A. Parandehgheibi, A. Kulshreshtha, W. Zeng, N. Yadav, "ExplainIt! -- A declarative root-cause analysis engine for time series data," in SIGMOD'19 2019 International Conference on Management of Data, Amsterdam, Holland, 2019.
- [17] P. GaneshKumar, C. Rani, D. Devaraj and T. A. A. Victoire, "Hybrid Ant Bee Algorithm for Fuzzy Expert System Based Sample Classification," IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics, vol. 11, no. 2, pp. 347-358, 2014.
- [18] M. S. Hossain, S. Rahaman, A.-L. Kor, K. Andersson and C. Pattinson, "A Belief Rule Based Expert System for Datacenter PUE Prediction under Uncertainty," IEEE Transactions on sustainable computing, vol. 2, no. 2, pp. 140-151, 2017.

### 3. Полазне хипотезе

Истраживачки рад ће се базирати на следећим полазним хипотезама:

- На основу континуалне анализе телеметријских података могуће је направити систем за аутоматску детекцију проблема у релационим података у клауд окружењу.
- Систем за аутоматску детекцију може помоћи кориснику да лакше и брже:
  - реши проблем за који је знао да постоји и којег је типа,
  - детектује и реши проблем за који је знао да постоји, али није знао којег је типа,
  - детектује и реши проблем којег уопште није био свестан.
- Основна детекција проблема треба да буде заснована на предложеним генеричким статистичким *data-science* моделима који имају мању прецизност, али сигурнију детекцију и говоре да постоји проблем, а додатна анализа треба да укључи специфичне моделе са већом прецизношћу који класификују проблем у одређену конкретну групу познатих проблема.
- Квалитет система би се побољшао када би се излаз анализе према статистичким моделима обрадио у одговарајућем експертском систему са подесно одабраним правилима.
- Могуће је дефинисати архитектуру система за интелигентну детекцију проблема у релационим базама података која ће омогућити хоризонталну скалабилност и његово прилагођавање промени величине и профила радног оптерећења.

#### 4. Научне методе истраживања

У овој дисертацији биће примењене следеће методе истраживања:

- Упоредна анализа постојећих решења за анализирање различитих проблема из области релационих база података и из области аутоматског анализирања и проналажења разлога за детектоване проблеме,
- Моделовање система за детекцију и анализу проблема у релационим базама података у клауд окружењу,
- Формирање процеса анализе и константног унапређења резултата добијених коришћењем дефинисаних модела,
- Софтверска имплементација предложеног решења кроз проширење већ постојећег клауд система - Azure SQL Database,
- Евалуација кроз континуалну и вишемесечну анализу перформанси самог система и проблема које систем детектује,
- Комуникација са корисницима платформе у циљу верификације и праћење рада система кроз евалуацију конкретних случајева.

#### 5. Очекивани научни допринос

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

- Детаљан преглед и класификација постојећих решења у области система релационих база података, доступних статистичких модела, експертских система и сервиса заснованих на клауд технологијама,
- Дефиниција одговарајућих статистичких модела за откривање узрока проблема у релационим базама података,
- Дефиниција експертског система за додатну анализу резултата статистичких модела,
- Дефиниција и имплементација опште архитектуре система за аутоматско откривање проблема у релационим базама података,
- Постављање и дефинисање процеса за континуирану анализу резултата овог система са поделом одговорности између актера који учествују на реализацији система,
- Евалуација перформанси и квалитета добијеног решења на примеру Azure SQL Database система,
- Испитивање скалабилности раста система са повећањем броја релационих база података.

#### 6. План истраживања и структура рада

Планира се да се истраживање изведе у следећим фазама:

- Прва фаза ће обухватити опширан преглед и класификацију постојећих решења. У обзир ће бити узети не само системи за детекцију проблема у релационим базама података већ и шири спектар решења из сродних области за сличне проблеме.
- Друга фаза ће обухватити дефиницију статистичких модела и експертског система за аутоматску детекцију и анализу проблема у релационим базама података.
- Трећа фаза ће бити посвећена имплементацији и верификацији дефинисаног система.
- Четврта фаза ће обухватити евалуацију реализованог решења над великим скупом корисничких података у Azure SQL Database окружењу.
- Пета фаза треба да испита и дискутује конкретне случајеве побољшања са корисничке стране употребом дефинисаног система у пракси.

## 7. Закључак и предлог

На основу приложене документације и стечене слике о теми докторске дисертације и досадашњем научном раду Дејана Дунђерског, мастер инжењера електротехнике и рачунарства, Комисија закључује следеће:

1. Кандидат испуњава све формалне и суштинске услове прописане Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Београду и Статутом Електротехничког факултета Универзитета у Београду за израду докторске дисертације.
2. Предложена тема „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу“ је научно заснована, а резултат до којих ће се доћи изградом ове дисертације представљаће значајан и оригиналан допринос. Тема припада ужој научној области Софтверско инжењерство.

На основу претходно изложеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Електротехничког факултета Универзитета у Београду да кандидату Дејану Дунђерском одобри израду докторске тезе под насловом „Систем за интелигентно откривање узрока проблема у релационим базама података у клауд окружењу“ (енг. *Automatic Intelligent Database Troubleshooting System in Cloud Environment*), а под менторством др Мила Томашевића, редовног професора, Електротехничког факултета у Београду.

У Београду 23.11.2020. године

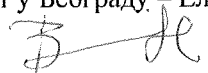
### ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



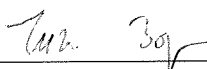
др Мило Томашевић, редовни професор  
Универзитет у Београду – Електротехнички факултет



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