

ИЗВЈЕШТАЈ о оцјени урађене докторске дисертације

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

Комисију за писање Извјештаја о оцјени урађене докторске дисертације именовало је Наставно-научно вијеће Електротехничког факултета Универзитета у Бањој Луци, одлуком број 20/3.224-3/20 25.03.2020. године.

Састав комисије је:

1. др Славко Марић, редовни професор, предсједник
Ужа научна област: Рачунарске науке
Електротехнички факултет Универзитета у Бањој Луци
2. др Зоран Јовановић, редовни професор, ментор
Ужа научна област: Рачунарска техника и информатика
Електротехнички факултет Универзитета у Београду
3. др Зоран Ђурић, редовни професор, члан
Ужа научна област: Рачунарске науке
Електротехнички факултет Универзитета у Бањој Луци
4. др Славко Гајин, ванредни професор, члан
Ужа научна област: Рачунарска техника и информатика
Електротехнички факултет Универзитета у Београду
5. др Милош Љубојевић, доцент, члан
Ужа научна област: Рачунарске науке
Електротехнички факултет Универзитета у Бањој Луци

- 1) Навести датум и орган који је именовано комисију;
- 2) Навести састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, научно-наставног звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање и назива универзитета/факултета/института на којем је члан комисије запослен.

II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Михајло (Ђуро) Савић
Рођен је 26.09.1978. године у Бањој Луци, Босна и Херцеговина
Послиједипломске магистарске студије завршио је на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци, студијски програм Рачунарска техника и информатика 2010. године чиме је стекао научно звање *магистар електротехничких наука*.
Магистарску тезу из уже научне области Рачунарске науке, под називом "Систем за надзор рачунарске грид инфраструктуре посредством SNMP протокола" је

одбранио на Електротехничком факултету Универзитета у Бањој Луци 14.12.2010. године.

- 1) Име, име једног родитеља, презиме;
- 2) Датум рођења, општина, држава;
- 3) Назив универзитета и факултета и назив студијског програма академских студија II циклуса, односно последиједипломских магистарских студија и стечено стручно/научно звање;
- 4) Факултет, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране магистарског рада;
- 5) Научна област из које је стечено научно звање магистра наука/академско звање мастера;
- 6) Година уписа на докторске студије и назив студијског програма.

III УВОДНИ ДИО ОЦЈЕНЕ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов дисертације је "Систем за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса".

Тему докторске дисертације је прихватио Сенат Универзитета у Бањој Луци 24.10.2013. године.

Садржај докторске дисертације са страничењем:

1. Увод (странице 1-6)
2. Преглед дијелених инфраструктура и система за надзор (странице 7-25)
3. Надзор дистрибуиране рачунарске инфраструктуре (странице 26-51)
4. Кориснички надзор дијелене инфраструктуре (странице 52-80)
5. Примјена у IoT окружењу (странице 81-85)
6. Закључак (странице 86-88)
- Литература (странице 89-96)
- Прилози (странице 97-135)
- Биографија аутора (страница 136)
- Изјаве аутора (страница 137)

Основни подаци о докторској дисертацији:

Обим: 135 стране, укупно 150 са свим додатним странама

Број табела: 5

Број слика, шема и графикана: 26

Број цитиране литературе: 124

- 1) Наслов докторске дисертације;
- 2) Вријеме и орган који је прихватио тему докторске дисертације
- 3) Садржај докторске дисертације са страничењем;
- 4) Истаћи основне податке о докторској дисертацији: обим, број табела, слика, шема, графикана, број цитиране литературе и навести поглавља.

IV УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

Убрзани развој информационих технологија у претходном периоду, те раст расположивих ресурса, али и потреба за њима су условили потребу за ефикаснијим начином употребе доступних ресурса. Један од првих покушаја рјешавања наведених проблема на глобалном нивоу је био GRID рачунарство [1]. Основне идеје GRID рачунарства су једноставно, ефикасно и сигурно дијелење и употреба хетерогених рачунарских и сродних ресурса, засновано на отвореним стандардима. Данас је доминантан приступ заснован на дистрибуираним и дијеленим инфраструктурама у виду рачунарства у облаку (енг. *Cloud Computing*), односно вида употребе инфраструктуре као сервиса (енг. *Infrastructure as a Service – IaaS*) [2]. Основна разлика у односу на GRID рачунарство лежи у чињеници да нагласак више није на приступу рачунарским системима намијењеним за научна и друга

израчунавања, већ да је сада фокус на омогућавању корисницима да креирају виртуелне рачунарске инфраструктуре по потреби. Како је сам концепт постао изузетно популаран у врло кратком и скором временском интервалу, није изненађујуће да је у пракси присутан велики број, потенцијално некомпатибилних, рјешења и имплементација концепта.

Иако су сами концепти релативно једноставни, сама реализација укључује велики број компонената које морају коректно и поуздано функционисати. Чињеница да се и најједноставније инсталације састоје минимално од система за управљање идентитетом, система за управљање правима приступа, системима за виртуелизацију рачунарских и мрежних ресурса, системима за похрану података, итд, снажно сугерише да и сам посао одржавања оваквог система не представља једноставан посао [3].

Један од основних предуслова за правилно функционисање овако комплексних система је постојање квалитетног система за надзор употребе и правилног функционисања доступних ресурса. Индикативно је да већина система за надзор подржава само одређену технологију, уз релативно мало пажње посвећене интеграцији у постојеће системе или специфичности надзора физичких уређаја. На примјер, евидентно је да постојећи системи готово да немају подршку за најраспрострањенији стандард за надзор и управљање мрежним уређајима SNMP (енг. *Simple Network Management Protocol*) [4], иако је то основни стандард за надзор подржан од стране практично свих мрежних уређаја. Разлог вјероватно лежи у чињеници да формализам и постојање чврстих стандарда чине SNMP много комплекснијим у поређењу са популарним, флексибилним и једноставнијим REST (енг. *Representational State Transfer*) [5] API (енг. *Application Programming Interface*) базираним приступима. Међутим, реализацију пожељног униформног надзора хетерогене, комплексне инфраструктуре, у знатној мјери отежава међусобна некомпатибилност API-ја различитих платформи.

Сама организација рачунарске инфраструктуре као сервиса се заснива на употреби виртуелизованих ресурса који се имплементирају на реалним рачунарским и мрежним ресурсима. Како је ријеч о дијеленом и динамичком окружењу, постоје бројни проблеми за поуздану идентификацију компонената система које представљају “уска грла”, или на други начин деградирају перформансе комплетног система. Један од једноставнијих, али илустративних проблема је немогућност корисника инфраструктуре да има увид у реално искоришћење сервера на ком се тренутно извршава корисничка виртуелна машина [6]. Наиме, иако кориснику виртуелна машина даје информацију да је виртуелни ресурс слободан, на реалном серверу нека друга виртуелна машина може заузети значајну количину ресурса и на тај начин смањити перформансе прве виртуелне машине. Проблем лежи у чињеници да корисницима није дозвољено, са добрим разлогом, да директно приступају стварним подацима ни физичког сервера, ни других виртуелних машина које се извршавају на истом серверу и са којима дијеле ресурсе.

Посебан проблем представља употреба инфраструктуре као сервиса у комплексним системима, гдје се на вишим нивоима користе друге, саме по себи комплексне технологије као што је грид рачунарство. Тренд виртуализације грид ресурса је постао врло популаран у протеклом периоду и вјероватно представља будућност грид рачунарства у виду скупа стандардизованих окружења, слично платформи као сервису, гдје грид сегмент представља платформу као сервис. Имајући у виду специфичности грид рачунарства као и високе захтјеве крајњих корисника за

рачунарским ресурсима високих перформанси, неопходно је обезбиједити надзор свих релевантних слојева инфраструктуре у циљу откривања проблема у функционисању система. Тренутно постоје квалитетно реализоване компоненте за надзор физичког [7] и грид сервисног сегмента [8], уз врло проблематичан недостатак стандардизованог система који обезбјеђује везу између њих.

Деградација перформанси представља озбиљан проблем и за кориснике и за оператере дијелених инфраструктура. Једно од могућих рјешења је правовремена детекција деградације и правилно одређивање узрока исте које омогућава реконфигурацију система или прерасподјелу ресурса са циљем побољшања перформанси. Иако и корисници и оператери имају исти циљ, елиминацију деградације перформанси, начин на који приступају систему и количина података којима располажу се знатно разликују. Студија проведена 2016. године од стране Rodrigues-а и сарадника у области IaaS окружења је идентификовала надзор над нижим нивоима инфраструктуре, виртуелизацијом и вишекорисничким ресурсима, као отворена питања која је потребно ријешити у контексту надзора IaaS окружења [6]. До сличних закључака су дошли и аутори студије која је анализирала 21 доступан систем за надзор генеричких и IaaS инфраструктура [9].

У раду Ру-а и сарадника је дата анализа усмјерена на мрежне перформансе у виртуелизованим рачунарским окружењима под утицајем разноврсних виртуелних машина и типова оптерећења извршаваних на истом физичком серверу [10]. Chen и сарадници су креирали систем који омогућава детекцију и предикцију интерференције перформанси у виртуелизованим окружењима [11]. У раду је дата и детаљна анализа утицаја различитих типова оптерећења на перформансе, од процесорски интензивних задатака, преко мрежних оптерећења до задатака дизајнираних да оптерете систем за складиштење података. Аутори су показали да је избором побољшаног распоређивача виртуелних машина могуће постићи побољшања перформанси и до 30% у тест окружењу. Amri, Hamdi и Brahimi су испитивали утицај система за надзор и детекцију интерференције перформанси [12]. У раду су класификовали системе, између осталог, и према циљном типу корисника система те методу детекције или предикције интерференције. Сви анализирани системи намијењени корисницима инфраструктуре су користили приступе засноване или на редовима чекања или машинском учењу. Системи су првенствено ублажавали ефекте интерференције или кроз побољшано распоређивање виртуелних машина по серверима или су детектовали интерференцију на основу одступања мјерених перформанси система у односу на доступне историјске податке. Lee, Lee и Eom су показали да је правилним одабиром рјешења оптимизованог за одређене класе проблема интерференције перформанси, као што је систем намијењен за оптимизацију приступа трајној меморији, могуће смањити кашњење до 52% те побољшати пропусни опсег до 59,6% у условима интерференције [13].

Употребу IaaS окружења за научна израчунавања су анализирали Exposito и сарадници, уз главни закључак да је скалабилност у највећој мјери зависна од мрежних перформанси виртуелизованог окружења [14]. Популарност употребе разних контејнерских технологија као алтернативи пуној виртуелизацији је заснована на чињеници да употреба ових технологија типично има много мање ефекте на перформансе корисничких окружења, уз потенцијално мањи ризик од интерференције перформанси. Ruiz, Jeanvoine и Nussbaum су анализирали могућност употребе контејнерских технологија за рачунарство високих перформанси и научна израчунавања, уз закључак да је употреба ових технологија

оправдана у наведеним областима [15]. Xavier и сарадници су показали да је чак и у тим условима могуће искузити деградацију перформанси до 38% услед интерференције перформанси, што илуструје чињеницу да је проблем интерференције изазван дијељеном природом ресурса а не пука последица неефикасне виртуелизације [16]. Проблем деградације перформанси у мрежној компоненти IaaS окружења је анализиран од стране Guo-a и сарадника [17]. Аутори у раду предлажу употребу кооперативног приступа из теорије игара са циљем гарантовања одређеног нивоа услуга за све виртуелне машине укључујући праведну расподелу преосталог пропусног опсега. Gong, He и Li су показали да употреба генеричких рјешења за оптимизацију мрежних инфраструктура није погодна у IaaS окружењима, те да је потребно извршити одвајање константног од динамичког оптерећења мреже са циљем побољшања перформанси исте [18].

Коришћена литература:

- [1] I. Foster and C. Kesselman, *The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure*. Elsevier, 2003.
- [2] P. Mell and T. Grance, “The NIST Definition of Cloud Computing,” p. 7, 2011.
- [3] “OpenStack Docs: Basic architecture.” [Online]. Available: <https://docs.openstack.org/glance/pike/contributor/architecture.html>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [4] B. Wijnen, R. Presuhn, and D. Harrington, “An Architecture for Describing SNMP Management Frameworks”, Request for Comments RFC 2571, 1999. [Online]. Available: <https://tools.ietf.org/html/rfc2571>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [5] R. T. Fielding. , Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures; CHAPTER 5: Representational State Transfer (REST) “. Dissertation, Irvine: University of California, Irvine,2000. Available: https://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/rest_arch_style.htm. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [6] G. Da Cunha Rodrigues *et al.*, “Monitoring of Cloud Computing Environments: Concepts, Solutions, Trends, and Future Directions,” in *Proceedings of the 31st Annual ACM Symposium on Applied Computing*, New York, NY, USA, 2016, pp. 378–383.
- [7] “Nagios - The Industry Standard In IT Infrastructure Monitoring,” *Nagios*. [Online]. Available: <https://www.nagios.org/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [8] “ARGO Availability and Reliability Monitoring,” *ARGO Documentation*. [Online]. Available: <http://argoeu.github.io/>. [Accessed: 07-Dec-2019].
- [9] K. Fatema, V. C. Emeakaroha, P. D. Healy, J. P. Morrison, and T. Lynn, “A survey of Cloud monitoring tools: Taxonomy, capabilities and objectives,” *Journal of Parallel and Distributed Computing*, vol. 74, no. 10, pp. 2918–2933, Oct. 2014.
- [10] X. Pu *et al.*, “Who Is Your Neighbor: Net I/O Performance Interference in Virtualized Clouds,” *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 6, no. 3, pp. 314–329, Jul. 2013.
- [11] X. Chen, L. Rupprecht, R. Osman, P. Pietzuch, F. Franciosi, and W. Knottenbelt, “CloudScope: Diagnosing and Managing Performance Interference in Multi-tenant Clouds,” in *2015 IEEE 23rd International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems*, 2015, pp.

164–173.

- [12] S. Amri, H. Hamdi, and Z. Brahmi, “Inter-VM Interference in Cloud Environments: A Survey,” in *2017 IEEE/ACS 14th International Conference on Computer Systems and Applications (AICCSA)*, 2017, pp. 154–159.
- [13] T. Lee, M. Lee, and Y. I. Eom, “VM-aware Flush Mechanism for Mitigating Inter-VM I/O Interference,” in *2019 Design, Automation Test in Europe Conference Exhibition (DATE)*, 2019, pp. 1501–1506.
- [14] R. R. Expósito, G. L. Taboada, S. Ramos, J. Touriño, and R. Doallo, “Performance analysis of HPC applications in the cloud,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 29, no. 1, pp. 218–229, Jan. 2013.
- [15] C. Ruiz, E. Jeanvoine, and L. Nussbaum, “Performance Evaluation of Containers for HPC,” in *Euro-Par 2015: Parallel Processing Workshops*, Cham, 2015, pp. 813–824.
- [16] M. G. Xavier, I. C. D. Oliveira, F. D. Rossi, R. D. D. Passos, K. J. Matteussi, and C. A. F. D. Rose, “A Performance Isolation Analysis of Disk-Intensive Workloads on Container-Based Clouds,” in *2015 23rd Euromicro International Conference on Parallel, Distributed, and Network-Based Processing*, 2015, pp. 253–260.
- [17] J. Guo, F. Liu, J. C. S. Lui, and H. Jin, “Fair Network Bandwidth Allocation in IaaS Datacenters via a Cooperative Game Approach,” *IEEE/ACM Transactions on Networking*, vol. 24, no. 2, pp. 873–886, Apr. 2016.
- [18] Y. Gong, B. He, and D. Li, “Finding Constant from Change: Revisiting Network Performance Aware Optimizations on IaaS Clouds,” in *Proceedings of the International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis*, Piscataway, NJ, USA, 2014, pp. 982–993.

С обзиром на изложене потребе и трендове развоја система за надзор рачунарске инфраструктуре и резултате досадашњих истраживања и развоја оваквих система, идентификовани су неријешени проблеми који су предмет истраживања ове дисертације. При томе се посебно издвајају проблеми надзора како физичких тако и виртуелизованих ресурса, проблеми надзора хетерогених система, те проблеми везани за омогућавање надзора физичких уређаја од стране корисника виртуелизованих ресурса.

Предмет истраживања ове дисертације се односи на идентификацију проблема надзора савремених рачунарских инфраструктура и развој новог рјешења, базираног на концепту надзора рачунарске инфраструктуре као сервиса, којим се превазилазе кључни проблеми и недостаци постојећих рјешења.

Имајући у виду проблеме и предмет истраживања ове дисертације постављена је основна хипотеза која гласи:

„Могуће је пројектовати и реализовати ефикасан систем за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса, која на униформан начин путем SNMP протокола омогућује корисницима увид у стање и физичких и виртуелних елемената инфраструктуре.“

Основни циљ дисертације је верификација постављене хипотезе анализом, пројектовањем и реализацијом система за надзор рачунарске инфраструктуре као

сервиса који задовољава постављене захтјеве, што укључује:

- Преглед доступних платформи које омогућавају употребу рачунарске инфраструктуре као сервиса.
- Преглед релевантне литературе у области надзора рачунарске инфраструктуре као сервиса.
- Анализу доступних рјешења за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса укључујући и надзор нижих слојева инфраструктуре.
- Анализу потреба и дефинисање корисничких захтјева за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса.
- Пројектовање и реализацију система за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса.
- Верификацију реализованог рјешења на реалној инфраструктури.

У раду су идентификоване три врсте дијелених инфраструктура од интереса за ово истраживање, дат је њихов опис, као и преглед доступних система за надзор идентификованих врста инфраструктура. Посебна пажња је посвећена приказу платформи и система за надзор у области рачунарских инфраструктура као сервиса за три најпопуларније платформе отвореног кода за приватне IaaS инсталације. Извршена је и анализа доступних система за грид, рачунарство високих перформанси и рачунарске мрежне инфраструктуре. Дат је и опис SNMP протокола и његове употребе у системима за надзор уз нагласак на проширење функционалности агентске компоненте система.

Нигдје у доступној литератури није описан систем који омогућава корисницима увид у стварно стање физичке инфраструктуре на којој се заснива виртуелна корисничка инфраструктура ни за један од описаних типова инфраструктуре, а самим тим ни унифицираног рјешења које је у стању да опслужи потребе корисника све три анализираних врсте дијелених инфраструктура. Такође је примјетан недостатак система који користе стандардизовани приступ употребом SNMP протокола.

Пројектовани и реализовани систем омогућава три основна начина рада: као SNMP мост према уређајима који не подржавају такав начин надзора, као систем за надзор правилног функционисања дистрибуиране хетерогене рачунарске инфраструктуре и као систем за корисничку детекцију деградације перформанси контролисаним приступом мјерним подацима уређаја који чине физичку инфраструктуру.

Очекивани научни и прагматични доприноси дисертације су:

- Анализа утицаја дијелених виртуелних окружења на перформансе корисничких виртуелних ресурса.
- Анализа потреба система за надзор хибридних, односно приватно-јавних, инфраструктура са становишта корисника инфраструктуре.
- Анализа могућности употребе SNMP стандарда у наведеном систему за надзор.
- Систематизован преглед рјешења која омогућују надзор дистрибуиране, хетерогене рачунарске инфраструктуре као сервиса
- Пројектовање и реализација система за надзор који узима у обзир раније наведене ставке.

1) Укратко истаћи разлог због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе;

- 2) На основу прегледа литературе сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету);
- 3) Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања;
- 4) Навести очекиване научне и прагматичне доприносе дисертације.

V МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

За потребе имплементације система за надзор коришћен је програмски језик Java, те библиотеке Jasmin JAX и SNMP4J, те већи број библиотека неопходних за комуникацију са појединачним компонентама и сервисима рачунарске инфраструктуре. Како је систем пројектован да буде употребљив и у једносерверској и у дистрибуираној примјени, као систем за размјену порука је коришћен AMQP компатибилан сервер.

Основне научне методе истраживања примјењиване у раду су:

- Прикупљање, анализа и систематизација доступне литературе.
- Анализа система за надзор рачунарске инфраструктура водећи рачуна о актуелности представљених истраживања и примјењивости на обрађену тему.
- Прикупљање података везаних за надзор инфраструктуре од стране оператера и корисника регионалне дистрибуиране рачунарске инфраструктуре у оквиру VI-SEEM пројекта.
- Анализа прикупљених података и формулисање скупова захтјева и ограничења система за надзор.
- Анализа могућих извора података у оквиру анализираних инфраструктура.
- Анализа доступних података и организација у одговарајући МПВ документ.
- Пројектовање и имплементација система за надзор правилног функционисања дистрибуиране рачунарске инфраструктуре.
- Пројектовање и имплементација веб базираног портала за графички приступ подацима претходно реализованог система.
- Анализа три основне врсте дијелених инфраструктура и извора деградације перформанси у њима.
- Пројектовање система способног за рад у све три врсте инфраструктура.
- Реализација пројектованог система и валидација у практичној примјени на три врсте надгледаних ресурса.
- Анализа флексибилности реализованог система, која је илустрована описом његове примјенљивости у IoT (*Internet of Things*) окружењу.

Реализовани систем је коришћен за надзор регионалне дистрибуиране рачунарске инфраструктуре распоређене у 16 држава на три континента у оквиру Хоризонт 2020 пројекта VI-SEEM и NI4OS-Europe у којима је систем функционисао без забиљежених неправилности.

Истраживање је изведено примијеном адекватних метода истраживања и на основу предвиђеног плана, којим су остварени постављени циљеви.

Верификација резултата извршена је и објављивањем резултата истраживања у научном часопису са SCI листе са импакт фактором (IF2018=4,098):

M. Savic, M. Ljubojevic, S. Gajin, "A Novel Approach to Client-Side Monitoring of Shared Infrastructures," *IEEE Access*, ISSN 2169-3536, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2978172,

те у часопису са *Emerging SCI* листе:

M. Savic, "Bridging the SNMP gap: Simple network monitoring the internet of things," *Facta universitatis - series: Electronics and Energetics*, vol. 29, no. 3, pp. 475–487, 2016. DOI: 10.2298/fuee1603475s.

- 1) Објаснити материјал који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала;
- 2) Дати кратак увид у примијењени метод истраживања при чему је важно оцијенити сљедеће:
 1. Да ли су примијењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетским нивоима;
 2. Да ли је дошло до промјене у односу на план истраживања који је дат приликом пријаве докторске тезе, ако јесте зашто;
 3. Да ли испитивани параметри дају довољно елемената или је требало испитивати још неке, за поуздано истраживање;
 4. Да ли је статистичка обрада података адекватна.

VI РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

Најважнији резултати и научни допринос ове докторске дисертације су:

1. Систематичан и детаљан преглед области и сродних истраживања везаних за тему докторске дисертације.
2. Израда МИБ документа и пројектовање и реализација система за надзор правилног функционисања дистрибуиране и хетерогене рачунарске инфраструктуре употребом SNMP стандарда.
3. Анализа три основне врсте дијељених инфраструктура, проблема деградације перформанси у њима, те пројектовање и реализација новог система за надзор, који омогућава корисницима контролисан и униформан приступ подацима о стању физичке инфраструктуре употребом SNMP стандарда.
4. Флексибилност реализованог система и универзалност приступа, што је илустровано анализом и описом његове примјенљивости у IoT (*Internet of Things*) окружењу.

Кандидат је јасно приказао добијене резултате, те их правилно, логично и јасно протумачио и упоредио са резултатима других аутора, те је показао да рјешење описано у овом раду није присутно у доступној литератури и да представља нови приступ рјешавању проблема. Кандидат је у раду испољавао довољно критичности.

У овој докторској дисертацији је показано да је могуће пројектовати и реализовати систем за надзор дистрибуиране и хетерогене рачунарске инфраструктуре, који на униформан начин путем SNMP стандарда омогућава корисницима увид у стање и виртуелних и физичких елемената инфраструктуре. Посебно је значајна могућност примјене развијеног рјешења у области надзора IoT уређаја, која илуструје флексибилност и универзалност приступа. Предложено рјешење је дато уз анализу перформанси, те валидацију на нивоу локалне и регионалне рачунарске инфраструктуре у оквиру међународног пројекта.

- 1) Укратко навести резултате до којих је кандидат дошао;
- 2) Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући са резултатима других аутора и да ли је кандидат при томе испољавао довољно критичности;
- 3) Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, као и који нови истраживачки задаци се на основу њих могу утврдити или назирати.

VII ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

На основу прегледа докторске дисертације Михајла Савића, магистра електротехничких наука, закључујемо да је ова докторска дисертација самостални рад кандидата и да садржи све елементе научног приступа и оригиналне резултате у рјешавању проблема надзора дистрибуираних и дијелених рачунарских инфраструктура.

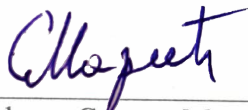




Кандидат је постигао постављене циљеве и доказао хипотезу да је могуће пројектовати и реализовати ефикасан систем за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса која на униформан начин, употребом SNMP протокола, омогућује корисницима увид у стање и физичких и виртуелних елемената инфраструктуре. Описано рјешење које омогућава корисницима рачунарских инфраструктура као сервиса контролисан приступ подацима о стању уређаја која чине инфраструктуру је јединствено у доступној литератури и омогућава проширење функционалности система за надзор и детекцију деградације перформанси дијелених инфраструктура у потпуно новом правцу.

Комисија предлаже да се докторска дисертација кандидата Михајла Савића под насловом "Систем за надзор рачунарске инфраструктуре као сервиса" прихвати, а кандидату одобри одбрана докторске дисертације.

- 1) Навести најзначајније чињенице што тези даје научну вриједност, ако исте постоје дати позитивну вриједност самој тези;
- 2) На основу укупне оцјене дисертације комисија предлаже:
 - да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана,
 - да се докторска дисертација враћа кандидату на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се докторска дисертација одбија.

ПОТПИС ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

Датум: 27.4.2020.

1. 
Проф. др Славко Марић
2. 
Проф. др Зоран Јовановић
3. 
Проф. др Зоран Ћурић
4. 
Проф. др Славко Гајин
5. 
Доц. др Милош Љубовић