

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ		
1. Датум и орган који је именовано комисију: 01.07.2021. године именована је комисија од стране Научно-наставног већа Факултета техничких наука Универзитета у Новом Саду		
2. Састав комисије у складу са <i>Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду</i> :		
1. Ердељан Александар	Редовни професор	Аутоматика и управљање системима
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		председник
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. Протић Јелица	Редовни професор	Рачунарска техника и информатика
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Електротехнички факултет, Београд		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. Сарић Андрија	Редовни професор	Електроенергетика
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. Гаврић Милан	доцент	Примењено софтверско инжењерство
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. Вукмировић Срђан	ванредни професор	Аутоматика и управљање системима
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		члан
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
6. Чапко Дарко	ванредни професор	Аутоматика и управљање системима
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		ментор
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
II ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ		
1. Име, име једног родитеља, презиме: Себастијан, Виду Стоја		

2. Датум рођења, општина, држава:

28.02.1988., Кикинда, Р. Србија

3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:

Факултет техничких наука, Универзитет у Новом Саду, Енергетика, електроника и телекомуникације, Специјалиста инжењер електротехнике и рачунарства

4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:

2015

III НАСЛОВ ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Архитектура софтверског система за електроенергетске прорачуне заснована на микросервисима

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Докторска дисертација написана је на 120 страна. Садржи 9 поглавља, 60 слике, 18 табела, и 108 навода литературе. Кључна документација написана је на српском и енглеском језику. Поред поглавља литературе, биографије, списка скраћеница, списка табела, списка слика, садржај докторске дисертације је следећи:

1. Увод
2. Преглед актуелног стања у области
3. Опис, коришћење и прорачуни ДМС система
4. Микросервиси
5. Примена микросервиса
6. Традиционални ДМС систем
7. Предлог архитектуре система и трансформација прорачуна
8. Тестирање и резултати
9. Закључак

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У оквиру докторске дисертације описана је потреба за пребацивањем ДМС система и његових аналитичких електроенергетских прорачуна са монолитне апликације на микросервисно окружење.

Уводно поглавље је даје кратак преглед разматраног проблема и опис мотивације истраживања. Додатно, увод садржи предмет, проблем и циљеве истраживања докторске дисертације у којима су истакнути доприноси истраживања. У овом поглављу су такође приказане примењене методе истраживања као и могућности примене предложеног решења.

Актуелно стање у области је представљено у **другом поглављу**, где се анализирају постојећа решења и правци истраживања у разматраној области, као и тенденција развоја апликација уз ослонац на микросервисну архитектуру и *cloud*.

Истраживања спроведена у овој докторској дисертацији су усмерена на трансформацију ДМС система у контексту аналитичких прорачуна електроенергетског система. Функције једног таквог дистрибуираног система служе за надгледавање, оптимизацију електроенергетске мреже, као и предвиђање потрошње електричне енергије. Зато један овакав систем који ради у реалном времену треба да буде ефикасан, да има брз одзив и да увек буде доступан. Без надгледавање и увек доступне апликације нема ни оптималне експлоатације електричне енергије. Опис и коришћење прорачуна значајних за ову докторску дисертацију су дати у **поглављу три**.

Микросервиси су један од стилова архитектуре софтвера који у последњих неколико година привлачи доста пажње и представља нови начин размишљања о дистрибуираним апликацијама. Односи се на развој апликација као скупа малих сервиса, независних једни од других, сваки за себе је засебан процес односно микросервис, а комуникација између микросервиса се одвија преко одређених протокола. Другим речима, микросервиси су аутономни сервиси који кроз међусобну

комуникацију испуњавају постављене захтеve. Опис микросервиса као и његове особине и функције су дати у **поглављу четири**.

Примена и коришћења микросервиса на две платформе у *cloud* окружењу, као и њихове особине је представљена у **поглављу пет**.

У циљу свеобухватнијег сагледавања контекста разматраног проблема, у **шестом поглављу** је описана архитектура паметних дистрибутивних мрежа уз објашњење улоге и основних функционалности интегрисаних подсистема. Након тога је анализирана архитектура традиционалних ДМС система са посебним освртом на најчешће коришћене аналитичке електроенергетске функције. Анализирани су критични сегменти представљене архитектуре и постављен проблем који се решава у раду. У складу са тим дефинисане су и хипотезе докторске дисертације.

У **седмом поглављу** је предложена архитектура система и поступак како се аналитички електроенергетски прорачуни дизајнирају у оквиру новопостављене архитектуре. Архитектура предложене апликације је заснована на микросервисима, па је извршена анализа појединачних прорачуна, установљена њихова међузависност и на основу изведених закључака предложена је вишеслојна архитектура типа стабла. На бази спроведених истраживања, установљено је хоризонтално и вертикално груписање прорачуна и као резултат такве анализе је добијен граф зависности који представља структуру погодну за оптимално извршавање прорачуна у микросервисном окружењу. Наведени концепт је дизајниран у оквиру *Microsoft Service Fabric* микросервисног окружења и објашњени су алгоритми за извршавање прорачуна, додавање или брисање одређеног прорачуна из система. Поред тога, дат је предлог трансформације два прорачуна на *cloud* микросервисно окружење, односно на платформу *Microsoft Service Fabric*.

Експериментални резултати добијени на развијеном прототипу апликације засноване на предложеној архитектури и монолитној апликацији су представљени у **осмом поглављу**. У овом поглављу је извршено 6 експеримената у 3 главна сценарија, а то су: монолитни сценарио и два микросервисна сценарија и две подгрупе ових сценарија. Сваки експеримент је извршен на истом тестном окружењу за 3 типа електроенергетске мреже како би се сагледале потребе електродистрибутивних предузећа која се разликују по броју потрошача. На крају је извршена анализа добијених резултата.

Поглавље девет даје закључна разматрања ове докторске дисертације, и у оквиру њега су приказане предности апликације са предложеном архитектуром развијеном у микросервисном окружењу, као и правци даљих истраживања.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ:

1. **Stoja S.**, Vukmirović S., Dalčeković N., Čapko D., Jelačić B.: Accelerating performance in critical topology analysis of distribution management system process by switching from monolithic to microservices, *Revue Roumaine des Sciences Techniques. Ser. Electrotechnique et Energetique*, Vol. 63, No 3, pp. 338-343, 2018, ISSN 0035-4066, **M23**
2. Dalčeković N., Vukmirović S., **Stoja S.**, Milošević N.: Enabling the IoT paradigm through multi-tenancy supported by scalable data acquisition layer, *Annales des Telecommunications - Annals of Telecommunications*, 2016, Vol. 72, No 1, pp. 71-78, ISSN 0003-4347, **M23**
3. B. Jelacic, I. Lendak, **S. Stoja**, M. Stanojevic, D. Rosic, Security Risk Assessment-based Cloud Migration Methodology for Smart Grid OT Services, *Acta Polytechnica Hungarica*, Vol. 17, No. 5, pp. 113-134, 2020, **M23**
4. Jelačić B., Rosić D., Lendak I., Stanojevic M., **Stoja S.**: STRIDE to a secure Smart Grid in a hybrid cloud, 3. *Industrial Control Systems & Of Cyber-Physical Systems CyberICPS*, Oslo, 11-15 Septembar, 2017, **M33**
5. **Stoja S.**, Vukmirović S., Jelačić B., Čapko D., Dalčeković N.: Architecture of Real-Time Database in Cloud Environment for Distributed Systems, 2. *International Conference on Artificial Intelligence, Modelling and Simulation*, Madrid: IEEE, 18-20 Novembar, pp. 258-263, 2014, ISBN 978-1-4799-7599-0, **M33**

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

Циљ докторске дисертације је предложити архитектуру система која би омогућила миграцију аналитичких електроенергетских прорачуна традиционалног ДМС система на *cloud* и микросервисно окружење. На основу расположиве литературе и реализованих пројеката из

разматране области, идентификовани су најзначајнији правци истраживања.

У оквиру наведеног истраживања обухваћени су следећи задаци:

- Анализа ДМС система и постојеће архитектуре како би се дефинисало места примене микросервисне архитектуре.
- Анализа електроенергетских прорачуна ДМС система. Анализом је обухваћено тринаест електроенергетских прорачуна са свим њиховим међузависностима и улогама у традиционалној монолитној архитектури ДМС система.
- Анализа микросервиса и *cloud-a*, њихове карактеристике, предности и мане, као и истраживање различитих могућности развоја микросервиса на платформи *Microsoft Service Fabric*.

Докторском дисертацијом су постављене и потврђене следеће хипотезе:

- Могуће је развити архитектуру софтверског система за електроенергетске прорачуне у микросервисном окружењу.
- Предложено решење се може применити у ДМС системима и добити трансформацијом монолитне апликације на микросервисну апликацију.
- Предложено решење има предности у односу на конвенционална решења.

Микросервисна архитектура ДМС система са тринаест електроенергетских прорачуна је базирана на груписању електроенергетских прорачуна, тј. прорачуни су подељени по групама и постоји могућност за додавање новог прорачуна и брисање постојећег прорачуна из стабла зависности. Имплементација овакве архитектуре отвара могућност њеног коришћења и за друге електроенергетске прорачуне које се појављују као нови захтеви, с обзиром да захтеви који се постављају пред ДМС систем расту из дана у дан са потребама клијената и тржишта.

За примену и тестирање предложене архитектуре је искоришћена платформа *Microsoft Service Fabric* на којој је развијен прототип са два прорачуна из две групе (Г2-тополошка анализа и Г3-токови снага). Ова два прорачуна су изабрана као два најзначајнија, односно, најчешће коришћена прорачуна електроенергетске мреже, јер од ових прорачуна зависи већина осталих електроенергетских прорачуна, па и сам рад ДМС система без ова два прорачуна није могућ.

Резултати спроведених експеримената указују на то да примена архитектуре у микросервисном окружењу даје боље резултате са аспекта времена извршавања електроенергетских прорачуна у односу на монолитну апликацију. Приликом слања захтева за прорачуном тополошке анализе резултати микросервисног сценарија су бољи од 1.4 пута до скоро 10 пута у односу на монолитни сценарио, а приликом слања захтева за прорачуном токова снага резултати микросервисног сценарија су бољи од 1.07 до 6 пута у односу на монолитни сценарио. Показало се да је ово последица интерног чувања резултата прорачуна за сваки корен електроенергетске мреже у одговарајућем микросервису.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Комисија закључује да су резултати спроведеног истраживања у оквиру докторске дисертације представљени систематично, јасно и коректно. Изведени закључци су постављени у складу са дефинисаним циљевима и постављеним хипотезама као смерницама у научно-истраживачким активностима. Закључци су базирани на резултатима добијеним индуктивно-дедуктивним методама, као и спроведеним експериментима на предложеном решењу.

Приложени текст дисертације је проверен путем софтвера за детекцију плагијаризма „iThenticate“. На основу резултата провере, Комисија је донела закључак да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидата Стоја Себастијана.

У складу са наведеним, Комисија ПОЗИТИВНО оцењује начин на који су резултати истраживања приказани и тумачени.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСKE ДИСЕРТАЦИЈЕ:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме?

Да, дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе?

Да, дисертација садржи све битне елементе који се захтевају по Статуту Факултета техничких наука и Универзитета у Новом Саду, као и Закона о високом образовању.

3. По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Дисертација представља свебухватну анализу надзорно-управљачких система са електроенергетским прорачунима у дистрибутивним мрежама са аспекта софтверских захтева и потенцијалних потреба у оквиру великих електроенергетских система. На основу анализе стања у области је утврђено да не постоји истраживање које се бави софтверском архитектуром система за аналитичке електроенергетске прорачуне базираном на микросервисима. Поред тога, предложени дизајн је праћен математичким проценом потребног броја микросервиса у зависности од степена скалабилности и потреба које се намећу пред сам систем.

4. Који су недостаци дисертације и какав је њихов утицај на резултат истраживања?

У дисертацији нису уочени недостаци који би утицали на резултате истраживања.

X ПРЕДЛОГ:

На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:

- **да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана**

Комисија позитивно оцењује докторску дисертацију под насловом „**Архитектура софтверског система за електроенергетске прорачуне заснована на микросервисима**“ и предлаже да се докторска дисертација прихвати, а да кандидату **Стоја Себастијану** буде одобрена њена одбрана.

1. Александар Ердељан, редовни професор

_____, председник

2. Јелица Протић, редовни професор

_____, члан

3. Андрија Сарић, редовни професор

_____, члан

4. Милан Гаврић, доцент

_____, члан

5. Срђан Вукмировић, ванредни професор

_____, члан

6. Дарко Чапко, ванредни професор

_____, ментор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај и да исти потпише.