

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

I ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ

1. Датум и орган који је именовео комисију:

Решење Декана Факултета техничких наука у Новом Саду на основу одлуке Наставно научног већа Факултета, бр. 012-199/51-2022 од 30.11.2023. године.

2. Састав комисије у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду*:

1. др Дарко Чапко	Редовни професор	Аутоматика и управљање системима, 12.07.2022.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		Председник комисије
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
2. др Иван Вулић	Доцент	Софтверско инжењерство, 28.10.2021.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Војна академија, Београд		Члан комисије
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
3. др Имре Лендак	Ванредни професор	Примењено софтверско инжењерство, 27.09.2023.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан комисије
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
4. др Милан Гаврић	доцент	Примењено софтверско инжењерство, 01.10.2023.
презиме и име	звање	ужа научна област и датум избора
Факултет техничких наука, Нови Сад		Члан комисије
установа у којој је запослен-а		функција у комисији
5. др Александар Ердељан	Редовни професор	Аутоматика и управљање системима, 14.7.2016.
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
6. др Горан Сладић	Редовни професор	Примењене рачунарске науке и информатика, 13.09.2021.
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:
Јелена, Стеван, Марјановић (рођена Станковски)
2. Датум рођења, општина, држава:
24.4.1992. Нови Сад, Србија
3. Назив факултета, назив претходно завршеног нивоа студија и стечени стручни/академски назив:
Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду, Примењено софтверско инжењерство, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства
4. Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија:
Школска 2016/2017, Енергетика, електроника и телекомуникације

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Блокчејн базиран модел за праћење усклађености софтвера у индустријским управљачким системима са захтевима за безбедан развој софтвера

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са знаком броја страница, поглавља, слика, схема, графикона и сл.

Докторска дисертација написана је на 109 стране А4 формата на српском језику. Главни део дисертације садржи 6 поглавља уз додатне сегменте за апстракт, апстракт рада написан на енглеском језику, библиографију, биографију и план третмана података. Дисертација садржи 23 слике, 10 табела и 167 навода литературе.

Докторска дисертација се састоји од следећих поглавља:

1. Увод
2. Актуелно стање у области
3. Блокчејн мреже
4. Захтеви за безбедан развој софтвера
5. Валидација модела за праћење захтева за безбедан развој софтвера
6. Закључак

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

У првом поглављу се налазе уводна разматрања. Описан је проблем безбедног развоја софтверских производа за индустријске управљачке системе, као и основна мотивација за истраживање. Дефинисане су хипотезе на којима се темељи истраживање и дати су циљеви и очекивани резултати.

Комисија закључује да су предмет истраживања, план реализације, циљеви дисертације и истраживачке хипотезе прецизно и адекватно дефинисани.

У другом поглављу детаљно је анализирано актуелно стање у области индустријских управљачких система са становишта безбедног развоја софтвера. Дат је преглед тренутне литературе, фокусирајући се на кључне аспекте као што су критична инфраструктура, безбедност индустријских управљачких система и примена блокчејн технологије у контексту индустријских управљачких система. Додатно, истражени су различити аспекти инжењерства захтева у вези са блокчејном технологијом, истичући како ова технологија може унапредити процес инжењерства захтева у индустријским окружењима. Проучене су и различите перспективе употребе блокчејн технологије у инжењерству захтева како би се боље разумео њен потенцијал и релевантност у овом специфичном контексту. Свеукупно, ово поглавље пружа дубље разумевање тренутних тенденција и потенцијала блокчејн технологије у индустријским управљачким системима, постављајући основу за даље истраживање.

Комисија сматра да су теоријска разматрања и аргументација потребе за истраживањем на дату тему јасни и оправдани.

У трећем поглављу су приказане различите имплементације блокчејн технологије, где је посебан нагласак стављен на криптографске механизме који стоје иза функционисања блокчејн мреже. Овај део истраживања пружа увид у разноврсне технолошке приступе који се користе у остваривању интегритета, транспарентности и децентрализације у оквиру блокчејн система. Додатно, анализирани су и безбедносни аспекти блокчејн мреже, истражујући како ови системи пружају отпорност на потенцијалне претње. У склопу истраживања, проучени су и досадашњи сајбер напади на блокчејн мреже. Анализа ових инцидентата пружа увид у актуелне претње сајбер сигурности које могу утицати на стабилност и поузданост блокчејн система.

Комисија сматра да су приказана разматрања битна за практичну примену истраживања и адекватно повезана са резултатима досадашњих истраживања.

У четвртном поглављу, дат је детаљан преглед методологије за развој софтвера, стандарда и најбољих пракси које се могу применити како би се постигао безбедан развој софтвера. Фокусирајући се на настојање да безбедност буде инхерентни део целокупног процеса развоја, овај део истраживања има посебан значај у контексту софтверских решења за индустријске управљачке системе. У оквиру овог поглавља, истражене су различите методологије које се могу применити у процесу развоја софтвера како би се осигурала висока безбедност. Анализирани су релевантни стандарди и праксе који се односе на безбедносни софтвер, уз нагласак на њиховој примени у специфичном контексту индустријских управљачких система. Уз то, у четвртном поглављу дефинисан је модел праћења захтева за безбедан развој софтвера. Такав модел обухвата идентификацију токова података, прецизно дефинисање улога унутар самог модела и јасно одређивање одговорности сваке идентификоване улоге. Ова структура има за циљ унапређење транспарентности, организације и ефикасности у процесу развоја софтвера, посебно с обзиром на специфичне захтеве безбедности у индустријским управљачким системима. Тиме је направљена основа за имплементацију прилагођених приступа безбедности у софтверском инжењерингу.

Комисија сматра да су резултати истраживања представљени јасно и концизно.

У петом поглављу, фокус је на валидацији предложеног модела у контексту захтева који произилазе из праксе Управљање безбедношћу, према стандарду ИЕС 62443-4-1. Овај процес валидације обухватио је пажљиву анализу сваког корака који је претходно дефинисан у моделу, како би се обезбедили доследност и ефикасност у односу на постављене безбедносне захтеве. Додатно, валидација је обухватила постављање решења у Hyperledger Fabric окружење. Тиме је извршена провера практичне применљивости предложеног модела у реалном свету, посебно узимајући у обзир карактеристике и захтеве блокчејног окружења. Приказивање резултата валидације овог процеса је допринело ширини и применљивости истраживања, пружајући дубље разумевање како предложени модел функционише у пракси, као и његов потенцијални допринос унапређењу безбедности индустријских управљачких система. Такође, ови резултати могу послужити као основа за даља истраживања и развој у области безбедности софтвера и блокчејн технологије у индустрији.

Комисија сматра да спроведена валидација предложеног модела потврђује резултат истраживања и његову усаглашеност са претходним истраживањима у области разматране проблематике, као и практичну применљивост решења.

Шесто поглавље је последње поглавље дисертације где су сумирани доприноси ове дисертације и дато је образложење потврђености полазних хипотеза. На самом крају поглавља изнет је преглед даљих праваца истраживања.

Комисија сматра да је дискусија резултата постављених хипотеза добро протумачена и адекватно повезана за резултатима досадашњих истраживања.

На основу изложених ставова, Комисија позитивно оцењује све делове докторске дисертације.

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

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у складу са *Правилима докторских студија Универзитета у Новом Саду* који је повезан са садржајем докторске дисертације. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду уредника часописа о томе

1. **Marjanović, J.**, Dalčeković, N., Sladić, G. Blockchain-based model for tracking compliance with security requirements, *Computer Science and Information Systems*, Vol. 20, No.1, pp. 359-380, 2023, DOI:10.2298/CSIS210923060M (M23)
2. **Marjanović, J.**, Dalčeković, N., Sladić, G. Improving critical infrastructure protection by enhancing software acquisition process through blockchain. In *7th Conference on the Engineering of Computer Based Systems*, art.no. 5, pp. 1-7, 2021, DOI: 10.1145/3459960.3459973 (M33)
3. Dejanovic, S., **Marjanovic, J.**, Lendak, I., Erdeljan, A. Using blockchain to decentralize and protect user privacy in compliance with GDPR. *ICIST 2019 Proceedings, Information Society of Serbia*, pp. 171-173, 2019. (M33)
4. Tegeltija, S., Dejanović, S., Feng, H., Stankovski, S., Ostojić, G., Kučević, D., **Marjanović, J.** Blockchain Framework for Certification of Organic Agriculture Production. *Sustainability*, Vol. 14, No. 19, p. 11823, 2022. (M22)
5. **Marjanović, J.**, Dejanović, S., Smirnov, V., Miljković, P., Lendak, I. Applying Blockchain Technology to Oil and Gas Industry. *ICIST 2020 Proceedings, Information Society of Serbia*, pp.56-59, 2020 (M33)
6. **Stankovski, J.**, Dejanović, S., Erdeljan, A., Lendak, I. Benefit analysis of blockchain technology on Hyperledger and Ethereum platform *ICIST 2018 Proceedings, Information Society of Serbia*, pp.305-308, 2018 (M33)

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА:

У овом истраживачком раду, проучава се изводљивост примене Hyperledger Fabric блокчејн решења за надгледање усаглашености софтвера са безбедносним захтевима. У складу са постављеном хипотезом на почетку истраживања, успешно је доказано да је могуће концепирати модел за праћење усаглашености софтвера са захтевима за безбедан развој, посебно у контексту индустријских управљачких система. Такође је истакнуто да је могуће дефинисати учеснике у процесу праћења захтева, описујући њихове сценарије коришћења, а узимајући у обзир осетљивост података којима учесници оперишу. При томе су поштовани принципи да овлашћеним појединцима буду доступни искључиво подаци неопходни за обављање њихових дужности.

На крају, истраживање је потврдило могућност валидације модела путем примене принципа блокчејн технологије, конкретно Hyperledger Fabric решења. Ово решење омогућава приступ информацијама искључиво регистрованим и овлашћеним корисницима, поштујући високе стандарде сигурности. Тиме су наглашени ефикасност и поузданост модела, и пружено је додатно поверење у његову практичну примењивост у контексту праћења усаглашености софтвера у индустрији. Ова истраживања такође постављају темеље за даљи развој и имплементацију блокчејн технологије у области обезбеђења безбедности софтвера у индустријским системима.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА:

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Добијени резултати су приказани и тумачени јасно и прегледно. Формирани закључци у раду су поткрепљени одговарајућим теоријским анализама и резултатима истраживања. Резултати су приказани исцрпно и прегледно, уз навођење претходних истраживачких резултата у овој области.

Додатно, предложено решење је проверено кроз практичну реализацију уз примену конкретне

блокчејн технологије и доприноси безбедности софтвера у индустријским системима.

Докторска дисертација је проверена на подударност са другим изворима, применом софтвера iThenticate (<https://www.ithenticate.com/>), где је установљен занемарљив проценат сличности са другим изворима (1%) и не указује на елементе плагијаризма.

Комисија позитивно оцењује начин на који су резултати приказани и тумачени и закључује да је докторска дисертација оригинално ауторско дело кандидаткиње Јелене Марјановић.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

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

Да, докторска 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.

3) По чему је дисертација оригиналан допринос науци?

Дисертација представља оригиналан допринос науци на неколико кључних нивоа. Прво, истраживање пружа свеобухватан преглед тренутног стања у области индустријских управљачких система, безбедности софтвера и примене блокчејн технологије у овом специфичном контексту. Анализа литературе и синтеза релевантних информација чине основу за разумевање тренутних изазова и прилика у овој области. Друго, дисертација представља оригиналан модел за праћење усаглашености софтвера са захтевима за безбедан развој, посебно фокусиран на индустријске управљачке системе. Дефинисање овог модела обухвата разноврсне аспекте, укључујући методологију развоја софтвера, стандарде, праксу и блокчејн технологију. Овај модел није само теоријски концепт, већ је и практично валидиран, чиме се додатно потврђује његова применост у стварном окружењу. Треће, дисертација доприноси научној заједници пружањем детаљних анализа и валидација, укључујући употребу блокчејн решења Hyperledger Fabric. Овај део истраживања потврђује изводљивост примене блокчејн технологије у праћењу усаглашености софтвера, пружајући конкретне податке о перформансама и ефикасности решења. У коначном смислу, дисертација не само што истражује и представља теоријски оквир, већ и пружа практичне увиде и потврде, чиме обогаћује и проширује разумевање везе између безбедносног софтвера, блокчејн технологије и индустријских управљачких система. Овај свеобухватан приступ чини дисертацију значајним доприносом научном пољу.

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

Дисертација нема ни суштинских ни формалних недостатака који би утицали на резултат истраживања и квалитет докторске дисертације.

X ПРЕДЛОГ:

На основу свих напред изнетих елемената и ставова, комисија предлаже да се докторска дисертација под називом „Блокчејн базиран модел за праћење усклађености софтвера у индустријским управљачким системима са захтевима за безбедан развој софтвера“ прихвати, а кандидаткињи Јелени Марјановић одобри њена одбрана.

На основу наведеног, комисија предлаже:

- а) да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана;**
б) да се докторска дисертација врати кандидату на дораду (да се допуни односно измени);
в) да се докторска дисертација одбије.

Место и датум:

Нови Сад, 15. 01. 2024.

1. др Дарко Чапко, редовни професор

_____, председник

2. др Иван Вулић, доцент,

_____, члан

3. др Имре Лендак, ванредни професор

_____, члан

4. др Милан Гаврић, доцент

_____, члан

5. др Александар Ердџан, редовни професор

_____, ментор

6. др Горан Сладић, редовни 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.