

НАУЧНО-НАСТАВНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата **Растка Мартаћа**

Одлуком 05-01 бр. 3/59-10. од 15.07.2020. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Растка Мартаћа** под насловом

„Примена *IoT* модела и сервиса у управљању и одржавању брана“

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

РЕФЕРАТ

1 Увод

1.1 Хронологија одобравања и израде дисертације

Растко Мартаћ је уписао докторске студије 08.11.2013. године. Приступни рад на докторским студијама је пријавио 25.11.2016. године. Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације формирана је 30.11.2016. године, одлуком бр. 05-01 3/153-17. Приступни рад је одбрањен 10.07.2017. године.

Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је 06.09.2017. године, Одлука 05-01 бр. 3/111-13. Одлуком Универзитета у Београду од 25.09.2017. бр. 61206-3524/2-17 даје се сагласност на предлог теме докторске дисертације Растка Мартаћа под називом „Примена *IoT* модела и сервиса у управљању и одржавању брана“.

На Наставно-научиом већу 11.10.2017. године, Одлука 05-01 бр. 3/132-6, одобрена је израда дисертације кандидата Растка Мартаћа. Ментор проф. др Душан Бараћ је 09.07.2020. известио Наставно-научно веће ФОН-а да је Растко Мартаћ завршио израду докторске дисертације. Наставно-научно веће ФОН-а је именовало Комисију за оцену завршене докторске дисертације 15.07.2020. одлуком 05-01 бр. 3/59-10.

1.2 Научна област дисертације

Предмет истраживања дисертације јесте развој модела техничког осматрања брана, заснован на концептима и технологијама *IoT*. Истраживање је фокусирано на унапређење мануелног

техничког осматрања брана и елиминацију фактора људске грешке применом савремених *IoT* технологија, *RFID*-а и *Bluetooth*-а.

Докторска дисертација се може сврстати у научну област „Електронско пословање“, а у ужем смислу, у научну област „Примена напредних технологија електронског пословања“. Поред ових области, у дисертацији се обрађују и теме из области осматрања брана, паметних брана, ИТ инфраструктура, мобилних технологија, свеприступног рачунарства, пројектовања екосистема електронског пословања, интеграција компонената система електронског пословања и др.

Ментор проф. др Душан Бараћ поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације у виду низа објављених научних радова у светским часописима из области електронског пословања и примене напредних технологија електронског пословања.

1.3 Биографски подаци о кандидату

Растко Мартаћ је рођен 01. јула 1984. године у Београду. Основну школу „Дринка Павловић“ и гимназију „Прва београдска гимназија“ завршио је у Београду.

Основне студије је уписао 2004. године на Факултету организационих наука у Београду, где је дипломирао 2009. године са просечном оценом 7,73, смер Информациони системи и технологије. Дипломски рад под називом „Примена Веб 2.0 технологија у промету некретнина“ одбранио је са оценом 10.

Током основних студија био је студент-демонстратор на катедри за Електронско пословање.

Мастер студије уписао је 2009. године на Факултету организационих наука, на катедри за Електронско пословање. Завршни (мастер) рад под називом „Примена SMS сервиса у развоју апликације за промет некретнина“ одбранио је 2011. године са оценом 10.

Докторске студије, студијски програм Електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука у Београду, 2013. године.

Запослен је у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“ од 2011. године, Сектор за информационе технологије и софтверски инжењеринг.

2 Опис дисертације

2.1 Садржај дисертације

Докторска дисертација, укупног обима 122 страница, садржи 75 слика и графичких приказа, 11 табела и 174 литературна навода.

Структура докторске дисертације обухвата следеће целине: паметно управљање бранама, технологије за развој решења, развој модела за паметно управљање/осматрање брана, имплементација и примена развијеног модела и евалуација модела.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља и потпоглавља:

1. Увод
 - 1.1 Дефинисање предмета и циљева дисертације
 - 1.2 Циљеви истраживања
 - 1.3 Полазне хипотезе

- 1.4 Методе истраживања
2. Паметно управљање бранама
 - 2.1 Концепт паметних брана
 - 2.2 Анализа литературе
3. Технологије за развој решења
 - 3.1 Интернет интелигентних уређаја
 - 3.1.1 Паметни уређаји
 - 3.1.2 Бежичне сензорске мреже
 - 3.1.3 Мрежни протоколи интернета интелигентних уређаја
 - 3.1.4 Machine-To-Machine комуникација
 - 3.1.5 Софтверски дефинисане мреже
 - 3.1.6 Протоколи апликативног слоја интернета интелигентних уређаја
 - 3.2 RFID
 - 3.2.1 Концепт RFID технологије у индустрији
 - 3.2.2 Примена RFID технологије
 - 3.3 Bluetooth
 - 3.3.1 Beacons
 - 3.4 Мобилне технологије
 - 3.5 Cloud computing технологије
 - 3.6 *IoT* Edge (Edge computing)
 - 3.7 Технологије за управљање подацима
 - 3.7.1 Нерелационе базе података
 - 3.7.2 Релационе базе података
 - 3.7.3 Технологије за чување и пренос података
4. Развој модела за паметно управљање/осматрање бранама
 - 4.1 Анализа постојећих модела
 - 4.2 Модел осматрања брана у Србији
 - 4.3 Модел система за управљање безбедношћу брана у Србији
 - 4.3.1 Слојеви у моделу система за управљање безбедношћу брана
 - 4.3.2 Интеграција *IoT*-а у мануелном техничком осматрању брана
 - 4.3.3 Управљање процесима у СУБ-у
5. Имплементација и примена развијеног модела
 - 5.1 Пројектни задатак
 - 5.2 Хардверско-софтверска архитектура
 - 5.3 Имплементација развијеног СУБ модела
6. Евалуација модела
 - 6.1 Контрола квалитета мерених техничких података
 - 6.2 Процена квалитета података
 - 6.3 Модел прихватања RFID технологије у осматрању
7. Научни и стручни доприноси
8. Будућа истраживања
9. Закључак
10. Литература
11. Списак слика
12. Списак табела

2.2 Кратак приказ појединачних поглавља

Прво поглавље описује предмет истраживања, циљеве истраживања, методологију, полазне хипотезе, методе истраживања, структуру и организацију рада.

У другом поглављу описан је концепт паметних брана, анализирана су постојећа решења и дат је осврт на литературу која се бави мониторингом. Такође, дат је табеларни приказ пројеката који се баве мониторингом брана и речних сликова.

У трећем поглављу описане су технологије за развој решења. Ово поглавље се састоји из седам потпоглавља: интернет интелигентних уређаја, *RFID*, *Bluetooth*, мобилне технологије, *cloud computing*, *IoT edge* и технологије за управљање подацима. У оквиру потпоглавља интернет интелигентних уређаја детаљно је описан појам паметних уређаја, бежичне сензорске мреже, мрежни протоколи који користе интелигентни уређаји, комуникација између више машина (*M2M*), софтверски дефинисане мреже и протоколи апликативног слоја *IoT*. Потпоглавље *RFID* описује концепта *RFID* технологија у индустрији и примену. У оквиру потпоглавља *Bluetooth*, описана је технологија *Beacons*, коју је могуће користити у мониторингу како би се поспешила оцена квалитета мерених техничких података.

У четвртном поглављу анализирана су постојећа решења за мониторинг брана, приказан је модел осматрања брана у Србији и приказан је модел система за управљање безбедношћу брана - СУБ.

У петом поглављу приказани су имплементација и примена развијеног модела. Приказана је архитектура система за мониторинг брана заснованог на *IoT* који је могуће применити на постојећи систем мониторинга брана.

У шестом поглављу приказана је евалуација модела, упоређени су резултати пре и после имплементације развијеног модела и приказана је анкета заснована на *TAM2* моделу. Такође, приказане су реалне слике мерних места са мерним инструментима и имплементацијом *IoT* на брани ХЕ „Ђердап 1“.

Након тога описан је научни допринос и будућа истраживања и дат закључак.

На крају докторске дисертације дат је списак коришћене литературе, биографија аутора и радови проистекли из дисертације.

3 Оцена дисертације

3.1 Савременост и оригиналност

Предмет истраживања дисертације јесте развој модела техничког осматрања брана, засновап на концептима и технологијама *IoT*. Главни проблем који се разматра у дисертацији је могућност примене *IoT*, *RFID* технологије и *cloud computing*-а на постојећем систему осматрања брана.

Савременост и оригиналност докторске дисертације се огледа кроз представљање иновативног модела мануелног техничког осматрања као интегралног дела система за управљање и мониторинг брана. Модел описан у дисертацији омогућава примену *IoT* чиме се елиминише фактор људске грешке, а подаци постају поузданији.

Праћење и прикупљање података је процес од великог значаја за управљање браном. Прикупљени подаци се користе за предвиђања понашања бране, што је важно за управљање њиховом безбедношћу.

Безбедност брана и поузданост инструмената (уређаја) утичу на цео екосистем у области бране, а и шире. Опасност од оштећења бране расте са годинама, па је неопходно да се стално унапређује систем за праћење и сигурност бране, како би се избегле нежељене катастрофе. Добијени резултати могу имати широку практичну примену у организацијама широм света које користе мониторинг грађевинских објеката.

На основу изложеног, може се закључити да докторска дисертација доноси новине у односу на постојеће стање и отвара простор за даља истраживања.

3.2 Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена обимна литература, која обухвата 174 литературна навода. Коришћени извори обухватају релевантну научно-истраживачку литературу – књиге, Интернет публикације, базе података, и велики број научних радова објављених у релевантним научним часописима и зборницима научних конференција. Наведени извори су коришћени критички, аналитички и компаративно уз посебан осврт на актуелности приказаних научних сазнања.

У делу дисертације који се односи на развој модела осматрања брана заснованог на *IoT*, истакнути су захтеви које један такав систем треба да испуни. Да би предложени модел осматрања брана био ефикасан и ефективан, треба да буде базиран на савременим и иновативним решењима нових технолошких достигнућа која одговарају захтевима и потребама корисника.

Литературни наводи искоришћени су у сврху представљања разматраног проблема истраживања са циљем приказа досадашњих резултата примене *IoT* и њиховог поређења примене у другим доменима, чиме је указано на постојање потребе за развојем новог и иновативног модела осматрања брана заснованог на *RFID* и *Bluetooth* технологијама.

3.3 Опис и адекватност примењених научних метода

У првом делу дисертације коришћене су методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа.

У другом делу дисертације приказана је анализа постојећих модела осматрања брана и дефинисан је развијени модел мануелног техничког осматрања брана, затим је приказана имплементација развијеног модела мануелног техничког осматрања и метода научног објашњења (анализа, синтеза, апстракција и генерализација).

Након анализе постојећих и развијеног модела осматрања брана приказани су резултати вредновања развијеног модела путем упитника и интервјуа на брани ХЕ „Ђердап 1“, где је модел примењен, коришћењем статистичких метода прикупљања и обраде података модификованог ТАМ2 модела (модел прихватања технологија) и табеларни приказ резултата мерења пре и после имплементације развијеног модела

Резултати истраживања су презентовани текстуално (описивањем) и графички (приказивањем путем табела, слика и графика). Истраживање је интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине мониторинга и управљања бранама, информационих система, *IoT*, статистику, и друге.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, теми дисертације и спроведеном истраживању.

3.4 Применљивост остварених резултата

Докторска дисертација пружа низ истраживачких и практичних импликација у виду практичне примене резултата приликом развоја иновативног модела техничког осматрања брана заснованог на *RFID* и *Bluetooth* технологијама као савременог система осматрања брана.

Предложени модел техничког осматрања брана је дефинисан као општи оквир који се може применити на било којој брани, где се врши мануелно техничко осматрање. Улога модела је да унапреди и побољша мониторинг брана, елиминишући фактор људске грешке.

Модел је примењен на две бране у Србији:

- брана ХЕ „Ђердап 1“, Кладово (2019)
- брана ХЕ „Ђердап 2“, Неготин (2020).

Истраживачке импликације развијеног модела мануелног техничког осматрања брана односе се на:

- Примену *IoT* који минимизују фактор људске грешке и унапређују унаправљање и мониторинг брана
- Интеграцију *IoT* у постојеће системе за мониторинг брана
- Побољшање традиционалних система мониторинга интеграцијом *RFID* и *Bluetooth* технологија
- Омогућавање нових облика *IoT* у систему мониторинга брана
- Унапређење традиционалне технолошке платформе која се може побољшати *RFID* и *Bluetooth* технологијама за прикупљање података

У пракси је потврђено да је модел ефикасан у мануелном техничком осматрању и да елиминише фактор људске грешке. Из тог разлога може се сматрати да су резултати евалуације предложеног модела релевантни.

3.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања Растка Мартаћа су *IoT* и осматрање брана. Стекао је значајно практично искуство радећи на позицији истраживача у сектору за информационе технологије и софтверски инжењеринг, у Институту за водопривреду „Јарослав Черни“. Искуство у развоју информационих система стицао је кроз бројне пројекте у пракси.

У току израде докторске дисертације, Растко Мартаћ је показао способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и да креативно приступи његовом решавању. Уочио је главне недостатке и проблеме постојећих решења и спровео истраживања са циљем да се превазиђу. Растко Мартаћ је резултате истраживања из ове докторске дисертације објавио у више радова у зборницима радова научних скупова и у научним часописима националног и међународног значаја. Од наведеног, један рад је објављен у часопису међународног значаја који се налази на *SCI* листи:

- Martać R., Miliwojević N., Despotović-Zrakić M., Bogdanović Z. и Barać D., „*Enhancing Large Dam Safety Using IoT Technologies: A Case of a Smart Dam*“, у *Journal of*

На основу наведеног, сматрамо да кандидат Растко Мартаћ поседује потребно знање и искуство за самосталан научни рад.

4 Остварен научни допринос

4.1 Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији допринос дисертације је унапређени модел инфраструктуре система за техничко осматрање брана, намењеног повећању сигурности објеката.

Финални резултати дисертације су развијени модел, инфраструктура и сервиси система за ручно прикупљање и унос података. Овај развијени модел представља основу за имплементацију модела на брани ХЕ „Бердап 1” током рада на докторској дисертацији..

Научни доприноси дисертације објављени су у научним радовима приказаним у поглављу 4.3. овог извештаја, а огледају се у:

- формалном опису развијеног модела и сервиса управљања и одржавања брана заснованог на *IoT*;
- детаљном опису развијеног модела система за мануелно техничко осматрање брана заснованог на примени *IoT*-а;
- унапређењу модела архитектуре и инфраструктуре система за мануелно техничко осматрање на бранама заснованог на *IoT*-у;
- опису методолошког поступка за примену *IoT* уређаја у систему управљања и осматрања брана; и
- анализи предложеног модела са аспекта користи и задовољавања потреба

Стручни доприноси дисертације огледају се у:

- анализи примене *IoT* и *cloud computing*-а у адаптацији модела и сервиса за управљање и одржавање брана;
- прегледу и анализи технологија потребних за имплементацију модела за мануелно техничко осматрање брана, заснованог на *IoT*-у;
- анализа могућности примене савремених технолошких концепата, као што су *RFID*, *NFC*, *Beacons* и *cloud computing* у контексту осматрања и одржавања брана;
- апализа и валидација ефикасности примене *IoT*-а у функционисању брана; и
- могућности интеграције инфраструктуре система за мануелно техничко осматрање брана са постојећим системом за техничко осматрање.

4.2 Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је у докторској дисертацији разматрао развој модела техничког осматрања брана, заснованог на концептима и технологијама *IoT*. Истраживачки рад је заснован на постојећим научним резултатима, са циљем да се развије модел који је довољно општи и довољно флексибилан да може да се примени у мануелном техничком осматрању било ког грађевинског објекта. Анализирана је релевантна литература из јавно доступних база података, као и различити модели и методолошки оквири који се баве разним мониторинга.

Резултат истраживања је оригинални модел мануелног техничког осматрања који је прошао кроз две фазе развоја, имплементација *RFID*-а и имплементација *Bluetooth* технологије. Вредности добијене током истраживања показале су видно унапређење процеса мануелног

техничког осматрања брана. На основу спроведене анкете, утврђено је да имплементирање савремених технологија убрзава процес осматрања запосленима, смањује стрес, јер су могућности за грешку минималне, а услови рада се побољшавају пошто запослени проводе мање времена у слабо осветљеним и влажним просторијама (тело бране). Експериментални део који је реализован на брани ХЕ „Ђердап 1“, донео је значајна побољшања у мониторингу брана. У току је имплементација развијеног модела мануелног техничког мониторинга на брани ХЕ „Ђердап 2“.

Из наведених разлога, може се сматрати да су резултати евалуације релевантни, а посебно у околностима када у доступној литератури не ностоје слична истраживања.

4.3 Верификација научних доприноса

Радови у зборницима међународних часописа (M23):

- 1 Martać R., Milivojević N., Despotović-Zrakić M., Bogdanović Z. и Barać D., „*Enhancing Large Dam Safety Using IoT Technologies: A Case of a Smart Dam*“, у *Journal of Universal Computer Science (J.UCS)*, ISSN 0948-695X, том 26, изд. 5, стр. 583–603, 2020.

Радови у зборницима међународних часописа (M24):

- 1 Martać R., Milivojević N., Milivojević V., Ćirović V. и Barać D., „*Using IoT in monitoring and management of dams in Serbia*“, у *Facta Universitatis*, ISSN: 0353-3670, том 29, изд. 3, стр. 419–435, 2016, DOI: 10.2298/FUEE1603419M.

Радови у зборницима међународних конференција (M33):

- 1 Martać R., Novarlić M. и Barać D., „*Using Big data on Large dams*“, у *15th International Symposium – Symorg 2016*, ISBN 978-86-7680-326-2, стр. 432–438, Златибор, 2016.
- 2 Martać R., Barać D. и Vujin V., „*Application of the Internet of Things in hydrology*“, у *14th International Symposium – Symorg 2014*, ISBN: 978-86-7680-295-1, стр. 426–433, Златибор, 2014.

5 Закључак и предлог

На основу прегледа и анализе докторске дисертације, Комисија сматра да је докторска дисертација под називом „Примена *IoT* модела и сервиса у управљању и одржавању брана“ кандидата Растка Мартаћа нанисана према свим стандардима научно-истраживачког рада и испуњава све услове предвиђене Законом о високом образовању, стандардима, правилницима и Статутом Факултета организационих наука Универзитета у Београду.

На основу резултата и закључака приказаних у докторској дисертацији, Комисија констатује да је кандидат Растко Мартаћ успешно завршио докторску дисертацију која, у складу са постављеним циљевима истраживања, приказује иновативан модел мониторинга брана заснован на свенрисутним технологијама електронског пословања.

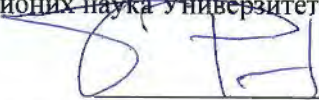
У докторској дисертацији су анализирани кључни изазови мануелног техничког осматрања брана. Предложено је решење система мануелног техничког мониторинга брана заснованог на *IoT*, *RFID* и *Bluetooth* технологијама. У експерименталном делу пројектован је и имплементиран модел мануелног техничког осматрања на брани ХЕ „Бердап 1“. Евалуација је показала да развијени модел у великој мери доприноси унапређењу процеса мануелног техничког осматрања брана, смањује број грешака и побољшава услове рада.

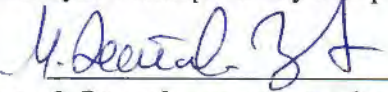
Кандидат Растко Д. Мартаћ је у докторској дисертацији приказао оригиналне научне закључке, што је научно верификовано публикацијом рада у истакнутом међународном часопису категорије M23, као и на међународним и националним конференцијама. С обзиром на научну актуелност дисертације, оригиналност приказаних резултата и методолошку и тематску адекватност, докторска дисертација задовољава све неопходне критеријуме и квалификује кандидата, Растка Д. Мартаћа за будући научно-истраживачки рад.

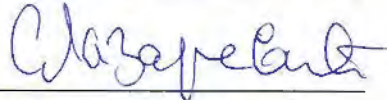
На основу свега претходно изложеног, предлаже се Наставно-научном већу Факултета организационих наука да се докторска дисертација под називом „Примена *IoT* модела и сервиса у управљању и одржавању брана“ кандидата Растка Д. Мартаћа, прихвати, изложи на увид јавности и, потом, унети на коначно усвајање Већу научних области техничко-технолошких наука Универзитета у Београду.

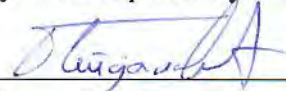
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:


др Душан Бараћ, ванредни професор,
Факултет организационих наука Универзитета у Београду


др Божидар Раденковић, редовни професор,
Факултет организационих наука Универзитета у Београду


др Маријана Деспотовић-Зракић, редовни професор,
Факултет организационих наука Универзитета у Београду


др Саша Лазаревић, ванредни професор,
Факултет организационих наука Универзитета у Београду


др Бобан Стојановић, ванредни професор,
Природно-математички факултет Универзитета у Крагујевцу

Београд, 20.04.2020.