

ПРИКЉЕЊЕ			
7. 06. 2022.			
Уп. јед.	Број	Трајање	Вредност
013	1152		

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У ЧАЧКУ

ВЕЋУ ЗА ТЕХНИЧКО-ТЕХНОЛОШКЕ НАУКЕ УНИВЕРЗИТЕТА У
КРАГУЈЕВЦУ

Предмет: Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата
мр Ненада Ј. Стефановића, дипл.инж.

Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу број IV-04-187/13 од 16.03.2022. године, на предлог Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку (одлука бр. 012-62-238/18 од 09.02.2022.године) именовани смо за чланове Комисије за за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Ненада Ј. Стефановића, дипл.инж, под радним насловом:

„ РАЗВОЈ СОФТВЕРСКОГ СИСТЕМА ЗА КАРАКТЕРИЗАЦИЈУ
ДИНАМИЧКОГ ФИЗИЧКОГ КАНАЛА У МОБИЛНИМ
КОМУНИКАЦИОНИМ МРЕЖАМА “

На основу увида у приложену докторску дисертацију и Извештаја комисије за оцену подобности кандидата и теме за докторску дисертацију, која је одобрена за израду Одлуком Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку бр 43-843/12 од 07.04.2021. године и Одлуком Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу бр. IV-04-345/7 од 12.05.2021. године, на основу Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације Универзитета у Крагујевцу, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи:

ИЗВЕШТАЈ

1. Опис докторске дисертације

Предложена тема докторске дисертације припада научној области рачунарски софтвер – мобилне комуникације. Предмет истраживања ове докторске дисертације је како развијати софтвер за карактеризацију мобилног динамичког физичког канала у бежичним мрежама нове генерације, превенствено 5G. Кандидат, како наводи у тексту,

има у виду омасовљење мрежне комуникације: хелијски систем, дрон-комуникације, интер-сателитске комуникације, возило-ка-возилу, возило-као-свему (инфраструктури итд.), брзе железничке комуникације, интернет ствари (IoT), велики број сценарија употребе и сервисних захтева, из чега произилази и велики број пропагационих канала и услова који су врло динамични и значајно брже се мењају него што је то случај у досадашњим мрежама.

Сама дисертација је израђена кроз шест поглавља:

1. УВОД
2. МОДЕЛОВАЊЕ ДИНАМИЧКОГ КАНАЛА У 5G МРЕЖИ
3. СПЕЦИФИЧНОСТИ 5G ПРЕНОСА, АРХИТЕКТУРА И ТЕХНОЛОГИЈА
4. СИМУЛАЦИОНИ ДЕО СА ОПИСОМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ОКРУЖЕЊА
5. ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТИ
6. ЗАКЉУЧАК
7. ЛИТЕРАТУРА

У уводном представљена је актуелност и значај теме са аспекта њене примене у напредним мрежним технологијама. У краткој форми, презентована је позадина материје и мотивација да се истраживања спроведу. Кроз постављање кључних питања, кандидат сликовито излаже сажет концепт технологија новог мобилног умрежавања, јасно истиче динамичност пропагационих канала као главни изазов и наговештава статистичке параметре и технике за њихову евалуацију и на тај начин формулише задатак истраживања. Даље у уводу износи постигнуте главне доприносе и организацију тезе.

Друго поглавље, **Моделовање динамичког канала у 5G мрежи**, почиње констатовањем изражене масовности корисника у новој мрежи, сложености пропагационих механизма и потребом за обрадом велике количине података и увођења техника дубоког учења и статистичког закључивања. На тај начин је направљен увод о неопходној потреби добијања нових статистичких параметара у моделе пропагације. У наставку је размотрен концепт развоја софтверских модела за анализу бежичних канала и спроведена категоризација модела. У складу са представљеном категоризацијом, истражена су постојећа софтверска решења/модели/алати који су доступни у мањој или већој мери за моделовање динамичког 5G канала. У другом делу ове главе, детаљно је разрађен механизам физичке пропагације сигнала, уведена ограничења у разматрању, обрађена категоризација фединга као манифестације промена у каналу и прецизирана детаљна математичка репрезентација ових ефеката за случај стационарног и стационарног у ширем смислу канала. Уведени су конвенционални статистички параметри мобилног канала и детаљно разјашњене разлике између спорог, брзог, равног и селективног фединга. Затим је, у смислу одговора на питање: шта ако је канал тако динамичан да се може сматрати нестационарним, разрађена математичка подлога која директно уверава да је динамика канала у тесној релацији са средњим бројем осних пресека и просечним трајањем фединга енvelope пријемног сигнала. Примена ових параметара је истакнута кроз опис формирања модела Марковљевог канала са коначним стањима, чиме читаоцу уноси идеју применљивости техника вештачке интелигенције за евалуацију оваквих канала. С' обзиром на сложеност математичких израза, општу комплексност материје, у завршном делу аутор предлаже примену полу-симболичког оквира за подршку оваквом моделовању, показује начин употребе симболичког језика Wolfram и даје путању развоја

5G софтверског алата.

У трећем поглављу, **Специфичности 5G преноса, архитектура и технологија**, описане су специфичности 5G преноса, архитектура и технологија, у мери довољној за разумевање самог истраживања. Флексибилни физички слој као предуслов за имплементацију преноса технологијом „новог радија“, како се 5G често именује, подразумева могућност коришћења вишеструких шема (опсега, фреквенција, временских слотова и просторних праваца), у литератури познатих као 5G нумерологије, због чега је њима дат посебан осврт. Истражен је и приказан начин формирања ресурс блокова, симбола, по фреквенцији и у времену, као и примењене адаптивне методе и технике, обзиром на важност схватања односа трајања фединга и дужине информационог пакета. Важан сегмент овог дела излагања је начин формирања тзв. ресурсне решетке, структура рама и физички сигнали за естимацију динамичког канала у 5G „новом радију“. Референцирајући се на важеће стандарде међународне телекомуникационе уније, описани су референтни сигнали који су у практичној употреби код прикупљања информација о стању преносног бежичног канала, као и мерења која се врше у смислу снаге примљеног референтног сигнала, квалитета примљеног референтног сигнала и односа сигнал/шум са интерференцијом.

Четврти, **Симулациони део са описом експерименталног окружења**, садржи опис имплементираних алата, Кларков пропагациони модел за ускопојасни сигнал, псеудокод за широкопојасно проширење, као графички кориснички интерфејс самог алата. Обзиром да сегменти скрипт кода, описиваних у овом поглављу, потичу из синтаксе Matlab-а, поглавље се завршава краћим освртом на Matlab-ов 5G Toolbox.

У поглављу **Интерпретација резултата**, најпре су приказана три одабрана мобилна сценарија, а затим и описани: сценарио брзе железнице, сценарио возило-ка-возилу и возило-ка-возилу у прометној раскрсници. Сценарији су описивани са аспекта мобилности пријемника, предајника и тачака расејања (околних објеката рефлексије). Приказани су резултати широкопојасних параметара средњег броја осних пресека и просечног трајања фединга, преузетих из објављеног рада аутора у часопису категорије M22. У наставку поглавља обрађена су мерења средњег броја осних пресека и просечног трајања фединга на енVELOПИ 5G сигнала који је у сврху истраживања специјално формиран само од референтних сигнала за описивање стања канала (CSI-RS). Презентовани резултати добијени кроз симулацију и експерименте су презентовани на међународној конференцији и објављени у међународном часопису. Спроведена мерења су специфична за анализаторе спектра у реалном-времену новије генерације. Таквом једном анализом постигнут је реалан приказ и детаљно сагледавање утицаја мобилног канала на дисторзије које се јављају на сигналу на месту пријема. На крају, приказани су упоредно резултати стандардних мерења CSI-RS сигнала која се добијају усредњавањем по времену и измерени осни пресеци/просечна трајања фединга као допунски показатељи да су канали ипак изложени варијацијама, иако вредности стандардизованих мерења то не показују. Тиме је потврђена корисност мерења и моделовања наведене статистике другог реда за допунску карактеризацију динамичког мобилног канала у будућим бежичним мрежама.

У закључку дат је кратак осврт на методiku развоја софтверског система, потребе увођења додатних параметара статистике другог реда за карактеризацију динамичког канала у мобилним мрежама, развијени алат и правце даљег истраживања и перспективи употребе приказаног алата. У ради је приложен и остатак имплементираних кода алата.

2. Значај и допринос докторске дисертације са становишта актуелног стања у одређеној научној области

Докторска дисертација кандидата мр Ненада Стефановића, дипл.инж. под називом „Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“ је настала као резултат вишегодишњег рада и мотивисаности кандидата да реализује истраживања везана за пропагацију електромагнетних таласа у бежичном окружењу, статистичку анализу и процесирање сигнала на месту пријема, математичке моделе и њихову везу са реалним условима, као и одговарајуће софтверске алате за подршку овим истраживањима.

Посматрањем мобилних комуникационих канала у бежичним приступним, првенствено 5G, мрежама наредних генерација, кандидат препознаје актуелне изазове са којима се имплементација захтеваног квалитета сервиса (QoS), односно квалитета корисничког искуства (QoE) суочава, а огледава се, пре свега, у високој променљивости и динамици самих канала. Статистички гледано, због све већих брзина преноса, захтеваног протока, просторног ограничења усмерених таласних снопова, повећеног временског мултиплекса због којег се скраћује и време емисије и промене положаја учесника - мобилности, канал је у све мањој мери стационаран, односно стационаран у ширем смислу, па се не може у довољној мери окарактерисати стандардним стохастичким механизмима првог реда као што су функција густине вероватноће или кумулативна дистрибутивна функција. Из наведеног разлога, аутор у раду предлаже посматрање канала и кроз додатне параметре, средњи броја осних пресека и просечно трајање фединга анвелопе пријемног сигнала, као статистике другог реда. С друге стране, иако је математичка дефиниција ових статистика позната, извођење конкретних израза у затвореном облику, за појединачне случајеве (ако се увек и могу извести) је комплексан аналитички задатак што представља додатни значај овог истраживања у изради потребног софтверског алата.

Иако велики број радова обухвата разматрање статистике другог реда, у досадашњем периоду није било покушаја да се изгради алат који би се заснивао на истој. Актуелни модели/алати за 5G, у време израде дисертације, не анализирају поменуте метрике, а од првих десет, само један алат подржава симулацију дуалне-мобилности и високе мобилности, што додатно даје на значају самом излагању.

Директан допринос предметне дисертације у области рачунарског софтвера – мобилне комуникације може се видети кроз дефинисање конкретног концепта за унапређење постојећих општих 5G модела канала за подршку мобилних сценарија, презентовање пута за превазилажење рачунске сложености аналитичких израза за појединачне случајеве симболичком микросимулацијом и енкапсулацијом, као и развојем софтверског алата за процену мобилног канала на основу статистике првог и другог реда којим се може вршити даља анализа и оптимизација мреже у конкретним сценаријима.

3. Оцена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Докторска дисертација кандидата мр Ненада Стефановића, дипл.инж. под називом „Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“ представља резултат оригиналног научног рада кандидата.

Комисија сматра да је обрађена тема веома актуелна и значајна за развој науке у области електротехничког и рачунарског инжењерства.

Кандидат је детаљно, уз поштовање научних принципа, прегледао референтну литературу из предметне области и дошао до концепта развоја софтверског алата и самог софтвера који омогућује испуњење постављене опште хипотезе а то је да се на бази статистике другог реда, може развити софтверски радни оквир за карактерисање мобилног пропагационог канала неопходног за евалуацију параметара квалитета сервиса и оптимизацију преноса у 5G бежичним мрежама.

Оригиналност научног рада, истраживања и резултата остварених у оквиру ове докторске дисертације огледа се, између осталог, у следећим елементима:

- истражени су актуелни 5G каналски модели и анализирана њихова могућност употребе у сценаријама мобилности учесника комуникације у којима је изражен утицај фединга, извршена њихова класификација и јасно препознате коришћене методе,
- коришћењем описаног полу-симболичког оквира, приказан је оригиналан софтверски приступ обради веома сложених и са стране ресурса захтевних математичких, аналитичких израза,
- оригинално је истражена статистика другог реда широкопојасног сигнала, с' обзиром на то да нове мреже подразумевају флексибилни радио-интерфејс, односно динамичну и флексибилну употребу расположивог фреквенцијског опсега,
- развијен је јединствен софтверски алат за карактеризацију динамике мобилних канала и представљена конкретна апликација излазних вредности алата за формирање Марковљевих процеса који могу послужити као основ за примену алгоритама вештачке интелигенције.

4. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

Мр Ненад Стефановић је рођен 18. маја 1975. године у Краљеву, Р. Србија. Основну и средњу електротехничку школу завршио је у Краљеву, са одличним успехом.

Војно-техничку академију са седиштем у Београду, смер техничка служба, специјалност електронски системи, уписао је 1994. године. Дипломирао је 1999. године, на теми „Оцена квалитета софтвера комутационих система“.

Школске 2004/2005 године уписао је пост-дипломске студије на Електротехничком факултету, Универзитета у Београду, на смеру Дигитални пренос информација. Пост-дипломске студије је завршио 2009. године стекавши звање магистар електротехнике у области дигиталног преноса информација, одбраном магистарске тезе под називом „Тактичке перформансе OFDM преноса са аспекта софтверски дефинисане имплементације“.

Докторске академске студије уписао је школске 2016/2017 године на Факултету техничких наука у Чачку, на трећу годину студијског програма Електротехничко и рачунарско инжењерство, модул „Рачунарска техника“, уз положене диференцијалне испите. Током студија бива ангажован и као рецензент у часопису IEEE Access, као и домаћем часопису SJEE. На позив ментора, др Владимира Младеновића, учествује као

члан билатералног истраживачког тима Србије и Кине на пројекту под називом „Детекција аномалија у видео надзору заснована на 5G EDGE“, подржаног од Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије са бројем 451-08-1201/2021-09 од 30.08.2021., а у пролећном семестру школске 2021/2022 бива ангажован и као сарадник из привреде на предмету Заштита података на ФТН Чачак.

Радови чији је кандидат први аутор или коаутор публиковани су у међународном часопису са ИФ-ом, домаћем часопису међународног значаја M24 и презентовани на међународним и домаћим научним конференцијама.

Објављени радови:

Рад у истакнутом међународном часопису M22, ИФ/2019 2,494:

1. *A Symbolic Encapsulation Point as Tool for 5G Wideband Channel Cross-Layer Modeling*, N. Stefanovic, M. Blagojevic, I. Pokrajac, M. Greconici, Y. Cen, V. Mladenovic, A special issue of Entropy 2020, 22(10), 1151; doi:10.3390/e22101151 (M22)

Рад у часопису међународног значаја M23

2. *FIR Filter Sharpening by Frequency Masking and Pipelining-Interleaving Technique*, Ćirić, M., Radonjić, V., Krneta, R., Stefanović, N., Advances in Electrical and Computer Engineering, vol. 14, no. 4, pp. 65-72, 2014.,doi: 10.4316/AECE.2014.04010 (M23).

Рад саопштен на међународном скупу штампани у целини

3. *5G Tool for Evaluation and Comparison of Energy Efficiency of Mobile Radio Channel Using Second Order Statistics*, Stefanović, N.; Kar, A.; Mladenović, V. International Conference "Energy Efficiency and Energy Saving in Technical Systems" 2020 (EEESTS-2020), Rostov-on-Don, Russian Federation, Jun 2020, doi:10.1088/1757-899X/900/1/012016.
4. Mladenovic, Vladimir; Djukanovic, S; Stefanović, Nenad; Kar, Dr. Asutosh; Jovanovic, M; Makov, Sergey. *Kids security on social networks by face blur technique. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, (2021). 1029. 012042. 10.1088/1757-899X/1029/1/012042
5. Nenad Stefanovic, Danijela Milosevic, Yigang Cen, Milan Gligorijevic, Vladimir Mladenovic ,: "*Practical Considerations on Second-Order Statistics Estimation of 5G Reference Signals in a Custom Scattering Scenarios*", International Journal of Electrical, Electronics and Data Communication (IJEEDC), Volume-9, Issue-11, pp 13-16 ,2021 IRAJ DOI Number - IJEEDC-IRAJ-DOI-18307
url - http://www.ijeeedc.in/journal/journal_file/journal_pdf/1-783-164915447113-16.pdf

Радови саопштени на међународном скупу штампани у изводу

6. *An approach for Optimum Transmitter Selection for Passive Radar*, Stefanović N., Pokrajac I., Okiljević P., Kozić N., , International conference IcETRAN 2015, Silver Lake, 2015.

5. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Докторска дисертација кандидата мр Ненада Стефановића, дипл. инж.електр. под називом „Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“ одговара по садржају теме прихваћене од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку и Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу. По квалитету и обиму истраживања у потпуности задовољава све научне, стручне и законске услове за докторску дисертацију.

Докторска дисертација је написана на 119 страна, садржи 42 слике и 5 табела и цитирано је 58 библиографских наслова.

Докторска дисертација се састоји од сажетка и 6 поглавља, литературе, списка слика и прилога који су саставни део докторске дисертације, а сам садржај је организован на следећи начин:

1 УВОД

- 1.1 Позадина теме и мотивација
- 1.2 Формулација задатка истраживања
- 1.3 Главни доприноси
- 1.4 Организација тезе

2 МОДЕЛОВАЊЕ ДИНАМИЧКОГ КАНАЛА У 5G МРЕЖИ

- 2.1 Концепт развоја софтверских модела за анализу бежичног канала
 - 2.1.1 Категоризација метода моделовања мобилног радио канала
 - 2.1.2 Постојећа решења за моделовање динамичког 5G канала
- 2.2 Пропагациони механизми за формирање аналитичког модела
 - 2.2.1 Категоризација пропагације у мобилном окружењу
 - 2.2.2 Моделовање мобилног канала са аспекта процене захтеваног квалитета сервиса
- 2.3 Путања развоја полу-симболичког оквира за подршку моделовању

3 СПЕЦИФИЧНОСТИ 5G ПРЕНОСА, АРХИТЕКТУРА И ТЕХНОЛОГИЈА

- 3.1 Флексибилни физички слој 5G радио приступне мреже (5G RAN)
 - 3.1.1 Флексибилна нумерологија
 - 3.1.2 Физички канали и ресурсна решетка у 5G NR
 - 3.1.3 Структура рама
- 3.2 Физички сигнали за естимацију динамичког канала у 5G NR
 - 3.2.1 Релевантност естимација у дуплексу и врсте коришћених сигнала
 - 3.2.2 Референтни сигнал за сондирање канала, SRS
 - 3.2.3 Референтни сигнал за информације о стању канала, CSI-RS

4 СИМУЛАЦИОНИ ДЕО СА ОПИСОМ ЕКСПЕРИМЕНТАЛНОГ ОКРУЖЕЊА

- 4.1 Изградња симулационог модела
 - 4.1.1 Кларков пропагациони модел за ускопојасни сигнал
 - 4.1.2 Псеудокод за широкопојасно проширење
- 4.2 Графички кориснички интерфејс
- 4.3 Матлаб-ов 5G Toolbox

5 ИНТЕРПРЕТАЦИЈА РЕЗУЛТАТА

- 5.1 Сценарио брзе железнице
- 5.2 Сценарио V2V

5.3 Сценарио V2V прометне раскрснице

5.4 Мерења LCR и AFD на енVELOПИ 5G CSI-RS сигнала

6 ЗАКЉУЧАК

Прилог А

Прилог Б

ЛИТЕРАТУРА

Систематизација материје је изведена поступно, пружајући адекватну оријентацију тематике у актуелним областима истраживања, нудећи читаоцу оптималну количину материјала за разумевање проблематике, сагледавања постојећих решења и следећег математичког апарата. Понуђене референце пружају солидне смернице за дубље проучавање материје и следственост истраживања у односу на досадашња достигнућа у предметној области. Веома обимна количина информација о 5G преносу је елаборирана у количини потребној за разумевање понуђеног решења. Слике су јасне, већином у боји, одражавају суштину добијених резултата и предложених решења. Сам текст је урађен у естетски изгледној монографској форми. Уз већину резултата је приложен кôд, делом симболички у језику Wolfram, делом нумерички у пакету Matlab, којим се исти могу репродуковати и даље анализирати.

Део радова који су публиковани у релацији са тематском области, наведени су у Уводу, као и у списку литературе, по редоследу навођења.

6. Научни резултати докторске дисертације

Мр Ненад Стефановић, дипл.инж. је у оквиру своје докторске дисертације извршио систематизацију и анализу досадашњих софтверских алата за моделовање мобилног пропагационог канала у 5G мрежи, статистичких карактеристика, могућности симболичког језика и нумеричких пакета и дошао до значајних резултата када су у питању могућности симболичког програмирања, статистике другог реда за параметризацију мобилног канала и његову абстракцију према вишим слојевима мреже, на којима се одвијају интелигентни алгоритми за управљање мрежом.

Конкретно, може се издвојити неколико сагледаних научних резултата:

- теоријска поставка средњег броја осних пресека и просечног трајања фединга, са математичком разрадом и закључком како се ови врло корисни статистички параметри могу мерити у пракси
- разрада симболичког кôда којим се може вишеструко убрзати (преко 10 пута) прорачун статистике другог реда уз задржавање високе прецизности (изнад 97%)
- конципирање пута развоја симболичко-нумеричког оквира за развој оваквог алата
- резултати анализе статистике другог реда на широкопојасном сигналу, по први пут публиковани у научној и стручној јавности
- резултати на реалном 5G сигналу који показују како измерени параметри средњег броја осних пресека и просечног трајања фединга доприносе бољој карактеризацији мобилног канала и надовезују се на досадашња решења у овој области

Јединствена оцена комисије је да наведени научни доприноси, приложена концептуална решења и код пружају валидну основу за даља истраживања и анализе.

7. Применљивост резултата у теорији и пракси

Докторска дисертација кандидата мр Ненада Стефановића, дипл.инж. под називом „Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“ даје нова сазнања која су представљена научној и стручној јавности кроз радове у области електротехничког и рачунарског инжењерства и ствара претпоставку за њихову примену у даљој примени симболичко-нумеричких алата, моделовања физичког пропагационог канала у мобилним мрежама и њихову оптимизацију у погледу захтеваног квалитета мрежног сервиса, односно корисничког искуства.

8. Начин презентовања резултата научној јавности

Као резултат рада на овој докторској дисертацији кандидат је публикувао 1 рад у међународном часопису категорије M22, 2 рада у међународном часопису са DOI бројем и 1 на међународном научном скупу који се односе на развој софтверских 5G алата и практичног разматрања естимације статистике другог реда 5G сигнала.

Поред тога, у протеклом периоду од када је кандидату одобрена израда докторске дисертације објавио је 1 рад који је штампан у међународном часопису са DOI бројем. Сви поменути радови се односе на тему докторске дисертације и увези су са постављеним циљевима истраживања.

Може се рећи да истраживачки рад кандидата обухвата подручје рачунарског софтвера за мобилне комуникације у научној области електротехничког и рачунарског инжењерства.

Поређењем постављених и одобрених циљева истраживања и добијених резултата и доприноса који су представљени научној јавности кроз радове и писаног дела докторске дисертације Комисија доноси следећи

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

Докторска дисертација кандидата мр Ненада Стефановића, дипл.инж, под називом „Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“ одговара прихваћеној теми од стране Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Чачку, односно Већа за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу.

Научна и стручна терминологија, структура докторске дисертације и примењена методологија истраживања су у складу са универзитетским нормама.

Добијени и публикувани резултати истраживања су од значаја са научног становишта јер представљају нови приступ развоју софтверског система за моделовање динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама. Кандидат је кроз теоријска истраживања и методе које се користе у софтверским пакетима математичке симулације, као и приказом практичних резултата, остварио значајан број научних резултата од којих је део публикуван у међународном часопису категорије M22 и међународним часописима са DOI бројем.

Кандидат је показао да влада методологијом научно-истраживачког рада и поседује способност системског приступа и коришћења литературе, практична знања у области мерења телекомуникационих сигнала и коришћење савремених мерних инструмената. При

томе је показао способност да сложеној проблематици приступи свеобухватно, у циљу добијања конкретних и применљивих резултата.

Докторска дисертација по квалитету, обиму и приказаним резултатима истраживања у потпуности задовољава законске услове и универзитетске норме прописане за израду докторске дисертације.

С' обзиром на актуелност теме која је обрађена и остварене резултате, чланови комисије сматрају да кандидат **мр Ненад Стефановић, дипл.инж.**, и поднета докторска дисертација, **испуњавају све услове**, који се у поступку оцене писаног дела докторске дисертације захтевају законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Крагујевцу и Статутом Факултета техничких наука у Чачку.

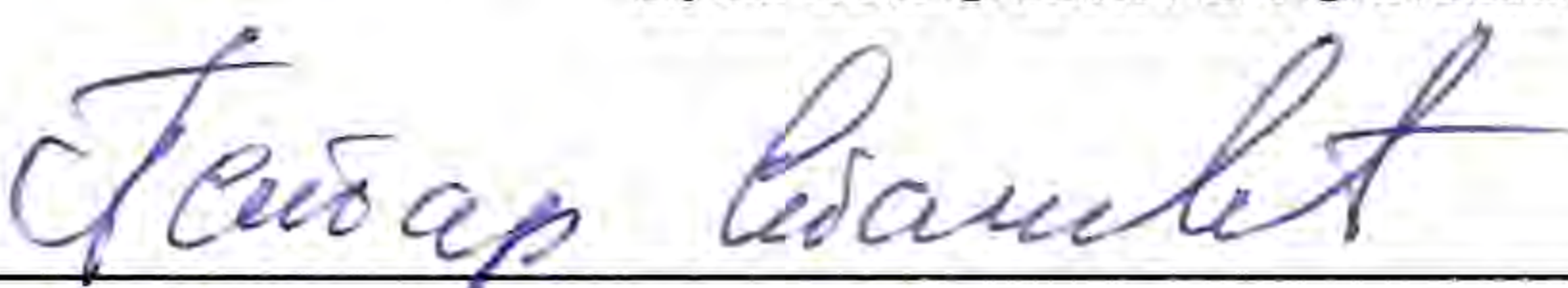
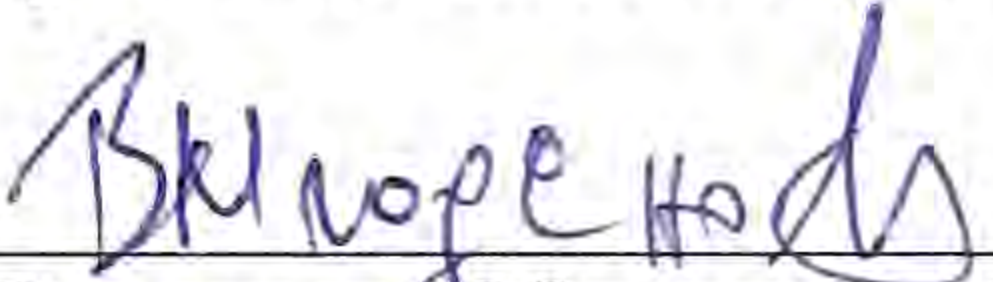

На основу претходно наведеног, Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **мр Ненада Стефановића, дипл.инж.**, једногласно је одлучила да докторска дисертација под називом:

„Развој софтверског система за карактеризацију динамичког физичког канала у мобилним комуникационим мрежама“

по квалитету, обиму и добијеним резултатима истраживања у потпуности испуњава све научне и стручне критеријуме за израду докторске дисертације. Комисија сса задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Чачку и Већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Крагујевцу да овај Извештај у потпуности прихвате и да кандидата позову на усмену јавну одбрану наведене докторске дисертације.

У Чачку, ____ . мај 2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. 
др Петар Спалевић, редовни професор, председник
Ужа научна област: Телекомуникације и информациони системи
Универзитет у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици –
Факултет техничких наука у Косовској Митровици
2. 
др Владимир Младеновић, ванредни професор, ментор и члан
Ужа научна област: Информационе технологије и системи
Универзитет у Крагујевцу – Факултет техничких наука у Чачку
3. 
др Марија Благојевић, ванредни професор, члан
Ужа научна област: Информационе технологије и системи
Универзитет у Крагујевцу – Факултет техничких наука у Чачку