

ПРИЈАВА	25.04.2023
ОРГ. ЈЕДИНИЦА	
515/1	

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

Предмет: Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације и подобности кандидата Милутина Нешића.

На основу одлуке Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Косовској Митровици, број 428/3-3, од 06.04.2023. године, именована је Комисија за писање Извештаја о оцени научне заснованости предложене теме докторске дисертације под радним насловом **„Перформансе хибридних релејних радиофреквентних и бежичних оптичких комуникационих система“**, као и подобности кандидата Милутина Нешића.

Комисија у саставу:

1. др Петар Спалевић, ред. проф., Факултет техничких наука у Косовској Митровици – председник Комисије,
2. др Дејан Милић, ред. проф., Електронски факултет у Нишу – члан,
3. др Бранимир Јакшић, ванр. проф., Факултет техничких наука у Косовској Митровици – члан.

На основу приложене документације уз пријаву теме дисертације, образложења теме, научних и стручних радова и увидом у целокупну документацију и делатност кандидата, Комисија подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Милутин (Живојин) Нешић рођен је 1978. године у Београду. Основну школу завршио је у Београду, а средњу Електротехничку школу “Никола Тесла”, такође, у Београду на смеру Електротехничар електронике. Завршио је основне струковне студије на Високој школи електротехнике и рачунарства струковних студија у Београду 2009. године, као и специјалистичке струковне студије на истој институцији 2015. године. Факултет техничких наука у Косовској Митровици уписао је 2009. године на студијском програму Електротехничко и рачунарско инжењерство на модулу Електроника и телекомуникације. Основне студије завршио је 2016. године и стекао звање инжењер електротехнике и рачунарства. Мастер студије на истом студијском програму завршио је 2017. године и стекао звање дипломирани инжењер

електротехнике и рачунарства. Исте године уписао је докторске студије на студијском програму Електротехничко и рачунарско инжењерство на Факултету техничких наука у Косовској Митровици и до сада је положио све испите. Од 2006. године до данас је запослен на Академији техничко-уметничких струковних студија у Београду, на Одсеку Висока школа електротехнике и рачунарства (раније Виша електротехничка школа, па Висока школа електротехнике и рачунарства струковних студија Београд) где је прошао кроз више нижих наставних звања, а од 2017. је ангажован као асистент на великом броју предмета из области електронике и телекомуникација. Аутор и коаутор је на 16 научних радова објављених у следећим категоријама часописа: 2 рада у М21, 1 рад у М22, 7 радова у М33 и 6 радова у М63. Такође, објавио је један приручник као коаутор из предмета Интернет интелигентних уређаја.

2. ПОДОБНОСТ КАНДИДАТА

2.1 Списак објављених радова

Истакнути међународни часопис (М22 и М21):

1. **Milutin Nešić**, Nenad Milošević, Petar Spalević, Zorica Nikolić, Marko Smilić, “*Wireless Communication System Performance in M2M Nakagami-m Fading Channel*”. Sustainability 2023, 15, 3211. <https://doi.org/10.3390/su15043211> [M22]
2. Bratislav Marinković, Veljko Vujčić, Gennady Sushko, Dušan Vudragović, Dara Marinković, Stefan Đorđević, Stefan Ivanović, **Milutin Nešić**, Darko Jevremović, Andrey V Solov'yov and Nigel Mason, “*Development of collisional data base for elementary processes of electron scattering by atoms and molecules*”, Nucl. Instrum. Meth. B. 354, 90-95 (2015). doi:10.1016/j.nimb.2014.12.039 ISSN: 0168-583X [M21]
3. Bratislav Marinković, Vladimir Srećković, Veljko Vujčić, Stefan Ivanović, Nebojša Uskoković, **Milutin Nešić**, Ljubinko Ignjatović, Darko Jevremović, Milan Dimitrijević and Nigel Mason, „*BEAMDB and MOLD—Databases at the Serbian Virtual Observatory for Collisional and Radiative Processes*“, Atoms **2019**, 7, 11; doi:10.3390/atoms7010011, <http://www.mdpi.com/2218-2004/7/1/11> [M21]

Саопштења на међународним скуповима штампана у целости (М33):

1. Slavica Marinkovic, Amela Zekovic, Ivan Pavlovic, and **Milutin Nestic**. “*Enhancing Teaching of Wireless Communications by Combining Simulation, Measurements and Demonstration*”, ICEST 2019 Conference, 54th International Scient. Conference on Information, Communication and Energy Systems and Technologies, Ohrid, Macedonia, June 27-29 2019, P8-9, [p.24]. [M33]
2. **Milutin Nestic**, Slavica Marinkovic, Ivan Pavlovic and Amela Zekovic. „*Low cost solution for laboratory class on fundamentals of wireless communication link design*“, Proceedings of Papers 6th Int. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering

- (IcETRAN 2019), In conjunction with the 63rd annual meeting of ETRAN Society, June 10-13, 2019, Srebrno jezero, Serbia, Eds A. Gavrovska, Oral presentation, Section: Electric Circuits and Systems and Signal Processing, Abstract: EK12.4, p.38; [M33]
3. **Milutin Nešić**, Slavica Marinković, Ivan Pavlović, Amela Zeković, and Vera Petrović, “*Practical Teaching in the Field of Digital Broadcasting and Broadband Technologies at the VISER School in Belgrade*”, Proceedings of Papers 5th Int. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2018), In conjunction with the 62nd annual meeting of ETRAN Society, June 11-14, 2018, Palić, Serbia, Eds M. Lutovac, Oral presentation, Section: Electric Circuits and Systems and Signal Processing, Abstract: EK12.4, p.38; [M33]
 4. Slavica Marinković, **Milutin Nešić**, Ivan Pavlović, Amela Zeković, and Vera Petrović, “*Introducing DBBT Equipment in Practical Instruction within Communication Courses at the VISER School (Belgrade)*”, Proceedings of Papers 5th Int. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2018), In conjunction with the 62nd annual meeting of ETRAN Society, June 11-14, 2018, Palić, Serbia, Eds M. Lutovac, Oral presentation, Section: Electric Circuits and Systems and Signal Processing, Abstract: EK12.3, p.38; [M33]
 5. **Milutin Nešić**, Stefan Ivanović, Amela Zeković, Slavica Marinković, Branko Tomčik, Bratislav P. Marinković, and Borislav Hadžibabić, “*Emulation of a memristor element using a programmable microcontroller device*”, Proceedings of Papers 2nd Int. Conf. on Electrical, Electronic and Computing Engineering (IcETRAN 2015), In conjunction with the 59th annual meeting of ETRAN Society, June 8-11, 2015, Silver Lake (Srebrno Jezero), Serbia, Eds Z. Nikolic and V. Potkonjak, Oral presentation, Section: Electric Circuits and Systems and Signal Processing, Abstract: EK11.4, p.28-29; Best Section Paper Award, Full paper on CD pp. EK11.4.1-3.
Acknowledgements: grants – MESTD RS OI #171020; COST Action IC1401 “Memristors - Devices, Models, Circuits, Systems and Applications (MemoCiS)”.
http://etran.etf.rs/etran2015/sekcije_icetran.htm
http://etran.etf.rs/etran2015/fajlovi/Program_IcETRAN_2015.pdf
Booklet 2IcETRAN 2015
ISBN: 978-86-80509-71-6 (ETRAN Society - Society for Electronics, Telecommunications, Computers, Automatic Control and Nuclear Engineering, Singidunum University, Belgrade, School of Electrical Engineering, University of Belgrade, Academic Mind) [M33]
 6. Petar Spalević, Branimir Jakšić, Aleksandar Marković, Mile Petrović, **Milutin Nešić**, “*Influence of Power of Signal and Thermal Noise of PIN Photodetectors on the Transmission WDM Network*”, Proceedings of XI International SAUM Conference on Systems, Automatic Control and Measurements – SAUM 2012, Niš, Serbia, 14-16 November 2012, pp. 339-342. ISBN: 978-86-6125-072-9. [M33]

- Florin Stoican, Sorin Olaru, **Milutin Nesic** and Slavica Marinkovic, „*Control Design of a Positioning System upon a Fault Tolerant Multisensor Scheme*“, 17th Telecommunications forum TELFOR 2009, OS5.38, pp. 685–688, Serbia, Belgrade, November 24-26, 2009
http://2009.telfor.rs/files/radovi/05_38.pdf [M33]

Саопштења на домаћим скуповима штампана у целости (M63):

- Ivana Stefanović, **Milutin Nešić**, Marko Milivojčević, “*Mogućnost primene beacon tehnologiji za razvoj Covid-19 sistema za praćenje kontakta u visokoškolskim institucijama*“, LXVI KONFERENCIJA ETRAN, Novi Pazar 6 - 9. juna 2022. [M63]
- Borislav Hadžibabić, Petar Bošnjaković, **Milutin Nešić**, Nenad Tolić, “*Jednostavno rešenje višekanalnog logičkog analizatora*“, Zbornik radova 48. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku - ETRAN, ISBN 86-80509-49-3, Vol. 1, EL2.5, pp. 56-58, Čačak, Srbija, 2004 [M63]
- Petar Bošnjaković, Borislav Hadžibabić, **Milutin Nešić**, Nenad Tolić, “*Prilog ostvarivanju etalona jedinice električne energije*“, Zbornik radova 48. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku - ETRAN, ISBN 86-80509-51-5, Vol. 3, ML3.4, pp. 348-351, Čačak, Srbija, 2004 [M63]
- Petar Bošnjaković, Borislav Hadžibabić, **Milutin Nešić**, Nenad Tolić, “*Elektronska zaštita električnih potrošača sa inverznom karakteristikom vremena reagovanja*“, Zbornik radova 47. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku - ETRAN, ISBN 86-80509-45-0, Vol. 1, EL3.6, pp. 97-100, Herceg Novi, Crna Gora, 2003 [M63]
- Petar Bošnjaković, Borislav Hadžibabić, **Milutin Nešić**, Nenad Tolić, „*Merni pretvarač naizmenične električne struje u jednosmerni napon*“, Kongres metrologa, Beograd, Srbija, 2003 [M63]
- Milutin Nešić**, “*Konvertor napona učestanost jednostavne strukture*“, Zbornik radova 46. Konferencije za elektroniku, telekomunikacije, računarstvo, automatiku i nuklearnu tehniku - ETRAN, ISBN 86-80509-41-8, Vol. 1, EL1.5, pp. 36-38, Banja Vrućica - Teslić, Republika Srpska, 2002 [M63]

Помоћни уџбеник:

- Amela Zeković, **Milutin Nešić**, *Internet inteligentnih uređaja - priručnik za laboratorijske vežbe*, Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd, Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Beograd, 2022. ISBN 978-86-6090-119-6.

2.2 Оцена подобности кандидата за рад на предложеној теми

Кандидат је положио све испите предвиђене студијским програмом докторских студија – Електротехничко и рачунарско инжењерство, објавио више научних радова из области предложене теме, чиме је испунио услове и стекао право да пријави тему докторске дисертације.

На основу претходно изложеног, Комисија констатује да кандидат Милутин Нешић, испуњава све формалне услове и да је **ПОДОБАН** да настави рад на предложеној теми.

3. КРАТКО ОБРАЗЛОЖЕЊЕ ТЕМЕ

3.1 Предмет и циљ истраживања

Развој нових телекомуникационих технологија уследио је као последица како војних, тако и нових комерцијалних захтева. Услед константног раста броја корисника и развоја савремених висококвалитетних мултимедијалних апликација, нове генерације бежичних система мораће да испуне низ нових захтева. Насупрот бежичним радио-фреквенцијским (RF) технологијама, оптички системи обезбеђују већи пропусни опсег, веће брзине и бољи квалитет преноса. Пошто се имплементација система са оптичким влакнима показала као доста компликована и скупа, ови системи представљају добар избор за комуникациони линк на великим удаљеностима. Као једно од решења за проблем „последње миље“, користе се оптичке бежичне комуникације (OWC – Optical Wireless Communications), које комбинују брзину оптичких система и флексибилност бежичних комуникација.

Одрживост OWC линка захтева постојање директне линије оптичке видљивости између предајника и пријемника. Пошто у неким ситуацијама и окружењима није могуће обезбедити линију оптичке видљивости између предајника и пријемника, дошло се на идеју примене релејне технологије код бежичног преноса оптичких сигнала.

3.2 Хипотезе

Применом релејне технологије обезбеђује се повећање капацитета и енергетска ефикасност система, као и побољшање перформанси система. Употребом релеја могуће је смањити предајну снагу, постићи бољу покривеност, док се у исто време већини корисника пружа приближно исти квалитет услуга. Најједноставнији релејни систем састоји се од предајника, релеја и пријемника, односно од два линка која су повезана релејем. У зависности од циља који је потребно остварити, системи са већим бројем релеја могу бити повезани редно, паралелно или комбиновањем редне и паралелне везе. Инсталирањем више релеја може се потенцијално обезбедити већи број независних канала између предајника и пријемника, чиме је омогућена примена диверзити техника и побољшање перформанси система.

3.3 Преглед досадашњих истраживања

У литератури најчешће се среће подела релеја на нерегенеративне (AF – Amplify and Forward) и регенеративне (DF – Decode and Forward). У зависности од врсте појачања, нерегенеративни релеји се могу поделити на AF релеје константног појачања и AF релеје променљивог појачања. Релеји константног појачања имају, у одређеном временском интервалу, фиксно појачање које зависи од дугорочне статистике бежичног канала и углавном је функција средње снаге слабљења у каналу између предајника и релеја. Код релеја променљивог појачања, појачање се мења у зависности од тренутних услова у каналу, односно зависи од тренутне информације о стању канала (CSI - Channel State Information). У литератури се најчешће под регенеративним релејима подразумевају DF релеји који детектују и декодују сигнал, затим га кодују истим или неким другим кодом и поново шаљу. Они врше обраду сигнала у дигиталном домену и перформансе система су тада донекле боље у односу на системе са нерегенеративним релејима. Међутим, регенеративни релеји знатно су сложенији, а самим тим и скупљи од нерегенеративних релеја.

Спрега релејне и OWC технологије интензивно је разматрана литератури. Ако на свим деоницама постоји линија оптичке видљивости, онда је могуће на свакој деоници остварити OWC пренос сигнала. Ако на неким деоницама није остварена линија оптичке видљивости, пренос је могуће обавити у RF домену. Овакви системи се састоје од RF и FSO линкова, који су повезани релејима, и називају се хибридни системи. Кључна идеја хибридних система је у томе да се истовремено искористе предности које се добијају имплементацијом релеја и предности OWC преноса сигнала. У дисертацији ће бити разматрани системи када на деоници од предајника до релеја не постоји директна линија оптичке видљивости, и на њој се остварује RF пренос сигнала, док је OWC пренос примењен на другом линку између релеја и пријемника за потребе „последње миље“. Конверзија електричног сигнала у оптички на релеју се врши применом интензитетске модулације подносиоцем.

Такође, више RF носиоца могу се мултиплексирати кроз један OWC линк којим ће се даље извршити пренос сигнала до крајње одредишта. Услед постојања јаза у конекцији између главне мреже са оптичким влакнима и крајњих корисника, применом OWC преноса остварује се покривеност „последње миље“. Због компликоване имплементације оптичких влакана у циљу повећања пропусног опсега и домета до крајњих корисника, једноставније је и знатно јефтиније извршити инсталацију OWC предајника и пријемника на високим објектима, при чему се добија покривеност последње миље, и могућност мултиплексирања више корисника. Тиме се обезбеђују сличне перформансе као и код система са оптичким влакнима. Такође употребом OWC преноса избећи ће се утицај интерференције на дестинацији.

3.4 Очекивани резултати

Имајући у виду актуелност хибридних комуникационих система са релејима, њиховом анализом допринос дисертације и очекивани резултати ће бити:

- Анализа перформанси кооперативних М2М (Machine-to-Machine) радиофреквентних комуникационих система применом релеја за случајеве када су комуникациони канали моделовани различитим моделима фединга и када је присутна интерференција.
- Преглед, моделовање и анализа хибридних комуникационих система са регенеративним и нерегенеративним релејима за различите услове и сценарије приликом преноса сигнала.
- Извођење и добијање аналитичких, нумеричких и графичких резултата као и развој различитих модела симулација за потврђивање тачности резултата.
- Компаративна анализа перформанси хибридних комуникационих система са АF и DF релејима и утицај фединга, јачине атмосферске турбуленције, грешке позиционирања, атмосферског слабљења и других параметара на поузданост, квалитет и брзину преноса сигнала.
- Извођење закључака, предлагање најпоузданијих хибридних комуникационих система у зависности од услова и окружења у којима се сигнал преноси.

Да би се дошло до ових резултата и доприноса, примењиваће се следећа методологија истраживања:

- Анализа и преглед научне литературе из ове области, нарочито оних који имају висок степен цитираности и који су објављени у врхунским научним часописима;
- Примењивање теоријских, аналитичких и експерименталних метода;
- Развој различитих модела за симулацију проблема помоћу специјализованих програма и програмских језика;
- Верификација резултата;
- Тестирање и верификација примењених метода и приступа;
- Практична имплементација.

3.5 Оквирни садржај

Докторска дисертација почиње апстрактном, кључним речима и садржајем. Поред увода, дисертација ће садржати пет тематских целина, закључак, прилог и преглед литературе.

У **Уводу** дисертације биће представљени предмет и циљеви дисертације. Поред тога, биће представљена досадашња истраживања из области теме дисертације, методологија, структура и организација саме дисертације.

У **другом поглављу** дисертације ће бити представљени кооперативни М2М бежични радиофреквентни комуникациони системи. На почетку поглавља ће бити истакнут значај и примена ових система који за циљ имају поуздан и брз пренос података. Затим ће бити представљен модел система где се пренос података одвија употребом релеја и где не постоји директна веза комуникације између предајника и пријемника што је чест случај у урбаним срединама. Оба линка, између предајника и

релеја и између релеја и пријемника подразумеваће пренос путем радиофреквентних линкова а за њихово моделовање биће коришћени модели канала који се најчешће сусрећу у пракси и који показују добру усаглашеност између теоријских, аналитичких, нумеричких и практичних резултата. У овом поглављу, главни допринос ће представљати анализа перформанси система попут средњег броја осних пресека (Level Crossing Rate - LCR), вероватноћа отказа система (Outage Probability), капацитет система (Channel Capacity) и вероватноћа грешке по биту (Bit Error Rate - BER). Анализа ће бити посматрана у односу на различите мере попут односа сигнал-шум (signal to noise ratio - SNR) као и односа сигнал-интерференција (signal to interference ratio - SIR).

У **трећем поглављу** дисертације ће бити представљени хибридни комуникациони системи преноса. Поред дефинисања различитих типова хибридних комуникационих система преноса који се најчешће сусрећу у реалним условима, у овом поглављу ће бити приказана и њихова компаративна анализа на основу које се могу извести закључци о ефикасности преноса података и употреби предложених система. Такође, у овом поглављу ће бити разматрани регенеративни и нерегенеративни релеји који се употребљавају у хибридном комуникационим системима преноса. За моделовање канала како у радиофреквентним линковима тако и у линковима бежичних оптичких комуникација у слободном простору биће коришћене различите статистичке расподеле које описују утицај јачине фединга и атмосферских турбуленција. Како би анализа перформанси хибридних комуникационих система била могућа, у овом поглављу ће бити израчунате функција густине вероватноће (Probability Density Function - PDF) и кумулативна функција расподеле (Cumulative Distribution Function - CDF).

У **четвртном поглављу** дисертације биће извршена анализа вероватноће отказа хибридних комуникационих система за различите типове релеја. Компаративном анализом система који користи AF (Amplify and Forward) релеј и система који користи DF (Decode and Forward) релеј, биће омогућено извести закључке о стабилности и поузданости ових система. Такође, утицај различитих параметара фединга, јачине атмосферских турбуленција, грешке позиционирања и атмосферског слабљења на вероватноћу отказа система ће бити разматране.

У **петом поглављу** дисертације биће извршена анализа вероватноће грешке по биту (BER) хибридних комуникационих система са AF и DF релејима када се користе различити типови модулационих шема. Утицај различитих параметара фединга и атмосферских турбуленција у зависности од коришћеног релеја и типа модулације ће бити анализирани.

У **шестом поглављу** дисертације биће израчунат теоријски максимални пропусни опсег хибридних комуникационих система са AF и DF релејима. Капацитет предложеног хибридног комуникационог система ће бити разматран само за случајеве где не постоји канал повратне информације између предајника и пријемника. Такође,

као и у претходним поглављима, утицај различитих параметара фединга и атмосферских турбуленција у зависности од коришћеног релеја ће бити анализирани.

Након шестог поглавља биће дат **Закључак** са освртом на резултате који ће бити добијени у претходним поглављима. На основу анализе биће предложени најпоузданији модели хибридног преноса података, услови у којима се остварује најмања вероватноћа грешке по биту као и који системи омогућавају остваривање највеће количине преноса података. Такође, биће предложене и методе и модели за даље унапређивање хибридних комуникационих система.

Након Закључка ће бити дат **Прилог** у коме ће бити представљене једначине и друге математичке релације које ће бити коришћене за добијање аналитичких резултата.

На крају ће бити дата листа референци коришћених у истраживању.

3.6 Литература

- [1] I. Vulić, D. Krstić, P. Nikolić, S. Minic, and M. Stefanović, "Average Fade Duration of Triple Nakagami- m Random Process and Application in Wireless Relay Communication System," in *4th International Conference on Smart and Sustainable Technologies (SpliTech)*, 2019, pp. 1–5. doi: 10.23919/SpliTech.2019.8783094.
- [2] D. Krstic, M. Głabowski, M. Stefanovic, and M. Peric, "Level Crossing Rate of Ratio of Product of Two Rayleigh and One Nakagami-m Random Variable and of Ratio of Rayleigh and Product of Two Nakagami-m Random Variables," in *11th International Symposium on Communication Systems, Networks & Digital Signal Processing (CSNDSP)*, 2018, pp. 1–6. doi: 10.1109/CSNDSP.2018.8471843.
- [3] C. Stefanovic, I. Milovanovic, S. Panic, and M. Stefanovic, "LCR and AFD of the Products of Nakagami-m and Nakagami-m Squared Random Variables: Application to Wireless Communications Through Relays," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 123, no. 3, pp. 2665–2678, 2022, doi: 10.1007/s11277-021-09258-6.
- [4] M. Smilić, Z. Nikolić, D. Milić, P. Spalević, and S. Panić, "Comparison of adaptive algorithms for free space optical transmission in Málaga atmospheric turbulence channel with pointing errors," *IET Commun.*, vol. 13, no. 11, pp. 1578–1585, 2019, doi: 10.1049/iet-com.2018.5666.
- [5] J. M. Garrido-Balsells, J. F. Lopez-Martinez, M. Castillo-Vázquez, A. Jurado-Navas, and A. Puerta-Notario, "Performance analysis of FSO communications under LOS blockage," *Opt. Express*, vol. 25, no. 11, pp. 25278–25294, 2017.
- [6] T. D. Katsilieris, G. P. Latsas, H. E. Nistazakis, and G. S. Tombras, "An Accurate Computational Tool for Performance Estimation of FSO Communication Links over Weak to Strong Atmospheric Turbulent Channels," *Computation*, vol. 5, 2017, doi: 10.3390/computation5010018.
- [7] N. D. Milosevic, M. I. Petkovic, and G. T. Djordjevic, "Average BER of SIM-DPSK FSO system with multiple receivers over M -distributed atmospheric channel with pointing errors," *IEEE Photonics J.*, vol. 9, no. 4, pp. 1–6, 2017, doi: 10.1109/JPHOT.2017.2710320.
- [8] M. M. Smilić, Z. H. Perić, D. N. Milić, A. V Marković, and M. Savić, "Influence of zero and non-zero boresight pointing errors on bit-error rate free-space optic transmission over Málaga atmospheric channel," *Opt. Appl.*, vol. XLVIII, no. 2, pp. 179–189, 2018, doi: 10.5277/oa180202.
- [9] W. G. Alheadary, K. Park, and M.-S. Alouini, "Performance analysis of multihop heterodyne free-space optical communication over general Malaga turbulence channels with pointing error," *Opt. - Int. J. Light Electron Opt.*, vol. 151, no. 2017, pp. 34–47, 2017, doi: 10.1016/j.ijleo.2017.08.087.

- [10] K. O. Odeyemi and P. A. Owolawi, "Wireless energy harvesting based asymmetric RF/FSO system with transmit antenna selection and receive diversity over M-distribution channel and non-zero boresight pointing error," *Opt. Commun.*, vol. 461, no. September 2019, p. 125219, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.optcom.2019.125219.
- [11] V. Palliyembil, J. Vellakudiyan, and P. Muthuchidambaranathan, "Performance analysis of RF-FSO communication systems over the Málaga distribution channel with pointing error," *Optik (Stuttg.)*, vol. 247, no. June 2019, p. 167891, Dec. 2021, doi: 10.1016/j.ijleo.2021.167891.
- [12] P. Ramirez-Espinosa, J. M. Moualeu, D. B. da Costa, and F. J. Lopez-Martinez, "The alpha-k- μ Shadowed Fading Distribution: Statistical Characterization and Applications," in *2019 IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM)*, Dec. 2019, pp. 1–6. doi: 10.1109/GLOBECOM38437.2019.9013399.
- [13] S. Anees, P. S. S. Harsha, and M. R. Bhatnagar, "On the Performance of AF based Mixed Triple-Hop RF / FSO / RF Communication System," in *IEEE 28th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/PIMRC.2017.8292559.
- [14] N. Zdravković, A. M. Cvetković, D. N. Milić, and G. T. Đorđević, "Packet error rate analysis of decode-and-forward free-space optical cooperative networks in the presence of random link blockage," *J. Mod. Opt.*, vol. 64, no. 16, pp. 1657–1668, 2017, doi: 10.1080/09500340.2017.1310316.
- [15] M. O. Hasna and M. Alouini, "A Performance Study of Dual-Hop Transmissions With Fixed Gain Relays," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 3, no. 6, pp. 1963–1968, 2004.
- [16] L. Chen and W. Wang, "Multi-diversity combining and selection for relay-assisted mixed RF/FSO system," *Opt. Commun.*, vol. 405, no. July, pp. 1–7, 2017, doi: 10.1016/j.optcom.2017.07.001.
- [17] M. I. Petković, A. M. Cvetković, G. T. Đorđević, and G. K. Karagiannidis, "Outage Performance of the Mixed RF/FSO Relaying Channel in the Presence of Interference," *Wirel. Pers. Commun.*, vol. 96, no. 2, pp. 2999–3014, Sep. 2017, doi: 10.1007/s11277-017-4336-7.
- [18] S. Anees and M. R. Bhatnagar, "Performance of an Amplify-and-Forward Dual-Hop Asymmetric RF – FSO Communication System," *IEEE/OSA J. Opt. Commun. Netw.*, vol. 7, no. 2, pp. 124–135, 2015.
- [19] S. Anees and M. R. Bhatnagar, "Information theoretic analysis of a dual-hop fixed gain AF based mixed RF-FSO system," in *2015 IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*, Aug. 2015, vol. September, pp. 927–931. doi: 10.1109/PIMRC.2015.7343430.
- [20] E. Soleimani-Nasab and M. Uysal, "Generalized Performance Analysis of Mixed RF/FSO Cooperative Systems," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 15, no. 1, pp. 714–727, Jan. 2016, doi: 10.1109/TWC.2015.2477400.
- [21] I. Trigui, N. Cherif, and S. Affes, "Relay-Assisted Mixed FSO / RF Systems over Málaga- M and κ - μ Shadowed Fading Channels," *IEEE Wirel. Commun. Lett.*, vol. 6, no. 5, pp. 682–685, 2017.
- [22] T. Rakia, Hong-Chuan Yang, F. Gebali, and M.-S. Alouini, "Power Adaptation Based on Truncated Channel Inversion for Hybrid FSO/RF Transmission With Adaptive Combining," *IEEE Photonics J.*, vol. 7, no. 4, pp. 1–12, Aug. 2015, doi: 10.1109/JPHOT.2015.2460118.
- [23] P. V Trinh, T. C. Thang, and A. T. Pham, "Mixed mmWave RF/FSO Relaying Systems Over Generalized Fading Channels With Pointing Errors," *IEEE Photonics J.*, vol. 9, no. 1, 2017, doi: 10.1109/JPHOT.2016.2644964.
- [24] L. Yang, M. O. Hasna, and X. Gao, "Performance of Mixed RF / FSO with Variable Gain over Generalized Atmospheric Turbulence Channels," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 33, no. 9, pp. 1913–1924, 2015, doi: 10.1109/JSAC.2015.2432471.
- [25] J. Vellakudiyan, I. S. Ansari, V. Palliyembil, P. Muthuchidambaranathan, and K. A. Qaraqe, "Channel capacity analysis of a mixed dual-hop radio-frequency-free space optical transmission system with Málaga distribution," *IET Commun.*, vol. 10, no. 16, pp. 2119–2124, 2016, doi: 10.1049/iet-com.2016.0041.

- [26] M. Usman, H. C. Yang, and M. S. Alouini, "Practical switching-based hybrid FSO/RF transmission and its performance analysis," *IEEE Photonics J.*, vol. 6, no. 5, 2014, doi: 10.1109/JPHOT.2014.2352629.
- [27] C. García-Corrales, F. J. Cañete, and J. F. Paris, "Capacity of $\kappa - \mu$ Shadowed Fading Channels," *Int. J. Antennas Propag.*, vol. 2014, 2014, doi: 10.1155/2014/975109.
- [28] M. A. Amirabadi, "A novel hybrid FSO/RF communication system with receive diversity," *Signal Processing*, pp. 1–5, 2018.
- [29] M. M. H. El Ayadi and M. H. Ismail, "Novel Closed-Form Exact Expressions and Asymptotic Analysis for the Symbol Error Rate of Single and Multiple-Branch MRC and EGC Receivers over α - μ Fading," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 63, no. 9, pp. 4277–4291, 2014.
- [30] A. K. Rathie, L. C. S. M. Ozelim, and P. N. Rathie, "On a new identity for the H-function with applications to the summation of hypergeometric series," *Turkish J. Math.*, vol. 42, no. 3, pp. 1–11, 2017.
- [31] N. T. T. Nguyen, M. Q. Vu, H. T. T. Pham, B. H. Dang, and N. T. Dang, "Performance Enhancement of HAP-Based Relaying M -PPM FSO System Using Spatial Diversity and Heterodyne Detection Receiver," *J. Opt. Commun.*, vol. 42, no. 1, pp. 111–120, 2021, doi: 10.1515/joc-2018-0033.
- [32] M. A. Amirabadi and V. T. Vakili, "Performance analysis of hybrid FSO/RF communication systems with Alamouticoding or antenna selection," *J. Eng.*, vol. 2019, no. 5, pp. 3433–3437, 2019, doi: 10.1049/joe.2019.0072.
- [33] K. P. Peppas, A. N. Stassinakis, H. E. Nistazakis, and G. S. Tombras, "Capacity Analysis of Dual Amplify-and- Forward Relayed Free-Space Optical Communication Systems Over Turbulence Channels With Pointing Errors," vol. 5, no. 9, pp. 1032–1042, 2013.
- [34] B. L. Sharma and R. F. A. Abiodun, "GENERATING FUNCTION FOR GENERALIZED FUNCTION OF TWO VARIABLES," *Am. Math. Soc.*, vol. 46, no. 1, pp. 69–72, 1974.
- [35] M. R. Bhatnagar and S. Member, "On the Capacity of Decode-and-Forward Relaying over Rician Fading Channels," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 17, no. 6, pp. 1100–1103, 2013.
- [36] M. Xia, C. Xing, Y.-C. Wu, and S. Aissa, "Exact Performance Analysis of Dual-Hop Semi-Blind AF Relaying over Arbitrary Nakagami-m Fading Channels," *IEEE Trans. Wirel. Commun.*, vol. 10, no. 10, pp. 3449–3459, 2011.
- [37] J. Gupta, V. K. Dwivedi, and V. Karwal, "On the Performance of RF-FSO System Over Rayleigh and Kappa-Mu/Inverse Gaussian Fading Environment," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 4186–4198, 2018, doi: 10.1109/ACCESS.2018.2789478.
- [38] H. Chergui, M. Benjillali, and S. Member, "Performance Analysis of Project-and-Forward Relaying in Mixed MIMO-Pinhole and Rayleigh Dual-Hop Channel," *IEEE Commun. Lett.*, vol. 20, no. 3, pp. 610–613, 2016, doi: 10.1109/LCOMM.2016.2514348.
- [39] L. Kong, W. Xu, L. Hanzo, H. Zhang, and C. Zhao, "Performance of a Free Space Optical Relay-Assisted Hybrid RF/FSO System in Generalized M-distributed Channels," *IEEE Photonics J.*, vol. 7, no. 5, pp. 1–19, 2015, doi: 10.1109/JPHOT.2009.XXXXXXX.
- [40] N. Sharma, P. Garg, and A. Bansal, "Mixed RF/FSO bidirectional system achieving spectral efficiency," *Photonic Netw. Commun.*, vol. 34, no. 1, pp. 93–99, 2017, doi: 10.1007/s11107-016-0669-5.
- [41] W. Zhang, S. Hranilovic, and C. Shi, "Soft-Switching Hybrid FSO/RF Links Using Short-Length Raptor Codes: Design and Implementation," *IEEE J. Sel. Areas Commun.*, vol. 27, no. 9, pp. 1698–1708, 2009, doi: 10.1109/JSAC.2009.091219.
- [42] Z. Jing, Z. Shang-Hong, Z. Wei-Hu, L. Yun, and L. Xuan, "Performance of mixed RF/FSO systems in exponentiated Weibull distributed channels," *Opt. Commun.*, vol. 405, no. March, pp. 244–252, 2017, doi: 10.1016/j.optcom.2017.07.015.
- [43] I. S. Ansari, S. Al-Ahmadi, F. Yilmaz, M.-S. Alouini, and H. Yanikomeroglu, "A New Formula for the BER of Binary Modulations with Dual-Branch Selection over Generalized-K Composite Fading Channel," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 59, no. 10, pp. 2654–2658, 2011, doi: 10.1109/TCOMM.2011.063011.100303A.
- [44] H. Moradi, M. Falahpour, H. H. Refai, P. G. LoPresti, and M. Atiquzzaman, "On the Capacity of Hybrid FSO/RF Links," in *2010 IEEE Global Telecommunications Conference*

GLOBECOM 2010, Dec. 2010, pp. 1–5. doi: 10.1109/GLOCOM.2010.5683365.

- [45] K. P. Peppas, "A New Formula for the Average Bit Error Probability of Dual-Hop Amplify-and-Forward Relaying Systems over Generalized Shadowed Fading Channels," *IEEE Wirel. Commun. Lett.*, vol. 1, no. 2, pp. 85–88, 2012.

4. НАУЧНА ОБЛАСТ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. **Проф. др Петар Спалевић**, редовни професор, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, ужа научна област: Телекомуникације и информациони системи.
2. **Проф. др Дејан Милић**, редовни професор, Електронски факултет у Нишу, ужа научна област: Телекомуникације.
3. **Проф. др Бранимир Јакшић**, ванредни професор, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, ужа научна област: Телекомуникације и информациони системи.

5. ПРЕДЛОГ ЗА ИМЕНОВАЊЕ МЕНТОРА

На основу детаљне анализе приложене документације Комисија предлаже да се менторство израде докторске дисертације повери **проф. др Петру Спалевићу**, редовном професору Факултета техничких наука у Косовској Митровици.

Компетентност проф. др Петра Спалевића одређује његова ужа научна област која се поклапа са предложеним истраживањима и значајне референце из области која је тема докторске дисертације:

1. Milutin Nestic, Nenad Milosevic, **Petar Spalevic**, Zorica Nikolic, Marko Smilic, "Wireless Communication System Performance in M2M Nakagami-m Fading Channel", *Sustainability*, (2023) vol. 15, br. 4, str.; EISSN 2071-1050 <https://doi.org/10.3390/su15043211>; [M22]
2. Jelena Todorovic, **Petar Spalevic**, Stefan Panic, Bojana Milosavljevic, Milan Gligorijevic, "FSO system performance analysis based on novel Gamma-Chi-square irradiance PDF model", *Optica Applicata*, (2021) vol. 51, br. 3, str. 335-348; DOI:10.37190/oa210303; [M23]
3. Jelena Todorovic, Branimir Jaksic, **Petar Spalevic**, Djoko Bandjur, Stefan Panic, "Average Bit Error Rate at Signal Transmission with OOK Modulation Scheme in Different FSO Channels", *Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette*, (2021) vol. 28, br. 3, str. 725-732; ISSN 1330-3651 (Print), ISSN 1848-6339 (Online); <https://doi.org/10.17559/TV-20190819113450>; [M23]
4. Aleksandar Markovic, Zoran Peric, Stefan Panic, **Petar Spalevic**, "Average Bit Error Rate Calculation Based on Using Piecewise Spline Approximation", *Revue Roumaine des Sciences Techniques-Serie Electrotechnique et Energetique*, (2019) vol. 64, br. 3, str. 255-258; DOI:10.1109/SACVLC.2017.8267611; [M23]
5. Marko Smilic, Zorica Nikolic, Dejan Milic, **Petar Spalevic**, Stefan Panic, "Comparison of adaptive algorithms for free space optical transmission in Malaga atmospheric

- turbulence channel with pointing errors*”, Iet Communications, (2019) vol. 13, br. 11, str. 1578-1585; DOI:[10.1049/iet-com.2018.5666](https://doi.org/10.1049/iet-com.2018.5666); [M23]
6. Nenad Milosevic, Mihajlo Stefanovic, Zorica Nikolic, **Petar Spalevic**, Caslav Stefanovic, “*Performance Analysis of Interference-Limited Mobile-to-Mobile kappa-mu Fading Channel*”, Wireless Personal Communications, (2018) vol. 101, br. 3, str. 1685-1701; DOI:[10.1007/s11277-018-5784-4](https://doi.org/10.1007/s11277-018-5784-4); [M23]
 7. Aco Stevanovic, Stefan Panic, **Petar Spalevic**, Bojan Prlincevic, Milan Savic, “*SSC Reception over Kappa-Mu Shadowed Fading Channels in the Presence of Multiple Rayleigh Interferers*”, Elektronika ir Elektrotehnika, (2018) vol. 24, br. 2, str. 79-83, Vol. 24, No. 2, 2018; <http://dx.doi.org/10.5755/j01.eie.24.2.20640>; [M23]
 8. Branimir Jaksic, Dusan Stefanovic, Mihajlo Stefanovic, **Petar Spalevic**, Vladeta Milenkovic, “*Level Crossing Rate of Macrodiversity System in the Presence of Multipath Fading and Shadowing*”, Radioengineering, (2015) vol. 24, br. 1, str. 185-191; DOI:[10.13164/re.2015.0185](https://doi.org/10.13164/re.2015.0185); [M23]
 9. **Petar Spalevic**, Mihajlo Stefanovic, Stefan Panic, Branimir Jaksic, Mile Petrovic, “*Performance Analysis of Selecting Maximal Ratio Combining Hybrid Diversity System over Ricean Fading Channels*”, Automatika, (2014) vol. 55, br. 3, str. 299-305; <https://doi.org/10.7305/automatika.2014.12.421>; [M23]
 10. Mihajlo Stefanovic, Stefan Panic, Nikola Simic, **Petar Spalevic**, Caslav Stefanovic, “*On the Macrodiversity Reception in the Correlated Gamma Shadowed Nakagami-M Fading*”, Tehnicki Vjesnik-Technical Gazette, (2014) vol. 21, br. 3, str. 511-515; [M23]
 11. Caslav Stefanovic, Branimir Jaksic, **Petar Spalevic**, Stefan Panic, Zoran Trajceviski, “*Performance Analysis of Selection Combining Over Correlated Nakagami-m Fading Channels with Constant Correlation Model for Desired Signal and Cochannel Interference*”, Radioengineering, (2013) vol. 22, br. 4, str. 1176-1181; [M23]
 12. Milos Bandjur, Nikola Sekulovic, Mihajlo Stefanovic, Aleksandra Golubovic, **Petar Spalevic**, Dejan Milic, “*Second-Order Statistics of System with Microdiversity and Macrodiversity Reception in Gamma-Shadowed Rician Fading Channels*”, Etri Journal, (2013) vol. 35, br. 4, str. 722-725; DOI:[10.4218/etrij.13.0212.0370](https://doi.org/10.4218/etrij.13.0212.0370); [M23]
 13. Ivana Petrovic, Mihajlo Stefanovic, **Petar Spalevic**, Stefan Panic, Dusan Stefanovic, “*Outage analysis of selection diversity over Rayleigh fading channels with multiple co-channel interferers*”, Telecommunication Systems, (2013) vol. 52, br. 1, str. 39-50; <https://doi.org/10.1007/s11235-011-9438-z>; [M22]
 14. Hana Stefanovic, Veljko Stankovic, Mihajlo Stefanovic, **Petar Spalevic**, Stefan Panic, Srdjan Milosavljevic, “*Multi-user MIMO MMSE non-regenerative relaying using local channel state information*”, Eurasip Journal on Advances in Signal Processing, (2012) vol. , br. , str. 1-8; <https://doi.org/10.1186/1687-6180-2012-186>; [M22]
 15. Ivana Petrovic, Zorica Nikolic, Mihajlo Stefanovic, Stefan Panic, **Petar Spalevic**, Djoko Bandjur, “*Multiple Co-Channel Interferers Influence on Selection Combining over Correlated Weibull Fading Channels*”, Frequenz, (2012) vol. 66, br. 3-4, str. 109-113; <https://doi.org/10.1515/freq-2012-0025>; [M23]

ЗАКЉУЧАК

На основу увида у приложену документацију, биографију кандидата и списка објављених радова, Комисија закључује да кандидат Милутин Нешић, мастер инжењер електротехнике и рачунарства, формално и суштински испуњава све услове за одобрење теме за израду докторске дисертације у складу са Законом о високом образовању, Статутом Универзитета и Статутом Факултета техничких наука у Косовској Митровици.

Предложена тема је актуелна са научног становишта, о чему сведоче већ публиковани резултати из области теме, а добијени резултати имају широку практичну применљивост.

Комисија закључује да је предложена тема докторске дисертације научно заснована и предлаже да се за ментора одреди проф. др Петар Спалевић, редовни професор Факултета техничких наука, а кандидату Милутину Нешићу одобри израда докторске дисертације под насловом „Перформансе хибридних релејних радиофреквентних и бежичних оптичких комуникационих система“.

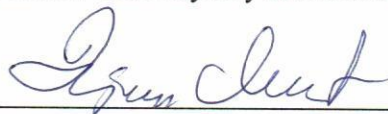
У Косовској Митровици и Нишу,

_____ године



КОМИСИЈА:

проф. др Петар Спалевић, редовни професор – председник комисије
Факултет техничких наука у Косовској Митровици



проф. др Дејан Милић, редовни професор – члан
Електронски факултет у Нишу



проф. др Бранимир Јакшић, ванредни професор – члан
Факултет техничких наука у Косовској Митровици