

Одлуком Наставно-научног вијећа Саобраћајног факултета Добој, Универзитета у Источном Сарајеву, број ННВ: 175-7/21 од 16.06.2021, именована је Комисија за оцјену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата Мирка Стојчића под насловом "Адаптивни модели ентропијског кодовања комуникације виртуелних и физичких сензора за предикцију саобраћаја у мрежама" (у даљем тексту: Комисија¹) у сљедећем саставу:

1. **Др Милорад Бањанин**, п.редовни професор, уно: *Теорија комуникација* Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду и уно: *Информационе науке и биоинформатика* Филозофски факултет Универзитета у Источном Сарајеву, **председник Комисије**.
2. **Др Дејан Драјић**, ванредни професор, уно: *Телекомуникације*, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, **ментор и члан Комисије**.
3. **Др Зоран Ћургуз**, ванредни професор, уно: *Нуклерна физика*, Саобраћајни факултет Добој Универзитета у Источном Сарајеву, **коментор и члан Комисије**.
4. **Др Александар Стјепановић**, доцент, уно: *Транспортно инжењерство*, Саобраћајни факултет Добој Универзитета у Источном Сарајеву, **члан Комисије**.
5. **Др Дејан Марковић**, редовни професор, уно: *Поштански саобраћај и мреже*, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, **члан Комисије**.

Комисија је прегледала и оцијенила докторску дисертацију и о томе подноси Наставно-научном вијећу Саобраћајног факултета Добој, Универзитета у Источном Сарајеву, сљедећи

ИЗВЈЕШТАЈ о оцјени урађене докторске дисертације

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

Предмет научног истраживања у проблемском пољу телекомуникационог саобраћаја и мрежа јасно је дефинисан тематским блоковима конструката који фигуришу у називу теме докторске дисертације „Адаптивни модели ентропијског кодовања комуникације виртуелних и физичких сензора за предикцију саобраћаја у мрежама“. Конструкт адаптивни модели ентропијског кодовања комуникације је значајан због тога што поред функционалне, социјалне и контекстуалне прилагодљивости комуникационих кодова у мрежном саобраћају укључује и биолошку димензију која је неизоставна у моделу потпуне адаптивности мреже за коју се тражи оптималан алгоритам интеракције корисника са физичким и виртуелним компонентама савремених сајбер-физичких система (CPS) који су концептуално замишљени као нова генерација еластичних управљачких система са аутоматским генерисаним интерфејсима и имплементираним модулима за учење. Са становишта актуелног стања у предметној научној области до сада је публикован читав „спектар дефиниција“ CPS, али још увијек нема дескриптивне или нормативне дефиниције која научно објашњава неки референтни модел као универзално поуздан. Међутим, у последњих неколико година специјализовани истраживачи ове проблематике у ширим научним областима и контекстима створили су нове потенцијале за функционисање “бинома“ човјека и технологије (физичка и софтверска опрема и њена подешавања), а међу њима је и Горан Путник (Путник и др., 2019 [232]) (професор Машинског факултета Универзитета у Београду) и увели су номенклатуру CPS⁰, CPS¹ и CPS² који подразумевају три нивоа развоја модела CPS у зависности од начина извођења и управљања процесом учења у његовој логичкој архитектури. Пошто је концепт CPS замишљен као нова генерација, или парадигма, за будуће системе управљања другим системима треба нагласити да су контролни системи свјесни контекста који нуде иновативна

¹ Комисија мора бити именована у складу са чланом 40. Правилника о студирању на трећем циклусу студија на Универзитету у Источном Сарајеву

подешавања за правовремене корективне промјене. То су интелигентни CPS (I-CPS), чија је повећана ефикасност постигнута са модулом „учења учења“ тако да се процес учења изводи са дуплом петљом што омогућавају пратећи софтверски алгоритми који се контекстуално свјесно мијењају или репрограмирају. То значи да у најновијим системима управљања системима и процесима није довољно самоконфигурисање искључиво физичких машина већ је неопходно вршити и конфигурисање софтвера.

Принцип свјесности контекста, који омогућава самоконфигурисање машина и софтвера у угњежденим рачунарским системима и контекстуално свјесним апликацијама је у основи адаптивног моделовања ентропијског кодовања комуникације физичких и виртуелних сензора у телекомуникационим мрежама новијих генерација. Уводећи CPS, који се у новије вријеме сматра и „напредном варијантом Интернета ствари“ (IoT), у проблематику истраживања телекомуникационог саобраћаја и мрежа кандидат у дисертацији мериторно научно објашњава његову логичку и функционалну повезаност са кодовањем комуникације физичких и виртуелних сензора адаптивним моделима који су засновани на техникама машинског учења (фази логици, симулационим моделима, хибридним моделима, статистичким моделима).

У ту сврху креиран је одређен број тих модела са којима је остварен респектабилан научни допринос у унапређењу предикције саобраћаја у мрежама али и у подручју унапређења моделовања квалитета искуства корисника услуга појединих провајдера. Због тога је посебан акценат у дисертацији стављен на моделе вишеслојне неуронске мреже – вишеслојне перцептроне који се састоје из већег броја процесних елемената-вјештачких неурона. Како је у неуронаучним истраживањима препозната сличност између грађе вјештачких неурона са грађом мозга као биолошком неуронском мрежом, у којој су основни елементи нервне ћелије, а низ међусобно повезаних неурона, који су функционално везани за периферни и централни нервни систем, дефинише начин на који биолошки неурони просљеђују импулсе у околину, кандидат је образложио метод просљеђивања информација кроз вјештачку неуронску мрежу преко адаптивних модела ентропијског кодовања користећи конволуционо кодовње за декодовање и Витербијев алгоритам.

Суштина конволуционог кодовања је у томе да блокови састављени од k бита улазе у линеарни систем чији је импулсни одзив дугачак $m+1$ блокова а на излазу је резултат од n блокова при чему излазни сигнал представља конволуцију улазног сигнала и импулсног одзива система.

Витербијев алгоритам се користи за декодовање блок кодова по методи максималне вјеродостојности тако што алгоритам кружи по трелису (*trellis*) задржавајући само најбоље путање према сваком стању (*survivor*). Одлучивање о избору најбоље путање се зове тврдо (физички сензори) а удаљеност је Hamming-ова док се за меко (виртуелни сензори) одлучивање користи Euklid-ова удаљеност. Са динамичким дијаграмом стања проналази се модификована трансфер функција и остварује комуникацију са трансфер функцијом вјештачких неуронских мрежа.

Користећи ове чињенице кандидат је оригинално препознао значај ентропијског кодовања комуникације због чињенице да је ентропија, као физичка величина стања система мјера нестабилности (хаоса или неуређености) у природи а у поље телекомуникација увео је Шенон (Shannon) 1948. год. у раду „*A Mathematical Theory of Communication*“, као мјеру количине информација коју емитује информациони извор позициониран у окружењу комуникационог система. У конкретном случају кандидат је као информационе изворе означио физичке сензорске мреже и уређаје који колаборативно комуницирају са базним станицама и ћелијама у мрежном систему на улазној страни мреже а са угњежденим системима и апликацијама, као виртуелним сензорима, на излазној страни мреже. Сврха ентропијског кодовања је у компресији података без губитака чији су ефекти интерактивни са функционисањем закона учења у мобилним апликацијама као виртуелним сензорима у мрежи.

Учење у контексту неуронских мрежа подразумејева процес адаптације параметара мреже под утицајем стимулуса из околине те мреже а то су физичке сензорске мреже. У суптини уче се функције које описују зависност излаза од улаза. Због тога су неуронске мреже граф-ови који настају компоновањем функција а за адаптацију параметара мреже постоји више врста учења. Кандидат је оригинално у дисертацији компаративно анализирао више врста учења са

шпсебним фокусом на Hebb-ово и Boltzmann-ово учење, које је стохастичког карактера и засновано на принципима теорије информација и другог закона термодинамике. Болцманов закон учења користи Boltzmann-ова машина као генеративни ненадгледани модел учења вјероватноће дистрибуције из скупа података на основу чега машина доноси закључке о „никад виђеним подацима“. Комисија сматра да се овакав начин рјешавања поставки истраживања из пријаве теме докторске дисертације јавља као реална оригиналност кандидата у третману појединих класа саобраћаја у мрежама и да је то јасан показатељ важног доприноса ове дисертације у научној продукцији.

Паралелно с тим Комисија истиче да је одабрана путна саобраћајница М9Ј (Аутопут 9.јануар) за студију случаја и теренско експериментисање у овом истраживању вриједан допринос пракси унапређења телекомуникационог саобраћаја у Републици Српској и БиХ као и у ширем простору. У склопу те „студије случаја“ кандидат је са валидним резултатима истраживања практично креирао предиктивне моделе мрежних перформанси у мобилној мрежи М:тел, која је просторно и географски интерактивна са инфраструктуром и мобилним објектима саобраћајнице М9Ј (Аутопут 9.Јануар) на путном сегменту Бања Лука-Добој. Креирано је неколико модела за предикцију протока телекомуникационог саобраћаја (енг. *throughput*), као кључне перформансе мреже од којих су најзначајнији: модел вишеслојног перцептрона (MLP), модел стабла одлучивања (Decision Tree-DT), модел једнослојне неуронске мреже (ANN), модел адаптивног неуро-фази система закључивања (ANFIS), модел вишеструке линеарне регресије.

2. Оцјена да је урађена докторска дисертација резултат оригиналног научног рада кандидата у одговарајућој научној области

Комисија сматра значајним научним доприносом и оригиналним резултатима кандидата приступ концептуалном, логичко-архитектурном и функционалном моделовању CPS са којима су показане његове предности над традиционалним комуникационим системима, у генерисању брзих одзива у реалном времену са обрадом података коју обезбјеђују нове генерације рачунарских технологија као што су: рачунарство у облаку и свеприсутно рачунарство, брзи интернет, IoT, Веб друге, треће и четврте генерације и друге.

У складу са разматрањем управљања теле-ресурсима, прије свега количином података и параметрима протока кориштена су два уобичајена приступа за предикцију величина перформанси. Један приступ је предикција вођена подацима (енг. *data driven prediction*) и у експанзији је последњих година са енормним повећањем доступности података (енг. *Big Data*) која се исказује у ЕВ (екса бајти). Овакав приступ заснива се на употреби само мјерених података који представљају измјерено стање система. Користећи различите технике машинског учења, конкретно вјештачке неуронске мреже (енг. *artificial neural networks*) или метод подржавајућих (потпорних) вектора (енг. *support vector machines*) успоставља се регресиона веза између појединих величина (нпр. количине података у различитим пакетима или количине и протока).

Системи вођени подацима могу обезбиједити релативно поуздана предвиђања али само када су улазни подаци, на основу којих се врши предикција, у истом опсегу као и подаци који су служили за тренинг. У случају када ово није испоштовано, постоји опасност да величине које се предвиђају имају нелогичне вриједности, што може проузроковати додатне проблеме. Са друге стране, често се, усљед недостатка потребне количине мјерених података, као подаци за тренирање-обучавање вјештачких система, користе подаци генерисани кроз математичке моделе који се покрећу за више хипотетичких сценарија. На овај начин креирају се тзв. сурогат (замјенски) модели (вјештачка интелигенција тренирана помоћу модела која се касније користи умјесто модела) или хибридни (симултано се користе и физички засновани модели и алати вјештачке интелигенције). Описани проблеми у области предикције са теле-подацима говоре у прилог томе да су физички засновани модели и даље неизоставни дио у алатима за предикцију.

Кандидат је користио моделовање предикције вођене моделима, у изворном облику, које захтијевају кориштење неког модела заснованог на физичким законима. Једначине које описују математичке моделе који се користе најчешће у себи садрже различита поједностављења реалних процеса (феномена), и то најчешће параметризацијом једначина

(увођење параметара, нпр. ентропија, којима се описује овај процес). Овакав поступак за собом повлачи потребу да се вриједности тих параметара правилно предвиде. Самим тим, јавља се и могућност недовољно добре процјене параметара чиме се повећава неодређеност модела. Кандидат је објаснио неке примјере ове неодређености и дао оригинална рјешења за њихово отклањање.

3. Преглед остварених резултата рада кандидата у одређеној научној области

1. Кратка биографија кандидата

Мирко Стојчић је рођен 18.05.1989. године у Добоју, Република Српска, БиХ. Основну школу „Ђура Јакшић“ у Подновљу-Добој, похађао је у периоду 1996-2004. Завршио је Саобраћајну и електро школу у Добоју 2008. године и стекао стручно звање техничар електроенергетике.

Саобраћајни факултет у Добоју, Универзитета у Источном Сарајеву, уписао је 2008. као редован студент основних академских студија у квоти буџетског финансирања. Дипломирао је у предвиђеном року, са просјечном оцјеном 9,16 и оцјеном 10,00 на дипломском раду, који је са тематским насловом „Алгоритам креирања и извршавања програма за Никвистове теореме у рачунарској графичи“, под менторством проф. др Милорада К. Бањанина, одбранио 25.09.2012. Стекао је академско звање **дипломирани инжењер саобраћаја-смјер телекомуникације** са изванредним успјехом и статусом **студент генерације** (2008-2012) због чега је добио и посебно признање УИС.

Академске студије другог циклуса на Саобраћајном факултету Добој УИС, смјер телекомуникације, уписао је 2012/2013 године као стипендиста МПНК РС. У редовном планском року положио је све испите са просјечном оцјеном 9,75. и оцјеном 10,00 на завршном мастер раду који је, са тематским насловом „Адаптивни неуро-фази модел закључивања за симулацију перформанси фотонапонских модула у интелигентним транспортним системима“, и под менторством проф. др Милорада К. Бањанина, одбранио 11.10.2014. Завршетком другог циклуса студија стекао је академско звање **магистар саобраћаја у области телекомуникација**.

Студије трећег циклуса образовања уписао је у 1. генерацији докторских академских студија на Саобраћајном факултету Добој УИС, академске 2017/18 године, у ужој научној области Транспортно инжењерство-студијски модул Телекомуникациони саобраћај и мреже.

Радни однос на Саобраћајном факултету Добој-Универзитет у Источном Сарајеву, на позицији сарадник у настави, засновао је у зимском семестру академске 2017/18, на основу избора у звање **асистент** за ужу научну област „Транспортно инжењерство“ и ужу област образовања „Телекомуникације и поштански саобраћај“, а у љетном семестру академске 2019/20, на истом универзитету, унапријеђен је избором у звање **виши асистент**.

Током четири академске године рада на Универзитету у Источном Сарајеву, у звању **асистент** и **виши асистент** на „Катедри за информационо-комуникационе системе у саобраћају“, лиценциран је и распоређен у настави за извођење аудиторних, рачунарских и лабораторијских вјежби, на предметима основних и мастер академских студија-модул „Телекомуникације и поштански саобраћај“ и „Информатика у саобраћају“ студијског програма Саобраћај. У студентском вредновању на семестралном анкетирању квалитета рада наставника и сарадника постиже најбоље оцјене. У протеклом периоду постигао је афирмативне резултате у научно-истраживачкој продукцији и то:

-објављивањем више научних радова у рецензираним часописима водећег националног и међународног нивоа који се реферишу у свјетским цитационим базама и научним мрежама;

-презентовањем истраживачких радова на већем броју научних конференција и објављивањем у изводу или у пуном садржају у зборницима радова;

-истраживачким доприносом у реализацији научних пројеката и пројеката развоја нових технологија који су, по редовним конкурсним процедурама надлежних министарстава у Републици Српској и БиХ изабрани за израду на Саобраћајном факултету Добој УИС.

Области интересовања кандидата су *телекомуникације у саобраћајном и транспортном инжењерству*, а из подручја истраживања докторске дисертације објавио је сљедеће радове:

1. Milorad K. Banjanin, **Mirko Stojčić**, Dejan Drajić, Zoran Ćurguz, Zoran Milanović i Aleksandar Stjepanović (2021), Adaptive Modeling of Prediction of Telecommunications Network Throughput Performances in the Domain of Motorway Coverage, *Applied Sciences*. 2021; 11(8):3559. <https://doi.org/10.3390/app11083559> (R22, IF=2.474)
2. **Mirko Stojčić**, Milorad K. Banjanin, Zoran Ćurguz, Aleksandar Stjepanović (2021), Machine Learning Model of Communication of Physical and Virtual Sensors in the Mobile Network on the Motorway Section, MIPRO 2021 - 44th International Convention, CTI - Telecommunications & Information, Opatija HR (održavanje skupa pomjereno za septembar 2021 zbog pandemije COVID19)
3. **Stojčić, M.**, Zavadskas, E. K., Pamučar, D., Stević, Ž., & Mardani, A. (2019), Application of MCDM Methods in Sustainability Engineering: A Literature Review 2008-2018. *Symmetry*, 11(3), 350, March 2019, ISSN2073-8994, (R22, IF=2,143). DOI: 10.3390/sym11030350 <https://doi.org/10.3390/sym11030350>
4. **Stojčić M.**, Pamučar D., Mahmutagić E., Stević Ž. (2018), Development of an ANFIS Model for the Optimization of a Queuing System in Warehouses. *Information*, 9(10), 240, September 2018, ISBN 978-3-03897-643-1 (PDF), ISSN 2078-2489, eISSN 2078-2489. DOI: 10.3390/info9100240, <https://doi.org/10.3390/info9100240>
5. Stjepanović A., Kostadinović M., Kuzmić G., **Stojčić M.**, Stjepanović S. (2020), Web Application Service in Bus Arrival Time Prediction. *Przegląd Elektrotechniczny*, 2020(4), 39-42, ISSN 0033-2097, e-ISSN 2449-9544, DOI:10.15199/48.2020.04.07. <http://pe.org.pl/articles/2020/4/7.pdf>
6. **Stojčić M.**, Stjepanović A., Stjepanović Đ. (2019), ANFIS model for the prediction of generated electricity of photovoltaic modules. *Decision Making: Applications in Management and Engineering DMAME*, 2(1), 35-48, March 2019, ISSN:2560-6018, eISSN:2620-0104, DOI:<https://doi.org/10.31181/dmame1901035s> <https://www.dmame.rabek.org/index.php/dmame/article/view/28/23>
7. **Stojčić M.** (2018), Application of ANFIS model in road traffic and transportation: a literature review from 1993 to 2018. *Operational Research in Engineering Sciences: Theory and Applications (ORESTA)*, 1(1), 40-61, December 2018, ISSN:2620-1607, eISSN: 2620-1747, DOI: <https://doi.org/10.31181/oresta19012010140s> <https://oresta.rabek.org/index.php/oresta/article/view/5/5>
8. **Stojčić M.**, Banjanin M., Stjepanović A., Kostadinović M., Kuzmić G. (2020), Adaptive Neuro-Fuzzy Model for Traffic Signs Recognition. IEEE Xplore, 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, March 18-20, Jahorina 2020, Electronic ISBN: 978-1-7281-4775-8, DOI: 10.1109/INFOTEH48170.2020.9066310, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9066310>
9. Kostadinović M., Stjepanović A., Kuzmić G., **Stojčić M.**, Kostadinović T. (2020). Quality Analysis of Data Transferring Through the Process of Modeling WirelessHART Network. IEEE Xplore, 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, March

18-20, Jahorina 2020, Electronic ISBN: 978-1-7281-4775-8, DOI: 10.1109/INFOTEN48170.2020.9066315 <https://ieeexplore.ieee.org/document/9066315>.

10. Stjepanović, A., Jotanović, G., **Stojčić, M.**, & Peco, E. (2019), Multimedia Applications for Bus Arrival Time Prediction Using Kalman Filter and Web Service. Proceedings of 11th International Scientific Conference "Science and Higher Education in Function of Sustainable Development", May 24 – 25, 2019, Mećavnik – Drvengrad, Užice, Serbia <http://sed.vpts.edu.rs/CDProceedings2019/proceedings/2-2.pdf>
11. **Stojčić M.**, Banjanin M., Jovanović Ž., Božičković S. (2019), Adaptivni neuro-fazi model za predikciju nivoa snage Wi-Fi signala u zatvorenom prostoru. Zbornik radova sa VII međunarodnog simpozijuma NOVI HORIZONTI 2019, Novembar 29-30, 2019, Doboј, pp. 568-576, ISBN 978-99955-36-79-4, COBISS.RS-ID 8611352. <http://novihorizonti.sf.ues.rs.ba/wp-content/uploads/2020/02/NH19-Zbornik-radova-VM-final-3-2-2020.pdf>
12. Brtka V., Jauševac G., Jotanović G., Stjepanović A., **Stojčić M.** (2020), Identification of Potentially Hazardous Traffic Situations Using Deep Learning. In Proceedings of 10th International Conference on Applied Information and Internet Technologies - AIIT 2020 October 16th, 2020, Zrenjanin, Serbia (pp.137-140). <http://www.tfzr.uns.ac.rs/aiit/files/AIIT2020%20eProceedings.pdf>

4. Оцјена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему (по поглављима)²

Докторска дисертација кандидата мр Мирка Стојчића, под насловом "**Адаптивни модели ентропијског кодовања комуникације виртуелних и физичких сензора за предикцију саобраћаја у мрежама**" презентована је на 176 страна основног текста, на формату А4 са прописаним маргинама и проредом. Иза наведеног обима основног текста дат је попис литературе са оригиналним нотацијом сваке референце на 14 страница. Такође, испред основног текста докторске дисертације у укупном обиму је и 18 страница документационе информације у којој су дати абстракт на српском и на енглеском језику, попис скраћеница-акронима (162), слика (77), табела (30)-, алгоритама (21) и модела (33) који су оригинално креирани, адаптирани или образложени модели других аутора из академски коректно цитираних извора. Из прегледа садржаја дисертације види се да је структурираана у осам поглавља:

1. Уводна разматрања са дефинисаним предметом истраживања, мотивацијом и циљем истраживања, методологијом истраживања, хипотезама истраживања и очекиваним научним доприносом докторске дисертације.
2. Преглед стања у области истраживања са компаративним приказом властитих резултата.
3. Теоријско истраживање ентропијског кодовања комуникације са посебним освртом на адаптивно ентропијско кодовање.
4. Истраживање мрежа-сензорских, LTE, саобраћајних, транспортних, софтверских, социјалних и вјештачких неуронских мрежа.
5. Теоријско истраживање предикције саобраћаја у мрежама.
6. Модел сајбер-физичког система у простору дионице М9Ј –оригинално креирани концептуални, логички архитектурни и функционални модел за саобраћајно-транспортно подручје Аутопута 9.јануар које је покривено сигналом М:тел Бања Лука

² Испуњеност обима и квалитета у односу на пријављену тему, нарочито, треба да садржи: аналитички и системски прилаз у оцјењивању истраживачког постављеног предмета, циља и задатака у истраживању; испуњеност научног прилаз у доказивања тврдњи или претпоставки у хипотезама, са обрадом података.

7. Преглед резултата из истраживања докторске дисертације објављених у истакнутим међународним часописима са SCI листе и прихваћених радова који се реферишу на истакнутим међународним конференцијама.

8. Закључак и правци даљих истраживања

Обимом и квалитетом презентованог садржаја кандидат је, по јединственом мишљењу Комисије, веома успјешно одговорио свим захтјевима у постављеним циљевима и задацима истраживања докторске дисертације са низом нових и оригиналних рјешења при чему је на, више локација у садржају текста, табеларно приказао компарацију властитих резултата са резултатима других аутора чије је радове цитирао и анализирао. Посебно треба нагласити веома аналитичан начин провјеравања и потврђивања хипотетичких поставки које су формулисане у пријави теме докторске дисертације. У наставку овог дијела Извјештаја о оцјени урађене докторске дисертације научној и стучној јавности представљамо најбитније дијелове садржаја по поглављима као оригиналне научне доприносе у резултатима истраживања.

1. У првом поглављу под насловом Увод дато је образложење проблемског поља истраживања дисертације, а затим је систематизовано образложен предмета научног истраживања који је евидентно интердисциплинаран и јасно дефинисан тематским блоковима конструката који фигуришу у називу теме докторске дисертације. Сљедећи дио увода се односи на мотивацију и циљ истраживања, након чега слиједи детаљна разрада кориштених научних метода (метода анализе истраживачких података, метода синтезе истраживачких података, историјска метода, метода класификације истраживачких података, метода композиционе интерпретације...), гдје се наводи да су у докторској дисертацији примијењена конвенционална научна објашњења, пробабилистичка објашњења, објашњења статистичке релевантности према Салмоновом моделу и Бродијевом моделу научног објашњења као и функционална, телеолошка и генетичка објашњења.

На крају методологије истраживања дат је преглед софтверских метода, алата и апликација кориштених у изради дисертације. За обраду података кориштени су сљедећи софтвери и апликације који су детаљније објашњени у тачки 4.6. Софтверске мреже:

-Софтвери: IBM SPSS Statistics, MATLAB, Minitab, EasyFit, MS Excel;

Апликације: Mp3 Music Downloader, Video Downloader, Network Cell Info Lite, Google Map.

У наредној тачки наведене су четири кључне хипотетичке поставке истраживања, а на крају уводног дијела је образложен очекивани научни допринос и организација дисертације.

2. Стање у области истраживања.Преглед стања у области истраживања је дат у другом поглављу докторске дисертације које је подијељено по блоковима конструката из наслова дисертације. Представљено је стање у области ентропијског кодовања, виртуелних и физичких сензора, предиктивног моделовања, предикције саобраћаја у телекомуникационим мрежама, те квалитету корисничког искуства – QoE.

3. Истраживање ентропијског кодовања комуникације. У овом поглављу је наведено да је за разумијевање феномена ентропијског кодовања комуникације физичких и виртуелних сензора у телекомуникационим мрежама неопходно функционално знање о дизајнирању кодова и информационој теорији. Због тога је дата детаљна анализа ентропије, количине информације, техника кодовања, информационих извора, те основних техника ентропијског кодовања, са посебним акцентом на технике адаптивног ентрописког кодовања.

4. Истраживање мрежа – сензорских, LTE, саобраћајних, транспортних, софтверских, социјалних и вјештачких неуронских. Све наведене мреже су аутономне компоненте сајбер-физичких система, као комплексних екосистема, а посебно се детаљишу: бежичне сензорске мреже, мобилне целуларне мреже са LTE комуникационом технологијом, транспортне, софтверске, социјалне и вјештачке неуронске мреже. Дата је њихова текстуална и математичка интерпретација, са приказаним моделима, алгоритмима и компаративним анализама.

5. Теоријско истраживање предикције саобраћаја у мрежама. Основни садржај овог дијела дисертације је предиктивно моделовање перформанси телекомуникационе мреже у посматраном простору дионице Аутопута 9. јануар. С обзиром да се наведене перформансе могу оцијенити преко више кључних индикатора, од којих је међу најважнијима проток, приказан је развој неколико модела заснованих на принципима машинског учења, који врше предикцију зависне варијабле, при чему је такође дата анализа улазних или независних варијабли. Посебан предмет моделовања је ниво корисничког искуства у кориштењу одређених телекомуникационих сервиса.

6. Модел сајбер-физичког система у простору дионице аутопута 9. Јануар. У овом поглављу представљени су резултати истраживања савремених модела комуникације који превазилазе традиционални човјек-човјек (H2H). То проширење се односи на комуникацију машина-машина (M2M) у којој човјек не учествује или учествује са одређеним мањим нивоом ангажованости али и међусобних комбинација ова два типа модела на комуникацију машина и процеса, процеса и процеса. Интеракција између човјека и оваквих система се остварује у оквиру посебних врста телекомуникационих контекста сајбер физичких система у којима бежичне комуникационе технологије играју кључну улогу. Креиран је концептуални, логички архитектурни и функционални модел CPS у посматраном простору дионице аутопута, који се заснива на неколико врста мрежа и који показује предности у обезбјеђивању брзих одзива у реалном времену са обрадом података коју обезбјеђују нове генерације рачунарских технологија као што су рачунарство у облаку и свеприсутно рачунарство, брзи интернет, IoT, Веб друге, треће и четврте генерације и друге.

7. Преглед објављених резултата из истраживања докторске дисертације

У седмом поглављу су представљени најважнији резултати из истраживања докторске дисертације који су публиковани у истакнутим међународним часописима са SCI листе и на међународним научним конференцијама. Према томе, поглавље је подијељено у четири дијела, сагласно насловима публикованих радова, тј. на следећи начин:

- Модел машинског учења комуникације физичких и виртуелних сензора у мобилној мрежи на дионици аутопута,
- Адаптивно моделовање предикције перформансе протока телекомуникационе мреже у домену покривености аутопута,
- Примјена MCDM метода у одрживом инжењерству: преглед литературе 2008-2018,
- Модел упарених компонената – QoE.

У свим радовима кандидат је један од аутора у ауторском тиму за који је дата прецизирана партиципација кандидата у следећих неколико критеријума вредновања: Прилози аутора: Концептуализација, Методологија, Софтвер, Валидација, Формална анализа, Истрага, Ресурси; Курација података, Писање-припрема оригиналног нацрта; Писање, преглед и уређивање, Визуелизација; Супервизија; Администрација пројекта; Финансирање.

8. Закључак и будући правци истраживања. Основни закључци и будући правци истраживања су дати у поглављу број 8.

5. Научни резултати докторске дисертације

У овој докторској дисертацији представљени су резултати истраживања савремених модела комуникације који превазилазе традиционалне моделе човјек-човјек (H2H). То проширење се односи на комуникацију машина-машина (M2M) у којој човјек не учествује или учествује са одређеним мањим нивоом ангажованости. Интеракција између човјека и оваквих система се остварује у оквиру посебних врста телекомуникационих система – сајбер физичких система у којима бежичне комуникационе технологије играју кључну улогу. Ентропија, као физичка величина која дјелује у смјеру уравнотежења свих спонтаних процеса у природи, али и као мјера количине информација коју емитује информациони извор телекомуникационог система има есенцијалну улогу у преносу и дијелењу података у овим системима. Улогу информационих извора, као што је и приказано у дисертацији, имају сензори или бежичне

сензорске мреже које врше аквизицију података о појавама из реалног–физичког свијета. Пренос података до рачунарских или виртуелних компоненти CPS је заснован на ентропијском кодовању комуникације која има улогу споне између реалног и виртуелног свијета, а чије је моделовање данас углавном засновано на принципима вјештачке интелигенције, тј. машинског учења. Крајњи циљ је обезбиједити одређени ниво QoS чији параметри директно утичу на ниво задовољства корисника у кориштењу дигиталне услуге. У докторској дисертацији је креиран концептуални, логички архитектурни и функционални модел CPS који се заснива на неколико врста мрежа и који показује предности у обезбјеђивању брзих одзива у реалном времену са обрадом података коју обезбеђују нове генерације рачунарских технологија као што су рачунарство у облаку и свеprisутно рачунарство, брзи интернет, IoT, Веб друге, треће и четврте генерације и друге.

Предикција мрежних перформанси има веома важну улогу, како са становишта провајдера телекомуникационих сервиса и услуга, тако и са становишта корисника и њихових будућих захтјева. У последње вријеме, развојем информационо-комуникационих технологија, све већа пажња се посвећује континуалној просторној и перманентној временској доступности телекомуникационих сервиса. Због тога провајдери имају императив покривања руралних подручја сигналом мобилне мреже, а поготово се то односи на саобраћајнице, као што је то посматрана студија случаја-дионица M9J, која је од изузетног значаја за саобраћајно повезивање истока и запада Републике Српске.

У складу са првом хипотетичком поставком (H0) у докторској дисертацији креиран је предиктивни модел заснован на принципима машинског учења, тачније на вишеслојном перцептрону као једној од најчешће коришћених варијанти вјештачких неуронских мрежа. Дефинисане су улазне варијабле са сетом података за обуку за које мрежа треба да „научи“ функције које на излазу мреже генеришу вриједности предикције за двије зависне варијабле: просјечан проток телекомуникационе мреже M:тел по ћелији и просјечан проток телекомуникационе мреже M:тел по кориснику у посматраном простору дионице аутопута. Модел вишеслојног перцептрона као универзални апроксиматор функција се одликује својством адаптабилности, тј. прилагодљивости његових параметара реалним подацима што омогућава добро моделовање нелинеарних зависности излаза од улаза. Перформансе тачности модела су тестиране на посебном скупу података који обухвата 30% укупног скупа, а извршено је тестирање више различитих варијанти модела МЛП, са различитим параметрима и метапараметрима (број неурона у скривеним слојевима, излазна функција, однос скупова података за обуку и тестирање). Резултати обуке и тестирања 30 различитих варијанти MLP модела показали су да коначни модел предикције просјечне вриједности протока по ћелији има просјечну тачност 89,6%, док за просјечан проток по кориснику, просјечна тачност износи 88%. То значи да модел показује боље перформансе предикције за прву зависну варијаблу. Исти закључак се може извести уколико се посматра коефицијент детерминације (R^2) као показатељ квалитета модела. Резултати су показали да се вриједности R^2 MLP модела налазе се у опсегу од 0,7 до 0,9 и самим тим се квалификују се као високе и сматрају се веома прихватљивима, што апсолутно потврђује хипотетичку поставку H0. Насупрот томе, креирани референтни модел вишеструке линеарне регресије има неупоредиво мањи степен тачности али се одликује једноставношћу што се не може рећи за комплексну мрежу MLP. У односу на претходно публикована истраживања, може се издвојити неколико предности и новитета модела креираног у овом истраживању: 1) Примичењен је MLP модел с новим скупом метапараметара; 2) Значајно је већи скуп независних варијабли као улаза у модел; 3) Знатно је већи скуп података за обуку и тестирање; 4) Извршена је вишеструка обука и тестирање и то 30 различитих варијанти MLP модела, са различитим метапараметрима.

У оквиру истраживања предиктивног моделовања перформанси телекомуникационе мреже, а у циљу доказивања хипотезе H1, креирано је више адаптивних модела за мјерење просјечног Downlink протока који су засновани на комуникацији физичких и виртуелних сензора. Подаци који се користе за обуку и тестирање ових модела су прикупљени теренским мјерењима контекстуалних варијабли, што доприноси сагласности модела са реалним стањем у телекомуникационом систему. И поред тога што су подаци у овом случају прикупљени на наведени начин, овакав модел може да функционише без надгледања од стране човјека или са

његовим дјелимичним учешћем јер је у резултатима приказан начин интеракције бежичне сензорске мреже, чија је улога прикупљање података и виртуелних сензора на Cloud платформи гдје се врши обрада података. Кључни значај у овој интеракцији има ентропијско кодовање чиме се постижу оптимални преноси података у мрежи, уштеде енергије, те оптимално кориштење ресурса. Развијени модел ANN, ANFIS, Boosted Decision Tree, модел вишеструке линеарне регресије, те MLP имају за циљ да за улазни вектор података независних промјенљивих изврше предикцију тачно једне вриједности зависне промјенљиве ADT, уз одређену вриједност грешке на основу које се оцјењују перформансе сваког од њих. Поред тога, креирани модел вјероватноће, осим што олакшава статистичку анализу скупа података за обуку, омогућава да се одреди вјероватноћа да ADT у временском тренутку или периоду поприми неку вриједност из одређеног интервала могућих вриједности. Због тога овај модел није доведен у исту компаративну раван са осталима. Поред једноставности и брзине обуке класичних статистичких модела, какав је линеарни регресиони, адаптивни модели показују своје предности у ономе што је кључно - бољем моделовању функционалне зависности излаза од улаза, тј. зависне од независних варијабли. Поред тога, сваки од адаптивних модела има своје специфичности. Boosted Decision Tree модел се заснива на конструкцији ансамбла стабала одлучивања. Развијени модел АНН са једним скривеним слојем карактерише се једноставношћу када је у питању архитектура али и краћим временом потребним за обуку. Архитектура ANFIS модела је увијек петослојна уз могућност промјене броја неурона у појединим слојевима. С обзиром да ANFIS интегрише принципе вјештачких неуронских мрежа и фази логике, јасно је да он има и већи број параметара што отежава избор оптималног рјешења из скупа развијених модела. Ипак, резултати су показали да модел ANFIS показује најбољу способност за тачном предикцијом за укупан прикупљени сет података. Перформансе тачности су повећане филтрирањем података и креирањем MLP модела. Ипак, показало се да овакав сет података није довољно богат за поуздан закључак о његовој валидности али се примјеном метода DA релативна грешка може евидентно смањити. Креирањем MLP модела на проширеном сету реалних података, неколико пута већем од почетног сета, резултати предикције су значајно бољи чак и од резултата остварених примјеном DA методе. Имплементација више предиктивних модела посматране промјенљиве ADT и њихова компарација, уз одабране независне варијабле, а посебно Класу саобраћаја изражену преко димензионалности података представља оригиналност и битан научни допринос ове докторске дисертације. На основу наведених резултата, закључује се да је хипотеза H1 доказана.

Кроз доказивање хипотеза H0 и H1, могуће је донијети одговарајуће закључке и о хипотетичкој поставци H2. Обука и тестирање различитих варијанти MLP модела за предикцију вриједности двије зависне варијабле везане за проток у телекомуникационој мрежи, показало је да параметри и метапараметри модела значајно утичу на степен његове тачности. Исти закључак се може донијети уколико се посматра модел за мјерење просјечног Downlink протока који је заснован на комуникацији физичких и виртуелних сензора. Подјела укупног сета података на дио за обуку и дио за тестирање такође има утицај на перформансе тачности модела. Показало се да модел даје најбоље резултате када је овај однос 70%:30% у корист података за обуку модела. На основу приказаног графичког прегледа резултата утицаја важности појединих независних варијабли у MLP моделу предикције (Слика 7.10) може се закључити да немају све улазне варијабле исту важност утицаја на вриједност зависне варијабле. Такође, исто се може закључити на основу графичког приказа рангирања утицаја позитивних и негативних индикатора на укупан ниво QoE (Слика 7.13). То значи да ће и резултати предикције бити различити уколико се за улазе у модел изабере различите независне варијабле, али и њихов конкретан број. Овим образложењем хипотетичка поставка H2 је потврђена.

Перформанса телекомуникационе мреже која је у фокусу посматрања и предиктивног моделовања у овој докторској дисертацији јесте проток. Његова вриједност директно је повезана са QoS и у огромној мјери утиче на ниво задовољства корисника. У складу са тим, формулација хипотезе H3 гласи да енорман раст количине различитих типова података (енг. *BigData*), а посебно мултимедијалних, који се преносе мрежом утиче на подизање нивоа свијести крајњих корисника о значају одрживости пројектованог квалитета сервиса (QoS) и

значаја евалуације квалитета корисничког искуства (QoE) у интеракцијама са различитим класама саобраћаја у мрежи. У функцији доказивања ове хипотезе, креиран је модел за процјену QoE – модел упарених компонената QoE. Вриједност QoE је одређена на основу субјективног задовољства корисника до нивоа одушевљења и субјективне ригидности до нивоа узнемирености. Такође, у рјешавању ове проблематике своју примјену су нашли предиктивни модели, Boosted Decision Tree и модел вишеструке линеарне регресије чији улази или независне варијабле представљају интерактивне факторе утицаја сврстане у пет група: правно-регулаторни, привредно-друштвени, социолошко-контекстуални, технолошко-процесни и људски фактори. Истраживање је проведено методом Survey у оквиру које је конструисан истраживачки инструмент-УПИТНИК QoE са 11 питања за прикупљање података о субјективној процјени зависне-излазне истраживачке варијабле QoE. На основу резултата се може закључити да највећи позитиван утицај на укупан ниво QoE има оцјена утицаја сервиса на *корисничку харизму*, а међу негативним индикаторима, најзначајнија је оцјена повезаности сервиса са *проспективном анксиозношћу*. У поређењу са претходним истраживањима, може се издвојити неколико предности и новитета овог модела: 1) Оригиналан упитник за субјективну естимацију нивоа QoE; 2) Естимација QoE на основу позитивних параметара (*одушевљење*) и негативних параметара (*узнемиреност/ригидност*); 3) Моделовање зависности QoE од фактора помоћу стабла одлучивања; 4) Фактори су сврстани у пет група. Резултати потврђују хипотетичку поставку НЗ.

Оригиналност извршеног истраживања има препознатљивост у приступу проблематици одређеној насловом теме и дефинисаним предметом истраживања што је видно у оствареној синтези теоријских и практичних знања из више области примјењених у рјешавању постављеног проблема. Резултате кориштене литературе кандидат је апсолвирао не само закључком да се предложени модели предикције у оквиру ДД креирају јединствено са аспекта простора примјене и независних варијабли, већ и да се то посебно односи на модел комуникације виртуелних сензора са физичким сензорима. На бази тога добијени резултати могу имати значајан утицај на анализу, одлуке и будуће планове телекомуникационих оператера. То значи да ће провајдери услуга моћи знатно тачније да одреде будуће потребе за развојем и евентуалним проширењем капацитета мреже која сигналом треба да покрије и да обезбиди перманентни приступ Интернету за мобилне кориснике на што већем простору, поготово у руралним подручјима и дуж саобраћајница. Резултати потврђују да се са порастом преноса различитих мултимедијалних типова података кроз мрежу повећана и свијест крајњих корисника о значају квалитета мрежних сервиса и дигиталних услуга а посебно и значаја квалитета искуства корисника услуга QoE. То значи да добивени резултати омогућавају мобилном оператору бољу анализу мрежних перформанси на основу којих је могуће вршити будућа планирања и пројектовања саобраћаја у мрежама, а посебно надолазећих мрежа пете генерације (5G) које повезују виртуелно све и свакога. Поред осталог, допринос овог истраживања се огледа у чињеници да се представљени резултати могу искористити за предикцију перформанси информационо-комуникационих технологија које се могу уградити у возила и саобраћајну инфраструктуру M9J. Конкретан примјер се односи на потенцијалну примјену концепта *Connected Vehicle*, што подразумева комуникацију, тј. размјену порука возила са осталим возилима (*Vehicle to Vehicle*) и возила са објектима саобраћајнице (*Vehicle to Infrastructure*). Посебно је битно истаћи да развијени модел може бити важна референца при дизајнирању мреже бежичних сензора постављених дуж аутопута који могу комуницирати у оквиру LTE мрежне технологије, а који су дио ИоТ. Резултати истраживања су додатно корисни и примјењиви јер су добивени на конкретном истраживању у просторном контексту који је везан за јако важну саобраћајницу и кључну телекомуникациону мрежу у посматраном гео-простору.

6. Примјењивост и корисност резултата у теорији и пракси³

Са теоријског аспекта корисност резултата је у доприносу недовољној истражености овог веома актуелног подручја у области телекомуникационог саобраћаја и мрежа, а са практичног аспекта корисност истраживања је у омогућавању провајдерима теле-сервиса и услуга дубљег разумијевање потребе комплекснијег рјешавања питања њиховог квалитета у функцији јачања

³ Истаћи посебно примјењивост и корисност у односу на постојећа рејешења теорије и праксе.

задовољства крајњих корисника при чему је QoE битна детерминанта за предикцију саобраћаја у мрежама. Резултати су примјењиви у области методологије моделовања комплексних инжењерских система, алгоритмизацији процеса у којима се споручују телекомуникациони сервис и дигиталне услуге CPS у конкретном саобраћајном гео-простору и дистрибуираној телекомуникационој мрежи провајдера М:тел Бања Лука.

Корисност резултата истраживања, које се бави савременим мрежним контекстима чије је интеракционо поље знатно проширено у односу на класични мод комуникације човјек-човјек, је у рецензираним и публикованим рјешењима у научној периодици међу којом Комисија истиче истакнути међународни часопис рјешењима и новим сазнањима да је основни задатак данашњих бежичних комуникационих технологија омогућавање повезаности између различитих паметних уређаја на принципима комбинације и координације физичких и рачунарских дијелова телекомуникационих мрежа.

Енорман раст количине различитих типова података а посебно мултимедијалних, који се мрежом преносе, представљају, дијеле и размјењују утиче на подизање нивоа свијести крајњих корисника услуга о значају одрживости пројектованог квалитета сервиса (QoS) и значаја континуалне евалуације квалитета корисничког искуства (QoE) у интеракцијама са различитим класама саобраћаја у мрежи.

Посебан допринос резултата ове дисертације је у оствареној институционалној сарадњи науке и привреде у Републици Српској која је остварена између матичне научно-истраживачке организације Саобраћајног факултета Добој, чланице Универзитета у Источном Сарајеву и привредог гиганта М:тел Бања Лука.

Облик те сарадње је у предмету доступности реалних података који су специфицирани за потребе моделовања просјечног Downlink мрежног протока података дуж аутопута (A9.J), на нивоу корисника и на нивоу појединих ћелија у мрежи М:тел.

Поред тога и дизајну теренског истраживања кандидат је специфицирао и друге мрежне параметре међу којима су карактеристике радио канала, заузетост физичких ресурса, класе саобраћаја, број корисника, параметре базних станица и ћелија, топологију мреже, модулатионе и кодне шеме (MCS), параметре сигнала.

У погледу контекстуалних параметара захтјевом за доступност подата специфицирани су временски опсежи у броју дана за који су неопходни подаци о вриједностима истраживачких варијабли са одређеном фреквенцијом регистрација (24 термина у дану). М:тел је омогућио кандидату доступност бази података за LTE мрежу са укупно 71053 мјерења а вриједности промјенљивих су дате за период од 30 дана (од 15.12.2020. до 15.01.2021.), на нивоу $\Delta T=1$ час, по појединим ћелијама које сигналом покривају посматрану саобраћајницу (A9.J).

Комисија оцјењује ову афирмативну сарадњу научне институције (СФ) и привредног друштва (М:тел) на подршци истраживању теме докторске дисертације, као платформу за конкретну примјењивост валидних резултата докторске дисертације и посебно као практичну корисност извршених истраживања.

Нарочито, Комисија сматра да је у овом Извјештају потребно нагласити да се поред корисности и примјењивости резултата докторске дисертације као успјешног примјера повезивања науке и привреде постигнута и велика друштвена корисност са објављивањем резултата истраживања у истакнутом међународном часопису јер се у научном раду децидно апострофира значај и локација Аутопута 9. Јануар промовишући на тај начин његов не само привредни и научни већ и национални значај за Републику Српску.

7. Презентирање резултата научној јавности⁴

⁴ У складу са чланом 37. Правилника о студирању на трећем циклусу студија на Универзитету у Источном Сарајеву.

7.1. Model mašinskog učenja komunikacije fizičkih i virtuelnih senzora u mobilnoj mreži na dionici autoputa

Објављено: MIPRO 2021 - 44th International Convention, CTI - Telecommunications & Information, Opatija HR (održavanje skupa pomjereno za septembar 2021 zbog pandemije COVID19)

Аутори: Mirko Stojčić, Milorad K. Banjanin, Zoran Ćurguz, Aleksandar Stjepanović

Прилози аутора: Konceptualizacija, M.K.B i M.S.; Metodologija, M.K.B. i M.S.; softver, M.S. i A.S.; validacija, M.K.B; formalna analiza, M.K.B. i M.S.; istraga, M.K.B. i M.S.; resursi, M.K.B., Z.Ć. i A.S.; kuracija podataka, M.K.B., M.S., Z.Ć., A.S.; pisanje - priprema originalnog nacрта, M.K.B, i M.S.; pisanje - pregled i uređivanje, M.K.B i M.S.; vizuelizacija, M.K.B i M.S.; supervizija, M.K.B, Z.Ć, A.S.; administracija projekata, Z.Ć i A.S.; finansiranje, Z.Ć. i M.S.

7.2. Adaptivno modelovanje predikcije performanse protoka telekomunikacione mreže u domenu pokrivenosti autoputa

Објављено: *Applied Sciences*. 2021; 11(8):3559. <https://doi.org/10.3390/app11083559>

Аутори: Milorad K. Banjanin, Mirko Stojčić, Dejan Drajić, Zoran Ćurguz, Zoran Milanović i Aleksandar Stjepanović

Прилози аутора: Konceptualizacija, M.K.B i M.S.; Metodologija, M.K.B. D.D. i M.S.; softver, M.S.; validacija, M.K.B. i D.D.; formalna analiza, M.K.B. i M.S.; istraga, M.K.B., M.S. i D.D.; resursi, M.K.B., Z.Ć., Z.M. i A.S.; kuracija podataka, M.K.B., M.S., Z.Ć., Z.M.; pisanje - priprema originalnog nacрта, M.K.B, i M.S.; pisanje - pregled i uređivanje, M.K.B., M.S. i D.D.; vizuelizacija, M.S. i M.K.B; supervizija, M.K.B. i D.D.; administracija projekata, Z.Ć., Z.M. i A.S.; finansiranje, Z.Ć..

7.3. Primjena MCDM metoda u održivom inženjerstvu: pregled literature 2008-2018

Објављено: *Symmetry*, 11(3), 350, March 2019, <https://doi.org/10.3390/sym11030350>

Аутори: Mirko Stojčić, Edmundas Kazimieras Zavadskas, Dragan Pamučar, Željko Stević i Abbas Mardani

Прилози аутора: Svaki je autor dovoljno učestvovao i doprinio da preuzme javnu odgovornost za odgovarajuće dijelove sadržaja.

7.4. Model uparenih komponenata za procjenu kvaliteta iskustva korisnika telekomunikacionih usluga QoE

У поступку објављивања у: *Sociološki pregled*

Аутори: Milorad K. Banjanin, Goran Maričić, Mirko Stojčić

Прилози аутора: Konceptualizacija, M.K.B i G.M.; Metodologija, M.K.B. G.M. i M.S.; softver, M.S.; validacija, M.K.B. i G.M.; formalna analiza, M.K.B. i G.M.; istraga, M.K.B.; resursi, M.K.B. i G.M.; kuracija podataka, M.K.B., G.M. i M.S.; pisanje - priprema originalnog nacрта, M.K.B., G.M. i M.S.; pisanje - pregled i uređivanje, M.K.B., G.M. i M.S.; vizuelizacija, M.S. i M.K.B; supervizija, M.K.B. i G.M.; administracija projekata, M.K.B., G.M. i M.S.; finansiranje, M.K.B., G.M. i M.S.

8. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ⁵

Детаљан преглед коначног садржаја завршене докторске дисертације кандидата мр Мирка Стојчића, под насловом „Адаптивни модели ентропијског кодовања комуникације виртуелних и физичких сензора за предикцију саобраћаја у мрежама“ резултира са јединственим закључком Комисије који проистиче из аналитичког приказа датог у овом

⁵ У закључку се, поред осталог, наводи и назив квалификације коју докторанд стиче одбраном тезе.

Извјештају

1. Да је докторска дисертација урађена, по свим критеријима вредновања, у складу са Пријавом теме коју је одобрило Наставно-научно вијеће Саобраћајног факултета Добој и Сенат Универзитета у Источном Сарајеву у погледу предмета, циља, задатака, метода и очекиваних резултата истраживања.
2. Да је у изради дисертације примијењена веома богата научна методологија са бројним класичним и савременим научним методама, техникама и инструментима, моделима, алгоритамским рјешењима и софтверским технологијама
3. Да су циљеви и задаци истраживања постигнути у ширем обиму и на вишем нивоу од оних који су зацртани у Пријави теме;
4. Да су истраживачке хипотезе марљиво провјераване и аргументовано доказане;
5. Да су постигнути резултати изузетно корисни и конкретизовани у великом броју теоријских налаза и практичних примјена;
6. Да су у дисертацији конзистентно заступљени академски и етички принципи у позивању кандидата на релевантне изворе и њихово одговорно кориштење што је потврђено у контроли текста са софтвером iThenticate по коме је подударност дисертације и сваког појединачног доступног извора мања од 1% што даје закључак да је оригиналност дисертације по том систему контроле на нивоу већем од 99%.
7. Циљ истраживања је у потуности реализован, а докторска дисертација је резултат оригиналног истраживања кандидата.
8. Кандидат има 12 објављених радова са резултатима из ширег подручја теме докторске дисертације од чега су четири директна рада објављена из садржаја докторске дисертације а међу њима су два рада у истакнутим међународним часописима са SCI листе (категорије R22 или M22) и један рад на истакнутој мађународној конференцији.

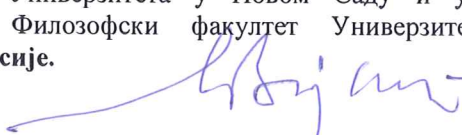

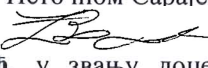


На основу свега изложеног Комисија предлаже Наставно-научном вијећу Саобраћајног факултета Добој и Сенату Универзитета у Источном Сарајеву да прихвати овај Извјештај о позитивној оцјени и кандидату одобри усмену јавну одбрану докторске дисертације.

Квалификација која се стиче успјешном одбраном докторске дисертације је

ДОКТОР САОБРАЋАЈНИХ НАУКА

480 ECTS – Телекомуникациони саобраћај и мреже

Комисија:

1. **Др Милорад Бањанин**, у звању редовни професор, уно: *Теорија комуникација* Факултет техничких наука Универзитета у Новом Саду и уно: *Информационе науке и биоинформатика* Филозофски факултет Универзитета у Источном Сарајеву, **предсједник Комисије.**

2. **Др Дејан Драјић**, у звању ванредни професор, уно: *Телекомуникације*, Електротехнички факултет Универзитета у Београду, **ментор и члан Комисије.**

3. **Др Зоран Ђургуз**, у звању ванредни професор, уно: *Нуклерна физика*, Саобраћајни факултет Добој Универзитета у Источном Сарајеву, **коментор и члан Комисије.**

4. **Др Александар Стјепановић**, у звању доцент, уно: *Транспортно инжењерство*, Саобраћајни факултет Добој Универзитета у Источном Сарајеву, **члан Комисије.**

5. **Др Дејан Марковић**, у звању редовни професор, уно: *Поштански саобраћај и мреже*, Саобраћајни факултет Универзитета у Београду, **члан Комисије.**


Мјесто: Добој-Београд

Датум: 17.06.2021.

Издвојено мишљење⁶:

1. _____, у звању _____ (НО _____, УНО
_____, Универзитет _____,
Факултет _____ у _____, члан Комисије;

Образложење:

⁶ Чланови комисије који се не слажу са мишљењем већине чланова комисије, обавезни су да у извештај унесу издвојено мишљење са образложењем разлога због се не слажу са мишљењем већине чланова комисије (члан комисије који је издвојио мишљење потписује се испод навода о издвојеном мишљењу)