

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

200

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ
ФАКУЛТЕТ ТЕХНИЧКИХ НАУКА
КОСОВСКА МИТРОВИЦА

ПРИМЉЕН	27. 03. 2026
ОРГ ЈЕДРИ	
250/A	

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ

На седници одржаној 4.3.2026. године, Наставно-научно веће Факултета техничких наука у Косовској Митровици, на основу члана 55. Статута Факултета техничких наука, донело је одлуку број 135/3-4, којом се утврђује предлог Комисије за оцену подобности кандидата **Стефана Питулића**, *мастер инжењера електротехнике и рачунарства*, и научне заснованости теме ***“Примена метода истраживања података у генерисању временских серија за симулацију хидролошких и метеоролошких појава”***

На основу приложене документације уз пријаву дисертације, образложења теме, научних и стручних радова и увидом у целокупну документацију и делатност кандидата, Комисија у саставу:

1. др Драгана Радосављевић, ванр. проф
2. др Бошко Николић, ред. проф
3. др Сениша Илић, ред. проф

подноси Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ О ПОДОБНОСТИ КАНДИДАТА И НАУЧНОЈ ЗАСНОВАНОСТИ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат **Стефан Питулић**, *мастер инжењер електротехнике и рачунарства*, је за израду докторске дисертације поднео предлог теме ***“Примена метода истраживања података у генерисању временских серија за симулацију хидролошких и метеоролошких појава”***

БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ

Кандидат Стефан Питулић рођен је 6.9.1993. године у Ужицу. Основну школу „Свети Сава“ у Косовској Митровици завршио је са одличним успехом. Након тога уписао је средњу техничку школу „Михаило Петровић Алас“, смер машински техничар за компјутерско конструисање и моделирање, коју је такође завршио са одличним успехом.

Основне академске студије на смеру Рачунарска техника и информатика на Факултету техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици уписао је 2012. године и завршио 2016. године са просечном оценом 8,87. Завршни рад са темом „Реализација Java апликације са SQLite базом података“ одбранио је са оценом 10.

Након завршених основних студија уписао је мастер академске студије на истом факултету, на смеру Рачунарство и информатика, које је завршио септембра 2018. године са просечном оценом 9,71. Завршни рад са темом „Реализација Java Servlet API-ја у изради информационог система за обрачун плата Факултета техничких наука у Косовској Митровици“ одбранио је са оценом 10, а реализовани информациони систем је и даље у употреби.

Чита и пише енглески језик на напредном нивоу (Б2 сертификат), а руски језик на основном нивоу (А2 сертификат). Студент је докторских студија на Факултету техничких наука у Косовској Митровици.

У наставном процесу на Факултету техничких наука у Косовској Митровици ангажован је од 2017. године. У периоду од октобра 2017. године до децембра 2017. године био је ангажован у звању демонстратора у настави, од јануара 2018. године до фебруара 2019. године у звању сарадника у настави, док је од фебруара 2019. године ангажован у звању асистента.

Током досадашњег рада учествовао је у реализацији наставе на већем броју предмета, међу којима су: Основи рачунарске технике 1, Основи рачунарске технике 2, Базе података 1, Информациони системи, Инфраструктура за електронско пословање, Рачунарске основе интернета, Базе података у грађевинарству, Вештачка интелигенција, Објектно оријентисана анализа и дизајн, Увод у вештачку интелигенцију и Пројектовање софтвера.

У оквиру стручног усавршавања боравио је на Државном технолошком универзитету „В. Г. Шухов“ у Белгороду, у Руској Федерацији, у два наврата, и то у периоду од 8.2.2016. до 6.3.2016. године и у периоду од 24.4.2017. до 22.5.2017. године.

Кандидат је учествовао у пројектовању и имплементацији информационог система за обрачун плата и хонорара на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. Такође је учествовао у имплементацији софтверских решења у оквиру два међународна пројекта, SMARTEL и DIGSTEM. Поред тога, био је ангажован на реализацији научно-истраживачких пројеката „Дизајн реалних информационих система са базама података и примена алгоритма истраживања података у њима (ИСИП)“, број 111-00-00057/14/2020-06, и

„Иновирање лабораторијских вежби и наставе на групи предмета на модулу Рачунарство и информатика, основних академских студија Електротехничког и рачунарског инжењерства на Факултету техничких наука у Косовској Митровици (ЛВН-РИ)“, број 111-00-00057/21/2020-06.

Коаутор је четири универзитетска уџбеника и практикума из уже научне области. Аутор је и коаутор научних радова објављених у часописима и зборницима међународног значаја.

ПОДОБНОСТ КАНДИДАТА

На основу приложене документације о научно-истраживачком раду, биографским и библиографским подацима, Комисија је утврдила да **кандидат Стефан Питулић**, студент докторских академских студија Електротехничког и рачунарског инжењерства на Факултету техничких наука Универзитета у Приштини са привременим седиштем у Косовској Митровици, испуњава све услове за одобравање теме и израду докторске дисертације.

Кандидат Стефан Питулић је одслушао завршну годину студија и положио све испите предвиђене наставним планом студијског програма докторских студија на одсеку Електротехничко и рачунарско инжењерство, чиме је испунио све услове и стекао право да пријави тему докторске дисертације.

Као аутор и коаутор објавио је више научних радова из уже научне области из које се пријављује тема докторске дисертације. Научно-стручна активност кандидата верификована је кроз објављене радове, како се наводи у наставку:

- Један рад у категорији M23
- Један рад у категорији M14
- Шест радова на међународним скуповима категорије M33
- Четири универзитетска уџбеника / практикума

Списак објављених радова кандидата:

Категорија M23:

- Dragiša Miljković, Siniša Ilić, Dragana Radosavljević, **Stefan Pitulić**, Application of nonlinear regression in recognizing distribution of signals in wireless channels, Proceedings of the Estonian Academy of Sciences; Tallinn Vol. 72, Iss. 2, (2023): 105-114. DOI:10.3176/proc.2023.2.01, (M₂₃), https://kirj.ee/wp-content/plugins/kirj/pub/proc-2-2023-105-114_20230317012741.pdf

Kategorija M14:

- **Stefan Pitulić**, Dragana Radosavljević, Đurica Marković, Petar Spalević, Siniša Ilić, "Using the data mining algorithms for sorting series in a Non-Parametric Stochastic Generation of Streamflow Series", in IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1339, 15th International Conference on Development and Modernization of Manufacturing (RIM 2025) Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, doi:10.1088/1757-899X/1339/1/012010, (M₁₄)
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1339/1/012010/pdf>

Kategorija M33:

- P. Milić, D. Miljković, **S. Pitulić**, "Securing Document Access in Web Applications," in Sinteza 2024 - International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science, Belgrade, Singidunum University, Serbia, 2024, pp. 60-65. doi:10.15308/Sinteza-2024-60-65, (M₃₃),
<https://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2024/60-65.pdf>
- D. Miljković, S. Ilić, B. Jakšić, P. Milić, **S. Pitulić**, "Modeling Internet Traffic Packet Length Using Probdistid: A Case Study," in Sinteza 2023 - International Scientific Conference on Information Technology, Computer Science, and Data Science, Belgrade, Singidunum University, Serbia, 2023, pp. 172-177. doi:10.15308/Sinteza-2023-172-177, (M₃₃),
<https://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2023/172-177.pdf>
- **Stefan Pitulić**, Siniša Ilić, Julijana Lekić, "Building the Payroll Information System for High Education Institution Using UML – Master Thesis Work", Technics and Informatics in Education – TIE2020, Serbia, pp. 204 – 211. (M₃₃),
[http://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/tie2020/Radovi%20TIE%202020/EN/3\)%20Session%202%20-%20IT%20Education%20and%20Practice/S215_05.pdf](http://www.ftn.kg.ac.rs/konferencije/tie2020/Radovi%20TIE%202020/EN/3)%20Session%202%20-%20IT%20Education%20and%20Practice/S215_05.pdf)
- **Stefan Pitulić**, Slaviša Ilić, Siniša Ilić, Vladimir Veljović. Implementation of recording log events in WSO2 ESB communication, International Scientific Conference "UNITECH 2019", pp. 287-292, November 2019, Gabrovo, (M₃₃),
https://unitech-selectedpapers.tugab.bg/images/papers/2019/s4/s4_p111.pdf
- **Stefan Pitulić**, Slaviša Ilić, Siniša Ilić, Dragana Radosavljević. Data exchange using WSO2 Enterprise service bus, International Scientific Conference "UNITECH 2019", pp. 281-286, November 2019, Gabrovo, (M₃₃),
https://unitech-selectedpapers.tugab.bg/images/papers/2019/s4/s4_p110.pdf

- Dragana Radosavljević, Siniša Ilić, **Stefan Pitulić**. A data mining approach to wine quality prediction, International Scientific Conference “UNITECH 2019”, pp. 320-324, November 2019, Gabrovo, (M33),
https://unitech-selectedpapers.tugab.bg/images/papers/2019/s5/s5_p120.pdf

Списак уџбеника кандидата:

- Јулијана Лекић, **Стефан Питулић**, Основи рачунарске технике 1, збирка решених задатака, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, 2021. ISBN: 978-86-81656-20-4. COBISS.SR-ID – 39175433
<https://plus.cobiss.net/cobiss/sr/sr/bib/nbs/39175433> ;
- Јулијана Лекић, **Стефан Питулић**, Основи рачунарске технике 2, збирка решених задатака, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, 2021. ISBN: 978-86-81656-18-1. COBISS.SR-ID – 32992777
<https://plus.cobiss.net/cobiss/sr/sr/bib/nbs/32992777> ;
- Драгана Радосављевић, **Стефан Питулић**, Практикум за лабораторијске вежбе из Инфраструктуре за електронско пословање, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, 2021. ISBN: 978-86-81656-24-2. COBISS-ID: 42531849, <https://plus.cobiss.net/cobiss/sr/sr/bib/nbs/42531849> ;
- Ристо Бојовић, Петар Милић, **Стефан Питулић**, Рачунарске мреже 1, Практикум за лабораторијске вежбе, Универзитет у Приштини, Факултет техничких наука у Косовској Митровици, 2021. ISBN: 978-86-81656-17-4. COBISS.SR-ID – 31315465
<https://plus.cobiss.net/cobiss/sr/sr/bib/nbs/31315465> .

На основу наведених чињеница Комисија закључује да кандидат испуњава све услове и да је ПОДОБАН да настави израду докторске дисертације.

НАУЧНА ЗАСНОВАНOST ПРЕДЛОЖЕНЕ ТЕМЕ

Предмет и циљ докторске дисертације

У добу у којем живимо човек је у могућности да мери, анализира и симулира тренд мењања разних величина уз коришћење бројних метода истраживања података и машинског учења. Мерење величина у природним процесима се данас остварује развојем квалитетних сензора који промене посматране величине претварају у промене одговарајуће електричне величине и након одмеравања тих величина се добијају њене дискретне вредности које се могу запамтити (сачувати). Употребом различитих алгоритама се тако сачуване вредности могу у реалном времену или касније анализирати и обрађивати. Са друге стране, као на пример у финансијама, статистици и другим областима, подаци се могу преузети из база података. Заједничко за већину података којима се описују процеси је потреба да се они обраде, али и да се изврши предвиђање и симулација тренда промене тих величина како би се на време адекватно реаговало. Некада је довољно извршити симулирање промене мерене величине за кратки временски интервал (углавном мањи од интервала мерених података), средњи (упоредив са интервалом мерених података) а некада и за веома дуги временски интервал који знатно премашује временски период мерених података.

Практичних примена симулирања и предвиђања промена величина на основу историјских података има пуно. То су: предиктивна анализа тренда тржишта помоћу напредног модела машинског учења над огромном количином података са друштвених мрежа, предикција тренда промене вредности акција (stock trend prediction) на тржишту хартија од вредности, прогноза будућих потреба на тржишту рада (job market) на основу историјских података, прогнозирање времена потребног за испоруку робе у савременим ланцима испоруке (supply chains) и управљању ризицима, предикција победника у спортским такмичењима, предвиђања појава болести, као и предикција падавина, предикција водотокова, предикција температура, прогнозирање космичког времена и космичког зрачења, итд.

Истраживања од интереса за докторску дисертацију су симулације протицаја, падавина, температура, влажности ваздуха и других хидрометеоролошких величина на дневном нивоу за јако дуги временски период (од неколико стотина па и хиљада година) на основу историјских осматрених и мерених података на дневном нивоу у временском периоду од неколико десетина година. Предмет истраживања докторске дисертације је употреба алгоритама **истраживања података** и **машинског учења** који на основу историјских података креирају модел у коме су задржане карактеристике које постоје у тим осматреним и мереним подацима и који по том моделу могу да генеришу податке за значајно већи временски период.

Евидентно је да правилно генерисани подаци о протицајима помажу у дугорочном планирању расподеле воде у акумулационим језерима у току времена, заштити од поплава, предвиђању суша, па је тако израда дугорочних симулација проучавана од стране великог броја аутора. У општем случају, методе за генерисање дугорочних података се могу поделити на параметарске (где се историјски подаци описују математичким моделом, односно једначином и одређују вредности параметара тог модела) и непараметарске (где се модели креирају тако да задовоље одређена статистичка и корелациона својства која постоје у историјским подацима) чија је предност да се не мора унапред дефинисати одређени математички модел (где вероватноћа избора тог модела захтева много више времена и провера) већ се модел сам формира на основу историјских података.

За полазну методу је изабрана једна детаљно објашњена непараметарска метода за генерисање (симулацију) дугогодишњих података о протоцима који су осмотрени, односно мерени, на неколико мерних станица дуж тока исте реке. У њој се генерисање и преуређивање података састоји из неколико група активности. Осмотрени, односно мерени, подаци формирају матрицу где се у сваком реду налазе подаци из једне године и матрица може да има 366, 52 или 12 колона у зависности да ли се подаци уносе (и касније анализирају) на дневном, недељном или месечном нивоу.

У првој групи активности се за сваки изабрани временски период анализе (односно за сваку колону у матрици) одређује расподела осмотрених односно мерених вредности у низу година из скупа историјских података. Ради лакшег разумевања и даљег приказа методе претпоставићемо да су подаци припремљени на недељном нивоу, што не утиче на општост методе. Затим се Монте Карло методом генеришу случајне вредности за многоструко више година тако да се расподеле тих вредности по недељама у току године поклапају са онима из историјских података. Овако генерисани подаци имају приближно исте статистичке вредности за сваку недељу у току године као што их имају и историјски подаци. На крају прве групе активности, свака вредност у овако генерисаним подацима припада правој недељи у току године, али те вредности још увек нису правилно распоређене по годинама.

У другој групи активности се помоћу Иман Коновер методе овако генерисани подаци прераспоређују (мењају им се позиције између година при чему се задржава припадност задатој недељи како би се сачувале расподеле из прве групе активности) тако да се трендови мењања вредности по недељама током истих година поклапају са онима из историјских података. Ово ређање података се постиже усаглашавањем корелационих коефицијената за сваку комбинацију низова података од две изабране недеље у генерисаним подацима са онима из историјских података. На крају друге групе активности, вредности у генерисаним подацима су поређане тако да припадају правој недељи у току године и комбинације вредности из различитих недеља припадају правим годинама, али редослед тако поређаних година још увек није сагласан са оним у историјским подацима.

У трећој групи активности позиције генерисаних вредности се још једном мењају тако што се групе вредности које припадају различитим недељама у истој години пермутују са групом вредности које припадају некој другој години (при чему подаци и даље задржавају припадност истој недељи унутар године и истој години) све док се не сложе аутокорелациони коефицијенти годишњих средњих вредности по неколико корелационих помака (енг. lag) као и корелације између последњих недеља у једној години са првим недељама у следећој години са онима из историјских података.

У приказаном решењу се врше пермутације позиција генерисаних података из прве групе активности и након сваке пермутације се израчунавају корелациони коефицијенти. Затим се ти коефицијенти упоређују са онима који су израчунати на основу историјских података и доноси се одлука да ли се та пермутација усваја или отказује у зависности од услова да ли та пермутација доводи до смањења разлика међу корелационим коефицијентима. Како је број тих пермутација огроман, то је и трајање поступка премештања позиција већ генерисаних података у циљу добијања уређеног скупа велико. Време потребно за извођење ове методе се креће у опсегу од неколико десетина сати па до неколико дана (у зависности од перформанси изабраног рачунара).

У циљу генерисања и добијања правилно распоређених дугорочних података високог квалитета (који задовољавају постављена статистичка и корелациона ограничења) и који су упоредиви са наведеном методом, али у знатно краћем времену и са мањим бројем корака за преуређивање иницијално генерисаних података - потребно је применити одговарајуће алгоритме истраживања података и машинског учења и утврдити да ли њихова употреба доводи до значајног смањења времена потребног за генерисање података и повећања квалитета резултата генерисаних података у односу на оригинално решење. Исто тако, постоји и потреба да се направи модел који ће генерисати и распоредити податке за симулацију дугорочних промена не само за протицаје (као у приказаном решењу), већ и за друге хидролошко-метеоролошке величине као што су падавине, температуре, влажност ваздуха и др. и који ће узети у обзир и међусобну корелисаност података која постоји између тих хидролошких и метеоролошких величина као у историјским подацима.

У поступку генерисања података потребно је одредити и одступање својстава добијених дугорочних података у односу на својства осматраних, односно мерених података која су последица значајно већег временског оквира за који се симулациони подаци генеришу. Зато је потребно добро дефинисати сва својства која постоје у историјским подацима, али и она која треба да постоје у генерисаним подацима, дефинисати мере грешака за сва својства и на крају упоредити квалитет генерисаних података уз употребу алгоритама истраживања података и машинског учења са квалитетом истих у оригиналном решењу.

Да би се одредио квалитет изабраних алгоритама, у дисертацији ће се извршити тестирање квалитета и брзине неколико изабраних алгоритама којима ће се заменити

одговарајуће групе активности у оригиналном решењу и добијени резултати ће се упоредити.

Примарни циљ истраживања у дисертацији јесте да се применом алгоритама истраживања података и машинског учења, на основу сакупљених историјских података хидролошких и метеоролошких величина у релативно кратком временском периоду (реда величине неколико десетина година), одреди поуздан поступак за генерисање и распоређивање дугорочних података (реда величине од неколико стотина па и хиљада година) који ће по изабраним мерама за анализу одступања омогућити веродостојну симулацију посматраних величина. Над историјским подацима ће се утврдити статистичке, аутокорелационе, крос-корелационе и друге вредности којима треба да теже и вредности над генерисаним подацима. Ове вредности израчунате из генерисаних података треба да буду упоредиве, и по неким критеријумима боље, од оних из полазног решења. У планираном решењу ће се задржати исти број група активности, али ће се у свакој групи корака применити другачији поступак. У првој групи активности ће се додатно узети у обзир генерисање и ређање података за датум 29. фебруар који се догађа сваке четврте године, као и одређивање интервала поверења за екстраполацију екстремних вредности тзв. кернел функције расподеле, узимајући у обзир и методе момената, максималне веродостојности и тежинских момената вероватноће. Уместо примене Иман Коновер методе, у другој групи активности користиће се Schaaake shuffle, модификован Block mosaic algorithm у комбинацији са Partial freeze и Hungarian assignment (Munkres) алгоритмом. У трећој групи активности ће се уместо покушаја пермутација сваког реда са сваким, у циљу добијања аутокорелационих вредности сличних онима из историјских података, користити алгоритми машинског учења као што су: ауторегресионе функције, неуронске мреже, генетски алгоритми који ће бити истренирани (научени) не само на основу историјских података за сваку величину понаособ, већ и на основу њихових међусобних зависности. Тако ће предложене вредности на излазу ових алгоритама омогућити правилније слагање података у симулацији.

Монте Карло поступак примењен у полазном решењу омогућава генерисање високо квалитетних генерисаних података, али уз проверу великог броја комбинација и уз усвајање комбинација које доводе до смањивања грешке. Алгоритми истраживања података и машинског учења који ће бити истренирани на основу историјских података стварају модел процеса који важи над историјским подацима и захваљујући том моделу генеришу нове вредности. Логично је да ће време избора вредности из ограниченог скупа вредности које су најближе генерисаним вредностима из ових алгоритама бити краће од времена потребног за испробавање свих комбинација коришћењем Монте Карло методе, па је тако други циљ истраживања - избор алгоритама истраживања података и машинског учења који воде ка значајном смањењу броја корака и времена за репозиционирање генерисаних података али не на уштрб квалитета података.

Иницијално генерисани подаци који прате дневне / недељне / месечне расподеле из осматраних (мерених) података немају реалну међусобну повезаност, па се коришћењем

Schaake shuffle алгоритма подаци ресортирају тако да рангови синтетичких података прате рангове осмотрених података. Multiscale block mosaic алгоритам се користи да се направе блокови података у којима се подаци ресортирају водећи рачуна да се одржи повезаност података која постоји у осмотреним подацима. Алгоритам се најчешће користи у препознавању сцена, и ефекат наведеног алгоритма је да се вештачки повећа разноврсност тренинг примера и да модел буде робуснији на промене скале и композиције сцене. У нашем случају овај алгоритам конструише нове узорке података, као мозаик од више блокова, односно исечака узетих из једног или више оригиналних узорака. Блокови су различитих величина (зато се и зове Multiscale) и просторно се распореде да попуне мозаик (слику, мапу, поље), често уз насумичне позиције и односе величина. Затим се дефинише матрица “трошкова” (која се рачуна на основу корелација између генерисаних и осмотрених, средњих вредности итд.) и уз употребу Hungarian assignment (Munkres) алгоритма израчунава се најоптималније сортирање од свих израчунатих парова у матрици трошкова. Поступак се понавља док се сваки наредни блок оптимално не усклади са претходним.

Трећи циљ истраживања је генерисање података за симулацију хидролошко-метеоролошких величина у којима је задржана међусобна корелисаност величина чији се подаци симулирају, и које одговарају онима у историјским подацима. Исто тако потребно је у симулационим подацима водити рачуна о додатним карактеристикама које не постоје у историјским подацима али су очекиване у дугорочним подацима, као што су на пример: могућност постојања већих екстремнијих вредности за задате временске оквире, постојање периода кумулативних екстремнијих вредности али у ограниченом временском интервалу итд. , што је потребно урадити у склопу постојећих група корака.

Четврти циљ истраживања је развој софтверског алата (програма) који ће омогућити испуњавање претходних циљева. На улазу треба учитати историјске податке одређене величине (појаве), и на основу типа величине (протоци у рекама, падавине, температуре, итд.) и броја мерних места на којима су сакупљени подаци, генерисати дугорочне податке водећи рачуна о карактеристикама историјских података за изабрану величину, и упоредно приказати статистике, корелационе коефицијенте и остале карактеристике како би се на излазу проценио квалитет генерисаних података.

Основне хипотезе

Главна хипотеза која ће бити тестирана у раду гласи:

Употребом алгоритама **истраживања података и машинског учења** могуће је на основу историјских података хидролошких и метеоролошких величина као што су протоци у рекама, падавине, влажност ваздуха и промене температура, сакупљених у периоду од неколико десетина година, генерисати податке који ће симулирати промену истих величина у знатно дужем временском интервалу, реда величине од неколико стотина па

и хиљада година, при чему ће статистике и корелације које постоје у историјским подацима бити максимално очуване у генерисаним подацима.

На основу дефинисаног предмета и циљева истраживања може се издвојити неколико посебних хипотеза:

- Код генерисања података за симулацију природних појава потребно је да генерисани подаци буду у складу са статистикама историјских података и да прате корелацију која постоји код историјских података,
- Како је период који покривају генерисани подаци знатно већи од периода који покрива историјске податке, то генерисани подаци треба да имају своје специфичности које се очекују за податке за тако велики период,
- У алгоритмима истраживања података и машинског учења на основу историјских података модел "учи" процес којим су се генерисали ти историјски подаци и на основу тог модела је могуће генерисање будућих података,
- Приликом прерасподеле иницијално генерисаних података унутар задатих временских интервала, у циљу одржавања израчунатих расподела вредности из историјских података, лакше и брже је поређати те податке у складу са вредностима које алгоритми истраживања података и машинског учења израчунају, него испробавањем замена позиција свих могућих комбинација и усвајањем оних који доводе до најбољег слагања корелационих коефицијената,
- У развијеном софтверском алату (програму) лако је изабрати алгоритам истраживања података / машинског учења за одабрану групу активности, при чему се за сваки изабрани алгоритам показује време потребно за извођење тог алгоритма, статистичке и корелационе вредности, као и одступања тих вредности од вредности које су постигнуте у оригиналном решењу.

Методе које ће се у истраживању применити:

За реализовање првог циља истраживања модификоваће се кораци из прве и друге групе активности из оригиналног решења. У првој групи активности, изабрани временски интервал за анализу података биће дан (из групе: дан / недеља / месец), за генерисање екстремних вредности у расподели користиће се више метода (метода момената, максимална веродостојност и метода вероватносних тежинских момената), и формирање расподеле података за календарски дан 29. фебруар ће се извршити на основу свих података за дане 28. фебруар, 29. фебруар и 1. март. У односу на оригинално решење, осетно ће се смањити праг одступања статистичких вредности (средња вредност, стандардна девијација и несиметричност) за расподелу података за сваки дан у години у генерисаним подацима, у односу на историјске податке. Тако генерисани подаци који нису правилно распоређени по годинама ће се у другој групи активности прераспоредити употребом Schaake Shuffle и Multiscale block mosaic метода које нуде логичније слагање временских серија. Schaake Shuffle алгоритам користи ређање синтетичких података по рангу тако да се прати ранг - шаблон реалних осмотрених података. Коришћењем

Multiscale block mosaic алгоритма се издвајају подаци по блоковима и врши међусобно ресортирање података у оквиру истих блокова који могу бити различитих величина, а различитим уклапањем блокова ће се формирати нова мозаична структура чиме ће се постићи диверзитет података и притом се води рачуна да се одрже корелације података између станица истих величина (појава). На крају ових група активности генерисани подаци се налазе у правим данима у години (у правим колонама у матрици) и правим али још увек неправилно поређаним годинама (редовима у матрици). Да би се правилно поређале године (редови у матрици), потребно је читаве групе података (групе од 366 дневних вредности) које припадају истој години заменити другим групама, тако да редослед података по годинама у генерисаним подацима буде најсличнији оном у историјским подацима. У овој групи активности исто треба водити рачуна о подацима осматраним / мереним и у другим станицама / мерним местима, па тако треба дефинисати и корелације које постоје између података где се мери иста величина на различитим мерним местима, али и корелације између различитих величина. У том циљу ће се израчунати средње годишње вредности у генерисаним подацима за свако мерно место и сваку величину, и помоћу алгоритама истраживања података и машинског учења као што су: генетски алгоритми, AR_auto, ETS и NNTAR (алгоритми који формирају моделе на основу историјских података без предзнања о математичким / узрочним описима система који генеришу мерене податке), извршити замена редоследа годишњих група вредности да буду сагласне онима из историјских података. У раду ће посебна пажња бити посвећена проналажењу додатних карактеристика, које треба да буду задовољене у генерисаним подацима а везане су за вредности података у тако великом временском интервалу које генерисани подаци покривају, и постојању података сакупљених са више мерних места. Овај циљ ће се реализовати тако што ће се у паралели анализирати подаци са више мерних станица и подаци различитих величина и тежити да се приликом слагања података добијају аутокорелациони коефицијенти који најмање одступају од оних у историјским подацима. У том циљу ће се креирати годишње аутокорелационе матрице (по једна за осматрене и генерисане податке) састављене од коефицијената који пореде сличност годишњих вредности за сваку мерну станицу (место) хидролошко-метеоролошке величине међусобно, при чему је на крају потребно добити минимално одступање коефицијената ових матрица за осматрене и генерисане податке.

Достизање прва три циља истраживања показате одступања аутокорелационих вредности и мереног времена за извршење ових група активности у односу на исте у оригиналном решењу.

Четврти циљ истраживања ће бити развијање апликације у програмском језику Матлаб и функционисаће на следећи начин: апликација на улазу учитава историјске податке за одређену величину за једно или више мерних места, и корисник бира параметре за генерисање низа као што су: временски интервал по коме се учитавају подаци (дан, недеља, месец), дозвољена статистичка одступања за расподеле по временским периодима за прву групу активности, метода и њени параметри за другу групу активности, алгоритам и параметри алгоритма истраживања података и машинског учења

за трећу групу активности, као и параметре за четврту групу активности. Апликација затим извршава једну по једну групу активности у складу са ограничењима коју подаци за изабрану величину треба да имају, израчунава постигнуте крајње вредности статистичких параметара и корелационих коефицијената и мери време за које се сваки корак извршава. Приликом извођења свих ових активности програм треба да запамти величине на излазу сваке групе активности и да уколико корисник жели да промени начин извођења неког од корака може да настави са извођењем процеса од почетка тог корака надаље без потребе да се поново чека на извођење претходних корака. На крају сваког корака кориснику треба понудити могућност да погледа (и сачува) податке у изворном (табеларном) облику, као и у облику графикона.

Очекивани резултати и научни допринос:

Најзначајнији допринос овог рада биће доказивање да се применом алгоритама истраживања података и машинског учења може успешно извршити генерисање података који симулирају промену посматране природне величине у дугорочном периоду на основу историјских података сакупљених у значајно мањем временском периоду.

Применом ових алгоритама би требало да је поступак генерисања дугорочних података који се по статистичким и корелационим вредностима поклапају са онима из историјских података знатно бржи, па је отуда могуће извршити и тестирање: који од изабраних алгоритама доводи до тачнијих резултата и за које време.

Други допринос би био успостављање корелације која постоји између података исте величине на различитим мерним местима и између података различитих величина у историјским подацима и над генерисаним подацима применом метода истраживања података и машинског учења. Креирани модел би омогућио симулацију дугорочних података за различите хидролошко-метеоролошке величине који задржавају међусобну зависност која постоји у историјским подацима.

Очекивани трећи допринос је генерисање временских серија које у себи имају екстремне вредности (тренутне и кумулативне) у складу са временским интервалом за који се те серије генеришу.

Оквирни садржај дисертације:

У **Уводу** дисертације биће наведени предмет и циљеви истраживања, полазне хипотезе, затим методологија и коришћени алати, као и структура и организација рада.

У **другом поглављу** ће бити представљен преглед досадашњих истраживања решења процеса чији ће се подаци анализирати.

У **трећем поглављу** биће представљени алгоритми истраживања података и машинског учења који ће бити коришћени за остваривање циљева дисертације, као и тренутног стања у датој области. Такође, биће представљени и критеријуми за оцену

одступања тачности симулираних података коришћењем ових алгоритама у односу на историјске податке као и предлози за процену грешке код података који ће се генерисати али којима се не може утврдити експлицитна тачност.

У **четвртном поглављу** ће бити приказане групе активности одабраног решења који служи као основа, као и његови резултати са псеудо кодом.

У **петом поглављу** ће бити приказане алтернативне групе активности које реализују задате циљеве дисертације и које ће у себи укључити алгоритме истраживања података и машинског учења. Поред псеудо кода за сваку групу активности, за сваки корак ће се објаснити посебна правила која ће се примењивати за генерисање података за сваку хидролошку и метеоролошку величину.

У **шестом поглављу** ће бити приказани и резултати одступања тачности и времена извршавања сваког корака у односу на оригинално решење описано у четвртном поглављу.

У **седмом поглављу** ће се описати развијени софтвер који на улазу учитава историјске податке за одређену величину за једно или више мерних места и омогућава кориснику да бира параметре за генерисање података за сваку групу активности. Такође ће се за сваку групу активности описати како апликација показује релевантне податке о упоредивости генерисаних са историјским подацима, као и времена потребна за њихово извршење.

У **закључку** ће бити наведени конкретно остварени резултати, њихов допринос, као и план будућих истраживања.

У последњем поглављу ће бити наведена листа литературе коришћене у истраживању.

Изворни код програма у којем су вршене анализе ће се налазити у прилогу дисертације.

ЗАКЉУЧАК

На основу анализе постављеног проблема и увида у податке о научној и стручној делатности кандидата, Комисија закључује следеће:

- Предложена истраживања, хипотезе, циљеви, методологија и очекивани резултати истраживања су врло добро осмишљени и подобни за израду докторске дисертације,
- Досадашњи научни и научно-истраживачки резултати рада кандидата Стефана Питулића показују његову подобност за израду докторске дисертације,
- Кандидат испуњава услове предвиђене законом и одговарајућим општим актима Факултета техничких наука у Косовској Митровици за израду докторске дисертације.

На основу изнетог, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да прихвати тему за израду докторске дисертације под називом: **„ПРИМЕНА МЕТОДА ИСТРАЖИВАЊА ПОДАТАКА У ГЕНЕРИСАЊУ ВРЕМЕНСКИХ СЕРИЈА ЗА СИМУЛАЦИЈУ ХИДРОЛОШКИХ И МЕТЕОРОЛОШКИХ ПОЈАВА“**, кандидата **Стефана Питулића**, *мастер инжењера електротехнике и рачунарства*.

Предложена тема за израду докторске дисертације припада научној области Електротехничког и рачунарског инжењерства у оквиру поља Техничко-технолошких наука, при чему је значајна за науку.

У Косовској Митровици,
23. 3. 2026. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



Проф. др Драгана Радосављевић, ванредни професор,
Факултет техничких наука, Косовска Митровица, *председник Комисије*



Проф. др Бошко Николић, редовни професор,
Електротехнички факултет, Београд, члан



Проф. др Сениша Илић, редовни професор,
Факултет техничких наука, Косовска Митровица, ментор