

16.05.2023. године. У складу са Чланом 9. Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, кандидат је поред рукописа дисертације доставио и доказ да има два научна рада [1][2] у часописима са СЦИ листе категорије М21 и М23, а који су публиковани након пријаве теме.

2. Научна област дисертације

Научна област докторске дисертације је Електротехничко и рачунарско инжењерство, а ужа научна област је Рачунарска техника и информатика. Ова ужа научна област је предмет проучавања студијског програма докторских студија Електротехничко и рачунарско инжењерство Факултета техничких наука у Косовској Митровици.

Дисертација је рађена под менторством редовног професора др Ненада Јовановића. Ментор испуњава све формалне и законске услове за ментора ове дисертације. Аутор је већег броја радова у истакнутим међународним часописима и предаје већи број предмета на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, а који су у вези са предметом докторске дисертације. Релевантни радови ментора наведени су приликом пријаве теме докторске дисертације овог кандидата.

3. Подаци о кандидату

а. Кратка биографија кандидата

Срећко Стаменковић, мастер инжењер информационих технологија, рођен је 22. јула 1981. године у Лесковцу, Република Србија. Основну и средњу техничку школу завршио је у Лесковцу.

Основне академске студије завршава 2013. године на студијском програму Информационе технологије, на Факултету информационих технологија у Београду, са просечном оценом током студирања 8,55. Дипломски рад под називом „Windows Server 2008 – Инсталирање и конфигурирање система“ одбранио је са оценом 10, код проф. др Трајка Петровића.

Дипломске академске студије – мастер завршио је 2015. године на студијском програму Информационе технологије на Техничком факултету „Михајло Пупин“ Универзитета у Новом Саду, са просечном оценом током студирања 8,50. Мастер рад под називом „Анализа и развој мобилних апликација на електронске сервисе локалне управе“ одбранио је са оценом 10, код проф. др Миодрага Ивковића.

Докторске академске студије је уписао 2016. године на Факултету техничких наука у Косовској Митровици, на студијском програму Електротехничко и рачунарско инжењерство. На докторским студијама је положио све испите предвиђене наставним планом.

Од 20. маја 2021. године ради као асистент за ужу стручну област Информатика и рачунарство на Топличкој академији струковних студија.

б. Стручна активност

Од 2021. године кандидат активно учествује у извођењу наставе на Топличкој академији струковних студија као асистент на следећим предметима:

Информатика, Објектно оријентисано програмирање, Веб програмирање и Развој мобилних апликација на основним струковним студијама и Објектно оријентисана анализа и дизајн на специјалистичким струковним студијама. Хонорарно ради као консултант и софтверски инжењер на више софтверских пројеката у приватним, државним и међународним институцијама (као што је *United Nations Development Programme - UNDP*).

Област истраживања Срећка Стаменковића обухвата образовне софтверске системе, методологије пројектовања и тестирања софтверских система, програмске преводиоце и вештачку интелигенцију.

Аутор је и коаутор више научних радова у међународним и домаћим часописима, као и на међународним научним конференцијама, и то: 1 рад у међународном часопису категорије M21, 3 рада у часописима категорије M23, 1 рад у домаћем часопису категорије M52 и 4 рада у зборницима међународних конференција категорије M33.

4. Опис докторске дисертације

а. Садржај дисертације

Докторска дисертација под насловом „**Софтверски систем за учење алгоритама који се примењују у различитим фазама програмских преводилаца**“ написана је у складу са упутством за обликовање докторске дисертације Универзитета у Приштини. Дисертација је написана на српском језику, ћириличног писма и садржи 177 нумерисаних страница текста и додатне странице с неопходним подацима. Материјал дисертације укључује 82 слике, 21 табелу и 13 програмских кодова. У попису коришћене литературе кандидат је навео 184 референце. Текст докторске дисертације организован је у следећих осам поглавља:

1. Увод
2. Теоријске основе програмских преводилаца
3. Софтверски системи за симулацију и визуелизацију апстрактних теоријских концепата
4. Анализа софтверских система погодних за учење програмских преводилаца
5. Развој новог система за учење програмских преводилаца
6. ComVis образовни софтверски систем
7. Евалуација симулационог система ComVis
8. Закључак

На почетку дисертације постоји насловна страна на српском и енглеском језику, страна са информацијама о ментору и члановима комисије, кратак резиме дисертације на српском и енглеском језику, садржај, списак слика, списак табела и списак програмског кода. На крају дисертације је дат списак коришћене литературе, односно референци.

б. Кратак приказ појединачних поглавља

Уводно поглавље истиче значај и предмет истраживања. Дефинисан је конкретан проблем и објашњена је мотивација за израду ове докторске дисертације. Основни циљ истраживања је био усмерен ка проналаску ефикасног модела за развој интерактивног софтверског система за симулацију и визуелизацију алгоритама који се примењују у различитим фазама програмског превођења, таквог

да омогући покривање што већег броја препоручених тема из наставног предмета „Програмски преводиоци“. Дефинисање модела представља основу за реализацију ауторског софтверског система *ComVis* (енг. *Compiler Visualization System*) за помоћ студентима и предавачима у учењу, односно подучавању тема из области програмских преводилаца. Сходно постављеном предмету и циљевима истраживања дефинисане су полазне хипотезе докторске дисертације. За решавање постављеног проблема представљене су методе истраживања, а на крају овог поглавља наведени су и очекивани доприноси дисертације.

У другом поглављу представљене су теоријске основе програмских преводилаца како би се дефинисали основни појмови који се користе у дисертацији. Укратко су описане фундаменталне технике и алгоритми који се примењују за конструкцију програмских преводилаца. Посебно је стављен акценат на теоријске концепте из оних фаза програмског преводјења које су покривене симулационим системом *ComVis*.

У трећем поглављу се говори о значају употребе образовних симулационих система у наставном процесу. Анализом литературе показано је да такви системи представљају ефикасне помоћне алате за савладавање комплексних теоријских конструкција у инжењерском образовању. У овом поглављу се указује и на неопходност интерактивне компоненте у образовном софтверу, али и на моћ визуелизације која може допринети ефективнијем преносу знања.

Анализа одабраних симулационих система који су погодни за учење тема из области програмских преводилаца, реализованих на различитим универзитетима у свету извршена је у четвртом поглављу докторске дисертације. Ово поглавље се бави дефинисањем модела за квалитативну оцену постојећих система. Развијене су две групе критеријума. У прву групу спадају критеријуми који се односе на карактеристике и функционалности симулатора, док у другу спадају критеријуми који се односе на теме програмских преводилаца које су подржане од стране симулационих система, такозвани критеријуми покривености. Резултати евалуације детаљно су приказани и дискутовани на крају тог поглавља. Показало се да иако постоји већи број образовних система релативно мали број њих поседује задовољавајуће карактеристике и функционалности, док међу анализираним системима не постоји ниједан систем који покрива потребан број тема предмета.

На почетку петог поглавља наведени су разлози и захтеви за развој и имплементацију новог софтверског система као помоћног наставног средства на предмету Програмски преводиоци. На основу информација из четвртог поглавља, истакнути су важни закључци за дефинисање модела за развој новог симулациониог система. На основу датих закључака и прегледа релевантне литературе, дефинисани су и класификовани циљеви, односно извршено је формирање таксономије циљева за дизајн образовног алата *ComVis*. У овом поглављу акценат се ставља на приступ дизајну образовног система вођеног јасно дефинисаним техничким, педагошким и циљевима употребљивости.

Опис *ComVis* система и детаљи имплементације презентовани су у шестом поглављу. Овде су описани алгоритми и теоријски концепти који се могу учити *ComVis* системом. Образложене су све предности архитектуре система. Приликом описа карактеристика система јасно су назначени циљеви који су испуњени сваком од имплементираних функција. Важне карактеристике су: графичко задавање улазних параметара у оквиру интуитивног корисничког интерфејса, провера унетих података од стране система за детекцију грешака пре покретања сваке симулације, визуелизација извршавања алгоритама уз одговарајуће повратне информације, симулирање алгоритама и праћење симулација методом корак по корак, читавање

примера из предефинисаних JSON фајлова, снимање примера, процена стеченог знања задавањем тестова у оквиру система. У овом поглављу дефинисана је и педагошка метода за ефикасну примену ComVis система у наставном процесу. На крају поглавља приказан је пример једне лабораторијске вежбе, а дат је и списак свих тематских јединица које се могу обрађивати на лабораторијским вежбама помоћу софтверског система ComVis.

У седмом поглављу дисертације представљени су резултати квантитативне евалуације ефикасности ComVis система спроведене контролисаним експериментом и резултати квалитативне евалуације употребљивости која је реализована анкетом студената и хеуристичким испитивањима. Хеуристичка испитивања су извршена применом постојеће методе која је намењена образовном универзитетском софтверу, али и развијеном методом која је прилагођена домену и којом су процењени одабрани софтверски системи у четвртном поглављу.

У осмом поглављу даје се закључак, као критички осврт на испуњење циљева постављених у уводу дисертације, као и кратак резиме свега урађеног. У закључку су сумирани сви доприноси дисертације, а предложени су и даљи правци истраживања.

На крају дисертације дат је преглед коришћене литературе.

5. Оцена докторске дисертације

5.1 Савременост и оригиналност

Предмет истраживања ове докторске дисертације је визуелна репрезентација и симулација алгоритама који се примењују у различитим фазама процеса програмског превођења. Општи циљ дисертације је проналазак ефикасног решења у виду образовног софтверског система који ће студентима пружити помоћ при учењу тема из области програмских преводаца. Научно поље које се бави програмским преводиоцима преплиће се и са другим дисциплинама као што су архитектура и организација рачунара, програмски језици, теорија формалних језика и аутомата, теорија рачунарства, софтверски инжењеринг и безбедност рачунарских система. Због тога је развој новог симулационог система за учење програмских преводаца оправданији јер омогућава ширу примену.

Савремени курсеви на универзитетима техничких наука захтевају више времена за интерактивна предавања и практични рад са студентима уз помоћ симулација и различитих визуелних метода. Област која проучава алате који се користе као помоћ у учењу има дугу традицију и константно је актуелна. Анализом постојећих софтверских решења погодних за учење тема из области програмских преводаца дошло се до оригиналног модела за развој новог система. Модел се заснива на предлогу архитектуре и дизајна, а развијен је на основу опсежне анализе техничких, педагошких и циљева употребљивости образовних софтверских система.

На основу предложеног модела развијен је потпуно нови веб базирани софтверски систем који врши симулацију и визуелизацију алгоритама који се примењују у лексичкој, синтаксној и семантичкој анализи програмског превођења. Спој напредних карактеристика и функционалности и велики степен покривености тема обезбеђују новоразвијеном систему супериорност у односу на тренутно доступне симулационе алате у овој области. Ова тврдња је доказана компаративном анализом са постојећим системима, чиме је потврђена и оригиналност новог

система. Највећи искорак у односу на друге системе направљен је имплементацијом модула за симулацију семантичке анализе као и модула за процену знања студената. У раду је предложена и метода за учење програмских преводаца применом новог помоћног алата.

Квантитативна евалуација система је извршена провером ефикасности система применом контролизованог експеримента. Квалитативна евалуација употребљивости је реализована анкетом студената и хеуристичким испитивањима.

5.2 Осврт на коришћену литературу

Кандидат је детаљно претражио и упознао се са одговарајућом литературом. У дисертацији су прецизно наведене 184 библиографске референце на литературу која је у вези са темом дисертације. Коришћена је актуелна литература из области програмских преводаца, образовних софтверских система, симулатора погодних за учење тема програмских преводаца, педагошких метода за учење уз помоћ едукативних алата, метода евалуације образовних софтверских система. Анализирани су и радови који су оријентисани ка новим савременим приступима дизајнирања, пројектовања и тестирања софтверских система. Списак литературе коју је кандидат навео указује да су наведене све значајне референце из реномираних међународних часописа, зборника радова са конференција, монографија, уџбеника и других извора. Кандидат је у литератури обухватио и референце свог истраживачког рада током докторских студија и писања ове дисертације, које су директно повезане са тематиком дисертације. Сви искази и тврдње у дисертацији добро су поткрепљени цитатима одговарајућих радова.

5.3 Опис и адекватност примењених научних метода

Методологија истраживања у оквиру ове докторске дисертације представља комбинацију теоријских, практичних и експерименталних метода, које су реализоване кроз неколико фаза истраживања:

- Преглед фундаменталних техника и алгоритама који се примењују у конструкцији програмских преводаца са акцентом на теоријске концепте из различитих фаза програмског превођења који се могу илустровати помоћу симулационих система;
- Систематично проучавање литературе из области образовних софтверских симулационих система;
- Испитивање карактеристика одабраних симулационих система који су погодни за учење тема из области програмских преводаца;
- Евалуација квалитета одабраних софтверских алата на основу скупа дефинисаних критеријума за оцену познатих карактеристика датих система;
- Дефинисање функционалних захтева за развој новог софтверског система на основу резултата претходне анализе и развијеног модела базираног на техничким, педагошким и циљевима употребљивости;
- Имплементација и тестирање софтверског система;
- Дефинисање адекватног начина примене имплементираних система у образовном процесу;

- Евалуација реализованог симулационог система у односу на новоуспостављени модел оцене квалитета симулационог система, као и са аспекта ефикасности приликом примене у наставном процесу.

Наведени поступци у потпуности одговарају проблему и постављеном циљу дисертације. Примењене експерименталне методе су адекватне и валидне.

5.4 Применљивост резултата

У оквиру докторске дисертације представљен је оригинални модел за развој софтверског система за визуелну репрезентацију и симулацију алгоритама који се примењују у различитим фазама програмских преводаца, приказани су детаљи имплементације овог модела у оквиру софтверског система и предложен је начин примене таквог система у образовном процесу. Предложени модел је верификован имплементацијом већег броја алгоритама из фазе лексичке, синтаксне и семантичке анализе. Модел се лако може применити и на друге алгоритме из осталих фаза програмског превођења. Имплементирани софтверски систем је коришћен у образовном процесу и експерименталним путем је утврђена ефикасност система. Истраживање у овој области и резултати спроведеног експеримента показују да би овакав софтверски систем могао да се примени са успехом на свим универзитетским курсевима који обрађују теме из области програмских преводаца које су подржане системом. Метода учења уз помоћ симулационог система побољшава успешност студената и олакшава им стицање знања и разумевање комплексних теоријских конструкција.

5.5 Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научно-истраживачки рад

Кандидат Срећко Стаменковић је кроз реализацију докторске дисертације у потпуности демонстрирао спремност и способност за самостални научно-истраживачки рад. Израдио је систематичну и критичку анализу постојећих решења, уз уочавање њихових недостатака. Развио је оригиналну методу за евалуацију квалитета образовних софтверских алата на основу скупа дефинисаних критеријума. На основу опсежне анализе техничких, педагошких и циљева употребљивости образовних софтверских система предложио је ефикасан модел за развој симулационог система за помоћ у учењу тема из области програмских преводаца. Такође, кандидат је своје искуство у пројектовању и тестирању софтверских система применио при реализацији овог система. Кандидат је препознао актуелност теме и њен значај, активно је истраживао ову тематику, показао зрелост у научном раду, креативност и иновативност, а резултати истраживања су верификовани у научним часописима и зборницима радова са научних конференција.

6. Остварени научни доприноси

6.1 Приказ остварених научних доприноса

На основу спроведених истраживања у овој дисертацији, могу се издвојити следећи њени главни доприноси:

- Генерални преглед области образовних софтверских система за помоћ у учењу, уз осврт на неопходност интерактивне компоненте у образовном софтверу, али и на моћ визуелизације која може допринети ефективнијем преносу знања;
- Креиран модел за оцену квалитета постојећих система на основу развијених критеријума;
- Процена квалитета постојећих система погодних за учење тема програмских преводаца на основу успостављеног модела за оцену квалитета;
- Генерализација функционалности и покривености тема постојећих система за учење програмских преводаца;
- Дефинисање ефикасног модела за дизајн и развој интерактивног софтверског система за симулацију и визуелизацију алгоритама који се примењују у различитим фазама програмског превођења;
- Предлог и имплементација оригиналног софтверског система на основу дефинисаног модела;
- Предлог начина примене имплементираног софтверског система у образовном процесу;
- Квантитативна евалуација ефикасности система спроведена контролисаним експериментом и квалитативна евалуација употребљивости спроведена анкетом студената и хеуристичким испитивањима.

6.2 Верификација научних доприноса

Верификација резултата и доприноса дисертације извршена је публикавањем следећих радова:

Категорија M21:

- [1] **Stamenković S.**, Jovanović N., Vasović B., Cvjetković M., Jovanović Z. Software tools for learning artificial intelligence algorithms. *Artificial Intelligence Review*, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10462-023-10436-0>

Категорија M23:

- [2] Jovanović, N., **Stamenković, S.**, Miljković, D. and Chakraborty, P., 2022. ComVIS—Interactive simulation environment for compiler learning. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(1), pp.275-291. DOI: <https://doi.org/10.1002/cae.22456>
- [3] Jovanović, N., Miljković, D., **Stamenković, S.**, Jovanović, Z. and Chakraborty, P., 2021. Teaching concepts related to finite automata using ComVis. *Computer*

Applications in Engineering Education, 29(5), pp.994-1006. DOI: 10.1002/cae.22353, ISSN: 1099-0542

- [4] **Stamenković, S.**, Jovanović, N. and Chakraborty, P. Evaluation of simulation systems suitable for teaching compiler construction courses. *Computer Applications in Engineering Education*, 2020, 28(3), pp.606-625. DOI: 10.1002/cae.22231, ISSN: 1099-0542

Категорија M52:

- [5] **Stamenković, S.** and Jovanović, N. Komparativna analiza simulacionih sistema za učenje programskih prevodilaca. *BizInfo (Blace)*, 2019, 10(2). DOI: 10.5937/bizinfo1902001S, ISSN: 2406-2324

Категорија M33:

- [6] Jovanović, N., **Stamenković, S.**, Cvjetković, M. and Jovanović, Z., Softverski alat kao pomoćno sredstvo za učenje leksičke i sintaksne analize. *21st International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 16-18 March 2022*.
- [7] **Stamenković, S.** and Jovanović, N. Образовni interaktivni alat za vizuelnu reprezentaciju leksičke analize. *20th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 17-19 March 2021*
- [8] **Stamenković, S.** and Jovanović, N. Improving Participation and Learning of Compiler Theory Using Educational Simulators. *25th International Conference on Information Technology (IT) Žabljak, 16 – 20 February 2021*
- [9] Jovanović, N., **Stamenković, S.** and Miljković, D. Vizuelni i interaktivni alat za učenje konačnih automata. *19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA, 18-20 March 2020*, pp. 250-254. ISBN: 978-99976-710-6-6

ЗАКЉУЧАК

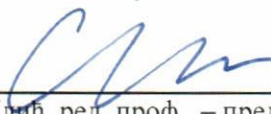
Докторска дисертација кандидата Срећка Стаменковића, мастер инжењера информационих технологија, представља оригиналан, савремен и значајан научни допринос. Текст дисертације написан је јасно и разумљиво и добро је организован кроз поглавља и одељке. Циљеви дисертације јасно су формулисани и мотивисани, а резултати истраживања систематски изложени, тако да се научни доприноси могу недвосмислено утврдити. У спроведеним истраживањима предложен је оригинални модел за развој образовног система за симулацију алгоритама из различитих фаза програмских преводилаца. На основу дефинисаног модела успешно је извршена имплементација новог софтверског система. Ефикасност практичне примене реализованог софтверског система верификована је адекватним експерименталним методама. Објављивањем резултата својих истраживања у научним часописима и зборницима радова са научних конференција, кандидат је показао способност за самостални научни рад, а доприноси истраживања добили су адекватну потврду ваљаности.

Комисија констатује да докторска дисертација кандидата Срећка Стаменковића испуњава све законске, формалне и суштинске услове, као и све

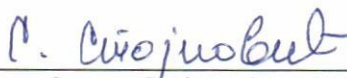
критеријуме који се уобичајено примењују приликом вредновања докторских дисертација на Факултету техничких наука у Косовској Митровици. Комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да се докторска дисертација под насловом „Софтверски систем за учење алгоритама који се примењују у различитим фазама програмских преводаца“ кандидата Срећка Стаменковића прихвати, а кандидату одобри усмена одбрана.

У Косовској Митровици,
12.07.2023. године

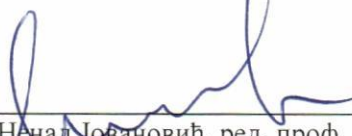
Комисија:



др Синиша Илић, ред. проф., – председник
Факултет техничких наука у Косовској
Митровици, Универзитет у Приштини



др Сузана Стојковић, ред. проф. – члан
Електронски факултет у Нишу, Универзитет у
Нишу



др Ненад Јовановић, ред. проф. – члан
Факултет техничких наука у Косовској
Митровици, Универзитет у Приштини