УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ **ОБРАЗАЦ 6.**

НАЗИВ ФАКУЛТЕТА _____

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ
-обавезна садржина- свака рубрика мора бити попуњена
(сви подаци уписују се у одговарајућу рубрику, а назив и место рубрике не могу се мењати или изостављати)

I	**ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ**
1.	Датум и орган који је именовао комисију: 31.10.2019, Декан Факултета техничких наука на предлог Наставно-научног већа Факултета Техничких Наука у Новом Саду.
2.	Састав комисије са назнаком имена и презимена сваког члана, звања, назива уже научне области за коју је изабран у звање, датума избора у звање и назив факултета, установе у којој је члан комисије запослен: Др Никола Теслић, редовни професор, Рачунарска техника и рачунарске комуникације, изабран у звање 14.04.2011, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука; Др Мило Томашевић, редовни професор, Рачунарска техника и информатика, изабран у звање 15.07.2015, Универзитет у Београду, Електротехнички факултет; Др Силвиа Гилезан, редовни професор, Теоријска и примењена математика, изабрана у звање 24.02.2005, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука; Др Миодраг Ђукић, доцент, Рачунарска техника и рачунарске комуникације, изабран у звање 25.09.2015, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука; Др Мирослав Поповић, редовни професор, Рачунарска техника и рачунарске комуникације, изабран у звање 17.07.2002, Универзитет у Новом Саду, Факултет техничких наука.
II	**ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**
1.	Име, име једног родитеља, презиме: Бранислав, Анто, Кордић
2.	Датум рођења, општина, држава: 03.01.1989, Бачка Паланка, Република Србија
3.	Назив факултета, назив студијског програма дипломских академских студија – мастер и стечени стручни назив Факултет техничких наука, Рачунарство и аутоматика, Мастер инжењер електротехнике и рачунарства
4.	Година уписа на докторске студије и назив студијског програма докторских студија 2013, Рачунарство и аутоматика, Рачунарска техника и рачунарске комуникације

5. Назив факултета, назив магистарске тезе, научна област и датум одбране: -

6. Научна област из које је стечено академско звање магистра наука: -

III НАСЛОВ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Формална верификација софтверске трансакционе меморије засноване на временским аутоматима (енг. Formal verification of a software transactional memory based on timed automata)

IV ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Навести кратак садржај са назнаком броја страна, поглавља, слика, шема, графикона и сл.

Докторска дисертација је написана на 101 страна и садржи 9 поглавља, 2 додатка, списак литературе (48 цитата), списак слика (12), списак табела (9) и списак скраћеница (7). Садржај докторске дисертације је следећи:

1) Увод
2) Стање у области
3) Пајтон софтверска трансакциона меморија
4) Формализација ПСТМ
5) Анализа времена извршавања трансакција
6) Верификација ПСТМ модела
7) Резултати верификације и дискусија
8) Студија случаја примене ПСТМ у програму ДЕЕПСАМ
9) Закључак и будући рад

Предмет проблема истраживања и циљеви очекиваних резултата (хипотеза) су изнети у Поглављу 1. Преглед актуелних радова у области дат је у Поглављу 2. Преглед радова обухвата друге актуелне начине и приступе решавању проблема формалне верификације (С)ТМ, као и њихову примену и евалуацију у реалним апликацијама. У Поглављу 3 представљена је архитектура Пајтон Софтверске Трансакционе Меморије (ПСТМ). У Поглављу 4 описан је поступак моделовања и представљени су детаљни модели ПСТМ система. Временска анализа ивршавања трансакција у систему заснованом на ПСТМ дата је у Поглављу 5. Опис и дефиниција верификационих својстава су дати у Поглављу 6. Резултати верификације и анализа су дати у Поглављу 7. Поглавље 8 садржи студију случаја применљивости формално верификоване ПСТМ у реалној апликацији, односно у програму за прорачун и симулацију структуре протеина ДЕЕПСАМ. У Поглављу 9 изнети су закључци, као и потенцијални правци даљег развоја и истраживања у области (С)ТМ.

V ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Предмет проблема истраживања и циљеви очекиваних резултата (хипотеза) су јасно и прецизно изнети и дефинисани у уводном поглављу. Поступак формалне верификације сложених софтверских система одувек је представљао изазов, који је и данас, поред вишедеценијског истраживања, и даље актуелан и отворен за истраживање и унапређење.

У другом поглављу дат преглед актуелних радова из области формалне верификације софтверских трансакционих меморија користећи разне формалне методе и приступе моделовања, као и у области њихове примени у реалним апликацијама, што је од интереса за екпериментални валидацију исправности Пајтон Софтверске Трансакционе Меморије (ПСТМ) у програму ДЕЕПСАМ. Преглед стања у области јасно представља постојећа решења у области. Такође, наводе се разлике постојећих решења у односу на решење представљено у дисертацији, као и новине које уводи предложено решење у односу на постојећа анализирана решења.

Опис архитектуре, функционалности и имплементације ПСТМ која је коришћена у поступку формалне верификације је изложено прецизно и јасно. Акценат је стављен на описивање критичних делова архитектуре који обезбеђују жељена својства исправности, која су предмет

формалне верификације.

Поступак формализације софтверске трансакционе меморије, односно опис начина и приступа моделовања архитектуре ПСТМ употребом временских аутомата у алату УППААЛ представљено је из два дела. У првом делу, представљена је архитектура УППААЛ ПСТМ модела и описане су основне функционалности и приципи рада модела софтверске трансакционе меморије. Анализом архитектуре идентификовани су главни делови УППААЛ ПСТМ система. У другом делу, детаљно је анализирана структура и понашање аутомата ПСТМ модела који су имплементирани као параметризовани шаблони аутомата. Верификациони модел система је представљен као мрежа паралелних временских недетерминистичких аутомата међусобно повезаних каналима који служе за комуникацију и / или синхронизацију. У поступку моделовања коришћени су и типова података и функције сличне онима у програмском језику Ц.

За потребе провере исправности софтверске трансакционе меморије коришћена су следећа својства: непостојање међусобног блокирања, сигурност, животност и достижност. Упити за проверу тачности својстава су генерализовани и изражени су у језику упита који је доступан као део алата УППААЛ. Својство непостојање међусобног блокирања представља основу проверу функционалности и служи да провери да ли систем може доћи у стање међусобног блокирања у некој од путања извршавања. Својство сигурности се проверава на два начина, а оба за циљ имају да провере недељивост (атомичност) извршавања операција трансакционе меморије. За проверу својства животности уведене су три дефиниције од којих свака за циљ има да провери напредак система. Разлика између њих је у броју детаља које обухватају. Својства су дефинисана у растућем редоследу њихове јачине, односно важности (од најслабијих до најјачих). Најјача особина уводи временске периоде еволуције система који служе за проверу временске компоненте система. За потребе провере понашања система у току времена (временска компонента) развијен је математички оквир за израчунавање времена завршавања трансакција у сценарију најгорег случаја – сценарио у којем све трансакције започињу извршавање у исто време и деле све заједничке променљиве. Као провера стабилности система дефинисано је својство достижности које проверава стање система након завршетка извршавања свих трансакција у систему.

У дисертацији су представљени резултати формалне и експерименталне верификације конкретне софтверске трансакционе меморије, односно ПСТМ. Формална верификација се односи на проверу дефинисаних својстава система, која се утврђују машинским (аутоматским) путем употребом алата за проверу исправности модела користећи претходно развијене УППААЛ ПСТМ моделе. Резултати формалне верификације су утврдили да ПСТМ задовољава сва од претходно дефинисаних својстава. Експериментална верификација је спроведена на примеру примене ПСТМ у оквиру реалне апликације за прорачун и симулацију модела структуре протеина ДЕЕПСАМ, која је описана у посебној студији. Резултати студије су експериментатлним путем потврдили претходно формално верификована својства исправности ПСТМ. Такође, на основу резултата експеримената закључено је да је ПСТМ позитивно утицала на постизање боље перформансе извршавања програма ДЕЕПСАМ.

На основу представљених резултата, на доследан и објективан начин изведени су закључци вишегодишњег истраживања обухваћеног докторском дисертацијом и изнети су потенцијални правци будећег рада.

Општа оцена је да је дисертација написана систематично, јасно и садржајно. Представљено истраживање је спроведено ваљано, темељно и опсежно, уз коришћење актуелне литературе и актуелних решења проблема. Предложено решење је добро образложено, теоријски је утемељено, пратично је реализовано и адекватно је евалуирано. Такође, на основу анализе резултата, закључује се да је претпостављена хипотеза потврђена.

VI СПИСАК НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КОЈИ СУ ОБЈАВЉЕНИ ИЛИ ПРИХВАЋЕНИ ЗА ОБЈАВЉИВАЊЕ НА ОСНОВУ РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА У

ОКВИРУ РАДА НА ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ

Таксативно навести називе радова, где и када су објављени. Прво навести најмање један рад објављен или прихваћен за објављивање у часопису са ISI листе односно са листе министарства надлежног за науку када су у питању друштвено-хуманистичке науке или радове који могу заменити овај услов до 01.јануара 2012. године. У случају радова прихваћених за објављивање, таксативно навести називе радова, где и када ће бити објављени и приложити потврду о томе.

Рад у истакнутом међународном часопису (М22):

Branislav Kordic, Miroslav Popovic, Silvia Ghilezan: "Formal Verification of Python Software Transactional Memory Based on Timed Automata", *Acta Polytechnica Hungarica, Journal of Applied Science*, ISSN 1785-8860, Vol. 16 (7), pp. 197-216, 2019.
Напомена: Рад је прихваћен (11.06.2019.) и биће објављен у наведеном броју часописа.

Саопштење са међународног скупа штампано у целини (М33):

Branislav Kordic, Marko Popovic, Miroslav Popovic, Moshe Goldstein, Moshe Amitay, David Dayan: "A Protein Structure Prediction Program Architecture Based on a Software Transactional Memory", *Proceedings of the Sixth Conference on the Engineering of Computer-Based Systems*, 2019, Bucharest, Romania. DOI: https://doi.org/10.1145/3352700.3352701

Branislav Kordic, Miroslav Popovic, Silvia Ghilezan, Ilija Basicevic: "An Approach to Formal Verification of Python Software Transactional Memory", *Proceedings of the Fifth Conference on the Engineering of Computer-Based Systems*, 2017, Larnaca, Cyprus. DOI: https://doi.org/10.1145/3123779.3123788

Branislav Kordic, Miroslav Popovic, Iilija Basicevic: "DPM-PSTM: Dual-Port Memory Based Python Software Transactional Memory", *4th Eastern European Regional Conference on the Engineering of Computer Based Systems*, 2015, Brno, Czech Republic. DOI: 10.1109/ECBS-EERC.2015.28

Miroslav Popovic, Branislav Kordic: "PSTM: Python Software Transactional Memory", *22nd Telecommunications Forum Telfor (TELFOR)*, 2014, Belgrade, Serbia. DOI: 10.1109/TELFOR.2014.7034600

VII ЗАКЉУЧЦИ ОДНОСНО РЕЗУЛТАТИ ИСТРАЖИВАЊА

Основни циљ истраживања обухваћеног дисертацијом је примена формализма временских аутомата за моделовање, а потом и формалну верификацију исправности софтверске трансакционе меморије, која се заснива на детаљима архитектуре и имплементације користећи изворни код решења. Формална верификација исправности софтверске трансакционе меморије спроведена је машинским (аутоматским) путем употребом алата за проверу исправности модела. За моделовање и верификацију коришћен је алат УППААЛ. Предложени поступак примене је представљен на примеру конкретне имплементације софтверске трансакционе меморије за програмски језик Пајтон, названом Пајтон Софтверска Трансакциона Меморија, односно ПСТМ. Такође, на основу истраживања изнетог у дисертацији и доступне литературе, ово представља прву формално верификовану софтверску трансакциону меморију за програмски језик Пајтон.

Представљени резултати се могу користити како за академска, тако и у пољу индустријских истраживања. Резултати се могу посматрати у два аспекта. Са једне стране, демонстрирана је применљивост приступа формалној верификацији софтверских трансакционих меморија употребом временских аутомата на примеру конкретне СТМ, а друге стране, управо као артефакт тог процеса, остаје формално верификовано решење СТМ за програмски језик Пајтон, које до сада није постојало, и које је, поред формалне, и експериментално проверено у реалним условима користећи програм ДЕЕПСАМ. С обзиром на то да је у данашње време Пајтон један од најчешће

коришћених програмских језика, потенцијал применљивости овакве компоненте је веома висок.

VIII ОЦЕНА НАЧИНА ПРИКАЗА И ТУМАЧЕЊА РЕЗУЛТАТА ИСТРАЖИВАЊА

Експлицитно навести позитивну или негативну оцену начина приказа и тумачења резултата истраживања.

Анализом структуре и садржаја докторске дисертације закључено је да су истраживање и резултати представљени на концизан и критички начин који је у складу са темом дисетације. Тумачење резултата је аргументовано образложено, а изведени закључци проистичу из добијених резултата вишегодишњег истраживања, који су објављени на међународним скуповина и часописима, чиме се додатно потврђују.

Извештај о подударности са другом литературом изведен је са софтвером за детекцију плагијаризма (iThenticate) на Факултету техничких наука, Универзитета у Новом Саду, а који је показао 1% подударности.

Комисија позитивно оцењује начин приказа и тумачења резултата истраживања.

IX КОНАЧНА ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ:

Експлицитно навести да ли дисертација јесте или није написана у складу са наведеним образложењем, као и да ли она садржи или не садржи све битне елементе. Дати јасне, прецизне и концизне одговоре на 3. и 4. питање:

1. Да ли је дисертација написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме

Да, дисертација је написана у складу са образложењем наведеним у пријави теме.

2. Да ли дисертација садржи све битне елементе

Да, дисертација садржи све битне елементе.

По чему је дисертација оригиналан допринос науци

Аутор дисертације приступа проблему формалне верификације софтверске трансакционе меморије на нови начин који се заснива на детаљима архитектуре и имплементације користећи изворни код решења у циљу прављења верних и фино параметризованих модела, што је новина у односу на постојеће приступе који у процесу верификације користе уопштене (генерализоване) моделе или алгоритме без разматрања имплементационих детаља, што може проузроковати да неки кључни аспекти архитектуре и имплементације буду изостављени или погрешно интерпретирани. Такође, новину представља и употреба формализма временских аутомата у алату УППААЛ за потребе моделовања и формалне верификације својстава исправности софтверских трансакционих меморија. На основу истраживања изнетог у дисертацији и доступне литературе, може се установити да као артефакт остаје прва формално верификована софтверска транскациона меморија за језик Пајтон, што се, с обзиром на то да је у данашње време Пајтон један од најчешће коришћених програмских језика, такође сматра искораком.

3. Недостаци дисертације и њихов утицај на резултат истраживања У дисертацији нису уочени битни недостаци који би негативно утицали на резултат истраживања.
X ПРЕДЛОГ:
На основу укупне оцене дисертације, комисија предлаже:
- да се докторска дисертација прихвати, а кандидату одобри одбрана

НАВЕСТИ ИМЕ И ЗВАЊЕ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ
ПОТПИСИ ЧЛАНОВА КОМИСИЈЕ

1. Председник:

др Никола Теслић
редовни професор

2. Члан:

др Мило Томашевић
редовни професор

3. Члан:

др Силвиа Гилезан
редовни професор

4. Члан:

др Миодраг Ђукић
доцент

5. Ментор:

др Мирослав Поповић
редовни професор

НАПОМЕНА: Члан комисије који не жели да потпише извештај јер се не слаже са мишљењем већине чланова комисије, дужан је да унесе у извештај образложење односно разлоге због којих не жели да потпише извештај.