

Институт за информатика
и математика

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКОГ ФАКУЛТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

СТРУЧНОМ ВЕЋУ ЗА ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКЕ НАУКЕ
УНИВЕРЗИТЕТА У КРАГУЈЕВЦУ

УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ

ПРИМЉЕНО: 28.08.2015.			
Орг. јед.	Број	ПРИЛОГ	ВРЕДНОС
05	820/1	-	-

ИЗВЕШТАЈ КОМИСИЈЕ О ОЦЕНИ УРАЂЕНЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

На седници Наставно-научног већа Природно-математичког факултета у Крагујевцу одржаној 01. 07. 2015. године, одлуком број 640/XIII-2, а на предлог Института за метаматику и информатику Факултета, одређени смо у Комисију за оцену и одбрану докторске дисертације под насловом

„Развој и анализа метахеуристичких метода за испитивање задовољности формула у вероватносним логикама“

Кандидата **Татјане Стојановић**, магистра информатичких наука, асистента Природно-математичког факултета у Крагујевцу.

На основу приложене документације, као и личног увида у рад кандидата, подносимо Наставно-научном већу следећи

ИЗВЕШТАЈ

Докторска дисертација „Развој и анализа метахеуристичких метода за испитивање задовољности формула у вероватносним логикама“ припада области вештачке интелигенције и математичке логике и спада у веома актуелну тематику истраживања.

Докторска дисертација кандидата мр Татјане Стојановић написана је на 110 страна и садржи следеће делове:

- 1) Садржај (странице 1 – 2)
- 2) Сажетак у коме је дат кратак приказ читаве докторске дисертације (странице 3 – 4)
- 3) Сажетак (*Summary*) докторске дисертације на енглеском језику (странице 5 – 6)
- 4) Увод у коме је дат приказ развоја математичке логике и теорије вероватноће, кратак осврт на метахеуристичке методе за решавање различитих проблема, затим поставка проблема разматраног у дисертацији, основне хипотезе и преглед постојећих решења сличних проблема (странице 7 – 16)
- 5) Глава под насловом „Вероватносне логике“ садржи опис синтаксе и семантике, аксиоматских система, као и теореме коректности, потпуности, одлучивости и комплексности за логику LPP_2 и њена проширења LPP_2^{ext} и $LPCP$. У овој глави налази се и детаљно описана процедура одлучивања за логику $LPCP$ (странице 17 – 35)
- 6) Глава под насловом „Дифолтно закључивање“ описује дифолтно резовања у систему P , основе инфинитезималног рачуна, као и опис моделирања дифолтног закључивања помоћу вероватносних логика (страница 36 – 43)

- 7) Глава под насловом „Метахеурискичке методе“ садржи дефиниције основних појмова везаних за проблем оптимизације, различите врсте класификације хеуристичких и метахеуристичких метода, опис метахеуристичких метода које су до сада коришћене у решавању проблема задовољивости формула вероватносних логика. Посебан део ове главе посвећен је опису методе оптимизације колонијом пчела (BCO) која је основна метахеуристичка метода за решавање проблема задовољивости формула вероватносне и дифолтне логике коришћена у овој докторској дисертацији (странице 44 – 64)
- 8) Глава под насловом „Примена методе оптимизације колонијом пчела у вероватносним логикама“ садржи детаљно описану имплементацију BCO методе за решавање проблема задовољивости формула *LPCP* логике, тј. проблема CP-SAT-ε. У овој глави су приказани и резултати извршених тестирања, дато је поређење резултата добијених метахеуристичким и егзактним (директним) приступом и описан начин паралелизације развијеног алгорита и добијени резултати (страница 65 – 77)
- 9) Глава под насловом „BCO_i приступ у дифолтном резонувању“ садржи опис примене BCO_i методе на проблем задовољивости формула дифолтне логике, поређење резултата добијених применом различитих стратегија, укључујући и поређење метахеуристичког и директног приступа, као и резултате добијене применом најефикасније стратегије на примере дифолтних формула које се најчешће срећу у литератури (странице 78 – 92)
- 10) Закључна разматрања (странице 93 – 95)
- 11) Додатак у коме су приказане основе Фурије-Моцкин методе елиминације, Нелдер-Мид метода оптимизације и основе паралелног извршавања програма коришћењем MPI стандарда за прослеђивање порука (странице 96 – 102)
- 12) Библиографија садржи 122 библиографске јединице (странице 102 – 110)

Дисертација садржи 5 слика, 8 графикана и 10 табела.

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

Представљање непрецизног и непотпуног знања, као и извођење закључака над тим знањем, представља један од најактуелнијих проблема у Вештачкој интелигенцији. Вероватносна и дифолтна логика дају добре теоријске оквире за рад са оваквим знањем. За извођење закључака над чињеницама представљеним формулама вероватносне или дифолтне логике, неопходно је развити методе засноване на метахеуристичком приступу, што је показано у овој дисертацији. Вероватносна логика *LPCP*, за коју је у дисертацији описан аутоматски испитивач задовољивости, омогућава представљање знања коришћењем оператора условне вероватноће, при чему су вероватноће из Хардијевог поља бројева. Ово представља потпуно нов приступ, обзиром да су до сада развијани само доказивачи теорема који дозвољавају операторе апсолутне вероватноће, при чему су вероватноће увек имале вредност из поља реалних бројева.

Метахеуристички приступ у дифолтном резонувању, који је представљен у дисертацији, је још једна новина. Сви до сада имплементирани алгоритми, који су подржавали дифолтно резонување, базирани су искључиво на егзактним методама.

Метахеуристичка метода која је, у овој дисертацији, коришћена као основна метода за развој алата који ће омогућити аутоматско резонување над формулама вероватносне и

дифолтне логике је оптимизација колонијом пчела (BCO). Ова метода је дала јако добре резултате при решавању различитих проблема комбинаторне оптимизације, а сада је по први пут искоришћена за решавање проблема задовољности формула. У дисертацији је показано да, иако је до сада BCO метода коришћена за оптимизовање већ постојећег решења неког проблема, она врло успешно може да се користи и у случајевима када је постојање решења неизвесно.

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

Имајући у виду актуелно стање у области испитивања задовољности формула вероватносне и дифолтне логике, можемо констатовати да докторска дисертација кандидата Татјане Стојановић садржи оригиналне научне резултате који нису били предмет ниједног до сада објављеног истраживања.

3. Преглед остварених резултата кандидата у одређеној научној области

Кандидат Татјана Стојановић се бави научним радом у области Предствљања знања и закључивања и до сада има објављене следеће научне радове:

1. **T. Stojanović**, T. Davidović, Z. Ognjanović, *Bee colony optimization for the satisfiability problem in probabilistic logic*, Applied Soft Computing 31 (2015): 339-347
DOI:10.1016/j.asoc.2015.03.017
ISSN: 1568-4946 (M21)
2. **T. Stojanović**, A. Kaplarević-Mališić, Z. Ognjanović, *An extension of the probability logic LPP_2* , Kragujevac J. Math. 33 (2010): 45-62
ISSN: 1450-9628 (M51)
3. M. Mosurović, **T. Stojanović**, A. Kaplarević-Mališić, *Reasoning in Basic Description Logics and Description Logics with Modal Operators*, Zbornik radova Logic in Computer Science, Matematički institut SANU (2009): 113-158
ISBN: 978-86-80593-40-1 (M45)
4. Z. Ognjanović, **T. Timotijević**, *On two approaches to modal theorem proving*, Novi Sad J. Math., vol 30, No. 2 (2000): 83-93
ISSN: 1450-5444 (M53)
5. **T. Timotijević**, *One implementation of PL prover algorithm*, Kragujevac J. Math. 23 (2000): 119-130
ISSN: 1450-9628 (M53)

4. Оцена о испуњености обима и квалитета у односу на пријављену тему

Приложена докторска дисертација у погледу обима и квалитета испуњава све захтеве који су постављени пријавом теме докторске дисертације. Циљеви докторске дисертације су у потпуности испуњени и добијени су очекивани резултати.

5. Научни резултати докторске дисертације

У дисертацији су приказане основе вероватносних логике LPP_2 , LPP_2^{ext} , $LPCP$ и дифолтне логике. Поред тога описане су основе проблема оптимизације и метахеуристичке методе коришћене у развоју алгоритама за испитивање задовољности формула LPP_2^{ext} логике. Главни део дисертације посвећен је опису методе оптимизације колонијом пчела, као и начину примене те методе за аутоматско испитивање задовољности формула $LPCP$ логике и

формула дифолтне логике. Дисертација садржи детаљну анализу резултата добијених тестирањем имплементираних алгоритама. Тестирања су вршена у циљу оптимизације параметара методе, као и у циљу потврде успешности методе. Осим метахеуристичког приступа у испитивању задовољивости формула, коришћена је егзактна метода заснована на Фурије-Моцкин методи елиминације. Поређењем резултата метахеуристичког и егзактног приступа, у дисертацији је показана велика надмоћ метахеуристичке методе, како у случају испитивања задовољивости формула *LPCP*, тако и у сличају дифолтног резоновања. Тиме је, као први научни резултат у овој области, потврђено да се метахеуристичке методе могу успешно користити за испитивање задовољивости формула у разматраним класама вероватносних и дифолт логика.

6. Применљивост и корисност резултата у теорији и пракси

Резултати добијени у овој дисертацији су применљиви у различитим областима у којима постоји потреба за представљањем непрецизних и непотпуних података и извођењем закључака над таквим подацима. Примери таквих примена могу се наћи у дијагностиковању у медицини, у закључивањима која се тичу правних регулатива, спецификацији различитих система и апликација и слично.

7. Начин презентовања резултата научној јавности

Резултати су презентовани научној јавности излагањем на конференцијама:

- **T. Stojanović**, N. Ikodinović, T. Davidović, Z. Ognjanović, *Dealing with satisfiability problem in default logic using Bee-colony optimization*, Четврта национална конференција „Вероватносне логике и примене“, Београд, 02.10.2014.
- **T. Stojanović**, T. Davidović, Z. Ognjanović, *Bee-colony optimization for the satisfiability problem in probabilistic logic*, Трећа национална конференција „Вероватносне логике и примене“, Београд, 26.09.2013.

и публиковањем у часописима следећих радова:

- **T. Stojanović**, T. Davidović, Z. Ognjanović, *Bee colony optimization for the satisfiability problem in probabilistic logic*, *Applied Soft Computing* 31 (2015): 339-347
ISSN: 1568-4946 (M21)
- **T. Stojanović**, A. Kaplarević-Mališić, Z. Ognjanović, *An extension of the probability logic LPP_2* , *Kragujevac J. Math.* 33 (2010): 45-62
ISSN: 1450-9628 (M51)

Додатно презентовање резултата ове докторске дисертације обезбеђено је цитирањима у научној литератури, а рад 1. је цитиран у прегледним радовима о применама ВСО:

- T. Davidović, D. Todorović, M. Šelmić, *Bee colony optimization Part I: The algorithm overview*, *Yugoslav Journal of Operations Research* 25(1) (2015): 33–56.
ISSN: 0354-0243 EISSN: 2334-6043 25.1 (2015).
- D. Todorović, M. Šelmić, T. Davidović, *Bee Colony Optimization PART II: The Application Survey*, *Yugoslav Journal of Operations Research* 25(2) (2015): 185–219
ISSN: 0354-0243 EISSN: 2334-6043 25.2 (2015).

Поред наведених радова још један рад је припремљен за публиковање.

ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Из изложених података Комисија закључује:

- кандидат Татјана Стојановић испуњава све суштинске и формалне захтеве који се траже од кандидата за одбрану докторске дисертације;
- урађена докторска дисертација је значајна и са теоријског и са практичног становишта и представља битан научни допринос у области Предствљања знања и закључивања, Вероватносне логике и Оптимизације.

Комисија предлаже Наствно-научном већу Природно-математичког факултета у Крагујевцу и Стручном већу за природно-математичке науке Универзитета у Крагујевцу да позитивно оцени урађену докторску дисертацију кандидата Татјане Стојановић, под насловом „Развој и анализа метахеуристичких метода за испитивање задовољности формула у вероватносним логикама“ и одобри њену одбрану.

Београд/Крагујевац
20.08.2015

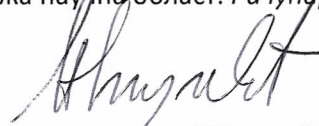
ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ



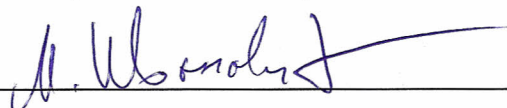
др Зоран Огњановић,
научни саветник Математичког института САНУ (ментор)
ужа научна област: *Математичка логика и рачунарство*



др Татјана Давидовић,
виши научни Математичког института САНУ
ужа научна област: *Рачунарство*



др Небојша Икодиновић,
доцент Математичког факултета Универзитета у Београду
ужа научна област: *Алгебра и математичка логика*



др Милош Ивановић,
доцент Природно-математичког факултету Универзитета у Крагујевцу
ужа научна област: *Рачунарске комуникације*