

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње Иване Драговић

Одлуком Научно-наставно већа Факултета организационих наука 05-01 бр. 3/66-6 од 11.05.2016. године именовани смо за чланове Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидаткиње Иване Драговић под насловом:

„Конзистентан неуро-фази систем закључивања“

После прегледа достављене Дисертације и других пратећих материјала и разговора са Кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидаткиња Ивана (Томислав) Драговић уписана је на докторске студије на Факултету организационих наука 2008. године. Пошто је положила све испите предвиђене наставним планом и програмом, Ивана Драговић је пријавила приступни рад за израду докторске дисертације 2014. године. Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од 24.09.2014, бр. Одлуке 3/79-19 кандидаткињи је одобрено продужење рока за одбрану докторске дисертације за годину дана. На Наставно-научном Већу именована је Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације 15.10.2014. године Одлука број 3/89-16. Кандидаткиња је приступни рад одбранила 19.01.2015. године. Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је 28.01.2015. бр. 3/1-9. Одлуком Универзитета у

Београду од 9.2.2015. бр. 61206-400/2-15 даје се сагласност на предлог теме докторске дисертације Иване Драговић под називом „Конзистентан неуро-фази систем закључивања“. На Наставно-научног већу Факултета организационих наука дана 11.03.2015. одлука бр. 33-9 одобрена је израда докторске дисертације, а за ментора је именован проф. др Братислав Петровић, редовни професор Факултета организационих наука. Уз сагласност ментора др Братислава Петровића, редовног професора Факултета организационих наука, одобрено је продужење рока за одбрану докторске дисертације кандидата Иване Драговић на Наставно научно већу 23.09.2015. године, број одлуке 3/107-21. Ментор је 06.05.2016. известио Наставно-научно веће Факултета организационих наука да је Ивана Драговић завршила израду докторске дисертације. Научно-наставно веће Факултета организационих наука је именовало Комисију за оцену завршене докторске дисертације 11.05.2016, одлука 05-01 бр. 3/66-6 у саставу:

1. Проф. др Братислав Петровић, редовни професор Универзитета у Београду, Факултет организационих наука
2. Проф. др Милија Сукновић, редовни професор Универзитета у Београду, Факултет организационих наука
3. др Драган Радојевић, научни саветник Института „Михајло Пупин“, Београд.

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада области техничких наука и подручју организационих наука. Ужа научна област којом се бави дисертација је Теорија система, Фази логика и Неуронске мреже.

Име и презиме ментора: др Братислав Петровић
Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Милошевић, П., Петровић, Б., Радојевић, Д., Ковачевић, Д. : A software tool for uncertainty modeling using Interpolative Boolean algebra, Knowledge-Based Systems, Vol 62, 2014, pp. 1-10. ISSN:0950-7051, DOI:10.1016/j.knosys.2014.01.019 IF2014: 2.947 (M21)
2. Ковачевић, Д., Младеновић, Н., Петровић, Б., Милошевић, П.: DE-VNS: Self-adaptive Differential Evolution with crossover neighborhood search for continuous global optimization, Computers & Operations Research, 2014. ISSN:0305-0548, DOI:10.1016/j.cor.2013.12.009 IF2014: 1.861 (M21)
3. Драговић И., Турајлић Н., Пилчевић Д., Петровић Б., Радојевић Д.: „A Boolean Consistent Fuzzy Inference System for Diagnosing Diseases and its Application for Determining Peritonitis Likelihood“, Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2015, Article ID 147947, 10 pages (DOI: <http://dx.doi.org/10.1155/2015/147947>). [SCIE, IF2015 = 0.877] (M23)

4. Поледица А., Милошевић П., Драговић И., Петровић Б., Радојевић Д.: „*Modeling consensus using logic-based similarity measures*“, *Soft Computing*, Vol. 19, Issue 11, 2015, pp. 3209-3219, ISSN 1432-7643 (DOI: 10.1007/s00500-014-1476-5) [SCIE, IF2015 = 1.630] (M22)
5. Dobrić, V., Kovačević, D., Petrović, B., Radojević, D., & Milošević, P. (2015). Formalization of human categorization process using Interpolative Boolean algebra. *Mathematical Problems in Engineering*, 2015. [SCIE, IF2015 = 0.644] (M23)
6. Драговић И., Турајлић Н., Радојевић Д., Петровић Б.: „*Combining Boolean Consistent Fuzzy Logic and AHP Illustrated on the Web Service Selection Problem*“, *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 7, Supplement 1, 2013, pp. 84-93, ISSN 1875-6891 (Print), 1875-6883 (Online), (DOI: 10.1080/18756891.2014.853935). [SCIE, Impact factor 2013 = 0.451] (M23)
7. Минић, Т., Петровић, Б., Илић, О.: A New Approach to Integral Information System of a Company for Business and Sustainable Development, *Amfiteatru Economic*, Vol 15, Special No 7, 2013, pp. 769-783. ISSN(print):1582-9146 / ISSN(on-line):2247-9104, IF2012: 0,953 (M22)
8. Коскић, С., Скатарић, Д., Петровић, Б.: Convergence Proof for Recursive Solution of Linear-Quadratic Nash Games for Quasi-Singularly Perturbed Systems, *Dynamics of Continuous, Discrete and Impulsive Systems*, Vol 9, No 2, 2002, pp. 317-333. ISSN(print):1492-8760 / ISSN(on-line):1918-2538, IF2002: 0,711 (M22)
9. Спаић, Р., Илић, Р., Драговић, М., Петровић, Б.: Generation of Dose-Volume Histograms Using Monte Carlo Simulations on a Multicellular Model in Radionuclide Therapy, *Cancer Biotherapy and Radiopharmaceuticals*, Vol 20, No 3, 2005, pp. 320-324. ISSN(print):1084-9785 / ISSN(on-line):1557-8852, DOI:10.1089/cbr.2005.20.320 IF2005: 1.669 (M22)
10. Петровић, Б., Гајић, З.: The Recursive Solution of Linear Quadratic Nash Games for Weakly Interconnected Systems, *Journal of Optimization Theory and Applications*, Vol 56, No 3, 1988, pp. 463-477. ISSN:0022-3239, DOI:10.1007/BF00939553 IF1988: 0,428 (M21)

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Ивана Драговић је рођена 30. новембра 1977. године у Београду, где је завршила основну школу и Математичку гимназију. Дипломирала је на 2006. године на Факултету организационих наука на Смеру за информационе системе, одбранивши дипломски рад „Дистрибуирано претраживање у програмском систему АДМИС” са највишом оценом. Основне студије завршила је са просечном оценом 8.40. Радила је на неколико пројеката током студија: КАДРИС - програм за кадровску службу ФОН-а, програм за евиденцију оцена студената из предмета Увод у информационе системе итд.

Радно искуство

- Од 2007. године до 2010. године запослена је као сарадник у настави на Факултету организационих наука.
- Од 2010. године запослена на Факултету организационих наука у звању асистента.

Наставне активности

Још током студија радила је као демонстратор на предметима: Програмски језици и преводиоци (школске 2003/2004, 2004/2005 и 2005/2006 године), Пројектовање програма (школске 2003/2004 године) и Принципи програмирања (школске 2004/2005 године). Након завршетка студија, од 2007 године запослена као сарадник у настави на Катедри за електронско пословање и Управљање системима. Од 2010. године ради као асистент на Факултету организационих наука у Београду. Ангажована је на основним студијама на предметима: Теорија система, Динамика организационих система, Неуронске мреже и системи, Фази логика и системи и Теорија система 2. На мастер студијама је ангажована на предметима: Фази логика и системи, Неуронске мреже и системи, Теорија система 2 – одабрана поглавља.

Приликом евалуације од стране студената, њен педагошки рад редовно је оцењиван високим оценама.

Приказ наставних активности у оквиру докторских студија

Уписала је последипломске докторске студије на Факултету организационих наука у Београду (изборно подручје Управљање системима) 2008. године. Испити положени у току докторских студија обухватају поред курсева из Теорије система и вештачке интелигенције и курсеве са Економског Факултета. Током докторских студија положила је све планом и програмом предвиђене испите:

- | | |
|---|---------|
| • Теорија система | 10 ЕСПБ |
| • Фази логика и системи | 10 ЕСПБ |
| • Стохастички системи | 10 ЕСПБ |
| • Теорија игара | 10 ЕСПБ |
| • Неуронске мреже и системи | 10 ЕСПБ |
| • Динамички модели финансијских тржишта | 10 ЕСПБ |
| • Оптимално управљања | 10 ЕСПБ |
| • Временске серије и фрактали | 10 ЕСПБ |
| • Системи са дискретним догађајима | 10 ЕСПБ |

Кандидаткиња Ивана Драговић успешно је одбранила приступни рад под називом „Конзистентан неуро-фази систем закључивања“ и остварила 30 ЕСПБ бодова. Кандидаткиња је током досадашњих докторских студија укупно остварила 120 ЕСПБ бодова.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидаткиње Иване Драговић, под насловом „Конзистентан неуро-фази систем закључивања“ обима је 192 страна. Садржи 7 поглавља и прилог, као и део који се односи на коришћену литературу. Структура дисертације је следећа:

САДРЖАЈ

1. УВОД.....1

1.1.	Проблем, предмет и циљ истраживања.....	1
1.2.	Полазне хипотезе	4
1.3.	Структура рада	4
2.	ОСНОВНЕ ТЕОРИЈСКЕ ПОСТАВКЕ.....	7
2.1.	Меко рачунарство	7
2.2.	Фази логика.....	8
2.2.1.	Основни појмови и дефиниције.....	9
2.2.2.	Основне операције	16
2.2.3.	Фази релације и фази композиција.....	23
2.3.	Конзистентна реално-вредносна $[0,1]$ логика.....	26
2.3.1.	Основни појмови.....	28
2.3.1.1.	Симболички ниво	30
2.3.1.2.	Вредносни ниво.....	32
2.3.2.	Генерализован Булов полином	32
2.4.	Фази систем закључивања.....	38
2.4.1.	Компоненте фази система закључивања	39
2.4.2.	Типови фази система закључивања.....	50
2.4.3.	Поређење основних типова фази система закључивања.....	55
2.5.	Неуронске мреже.....	58
2.5.1.	Неки од постојећих алгоритама учења	61
3.	НЕУРО-ФАЗИ ИНТЕГРАЦИЈА.....	68
3.1.	Постојећи приступи неуро-фази интеграције.....	71
4.	КОНЗИСТЕНТАН ФАЗИ СИСТЕМ ЗАКЉУЧИВАЊА	89
4.1.	Илустративни пример.....	92
4.2.	Резултати експеримента	96
5.	КОНЗИСТЕНТАН НЕУРО-ФАЗИ СИСТЕМ ЗАКЉУЧИВАЊА.....	101
5.1.	Пројектовање система.....	103
5.2.	Архитектура.....	105
5.3.	Алгоритам учења.....	112
5.3.1.	Други алгоритми учења у неуро фази системима.....	115
5.4.	Експериментални резултати.....	117
5.4.1.	Илустративни пример из домена медицине	118
5.4.1.1.	Детаљи резултата тренирања	119
5.4.1.2.	Детаљи процеса тренирања.....	132
5.4.2.	Илустративни пример из домена финансија	136
5.4.2.1.	Детаљи резултата тренирања	138
5.4.2.2.	Детаљи процеса тренирања.....	140
6.	МОГУЋНОСТИ ПРИМЕНЕ	142
6.1.	Примене фази систем закључивања у медицини	142
6.2.	Примене неуро-фази система у области финансија.....	150

6.3. Могућности примене предложеног решења	158
7. ЗАКЉУЧАК.....	160
7.1. Осврт на постављене хипотезе и остварене доприносе	164
7.2. Могући правци будућег истраживања.....	168
8. ПРИЛОГ: ПРИКАЗ ПРОГРАМСКОГ РЕШЕЊА	169
9. ЛИТЕРАТУРА.....	179

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У првом поглављу описани су проблем, предмет и циљеви истраживања докторске дисертације. Такође, дефинисане су општа и посебне хипотезе које се односе на истраживање.

У другом поглављу су представљене основне теоријске поставке дисертације, везане за област истраживања. Дат је осврт на примену техника меког рачунарстава у проблемима доношења одлука, а затим је дата детаљна теоријска поставка методологија примењених у овом раду: фази логика и неуронске мреже. У оквиру фази логике разматране су основне операције, утицај примењених оператора, фази релације и фази композиција. Теоријски је обрађена конзистентна реално-вредносна $[0,1]$ логика, као и разлика тог приступа у односу на класичну фази логику. Будући да су фази системи закључивања (енг. Fuzzy Inference System - FIS) једна од најважнијих примена фази логике, описане су основне компоненте система, фази импликација и правила закључивања. Разматрани су основни типови система закључивања, дато је њихово поређење, односно појединачне предности и недостаци. У наставку су представљене неуронске мреже и неки од алгоритама учења које оне користе. Како је алгоритам простирања грешке уназад (енг. back-propagation) примењен у предложеном конзистентном неуро-фази систему, за подешавање функција припадности, објашњене су његове поставке.

Имајући у виду предмет дисертације, у трећем поглављу је посебно издвојен и објашњен концепт неуро-фази интеграције и дат преглед и анализа постојећих неуро-фази система.

У четвртном поглављу изложен је конзистентан фази систем закључивања. Дата су објашњења основних концепата на којима почива овај модел система као и експериментални резултати поређења таквог система закључивања са класичним фази системом закључивања. Показано је да конзистентан фази систем у неким случајевима даје боље резултате, као и да је побољшање најочљивије када се приликом дефинисања правила користи негација. На примеру из домена медицине показано је да класична фази логика (у односу на конзистентну) потцењује озбиљност посматраних симптома код пацијената.

Пето поглавље обухвата предлог новог конзистентног неуро-фази система. Најпре је детаљно приказана четворослојна архитектура предложеног система, а затим је изложен алгоритам учења који се примењује за подешавање параметара система. Наиме, реализација система започиње структурном идентификацијом, која је задатак експерта. Експерт из датог домена

најбоље може одредити која комбинација захтева је најважнија приликом доношења одређене одлуке. При томе је једна од полазних претпоставки рада да премису правила не треба ограничити само на коњукцију и дисјункцију појединачних захтева, чиме би се омогућило да се сама правила прецизније дефинишу. Дефинисањем семантички богатијих правила обезбеђује се и боље разумевање и прилагођеност конкретном проблему, а у случају потребе и лакше промене самих правила. Дакле, доменски експерт дефинише правила, њихов број, поделу улазно-излазног простора (која зависи од конкретног проблема тј. колико фину поделу захтева), променљиве узрочног и последичног дела правила као и почетне параметаре функција припадности. Како би се смањила или одклонила субјективност, коју експерти у некој мери могу изражавати приликом дефинисања параметара система, коришћена је неуронска мрежа. На основу скупа улазно-излазних података који описују посматрани систем неуронске мреже кроз алгоритам учења подешавају почетне вредности параметара чиме се остварује адаптиваност модела. Примењен алгоритам учења је алгоритам простирања грешке уназад (енг. *back-propagation*) који, кроз итеративни поступак, врши параметарску идентификацију тако да вредности параметара што више одговарају реалном систему. Извршене су експерименталне провере и анализа могућности примене предложеног решења у два различита домена: медицинске тј. финансијске и организационе науке.

У шестом поглављу је дат осврт на досадашње примене неуро-фази система у различитим доменима.

У последњем поглављу је дат закључак, са посебним освртом на постављене хипотезе и остварене доприносе дисертације, као и могући правци будућег истраживања.

У прилогу је представљено оригинално софтверско решење *CNFS-niv* као имплементација предложеног конзистентног неуро-фази система.

На крају рада је наведена литература која је коришћена приликом израде дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Тема којом се бави докторска дисертација је савремена и веома атрактивна, како у научном тако и у практичном смислу. У докторској дисертацији представљен је нови хибридни неуро-фази систем који је применљив је у најразличитијим областима. Мноштво различитих постојећих начина интеграције неуро и фази система сведочи о актуелности предложеног приступа. Међутим, постојећи неуро-фази системи закључивања веома ретко користе негацију и углавном су ограничени искључиво на коњукцију или дисјункцију правила. У раду је показано да се особине које се добијају негацијом фази скупа не могу, у општем случају, добити комбинацијом осталих скупова. Стога предложени је систем, који превазилази уочене недостатке, иновативан и оригиналан, а резултати који су описани у дисертацији имају научни и практични значај. Методологија предложена у овој докторској дисертацији може бити од помоћи доносиоцима одлука за лакше доношење управљачких одлука.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У овој докторској дисертацији су коришћени многобројни релевантни извори. Највећа пажња је посвећена публикацијама из области које представљају теоријске основе предложеног приступа, а које се пре свега односе на фази логику, неуронске мреже и конзистентну реално-вредносну логику. Битан сегмент односи се и на теорију и методе који су коришћени у досадашњим хибридни неуро-фази системима. Велики број коришћених извора публикован је на водећим конференцијама и часописима из наведених области од стране водећих светских издавача (*Elsevier, Springer, Prentice-Hall, Wiley, Taylor&Francis*).

У изради ове дисертације референцирано је преко 180 извора релевантних за обраду ове теме.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

Током израде ове дисертације коришћене су опште научне методе анализе и синтезе, као и индукције и дедукције. Најпре су коришћене методе прикупљања и анализе постојећих приступа. За њихову систематизацију затим је коришћена метода поређења односно дата је критичка анализа постојећих фази система закључивања и реализације неуро-фази интеграције. Предложени конзистентан неуро-фази систем је развијен применом метода теорије система и метода меког рачунарства. Експериментална анализа примењена је за евалуацију предложеног приступа у изабраним доменима. Коришћена литература, многобројни референтни извори указују на адекватан истраживачки приступ.

На основу наведеног, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају по значају, структури и примени теме докторске дисертације и представљеном истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

Предложени приступ одликује чињеница да доменски експерти, који не морају поседовати техничка знања, могу лако, на основу свог експертског искуства, дефинисати правила којима се описује понашање реалног система. Софтверским решењем, које је развијено као подршка предложеном приступу, је обезбеђен и једноставан механизам за визуелно дефинисање почетних параметара система. Будући да се предложеном неуронском мрежом подешавају само параметри система, семантика дефинисаних правила остаје непромењена тј. очувана је интерпретабилност.

У раду је такође показана и предност конзистентног приступа у поређењу са класичним, а затим је приказана и примена предложеног конзистентног неуро-фази система у два различита домена (медицини и финансијским и организационим наукама) и то на конкретним реалним проблемима.

Коначно, предложени конзистентан неуро-фази систем се може применити у готово свим областима у којима је потребно донети одлуку.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидаткињаа за самостални научни рад

Кандидаткиња Ивана Драговић је у досадашњем, како научно-истраживачком, тако и професионалном раду, показала изразиту способност и посвећеност. Током докторских студија и рада на факултету, стекла је различита знања и искуства из области теорије система, вештачке интелигенције, финансијског инжењерства, глобалне оптимизације, теорије одлучивања итд. Током рада на дисертацији објавила је, као аутор или коаутор, радове у међународним и националним часописима, и учествовала на већем броју међународних и домаћих конференција. У раду је дала опсежан преглед стања у области која је предмет докторске дисертације, а затим, је сопственим истраживањем и експерименталном провером потврдила постављене хипотезе дисертације.

На основу досадашњих остварених резултата и залагања у научно-истраживачком и професионалном раду, закључујемо да је кандидаткиња способна да се у потпуности самостално бави научно-истраживачким радом.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Резултати истраживачког процеса у докторској дисертацији кандидаткиње Иване Драговић садрже следеће научне доприносе:

- Унапређење постојећих приступа дефинисања правила у фази системима закључивања увођењем конзистентне реално-вредносне $[0,1]$ логике.
- Дефинисање новог модела базираног на интеграцији два најчешће коришћена приступа меког рачунарства: фази система закључивања и неуронских мрежа.
- Стручни допринос се огледа у прегледу, анализи и систематизацији постојећих начина интеграције неуро и фази система за подршку у доношењу одлука.
- Практичан допринос се огледа у примени предложеног конзистентног неуро-фази система на проблему процене могућности да пацијент болује од одређене болести као и његовој примени у предвиђању кредитне оцене.
- Практичан допринос се огледа и у софтверском решењу које је реализовано као подршка предложеном приступу.
- Друштвени допринос се огледа у могућности примене предложеног система у најразличитијим областима.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Дисертација садржи целовит приказ области функционалних целина на којима почива предложени конзистентан неуро-фази систем закључивања. Остварени резултати истраживања представљају опсежан преглед области фази и неуро система, као и начина њихове интеграције, али и предлог новог конзистентног неуро-фази система закључивања. Остварени резултати истраживања испуњавају захтеве за квалитет докторске дисертације. Поред оствареног научног доприноса, остварени су и значајни резултати за практичну примену предложеног решења. Све постављене хипотезе су верификоване кроз теоријска

разматрања и проверене експериментално па је тиме остварен значајан допринос у предметној области.

4.3. Верификација научних доприноса

Ивана Драговић је, у сарадњи са другим ауторима, објавила више научних радова у међународним часописима, као и у зборницима радова са домаћих и међународних конференција, а који су у директној вези са темом ове докторске дисертације.

Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M23)

- **Драговић И.**, Турајлић Н., Пилчевић Д., Петровић Б., Радојевић Д.: „*A Boolean Consistent Fuzzy Inference System for Diagnosing Diseases and its Application for Determining Peritonitis Likelihood*“, Computational and Mathematical Methods in Medicine, Volume 2015, Article ID 147947, 10 pages (**DOI:** <http://dx.doi.org/10.1155/2015/147947>). [eSCI, Impact factor 2015 = 0.766]
- Поледица А., Милошевић П., **Драговић И.**, Петровић Б., Радојевић Д.: „*Modeling consensus using logic-based similarity measures*“, Soft Computing, Vol. 19, Issue-11, 2015, pp. 3209-3219, ISSN 1432-7643 (**DOI:** 10.1007/s00500-014-1476-5) [eSCI, Impact factor 2015 = 1.271]
- **Драговић И.**, Турајлић Н., Радојевић Д., Петровић Б.: „*Combining Boolean Consistent Fuzzy Logic and AHP Illustrated on the Web Service Selection Problem*“, International Journal of Computational Intelligence Systems, Vol. 7, Supplement 1, 2013, pp. 84-93, ISSN 1875-6891 (Print), 1875-6883 (Online), (**DOI:** 10.1080/18756891.2014.853935). [eSCI, Impact factor 2013 = 0.451]

Радови саопштени на скупу међународног значаја (M33)

- Маринковић Д., Николић Б., **Драговић И.**: „*Predicting Bankruptcy of Companies Using Neural Networks and Regression Models*“, зборник радова XIV међународне конференције - SymOrg'14, (Златибор, Србија), (pp. 157-164, ISBN 978-86-7680-295-1).
- Турајлић Н., Петровић М., Вучковић М., **Драговић И.**: „*Groundwork for Presentation Pattern Metamodels*“, зборник радова XII међународног научно-стручног Симпозијума INFOTEN-ЈАНORINA - INFOTEN-ЈАНORINA 2013, (Јахорина, Босна и Херцеговина), (CD Издање: Vol. 12, Ref. RSS-3-11, pp. 731-736, ISBN-978-99955-763-1-8).
- Јеремић М., Ковачевић Ј., Ракићевић А., **Драговић И.**: „*Multi-criteria routing algorithm based on interpolative Boolean algebra*“, зборник радова XI Балканске конференције о операционим истраживањима - BALCOR 2013, (Београд и Златибор, Србија), (pp. 465-472, ISBN-978-86-7680-285-2).
- Милошевић П., Поледица А., **Драговић И.**, Радојевић Д., Петровић Б.: „*Logic-based Similarity Measures for Consensus*“, зборник радова XI Балканске конференције о операционим истраживањима - BALCOR 2013, (Београд и Златибор, Србија), (pp. 473-481, ISBN-978-86-7680-285-2).
- Поледица А., Милошевић П., **Драговић И.**, Радојевић Д., Петровић Б.: „*A Consensus Model based on Interpolative Boolean Algebra*“, зборник радова VIII међународне

EUSFLAT конференције - EUSFLAT 2013, (Milano, Italy), (pp. 648-654, ISBN-978-90786-77-78-9).

- **Драговић И.**, Турајлић Н., Радојевић Д.: „*Extending AHP with Boolean Consistent Fuzzy Logic and Its Application in Web Service Selection*“, зборник радова X међународне FLINS конференције - FLINS 2012,(Istanbul, Turkey), (pp. 576-591, ISBN 978-981-4417-73-0).
- Турајлић Н., **Драговић И.**: „*A Hybrid Metaheuristic Based on Variable Neighborhood Search and Tabu Search for the Web Service Selection Problem*“, Electronic Notes in Discrete Mathematics, Vol. 39, pp. 145-152, ISSN 1571-0653, (DOI: 10.1016/j.endm.2012.10.020).
- Ракићевић А., Петровић Б., **Драговић И.**, „*Logical aggregation for strategic management*“, зборник радова IX међународне FLINS конференције - FLINS 2010,(Chengdu, China), (pp. 622-627, ISBN-13 978-981-4324-69-4).

Радови објављени у часописима националног значаја (M53)

- Петровић М., Турајлић Н., **Драговић И.**: „*Преглед и упоредна анализа презентационих патерна*“, Journal of Information technology and multimedia systems Info M, Vol. 34/2010, 2010, pp. 35-41, ISSN 1451-4397.

Радови саопштени на скупу националног значаја (M63)

- Ковачевић Ј., Јеремић М., **Драговић И.**, Ракићевић А.: „*Коришћење неуронских мрежа за предвиђање правца кретања индекса на финансијском тржишту*“, зборник радова XL Симпозијума о операционим истраживањима - SYM-OP-IS 2013, (Златибор, Србија), (pp. 663-668, ISBN-978-86-7680-286-9).
- **Драговић И.**, Турајлић Н., Радојевић Д., Петровић Б.: „*Коришћење логичке агрегације за селекцију web сервиса*“, зборник радова XXXIX Симпозијума о операционим истраживањима - SYM-OP-IS 2012, (Тара, Србија), (pp. 377-380, ISBN-978-86-7488-086-9).
- **Драговић И.**, Једнак С., Турајлић Н.: „*Предвиђање стопе економског раста коришћењем неуронских мрежа и АНФИС-а*“, зборник радова XXXVIII Симпозијума о операционим истраживањима - SYM-OP-IS 2011, (Златибор, Србија), (pp. 407-410, ISBN-978-86-403-1168-7).
- **Драговић И.**, Ракићевић А., Петровић Б., „*Унапређење BCG портфолио матричне анализе применом логичке агрегације*“, зборник радова XXXVII Симпозијума о операционим истраживањима - SYM-OP-IS 2010, (Тара, Србија), (pp. 435-438, ISBN 978-86-335-0299-3).

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Знање експерата било ког домена се може најприкладније изразити помоћу сложених вербалних исказа. Фази логика омогућава формализацију сложених вербалних исказа, будући да је усклађена са квалитативним описима које људи користе, док теорија фази скупова

омогућава превођење оваквих исказа у одговарајуће математичке изразе. Међутим, конвенционална теорија фази скупова није у Буловом оквиру јер не задовољава све Булове аксиоме. Из тог разлога у дисертацији је предложено коришћење конзистентне фази логике тј. интерполативне реализације Булове алгебре (ИБА) уместо класичне фази логике.

Фази систем закључивања кроз скуп лингвистичких правила покушава да формализује процес резоновања на начин близак доменским експертима. Неуронске мреже, са друге стране, имају могућност прилагођавања параметара система на основу конкретног скупа података који је на располагању. Имајући у виду да, неуронске мреже немају могућност интерпретације знања док фази системи немају могућност учења њиховом интеграцијом се заправо добија систем који користи предности, а отклања недостатке оба приступа. Мноштво разлитих постојећих начина интеграције неуро и фази система сведочи о актуелности предложеног приступа.

У раду је најпре дато поређење класичних и конзистентних фази система закључивања и добијени резултати указују на чињеницу да ова два приступа не воде увек ка истим резултатима, односно ка истим закључцима. Показано је да је разлика најочљивија када се приликом дефинисања правила користи негација.

Приликом пројектовања фази система закључивања могу се појавити потешкоће приликом одређивања функција припадности. Будући да поступак одређивања параметара функција припадности није толико интуитиван, истакнута је потреба да се управо у том делу примени метода која има способност учења на основу података. Стога, се у дисертацији предлаже конзистентан неуро-фази систем у коме неуронска мрежа има улогу оптимизатора тј. врши само фина подешавања ових параметара, док семантика правила остаје непромењена. Применом алгоритма простирања грешке уназад, неуронска мрежа оптимизује тј. модификује параметре на основу података који описују дотадашње понашање система.

Постојећи неуро-фази системи закључивања веома ретко користе негацију. Употреба негације у системима управљања можда и није неопходна, што није случај у системима за доношење одлука. Особине које се добијају негацијом фази скупа не могу, у општем случају, добити комбинацијом осталих скупова. Поред тога, у раду се сматра да понашање система треба да описују управо они који систем највише познају и разумеју (насупротив аутоматски генерисаним правилима која су најчешће рогобатна, неразумљива и често ограничена само на коњуункцију или дисјункцију променљивих).

У дисертацији је извршена експериментална валидација предложеног конзистентног неуро-фази система у два различита домена (конкретно за процену могућности да је пацијент оболео од одређене болести и за процену кредитне способности предузећа).

Конечно, треба истаћи да се предложени конзистентан неуро-фази систем може применити у најразличитијим областима, незахтевајући посебно техничко предзнање.

Комисија закључује да је садржајем дисертације обихваћено значајно подручје истраживања, како са теоријског аспекта, тако и са аспекта применљивости резултата. Кандидаткиња је самостално урадила рад уз коришћење обимне литературе и кроз рад је дала допринос области Управљања системима и подобластима фази система и неуронских мрежа.

Ценећи научне и стручне доприносе, који су израдом докторске дисертације остварени, Комисија констатује да су остварени постављени циљеви истраживања и дисертацију позитивно оцењује.

На основу свега наведеног, са задовољством предлажемо Научно-наставном већу да се докторска дисертација под насловом **“КОНЗИСТЕНТАН НЕУРО-ФАЗИ СИСТЕМ ЗАКЉУЧИВАЊА”** кандидаткиње **Иване Драговић** прихвати, изложи на увид јавности и одобри њена усмена одбрана.

У Београду, 16.06.2016. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

.....
Проф. др Братислав Петровић, редовни професор
Универзитет у Београду, Факултет организационих
наука

.....
Проф. др Милија Сукновић, редовни професор
Универзитет у Београду, Факултет организационих
наука

.....
Др Драган Радојевић, научни саветник
Институт Михајло Пупин