

ПРИМЉЕНО	21. 03. 2016.	
ОРГ ЈЕДИН	Б. П. Б.	ОБРАЗЛОЖЕЊЕ
	301/1	

УНИВЕРЗИТЕТ У ПРИШТИНИ

**НАУЧНО - НАСТАВНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА ТЕХНИЧКИХ НАУКА У  
КОСОВСКОЈ МИТРОВИЦИ**

Предмет: Извештај Комисије са оценом урађене докторске дисертације  
кандидата мр Јулијане Лекић

На основу члана 62. став 1. тачка 16, члана 142. став 3. и 4. Статута Факултета техничких наука у Косовској Митровици, а у складу са одредбама Правилника о пријави, изради и одбрани докторске дисертације, Научно-наставно веће Факултета техничких наука у Косовској Митровици на седници одржаној 25.01.2016. године, донело је одлуку којом смо именовани за чланове комисије за преглед, оцену и одбрану урађене докторске дисертације кандидата мр Јулијане Лекић, дипл. инж. електротехнике, под насловом:

**„РАЗВОЈ ИНФОРМАЦИОНИХ СИСТЕМА ЗА УПРАВЉАЊЕ ПОСЛОВНИМ  
ПРОЦЕСИМА ДЕМОНСТРАЦИЈОМ“**

Научно-Наставном већу ФТН у Косовској Митровици, на основу увида у приложену документацију кандидата, Комисија подноси следећи

**ИЗВЕШТАЈ**

**1. БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ КАНДИДАТА**

Јулијана Лекић је рођена 07.07.1965. године у Клини. Основну школу завршила је у Клини. Средњу школу (усмерено образовање, математички смер) завршила је у средњошколском центру "Љуић Гуракући" у Клини, 1984. године. Школске 1984/85. године уписала је Електротехнички факултет Универзитета у Приштини, на смеру Електроника са телекомуникацијама. Студије је завршила 1989. године, положивши све испите предвиђене наставним планом и програмом са просечном оценом 8,25 (осамдесетпет). Године 1989. одбранила је дипломски рад, из области радиотехнике, са оценом 10 (десет) на Електротехничком факултету Универзитета у Приштини.

Радни однос први пут је засновала 15.05.1990. године у фабрици "7. јули" у Клини, а затим, у периоду од 01.09.1990. до 01.10.1991. године радила је у рачунском центру Покрајинског завода за статистику у Приштини, као планер обраде на аутоматској обради података. 01.10.1991. године примљена је за

асистента-приправника на Катедри за телекомуникације и информатику Електротехничког факултета у Приштини, где и сада ради.

Магистарске студије уписала је школске 1991/92. године на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, на Катедри за рачунарску технику информатику. У току магистарских студија положила је 7 (седам) испита (Архитектура и организација рачунара, Оперативни системи, Локалне рачунарске мреже, Информациони системи, Базе података, Релационе базе података и Енглески језик) предвиђених наставним планом и програмом факултета са просечном оценом 9,5. Магистарску тезу под насловом "Упоредна анализа објектно оријентисаних методологија пројектовања софтверских система" успешно је одбранила 1998. године. Аутор је и коаутор више научних и стручних радова саопштених кроз часописе од међународног и националног значаја и научне скупове домаћег и међународног карактера.

У току свог педагошког рада на Електротехничком факултету у Приштини и Факултету техничких наука у Косовској Митровици била је ангажована на одржавању вежби из следећих предмета:

- Основе рачунарске технике,
- Програмирање,
- Комутациона техника,
- Теорија информација,
- Архитектура рачунара,
- Архитектура и организација рачунара,
- Микропроцесорски системи,
- Оперативни системи,
- Базе података 1,
- Пројектовање информационих система 2,
- Принципи софтверског инжењерства.

Кандидат се служи енглеским и руским језиком.

Мр Јулијана Лекић је удата, мајка двоје деце и живи у Нишу.

## **1.1 ПРИКАЗ ПРЕДМЕТА ИСТРАЖИВАЊА У ДОКТОРСКОЈ ДИСЕРТАЦИЈИ**

Развој рачунарске технологије и дигиталних комуникација и њихово коришћење довели су до драстичних промена у организацији рада и начину пословања. Иновације у рачунарству и комуникацијама су и даље главни покретачи промена у пословним процесима. Самим тим, пословни процеси су постали сложенији, у великој мери се ослањају на информационе системе и често обухватају више организација. Модели пословних процеса помажу у управљању сложеношћу јер пружају увид у структуру процеса и документују процедуре његовог извршавања. Као резултат тога, модели пословних процеса имају широку примену у данашњим организацијама, посебно у доношењу одлука у вези са процесима за потребе контроле и планирања, због чега је моделовање процеса постало веома значајно.

Развој софтвера помоћу модела је дисциплина која представља употребу модела као централног и основног производа развоја софтвера из којег



имплементација може настати и непосредно. Основни задатак развоја софтвера јесте да се трансформишу неформални захтеви у формалне спецификације које рачунар може да интерпретира. Програмер понекад може и да демонстрира жељено понашање директно на рачунару, а рачунар може да репродукује демонстрирано понашање на другим случајевима у току експлоатације изграђеног система. Ова метафора је позната као *програмирање помоћу демонстрације* или *програмирање помоћу примера*.

Предмет ове дисертације јесте испитивање применљивости парадигме програмирања помоћу демонстрације на домен развоја информационих система за управљање пословним процесима. У раду је конципиран приступ оваквом развоју и предложена је техника помоћу које се он може остварити. Један од главних циљева ове дисертације јесте проналажење евентуалног начина за интерактивну конструкцију модела пословних процеса коришћењем демонстрације, на основу интерактивног одигравања различитих сценарија извршавања пословног процеса од стране корисника. У дисертацији су приказани резултати којима је овај циљ остварен, али ограничено на посебну врсту пословних процеса, а то су тзв. *блок-структурирани паралелни пословни процеси*.

Предност коришћења техника програмирања помоћу демонстрације или програмирања помоћу примера јесте да корисник не мора да зна некакав „посебан“ програмски језик да би аутоматизовао задатке који се понављају, већ показује своје поступке путем корисничког интерфејса. За остваривање поменутог циља креиран је сопствени демонстрациони кориснички интерфејс, који омогућава кориснику одигравање различитих сценарија извршавања активности процеса коришћењем директне манипулације.

Полазна основа истраживања представљеног у овој дисертацији су технике познате као *play-in* и *play-out*, али примењене на посебан домен – развој реактивних система. Читав приступ и техника којом је омогућено остваривање интерактивне конструкције блок-структурираних модела паралелних пословних процеса засновани су на концептима и идејама технике откривања модела процеса и  $\alpha$ -алгоритма, који припадају дисциплини *проналажење модела* (енгл. *process mining*, PM).

За остваривање идеја и циљева истраживања представљених у овој дисертацији, извршена је модификација технике откривања модела процеса и  $\alpha$ -алгоритма који се у ту сврху користи. За потребе практичне потврде добијених резултата, направљена су три прикључка постојећем алату ProM, који се користи за откривање модела процеса. На конкретним примерима демонстрирана је предност коришћења предложене модификоване технике откривања модела процеса и алгоритма, и њихова примена на интерактивну конструкцију модела паралелних пословних процеса. Употребљивост предложеног решења је тестирана на изабраном репрезентативном узорку паралелних пословних процеса, а резултати извршене експерименталне анализе су анализирани и коментарисани.

### Осврт на научни допринос дисертације

Допринос изложене докторске дисертације је у домену моделовања пословних процеса и у домену формирања модела пословних процеса демонстрацијом. Доприноси дисертације су следећи:

- Модификација постојеће технике за откривање модела пословних процеса увођењем нове релације уређења између активности - релације индирекције.
- Модификација  $\alpha$ -алгоритма с обзиром на уведено релацију индирекције и његова примена на паралелне пословне процесе.
- Решење дела проблема комплетности дневника догађаја из којих се могу открити модели паралелних пословних процеса без петљи и условних гранања модификованим алгоритмом, увођењем концепта каузално комплетних дневника догађаја.
- Смањење величине дневника догађаја неопходних за откривање модела паралелних пословних процеса модификованим алгоритмом увођењем концепта слабо комплетних дневника догађаја.
- Брже откривање модела паралелних пословних процеса на основу дневника догађаја са знатно мањим бројем трагова.
- Поступак за креирање модела паралелних пословних процеса помоћу демонстрације.
- Развијена апликација за интерактивно креирање модела паралелних пословних процеса.

### Осврт на основне хипотезе, примењене методе и апликацију резултата

Многи информациони системи имају могућност да запишу своје извршење, и на тај начин генеришу траг о догађајима који одсликавају стварно понашање система. Издвајање знања из трагова записаних у дневницима догађаја који су доступни у данашњим информационим системима, и употреба тог знања за откривање, праћење и побољшање модела пословних процеса, основа су за настанак различитих техника области проналажења модела.

Алгоритми за откривање модела процеса, попут  $\alpha$ -алгоритма, могу аутоматски да генеришу модел процеса из дневника догађаја. Такви приступи откривању модела процеса су примери тзв. *play-in* техника, чији је циљ конструисање модела на основу примера понашања, што се често назива „закључивање“ или програмирање помоћу примера или демонстрације.

Основна хипотеза од које се пошло у истраживање у овој дисертацији је да се парадигма програмирања помоћу демонстрације може применити на домен развоја информационих система за управљање пословним процесима. У оквиру тог истраживања посебно је била од значаја претпоставка да се на исти домен могу применити технике *play-in* и *play-out*, које се иначе примењују у развоју реактивних



система. Добијени резултати су оправдали постављање таквих хипотеза и потврдили њихову применљивост.

Спроведеним истраживањем се дошло до технике и алгоритма који, када се примене на одређену врсту процеса – паралелне процесе, дају жељене резултате, односно омогућују интерактивно креирање блок-структурираних модела паралелних пословних процеса.

Иако у основи једноставан,  $\alpha$ -алгоритам се није показао нарочито практичним због многих проблема које није у стању да превазиђе. Једна од основних ограничавајућих претпоставки  $\alpha$ -алгоритма јесте да дневници догађаја на којима се примењује морају поседовати својство комплетности. Особина комплетности често захтева велики број трагова у дневнику догађаја на основу којих може бити конструисан „репрезентативни“ модел понашања система забележеног у њима. Због тога је у спроведеном истраживању прави изазов био да се пронађу дневници догађаја са што је могуће мањим бројем трагова, али који су довољно валидни да се на основу евиденције записане у таквим дневницима одговарајућим алгоритмом могу добити „репрезентативни“ модели понашања система.

Истраживачки рад у том смеру резултовао је тзв. *модификованом техником откривања модела* пословног процеса и модификованом верзијом  $\alpha$ -алгоритма (названој  $\alpha^{\parallel}$ -алгоритам), као и новим врстама дневника догађаја, тзв. *каузално комплетним* и *слабо комплетним дневницима*.

Да би се добијени резултати верификовали на већем броју примера процеса, и то примера коришћених у пракси, направљена је база од 100 реалних примера паралелних пословних процеса, који су послужили за експерименталну анализу. До поменутих примера процеса се дошло претрагом Интернета и одабиром јавно доступних модела паралелних процеса.

Како би експериментална анализа могла бити спроведена, креирани су потребни прикључци постојећем ProM алату, који представља окружење за подршку различитих техника откривања модела процеса. У раду су представљена три прикључка која су у ту сврху креирана, а њихови програмски кодови се налазе у засебним пакетима и приложени су у прилогу тезе.

Поред тога, извршена је компаративна анализа  $\alpha^{\parallel}$ -алгоритма и других приступа и алгоритама чији су прикључци доступни у алату ProM ( $\alpha^+$ -алгоритам,  $\alpha^{++}$ -алгоритам, Heuristic Miner, Flexible Heuristics Miner, Genetic Mining, Fuzzy mining, приступ откривању модела заснован на регионима и Inductive Miner).

Својство  $\alpha^{\parallel}$ -алгоритма да се његовом применом на слабо комплетним дневницима догађаја може доћи до откривања модела, успешно је искоришћено за креирање модела паралелних пословних процеса помоћу демонстрације, чиме је остварен крајњи циљ истраживања ове дисертације.

У ту сврху креиран је сопствени графички кориснички интерфејс који омогућава кориснику одигравање различитих сценарија извршавања активности процеса коришћењем директне манипулације. Креирани демонстрациони кориснички интерфејс припада групи интелигентних корисничких интерфејса јер садржи компоненте вештачке интелигенције које се огледају у томе што систем сам предлаже редослед одигравања активности процеса и закључује неке релације које нису одигране. Сама апликација је писана на програмском језику JavaScript.

Посебна предност приказаног начина креирања модела помоћу демонстрације јесте што последњи креирани модел увек подржава све претходно одигране сценарије, тако да је он увек валидан за приказано понашање система. То даје велике могућности за модификацију и проширење система, јер се модел увек прилагођава сваком новом одиграном сценарију. Стога се примена приказаног начин креирања модела помоћу демонстрације нарочито препоручује код система који су подложни честим променама у захтевима и у понашању.

## 2. ПУБЛИКОВАНИ РАДОВИ

Као резултат истраживања у докторској дисертацији произашли су следећи радови:

### Саопштење са међународног скупа штампано у целини

1. Lekic J, Milicev D (2015) *Discovering Models of Parallel Workflow Processes from Incomplete Event Logs*, In Proceedings of the 3rd International Conference on Model-Driven Engineering and Software Development (MODELSWARD-2015), pages 477-482.

### Рад у стручно-научном часопису националног значаја

2. Julijana Lekić, Dragan Milićev, "Modifikacija alfa algoritma za otkrivanje modela poslovnih procesa iz nekompletnih dnevnika događaja" Telekomunikacije, 2013. broj 12, godina VI, str. 92-101.

### Саопштење са скупа националног значаја штампано у целини

3. J. Lekić, D. Milićev, "Modifikacija alfa algoritma za otkrivanje modela poslovnih procesa iz nekompletnih dnevnika događaja" Zbornik 57. konferencije ETRAN, Zlatibor, 3-6. juna 2013, str. RT6.2.1-6.

Још један рад је поднет за објављивање у часопису са SCI листе и налази се у завршној фази рецензије.

## 2. СТРУКТУРА И ОБИМ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Докторска дисертација садржи насловну страну, резиме дисертације на српском језику, садржај, и осам поглавља у оквиру којих је и преглед коришћене литературе и прилог. Поголавља су насловљена на следећи начин: 1. Увод, 2. Дефиниција проблема, 3. Преглед постојећих решења, 4. Опис решења, 5. Практична примена, 6. Закључак, 7. Литература и 8. Прилози. Дисертација садржи 164 стране (са прилозима), 64 илустрације (без прилога), 10 табела, списак од 97 референци.

Прво поглавље, *Увод*, састоји се из два дела. Први део описује предмет и циљ рада, а други структуру и садржај рада.

У другом поглављу, *Дефиниција проблема*, укратко је описан главни предмет истраживања, а то је проблем неусклађености специфицираног модела система са стварним понашањем система. Дат је кратак опис области и тема у оквиру којих је



истраживање спроведено или на које је било упућено. Уведени су неки основни појмови који су од значаја за сам рад и дате су прецизне дефиниције неких појмова које чине полазну основу за овај рад.

У трећем поглављу, *Преглед постојећих решења*, укратко је дат преглед постојећих решења датог проблема и области које су у блиској вези са темом дисертације, а који су били доступни из литературе. Осим тога, детаљније су описана два приступа који су од посебног значаја за ово истраживање: *play-in/play-out* и проналажење модела. Представљена је и дисциплина РМ, која се бави откривањем модела процеса на основу евиденције записане у дневницима догађаја током извршавања процеса. У оквиру тога, представљен је ProM – алат отвореног кода за откривање модела процеса који је коришћен у овој дисертацији.

Четврто поглавље, *Опис решења*, детаљно описује идеје предложеног оригиналног решења. Најпре је представљена модификована РМ метода са новим уведеним релацијама између активности процеса које се могу установити из записа у дневницима догађаја. Дат је и приказ новопредложене модификације основног  $\alpha$ -алгоритма назване  $\alpha^{\parallel}$ -алгоритам. Дефинисани су и тзв. *каузално комплетни* и *слабо комплетни* дневници догађаја, који не морају испуњавати услове комплетности, а ипак се применом  $\alpha^{\parallel}$ -алгоритма из њих може реконструисати оригинална мрежа паралелног пословног процеса. Приказани су одговарајући прикључци ProM алату, који су креирани за потребе верификације добијених резултата. Резултати експерименталне анализе су детаљно приказани и статистички потврђени применом теста рангова, односно *Wilcoxon-Mann-Whitney* теста на њих.

У петом поглављу, *Практична примена*, приказан је предложени поступак креирања блок-структурираних модела паралелних пословних процеса помоћу демонстрације. У ту сврху креирана је сопствена апликација која омогућава кориснику одигравање различитих сценарија извршавања активности процеса коришћењем директне манипулације. Поступак интерактивног креирања модела детаљно је приказан на једном демонстративном примеру креирања модела паралелног процеса. И у овом делу рада извршена је експериментална анализа, чији је циљ био да се истражи да ли може да се установи минималан број одигравања сценарија неопходан за добијање коначног модела, и од чега то зависи. Добијени резултати су детаљно анализирани и коментарисани.

У шестом поглављу, *Закључак*, изнет је закључак са рекапитулацијом урађеног и представљеног у дисертацији и анализом резултата. Указано је на допринос рада, али и на његова ограничења. Дате су смернице за даљи могући развој на темељима идеја које су овој дисертацији остварене.

Седмо поглавље, *Литература*, доноси списак коришћене литературе.

У оквиру осмог поглавља, *Прилози*, дати су:

- Прилог А - пакет `alpha_parallel_algorithm_basic_causal_relation`, у којем се налази програмски код прикључка *Alpha $\parallel$ -algorithm - helper plugin*.
- Прилог Б - пакет `alpha_parallel_algorithm`, у којем се налази програмски код прикључка *Alpha $\parallel$ -algorithm*.
- Прилог Ц - Изглед дневника догађаја  $L_1$  у .xes формату.
- Прилог Д - Изглед дневника догађаја  $L_2$  у .xes формату.

- Прилог Е - пакет `alpha_parallel_algorithm_minimal_logs_from_complete_log`, у којем се налази програмски код прикључка `Alpha||-algorithm - minimal logs from complete log`.
- Прилог Ф - база од 100 реалних примера паралелних пословних процеса коришћених у експериментима.
- Прилог Г - `app.js` – листинг графичког корисничког интерфејса.

### 3. ОЦЕНА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ И АУТОРОВИ ДОПРИНОСИ

Увидом у дисертацију, полазне хипотезе и циљеве истраживања, Комисија констатује да је кандидат успешно одговорио на постављене изазове и да резултати оправдавају почетна очекивања.

Из садржаја дисертације се може закључити да су испуњени постављени циљеви истраживања:

(а) Испитана је применљивост парадигме програмирања помоћу демонстрације на домен развоја информативних система за управљање пословним процесима.

(б) Конципиран је приступ оваквом развоју као и техника и алгоритам помоћу којих се он може остварити. У оквиру овога, креирана је апликација за откривање модела паралелних пословних процеса из демонстрираних сценарија, као и за извршавање тих сценарија.

(в) Имплементацијом апликације и експерименталном анализом на репрезентативном узорку паралелних пословних процеса испитана је практична употребљивост предложеног решења.

(г) Изведени су закључци о применљивости, истакнути потенцијали предложеног приступа и уочене његове одлике, ограничења, домет и недостаци.

Дисертација може допринети евентуалном развоју нове технике и алгоритма за остваривање идеје интерактивног креирања модела мешовитих процеса, што би представљало крупан корак у развоју информативних система за управљање пословним процесима. На крају, дисертација може да буде од користи будућим истраживачима које интересује област моделовања пословних процеса и парадигма програмирање помоћу демонстрације, и који у тим областима желе да дају свој допринос.



#### 4. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ КОМИСИЈЕ

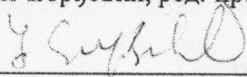
Комисија закључује да докторска дисертација мр Јулијане Лекић, дипл. инж., под насловом: „Развој информационих система за управљање пословним процесима демонстрацијом“, има квалитете истраживачког рада, да садржи оригиналне резултате и научне доприносе у области моделовања пословних процеса и управљања пословним процесима демонстрацијом.

Резултати истраживања су од значаја са научног становишта јер представљају нов приступ решавању проблема комплетности дневника догађаја за откривање једне категорије модела пословних процеса, и нов приступ интерактивном креирању модела пословних процеса. Резултати су верификовани експерименталном анализом на реалним примерима паралелних пословних процеса и имплементацијом апликације.

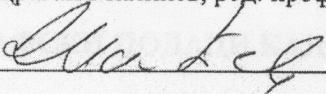
С обзиром на актуелност проблематике која је обрађена и остварене резултате, чланови Комисије предлажу Научно-наставном већу Факултета техничких наука у Косовској Митровици да прихвати оцену Комисије о писаном делу дисертације под насловом „Развој информационих система за управљање пословним процесима демонстрацијом“ и да кандидату мр Јулијани Лекић одобри усмену одбрану.

#### Чланови Комисије

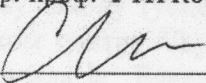
1. др Јован Ђорђевић, ред. проф. у пензији, ЕТФ Београд – председник

  
\_\_\_\_\_

2. др Драган Милићев, ред. проф. ЕТФ Београд – ментор

  
\_\_\_\_\_

3. др Синиша Илић, ванр. проф. ФТН Косовска Митровица – члан

  
\_\_\_\_\_