

11.09.2014. године
Београд,
04-03-11/121

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области техничких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Марка Петровића, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата Марка Петровића стављени су на увид јавности и у предвиђеном року није било примедби на изложену докторску дисертацију.

С поштовањем,

Секретар факултета

Гордана Алексић Славински, дипл. Правник

Факултет организационих наука
УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
04-03-11/121
(Број индекса)

Веће научних области техничких наука
(назив стручног већа коме се захтев упућује, сходно чл 75.
Статута Универзитета у Београду и чл.7. ст. 1. овог
Правилника)

11.09.2014. године
(Датум)

Београд
Студентски трг бр.1

ЗАХТЕВ
за давање сагласности на извештај о урађеној докторској дисертацији

Молимо да, сходно члану 68. ст. 3. Закона о универзитету («Службени гласник РС» бр. 20/98), дате сагласности на Извештај о урађеној докторској дисертацији кандидата Марко (Властимир) Петровић (име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат Марко (Властимир) Петровић пријавио је докторску дисертацију под називом:
(име, име једног родитеља и презиме)

Развој процеса екстракције, трансформације и пуњења података складишта података заснован на моделом вођеном приступу

Универзитет је дана 08.07.2013. године својим актом под 61206-3397/2-13 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила

Развој процеса екстракције, трансформације и пуњења података складишта података заснован на моделом вођеном приступу

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Марко (Властимир) Петровић (име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 18.06.2014. године, одлуком Факултета под 3/54-5 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Зоран Марјановић	ред. проф. ФОН-а	информациони системи
2. др Милија Сукновић	ред. проф. ФОН-а	моделирање пословних система и пословно одлучивање
3. др Милица Вучковић	ванр. проф. ФОН-а	информациони системи
4. др Слађан Бабарогић	доцент ФОН-а	информациони системи
5. др Владан Јовановић	Ред. проф. Allen W.Paulosin College of Engineering and Information Technology	информациони системи

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дана 27.08.2014. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

Проф. др Милан Мартић

1. Извештај Комисије са предлогом,
2. Акт Наставно-научног већа Факултета о усвајању Извештаја,
3. Примедбе дате у току стављања Извештаја на увид јавности, уколико је таквих примедби било.

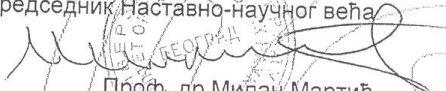
05-01 бр.3/45-13
26.5.2014.

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 21.5.2014. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Уз сагласност ментора др Зорана Марјановића одобрава се продужавање рока за израду и одбрану докторске дисертације кандидата Марка Петровића, под насловом »РАЗВОЈ ПРОЦЕСА ЕКСТРАКЦИЈЕ, ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И ПУЊЕЊА ПОДАТАКА СКЛАДИШТА ПОДАТАКА ЗАСНОВАН НА МОДЕЛОМ ВОЂЕНОМ ПРИСТУПУ«, до 01.10.2014. године.

Председник Наставно-научног већа


Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Именованом
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 27.8.2014. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата Марка Петровића, под насловом »РАЗВОЈ ПРОЦЕСА ЕКСТРАКЦИЈЕ, ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И ПУЊЕЊА ПОДАТАКА СКЛАДИШТА ПОДАТАКА ЗАСНОВАН НА МОДЕЛОМ ВОЂЕНОМ ПРИСТУПУ« и даје се на увид јавности.

На Наставно-научном Већу од 10.07.2013. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата Марка Петровића под називом »РАЗВОЈ ПРОЦЕСА ЕКСТРАКЦИЈЕ, ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И ПУЊЕЊА ПОДАТАКА СКЛАДИШТА ПОДАТАКА ЗАСНОВАН НА МОДЕЛОМ ВОЂЕНОМ ПРИСТУПУ« на основу добијене Одлуке Већа научних области техничких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 08.07.2013. године, број: 61206-3397/2-13.

Кандидат Марко Петровић је објавио следећи рад који је квалификује да може да одбрани докторску дисертацију:

1. М. Вучковић, М. Петровић, Н. Турајлић, М. Станојевић: The Specification of ETL Transformation Operations based on Weaving Models, International Journal of Computers, Communication and Control , ISSN 1841-9836, 7(5): 968-975, 2012.SCIe IF=0.441

Председник Наставно-научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Стручном сараднику за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Марка Петровића

Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука бр. **3/54-5** од **18.06.2014.** године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата **Марка Петровића** под насловом:

„Развој процеса екстракције, трансформације и пуњења података складишта података заснован на моделом вођеном приступу“.

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

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Марко (Властимир) Петровић је положио све испите на докторским студијама и на тај начин стекао право израде приступног рада, који је успешно одбранио **06.06.2013.** године и потом започео рад на изради докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је именovalo Комисију за оцену научне заснованости теме **17.04.2013.** године, бр. Одлуке **3/57-12.** Од Универзитета је добијена сагласност за израду докторске дисертације **08.07.2013.** године, бр. Одлуке **61206-3397/2-13.** Наставно-научно веће Факултета организационих наука одобрило је израду докторске дисертације **10.07.2013.** године, бр. Одлуке **3/109-10.** Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од **21.05.2014.** године, бр. Одлуке **3/45-13** кандидату је одобрено продужење рока за одбрану докторске дисертације до **01.10.2014.** године. Ментор, проф. др Зоран Марјановић је известио да је завршен рад на докторској дисертацији **11.06.2014.** године, а Наставно-научно веће Факултета организационих наука именovalo је **18.06.2014.** године, бр. Одлуке **3/54-5,** Комисију за оцену завршене докторске дисертације у саставу:

1. **др Зоран Марјановић**, редовни професор Факултета организационих наука у Београду
2. **др Милица Вучковић**, ванредни професор Факултета организационих наука у Београду
3. **др Милица Сукновић**, редовни професор Факултета организационих наука у Београду
4. **др Слађан Бабарогић**, доцент Факултета организационих наука у Београду
5. **др Владан Јовановић**, редовни професор Allen E. Paulson College of Engineering and Information Technology, Georgia Southern University

1.2. Научна област дисертације

Докторска дисертација припада области техничких наука и подручју организационих наука.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Марко (Властимир) Петровић је рођен 07. августа 1977. године у Београду. Завршио је Трећу београдску гимназију („Свети Сава“) у Београду, природно-математички смер. Након завршене гимназије, 1996. године уписао је Факултет организационих наука, смер информациони системи. Дипломирао је 2002. године са просечном оценом 8,19 а дипломски рад под насловом „Развој Веб Сервиса коришћењем .NET платформе“ је одбранио са оценом десет. Последиломске (магистарске) студије на Факултету организационих наука, смер информациони системи уписао је 2002. године, а затим 2006. године уписује докторске студије на Факултету организационих наука, смер информациони системи. Положио је све испите предвиђене планом и програмом, са просечном оценом 10.

Радно искуство

- Од 2001. године ангажован је као сарадник на Факултету организационих наука
- Од 2003. године запослен на Факултету организационих наука у звању асистент-приправник
- Од 2007. године запослен на Факултету организационих наука у звању асистент
- Од 2014. године запослен на Факултету организационих наука (Центар за развој информационих система) у звању стручни сарадник

Наставне активности

Од 2001. до 2003. године кандидат је радио као сарадник на Факултету организационих наука у Београду, на предметима Принципи програмирања и Пројектовање програма. Од 2003. године до 2007. године је радио као асистент-приправник на Факултету организационих наука у Београду, на предметима Принципи програмирања, Увод у информационе системе, Архитектура рачунара и оперативни системи, Програмски језици и преводиоци и Пројектовање програма. Од 2007. до 2014. године ради као асистент на Факултету организационих наука у Београду на предметима Програмски језици и Основе информационо комуникационих технологија.

Приликом евалуације од стране студената његов педагошки рад је редовно оцењиван високом оценом.

Приказ наставних активности у оквиру докторских студија

Кандидат Марко Петровић је школске 2006/2007 уписао докторске студије на Факултету Организационих наука – смер информациони системи. Положио је све планом и програмом предвиђене испите са просечном оценом 10 и то:

- | | |
|--|---------|
| • Методологија програмирања | 10 ЕСПБ |
| • Развој програма и програмски језици | 10 ЕСПБ |
| • Изабрана поглавља из операционих истраживања | 10 ЕСПБ |
| • Управљање предузећем – менаџмент | 10 ЕСПБ |

- | | |
|---|---------|
| • Пројектовање организационе структуре | 10 ЕСПБ |
| • Статистика у менаџменту | 10 ЕСПБ |
| • Методологија и организација научних истраживања | 10 ЕСПБ |
| • Развој информационих система | 10 ЕСПБ |
| • Управљање подацима | 10 ЕСПБ |

Кандидат је одбранио приступни рад под називом „Развој ETL процеса заснован на MDD приступу“ и остварио 30 ЕСПБ бодова. Укупно је остварио 120 ЕСПБ бодова са просечном оценом 10.

Преглед пројеката

Преглед пројеката и софтверских решења у чијој је изради кандидат учествовао као члан или вођа тима:

- „*NCTS*“, Министарство финансија, Управа царина, Србија, Београд, 2013-2014.
- „*PopisPoljoprivrede*“, Републички завод за статистику, Србија, Београд, 2012.
- „*ResursniPortal*“, Министарство здравља, Црна Гора, Подгорица, 2012.
- „*Popis*“, Републички завод за статистику, Србија, Београд, 2011-2012.
- „*Tehnis*“, Министарство економије и регионалног развоја, Србија, Београд, 2010.
- „*BelVille*“, Blok 67 Associates d.o.o., Србија, Београд, 2008-2010.
- „*DirectDebit*“, Удружење банака Србије, Србија, Београд, 2008-2009.
- „*TiCat*“, Телеком Србија, Србија, Београд, 2007-2009.
- „*TB LAB 2006*“, Министарство Здравља, Србија, Београд, 2006-2007.
- „*Cybersure*“, Mantacore Spearhead д.о.о., Београд, 2006-2007.
- „*TB 2005*“, Министарство Здравља, Србија, Београд, 2005.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ова докторска теза се детаљно бави проблемом концептуализације и аутоматизације развоја ETL процеса и за његово решавање предложено је оригинално решење засновано на формалној спецификацији ETL процеса и њеној аутоматизацији уз помоћ развијеног специфичног апликационог оквира.

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација кандидата Марка Петровића, под насловом „Развој процеса екстракције, трансформације и пуњења података складишта података заснован на моделом вођеном приступу“ написана је на 185 страна и структурирана у 11 поглавља, као и дела који се односи на коришћену литературу. Дисертација је структурирана на следећи начин:

1. Увод
 - 1.1. Предмет и циљ истраживања
 - 1.2. Полазне хипотезе
 - 1.3. Структура рада
2. Теоријски оквир истраживања
 - 2.1. Пословна интелигенција
 - 2.2. Системи складишта података

- 2.3. Архитектура система складишта података
- 2.4. Процес развоја система складишта података
- 2.5. Приступ развоју софтвера заснован на моделима
- 2.6. Доменско-специфично моделовање
3. Кључне карактеристике ETL процеса
4. Преглед реализованих истраживања
 - 4.1. Преглед постојећих приступа развоју ETL процеса
 - 4.2. Анализа постојећих приступа развоју ETL процеса
5. Основни концепти предложеног решења
6. Формална спецификација доменско-специфичних језика за моделовање ETL процеса
 - 6.1. Језик за спецификацију операција трансформација података (ETL-O)
 - 6.2. Језик за спецификацију тока извршавања ETL процеса (ETL-P)
 - 6.3. Језик за спецификацију шаблона операција трансформација (ETL-T)
 - 6.4. Језик за спецификацију израза (ETL-E)
7. Моделовање ETL процеса коришћењем дефинисаних доменско-специфичних језика
8. Имплементација ETL платформе
9. ETL Развојно окружење
 - 9.1. Алати за моделовање ETL процеса
 - 9.2. Алат за генерисање документације ETL процеса
10. ETL Извршно окружење
 - 10.1. Технике трансформације
 - 10.2. Извршавање процеса обраде података
 - 10.3. Извршавање ETL процеса
11. Закључак
 - 11.1. Остварени доприноси
 - 11.2. Правци будућег истраживања

Литература

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

Докторска дисертација је организована на следећи начин:

У првом поглављу су описани су проблем, предмет и циљеви истраживања докторске дисертације. Дефинисане су општа и посебне хипотезе које ће се истраживањем потврдити или оборити и на крају је дата структура рада.

Другим поглављем је дат теоријски оквир истраживања са циљем да се опишу и ближе одреде појмови из области којом се бави истраживање. Разматрани су појмови пословна интелигенција и системи складишта података, затим је дат опис архитектуре и процеса развоја система складишта података и на крају је разматран приступ развоју софтвера вођен моделима.

У трећем поглављу су разматране кључне карактеристике ETL процеса и представљена је таксономија операција трансформација података као основних елемената ETL процеса.

Четвртим поглављем су разматрана постојећа решења проблема формализације и аутоматизације развоја ETL процеса. Дат је преглед релевантних истраживања са циљем да

се прикажу досадашњи резултати и пракса у области развоја ETL процеса, а затим је представљена анализа резултата који су овим истраживањима постигнута. Анализом су разматрана решења проблема концептуализације и аутоматизације ETL процеса и сходно томе наведени су недостаци постојећих приступа и описани конкретни предлози за побољшања.

У петом поглављу представљено је оригинално решење, засновано на DSM (*Domain Specific Modeling*) приступу, проблема концептуализације и аутоматизације развоја ETL процеса. Разматрани су основни концепти предложеног решења, а затим је представљена специфична ETL платформа којом је обезбеђена технолошка подршка развоју и извршавању модела ETL процеса.

У шестом поглављу се разматра проблем формалне спецификације ETL процеса. Описан је предложени концептуални оквир ETL процеса, као и основни концепти неопходни за дефинисање предложених језика моделовања. У наставку поглавља дефинисани су предложени доменско-специфични језици: језик за спецификацију операција трансформација података (ETL-O), језик за спецификацију тока извршавања ETL процеса (ETL-P), језик за спецификацију израза (ETL-E) и језик за спецификацију шаблона операција трансформација (ETL-T). За сваки предложени језик, представљени су релевантни концепти за специфични аспект ETL процеса и ограничења у вези њиховог коришћења, затим предлог одговарајуће конкретне синтаксе и на крају краatak пример којим се илуструје коришћење језика.

Седмо поглавље бави се проблемом моделовања ETL процеса. Предложен је оригинални приступ моделовању ETL процеса који се заснива на коришћењу дефинисаних доменско-специфичних језика. Посебна пажња је посвећена савладавању сложености моделовања ETL процеса и начину на који је то постигнуто. У наставку поглавља је дат реалан пример којим је извршена валидација предложеног приступа моделовању. Примером је илустровано формирање модела у складу са предложеним доменско-специфичним језицима.

У осмом поглављу је дата спецификација софтверског решења. Представљена је општа физичка софтверска архитектура ETL платформе којом су специфициране неопходне софтверске компоненте, њихове улоге и одговорности, као и одговарајући интерфејси. Идентификоване софтверске компоненте су организоване у два слоја, формирајући на тај начин развојно и извршно окружење. Имплементација компоненти развојног и извршног окружења је разматрана у поглављима која следе.

Деветим поглављем је представљено развојно окружење предложене ETL платформе. Представљени су развијени алати, као и технологије које су коришћене за њихову имплементацију. У првом делу поглавља, разматран је основни скуп алата (*ETLProcessTool*, *ETLDataProcessTool*, *ETLExpressionTool* и *ETLTemplateTool*) којима је обезбеђена технолошка подршка формирању модела ETL процеса у складу са дефинисаним доменско-специфичним језицима, док је у другом делу представљен алат (*ETLDocumentationTool*) за аутоматско генерисање документације ETL процеса.

Десето поглавље се бави имплементацијом извршног окружења предложене ETL платформе. Представљени су основни сервиси (*ETLProcessService*, *ETLDataProcessService* и *ETLMetadataService*) предложеног извршног окружења којима је омогућено извршавање и

управљање формираним моделима ETL процеса, а затим је разматрана њихова имплементација у изабраном технолошком окружењу (*Microsoft .NET платформа*). Додатно, разматране су и специфичне технологије *Microsoft .NET платформе* којима су омогућене аутоматске трансформације модела и генерисање извршног кода. Извршена је анализа и за сваку технологију су идентификовани могући сценарији коришћења у контексту имплементације предложене ETL платформе.

У једанаестом поглављу дат је закључак, затим научни и стручни доприноси, као и правци даљих истраживања.

На крају рада је дат списак коришћене литературе.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Докторска дисертација има изузетан значај за решавање проблема концептуализације и аутоматизације развоја ETL процеса.

Тема којом се бави докторска дисертација је савремена и атрактивна, како у научном, тако и у практичном смислу.

Приступ развоју ETL процеса који је предложен у овој дисертацији, је иновативан и оригиналан, а резултати који су описани у дисертацији имају научни и практични значај.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

У дисертацији је коришћена обимна и савремена литература. Посебна пажња је посвећена радовима који су публиковани на водећим конференцијама и водећим часописима у области. Постојећи резултати и решења других истраживача су на адекватан начин доведени у релацију са доприносима ове докторске дисертације.

У изради ове дисертације коришћено је преко 100 извора релевантних за обраду ове теме.

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

За реализацију истраживања коришћене су опште методе истраживања: анализа-синтеза, индукција-дедукција и специјализација-генерализација.

У сврху сагледавања постојећих научних резултата и достигнућа у области коришћене су методе прикупљања и анализе. Извршена је критичка анализа постојећих решења и дат је предлог решења. За развој предложеног приступа коришћене су методе моделовања (за дефинисање језичких модела предложених доменско-специфичних језика), методе савремених приступа развоју софтвера (за развој предложене ETL платформе), као и методе евалуације (за проверу исправности предложеног решења).

Практична провера постављених хипотеза обављена је применом предложеног приступа развоју ETL процеса на развој конкретног ETL процеса у изабраном пословном домену, подржаном развијеним софтверским компонентама.

На основу анализе докторске дисертације, може се закључити да примењене научне методе и технике одговарају, по свом значају и структури, теми дисертације и спроведеном истраживању.

3.4. Применљивост остварених резултата

У раду се решава проблем концептуализације и аутоматизације развоја ETL процеса. Сходно томе, предложени оригинални приступ развоју ETL процеса има за циљ да омогући висок степен аутоматизације развоја ETL процеса и у складу са тим омогући висок степен продуктивности и ефикасности, али и ниске трошкове и време потребно за развој и одржавање ETL процеса. Предложено решење може се применити за развој софтверских решења која се баве проблемом ETL процеса у различитим пословним доменима. Примена предложеног приступа као и предност у односу на постојећа решења је приказана у раду.

Посебан значај предложеног решења се огледа у коришћењу доменско-специфичних језика за спецификацију ETL процеса. Предложени језици моделовања су једноставни, лако се уче и примењују и садрже минимални скуп релевантних концепата (блиских концептима реалног домена) чије је коришћење семантички контролисано. Поред тога, омогућено је и независно моделовање различитих аспеката ETL процеса чиме се додатно смањује комплексност моделовања ETL процеса. На овај начин омогућено је активно учешће доменских експерата током моделовања ETL процеса што је од пресудног значаја за успех пројекта.

Предложено решење је веома флексибилно и може се једноставно прилагодити потребама на конкретном пројекту. Могуће је усавршавање постојећих, али и једноставно додавање нових језика моделовања. Такође, могуће је веома једноставно прилагодити аутоматске трансформације модела ETL процеса како би се генерисао извршни код у складу са захтевима. Уопште, предложеним решењем је омогућено брзо прилагођавање променама што је један од кључних захтева савремених софтверских решења.

Као технолошка подршка предложеном приступу развијена је специфична ETL платформа. ETL платформа је реализована као проширење савремене Microsoft .NET платформе и састоји се од развојног и извршног окружења. Развијени су специфични софтверски алати (пре свега синтаксни едитори) којима је омогућено моделовање ETL процеса у складу са дефинисаним доменско-специфичним језицима, као и већи број софтверских компоненти којима је омогућено извршавање модела ETL процеса.

Посебна предност реализованог извршног окружења ETL платформе огледа се у омогућавању динамичког извршавања модела ETL процеса, тј. омогућено је аутоматско генерисање, компајлирање и извршавање модела ETL процеса у време извршавања софтверског решења. Поред тога, омогућено је и дистрибуирано извршавање модела ETL процеса чиме су омогућене високе перформансе.

Развијена ETL платформа је спремна за употребу чиме је омогућена практична примена предложеног приступа развоју ETL процеса у различитим пословним доменима.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Кандидат је у досадашњем научно истраживачком раду показао стваралачку способност и интуитивност. Током рада на дисертацији објавио је, као аутор или коаутор, радове у

међународним и националним часописима, као и у зборницима са домаћих и међународних конференција. Учествовао је на већем броју пројеката од националног значаја где је имао прилику да решава реалне проблеме из праксе и стекне неопходно искуство.

У дисертацији је дао опсежан преглед стања области, а затим спровео истраживање којим је потврдио и практично демонстрирао генералне хипотезе дисертације да се може аутоматизовати развој ETL процеса коришћењем MDD приступа, односно да је могуће дефинисати одговарајуће доменско-специфичне језике за формирање модела ETL процеса као и да се тако формирани модели могу аутоматски трансформисати у извршни код за изабрану ETL платформу.

Узевши у обзир целокупно залагање и остварене резултате у досадашњем научно-истраживачком раду, закључујемо да је кандидат способан да у потпуности самостално бави научно-истраживачким радом.

4. Остварени научни допринос

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Допринос ове дисертације се може дефинисати као оригинално решење за концептуализацију и аутоматизацију развоја ETL процеса. Појединачно, остварен је већи број доприноса међу којима се издвајају:

Научни доприноси

- Преглед и детаљна анализа постојећих решења проблема концептуализације и аутоматизације ETL процеса, разлике у односу на њих и предности предложеног решења.
- Предложено решење заснива се на формалној спецификацији ETL процеса за коју је предложено неколико нових доменско-специфичних језика, где сваки од њих дефинише концепте који су релевантни за специфични аспект ETL процеса. Дефинисани су следећи језици: (1) језик за спецификацију операција трансформација података (ETL-O), (2) језик за спецификацију тока извршавања ETL процеса (ETL-P), (3) језик за спецификацију израза (ETL-E) и (4) језик за спецификацију шаблона операција трансформација (ETL-T). Сваки од предложених језика дефинише концепте који су релевантни за специфичан аспект ETL процеса и због тога су веома погодни за решавање проблема у домену ETL система. На овај начин се значајно смањује сложеност моделовања.
- У складу са DSM приступом за сваки од уведених језика дефинисана је апстрактна и конкретна синтакса и семантика.
 - Језички модел апстрактне синтаксе за сваки доменско-специфичан језик дефинисан је метамоделом којим се описују специфични концепти одређеног аспекта ETL процеса. Сваком дефинисаном концепту придружена су семантичка правила, па је коришћење таквог концепта у моделовању семантички контролисано.
 - Конкретна синтакса за језике ETL-O, ETL-P и ETL-T обезбеђује графичке елементе који репрезентују концепте дефинисане одговарајућим језичким моделом. За језике ETL-P и ETL-T, уведени су одговарајући синтаксни дијаграми, као графичка репрезентација модела формираних у складу са датим језицима: (1) дијаграм тока извршавања ETL процеса и (2) дијаграм шаблона операције трансформације

података. Узимајући у обзир да у моделовању реалних, сложених ETL процеса посебно могу бити сложени модели који се креирају у складу са ETL-O језиком, уведена су три типа дијаграма: (1) дијаграм сложених операција трансформација, (2) дијаграм сложене операције трансформације и (3) дијаграм просте операције трансформације, који су графичка репрезентација модела засновани на ETL-O језику. На овај начин остварен је хијерархијски опис ETL процеса којим се у великој мери смањује сложеност моделовања.

- Конкретна синтакса ETL-E језика је дата у текстуалној нотацији.
- Дефинисана је специфична ETL платформа која описује слојеве за технолошку подршку развоју и извршавању модела ETL процеса.
- Дефинисана је општа физичка софтверска архитектура предложене ETL платформе као основа за њену имплементацију.

Стручни и практични доприноси

- Имплементација специфицираних доменско-специфичних језика остварена је увођењем специфичног апликационог оквира као технолошке подршке предложеној формалној спецификацији. Имплементација се заправо заснива на аутоматској трансформацији модела, формираним у складу са одговарајућим доменско-специфичним језиком, у извршни код апликационог оквира. Висок семантички ниво који је имплементационо подржан апликационим оквиром, утиче на смањење броја корака у развоју ETL процеса, који постаје више аутоматизован и самим тим много продуктивнији.
- Реализована је специфична ETL платформа за технолошку подршку развоју и извршавању модела ETL процеса, као физичка имплементација предложене опште физичке софтверске архитектуре.
 - Технолошка подршка моделовању остварена је развојем одговарајућих софтверских алата (пре свега синтаксних едитора). Развијени су графички едитори који омогућавају синтаксно вођено креирање дијаграма, као графичке репрезентације модела, на основу дефинисаног одговарајућег доменско-специфичног језика (ETL-O, ETL-P и ETL-T). Поред графичких едитора, развијен је и одговарајући текстуални едитор помоћу кога се формирају модели израза у складу са дефинисаним ETL-E језиком. Додатно, развијен је и алат којим је омогућено аутоматско генерисање документације ETL процеса.
 - Аутоматске трансформације модела, формираних коришћењем синтаксних едитора, у извршни код апликационог оквира подржане су са специфично развијеним генераторима.
 - Апликациони оквир подржан је скупом сервиса који омогућавају извршавање и управљање извршним кодом, генерисаним из формираних модела.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

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

експерименталан рад те је тиме остварен значајан допринос и добијена су сазнања која су релевантна за научну и стручну заједницу у области развоја ETL процеса.

4.3. Верификација научних доприноса

Марко Петровић објавио је, у сарадњи са другим ауторима, више научних радова у часописима међународног и националног значаја, као и у зборницима са домаћих и међународних конференција.

Категорија M23:

- М. Вучковић, **М. Петровић**, Н. Турајлић, М. Станојевић: The Specification of ETL Transformation Operations based on Weaving Models, *International Journal of Computers, Communication and Control*, ISSN 1841-9836, 7(5): 968-975, 2012. SCIE **IF=0.441**

Категорија M33:

- Н. Турајлић, **М. Петровић**, М. Вучковић: Analysis of ETL Process Development Approaches: Some Open Issues. *In Proc. of SYMORG'14*, 45-51. 2014.
- Н. Турајлић, **М. Петровић**, М. Вучковић, И. Драговић: Groundwork for Presentation Pattern Metamodels, *In Proc. of INFOTEH*, Vol.12, 731-736, Jahorina, 2013.

Категорија M53:

- **М. Петровић**, Н. Турајлић, И. Драговић: Преглед и упоредна анализа презентационих патерна, *часопис ИнфоМ* 9(34), 35-41, Београд, 2010.
- С. Нешковић, **М. Петровић**: Моделовање пословних процеса коришћењем OMG BPMN 2.0 стандарда, *часопис ИнфоМ* 8(31), 12-18, Београд, 2009.
- М. Миновић, В. Штавланин, Д. Старчевић, **М. Петровић**: Примена J2ME технологија у мобилном банкарству, *часопис ИнфоМ* 3(10), 33-37, Београд, 2004.
- С. Лазаревић, **М. Петровић**: Корелација једнакости, хешинга и наслеђивања, *часопис ИнфоМ* 2(8), 37-40, Београд 2003.

Категорија M63:

- **М. Петровић**, М. Миновић, С. Лазаревић: Мобилни уређаји и .NET Web сервиси, *Зборник радова YU INFO*, Копаоник, 2006.
- М. Мухић, **М. Петровић**, Ј. Томашевић: Web сервиси као подршка примени Cost-Benefit анализе, *Зборник радова YU INFO*, Копаоник, 2006.
- С. Лазаревић, **М. Петровић**: Корелација једнакости, хешинга и наслеђивања, *Зборник радова SYMOPIS*, 247-251, Херцег Нови, 2003.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

На основу прегледа и анализе докторске дисертације, Комисија сматра да докторска дисертација под називом „Развој процеса екстракције, трансформације и пуњења података складишта података заснован на моделом вођеном приступу“ кандидата Марка Петровића садржи значајне научне и стручне доприносе у области развоја ETL процеса.

Докторска дисертација се бави проблемом концептуализације и аутоматизације развоја ETL процеса. Предложено је и реализовано оригинално решење које се, у складу са DSM (Domain Specific Modeling) приступом, заснива на формалној спецификацији ETL процеса и њеној аутоматизацији уз помоћ специфичног апликационог оквира.

За формалну спецификацију ETL процеса дефинисано је неколико нових доменско-специфичних језика. Дефинисани језици моделовања су једноставни, лако се уче и примењују и садрже минимални скуп релевантних концепата чије је коришћење семантички контролисано. Сваки од ових језика дефинише концепте који су релевантни за моделовање одређеног аспекта ETL процеса. Моделовање ETL процеса се заправо своди на моделовање одређеног аспекта ETL процеса коришћењем одговарајућег доменско-специфичног језика. На овај начин значајно се смањује сложеност моделовања, те су предложени приступ моделовању и дефинисани доменско-специфични језици веома погодни за решавање проблема у домену ETL процеса.

Имплементација специфицираних доменско-специфичних језика остварена је увођењем специфичног апликационог оквира као технолошке подршке предложеној формалној спецификацији. Увођењем апликационог оквира значајно је подигнут семантички ниво који је имплементационо подржан и који се може аутоматизовати. Имплементација се заправо заснива на аутоматској трансформацији модела, формираним у складу са одговарајућим доменско-специфичним језиком, у извршни код апликационог оквира.

У складу са предложеним приступом, уведена је и специфична ETL платформа (као проширење Microsoft .NET платформе) којом је омогућен развој и извршавање модела ETL процеса. Технолошка подршка моделовању остварена је специфично развијеним софтверским алатима (пре свега синтаксним едиторима) којима је омогућено формирање модела у складу са одговарајућим доменско-специфичним језиком. Аутоматске трансформације модела, формираних коришћењем развијених синтаксних едитора, у извршни код апликационог оквира подржане су специфично развијеним генераторима. Апликациони оквир подржан је скупом развијених сервиса који омогућавају извршавање и управљање извршним кодом, генерисаним из формираних модела.

Валидација предложеног решења, које се заснива на експлицитном коришћењу дефинисаних доменско-специфичних језика за моделовање ETL процеса и аутоматским трансформацијама формираних модела у извршно окружење, обављена је његовом применом на развој конкретног ETL процеса у изабраном пословном домену, подржаном развијеним софтверским компонентама.

Комисија је закључила да је кандидат самостално урадио рад уз коришћење обимне савремене литературе и да је кроз овај рад дао допринос развоју области Информационих система.

Комисија такође закључује да је садржајем докторске дисертације обухваћено значајно подручје истраживања, како са теоријског тако и са апликативног аспекта. 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 изложеног предлажемо да се приложена докторска дисертација под насловом „**РАЗВОЈ ПРОЦЕСА ЕКСТРАКЦИЈЕ, ТРАНСФОРМАЦИЈЕ И ПУЊЕЊА ПОДАТАКА СКЛАДИШТА ПОДАТАКА ЗАСНОВАН НА МОДЕЛОМ ВОЂЕНОМ ПРИСТУПУ**“ кандидата **Марка Петровића** прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

У Београду 18.08.2014. године,

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

Проф. др Зоран Марјановић, редовни професор,
Факултет организационих наука, Универзитет у Београду

Проф. др Милица Вучковић, ванредни професор,
Факултет организационих наука, Универзитет у Београду

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

др Слађан Бабарогић, доцент,
Факултет организационих наука, Универзитет у Београду

Проф. др Владан Јовановић, редовни професор,
Allen E. Paulson College of Engineering and Information Technology,
Georgia Southern University, SAD