

30.04.2012.. године
Београд,
04-03-11/49

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
Веће научних области природно -
математичких наука
Београд
Студентски трг бр 1

У прилогу дописа достављамо извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Зорана (Влатко) Шеварца, са пратећом документацијом.

Докторска дисертација и извештај комисије о оцени завршене докторске дисертације кандидата мр Зорана (Влатко) Шеварца 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

04-03-11/49

(Број индекса)

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

30.04.2012. 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

мр Зорана (Влатко) Шеварца

(име, име једног родитеља и презиме)

Кандидат мр Зоран (Влатко) Шеварац пријавио је докторску дисертацију под називом:

(име, име једног родитеља и презиме)

Софтверско инжењерство интелигентних система

Универзитет је дана 07.12.2009. године својим актом под 612-23/17/09 дао сагласност на предлог теме докторске дисертације која је гласила

Софтверско инжењерство интелигентних система

Комисија за оцену и одбрану докторске дисертације кандидата мр Зорана (Влатко) Шеварца

(име, име једног родитеља и презиме)

образована је на седници одржаној 14.03.2012. године, одлуком Факултета под бр 3/35-6 у саставу:

име и презиме члана комисије	звање	научна област
1. др Владан Девеџић	ред. проф. ФОН-а	софтверско инжењерство
2. др Јелена Јовановић	доцент ФОН-а	софтверско инжењерство
3. др Драган Гашевић	ванр. проф. Атабаска Универзитет, Едмонт, Канада	софтверско инжењерство

Наставно-научно веће Факултета прихватило је извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације на седници одржаној дан 28.03.2012. године.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Прилог:

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.

Проф. др Милан Мартић

Поводом предлога Већа студијског програма докторских академских студија, а на основу члана 56. Статута Факултета, на седници Наставно-научног већа одржаној 28.3.2012. године, једногласно је донета следећа

ОДЛУКА

Прихвата се Извештај Комисије за оцену завршене докторске дисертације кандидата мр Зорана Шеварца, под насловом »СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО ИНТЕЛИГЕНТНИХ СИСТЕМА« и даје се на увид јавности.

На Наставно-научном Већу 23.12.2009. године одобрена је израда докторске дисертације кандидата мр Зорана Шеварца под називом »СОФТВЕРСКО ИНЖЕЊЕРСТВО ИНТЕЛИГЕНТНИХ СИСТЕМА« на основу добијене Одлуке Већа научних области природно-математичких наука Универзитета у Београду, о давању сагласности на предлог теме докторске дисертације од 22.01.2010. године, број: 612-23/18/10.

Кандидат мр Зоран Шеварац је објавио следећи рад који га квалификује да може да одбрани докторску дисертацију:

1. Шеварац, З., Јовановић, Ј., Девеџић, В., Adaptive Neuro-Fuzzy Pedagogical Recommender, Expert Systems With Applications, accepted for publication, 2012., ISSN: 0957-4174, DOI: 10.1016/j.eswa.2012.02.174, IF 1.924

Председник Наставно научног већа

Проф. др Милан Мартић

Доставити:

- Служби за ПДС
- Секретару органа управљања и стручних органа
- Архиви

Наставно- научном већу ФОН-а

Одлуком Научно-наставног већа ФОН-а од 14.03.2012. именовани смо у Комисију за оцену завршене докторске дисертације кандидата мр. Зорана Шеварца, под насловом: "Софтверско инжењерство интелигентних система" и на основу тога подносимо следећи

ИЗВЕШТАЈ

1. УВОД

Наслов дисертације је "Софтверско инжењерство интелигентних система", обима 146 страна. Дисертација је одобрена за израду 28.10.2009. од стране Научно-наставног већа ФОН-а, а завршена 14.03.2012. што је потврђено од стране Научно-наставног већа ФОН-а. Дисертација је урађена у области рачунарских наука.

Зоран Шеварац рођен је 18.01.1977. године у Београду, где је завршио основну и средњу школу. Студије на Факултету организационих наука започео је школске 1997/98. године. Дипломирао је 2004. године, на смеру за Информационе системе, одбраном дипломског рада из области вештачке интелигенције на тему „Апликациони оквир за развој неуронских мрежа”.

Школске 2004/05 године уписује магистарске студије на Факултету организационих наука, на смеру за Информационе системе. Магистарску тезу под насловом „Хибридни интелигентни агент“ одбранио је 2009. године. Ментор за дипломски рад и на магистарским студијама био је проф. др Владан Девеџић.

Од 2005. године ради на ФОН-у као сарадник на истраживачким пројектима у Лабораторији за вештачку интелигенцију, од 2008. као сарадник у настави, а од 2009. као асистент на катедри за софтверско инжењерство.

У оквиру Лабораторије за вештачку интелигенцију, радио је на следећим пројектима:

1. Истраживачки Web портали (2005-2006)
2. Ариадне (2005-2006)
3. Web интелигенција и електронско учење (2005-2007)
4. Електронски консалтинг у области заваривања (2006-2007)
5. Софтвер за подршку учењу преко Web-а (2008-2010)
6. Online presence for Learning (2011- данас)
7. Инфраструктура за електронски подржано учење (2011-данас)

Рад на наведеним пројектима обухватао је администрацију сервера, развој софтвера, и истраживачки рад у области примене технологија вештачке интелигенције.

Као сарадник у настави и асистент, радио је на предметима Принципи програмирања и Интелигентни системи. На предмету Принципи програмирања држао је лабораторијске вежбе из програмског језика Јава, а на предмету Интелигентни системи из неуронских мрежа и интелигентних агената.

У сарадњи са фирмом ИНИ, развио је алгоритам за интелигентну претрагу метала који се користи на комерцијалним базама података челика (www.keytosteel.com) и метала (www.keytometals.com). Овај алгоритам патентиран је у САД.

Посебно значајан резултат досадашњег рада представља софтверски фрејмворк за развој неуронских мрежа *Neuroph*, који је настао као резултат вишегодишњег истраживања, које је започето дипломским радом, настављено током магистарских студија и јавно објављено током израде магистарске тезе на највећем светском порталу за развој софтвера отвореног кода SourceForge (sourceforge.net), и тренутно је један од водећих софтвера отвореног кода у области неуронских мрежа у свету. Овај софтвер је коришћен као конкретан пример кроз који је представљено искуство у развоју софтвера отвореног кода у области интелигентних система кроз докторску дисертацију.

Као истакнути члан заједнице отвореног кода, и промотер NetBeans пројекта 2011. постао је члан управног одбора и главног тима NetBeans пројекта <http://www.netbeans.org> (NetBeans Dream team). NetBeans пројекат је један од водећих развојних окружења за Java-у и развија се у оквиру компаније Oracle.

Кандидат је аутор више стручних радова на домаћим и страним конференцијама и у часописима.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

Предмет истраживања ове дисертације је примена принципа софтверског инжењерства у развоју софтверских фрејмворка из области интелигентних система.

Основна мотивација за истраживање је настојање да се систематизују искуства у развоју ове врсте софтвера, да се сагледају специфичности у планирању и управљању развојем, идентификују главни проблеми и на тај начин дефинише један обједињени приступ за развој интелигентних рачунарских система, заснован на савременим принципима софтверског инжењерства.

Развој софтвера отвореног кода из области интелигентних система, повезан је с разним проблемима због својих специфичности. С једне стране често се ради о софтверу истраживачке намене и сложеним алгоритмима, а с друге стране је захтев да тај софтвер буде применљив за практичне проблеме, и једноставан за коришћење и даљи развој. Такође ту су и уобичајни проблеми софтвера отвореног кода са одржавањем, подршком, документацијом и даљим развојем. Иако наведени проблеми на први поглед нису директно везани за развој софтвера, они у великој мери утичу на животни циклус и успех софтвера, а директно зависе од начина на који је софтвер пројектован и имплементиран. Због тога, идеја овог истраживања је да се сви наведени елементи сагледају у целини, да се дефинише њихова повезаност, да се укаже на конкретне проблеме и да се дају предлози за њихово превазилажење.

Поред метода за спецификацију захтева, анализу и пројектовање анализирани су инфраструктура за развој софтвера, планирање функционалности, дефинисање апликационог интерфејса и општи модел софтверског фрејмворка у целини.

Све наведено приказано је на примеру развоја додатних функционалности за један изабран софтверски фрејмворк отвореног кода, из области интелигентних система, конкретно из области неуронских мрежа.

Општи циљ дисертације је дефинисање јасног оквира, метода и принципа за пројектовање и развој софтверских фрејмворка отвореног кода из области интелигентних система. На тај начин дисертација даје допринос методологији развоја софтвера из области интелигентних система.

Специфични циљеви истраживања су следећи:

- Дефинисање процеса развоја софтверских фрејмворка отвореног кода из области интелигентних система;

- Сагледавање животног циклуса софтверских фрејмворка отвореног кода из области интелигентних система;
- Преглед најважнијих софтверских патерна који се користе у пројектовању софтверских фрејмворка, и њихово сагледавање у целини у контексту креирања фрејмворка из области интелигентних система;
- Приказ развојног окружења у ширем смислу, као и конкретних алата који се користе у софтверским пројектима;
- Развој додатних функционалности за изабран фрејмворк отвореног кода из области интелигентних система, у коме ће се применити све претходно наведено.

Приступ примењен при решавању изложеног проблема и у сврхе постизања постављених циљева састојао се из следећих фаза:

1. Проучавање постојеће литературе у области развоја софтвера уопште, посебно развоја софтвера отвореног кода и софтверских фрејмворка;
2. Извршена је анализа постојећих софтверских фрејмворка из области неуронских мрежа и сагледана су искуства током њиховог развоја и примене;
3. На основу извршене анализе постојећих софтверских фрејмворка из области неуронских мрежа дефинисане су нове функционалности које је потребно додати једном изабраном фрејмворку;
4. Извршено је пројектовање нових функционалности фрејмворка за неуронске мреже, током којих су дефинисана оптимална решења која обезбеђују флексибилност, проширивост и једноставност коришћења;
5. На основу анализе постојећих фрејмворка и искуства током пројектовања нових функционалности дефинисан је општи модел софтверског фрејмворка, који дефинише скуп елементата које један фрејмворк из области интелигентних система треба да обезбеди, и принципи за дизајн јавног програмског интерфејса;
6. Имплементирани су додатне функционалности за изабрани фрејмворк из области неуронских мрежа;
7. Дати су примери примене фрејмворка за неуронске мреже за који су развијене додатне функционалности;
8. Извршена је евалуација у којој је дат упоредни приказ софтверских фрејмворка из области неуронских мрежа, кроз који су сагледани њихов скуп функционалности, перформансе, једноставност коришћења и задовољство корисника.

У складу са изложеним проблемом, предметом и циљем истраживања, садржај дисертације је следећи:

1. Увод

У овом поглављу су дати су предмет истраживања, формулација проблема, циљеви истраживања и садржај рада по поглављима.

2. Преглед релевантних области

У овом поглављу дат је преглед релевантних области за ово истраживање. Прво је дат преглед актуелних модела процеса развоја софтвера, инфраструктуре за развој софтвера отвореног кода, и објашњен је појам софтверског фрејмворка. Затим је дат кратак преглед актуелних софтверских фрејмворка из области интелигентних система и то из следећих подобласти: интелигентних агената, семантичког Web-а, машинског учења,

генетских алгоритама и неуронских мрежа. На крају је дат преглед главних карактеристика фрејмворка из области неуронских мрежа.

3. Планирање развоја софтвера

У овом поглављу описано је планирање развоја додатних функционалности за изабрани фрејмворк из области интелигентних система, односно неуронских мрежа. Прво је извршена анализа тренутног стања, у којој су у најбитнијим елементима сагледане карактеристике три актуелна фрејмворка за развој неуронских мрежа. Затим су дефинисани циљ и стратегија развоја, на основу којих су из упоредног прегледа функционалности, изабране функционалности које ће се развијати. На крају је дат преглед планираних функционалности за развој са кратким описом и напоменама у вези њиховог значаја.

4. Анализа и пројектовање

У овом поглављу извршена је анализа архитектуре три изабрана софтверска фрејмворка из области неуронских мрежа, и детаљније су анализирани структура и начини проширења *Neuroph* фрејмворк, који је изабран као основа на којој су демонстрирани принципи софтверског инжењерства приликом развоја софтверског фрејмворка из области интелигентних система. На основу анализе *Neuroph* фрејмворка, дат је општи модел и дефинисани су принципи пројектовања фрејмворка. У складу са дефинисаним моделом и принципима пројектовања, извршени су анализа захтева и пројектовање нових функционалности за *Neuroph* фрејмворка.

5. Имплементација

У овом поглављу дат је програмски код и описани су детаљи имплементације најважнијих класа које су испројектоване у четвртом поглављу. Уз сваки листинг програмског кода, указано је на најбитније елементе имплементације, разлог за примену одређених решења и указано је на сагласност са принципима развоја фрејмворка дефинисаних у 4. поглављу. Уз сваку нову функционалност, дат је и кратак пример који демонстрира начин коришћења.

6. Примери коришћења

У овом поглављу дати су примери који демонстрирају начин решавања проблема помоћу неуронских мрежа и *Neuroph* фрејмворка, и то за проблеме класификације цветова ириса и препознавања слика.

7. Евалуација

У овом поглављу дата је евалуација *Neuroph* фрејмворка након развоја нових функционалности. Евалуација обухвата упоредни преглед функционалности и фрејмворка у целини, једноставност коришћења и задовољство корисника, и тестирање перформанси.

8. Закључак

У последњем поглављу дат је преглед основних доприноса овог рада, могућностима примене и правацима даљег истраживања и развоја. Основни допринос чине унапређења постојећег

фрејмворка за неуронске мреже, општи модел софтверског фрејмворка из области интелигентних система и препоруке за планирање и вођење пројеката развоја софтверских фрејмворка отвореног кода у области интелигентних система. Могућности примене обухватају примену развијеног фрејмворка за неуронске мреже у истраживању и едукацији, и примену општег модела фрејмворка за развој фрејмворка у другим областима интелигентних система. На крају поглавља су наведени конкретни планови за даљи развој функционалности *Neuroph* фрејмворка.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

Софтвер отвореног кода има изузетан значај у савременој науци, образовању и индустрији. Поред очигледног значаја што разне врсте софтвера чини доступним и приступачним широком кругу корисника, још већи значај има у погледу размене знања, јер пружа увид у детаље имплементације одређене врсте софтвера. Област интелигентних система обухвата читав низ подобласти, које су у динамичном развоју и код којих софтверска решења отвореног кода имају велики значај јер:

- омогућавају да се нова решења граде на основу постојећих;
- омогућавају увид у детаље имплементације и брже откривање проблема;
- омогућавају комбиновање и синергију више решења;
- малим истраживачким групама и појединцима обезбеђују приступ софистицираним софтверским технологијама.

Развој софтвера отвореног кода у области интелигентних система суочава се са следећим изазовима:

- 1) најчешће се ради о софтверу истраживачке намене који треба да буде применљив и за практичне проблеме;
- 2) такав софтвер одликује сложена структура и алгоритми који би требало да буду једноставни за коришћење и модификацију;

Решење за ове захтеве који су у међусобној колизији је развој софтверских фрејмворка који успешно балансирају између ових захтева, и примена одговарајућих метода пројектовања и вођења развоја које су потврђене у пракси.

Дисертација се бави управо овим проблемима, и даје решење у виду јасних препорука за пројектовање, имплементацију и вођење софтверских пројеката отвореног кода у области интелигентних система, са фокусом на софтверске фрејмворке.

У раду је консултовано и анализирано 25 референтних радова, од којих се издвајају следећи:

- за преглед модела процеса развоја софтвера [Jacobson, I., Booch, G., Rumbaugh, J., 1999], [Larman, C., 2003], [Beck, K., Andres, C., 2004]
- за преглед праксе у развоју софтвера отвореног кода [Feller, J. 2001], [Laurent, A., 2004], [Fogel, K., 2005]
- анализу софтверских патерна и архитектуре софтверских фрејмворка [Xiaoping, J., 1999]
- за математичке моделе алгоритама за неуронске мреже који су имплементирани [Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., Williams, R. J., 1986], [Nguyen, D., Widrow, B. 1990], [Riedmiller, M., 1994]

У раду су примењени научни методи: анализа, синтеза и моделирање. Анализом праксе у развоју софтвера отвореног кода, и постојећих софтверских фрејмворка у области интелигентних система, дефинисани су елементи чијом синтезом је креиран општи модел

софтверког фрејмворка у области интелигентних система и модел процеса развоја софтвера отвореног кода у истој области. Ови модели су затим примењени у развоју додатних функционалности за један конкретан софтверски фрејмворк из области интелигентних система, за неуронске мреже. Ови методи су се показали као адекватни јер су омогућили сагледавање проблема и решења у реалном контексту у оквиру пројекта који се показао успешан у пракси.

Остварени резултати примењени су у пракси у развоју водећег софтвера отвореног кода за неуронске мреже. Популарност софтвера која се огледа у броју од око 500 преузимања на недељном нивоу, као и примена софтвера у другим истраживачким пројектима најбоље верификују остварене резултате.

Дисертација је урађена самостално од стране кандидата, а резултати дисертације показују оригиналност исте. Евалуација добијених резултата показује потпуну испуњеност и поштовање постављених циљева истраживања. Кандидат показао способност за самостални научни рад објављивањем рада у часопису, у којем је имао примарну и водећу улогу.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

Основни доприноси рада су :

- 1) Унапређење постојећег софтверског фрејмворка за неуронске мреже, чиме се учвршћује његова позиција водећег фрејмворка у својој области. Фрејмворк има велику примену у истраживању у области неуронских мрежа.
- 2) Креиран је општи модел софтверског фрејмворка из области интелигентних система, и дефинисани су принципи пројектовања структуре фрејмворка и програмског интерфејса. Дефинисани модел и принципи пројектовања потврђени су у пракси, и могу се примењивати за пројектовање софтверских фрејмворка из разних других области интелигентних система (не само за област неуронских мрежа).
- 3) Дефинисан је цео процес планирања, пројектовања, имплементације и евалуације софтверског фрејмворка отвореног кода из области интелигентних система. Дакле поред конкретних техничких препорука у погледу пројектовања софтвера и имплементације, дефинисан је цео процес развоја софтвера отвореног кода, од настанка идеје до објављивања успешног софтверског производа у области интелигентних система.

Резултати дисертације верификовани су објављивањем рада у следећем часопису:

Ševarac, Z., Jovanović, J., Devedžić, V., Adaptive Neuro-Fuzzy Pedagogical Recommender, Expert Systems With Applications, accepted for publication, 2012., ISSN: 0957-4174, DOI: 10.1016/j.eswa.2012.02.174, IF 1.924

У објављеном раду описани су развој и примена софтверских компоненти заснованих на неуронским мрежама, за креирање педагошких препорука у оквиру система за електронско учење. У развоју су примењене препоруке за развој и софтверска решења који су резултат ове дисертације.

Остварени резултати, општи модел софтверског фрејмворка и модел процеса развоја, успешно су примењени у пракси, у развоју софтвера за неуронске мреже. Пракса ће

показати у којој мери су дати модели применљиви и у другим областима интелигентних система, мада обзиром да се ради о општим моделима и препорукама, извесно је да су директно применљиви и у другим областима.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

У овој дисертацији је кроз развој једног конкретног фрејмворка из области интелигентних система, развијен општи модел софтверског фрејмворка и процеса развоја софтвера отвореног кода у области интелигентних система. Резултати дисертације су примењени и потврђени у пракси на развоју софтверског фрејмворка отвореног кода за неуронске мреже. Развијени модел и методе могу се применити и у другим областима интелигентних система.

Имајући у виду све наведене чињенице, комисија Наставно-научног већа предлаже да се рад мр Зорана Шеварца под називом „Софтверско инжењерство интелигентних система“ прихвати као докторска дисертација и да се кандидату одобри усмена одбрана.

Београд, 20.03.2012.

6. ПОТПИСНИЦИ ИЗВЕШТАЈА

др Владан Девечић, редовни професор, ФОН, Београд, ментор

др Јелена Јовановић, доцент, ФОН, Београд, члан

др Драган Гашевић, ванредни професор, Атабаска Универзитет, Едмонтон, Канада, члан



Date: Mar. 29, 2012

To: Dr Zoran Sevarac
University of Belgrade
Faculty of Organizational Sciences
Department of Software Engineering
Jove Ilica 154, 11000 Belgrade
Serbia

Subject: Acceptance Expert Systems With Applications

RE: ESWA-D-11-03373
Adaptive Neuro-Fuzzy Pedagogical Recommender

Dear Dr Sevarac,

We are pleased to advise you that the above article has been accepted by the Journal Editor, Jay Liebowitz, on February 13, 2012 and the files transferred to the Production department.

Please contact us if you require further assistance.

If responding to this e-mail, please ensure that the reference number remains in the subject line.

Should you have any additional questions or concerns, please visit our self-help site at: <http://support.elsevier.com/>. Here you will be able to search for solutions on a range of topics, find answers to frequently asked questions and learn more about EES via interactive tutorials. You will also find our 24/7 support contact details should you need further assistance from one of our customer service representatives.

Yours sincerely,

Nobilie F. Niz

Elsevier Customer Support

Copyright 2008 Elsevier Limited. All rights reserved.
How are we doing? If you have any feedback on our customer service we would be happy to receive your comments at customerfeedback@elsevier.com