

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидата Ане Узелац

Одлуком бр 3/94-9 од 26.8.2015. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидата Ане Узелац под насловом

Праћење параметара физичког окружења применом Интернета интелигентних уређаја у циљу анализе њиховог утицаја на квалитет предавања

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидатом Аном Узелац, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Кандидат Ана Узелац је уписала докторске студије на Факултету организационих наука Универзитета у Београду 2008. године. На докторским студијама је положила свих девет испита предвиђених планом и програмом докторских студија. Приступни рад за докторску дисертацију је одбранила у октобру 2012. године.

Ана Узелац је 31.10.2012. године пријавила докторску дисертацију под називом „Анализа утицаја параметара физичког окружења на квалитет предавања применом Интернета интелигентних уређаја“. Комисија за оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације формирана је 24.10.2012. бр 3/115-16. Одлука о усвајању Извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је 5.12.2012. бр 3/126. Веће Универзитета у Београду је 24.12.2012. наложило Факултету организационих наука да измени назив теме докторске дисертације и сугерисало да се из назива теме изостави реч „Анализа“ јер је сувишна. Веће Факултета организационих наука је 23.01.2013. године бр 3/1/4 донело одлуку да се назив дисертације промени у „Праћење параметара физичког окружења применом Интернета интелигентних уређаја у циљу анализе њиховог утицаја на квалитет предавања“. Одлуком Универзитета у Београду од 4.02.2013. бр 06-419/30-13 даје се сагласност на предлог теме докторске дисертације Ане Узелац под називом „Праћење параметара физичког окружења применом Интернета интелигентних уређаја у циљу анализе њиховог утицаја на квалитет предавања“. Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од 6.03.2013. 3/32-12 одобрена је израда докторске дисертације, а за ментора је именован др Срђан Крчо, тадашњи доцент Факултета организационих наука. Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од 24.9.2014. бр 3/79-20 одобрава се продужење рока за завршетак докторских студија за годину дана кандидату Ани Узелац. Одлуком Наставно-научног већа Факултета организационих наука од 18.02.2015. бр 3/23-6 уместо ментора др Срђана Крче, именује се проф. др Божидар Раденковић, редовни професор Факултета организационих наука. Ментор је 26.8.2015. известио Наставно-научно

веће Факултета организационих наука да је Ана Узелац завршила израду докторске дисертације. Наставно-научно веће Факултета организационих наука је именovalo Комисију за оцену завршене докторске дисертације 26.8.2015. бр 3/94-9.

1.2. Научна област дисертације

Предмет дисертације је развој и имплементација паметне учионице опремљене одговарајућим интелигентним уређајима која у реалном времену пружа информацију о квалитету предавања. Централни проблем који се разматра је испитивање могућности примене Интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама, са циљем прикупљања релевантних параметара физичког окружења за време предавања на основу којих би било могуће аутоматски одредити квалитет предавања у реалном времену.

Докторска дисертација се може сврстати у научну област: информациони системи и технологије, док је ужа научна област: електронско пословање. Научне подобласти, којима се бави докторска дисертација су: Интернет интелигентних уређаја; паметне учионице, обрада дигиталног сигнала, класификација, машинско учење, *cloud computing*. Ментор дисертације је проф. др Божидар Раденковић, редовни професор Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. Ментор припада ужој научној области из које је кандидат радила докторску дисертацију, био је ментор на 15 одбрањених докторских дисертација и до сада има објављено 25 радова у часописима са импакт фактором.

1.3. Биографски подаци о кандидату

Ана Узелац је рођена 1977. године у Ужицу. Основну школу и гимназију је завршила у Ужицу. Дипломирала је 2001. године на Математичком факултету Универзитета у Београду, на смеру рачунарство и информатика.

Од 2001. до 2008. године је радила као програмер и вођа тима на разним пројектима од националног и међународног значаја.

Докторске студије започиње 2008. године, када уписује смер Електронско пословање на Факултету организационих наука, чиме започиње и научноистраживачки рад. На докторским студијама је положила свих девет испита са просечном оценом 9,78.

2009. године почиње да ради као асистент на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду, на Катедри за општу и примењену математику, на ужој научној области „Информатика” где је асистент на три предмета на основним студијама и на два предмета на мастер студијама.

Заједно са стручњацима и истраживачима из целе Европе похађала је летњу школу „SenZations” 2010. чија тематика су сензорске мреже и Интернет интелигентних уређаја са разним применама. Тада почиње да се интензивније бави проучавањем начина праћења људских интеракција коришћењем првенствено сензорских мрежа. Редовно прати достигнућа у овој области, пратећи радове неколико водећих научника и истраживача ове области. И наредних године се прикључује летњој школи „SenZations” како би стекла увид у нова истраживања у тој области.

Објавила је десетину научних радова од којих је један индексиран у *IEEE Xplore* бази, а један од радова се налази на *SCI* листи. Поред великог броја радова, коаутор је најновијег издања

учбеника за предмет Основи програмирања издатог на Саобраћајном факултету Универзитета у Београду.

Жеља јој је да у научном домену што више напредује, да се посвети истраживању примене сензорских технологија у паметној учионици и да баш у тој области стекне највише академско звање.

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Дисертација је обима од 147 страница, садржи 25 слика и графичких приказа, 17 табела, 301 литературни навод и прилог.

Структура докторске дисертације обухвата следеће целине: Интернет интелигентних уређаја, паметне учионице, преглед остварених резултата и релевантних истраживања, спецификацију и анализу захтева система, дизајн и имплементацију компоненти система и њихову интеграцију, евалуацију система и анализу његових перформанси.

Докторска дисертација се састоји из следећих поглавља и потпоглавља:

- 1 Увод
 - 1.1 Дефинисање предмета истраживања
 - 1.2 Циљеви истраживања
 - 1.3 Полазне хипотезе
 - 1.4 Методе истраживања
 - 1.5. Структура и организација рада
- 2 Појмови и дефиниције
 - 2.1 Интернет интелигентних уређаја. Појам и дефиниција.
 - 2.2 Паметне учионице
 - 2.3 Квалитет предавања
- 3 Преглед остварених резултата и релевантних истраживања
 - 3.1 Научне дисциплине
 - 3.2 Невербално понашање
 - 3.3 Обрасци понашања
- 4 Спецификација и анализа захтева система
 - 4.1 Технички захтеви
 - 4.2 Захтеви у вези са прикупљањем података и местом постављања сензора
 - 4.3 Захтеви у вези са архитектуром система
 - 4.4 Захтеви које треба да испуњава окружење
 - 4.5 Захтеви у вези са перформансама решења
- 5 Селекција и анализа параметара који утичу на квалитет предавања
 - 5.1 Анкетни упитник
 - 5.2 Потенцијални параметри за мерење социолошких сигнала
 - 5.3 Потенцијални параметри из физичког окружења
 - 5.4 Окружење у коме је обављено опсервационо истраживање
 - 5.5 Анотација података
 - 5.6 Анализа параметара

- 5.7 Евалуација класификатора
- 5.8 Коначна селекција параметара
- 6 Дизајн и имплементација компоненти система и њихова интеграција
 - 6.1 Опис предложеног система за одређивање квалитета предавања
 - 6.2 Архитектура предложеног система за праћење квалитета предавања
 - 6.3 Имплементација система за праћење квалитета предавања
 - 6.4 Дијаграм случајева коришћења
 - 6.5 Системски дијаграм секвенци
 - 6.6 Евалуација система
 - 6.7 Анализа перформанси класификатора и резултата истраживања
- 7 Научни доприноси
- 8 Будућа истраживања
- 9 Закључак
- 10 Литература
- 11 Списак слика
- 12 Списак табела
- 13 Прилози
- 14 Биографија аутора

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводу су описани предмет и циљеви дисертације, полазне хипотезе и методе истраживања, представљена је структура и организација рада.

У другом поглављу описани су појмови, дефиниције, карактеристике Интернета интелигентних уређаја, паметних учионица и квалитета предавања. Урађена је и класификација постојећих паметних учионица, с посебним освртом на паметне учионице које се заснивају на концепту Интернета интелигентних уређаја.

У трећем поглављу дат је преглед остварених резултата и релевантних истраживања. Представљене су и научне дисциплине које су у уској вези са предметом истраживања. Описано је невербално понашање и представљени обрасци понашања. Дат је преглед достигнућа у области проучавања образаца понашања, као и преглед достигнућа у области проучавања човекових активности на које се овај рад ослања. Урађена је систематизација и анализа параметара физичког окружења који могу да имају утицај на когнитивне способности студената.

У четвртом поглављу је дата спецификација и анализа захтева система, са посебним освртом на захтеве техничке природе, захтеве у вези са прикупљањем и обрадом података, архитектуром и перформансама система.

У петом поглављу је извршена селекција и анализа параметара који утичу на квалитет предавања. Обрађени су и описани резултати добијени анкетом чији је циљ био да се издвоје параметри који утичу на квалитет предавања. Представљено је и окружење у којем је обављено опсервационо истраживање. Издвојени су и потенцијални параметри за мерење социолошких сигнала, као и параметри из физичког окружења. Детаљном анализом потенцијалних параметара извршена је њихова коначна селекција којом су утврђени они параметри који су се показали битним приликом одређивања задовољства студената квалитетом предавања.

У шестом поглављу је дат дизајн и имплементација система за праћење квалитета предавања. Описани су саставни делови система, представљена је његова архитектура и описана интеграција његових саставних делова. Урађена је и евалуација система и његових перформанси.

У седмом поглављу дат је преглед научних доприноса дисертације.

Будући правци развоја и истраживања су приказани у осмом поглављу.

У закључку је дат преглед садржаја дисертације.

Списак литературе садржи релевантне референце за област дисертације.

У прилогу је дат списак слика и табела из дисертације као и анкета и делови кода који су коришћени приликом имплементације система.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет дисертације припада актуелним областима истраживања примене Интернета интелигентних уређаја. Велики број научних и стручних часописа, конференција, књига, ресурса доступних на Интернету и велика заинтересованост образовних институција показују актуелност теме докторске дисертације.

Иако постоји велики број научних радова који се бави применом Интернета интелигентних уређаја, анализа досадашњих истраживања показује да још увек нема велики број паметних учионица које се заснивају на концепту Интернета интелигентних уређаја, што материји изложеној у дисертацији даје посебну вредност.

Развој и имплементација паметне учионице која може да одреди квалитет предавања у реалном времену представља значајан и оригиналан научни допринос.

На основу изложеног, може се закључити да докторска дисертација доноси новине у односу на постојеће стање и отвара простор за даља истраживања.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

С обзиром на мултидисциплинарност предмета истраживања, било је неопходно проучити и систематизовати велики број радова различите тематике који са предметом истраживања имају додирних тачака.

У докторској дисертацији има укупно 301 литературни навод. За израду докторске дисертације коришћена је обимна и актуелна литература коју су публиковали водећи светски издавачи (Springer, Elsevier, Prentice-Hall). Велики број коришћених извора публикован је на водећим конференцијама и у водећим часописима из наведених области (нарочито у часописима са *SCI* листе).

У делу рада који се односи на Интернет интелигентних уређаја коришћени су наводи у којима су дефинисани основни појмови у вези са Интернетом интелигентних уређаја (Guinard & Vlad, 2009). За дефинисање паметних учионица коришћени су наводи (Shi, Xie & Xu, 2002, Xie, Shi, Xu & Xie, 2001).

У делу рада у којем се описују достигнућа из образаца понашања коришћени су наводи (Pentland, 2004, Pentland, 2005, Pentland, 2007, Dabholkar, 1995, Pentland, 2008), док се приликом описивања достигнућа у области препознавања човекових активности користе наводи (DeVaul & Dunn, 2001, Bao & Intille, 2004, Lukowicz, Ward, Junker, Stager, Troster, Atrash & Starner, 2004, Ravi, Dandekar, Mysore & Littman, 2005, Khan, Lee & Kim, 2008, He & Jin, 2009, Wang, Yang, Chen, Chen & Zhang, 2005, He & Jin, 2008).

У поглављу које говори о утицају параметара из физичког окружења на квалитет предавања анализиран је утицај температуре (Mendell & Heath, 2005, Pentland, 2005, Wyon, 1970, Pilman, 2001, Wargocki & Wyon, 2007, Schoer & Shaffran, 1973, Witterseh, Wyon & Clause, 2002, Wyon, Fanger, Olesen & Pedersen, 1975), квалитета ваздуха (Mendell & Heath, 2005, Myhrvold & Olesen, 1997, Shaughnessy, Haverinen-Shaughnessy, Nevalainen & Moschandreas, 2006, Haverinen-Shaughnessy, Moschandreas & Shaughnessy, 2011, Coley, Greeves & Saxby, 2007, Bakó-Biró, Clements-Croome, Kochhar, Awbi & Williams, 2012, Twardella, Matzen, Lahrz, Burghardt, Spegel, Hendrowarsito, Frenzel & Fromme, 2012, Murakami, Kaneko, Ito & Fukao, 2006, Ito, Murakami, Kaneko & Fukao, 2006, Teichner, 1975, Ramsey, 1970, Molhave, Bach & Feddersen, 1986, Otto, Hudnell, House & Molhave, 1992), светлости (Dunn, Krinsky, Murray & Quinn, 1985, Earthman, 2004, Wurtman, 1975, Kong & Ranganath, 2008, Ott, 1973, Ott, 1976, McGuffey, 1982), буке (Kyzar, 1977, Crook & Langdon, 1974, Johnson, 2001, Downs & Crum, 1978, Bridget & Dockrell, 2003, Sanz, Garcia & Garcia, 1993, Romero & Lliso, 1995, Hygge, 1993, Bronzaft & McCarthy, 1975, Hetu, Truchon-Gagnon & Bilodeau, 1990, MacKenzie, 2000, Green, Pasternack & Shore, 1982, Cranadell, Smaldino & Anderson, 2000, Evans & Maxwell, 1997), позадинске музике (Hallam & Price, 2002, Davidson & Powell, 1986, Hallam & Price, 1998, Griffin, 2006) и мириса (Wilmes, Harrington, Kohler-Evans & Sumpter, 2008) на квалитет предавања.

Приликом евалуације коришћени су и упоређени различити алгоритми за машинско учење (Breiman, 2001, Freund & Mason, 1999, Shi, 2007, Kohavi, 1995, Freund & Schapire, 1996, Freund & Schapire, 2000, Martin, 1995, Platt, 1998).

У делу дисертације који се односи на класификацију паметних учионица и имплементацију паметне учионице као и у поглављу које говори о утицају параметара физичког окружења на квалитет предавања коришћени су објављени и радови прихваћени за објављивање који су наведени у поглављу 4.2. овог извештаја, под редним бројевима (1, 5).

3.3. Опис и адекватност примењених научних метода

У изради дисертације коришћене су следеће научне методе:

- У првом делу дисертације (поглавља 1, 2, 3) коришћене су методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа.
- Аналитичко-дедуктивна метода је коришћена у трећем поглављу приликом анализе понашања студената и предавача током експеримента.
- У петом поглављу су коришћене статистичке методе за анализу података добијених анкетом.
- У шестом поглављу се поред статистичких метода користи и информатичка метода за прављење одговарајућег софтверског решења.

Резултати истраживања су презентовани текстуално, описивањем, кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима. Истраживање је интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине информатику, методологију, психологију, педагогију, статистику и друге.

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

Резултати докторске дисертације могу имати широку практичну примену у раду образовних институција. Имплементација система паметне учионице представљене у овој дисертацији омогућава праћење квалитета предавања у реалном времену што се може користити од стране предавача с циљем да прилагоди предавање очекивањима студената, па на тај начин омогућује побољшање научно-образовног процеса.

Евалуација имплементираног система је извршена у реалним условима за четири различите групе података при чему је систем за сваку испитивану групу података показао задовољавајућу тачност.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања Ане Узелац су Интернет интелигентних уређаја, паметне учионице, машинско учење, обрада дигиталног сигнала, класификација, *Cloud Computing*. Стекла је значајно практично искуство приликом имплементације датог система.

У току израде докторске дисертације, Ана Узелац је показала способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката и да креативно приступи његовом решавању.

Ана Узелац је резултате истраживања из ове докторске дисертације објавила у пет радова у зборницима радова научних скупова и у научним часописима међународног значаја. Сви објављени радови се односе на примену Интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама. Један рад је прихваћен за објављивање у часопису који се налази на *SSCI* листи: A. Uzelac, N. Gligoric, S. Krco, „A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things”, *Computers in Human Behavior*, vol. 53, pp. 427-434. ISSN 0747-5632, 2015. Импакт фактор за 2014=2.694 (M21), DOI: 10.1016/j.chb.2015.07.023.

На основу наведеног, сматрамо да кандидат Ана Узелац поседује потребно знање и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕНИ НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији допринос докторске дисертације састоји се у развоју и имплементацији паметне учионице чији је задатак да дође до информације да ли су студенти у датом тренутку задовољни квалитетом предавања или не, а која може бити искоришћена од стране предавача с циљем да прилагоди предавање очекивањима студената. Систем се може користити самостално, али и као део неког сложенијег система, а његова примарна примена је у процесу едукације, али није на њега ограничена, јер се достигнућа у овом раду могу искористити и применити и у другим областима, окружењима где је неопходно испитати неку карактеристику у социјалним контактима.

Остали научни доприноси рада су наведени са редним бројевима одговарајућих радова приказаних у поглављу 4.2, а огледају се у:

1. систематизацији, класификацији и анализи постојећих модела и система паметних учионица, с посебним освртом на оне које се заснивају на концепту Интернета интелигентних уређаја (Рад 5);
2. систематизацији и анализи параметара физичког окружења који могу да имају утицај на когнитивне способности студената (Рад 1);
3. прегледу достигнућа у области проучавања образаца понашања, као и прегледу достигнућа у области проучавања човекових активности на које се овај рад ослања;
4. евалуацији параметара коришћењем различитих статистичких метода и финалној селекцији параметара који се могу користити за одређивање квалитета предавања која омогућава ефикасно препознавање квалитета предавања (Рад 1);
5. анализи гласовних карактеристика које имају битан утицај на задовољство студената квалитетом предавања;
6. евалуацији различитих метода машинског учења за препознавање квалитета предавања која се огледа у евалуацији перформанси десет често коришћених алгоритама за класификацију.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Кандидат је у докторској дисертацији развио и имплементирао паметну учионицу опремљену одговарајућим интелигентним уређајима која у реалном времену може да одреди да ли су студенти задовољни квалитетом предавања. Истраживачки рад је заснован на основама постојећих научних резултата, анализирана је обимна литература, као и различите методе и технике у области примене Интернета интелигентних уређаја.

Резултат истраживања је развој и имплементација паметне учионице чији је задатак да дође до информације да ли су студенти у датом тренутку задовољни квалитетом предавања или не, а која може бити искоришћена од стране предавача с циљем да прилагоди предавање очекивањима студената. Имплементиран систем је флексибилан, проширив, омогућава лако додавање и интеграцију нових уређаја. Евалуација перформанси је извршена је у реалном окружењу, при чему је систем показао задовољавајућу тачност.

Развијени систем се може користити у различитим образовним институцијама приликом реализације наставног процеса како би се стекао бољи увид у квалитет предавања.

4.3. Верификација научних доприноса

Резултати истраживања у оквиру докторске дисертације објављени су у 5 радова, од којих је један прихваћен за објављивање у врхунском међународном часопису категорије M21.

Категорија M21:

1. **Uzelac, A.**, Gligoric, N., Krco, S.: A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things, - *Computers in Human Behavior*, vol. 53, pp. 427-434, 2015, (**IF=2.694**), (DOI: 10.1016/j.chb.2015.07.023) (ISSN 0747-5632).

Категорија M33:

2. Gligorić, N., **Uzelac, A.**, Krčo, S.: „Smart Classroom: Real-Time Feedback on Lecture Quality“, *Work-in-Progress Session, PerCom*, Lugano 2012.
3. **Uzelac, A.**, Mladenović, S., Zoranović, D., Zdravković, S., Janković, S.: „Determining Students Satisfaction with a Lecture Using Machine Learning Methods“, *Synthesis*, Belgrade, pp. 129-133, 2015.

Категорија M63:

4. Gligorić, N., Krčo, S., **Uzelac, A.**, „Model for the Classroom Activity Pattern Classification using IoT“, *Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama YUINFO*, Kopaonik, 2012.
5. Gligorić, N., Krčo, S., **Uzelac, A.**, „Smart Classrooms: Survey and Development Directions“, *Konferencija o računarskim naukama i informacionim tehnologijama YUINFO*, Kopaonik, 2011.

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Предмет ове дисертације је истраживање могућности примене Интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама, са циљем прикупљања релевантних параметара физичког окружења за време предавања на основу којих је могуће аутоматски одредити квалитет предавања у реалном времену. Систематизација, класификација и анализа постојећих модела и система паметних учионица; систематизација и анализа параметара физичког окружења и гласовних карактеристика које могу да имају утицај на задовољство студената квалитетом предавања и евалуација различитих метода машинског учења за препознавање квалитета предавања представљају главне научне доприносе ове докторске дисертације. Резултати истраживања из докторске дисертације објављени су у пет радова, од којих је један прихваћен за објављивање у врхунском међународном часопису категорије M21.

Применом резултата из ове дисертације, високошколске установе могу побољшати перформансе пословних процеса, планирати и реализовати образовне активности на ефикаснији и квалитетнији начин, мотивисати студенте да постижу боље резултате и омогућити бољу сарадњу и комуникацију учесника у образовном процесу.

С обзиром на постигнуте резултате, комплексност, актуелност и мултидисциплинарност обрађене теме, ова дисертација задовољава највише критеријуме и показује способност Ане Узелац за научно-истраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу да се докторска дисертација под називом **Праћење параметара физичког окружења применом Интернета интелигентних уређаја у циљу анализе њиховог утицаја на квалитет предавања** кандидата Ане Узелац прихвати, изложи на увид јавности и упути на коначно усвајање Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

1. _____

Проф. др Божидар Раденковић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

2. _____

Доц. др Живко Бојовић, доцент,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

3. _____

Проф. др Маријана Деспотовић Зракић, ванредни професор,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

4. _____

Доц. др Зорица Богдановић, доцент,
Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

5. _____

Проф. др Милорад Станојевић, редовни професор,
Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет