

УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ

Александра Медведева 14 · Поштански фах 73
18000 Ниш · Србија
Телефон 018 529 105 · Телефакс 018 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs; http://www.elfak.ni.ac.rs
Текући рачун: 840-1721666-89; ПИБ: 100232259



UNIVERSITY OF NIŠ
FACULTY OF ELECTRONIC ENGINEERING

Aleksandra Medvedeva 14 · P.O. Box 73
18000 Niš - Serbia
Phone +381 18 529 105 · Fax +381 18 588 399
E-mail: efinfo@elfak.ni.ac.rs
http://www.elfak.ni.ac.rs

ДЕКАН

07.10.2019. године

О Б А В Е Ш Т Е Њ Е
НАСТАВНИЦИМА И САРАДНИЦИМА ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА

Докторска дисертација кандидата дипл. инж. Душана Татића под насловом „Примена технологије проширене стварности за побољшање безбедности и ефикасности рада у индустријским окружењима” и Извештај Комисије за оцену и одбрану докторске дисертације доступни су на увид јавности у електронској верзији на званичној интернет страници Факултета и налазе се у штампаном облику у Библиотеци Електронског факултета у Нишу и могу се погледати до 06.11.2019. године.

Примедбе на наведени извештај достављају се декану Електронског факултета у Нишу у напред наведеном року.

Председник Наставно-научног већа
ЕЛЕКТРОНСКОГ ФАКУЛТЕТА У НИШУ

Декан
Проф. др Драган Манчић

ИЗВЕШТАЈ О ОЦЕНИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ

Презиме, име једног
 родитеља и име
 Датум и место
 рођења

Татић, Драган, Душан
 15.1.1982. године, Ниш

Основне студије

Универзитет Универзитет у Нишу
 Факултет Електронски факултет
 Студијски програм Рачунарска техника и информатика
 Звање Дипломирани инжењер електротехнике на смеру за рачунарску технику и информатику
 Година уписа 2001.
 Година завршетка 2009.
 Просечна оцена 7.43

Мастер студије, магистарске студије

Универзитет
 Факултет
 Студијски програм
 Звање
 Година уписа
 Година завршетка
 Просечна оцена
 Научна област
 Наслов завршног рада

Докторске студије

Универзитет Универзитет у Нишу
 Факултет Електронски факултет
 Студијски програм Електротехника и рачунарство (модул: Рачунарство и информатика)
 Година уписа 2010.
 Остварен број ЕСПБ бодова 96 преко радова, укупно 456
 Просечна оцена 10.00

НАСЛОВ ТЕМЕ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Наслов теме докторске дисертације Примена технологије проширене стварности за побољшање безбедности и ефикасности рада у индустријским окружењима
 Име и презиме ментора, звање Проф. др Радомир Станковић
 Број и датум добијања сагласности за тему докторске дисертације НСВ број 8/20-01-004/17-25; 15.05.2017. године

ПРЕГЛЕД ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

РЕПУБЛИКА СРБИЈА
 УНИВЕРЗИТЕТ У НИШУ
 ЕЛЕКТРОНСКИ ФАКУЛТЕТ У НИШУ
 Бр. 07/03-024/19-007
 07.10. 2019. год.
 Ниш, ул. Александра Медведова бр. 14

Број страна	137
Број поглавља	11
Број слика (шема, графикона)	32
Број табела	18
Број прилога	

**ПРИКАЗ НАУЧНИХ И СТРУЧНИХ РАДОВА КАНДИДАТА
који садрже резултате истраживања у оквиру докторске дисертације**

Р. бр.	Аутор-и, наслов, часопис, година, број волумена, странице	Категорија
1	<p>Tatić, D., and Tešić, B., „The Application of Augmented Reality Technologies for the Improvement of Occupational Safety in an Industrial Environment“, <i>Computers in Industry</i>, Elsevier, 2017, vol. 85, 2017, 1–10. ISSN: 0166-3615, https://doi.org/10.1016/j.compind.2016.11.004</p> <p>Истраживање изложено у овом раду фокусирано је на развој и реализацију система за проширену стварност са двоструким циљем: обезбедити правилно извршавање задатака у току рада на уређајима у индустријским постројењима и побољшати безбедност на раду која се остварује верификацијом сваке инструкције у оквиру задатка. Посебан део посвећен је персонализацији система у смислу количине информација која се приказује раднику. Количина приказаних информација зависи од квалификације радника. Пројектовани систем представљен у овом раду омогућава бољу расподелу задатака расположивим радницима и обезбеђује већи степен заштите на раду, што је истакнуто од стране неколико других аутора који овај рад цитирају.</p>	M21
2	<p>Tatić, D., „An Augmented Reality System for Improving Health and Safety in the Electro-energetics Industry“, <i>Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics</i>, vol. 31, no. 4, 2018, 585-598. ISSN: 0353-3670, http://dx.doi.org/10.2298/FUEE1804585T</p> <p>У раду су истраживани фактори ризика и дефинисани безбедоносни и радни поступци у електроенергетским постројењима. На основу дефинисаних мера безбедности и радних поступака реализован је систем заснован на технологији проширене стварности. Дефинисана је клијент-сервер архитектура система како би се повећала безбедност радника и чували подаци о релизованим инструкцијама.</p>	M24
3	<p>Tatić, D., „Augmented Reality and Occupational Safety“, <i>Reference Module in Materials Science and Materials Engineering</i>, Elsevier, 2018, ISBN 9780128035818, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.10926-9</p> <p>У овом раду дат је преглед литературе која се односи на примену технологије проширене стварности у заштити на раду. Приказана су и дискутована различита хардверска и софтверска решења као и области примене проширене стварности у индустрији. Такође, предложен је један могући систем заснован на технологији проширене стварности којим се омогућава комбиновање радних и безбедоносних инструкција у индустријском окружењу.</p>	M51
4	<p>Tatić, D., and Tešić, B., „Unapređenje sistema zaštite na radu primenom tehnologije proširene stvarnosti“, 23. <i>Telekomunikacioni forum TELFOR 2015</i>, 24 - 26. novembra 2015., Beograd, 962-965, ISBN:978-1-5090-0054-8</p> <p>У овом раду представљен је мобилни систем заснован на технологији проширене стварности (Augmented Reality - AR) као помоћно средство при заштити на раду у индустријским постројењима. Коришћењем AR технологије остварује се нови начин издавања постојећих упутстава раднику приликом рада на одређеним машинама у оквиру индустријског погона. Инструкције потребне и довољне за реализацију задатка приказив се по унапред дефинисаном редоследу и врши се контрола</p>	M33

	<p>њиховог извршавања. Без потврде да је задата инструкција успешно извршена није могуће прећи на извршавање следеће инструкције. Конкретна примена предложеног мобилног система илустрована је на примеру руковања комбинованим (универзалним) стругом у Ремонтној радионици - Термоелектрана Угљевик.</p> <p>Dušan Tatić, and Bojan Tešić, „Augmented Reality as a Tool for Maintaining and Repairing Complex Industrial Systems“, <i>Probabilistic, Logics, and Applications</i>, October 29-30, 2015, Belgrade, Serbia, 12-13.</p>	
5	<p>У раду је дискутована примена технологија проширене стварности у комплексним индустријским системима. Комплексни системи се најчешће састоје од великог броја подсистема различите функционалности уз примену више различитих технологија обједињених у један глобални систем, тако да је сагледавање комплетног система и разумевање детаља преактивно немогуће без примене информационих технологија. У раду се предлаже увођење и примена технологије проширене стварности у циљу решавања овог проблема.</p>	M64
6	<p>Dušan Tatić, Dragan Stanković, Ana Stanković, „Multimedia Interactive System based on Augmented Reality (MISAR)“, <i>Review of the National Center for Digitization</i>, Faculty of Mathematics, Belgrade, 2013, 51-60, ISSN 1820-0109.</p> <p>Систем MISAR заснован на технологији проширене стварности служи да осавремени приказивање музејских поставки. Систем је пројектован као модерна информациона платформа која на интуитиван начин омогућује приказивање 3D модела и другог мултимедијалног садржаја у комбинацији са сликом музејског простора.</p>	M53
7	<p>Dušan Gajić, Dušan Tatić, „Komparativna analiza Raspberry Pi i Blueberry tv cat računarskih sistema za multimedijalne primene“, <i>YU Info</i>, 3-6. mart 2013, Kopaonik, Serbia, pp. 447-450, 978-86-85525-11-7</p> <p>Појава рачунарских система малих димензија и ниске цене, који пружају скоро све функционалности класичних персоналних рачунара, представља нови тренд од изузетног значаја за даље ширење поља примене рачунарских технологија. У овом раду представљена је упоредна анализа перформанси два система за презентацију мултимедијалних садржаја, заснованих на Raspberry Pi и Blueberry TV Cat рачунарима, са Linux и Android оперативним системима, респективно. Експериментална евалуација ових система извршена је како применом синтетичких тестова из скупа pbench, тако и анализом њихових могућности приликом приказивања мултимедијалних садржаја. Уочено је и дискутовано неколико фактора који отежавају упоредну анализу, али и указују на посебне предности сваког од анализираних система.</p>	M85
8	<p>D. Tatić, Č. Stefanović, D. Stanković, „A Comparative Analysis of Mobile Augmented Reality Software with the Application to the Archeological Site Medijana“, <i>Proc. Int. Scientific Conference on Information Communication and Energy Systems and Technologies (ICEST)</i>, Veliko Tarnovo, Bulgaria, June, 28-30, 2012, Vol. 1, pp. 182-185. ISBN 978-619-167-002-4.</p> <p>Овај рад представља преглед и компаративну анализу софтвера за мобилну проширену стварност. На основу извршене анализе изабрали смо алат чије коришћење предлажемо у циљу унапређивања и обогаћивања презентацију археолошких налазишта. Комбинацијом слике реалног окружења и 3D модела кориснику се дочарава слика из прошлости археолошког места на коме се налази. Студија случаја је извршена препознавањем мозаика и приказивањем 3D реконструкција фонтане која се налазила у соби за аудијенцију царске палате на археолошком налазишту Медијана.</p>	M33
9	<p>Dušan Tatić, Dragan Tatić, „Primena tehnologije proširene stvarnosti na izložbenoj postavci arheološkog parka Medijana“, <i>20. Telekomunikacioni forum TELFOR</i>, 20-22.</p>	M33

novembar 2012., Beograd, 1327-1330.
ISBN 978-1-4673-2984-2.

Проширена стварност (Augmented Reality - AR) добија све већу примену и популарност у области дигитализације националне баштине. У овом раду коришћен је AR browser са циљем да обогати и унапреди приказивање археолошких налазишта. Применом ове AR технологије реализована је апликација за потребе археолошког парка Медијана у Нишу. Апликација омогућава посетиоцу да користећи мобилни уређај прикаже реконструкције објеката на месту где су некада постојали. Приказивање архитектонских објеката или других археолошких експоната врши се на екрану мобилног уређаја у облику 3D модела. На овакав начин, применом технологије проширене стварности, могућа је надоградња објеката на археолошким налазиштима који су недоступни или више не постоје, а чија је физичка реконструкција сложена или практично немогућа.

Dušan Tatić, Dragan Stanković, Ana Stanković, „Multimedijalni interaktivni sistem zasnovan na tehnologiji proširene realnosti (MISAR)“, X Konferencija nove tehnologije i standardi: Digitalizacija nacionalne baštine, Beograd, septembar 2011.

10

У овом раду представљен је развој система MISAR (Multimedia Interactive System based on Augmented Reality) који служи да обогати и унапреди приказивање музејских садржаја и археолошких налазишта. Систем се састоји од интерактивног киоска и софтвера који пружа могућност имплементације и комбинације мултимедијалног садржаја и проширене стварности.

M64

НАПОМЕНА: уколико је кандидат објавио више од 3 рада, додати нове редове у овај део документа

ИСПУЊЕНОСТ УСЛОВА ЗА ОДБРАНУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кандидат у потпуности испуњава услове за оцену и одбрану докторске дисертације који су предвиђени Законом о високом образовању, Статутом Универзитета у Нишу и Статутом Електронског факултета.

ДА

образложење

ВРЕДНОВАЊЕ ПОЈЕДИНИХ ДЕЛОВА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Кратак опис појединих делова дисертације (до 500 речи)

У уводној глави дисертације дефинисана је технологија проширене стварности (Augmented reality) која кориснику омогућава да коришћењем камере мобилног уређаја добије слику стварног света допуњену виртуелним мултимедијалним информацијама. Наглашено је да ова технологија налази примену у различитим апликацијама намењених медицини, презентацији културне баштине, едукацији, а у последње време и у индустрији. Предмет истраживања у овој дисертацији је примена технологије проширене стварности за унапређење поступка распоређивања рада радника различитог степена обучености на извршавање конкретних задатака различитог нивоа сложености у индустријским окружњима. Истовремено, потребно је обезбедити максимално висок ниво безбедности на раду.

Као крајњи циљ резултата истраживања у дисертацији постављен је развој система за проширену стварност AROS (Augmented reality for occupational safety) са двоструким задатком, обезбедити правилно извршавање задатака у току рада на уређајима у индустријским постројењима уз истовремено побољшање степена безбедност на раду што се остварује верификацијом извршавања сваке инструкције у оквиру задатка. Уводна глава завршава се прегледом садржаја дисертације по поглављима.

У другој глави дат је преглед истраживања у свету и код нас у области примене проширене стварност у индустријским системима. Истакнути су примери примене у авио индустрији, грађевинарству, поморској, нафтној, војној и нуклеарној индустрији. Наглашено је да примена технологије проширене стварности у индустријском окружењу намеће обавезу да се испуне следећи захтеви

- Поузданост – систем треба да поседују велику прецизност и тачност у препознавању,
- Једноставност коришћења – кориснички интерфејс треба да буде једноставан и интуитиван,
- Прилагодљивост – лако уређивање, модификација, и измена виртуелног садржаја.

У истој глави разматрани су и хардверски аспекти примене проширене стварности у индустрији. На крају, истакнута су подручја примене проширене стварности у индустрији са нагласком на примену са

циљем извршавања радних задатака, одржавања индустријских система, заштите на раду и обуке радника.

Утрећој глави сагледани су ризици и грешке који прате идустрјски процес. Као пример узет је индустријски процес Термоелектране Угљевик. Описани су основни разлози који доводе до повреда на раду у машинском делу термоелектране и током одржавања електроенергетског система.

Четврта глава односи се на моделирање технолошког процеса. Приказан је начин управљања и одређивања послова од стране експерата у оквиру индустријског окружења. Сагледавањем организације рада и усвајањем приципа на којима је индустријски систем постављен дефинисан је модел неопходан за прилагођавање AROS система конкретном индустријском процесу. На основу овог модела формира се картон послова који се даље користи за одређивање плана рада који огдовара редовном технолошком поступку. Планом активности су дефинисани задаци за извршавање у оквиру радне јединице. Помоћу картона радника распоређују се унапред дефинисани задаци радницима сходно њиховим квалификацијама и степену обучености. Дефинисани задаци као и картони радника имплементирани су оквиру AROS система како би се постиго ефикаснији и сигурнији рад.

Карактеристике и функционалности AROS система дефинисане су и описане у петој глави. Такође, приказан је функционални модел у коме су повезане његове основне јединице помоћу којих се комбинује слика реалног индустријског окружења са виртуелним инструкцијама.

У шестој глави изложена је архитектура система. Детаљно је описана структура базе података као и њена организација у смислу чувања и издавања инструкција. Представљена је употреба REST сервиса за издавање конкретног задатка дефинисаног у бази података и слање клијентској страни. Посебна пажња посвећена је клијентском делу где се, као нови вид интеракције, између индустријског погона и радника користи технологија проширене стварности. Дискутована су правила по којима се приказују и верификују радне и безбедносне инструкције добијене препознавањем маркера у индустријском простору.

У седмој глави детаљно је изложена имплементација како серверског тако и клијентског дела система. Имплементација је приказана за два конкретна индустријска окружења, машинско одељење термоелектране и трафостанице у електроенергетском систему, са реализацијом различитих модула за проширену стварност.

Извршена поређења технологија праћења и препознавања маркера и слика описана су у глави осам. Приказани су резултати тестирања при различитим светлосним условима и оштећењима маркера и слика. Такође, дате су препоруке у којим случајевима и околностима треба примењивати одређене технике праћења и препознавања и избор маркера или слика као објекте препознавања.

Девета глава представља студију случаја и описује сценарио употребе система. Примена система приказана је на примеру апликације намењене радницима који рукују комбинованим стругом у Термоелектрани Угљевик. Други пример практичне примене урађен је за измену осигурача у трафостаницама чиме се илуструје универзалност коришћења AROS система.

Ефикасност имплементираних система дискутована је у глави десет. Провера ефикасности је урађена методама анкетирања радника као и разговором са руководиоцима у оквиру радне јединице Термоелектране Угљевик.

На крају, у виду закључака, изнети су разлози за оправданост увођења оваквих система у индустријским порстројењима као и могући будући правци научног истраживања.

ВРЕДНОВАЊЕ РЕЗУЛТАТА ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ

Ниво остваривања постављених циљева из пријаве докторске дисертације (до 200 речи)

Приликом пријаве докторске дисертације као основни циљ постављено је пројектовање система, заснованог на технолоји проширене стварности, за усмеравање радника у извршавању радних задатака и спровођењу мера безбедности. Овај циљ у потпуности је испуњен. Развијен је систем опште намене са могућношћу примене у различитим областима уз минималне модификације. Ове модификације углавном

се односе на измену скупова инструкција о поступку извршавања радних задатака и мера безбедности док основна функционалност система остаје непромењена. Као посебни примери примене пројектованог AROS система наведене су две верзије прилагођавања система за примене у раду са машинама за обраду метала у Термоелектрани Угљевик и за извршавање одређених задатака у одржавању трафо-станица у електроенергетским системима.

Комбиновање радних и безбедносних инструкција осигурава правилно извођење радних задатака уз истовремену стриктну примену мера заштите на раду. Захваљујући примени AP технологије, систем омогућава да релативно сложене задатке извршавају радници ниже стручне оспособљености јер им се неопходне и довољне инструкције пројектују на мобилном уређају уз непрестану проверу правилног извршавања тренутно постављене инструкције уз захтев за потврду о њеном извршењу. Истовремено, искусним радницима верификациони процес служи као подсетник при раду како не би дошло до грешке због монотоније посла, као и начин контроле за исправно спровођења мера заштите на раду.

Посебан део посвећен је персонализацији система под чим се подразумева одређивање количине информација која се приказује раднику. Количина информација зависи од квалификације и степена обучености радника. За високо квалификоване раднике приказује се редукован материјал како систем не би успоравао радника при раду. Ниже квалификовани радници добијају детаљније инструкције како би прошли све кораке и поступке у процесу реализације радног задатка и примени мера заштите на раду.

Показано је да употреба система показује значајно побољшање у извршавању радних задатака, заштити на раду и организацији рада.

Вредновање значаја и научног доприноса резултата дисертације (до 200 речи)

Могу се истаћи следећи значајни научни доприноси докторске дисертације:

- Дат је комплетан преглед истраживања у области примене проширене стварности у индустријским системима, што представља добру основу за даља истраживања у овој области.
- Истакнута су могућа подручја примене проширене стварности у индустрији.
- Сагледани су ризици и грешке који прате индустријски процес. Као студија случаја обрађен је технолошки процес у Машинском одељењу Термоелектране Угљевик. Као други практични пример дискутована је примена предложеног система у извршавању одређених задатака у трафо-станицама класичног електроенергетског система.
- Извршено је моделирање технолошког процеса у циљу развоја система заснованог на примени проширене стварности.
- Дефинисана је функционалност и архитектура система заснованог на примени проширене стварности намењеног примени у индустријском окружењу за повећање безбедности и ефикасности искоришћавања радника који су на располагању за извршавање конкретних радних задатака на дневном нивоу.
- Извршена су поређења технологија праћења и препознавања маркера и слика у условима различите осветљености и са различитим степеном оштећења. Резултати добијени овим истраживањима могу да се користе и у другим областима примене технологије проширене стварности.
- Разматрани су аспекти имплементације система и његовог прилагођавања конкретним захтевима. Имплементација је приказана за два индустријска окружења, машинско одељење термоелектране и трафостанице у електроенергетском систему, са реализацијом различитих модула за проширену стварност.
- Извршена је оцена ефикасности система при чему су коришћене класичне методе анкетирања радника и руководиоца индустријског постројења.
- Дефинисане су смернице даљих истраживања у овој области.

Оцена самосталности научног рада кандидата (до 100 речи)

Кандидат је у току истраживања показао изузетан напредак у научно-истраживачком раду и до најзначајнијих резултата представљених у научним публикацијама и самој дисертацији дошао је самосталним аналитичким сагледавањем проблема и анализом актуелних трендова у области примене технологије проширене стварности, на основу чега је дефинисана функционалности система заснованог на примени проширене стварности намењеног примени у индустријским окружењима.

ЗАКЉУЧАК (до 100 речи)

Докторска дисертација под насловом “Примена технологије проширене стварности за побољшање безбедности и ефикасности рада у индустријским окружењима”, кандидата Душана Татића, представља значајан како научни тако и практични допринос у области примене технологија проширене стварности у индустријским окружењима.

Комисија закључује да је докторска дисертације под насловом “Примена технологије проширене стварности за побољшање безбедности и ефикасности рада у индустријским окружењима” научно заснована и предлаже Наставно-научном већу Електронског факултета и Научно-стручном већу за техничко-технолошке науке Универзитета у Нишу да прихвати дисертацију и одобри њену јавну одбрану.





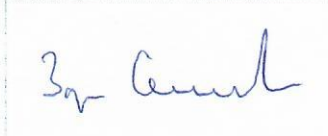
КОМИСИЈА

Број одлуке ННВ о именовану
Комисије

8/20-01-006/19-019

Датум именовања Комисије

09.9.2019

Р. бр.	Име и презиме, звање		Потпис
	Проф. др Радомир Станковић, редовни професор	ментор, председник	
1.	Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика) (Ужа научна област)	Електронски факултет, Универзитет у Нишу, редовни професор у пензији (Установа у којој је запослен)	
2.	Проф. др Драган Јанковић, редовни професор Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика) (Ужа научна област)	члан Електронски факултет, Универзитет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
3.	Проф. др Дејан Ранчић, редовни професор Електротехничко и рачунарско инжењерство – (ужа: Рачунарство и информатика) (Ужа научна област)	члан Електронски факултет, Универзитет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
4.	Проф. др Бранимир Тодоровић, ванредни професор Математичке науке – (ужа: Рачунарске науке, информатика) (Ужа научна област)	члан Природно математички факултет, Универзитет у Нишу (Установа у којој је запослен)	
5.	др Зоран Огњановић, научни саветник Математичке науке – (ужа: Математичка логика) (Ужа научна област)	члан Математички институт САНУ у Београду (Установа у којој је запослен)	

Датум и место:

.....