

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ

Предмет: Реферат о урађеној докторској дисертацији кандидаткиње **Сање Вукићевић**

Одлуком 05-01 бр. 3/119-2 од 25.09.2019. године, именовани смо за чланове Комисије за преглед, оцену и одбрану докторске дисертације кандидаткиње **Сање Вукићевић** под насловом

„Модел телерехабилитације заснован на Интернету интелигентних уређаја“

После прегледа достављене дисертације и других пратећих материјала и разговора са кандидаткињом, Комисија је сачинила следећи

РЕФЕРАТ

1. УВОД

1.1. Хронологија одобравања и израде дисертације

Сања Вукићевић је уписала докторске студије 28.09.2011. године. Приступни рад на докторским студијама је пријавила 02.07.2015. године. Комисија за преглед и одбрану приступног рада и оцену научне заснованости пријављене докторске дисертације формирана је 08.07.2015. године, одлуком 05-01 бр. 3/83-11. Приступни рад је одбрањен 30.10.2015. године.

Одлука о усвајању извештаја Комисије о научној заснованости пријављене докторске дисертације донета је 18.11.2015. године, бр. 3/147-10. Одлуком Универзитета у Београду од 21.12.2015. бр. 61206-5455/2-15 даје се сагласност на предлог теме докторске дисертације Сање Вукићевић под називом “Модел телерехабилитације заснован на Интернету интелигентних уређаја”.

На Наставно-научном већу 20.01.2016. године, одлуком 05-01 бр. 3/18-8 кандидаткињи Сањи Вукићевић је одобрена израда дисертације. Ментор др Божидар Раденковић је 06.09.2019. године известио Наставно-научно веће ФОН-а да је Сања Вукићевић завршила израду докторске дисертације. Наставно-научно веће ФОН-а је именovalo Комисију за оцену завршене докторске дисертације 25.09.2019. одлуком 05-01 бр. 3/119-2.

1.2. Научна област дисертације

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела телерехабилитације који је заснован на примени Интернета интелигентних уређаја. Централни проблем који се разматра је испитивање могућности примене концепата Интернета интелигентних уређаја, wearable

computing-a, мобилних технологија и рачунарства у облаку у рехабилитацији пацијената на даљину, која је контролисана од стране стручног медицинског кадра и интегрисана са здравственим информационим системом. Фокус истраживања је на моделирању и примени телерехабилитационих сервиса у области креирања, спровођења и праћења физикалне терапије на даљину.

Докторска дисертација се може сврстати у три научне области: Интернет технологије, електронско пословање и електронско здравство. Поред ових области, у дисертацији се обрађују и теме из области wearable технологија и Интернета интелигентних уређаја.

Ментор др Божидар Раденковић поседује одговарајуће компетенције за вођење дисертације из области електронског пословања, електронског здравства и Интернета интелигентних уређаја. Био је ментор на више одбрањених докторских дисертација, резултате истраживања објавио је у више од 200 референци, од тога преко 25 у часописима међународног значаја на SCI листи, 7 монографија издатих у иностранству и преко 30 радова у зборницима међународног симпозијума.

1.3. Биографски подаци о кандидаткињи

Сања Вукићевић је рођена 7. фебруара 1986. године у Крушевцу. Основну школу и гимназију завршила је у Крушевцу са одличним успехом као носилац Вукове дипломе. Електротехнички факултет, Универзитета у Београду уписала је школске 2004/05. године. У четвртој години студија похађала је тромесечну праксу у развојном истраживачком центру компаније SAP, Karlsruhe (Немачка). Дипломирала је на катедри за Рачунарску технику и информатику, 2008. године, са просечном оценом 9.40 (девет 40/100). Дипломски рад под насловом "Интеграција различитих перспектива у моделовању пословних процеса" одбранила је са оценом 10 (десет). Дипломске академске – мастер студије уписала је исте године на Електротехничком факултету, на катедри за Софтверско инжењерство. Завршни (Мастер) рад под називом "Дизајн Shibboleth Single Sign On система у Академској мрежи Србије" одбранила је 2010. године са оценом 10 (десет). Докторске студије, студијски програм Електронско пословање, уписала је на Факултету организационих наука у Београду, 2011. године. Положила је свих девет, програмом предвиђених испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет) и одбранила приступни рад. Од 2008. године је запослена у ИТ индустрији где свакодневно усавршава своје знање. Члан је победничког тима BreakAphasia, првог MIT технолошко-медицинског хакатона у региону, одржаног у Београду у јануару 2017. године, са софтверским решењем за пацијенте са хроничним поремећајем говора. Решење је представљено исте године на Startup Connect такмичењу у Берлину и освојило је прво место. Последње две године сарађује са Факултетом за специјалну едукацију и рехабилитацију, Универзитета у Београду на пројектима примене игара у сврху рехабилитације деце са аутизмом

2. ОПИС ДИСЕРТАЦИЈЕ

2.1. Садржај дисертације

Докторска дисертација, укупног обима 108 страница, садржи 31 слику и графичке приказе, 3 табеле и 283 литературна навода.

Структура докторске дисертације обухвата следеће целине: електронско здравство, технологије Интернета интелигентних уређаја, развој модела телерехабилитације заснованог на Интернету интелигентних уређаја и имплементацију и примену развијеног модела.

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
- 2 Електронско здравство
 - 2.1 Појам и дефиниција
 - 2.2 Карактеристике електронског здравства
 - 2.3 Технологије електронског здравства
 - 2.4 Телемедицина
 - 2.4.1 Опис и примена модела сервиса електронског здравства
 - 2.4.2 Е-здравство и телемедицина у Србији
 - 2.4.3 Фактори који утичу на развој и имплементацију телемедицинских сервиса
 - 2.4.4 Телерехабилитациони системи
- 3 Технологије Интернета интелигентних уређаја
 - 3.1 Мобилне технологије
 - 3.1.1 Примена мобилних уређаја у телерехабилитацији
 - 3.2 Интелигентни уређаји и комуникациони протоколи
 - 3.2.1 IoT уређаји у телемедицини
 - 3.3 Wearable computing и телерехабилитација
 - 3.4 Сервисно оријентисана архитектура и веб сервиси
 - 3.5 Појам и примена cloud computing концепта
 - 3.6 Виртуелна и проширена стварност
 - 3.7 Гејмификација у електронском здравству
- 4 Развој модела телерехабилитације заснованог на Интернету интелигентних уређаја
 - 4.1 Анализа постојећих модела
 - 4.1.1 Модели са директном интеракцијом
 - 4.1.2 Модели са виртуелном интеракцијом
 - 4.1.3 Мониторинг модели базирани на примени сензора
 - 4.1.4 Компоненте постојећих модела
 - 4.2 Моделирање архитектуре система
 - 4.3 Моделирање инфраструктуре система
 - 4.4 Моделирање сервиса за телерехабилитацију
 - 4.5 Моделирање система Интернета интелигентних уређаја
 - 4.6 Пословни модели у телерехабилитацији
 - 4.7 Адаптивност телерехабилитационог система
 - 4.7.1 Прилагођавање модела доступним уређајима, сензорима и способностима пацијента
 - 4.7.2 Адаптивност заснована на ИКТ инфраструктури
 - 4.7.3 Флексибилност телерехабилитационог садржаја
- 5 Имплементација и примена развијеног модела
 - 5.1 Имплементација компоненти телерехабилитационог система базираног на Интернету интелигентних уређаја
 - 5.1.1 Пројектни захтеви
 - 5.1.2 Имплементација система базираног на Интернету интелигентних уређаја
 - 5.1.3 Телерехабилитационе игре
 - 5.1.4 Имплементација телерехабилитационог система
 - 5.1.5 Интеграција Интернета интелигентних уређаја и телерехабилитационог система
 - 5.2 Примена код особа које се опорављају од можданог удара
 - 5.2.1 Пилот студија
 - 5.2.2 Анализа резултата
 - 5.3 Примена код деце са поремећајем аутистичног спектра
 - 5.3.1 Методолошки поступак
 - 5.3.2 Инструменти

- 5.3.3 Испитаници
- 5.3.4 Дизајн експеримента
- 5.3.5 Статистичка анализа
- 5.3.6 Анализа резултата
- 6 Научни и стручни допринос
- 7 Будућа истраживања
- 8 Закључак
- 9 Литература
- 10 Списак слика
- 11 Списак табела

2.2. Кратак приказ појединачних поглавља

У уводном делу дисертације је укратко образложен концепт и сврха телерехабилитације у електронском здравству као и примена савремених технологија у телемедицини. Описани су предмет, циљеви дисертације, полазне хипотезе и методе истраживања.

У оквиру другог поглавља се најпре дефинише и разматра електронско здравство уз објашњење кључних компоненти е-здравства а потом се објашњава појам телемедицине у електронском здравству. Представљени су основни модели сервиса е-здравства. Описано је стање телемедицине и е-здравства у Србији. Разматрани су фактори који утичу на развој и примену телемедицине и дат је преглед телерехабилитационих система са оствртом на предности и недостатке примене.

Треће поглавље се бави технологијама за развој телерехабилитационог модела базираног на Интернету интелигентних уређаја. На почетку поглавља су представљене мобилне технологије, дате су карактеристике мобилних уређаја, сензора које поседују, телекомуникационих мобилних мрежа и наведена њихова примена у е-здравству. Анализиране су мобилне апликације за здравство и њихова примене у телерехабилитацији. Након тога се представљају друге савремене технологије и концепти који се примењују у телерехабилитацији и е-здравству: Интернет интелигентних уређаја, *wearable computing*, веб сервиси и сервисно оријентисана архитектура, рачунарство у облаку, виртуелна и проширена стварност и примена игара (*serious games*). Дефинисани су појмови и описане кључне карактеристике ових технологија. Анализиране су различите могућности примене Интернета интелигентних уређаја и *wearable computing*-а у области здравства. Описане су предности и значај примене веб сервиса и рачунарства у облаку. Детаљно је објашњен утицај виртуелне стварности, проширене стварност и гејмификације у рехабилитацији и описани су уређаји којима се наведени концепти могу остварити.

У четвртном поглављу је пројектован модел телерехабилитације заснован на Интернету интелигентних уређаја. Анализирани су постојећи реализовани телерехабилитациони модели засновани на Интернету интелигентних уређаја и препозната су три базична приступа у моделирању: директна интеракција, виртуелна интеракција и мониторинг модели. Сва три приступа су објашњена, истакнуте су њихове предности и недостаци и препознате су компоненте присутне у наведеним моделима. Моделиране су и описане основне компоненте система за телерехабилитацију базираног на Интернету интелигентних уређаја. Представљене су и описане компоненте за интеграцију појединачних компоненти система. Моделоване су компоненте сервиса за телерехабилитацију и система Интернета интелигентних уређаја. Посебно су анализирани интеграција пословних процеса у телерехабилитацији и флексибилност и адаптација телерехабилитационог система као важни предуслови за будући развој и примену телерехабилитације у е-здравства.

У петом поглављу је представљена имплементација реализованог модела телерехабилитације, заснованог на Интернету интелигентних уређаја и његова примена. Модел је примењен у пилот студији са једним пацијентом са моторичким сметњама, које су последица можданог

удара, и у експерименталној студији са децом са аутизмом изведеном у Основној школи за специјалну едукацију и рехабилитацију деце, Радивој Поповић у Земуну. Развијен је прототип телерехабилитационог модела за побољшање моторичких способности пацијената којима је потребна физикална терапија и састоји се од компоненти постављених у окружењу у коме пацијент борави (интелигентни сензори и уређаји, телерехабилитационе игре које прикупљају податке од сензора) и компоненти постављених на удаљеним серверима у облаку (бројни сервиси за складиштење, обраду и анализу података са сензора, веб портал за креирање и праћење процеса телерехабилитације и др.). Развијени систем је примењен као додаток постојећој рехабилитационој терапији у виду физикалне терапије на даљину.

Извршена је анализа резултата примене имплементираног модела. Резултати анализе показују допринос примене развијеног модела.

У шестом поглављу дат је преглед научних и стручних доприноса дисертације. У седмом поглављу наведена су будућа истраживања. Закључак је изведен кроз осмо поглавље.

Списак литературе садржи релевантне референце за област дисертације и дат је у деветом поглављу. У десетом и једанаестом поглављу дати су списак слика и табела из дисертације.

3. ОЦЕНА ДИСЕРТАЦИЈЕ

3.1. Савременост и оригиналност

Предмет дисертације припада актуелној области истраживања примене Интернета интелигентних уређаја у здравству и телерехабилитацији. Велики број научних и стручних часописа, конференција, књига, ресурса доступних на Интернету и велика заинтересованост здравствених стручњака и здравствених институција показују актуелност теме докторске дисертације. Велики је број пилот пројеката који се реализују из области телерехабилитације и Интернета интелигентних уређаја.

Рехабилитација је неопходна форма третмана код бројних неуролошких, неуро-мускулатурних, кардио-васкуларних и других стања. Број људи којима је потребна рехабилитација је у порасту, трајање опоравка је индивидуално и неретко дуготрајно а број терапеута недовољан. Телерехабилитација, као форма пружања здравствене неге на даљину и модел за контролисано и ефикасно вођење терапија на даљину покушава да задовољи наведене потребе. Постојећи модели телерехабилитације који су присутни у пракси су најшеће видеоконференцијски и захтевају један-на-један однос медицинског кадра са пацијентом. У циљу испитивања могућности примене Интернета интелигентних уређаја у телерехабилитацији развијен је телерехабилитацијски модел, намењен физикалној терапији и побољшању грубих моторичких вештина, контролисан од стране стручног медицинског кадра. Анализирани су изазови примене и одрживост модела.

Оригиналност докторске дисертације се огледа и у реализацији телерехабилитацијског система, базираног на Интернету интелигентних уређаја, који се може адаптирати према потребама пацијента, условима развијености ИКТ, доступним сензорима и друго. Систем се може интегрисати са другим сервисима е-здрoвства путем API-ја, и надоградити додатним садржајем и интелигентним уређајима. Систем је применљив и његово коришћење даје позитивне резултате у побољшању моторичких вештина, што је и верификовано објављеним радовима.

Важан допринос ове дисертације је и телерехабилитациони садржај у форми специјализованих телерехабилитационих игара (*serious games*), припремљен у сарадњи са експертима и у складу са сугестијама датим у научној литератури за специфичну групу пацијената, као и интеграција постојећих телерехабилитационих игара у имплементирано решење.

3.2. Осврт на референтну и коришћену литературу

Списак литературе садржи 283 библиографских јединица које су коришћене у изради дисертације. Литература је релевантна за предмет и циљеве истраживања. Највећи број цитираних радова чине чланци из међународних часописа објављених у последњих десет година из области електронског здравства, телемедицине, телерехабилитације и примене Интернета интелигентних уређаја у здравству. Такође, коришћени су и наводи удружења и институција у области здравства, креатора здравствене политике и промотера јавног здравства као што су *World Health Organization (WHO)* и *U.S. Department of Health & Human Services (HHS)*. Савремена истраживања објављена у наведеним научним радовима су описана, анализирана и изведени су закључци који омогућавају добар увид и могућност поређења са методологијом и моделом предложеним у дисертацији. Литература је коришћена и приликом дискусије резултата добијених применом развијеног телерехабилитационог модела.

Кандидаткиња је у дисертацији правилно реферисала бројне литературне изворе и тиме показала висок ниво познавања резултата савремених истраживања присутних у литератури из релевантне научне области.

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-дедуктивне методе је коришћена за анализу података о постојећим решењима, технологијама, приступима и библиотекама за развој софтверских компоненти.
- У четвртном поглављу коришћене су методе моделирања телерехабилитационог система електронског здравства, сервиса Интернета интелигентних уређаја, сервиса виртуелне и проширене стварности, комуникације између сервиса и модула за интеграцију са другим сервисима електронског здравства.
- У петом поглављу коришћене су статистичке методе за анализу добијених резултата. Прикупљање података извршено је сензорским путем, софтверским путем и експлицитно, анкетирањем и опсервацијом испитаника.

Резултати истраживања су презентовани текстуално, описивањем, кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима. Истраживање је интердисциплинарно, јер интегрише знање и методе из различитих дисциплина (електронско здравство, информатику, медицину, рехабилитацију, инжењерство, статистику и др.), користећи синтезу приступа научне дисциплине.

Примењене научне методе и технике у потпуности одговарају дефинисаном предмету и циљу истраживања.

3.4. Применљивост остварених резултата

С обзиром на флексибилност развијеног модела за телерехабилитацију заснованог на Интернету интелигентних уређаја, осим примене у физикалној терапији, могуће га је применити и у другим облицима рехабилитације као што су превенција и асистенција код старих особа или особа са инвалидитетом.

Адаптивност телерехабилитационог садржаја омогућава креирање персонализоване терапије којој се у савременим истраживањима у медицини све више тежи. Применом модела у пракси све спроведене телерехабилитационе сесије и резултати се чувају и доступни су за анализу па

је овај модел својеврсни алат за анализу успеха примењене рехабилитационе терапије на основу које се могу доносити закључци и модификовати модели терапије за тренутне и будуће пацијенте.

Евалуација предложеног телерехабилитационог модела заснованог на Интернету интелигентних уређаја је реализована у два окружења: код куће испитаника и у васпитно-образовној институцији. Сви испитаници су имали моторичке сметње: испитаник у кућним условима услед можданог удара, а испитаници у васпитно-образовној институцији услед поремећаја аутистичног спектра. Предложени модел се показао као флексибилно и ефикасно решење које омогућава ефикасну физикалну терапију и чија је примена код испитаника показала побољшање у грубим моторичким вештинама.

3.5. Оцена достигнутих способности кандидата за самостални научни рад

Области научног интересовања Сање Вукићевић су електронско здравство и телерехабилитација, Интернет интелигентних уређаја, wearable computing, рачунарство у облаку и електронско пословање. Стекла је значајно искуство радећи у софтверској индустрији више од деценију, спроводећи пројекте самостално и у оквиру тима.

Током израде докторске дисертације, Сања Вукићевић је показала способност да сагледа проблем истраживања са више аспеката, да критички приступи анализи постојећих решења, успешно спроведе истраживање и оствари сарадњу са другим образовним институцијама.

На основу наведеног, сматрамо да кандидаткиња Сања Вукићевић поседује потребно знање и искуство за самосталан научни рад.

4. ОСТВАРЕН НАУЧНИ ДОПРИНОС

4.1. Приказ остварених научних доприноса

Најзначајнији научни допринос дисертације представља модел инфраструктуре сервиса електронског здравства намењених рехабилитационој терапији на даљину, који омогућавају да се пружање здравствених услуга реализује применом адаптивног садржаја, контролисаног од стране медицинског кадра.

Финални резултат истраживања је дизајнирана и имплементирана инфраструктура и сервиси телерехабилитационог система која је поуздана, скалабилана, флексибилана са могућношћу дељења од стране више медицинских установа и интеграције са електронским здравственим картоном здравственог информационог система.

Кључни научни доприноси ове дисертације огледају се у:

- формалном опису модела телерехабилитационог система заснованог на Интернету интелигентних уређаја,
- развоју модела адаптације са следећим аспектима: персонализација садржаја од стране стручног медицинског кадра, аутоматска модификација садржаја терапије зависно од расположивих сензора и интелигентних уређаја и зависно од физичких могућности пацијента,
- развоју модела архитектуре и инфраструктуре телерехабилитационог система заснованог на Интернету интелигентних уређаја,
- моделу интеграције са здравственим информационом системом, односно електронским здравственим картоном,
- анализи метода и развоју модела за мотивацију пацијената заснованог на виртуелној и проширеној реалности и *serious games*,

- развоју метода за оцену перформанси добијеног модела,
- унапређењу постојећих метода за имплементацију телерехабилитационих система.

4.2. Критичка анализа резултата истраживања

Резултати докторске дисертације су у великој мери потврдили почетну хипотезу да се развојем и применом модела телерехабилитације заснованог на примени Интернета интелигентних уређаја унапређује квалитет здравствене заштите, мотивише пацијент и побољшавају коначни резултати у процесу опоравка. Развијени телерехабилитациони модел је примењен у пракси у две различите студије и евалуација показује значајно побољшање у моторичким вештинама као и пораст мотивације код испитаника за чешћу примену терапије. Резултати су јасно показали могућност за унапређење рехабилитационог здравственог система спровођењем рехабилитационих терапија на даљину и дате су препоруке за даља истраживања. За генералну применљивост у другим облицима рехабилитације неопходно је припремити одговарајући телерехабилитациони садржај, евалуирати у пракси и по потреби га додатно унапредити. Експериментални део дисертације употпуњује истраживање, даје засебан научни допринос али и омогућава верификацију предложеног телерехабилитационог модела.

4.3. Верификација научних доприноса

Радови објављени у часопису међународног значаја на SCI листи (M23):

1. **Vukićević, S., Đorđević, M., Glumbić, N., Bogdanović, Z., & Đurić Jovičić, M. (2019).** A Demonstration Project for the Utility of Kinect-Based Educational Games to Benefit Motor Skills of Children with ASD. *Perceptual and Motor Skills*, 126(6), 1117-1144. ISSN: 0031-5125, doi.10.1177/0031512519867521, IF 1.049 (M23)

Часописи међународног значаја (M24):

1. **Vukićević, S., Stamenković, Z., Murugesan, S., Bogdanović, Z., & Radenković, B. (2015).** A new telerehabilitation system based on Internet of things. *Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics*, 29(3), 395-405. ISSN: 0353-3670, doi.10.2298/FUEE1603395V (M24)

Зборници међународних научних скупова (M30):

1. **Vukićević, S. (2015, March):** Telerehabilitation Model of Physical Therapy using Kinect and Embedded systems. *In Proceedings of the 5th International Conference on Information Society and Technology ICIST 2015*, Kopaonik, Serbia (pp. 214-218), ISBN: 978-86-85525-16-2 (M33)

Зборници скупова националног значаја (M60):

1. **Vukićević, S., & Drašković, D. (2014, Mart).** Analiza stanja e-trgovine u Srbiji zasnovana na faktorima koji utiču na njen razvoj. *Zbornik radova XX Konferencija i izložba YUINFO 2014*, Kopaonik (pp. 1-6), ISBN: 978-86-85525-13-1 (M63)

5. ЗАКЉУЧАК И ПРЕДЛОГ

Имајући у виду структуру дисертације, примењене научне методе, квалитет истраживања и значај резултата и закључака који су приказани, Комисија сматра да је докторска дисертација Сање Вукићевић, оригиналан, савремен и значајан научни рад у ужој научној области “Електронског пословања” и представља вредан и у пракси применљив научни допринос у области електронског здравства.

Комисија сматра да је кандидаткиња Сања Вукићевић, кроз израду докторске дисертације и објављивањем научних радова у међународним часописима и зборницима показала способност за самосталан научно-истраживачки рад.

На основу наведеног, Комисија предлаже Наставно-научном већу Факултета организационих наука, Универзитета у Београду да прихвати овај Реферат, пружи на увид поднету докторску дисертацију “Модел телерехабилитације заснован на Интернету интелигентних уређаја” кандидаткиње Сање Вукићевић, као и да Реферат упути Већу научних области техничких наука Универзитета у Београду и да након завршетка процедуре позове кандидаткињу на усмену одбрану дисертације.

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ

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

др Зорица Богдановић, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Факултет организационих наука

др Александра Лабус, ванредни професор,
Универзитет у Београду,
Факултет организационих наука

др Милица Јанковић, доцент,
Универзитет у Београду,
Електротехнички факултет

др Милош Жарковић, редовни професор,
Универзитет у Београду,
Медицински факултет