

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

Бранка М. Родић Трмчић

Развој модела мобилног здравства
заснованог на *wearable computing*-у

Докторска дисертација

Београд, 2018. године

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES

Branka M. Rodić Trmčić

The implementation of mobile health model
based on wearable computing

Doctoral Dissertation

Belgrade, Serbia, 2018

Ментор:

Доц. др Александра Лабус

Доцент, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Чланови комисије:

Доц. др Александра Лабус

Доцент, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Проф. др Божидар Раденковић

Редовни професор, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Проф. др Маријана Деспотовић-Зракић

Редовни професор, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Проф. др Саша Лазаревић

Ванредни професор, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Доц. др Милица Јанковић

Доцент, Универзитет у Београду,

Електротехнички факултет

Развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

Сажетак:

Предмет истраживања дисертације је развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. Централни проблем који се разматра у докторској дисертацији је испитивање могућности примене и интеграције *wearable computing*-а, Интернета интелигентних уређаја (енг. *Internet of Things*, IoT), мобилних технологија и сервиса, *big data* аналитике и рачунарства у облаку за развој сервиса мобилног здравства. Фокус истраживања биће на примени сервиса мобилног здравства у области мерења, праћења и контроле стреса код студената.

Увођењем Интернета интелигентних уређаја у мобилно здравство, у области контроле стреса, омогућава се прикупљање података са тела корисника путем сензора. Примена *wearable* уређаја у процесу контроле стреса лекарима или психолозима треба да омогући добијање информација о психофизичком стању корисника. Применом сервиса електронског здравства измерени подаци се прате, чувају и врши се анализа података. На основу аналитичких резултата могу се креирати одговарајуће методе за контролу стреса и персонализоване превентивне здравствене поруке намењене корисницима.

Предложен је модел мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у који се састоји из система мобилног здравства, *wearable* система и сервиса за међусобну интеграцију компоненти и интеграцију са електронским здравством. Осим тога, модел обухвата интеграцију мобилног здравства са програмима формалног образовања.

У екперименталном делу докторске дисертације предложени модел мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у је имплементиран у образовном окружењу. Систем је евалуиран у реалном окружењу, током одбране завршних радова студената на Факултету организационих наука Универзитета у Београду. Резултати су показали да је коришћење мобилне апликације са садржајима за

релаксацију утицало на смањење стреса код студената током одбране завршних радова.

У дисертацији је назначена улога коју има образовни систем у имплементацији мобилног здравства. Представљен је приступ дизајнирању курса за едукацију инжењера из области *smart healthcare*. Кроз кључне теме курса студенти стичу нове вештине и знања из модерних технологија на којима се заснива *smart healthcare*. Предложени приступ је евалуиран на Факултету организационих наука Универзитета у Београду. Резултати указују на позитиван исход процеса стицања знања, као и искуства и ставова студената.

Кључне речи: мобилно здравство, мобилне технологије, *wearable computing*, Интернет интелигентних уређаја, рачунарство у облаку, *big data*, *smart healthcare*

Научна област: Информациони системи и технологије

Ужа научна област: Електронско пословање

УДК број: 004.738.5:61

The implementation of mobile health model based on wearable computing

Abstract:

The subject of this thesis is development of mobile health model based on wearable computing. The main problem discussed in the thesis is to investigate the possibilities of implementation and integration of wearable computing, Internet of Things, mobile technologies and services, big data analytics, and Cloud computing for the development of mobile health services.

By introducing the Internet of Things into mobile healthcare, in the field of stress control, it is possible to collect sensors' data from the users' body. The use of the wearable devices in the process of the stress control by physicians or psychologists should enable obtaining information on the psychophysical condition of the user. The measured data could be monitored, stored and analyzed using the e-health services. Appropriate methods for controlling stress and personalized preventive health messages for users can be created based on analytical results.

The thesis proposes a mobile healthcare model based on wearable computing. It consists of a mobile healthcare system, wearable systems and services for interconnection of components and integration with electronic health services. In addition, the model includes the integration of mobile healthcare and formal education programs.

In the experimental part of the thesis, the proposed model of mobile healthcare based on wearable computing has been implemented in an educational environment. The system was evaluated in a real environment, during the defense of students' thesis at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade. The results show that the use of a mobile application with relaxation content affected the reduction of stress among students during their thesis defense.

In addition, this thesis outlines the role of the education system in the implementation of mobile healthcare. The approach to designing a course for smart healthcare engineers has been presented. Through key topics of the course, students should gain new skills and knowledge of smart healthcare based modern technologies. The proposed approach was evaluated at the Faculty of Organizational Sciences, University of Belgrade. The

results point to the positive outcome of the process of acquiring knowledge, as well as the students' experiences and attitudes about the course.

Key words: Mobile health, Mobile technologies, Wearable computing, Internet of Things, Cloud computing, Big data, Smart healthcare

Scientific field: Information Systems and Technology

Scientific subfield: E-business

UDK number: 004.738.5:61

САДРЖАЈ

1	УВОД	1
1.1	ДЕФИНИСАЊЕ ПРЕДМЕТА ИСТРАЖИВАЊА	3
1.2	ЦИЉЕВИ ИСТРАЖИВАЊА.....	6
1.3	ПОЛАЗНЕ ХИПОТЕЗЕ	7
1.4	МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА	9
2	ЕЛЕКТРОНСКО И МОБИЛНО ЗДРАВСТВО	10
2.1	ПОЈАМ И ДЕФИНИЦИЈА Е-ЗДРАВСТВА	10
2.2	КАРАКТЕРИСТИКЕ ЕЛЕКТРОНСКОГ ПОСЛОВАЊА У ЗДРАВСТВУ	11
2.3	СЕРВИСИ И КОМПОНЕНТЕ Е-ЗДРАВСТВА	13
2.4	ТЕЛЕМЕДИЦИНА	16
2.5	МОБИЛНО ЗДРАВСТВО.....	18
2.5.1	<i>Предности и изазови примене мобилног здравства</i>	18
2.5.2	<i>Обезбеђење заштите и приватности података у мобилном здравству</i>	21
2.6	ИНТЕРОПЕРАБИЛНОСТ И СТАНДАРДИЗАЦИЈА У ЕЛЕКТРОНСКОМ ЗДРАВСТВУ	23
2.6.1	<i>Стандарди у области мобилног здравства</i>	27
2.6.2	<i>Технологије за примену интероперабилности</i>	31
2.7	SMART HEALTHCARE	33
3	ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА РАЗВОЈ РЕШЕЊА	36
3.1	МОБИЛНЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ	36
3.1.1	<i>Мобилни уређаји у здравству</i>	37
3.1.2	<i>Карактеристике апликација мобилног здравства</i>	38
3.1.3	<i>Технологије бежичног преноса</i>	44
3.2	ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	45
3.2.1	<i>Сензори у здравству</i>	47
3.2.2	<i>Примена healthcare сензора за идентификацију и контролу стреса</i>	49
3.2.3	<i>Актуатори</i>	52
3.2.4	<i>Микроконтролери и микрорачунари</i>	52
3.3	КОМУНИКАЦИЈА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	53
3.4	WEARABLE COMPUTING	55
3.4.1	<i>Wearable computing у здравству</i>	56
3.4.2	<i>Примери реализације wearable computing-a у здравству</i>	57
3.5	РАЧУНАРСТВО У ОБЛАКУ.....	64
3.6	BIG DATA.....	67

4	РАЗВОЈ МОДЕЛА МОБИЛНОГ ЗДРАВСТВА ЗАСНОВАНОГ НА WEARABLE COMPUTING-У	70
4.1	АНАЛИЗА ПОСТОЈЕЋИХ МОДЕЛА	70
4.2	МОДЕЛИРАЊЕ АРХИТЕКТУРЕ СИСТЕМА	72
4.3	МОДЕЛИРАЊЕ ИНФРАСТРУКТУРЕ СИСТЕМА	76
4.4	МОДЕЛИРАЊЕ СЕРВИСА	79
4.4.1	<i>Интеграција са сервисима електронског здравства</i>	<i>81</i>
4.5	ИНТЕГРАЦИЈА МОБИЛНОГ ЗДРАВСТВА У ПРОГРАМЕ ФОРМАЛНОГ ОБРАЗОВАЊА	82
5	ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА.....	92
5.1	ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА КОМПОНЕНТИ СИСТЕМА МОБИЛНОГ ЗДРАВСТВА ЗАСНОВАНОГ НА WEARABLE COMPUTING-У 92	
5.1.1	<i>Пројектни захтеви</i>	<i>92</i>
5.1.2	<i>Имплементација wearable система</i>	<i>92</i>
5.1.3	<i>Имплементација система мобилног здравства</i>	<i>96</i>
5.1.4	<i>Интеграција система мобилног здравства са wearable системом</i>	<i>97</i>
5.1.5	<i>Сервиси система за мобилно здравство</i>	<i>98</i>
5.1.6	<i>Развој сервиса система базираног на wearable computing-у.....</i>	<i>100</i>
5.2	ПРИМЕНА СИСТЕМА ЗА МОБИЛНО ЗДРАВСТВО ЗАСНОВАНО НА WEARABLE COMPUTING-У	102
5.2.1	<i>Методолошки поступак</i>	<i>102</i>
5.2.2	<i>Инструменти</i>	<i>103</i>
5.2.3	<i>Испитаници</i>	<i>103</i>
5.2.4	<i>Дизајн експеримента</i>	<i>104</i>
5.2.5	<i>Статистичка анализа</i>	<i>106</i>
5.3	АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА ПРИМЕНЕ СИСТЕМА ЗА МОБИЛНО ЗДРАВСТВО ЗАСНОВАНОГ НА WEARABLE COMPUTING-У 106	
5.3.1	<i>Стрес код студената током тестирања</i>	<i>106</i>
5.3.2	<i>Управљање стресом у експерименталној и контролној групи током тестирања 108</i>	
5.3.3	<i>Резултати STAI теста</i>	<i>110</i>
5.4	ЕВАЛУАЦИЈА ОБРАЗОВНЕ КОМПОНЕНТЕ МОДЕЛА	112
5.4.1	<i>Примена образовне компоненте модела.....</i>	<i>112</i>
5.4.2	<i>Анализа резултата</i>	<i>119</i>
6	НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ	130
7	БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА	134
8	ЗАКЉУЧАК	136

9	ЛИТЕРАТУРА	139
10	СПИСАК СЛИКА.....	161
11	СПИСАК ТАБЕЛА	163

1 Увод

Развојем савремених информационих технологија јавља се потреба за унапређењем свих аспеката електронског пословања, а тиме и пословања здравственог система. Потреба за иновацијама у здравственом систему је довела до развоја појма електронско здравство, односно е-здравство. Е-здравство представља интеграцију медицинске информатике, јавног здравља и процеса који се тичу пружања здравствених услуга и информација које се генеришу и преносе преко интернета и припадајућих технологија (Eysenbach, 2001). Увођењем електронског здравства пружа се прилика здравственим радницима и сарадницима да пружају ефикаснију и економичнију здравствену заштиту. Осим тога, омогућен је технички развој, долази до умрежавања, па и стицања позитивних навика и промене начина размишљања, а све у циљу унапређења квалитета здравствених услуга (Eysenbach, 2001) (European Commission, 2015) (Dzenowagis, 2005) (World Health Organization, 2006).

Пренос информација је данас уобичајен путем мобилних уређаја. Увођењем мобилних уређаја у електронско здравство настао је појам мобилно здравство. По дефиницији, то је појам који се користи приликом размене података у здравствене сврхе помоћу мобилних уређаја, при чему се користи мобилна мрежна инфраструктура (University of Cambridge, China Mobile, 2011) (World Health Organization, 2011). Мобилне технологије у систему здравствене заштите могу да смање трошкове пружања здравствених услуга и да омогуће ефикаснију комуникацију између пацијента и лекара (West, 2013). Осим тога, апликације и сервиси мобилног здравства омогућавају да здравствене услуге буду доступне појединцима којима је отежан приступ здравственој заштити. Здравствени сервиси, са уграђеним интелигентним уређајима и применом Интернета интелигентних уређаја, отварају нове могућности унапређења здравља, а довели су и до развоја парадигме *smart healthcare*.

Smart healthcare је интердисциплинарна област која укључује сензорско мерење, умрежавање, рачунарске и управљачке могућности са интелигентним уређајима

који могу да унапреде и одговоре на изазове модерног здравственог система (Jeong, Han, & You, 2016).

Интелигентни уређаји у комбинацији са другим паметним технологијама су заступљени у свим областима здравства, а највише у процесима где се захтева праћење виталних параметара у реалном времену, промоцији *well-being*-а, помоћи у животном окружењу (енг. *Ambient Assisted Living*), у области контроле стреса и многим другим областима (World Health Organization, 2013) (Centers for Disease Control and Prevention, 2015) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Развијена су различита технолошка решења из *smart healthcare*-а, са циљем унапређења здравља и спровођења превентивних акција (Rodic-Trmčić, Labus, Mitrovic, Buha, & Stanojevic, 2017) у области контроле стреса. Стресне ситуације код особе изазивају узбуђење и анксиозност. Када је особа узбуђена, организам је под стресом. Иако стрес у одређеној мери позитивно утиче на извршење задатака, у већој мери може да има негативне последице на здравље. Стрес је препознат као један од водећих здравствених проблема данашњице, а дужа изложеност стресу може довести и до других неповољних здравствених стања и поремећаја.

Једно истраживање показује да су најчешћи извори стреса у домену самоспознаје и образовања (Li, Xue, Zhao, Jia, & Feng, 2016). Честа је појава стреса код студената током студирања. Може да буде проузрокована променама животних навика, одвајањем од породице или узбуђењима приликом полагања тестова или испита (Sohail, 2013). Многи студенти су под стресом током полагања испита што се може негативно одразити на коначан исход испита. Истовремено, лоши резултати не указују на нижу интелигенцију или незнање код студената (Ali & Mohsin, 2013).

Бројна истраживања су се бавила мерењем психолошког стања и физичких реакција код студената (Arriba-Pérez, Caeiro-Rodríguez, & Santos-Gago, 2017) у корелацији са њиховим успехом током студирања (Dragon, et al., 2008), (Ping, Subramaniam, & Krishnaswamy, 2008) или унапређењем менталног здравља код студената (Millings, et al., 2015).

Присуство стреса може да се идентификује мерењем одређених виталних параметара на телу корисника преко различитих IoT система. Интегрални део IoT система за контролу стреса, поред *wearable* уређаја, чини мобилна апликација за здравство са садржајима за релаксацију која би требало да смањи узбуђење, у ситуацијама које нису пријатне за студента, а тиме врши и контролу стреса (Rodić Trmčić, Labus, & Radenkovic, 2016) (Winslow, et al., 2016) (Simões, Gonçalves, & Silva, 2017).

Већина комерцијалних *wearable* система није са отвореним кодом, па је такав систем тешко прилагодљив тренутним потребама. У циљу развоја *wearable* система којег је могуће интегрисати у постојећи образовни екосистем, потребно је развити систем са отвореном архитектуром (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

У експерименталном делу рада имплементиран је систем мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у за контролу стреса. Тестирање система спроведено је у високошколској образовној институцији, међу студентима, током одбране завршних радова.

У дисертацији је истакнут значај који имају образовне институције за даљи правац развоја мобилног здравства. Предложен је курс *Smart healthcare*, који пружа теоријске основе модерних технологија и практичне вештине из области мобилних технологија, Интернета интелигентних уређаја, *wearable computing*-а, рачунарства у облаку и примене *big data* у области *smart healthcare*. Предложени курс је евалуиран на Факултету организационих наука.

1.1 Дефинисање предмета истраживања

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. Централни проблем који се разматра у докторској дисертацији је испитивање могућности примене и интеграције *wearable computing*-а, Интернета интелигентних уређаја, мобилних технологија и сервиса, *big data* аналитике и рачунарства у облаку за развој сервиса мобилног

здравства. Фокус истраживања биће на примени сервиса мобилног здравства у области мерења, праћења и контроле стреса у свакодневним животним ситуацијама.

Основне карактеристике мобилних технологија, као што су: доступност, свеприсутност, портабилност и бежична комуникација чине их погодним за примену у здравственом сектору. Мобилно здравство је значајна истраживачка област. Већи број истраживања се односи на повећање доступности здравствених услуга путем мобилних уређаја, континуирано праћење здравља пацијената и унапређење комуникације између лекара и пацијената. Применом мобилног здравства унапређују се процеси и квалитет услуга у здравству, повећава се задовољство пацијената и смањују трошкови здравствених услуга.

Увођењем Интернета интелигентних уређаја у мобилно здравство омогућава се прикупљање података путем сензора у реалном времену и повећава се квалитет пружања здравствених услуга. У циљу побољшања комфора и безбедности корисника развијају се сензори који су поуздани, једноставни за употребу и неинванзивни, што представља основу *wearable computing*-а. Овакви сензори могу бити уграђени у одећу, сатове, нарукнице, наочаре и слично. Сензори које корисник може носити на себи називају се *wearable* уређаји. *Wearable* уређаји могу садржати сензоре за мерење: пулса, крвног притиска, мишићне активности, кондуктивности коже и респирације. На овај начин *wearable* уређаји омогућавају прикупљање података о психофизичком стању људи.

Примена технологија Интернета интелигентних уређаја у здравству омогућава мерење параметара са тела корисника и параметара из окружења у којем се корисник налази. Измерени подаци се са сензора шаљу преко мобилног уређаја или другог гејтвеја до лекара. Увид у прикупљене и агрегиране податке помаже лекарима у процесу доношења одлука. Праћењем података кроз дужи временски период могу се препознати обрасци понашања корисника. Идентификовани обрасци понашања могу се користити за препознавање симптома или утврђивање узрока промена у психофизичком стању, као што је, на пример, стрес.

Честа је појава стреса међу студентском популацијом (Kocielnik, Pechenizkiy, & Sidorova, 2012). Како би се носили са стресним ситуацијама и спречили понављање епизода стреса, за студенте је важно да управљају ситуацијама које могу проузроковати негативно узбуђење. Истовремено, у превенцији стреса је важна и повратна информација наставницима о присутности стреса код студената. Таква повратна информација је *biofeedback*, који наставницима омогућава прилагођавање наставе или метода испитивања, па тиме ствара услове у којима ће се студент осећати пријатније. Управљање стресом у овом облику односи се на употребу мобилних и *wearable* технологија са циљем мерења стреса и контроле стреса код студената.

Модел који је развијен у докторској дисертацији обухвата архитектуру, инфраструктуру, сервисе екосистема за мобилно здравство, и заснован је на *wearable computing*-у. Развијени модел обухвата и интеграцију мобилног здравства са програмима формалног образовања. Значајан сегмент модела је систем за мобилно здравство заснован на *wearable* уређајима преко којег ће комуницирати кључни учесници у моделу: корисници, наставници, лекари или психолози. Развијени модел је примењен за мерење и контролу стреса у образовном окружењу.

Да би овакав систем био ефикасан и ефективан, треба да буде базиран на савременим и иновативним решењима која одговарају захтевима и потребама корисника и здравственог система. Погодно решење за реализацију инфраструктуре система је рачунарско у облаку (енг. *Cloud computing*) које системима електронског здравства обезбеђује скалабилност, приватност и сигурност података.

Имајући у виду да се путем сензора добијају велике количине измерених вредности било је потребно обезбедити инфраструктуру која омогућава складиштење и рад са великом количином података. У ту сврху је развијена и примењена *big data* инфраструктура.

С обзиром да су у експерименту учествовали студенти Факултета организационих наука са Катедре за електронско пословање, били смо мотивисани да проширимо истраживање и са образовног аспекта предмета који се истражује и изучава.

Образовни аспект се заснива на тежњама да се студентима обезбеде основе технологија и дисциплина на којима се заснива *smart healthcare*. Будући правци развоја усмерени су ка настојањима да се представи потенцијал IoT у здравству како би будући инжењери били оспособљени да наставе развој IoT система за потребе здравства.

1.2 Циљеви истраживања

Примарни циљ истраживања је развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у.

Циљ рада се реализује кроз развој савремене архитектуре и инфраструктуре за мобилно здравство, применом *wearable computing*-а и Интернета интелигентних уређаја за контролу стреса.

Развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у обухвата:

- идентификацију структурних и функционалних чинилаца мобилног здравства;
- анализу имплементационих аспеката развијеног модела;
- изградњу архитектуре и инфраструктуре мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- интеграцију мобилног здравства у програме формалног образовања.

Важни циљеви који се постижу применом модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у су:

- мерење и контрола стреса међу корисницима, применом мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у и технологијама Интернета интелигентних уређаја;

- дизајн курса *Smart healthcare* и подршка формалном образовању инжењера за *smart healthcare*.

Задаци истраживања, с обзиром на постављене циљеве, су:

- анализа постојећих модела мобилног здравства и утврђивање могућности примене модела за мобилно здравство;
- моделирање система за мобилно здравство заснованог на *wearable computing*-у и Интернету интелигентних уређаја;
- пројектовање архитектуре и инфраструктуре система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- примена и евалуација система за мобилно здравство заснованог на *wearable computing*-у;
- развој дизајна курса *Smart healthcare*;
- евалуација курса *Smart healthcare*.

Научни циљ се огледа у дефинисању модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. Резултати овог истраживања треба да унапреде процес имплементације мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у за мерење и контролу стреса. Могу послужити као основ за развој других модела мобилног здравства и примену у Србији, интеграцијом у постојећи здравствени систем. Примена развијеног курса *Smart healthcare* у оквиру програма формалног образовања може имати значај за будући развој мобилног здравства.

1.3 Полазне хипотезе

Основна хипотеза у раду гласи:

Развој и примена модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у ће омогућити мерење и контролу стреса.

На основу дефинисаног предмета истраживања и основне хипотезе у раду могу се издвојити неколико посебних хипотеза:

H1. Могуће је развити модел мобилног здравства заснован на технологијама *wearable computing*-а.

H2. Модел мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у омогућава прецизно мерење показатеља стреса и доприноси редуковању или елиминисању стреса.

H3. Интеграција мобилног здравства у програме формалног образовања студентима омогућава стицање теоријских знања и практичних вештина из технологија на којима се заснива *smart healthcare*.

Даљом разрадом наведених посебних хипотеза могуће је формулисати појединачне хипотезе:

H1.1. Могуће је развити систем заснован на *wearable computing*-у за мерење виталних параметара и параметара окружења.

H1.2. Могуће је развијени модел прилагодити потребама корисника.

H1.3. Квалитет и доступност података у моделу мобилног здравства заснованом на *wearable computing*-у могуће је унапредити применом *big data* технологија и рачунарства у облаку.

H2.1. Применом мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у могуће је редуковати и елиминисати стрес код корисника.

H3.1. Применом курса *Smart healthcare*, студенти су постигли напредак у стицању знања, а њихови утисци по питању садржаја и изгледа курса су позитивни.

H3.2. Квалитет садржаја курса *Smart healthcare* са аспекта интердисциплинарности је задовољавајући.

1.4 Методе истраживања

Током израде дисертације користе се различите методе и технике у циљу добијања што поузданијих резултата истраживања. Од општенаучних метода користе се: метода анализе и синтезе постојећих научних резултата, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Методама анализе и синтезе дефинишу се и анализирају теоријске основе електронског и мобилног здравства, *wearable computing*-а и Интернета интелигентних уређаја. Метода моделирања користи се приликом израде модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. Аналитичко-дедуктивне методе користе се за анализу података о постојећим моделима мобилног здравства и *wearable* система. Статистичка метода користи се за анализу добијених резултата експеримента.

У експерименталном делу рада извршена је евалуација развијеног модела за мобилно здравство заснованог на *wearable computing*-у за мерење и контролу стреса. У другом делу рада евалуиран је предложени курс *Smart healthcare*. Добијени резултати експеримента треба да потврде постављене хипотезе.

Резултати истраживања представљени су: текстуално, описивањем и графички кроз више слика, дијаграма и табела са упоредним резултатима.

Истраживање је мултидисциплинарно и обухвата: информатику, рачунарство, електронику, здравство и психологију и друге научне дисциплине.

2 Електронско и мобилно здравство

Светска здравствена организација (СЗО) (World Health Organization, 2016) здравствени систем дефинише као комплексан систем који чине организације, институције, а чији је примарни циљ унапређење здравља. Примена савремених информационих технологија и комуникационих веза је неопходна за пружање квалитетних здравствених информација и услуга, као и за размену информација између субјеката у здравственом систему.

Појава и имплементација савремених информационих технологија, као и потреба за иновацијама и унапређењем здравствене заштите, довела је до појаве појма електронско здравство, односно е-здравство. Створен је флексибилан и скалабилан систем који здравственим радницима и сарадницима омогућава да пружају ефикаснију и економичнију здравствену заштиту. Е-здравство нуди низ нових могућности, али и изазова у односу на традиционални систем пружања здравствене заштите.

2.1 Појам и дефиниција е-здравства

Према дефиницији Европске комисије (European Commission, 2015) електронско здравство се дефинише као примена информационо-комуникационих технологија за задовољење потреба грађана, пацијената, здравствених радника, пружалаца здравствених услуга и креатора здравствене политике. Према истом извору, е-здравство означава коришћење информационо-комуникационих технологија у циљу:

- унапређења и побољшања превенције, дијагностике, лечења, праћења и управљања, односно повећања расположивости здравствених услуга;
- побољшања приступа здравственим услугама и квалитета услуга услед побољшања ефикасности здравственог сектора;
- размене информација између пацијената и пружалаца здравствених услуга, болница, здравствених радника;

- употребе телемедицине и преносивих уређаја за праћење стања и других врста размене информација.

Постоје различите дефиниције електронског здравства, (Eysenbach, 2001) (European Commission, 2015) (Dzenowagis, 2005) (World Health Organization, 2006) које, осим што наглашавају технички развој здравства, истичу и психолошке факторе, као што су промена начина размишљања, стицање позитивних навика, међусобно повезивање учесника у систему, а све у циљу побољшања квалитета здравствене заштите.

2.2 Карактеристике електронског пословања у здравству

Електронско пословање чине интерни или екстерни пословни процеси који се реализују путем рачунарске мреже применом нових технологија, а вођени потребом за иновацијама (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015). Електронско пословање је доживело велику експанзију у свим привредним областима, а у последње време и у здравству.

За ефикасно обављање здравствене заштите у систему е-здравства неопходна је размена информација између различитих субјеката. Увођење електронског пословања изменило је област здравства, јер је интернет комуникација редуковала трошкове постављања засебних инфраструктура у свакој здравственој установи. Уместо тога, присутно је централизовано прикупљање података, размена информација и пословање уз ефикасно коришћење свих расположивих информационо-комуникационих ресурса у складу са задатим циљевима унапређења здравља. У том смислу могу се издвојити бројни пословни комуникациони модели у здравству у којима учествују Влада, министарства, здравствене установе и корисници. Међу бројним моделима, најзаступљенији је комуникациони модел *Business-to-Consumer (B2C)*. Преко овог модела се задовољавају потребе корисника здравствене заштите (Obradović, 2009).

Комуникација између пацијената и здравствених радника се, у систему здравствене заштите, најчешће одвија традиционално, посетама корисника или

пацијената здравственој установи. Увођењем интернета и савремених информационо-комуникационих технологија (ИКТ) у здравствени систем, традиционални вид комуникације може бити надограђен савременим начином, који има низ предности.

Неке од предности увођења ИКТ-а у систем здравствене заштите огледају се кроз (Влада Републике Србије, 2009):

- побољшање ефикасности приступа информацијама;
- побољшање међусобне комуникације свих учесника;
- боље праћење квалитета услуга;
- боље планирање.

Примена ИКТ-а треба да омогући (Влада Републике Србије, 2009):

- здравствене информације које ће да помогну здравственим радницима у доношењу клиничких одлука, дефинисању водича добре праксе, базе знања и стручне литературе;
- употребу података у циљу подршке: планирању, надгледању и оцени здравствених услуга, укључујући управљање и планирање кадровима, затим подршке финансирању и алокацији ресурса, праћењу квалитета здравствених услуга, и праћењу рационалног трошења средстава;
- употребу података као подршке развоју и примени одлука, у циљу свеобухватне здравствене заштите појединаца, група са посебним потребама и целе популације;
- употребу података у циљу помоћи здравственим истраживањима;
- информације о стању здравља и здравственим детерминантама, заснованим на доказима;
- лакше испуњавање међународних обавеза кроз усвајање европских стандарда и иницијатива.

Увођење ИКТ-а у један сложени систем, као што је здравствени систем, захтеван је и скуп процес. Упркос могућностима и предностима, јављају се баријере које

отежавају или онемогућавају имплементацију е-здравства (European Commission, 2012), као што су:

- недостатак свести, као и поверења у е-здравство међу пацијентима, грађанима и здравственим радницима;
- недостатак интероперабилности између различитих решења примене е-здравства;
- непостојање одмах видљивог доказа о исплативости увођења алата и услуга е-здравства;
- недостатак или неадекватност постојећих правних аката;
- високи трошкови увођења и примене е-здравства;
- ограничен приступ сервисима е-здравства у појединим руралним подручјима.

Због свега наведеног, потребно је јасно сагледати тренутну слику здравственог система и издвојити ваљане разлоге за увођење система е-здравства, као што су:

- рационализација трошкова у здравственом систему;
- једноставнији и ефикаснији приступ здравственим подацима;
- побољшање доступности здравствених услуга;
- размена информација и континуирана едукација медицинских стручњака;
- доступност научних и стручних информација;
- лакше успостављање сарадње на свим нивоима здравствене заштите.

2.3 Сервиси и компоненте е-здравства

Увођењем сервиса електронског здравства у постојеће системе здравствене заштите унапређује се ефикасност пружања информација, начин одлучивања, и побољшава се квалитет пословних процеса (World Health Organization and International Telecommunication Union, 2012).

Улога пацијента у тим процесима се мења, за разлику од традиционалне пасивне улоге, пацијент активно учествује у очувању и унапређењу свог здравља.

Унапређење здравља људи је могуће преко промоције здравља и то је један од сервиса који може да буде имплементиран кроз В2С комуникациони модел.

Према Закону о здравственој заштити (Влада Републике Србије, 2014) друштвена брига за здравље између осталог обухвата очување и унапређење здравља, стицањем знања и навика о здравом начину живота, као и пласирањем информација које су становништву или појединцу потребне за одговорно поступање и за остваривање права на здравље. Имплементацијом сервиса промоције здравља омогућава се пацијентима да повећају свест о свом здрављу. Коришћењем савремених информационих технологија кроз процес промоције здравља добија се нови модел који се тек развија - Корисничка здравствена информатика (енг. *Consumer Health Informatics*). Ово је појам који се уско везује за информисање јавности и обезбеђивање здравствених информација ради унапређења здравља људи, а помаже корисницима и у доношењу одлука када је у питању њихово здравље. Корисничка здравствена информатика анализира потребе корисника за информацијама, истражује и имплементира методе достављања тих информација, моделује преференције корисника, а потом врши интеграцију са здравственим информационим системом (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Varać, & Labus, 2015). У овом случају корисници су болесне или здраве особе које траже информације о здрављу и предузимају одређене акције у складу са сопственим преференцијама, животним циљевима и стилевима (Eysenbach, 2000).

Сервис електронског здравства обухвата и учење на даљину за здравствене стручњаке (е-учење). Е-учење може да унапреди квалитет знања, повећа приступ знању тамо где оно није доступно, или да пружи нове форме стицања знања. Сервиси е-учења омогућавају стицање знања и вештина електронским путем за здравствене стручњаке. Алати за е-учење у здравству могу бити различитог типа; од оних који омогућавају интеракцију наставника и студента, приступ дигиталним библиотекама или онлајн курсевима, дискусионим мрежама, до оних који омогућавају коришћење мобилних апликација у циљу приступа информацијама као подршка здравственој заштити (World Health Organization and International Telecommunication Union, 2012). Пример је континуирана медицинска едукација

за здравствене раднике путем онлајн портала. Здравствени радници преузимају едукативни материјал са портала и решавају активне тестове чиме добијају бодове за акредитацију своје лиценце (CONSiT, 2017).

Електронски здравствени сервиси у циљу унапређења здравља у руралним срединама, представљени су кроз следећи пример:

- *China mobile* са партнерима обезбеђује медицинске сервисе и информације преко терминала (за самопослуживање) који су умрежени преко фиксне или 3G/GPRS мобилне мреже. У оквиру два пројекта, на стотине терминала су у употреби у удаљеним сеоским срединама. Циљ им је ширење здравствених информација, као и обезбеђивање медицинских консултација. Терминал „*Intelligent Health Management Self-Service*” поседује сервис који се састоји из шест међусобно повезаних модула, који обухватају све аспекте очувања здравља, укључујући и информације о здравом живљењу, информације за труднице и мајке, за заштиту здравља на радном месту и податке о јавном здрављу. Два модула, од постојећих шест: „*One Stop Medical Report*” и „*Self Service Disease Recovery*” представљају удаљене здравствене консултације, намењене масама, док лична консултација није могућа на овај начин, због строге законске регулативе (University of Cambridge, China Mobile, 2011).

Сервиси електронског здравства у Републици Србији су у развоју. Појединачни су случајеви имплементације сервиса електронског здравства, и то углавном у приватном сектору. То су најчешће извештавања о резултатима лабораторијских анализа, брисева или прегледа путем електронске поште, заказивање прегледа телефоном или путем веб сајта, слање пропагандних порука или едукативних материјала, у циљу привлачења корисника путем електронске поште, и сл.

Важне компоненте електронског здравства чине здравствени информациони систем и електронски здравствени картон. Према дефиницији Светске здравствене организације, здравствени информациони систем је систем који омогућава прикупљање, обједињавање, анализу и синтезу података из више извора са циљем извештавања о здравственом стању становништва и трендовима

у здравству (World Health Organization and International Telecommunication Union, 2012). Интегрисани здравствени информациони систем (ИЗИС) укључује више корисника и служи као подршка стварању и дистрибуцији здравствених информација које су од помоћи доносиоцима одлука на свим нивоима здравствене заштите (Bizetić & Ristić, 2014).

Електронски здравствени картон омогућава размену података о пацијентима између различитих здравствених стручњака. Садржи све здравствене информације и друге опште податке о пацијенту у електронском облику. У електронском здравственом картону се чувају демографски подаци, подаци о посетама лекару, преписаним лековима, лабораторијске анализе, различити снимци и друге информације о пацијенту. Чување и дељење информација на овакав начин омогућава значајно унапређење квалитета и ефикасности пружања здравствених услуга.

Сервиси е-здравства се често реализују кроз телемедицину и мобилно здравство.

2.4 Телемедицина

Телемедицина или лечење на даљину, појам настао 70-их година, означава коришћење информационих и комуникационих технологија за добробит пацијената којима је ограничен приступ здравственој заштити, чиме им се повећава доступност здравствене неге и медицинских информација (World Health Organization, 2010).

Светска здравствена организација дефинише телемедицину као пружање здравствених услуга, тамо где је удаљености критичан фактор, путем свих расположивих здравствених стручњака, уз коришћење информационо-комуникационе технологије за размену релевантних информација за дијагностику, лечење и превенцију болести; за истраживања и развој у области здравља, континуирану едукацију здравствених радника, као и за менаџмент у здравству, а све у интересу унапређења здравља појединаца и њихових заједница (World Health Organization, 2010).

Телемедицину је могуће одредити са четири констатације које одређују њене вредности (World Health Organization, 2010) (Reljin & Gavrovska, 2013):

- подршка клиничким поступцима и процедурама;
- тежња ка превазилажењу географских баријера, спајањем субјеката који се не налазе на истим локацијама;
- коришћење различитих облика информационо-комуникационих технологија;
- примена телемедицине са циљем унапређења здравља.

Сматра се да је телемедицина једна од најстаријих грана здравствене информатичке технологије и да датира од настајања прве телефонске консултације, када је постављена дијагноза на даљину (Duka, Mihailović, Miladinović, Janković, & Vujičić, 2009).

Store-and-forward медицина подразумева комуникацију учесника у лечењу који нису истовремено присутни у размени података, већ се размена обавља у неком каснијем тренутку (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015). Интерактивна телемедицина подразумева постојање истовремене интеракције између пацијента и лекара, па је, у основи, класичан преглед на даљину (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015).

Најчешће области телемедицине су: телерадиологија (коришћење информационо-комуникационих технологија за пренос дигиталних радиолошких снимака, са једне локације на другу, у циљу интерпретација или консултација); телепатологија (коришћење информационо-комуникационих технологија за пренос дигитализованих резултата лечења, ради тумачења или консултација); теледерматологија (коришћење информационо-комуникационих технологија за пренос података о стањима на кожи у сврху тумачења или консултације); телепсихијатрија (коришћење информационо-комуникационих технологија за психијатријске процене или консултације путем видеа или телефона) (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015) (World Health Organization, 2010).

2.5 Мобилно здравство

Појава и ширење веба су утицали на начин прикупљања и ширења информација. Пренос информација и комуникација су уобичајени преко мобилних уређаја. Карактеристике мобилних уређаја пружају нове могућности ширења здравствених информација међу људима, а њихова свеprisутност је један од разлога због којег треба да буду заступљени у новим технолошким решењима за пружање здравствених услуга. Увођењем мобилних уређаја у електронско здравство настао је појам мобилно здравство.

Мобилно здравство или м-здравство, појам је који се користи код пружања здравствених и медицинских услуга и у јавном здрављу, а уз подршку мобилних уређаја (World Health Organization, 2011). У студији „Мобилна комуникација у здравству” (University of Cambridge, China Mobile, 2011) наводи се дефиниција: „Сервиси и апликације мобилног здравства укључују гласовну комуникацију или размену података у здравствене сврхе између централне тачке и удаљених локација. Овде се мисли и на мобилне телефоне и друге уређаје који се користе у сврху здравства, при чему се користи мрежна инфраструктура.”

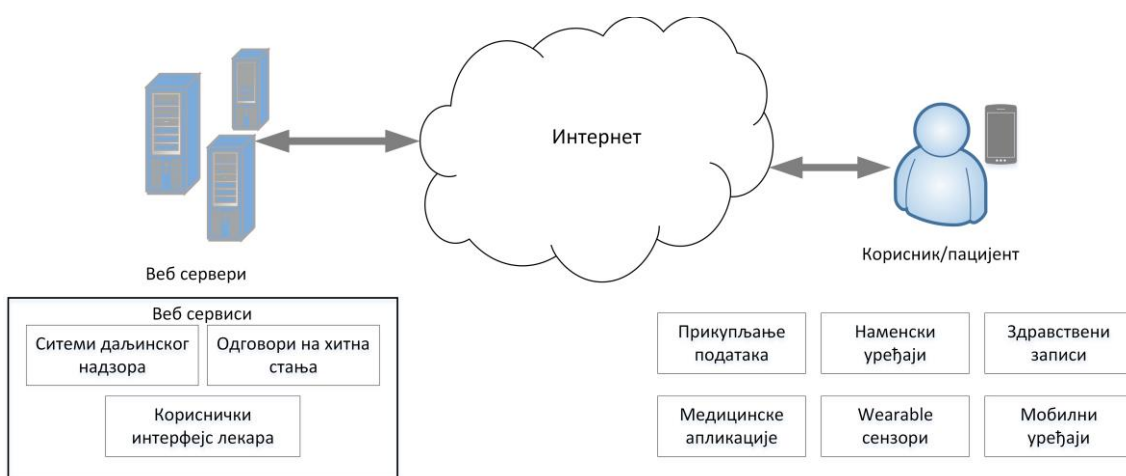
2.5.1 Предности и изазови примене мобилног здравства

Људи у руралним срединама немају у својој близини одговарајући приступ квалитетној здравственој заштити. Неадекватна доступност здравствених услуга је нарочито изражена у неразвијеним земљама и земљама у развоју. Иако постоје здравствени центри или станице у мањим местима, они углавном нису снабдевени довољним бројем особља, а највише им недостаје основна инфраструктура. Становништво тих средина је принуђено да прелази велике раздаљине до најближих општина или већих градова у региону како би добило одговарајуће медицинске услуге. Здравствене услуге су често толико скупе да их поједини људи не могу себи приуштити. Одређени број људи не тражи здравствену помоћ или савет из страха од осуде околине или неразумевања (код нарушеног менталног здравља или обољевања од полно преносивих болести) (Ramanathana, Swendemanb, Comuladab, Estrina, & Rotheram-Borus, 2013). Један од значајних

организационих проблема у тражењу услуга су и дуги редови чекања (Kuntagod & Mukherjee, 2011).

Мобилно здравство може да помогне да се превазиђу инфраструктурни недостаци присутни у здравственом систему, да се побољша доступност здравствених информација великом броју људи (Hampshire, et al., 2015) (World Health Organization, 2006), нарочито становништву земаља у развоју (Kamsu-Foguem & Foguem, 2014). Мобилне технологије у е-здравству смањују трошкове пружања здравствених услуга и омогућавају ефикаснију комуникацију између пацијента и лекара (West, 2013). Такође, сервиси мобилног здравства омогућавају да се здравствене услуге доведу до вулнерабилних (осетљивих) група, или до особа са инвалидитетом, као и да се повећа ефикасност спровођења превентивних програма, програма јавног здравља и истраживачких пројеката (Rodić-Trnčić, Labus, & Bogdanović, 2016).

На Слици 1 приказан је типичан пример архитектуре сервиса мобилног здравства.



Слика 1. Пример типичне архитектуре сервиса мобилног здравства (Silva, Rodrigues, Díez, López-Coronado, & Saleem, 2015)

С обзиром на комплексност здравственог система, увођење мобилног пословања у један такав систем, наилази на бројне изазове. Мобилно здравство треба да буде правно регулисано и подржано „Стратегијама развоја”. У земљама у развоју, увођење мобилног здравства доживеће већи развој креирањем стратегија

електронског здравства које се ослањају на постојеће системе здравствене заштите. Здравствена политика треба да обухвати стандарде, архитектуре и омогући партнерства са другим институцијама и организацијама, као подршку у реализацији пројеката мобилног здравства, а све у циљу унапређења и очувања здравља становништва. Увођење сервиса мобилног здравства зависи и од свеprisутних мрежа високог протока. У том смислу, Европска комисија је донела законски пакет мера „*Повезани континент законски пакет*” (European Commission, 2015) у којем се истиче потреба за брзим и широкопојасним мрежама (European Commission, 2014). У Србији је „Стратегијом” (Влада Републике Србије, 2010) донет пакет мера којим се као приоритет одређује потреба за квалитетним, широкопојасним приступом интернету. Један од највећих изазова за имплементацију мобилног здравства је изградња пословног модела, који је одржив уз могућност његове сталне надоградње или интеграције са постојећим већим пројектима е-здравства.

Као специфичности здравственог система у односу на друге системе наводе се (Friederici, Hullin, & Yamamichi, 2012):

- *Недовољна финансијска средства.* Главне препреке у развоју мобилног здравства су најчешће финансијске природе, нарочито у земљама у развоју. Ако унапред није законски дефинисана прецизна финансијска структура, како у државном, тако и приватном сектору, тешко да ће доћи до жељене реализације пројеката. Највећи трошкови нису везани за сам развој апликације м-здравства већ за интеграцију њених сервиса са другим сервисима у државном и приватном здравственом сектору.
- *Недостатак одрживих модела пословања.* Искорак у реализацији производа е-здравства и м-здравства је могућ само преко финансијски одрживих модела пословања. Често у земљама у развоју не постоји довољно улагања у такве пројекте и производе, као ни довољно заинтересованости за коришћење таквих производа, од стране корисника здравствене заштите, опет због лоше финансијске ситуације. Пословни модели из развијених земаља не могу само да се пресликају у пословање

земаља у развоју, где је и земља Србија, већ је неопходно да се прилагоде постојећим односима понуде и тражње.

- *Приватност и сигурност.* Здравствени систем је законски специфично одређен када су у питању приватност и заштита података пацијента. Самим тим је ограничен приступ подацима пацијента, што може да компликује међусистемску интеракцију, нпр. код примарне здравствене заштите, хитног збрињавања, осигурања, и слично.
- *Недостатак доказа и поузданих процена о утицају услуга м-здравства.* Ово доприноси њиховој споријој имплементацији и реализацији.
- *Отежана координација свих учесника у здравственом систему.* Потребно је ускладити различите интересе приватног и јавног здравственог сектора, као и ИТ сектора. Сваки сектор има појединачне интересе различите од других, који се често не поклапају или су конфликтни.
- *Интероперабилност.* Развој појединачних сервиса м-здравства може да доведе до недовољне интероперабилности између различитих апликација које се покрећу на различитим уређајима и платформама.

Сервиси електронског здравства су базирани на интернет технологијама што за собом повлачи и велики број питања о сигурности и изложености података о појединцима. Примена савремених технологија у електронском здравству треба да обезбеди висок квалитет здравствених информација уз очување приватности и поверљивости личних здравствених података.

2.5.2 Обезбеђење заштите и приватности података у мобилном здравству

У систему здравствене заштите, податке о пацијенту користе различити субјекти. У Табели 1 су приказани главни корисници и сврха коришћења здравствених података.

С обзиром на број учесника који приступају здравственим подацима пацијента, ти подаци могу бити мета неовлашћеног коришћења. У мобилном здравству подаци се преносе путем бежичних мрежа које су осетљивије за праћење и пресретање од жичних широкопојасних мрежа.

Табела 1. Корисници и сврха коришћења здравствених података (Burns & Johnson, 2015)

Корисници	Сврха коришћења
Болнице	Отпусне листе, квалитативна извештавања, унапређење процеса
Лекари	Посете, квалитативно извештавање
Пацијенти	Лични здравствени картон
Лабораторије	Резултати тестова
Институције јавног здравља	Извештавање о заразним болестима
Осигуравајућа друштва	Провере, потраживања, ревизије квалитета
Истраживачи	Истраживачке студије

Питања сигурности у мобилном здравству су везана за апликације мобилног здравства које имају пун приступ подацима у телефону и могућност повезивања са другим апликацијама. Сигурност може бити нарушена дељењем или записивањем лозинки, приступом осетљивим информацијама путем бежичне конекције на јавним местима или губитком мобилног телефона (Agora, Yttri, & Nilsen, 2014). Здравствени подаци о кориснику морају да буду поверљиви, а то значи да треба обезбедити доступност података само онима који имају овлашћења за приступ. Праћење локације корисника је понекад значајно у лечењу или унапређењу здравља (нпр. старијих људи са деменцијом, праћење дневне физичке активности). Приватност корисника апликације мобилног здравства може бити нарушена праћењем радио сигнала са телефона којим се прати локација корисника.

Из наведеног следи да су захтеви за сигурношћу система мобилног здравства сложени и обухватају више сегмената (Zubaydi, Saleh, Aloul, & Sagahyroon, 2015):

- поверљивост (подаци треба да су доступни само ауторизованим лекарима);
- интегритет података (сачувати целину и тачност података приликом њиховог преноса);
- праћење приступа (системи мобилног здравства треба да прате активности над системом);

- провера идентитета корисника (провера идентитета пацијента или лекара пре него што приступе осетљивим подацима);
- контрола приступа (различити здравствени радници треба да имају различит приступ подацима пацијента);
- доступност података (обезбеђивање да овлашћени корисници имају приступ информацијама када им је то потребно);
- ажурирани здравствени подаци (пацијенту треба да се пружају ажуриране, свеже информације);
- престанак пацијента за дељење његових података (неопходан је престанак пацијента у случају да се врши дељење његових здравствених података са другим субјектима).

Ради обезбеђивања сигурности и приватности података користе се различити механизми заштите: криптографске технике, технике дигиталног потписа, аутентификација, сигурносни сервиси у ТСП/IP, коришћење кључева и сл.

2.6 Интероперабилност и стандардизација у електронском здравству

Развој здравственог система и његова дистрибуираност намећу потребу да се размена информација и комуникација обавља кроз цео здравствени систем, а не само у оквиру једне пословне јединице. Савремене ИТ платформе се постављају све чешће са циљем развоја комуникације са традиционалним медицинским уређајима (стетоскопи, апарати за мерење притиска, ЕКГ, ЕЕГ и сл.) као и за размену података, информација ван установа, односно међу различитим установама у здравственом систему. Како би сви учесници у систему могли међусобно да размењују информације потребно је да говоре истим „језиком“. У том смислу говоримо о интероперабилности у здравству, односно могућности да подаци и информације које је генерисао један здравствени, или неки други систем, буду на располагању другом (здравственом) систему, без обзира на технологије на којима су базирани системи који комуницирају.

Постоје бројне дефиниције интероперабилности у домену здравственог система (i2-Health, 2005-2007):

- Интероперабилност у здравству представља способност различитих информационих система и софтверских апликација да комуницирају, размењују податке, тачно, ефективно и доследно, као и да користе размењене информације (The National Alliance for Health Information Technology, 2008).
- У општем смислу, интероперабилност је способност два или више система или њихових компоненти да размене информације и могућност да те исте информације могу да користе (Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS), 2016).
- Према дефиницији TMA-bridge-a (енг. *The Telemedicine Alliance Bridge*) крајњи циљ операбилности у здравству јесте да се појединцима из различитих крајева света (са различитим навикама, традицијом, културом, језиком) обезбеди да лако размењују различите податке и успостављају интеракцију са различитим системима (различити произвођачи или понуђачи), а са истим резултатом (Bescos, Diop, Kass, Runge, & Schmitt, 2005).
- Интероперабилност је могућност да се размењују здравствене информације пацијента међу различитим профилима лекара и других ауторизованих субјеката, у реалном времену, под строгим сигурносним надзором, уз поштовање приватности и уз примену других безбедносних мера (European Commission, 2012).

Из наведених дефиниција могу се извући неке заједничке карактеристике интероперабилности у здравству:

- у комуникацији учествују два или више хетерогених система;
- способност међусобне интеракције;
- повезивање различитих вендора, без обзира на технолошка решења;
- присуство безбедносних мера и мера заштите приватности података;
- заједнички интерес свих актера у постизању унапређења здравља.

Спровођење интероперабилности у здравственом систему треба да учествује у унапређењу здравља, кроз користи према (i2-Health, 2005-2007):

- здравственим радницима (олакшан приступ здравственим информацијама било кад и било где);
- пацијентима (побољшање квалитета и сигурности здравствене заштите побољшаном разменом података, квалитетом тока података и приступу информацијама здравственим радницима, чиме се могу смањити потенцијалне грешке);
- здравственим менаџерима (побољшано прикупљање информација и олакшана статистичка и економска анализа);
- здравственим истраживачима (побољшана и повећана доступност медицинских података);
- здравственој технолошкој индустрији (побољшан приступ тржишту за многе компаније, нарочито оне које нису имале могућност да понуде решења која могу да се интегришу са постојећом здравственом легислативом).

Интероперабилност захтева одређени степен компатибилности између система који размењују информације, што је у пракси јако тешко остварити због брзине технолошких промена и недостатка стандарда (Bogdanović, Stanimirović, & Stoimenov, 2008).

Стандардизација је неопходна како би била подржана размена података и за подршку сигурности података у њиховој размени. Из перспективе увођења стандарда, електронско здравство је једна од компликованијих и изазовнијих области за стандардизацију. Постоји неколико разлога због којих су отежани напори да се стандардизује електронско здравство (DeNardis, 2012):

- системи електронског здравства садрже „*big data*“, велике количине података, које чине подаци о пацијентима, резултатима тестова и лечења, дијагностички снимци, истраживачки подаци и друго;
- стандарди електронског здравства треба да обухвате све врсте података који се размењују међу субјектима у здравственом систему. Једна група

стандарда се односи на различите врсте опреме која се користи у здравству, софтверских система, менаџмента база података и процеса, док се посебна група стандарда односи на широку област инфраструктуре и умрежавања, као што су телекомуникациони системи, сигурност података, идентификација и аутентикација у систему електронског здравства.

Савремени трендови у здравству подразумевају размену информација и комуникацију путем мобилних уређаја. Мобилни уређаји могу да комуницирају или прослеђују информације ка различитим системима (Brandt, Jaffe, & Parker, 2012):

- мобилни уређај ка другом мобилном уређају, или визуелни излазни системи (M2M - *Machine to Machine*);
- мобилни уређај ка интерном болничком систему, електронском медицинском картону (M2EMR – *Mobile to Electronic Medical Record*);
- мобилни уређај ка пацијенту (M2P – *Machine to Patient*);
- мобилни уређај ка медицинском уређају (M2D - *Mobile to Device*);
- мобилни уређај ка електронском здравственом картону (M2EHR - *Mobile to Electronic Health Record*);
- мобилни уређај за екстерну размену здравствених података (M2HIE - *Mobile to Health Information Exchange*).

Стандардизација мобилних уређаја у здравству је отежана због одређених карактеристика уређаја и окружења у ком се обавља пословање: повезивање мобилних уређаја у контролисаним/сигурним мрежним окружењима, ограничени су ресурси за чување података у мобилним уређајима у односу на *Cloud* ресурсе, „*All-in-one*“ уређаји насупрот онима са појединачним периферним компонентама, неуједначене форме уређаја (телефони, паметни телефони, таблети, фаблети и други уређаји), платформе (IOS, Windows mobile, Android) и програмски језици (Objective C, C#.net, Java, HTML, JavaScript, CSS и други) (Boone, 2012).

2.6.1 Стандарди у области мобилног здравства

Савремено здравство треба да обезбеди доступне и квалитетне здравствене информације и услуге утемељене на прецизно дефинисаним стандардима који гарантују ефикасну, безбедну и поуздану размену података и комуникацију. Ефикасна размена података и комуникација су један од предуслова за интеграцију мобилног здравства са остатком здравственог информационог система. У области мобилног здравства, стандардизација се углавном односи на обезбеђење интероперабилности, сигурности, приватности и контроле тока података.

Не постоји једно тело за стандардизацију, које би задовољило потребе мобилног здравства. Организације као што су *Continua Health Alliance* и *Integrating the Healthcare Enterprise* (ИHE) обезбеђују водиче за интероперабилност, сигурност, размену порука и др., уз сарадњу са организацијама за стандардизацију. Неке од организација за стандардизацију у области мобилног здравства су ISO, IEEE и Health Level 7 (HL7).

A. ISO/IEEE 11073

ISO/IEEE 11073 *Medical/Health Device Communication Standards* чине сет заједничких стандарда ISO, IEEE и CEN стандарда за интероперабилност медицинских уређаја. Стандарди се односе на медицинске уређаје (монитори глукозе у крви, монитори крвног притиска, термометри, пулс-оксиметри, кардиоваскуларни фитнес и монитори активности) које пацијенти користе у властитим домовима или на другим местима ради мерења тренутних медицинских параметара. ISO/IEEE 11073 стандард (раније IEEE 1073) дефинише структуру порука које се размењују, али не и транспортни слој преко којег се врши размена података (Brandt, Jaffe, & Parker, 2012).

Овај сет чине појединачни стандарди, од којих су у Табели 2 наведени најзначајнији (Personal Connected Health Alliance, 2015).

Табела 2. Преглед стандарда ISO/IEEE 11073 (Personal Connected Health Alliance, 2015)

Назив стандарда	Области	Примена и верзија
[ISO/IEEE 11073-10404] ISO/IEEE 11073-10404:2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Пулс оксиметар, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10407] ISO/IEEE 11073-10407:2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Монитор за крвни притисак, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10408] ISO/IEEE 11073-10408:2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Термометар, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10415] ISO/IEEE 11073-10415:2008	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Вага за телесну масу, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10421] ISO/IEEE 11073-10421:2012	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Апарат за мерење брзине издисаја, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10441] ISO/IEEE 11073-10441:2008	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Кардиоваскуларни фитнес и монитор активности, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10442] ISO/IEEE 11073-10442:2008	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Опрема за мерење снаге у фитнесу, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10471] ISO/IEEE 11073-10471:2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Независни уређаји за мерење животних активности, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-10472] ISO/IEEE 11073-10472:2012	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Посебни уређаји	Уређај за праћење узимања медикамената, верзија 1.0.
[ISO/IEEE 11073-20601] ISO/IEEE 11073-20601:2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја – Део 20601 – Профил апликације	Оптимизован профил за размену
[IEEE 11073-10406] IEEE 11073-10406-2011	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја. Део 10406: Посебни уређаји	Основни електрокардиограф (ЕЦГ)
[IEEE 11073-10417] IEEE 11073-10417-2011	Информатика у здравству – Лична комуникација преко	Глукометар

Назив стандарда	Области	Примена и верзија
	здравственог уређаја – Део 10417: Посебни уређаји	
[IEEE 11073-10418] IEEE 11073-10418-2011	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја - Део 10418: Посебни уређаји	Уређај за праћење протромбинског времена (INR - <i>International normalized ratio</i>)
[IEEE 11073-10420] IEEE 11073-10420-2010	Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја. Део 10420: Посебни уређаји	Анализатор композиције тела
[IEEE 11073-20601A] IEEE 11073-20601A-2010	IEEE Информатика у здравству – Лична комуникација преко здравственог уређаја - Део 20601: Профил апликације	Оптимизован профил за размену, Амандман 1.

В. HL7 – стандарди мобилног здравства

Неколико *HL7* стандарда мобилног здравства је развијено последњих година, с обзиром на растућу потребу за стандардизацијом мобилног здравства (Mobile Health Work Group, 2015):

- mFHAСТ - Оквир за мобилно здравство, за примену технологија кратких порука (*Mobile Framework for Healthcare Adoption of Short-Message Technologies*). Дефинише начин транспорта, структуру и садржај порука.
- МН2F – Оквир за функционалности мобилног здравства (*Mobile Health Functional Framework*). Обезбеђује водич за функционалности корисничких здравствених апликација, оквире за сигурност, приватност и интеграцију података, али не покрива садржај таквих апликација.
- FHIR – Интероперабилност здравствених ресурса (*Fast Healthcare Interoperability Resources*). Дизајниран је као веб-базиран. Обезбеђује API за читање података са медицинских уређаја, чување података на паметним телефонима и мобилним уређајима, приступ подацима са електронским здравственим картоном. Структуриран је помоћу XML-а или JSON-а, са *http*-базираним RESTful протоколом. Оваква спецификација има за циљ да поједностави имплементацију HL7 стандарда интероперабилности и да их учини компатибилнима са мобилним стандардима. Подржава iOS, *Android*, *Windows phone*.

- Meds-on-FHIR – Администрација медикаментне терапије пацијента (*Patient Medication Administration*). Администрација медикаментне терапије пацијента унапредила би сигурност пацијента и квалитет његовог живота.

C. *Continua Health Alliance*

Водич који је припремила ова организација садржи референце ка стандардима и спецификацијама, одабране од стране организације како би се обезбедила интероперабилност уређаја. У водичу су пажљиво разјашњени стандарди и спецификације, припремљени за једноставну примену у пракси. Овај водич посебан акценат ставља на следеће интерфејсе (Personal Connected Health Alliance, 2015):

- TAN-IF – Интерфејс између здравствених уређаја са уграђеном *Touch Area Network* - TAN (као што је NFC комуникација) и уређаја са апликацијама (AHDs - *Application Hosting Devices*);
- PAN-IF – Интерфејс између здравствених уређаја персоналном мрежом - *Personal Area Network* - PAN и здравствених уређаја са апликацијама (AHDs);
- LAN-IF – Интерфејс између здравствених уређаја са уграђеном локалном рачунарском мрежом – *Local Area Network* - LAN и здравствених уређаја са апликацијама (AHDs);
- WAN-IF – Интерфејс између здравствених уређаја са апликацијама и лиценциране јавне мреже (WAN);
- HRN-IF – Интерфејс између здравствених уређаја који приступају јавној мрежи (WAN) и мрежи здравствених записа (енг. *Health Record Network*);

Овај водич се позива на референце водећих сертификационих тела које се баве сертификацијом информационих технологија у здравству: *Health Level 7 (HL7)*, *Integrating the Healthcare Enterprise (IHE)*, *ISO/IEEE*, *Bluetooth*, *ZigBee*, *World Wide Web Consortium (W3C)*, *Internet Engineering Task Force (IETF)*, *Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)* и *Object Management Group (OMG)* (Personal Connected Health Alliance, 2015).

D. Digital Imaging and Communications in Medicine

DICOM (*Digital Imaging and Communications in Medicine*) је стандард за размену медицинских слика, односно формат фајла и стандард за пренос медицинских слика и придружених информација, између опреме за медицинска снимања различитих произвођача. Овај стандард је широко распрострањен и примењен међу произвођачима опреме, болничким информационим системима и радиолошким центрима. Стандард пружа бројне спецификације, као што су: мрежни протоколи, синтакса и семантика команди и придружених информација, медији за чување података, формати фајлова, структура директоријума и друго (Brandt, Jaffe, & Parker, 2012).

2.6.2 Технологије за примену интероперабилности

Интероперабилност се може остварити на више нивоа: законском, организационом, техничком и семантичком нивоу (European Commission, 2017). Уколико нема договора о техничким стандардима, тешко је започети комуникацију између субјеката унутар система, или са спољним субјектима. Под техничком интероперабилношћу подразумева се и област интеграције података, коју описују стандарди и технологије: XML и JSON. Протоколи који се најчешће користе за размену датотека и порука су: MQTT, HTTP, AMQP и др. Када системи користе архитектуру веб сервиса, тада се примењују SOAP протокол или REST принципи.

A. Extensible Markup Language

Extensible Markup Language или XML је језик за комуникацију на интернету, а који се користи за управљање, приказивање и организацију података (Hunter, et al., 2000). XML је стандард који дефинише правила за формат података у електронској форми. Прописује га организација *World Wide Web Consortium* - W3C (World Wide Web Consortium, 2017).

XML је изузетно флексибилан и захваљујући томе може да се користи као основа за дефинисање језика за размену података на интернету. XML документи могу да

се креирају, деле и рашчлањују између апликација које се извршавају на различитим платформама.

Неке од карактеристика XML-а су (World Wide Web Consortium, 2017):

- Стандардизовани формат фајла (једноставна стандардизована синтакса).
- Самоописивање.
- Постојање редувансе због опширне синтаксе.
- Постојање хијерархије.
- Могућност прихватања структурираних и неструктурираних података.
- Текстуална датотека - једноставан пролаз кроз *firewall*.

B. JavaScript Object Notation

JavaScript Object Notation или JSON је отворени стандард формата за размену података. За људе је читљив и разумљив, а рачунари га лако парсирају и генеришу. Базиран је на основама *JavaScript* програмског језика. За парсирање и генерисање JSON формата фајла користе се различити програмски језици. JSON је текстуални формат и то га чини идеалним језиком за размену података. Често се користи за размену података између сервера и апликација, и то као замена за XML, због једноставнијег парсирања и генерисања JSON фајлова.

Екстензија JSON фајлова је *.json*, а MIME (*Multipurpose Internet Mail Extensions*) тип за JSON текст је „*application/json*”.

C. Simple Object Access Protocol

Да би здравствени уређаји били интероперабилни, потребно је располагати стандардом који специфицира формат захтева и одговора које размењују ти програми. Један од стандарда је *Simple Object Access Protocol* - SOAP.

SOAP је комуникациони протокол, базиран на XML-у, за размену информација између апликација или рачунара, без обзира на њихов оперативни систем или програмско окружење.

D. Representational State Transfer

REST дефинише сет принципа који описују начин на који су адресирани и дефинисани ресурси на мрежи. REST је популаран за имплементацију веб сервиса и постаје доминантан модел за развој веб сервиса.

Први пут је представљен 2000. године на Универзитету у Калифонији, у докторској дисертацији *Roy Fielding*-а (Fielding, 2000).

Конкретна имплементација REST веб сервиса прати неколико основних принципа (Fielding, 2000):

- Експлицитно коришћење HTTP метода.
- *Stateless* (без чувања стања на страни сервера).
- URI са структуром директоријума.
- Преноси и XML и JSON.

2.7 Smart healthcare

Главни циљеви јавног здравља у 21. веку су унапређење здравља и обезбеђење једноставнијег и ефикаснијег приступа здравственој заштити и здравственим сервисима (World Health Organization, 2013) (Centers for Disease Control and Prevention, 2015). У складу са тим, очекивани исходи јавног здравља су продужетак животног века, смањење стопе обољевања и повреда, рационализација трошкова и висока доступност здравствене заштите.

Увођење савремених технологија у здравствени сектор отвара нове могућности за остварење циљева јавног здравља (Suraki & Jahanshahi, 2013) (Patel, 2017). Савремене технологије које детектују и мере одређене физичке величине и комуницирају са спољним светом добијају епитет „паметне“ и њихова употреба у здравству је довела до развоја концепта *Smart healthcare*.

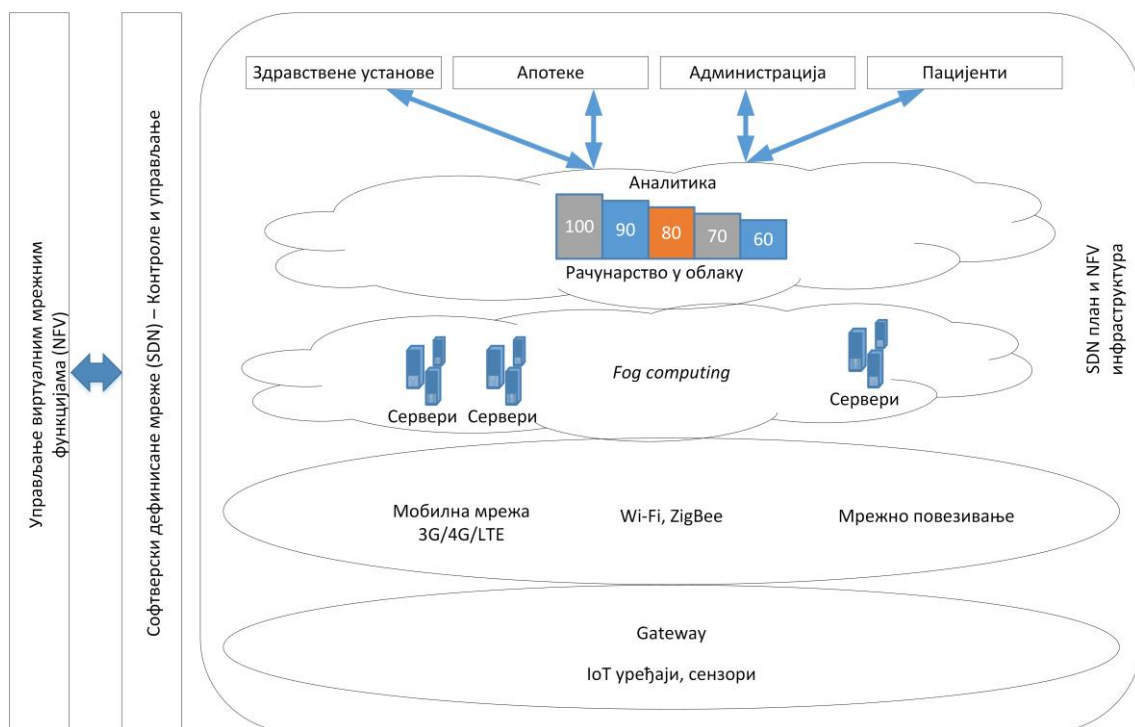
Концепт *Smart healthcare* се заснива на различитим технологијама: мобилним уређајима са мобилном бежичном комуникацијом, сензорској технологији, умрежавању, *big data* аналитици, рачунарству у облаку, *wearable computing*-у и

Интернету интелигентних уређаја (European Commission, Business Innovation Observatory, 2015) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

С обзиром на наведено, *smart healthcare* је интердисциплинарна област која са примењеним технолошким решењима и интелигентним уређајима може да унапреди постојећи здравствени систем и одговори на изазове модерног здравства (Jeong, Han, & You, 2016) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Савремена технолошка решења и интелигентни уређаји пружају могућност за унапређењем здравља корисника путем различитих сервиса (Islam, Kwak, Kabir, Hossain, & Kwak, 2015).

На Слици 2 је приказан пример ахитектуре *smart healthcare* засноване на рачунарству у облаку, виртуелним и софтверски дефинисаним мрежама.



Слика 2. Архитектура IoT система за *smart healthcare* апликације и сервисе (Salahuddin, Al-Fuqaha, Guizani, Shuaib, & Sallabi, 2017)

Оваква решења могу поуздано и безбедно да прикупе податке о здрављу пацијента преко различитих сензора, примене комплексне алгоритме ради анализе измерених података и пошаљу их бежичном везом до здравствених стручњака. На основу добијених података о здрављу, здравствени стручњаци ће пацијентима дати одговарајуће здравствене препоруке (Niewolny, 2013).

3 Технологије за развој решења

За развој решења мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у користе се савремене технологије и концепти: мобилне технологије, Интернет интелигентних уређаја, *wearable computing*, рачунарство у облаку и *big data*.

3.1 Мобилне технологије

Мобилне технологије су саставни део сваког савременог система електронског пословања, а тиме и пословања у систему здравствене заштите. Појавом мобилних уређаја са приступом интернету омогућено је глобално ширење информација. Оно што мобилне уређаје одваја од других технолошких решења су њихове рачунарске способности и бежично повезивање ка интернету помоћу различитих мобилних комуникационих протокола.

Од бежичних технологија у изградњи мобилне комуникације користе се различите мобилне мреже (нпр. WPAN, WBAN, WLAN, 6LoWPAN и WSN). Бежично повезивање се најчешће остварује путем неких од комуникационих протокола као што су *Bluetooth*, *WiFi*, *Infrared*, *NFC*, *RFID* (Amendola, Lodato, Manzari, Occhiuzzi, & Marrocco, 2014), *ZigBee* (Villarejo, Zapirain, & Zorrilla, 2012), 6LoWPAN са централним чвором. Коришћење протокола као што су *NFC* и *RFID* омогућава комуникацију помоћу мобилног уређаја са изразито ниском потрошњом енергије.

Мобилни уређаји поседују оперативне системе на којима се извршавају мобилне апликације. Мобилни оперативни системи комбинују функционалности оперативних система за персоналне рачунаре са функционалностима које су специфичне за мобилне уређаје (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015). Значајнији савремени мобилни оперативни системи на тржишту су *Android* и *iOS*.

Мобилне апликације могу бити платформске или нативне (развијене за специфичан оперативни систем мобилног уређаја), веб апликације (независне од

оперативног система, покрећу се и извршавају преко мобилног претраживача) и хибридне апликације (развијене без знања нативног језика, извршавају се на свим платформама).

3.1.1 Мобилни уређаји у здравству

Мобилни уређаји су лични, корисници их увек носе са собом, доступни су у сваком тренутку. Поседују *user-friendly* интерфејс, величина је одговарајућа, нису превелики, што их чини портабилним. Данашњи паметни уређаји су лагани, са дужим временом трајања батерије. Многи уређаји који се користе у здравству имају бежичну комуникацију, која омогућава континуирано праћење и интеракцију, без обзира на локацију корисника. Данашњи паметни уређаји имају уграђене различите сензоре, који омогућавају праћење или мерење одређених параметара на телу корисника или из окружења. Комбинација свих ових карактеристика их чини незамењивим у овом тренутку и њихова улога и заступљеност у систему здравствене заштите расте.

Коришћење мобилних уређаја и комуникација у здравству је омогућена путем апликација инсталираних у мобилним уређајима. Покретање апликација омогућавају оперативни системи за мобилне уређаје. Међу заступљенијима су *Android* и *iOS*.

Врсте мобилних уређаја који подлежу регулативи, према „Одбору за храну и лекове” (енг. *Food and Drug Administration* - FDA), водичу за индустрију, храну и лекове, (Food and Drug Administration, 2015) јесу они који:

- користе сензоре или проводник који је повезан са апликацијом за мобилне уређаје за мерење електричних сигнала које емитује срце;
- користе сензор или електроде прикачене на мобилну платформу или њене делове (микрофон, звучници) ради појачавања електро-сигнала и „пројектовања звука у складу са радом срца, артеријама и венама, као и другим унутрашњим органима”;
- користе сензоре за мерење физиолошких параметара у току кардиопулмолошке реанимације;

- користе сензоре за анализу покрета ока у дијагностици поремећаја равнотеже;
- користе сензоре за мерење степена подрхтавања проузрокованог извесним болестима;
- мере електричне активности мозга, засићеност крви кисеоником или ниво глукозе у крви;
- апликације које поседују историју питања донатора органа, добровољних давалаца крви, и чувају или преносе податке, одговоре на питања, у циљу добијања информација о расположивости донатора или добровољних давалаца крви;
- апликације за мобилне уређаје које користе микрофон или звучнике у оквиру мобилне платформе, који служе као аудиометар за здравствене раднике који ће процењивати губитак слуха на различитим фреквенцијама;
- апликације за мобилне уређаје које се повезују са постојећим уређајима у сврху контроле својих операција, функција, извора енергије.

3.1.2 Карактеристике апликација мобилног здравства

Паметни уређај са одговарајућом апликацијом мобилног здравства омогућава тренутно добијање стручних лекарских консултација, тумачење лабораторијских резултата, тумачење снимака делова тела или кожних промена. Путем апликација за мобилне уређаје могуће је и директно пружање медицинских услуга (област мобилне телемедицине) (Rodić-Trmčić, Labus, & Bogdanović, 2016).

Апликације мобилног здравства подстичу савест корисника да води рачуна о свом здрављу. Опмињу га када не пређе довољан број корака у току дана, ако унесе више калорија него што је потребно или треба да обави редован лекарски преглед. То су углавном апликације за здраве стилове живота, које на директан или индиректан начин унапређују здравље и квалитет живота појединца (Kelli, Witbrodt, & Shah, 2017). Овакве апликације оснажују пацијенте да активно учествују у бризи за сопствено здравље, кроз праћење здравственог стања у готово реалном времену и без обзира на локацију. Апликације мобилног здравства се често повезују са медицинским уређајима или сензорима (сатови, наруквице и

сл.) и могу да упозоре на промене у појединим виталним параметрима који сугеришу да је здравље нарушено. У апликације мобилног здравства убрајају се и лични здравствени водичи, апликације које пружају здравствене информације и подсетници (European Commission, 2014). Поред тога, такве апликације имају сврху да пружају здравствене и превентивне информације, врше мониторинг и надзор, а често се користе за спровођење превентивних програма.

Унапређење здравља код појединца углавном подразумева промене досадашњих навика које утичу неповољно на његово здравствено стање. Промоција здравих стилова живота се традиционално врши усменим путем код лекара или путем постер презентација. У оба случаја је неопходно да пацијент посети здравствену установу, а најчешће то врши када се испоље одређени знакови или симптоми болести. Лекари су често презаузети, па поред медицинског прегледа не остаје много времена за промоцију здравља и едукацију пацијената. Промоција здравља и ширење информативних здравствених порука је могућа путем мобилног здравства, односно путем апликација мобилног здравства. Мобилни уређаји омогућавају лекарима и другим здравственим радницима да раде на унапређењу здравља пацијената, тако што су у могућности да прате активности и понашање корисника и да креирају и испоручују одговарајуће здравствене поруке на било којем месту и у било које време (Modani, Thakur, & Chate, 2016).

С обзиром на широк спектар услуга које омогућавају апликације мобилног здравства, од обезбеђења комуникације између корисника и здравственог система, пружања здравствених и превентивних информација, мониторинга и надзора, до спровођења превентивних програма и праћења здравственог стања пацијента у реалном времену, такве апликације могу да се сврстају у девет категорија (Heidi, et al., 2014) (UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership, 2009) (Ventola Lee, 2014):

1. *Едукација и образовање.* Едукативни системи и системи за подизање свести о здрављу који обезбеђују информације о промоцији здравља и превенцији болести, едукативне програме, стварање виртуалне заједнице.

2. *Даљинско праћење и приступ подацима.* То су системи за даљинску дијагностику и често се користе у примарној здравственој заштити, имају приступ удаљеним базама података и помажу здравственим радницима у доношењу одлука.
3. *Мониторинг пацијената.* Системи које обезбеђују подршку лечењу у смислу контроле спровођења лечења, рехабилитације, кретања пацијента, прикупљања клиничких података и сл., као и апликације за подсећање/заказивање посета.
4. *Праћење болести и епидемиолошки надзор.* Обезбеђују праћење заразних болести у реалном времену.
5. *„Point-of-care“ подршка.* Користе се да лекарима обезбеде перманентне информације за дијагностику, скрининг, лечење, приступ здравственом информационом систему, као и систему за подршку одлучивању у дијагностици, путем мобилних телефона или таблета уместо досадашњих статичних рачунара.
6. *eLearning (e-учење).* Обезбеђење мобилне платформе за подршку образовним системима у здравству, комуникацију или континуирану едукацију и тренинге за здравствене раднике.
7. *Апликације за побољшање квалитета живота.* Промоција здравих стилова живота и „wellbeing“.
8. *Системи за хитне медицинске интервенције.* Обезбеђују аларме за удесе, несреће или природне катастрофе.
9. *Системи за финансије.* Олакшавају коришћење смарт картица или ваучера код мобилних плаћања.

Честа је примена апликација за паметне телефоне за дијагностику, унапређење и очување здравља. Неки од примера имплементације су:

- *3G доктор* (Doherty, 2015) је апликација мобилног здравства за даљинску дијагностику. У Великој Британији се користи да повеже корисника из опште популације са лекаром. Карактерише је коришћење мобилних уређаја и мобилне мреже, преко којих лекари постављају дијагностику, без потребе да пацијент путује до здравственог центра. Такве апликације су

базиране на механизмима за подршку одлучивању или имају приступ удаљеним базама за подршку одлучивању.

- *Sana Mobile* (Sana, 2016; University of Cambridge, China Mobile, 2011) је апликација за *Android* паметне телефоне која повезује лекаре или техничаре у руралним срединама са лекарима у градским срединама. Путем Сана апликације лекари прикупљају податке о пацијенту, фотографије делова тела или видео-снимке, и прослеђују их до базе података. Лекар на основу увида у прикупљене податке шаље текстуалну прелиминарну дијагнозу техничару или лекару.

Многе апликације мобилног здравства које се користе широм света су једноставне (коришћење преноса гласа и SMS). Оне непосредно задовољавају корисничке потребе или нуде одређене погодности које подстичу корисника да користи апликацију. Овакви системи су широко распрострањени и прихваћени уз значајно снижење трошкова како за здравствене установе, пружаоце услуга, тако и за кориснике таквих услуга. Оваква решења су често заступљена у примарној здравственој заштити. Нека од њих су:

- *iPlato SMS* платформа (iPLATO, 2016), систем који се користи у Великој Британији, за подстицање пацијената у установама примарне здравствене заштите да врше редовне прегледе дојки, изврше вакцинацију против грипа или редовну вакцинацију деце.
- У Нигерији, *Nigerian National Agency for Food and Drug Administration and Control* (NAFDAC) је пустио у пробни рад *Mobile Authentication Service – MAS* (PharmaSecure, 2013) за лек – *Glucophage*, BIOFEM, који се користи у лечењу дијабетеса. *MAS* омогућава конзументима да провере аутентичност лека, тако што огребу налепницу на паковању лека и добијени код пошаљу SMS-ом до сервера и базе података. Повратна порука потврђује оригиналност лека. Студија је показала да су средства уложена у пробном периоду за овај систем мања од користи коју добијају фармацеутске куће заштитом брэнда и тржишта.
- Апликација *UniversalDoctor Speaker* је медицинска апликација за мобилне уређаје, развијена у Шпанији, а прилагођена лекарима која им омогућава

комуникацију са страним пацијентима који разговарају на другим језицима. Апликација садржи преводе бројних медицинских термина, питања, процедура и сл., на 13 језика, чиме је омогућена комуникација лекара и пацијента на било којем од тих језика (Media, 2015).

- У Финској је развијена iOS апликација *BetterDoctor*, која омогућава становништву USA-а транспарентност квалитета и доступност лекара различитих специјалности. Корисници могу, по потреби, да потраже високостручног лекара у одређеној области, у својој околини, који је доступан у односу на њихов модел осигурања и има доступне термине за преглед. Овај систем је помогао преко 10 милиона пацијената да пронађу најбољег лекара опште праксе, зубара, очног лекара, пластичног хирурга, педијатра, дерматолога и друге специјалисте. Фирма располаже огромном базом података и пружа API заинтересованим произвођачима софтвера (BetterDoctor, 2012).

Велики број апликација на тржишту су апликације за промоцију здравих стилова живота и фитнеса. Ови системи подстичу кориснике да прате своје здравствено стање и усвајају и мењају навике које неповољно утичу на њихово здравље. Неке од популарних апликација из области здравља и фитнеса су:

- Апликација *RunKeeper* (RunKeeper, 2016) за iPhone, бесплатна је, а користи GPS за мерење брзине и пређене дистанце трчањем (рачуна и број потрошених калорија). Подаци могу да буду пренети и на веб сајт како би се сачувала историја вежбања.
- *Fitbit* и *Google Fit - Fitness Tracking* (Google, 2016) промовишу правилну исхрану, спавање, контролу телесне тежине и физичку активност. Пружају могућност GPS праћења кретања и дељења прикупљених података, као и повезивања са бројним другим уређајима којима се прати кретање корисника или витални параметри.
- *Calorie Counter & Diet Tracker* (iTunes, 2016) је апликација за iPhone мобилне уређаје и поседује велику базу података о нутритивној вредности хране. Такође, омогућава праћење броја пређених корака и бар-код скенер за једноставно добијање информација о производима.

- *Nike+ Training Club* и *Fitocracy* (iTunes, 2016) су апликације које омогућавају приказ различитих тренинга. Програми могу да буду прилагођени појединцу, а омогућено је и праћење напредовања и задатих циљева.

Паметни телефони се често користе за мониторинг образаца понашања који су индикативни за појаву симптома стреса или депресије:

- У студији (Saeb, et al., 2015) су искоришћени постојећи уграђени сензори у мобилном телефону (GPS, локацијски сервис) као и сами мобилни телефони (дужина коришћења, фреквенција коришћења и начин коришћења) и дошло се до образаца који су уско повезани са симптомима депресије код опште популације. Овакви системи смањују ангажовање људског фактора у многим активностима, а ствара се „*user-friendly*” систем између доктора и пацијента. Ако постоји интероперабилност међу системима, овакви системи би били лако доступни у многим здравственим установама или другим центрима за лечење.
- У две студије (Al Osman, Dong, & El Saddik, 2016) (Zafar, Ahmed, & Gutierrez-Osuna, 2017) је имплементиран *biofeedback*, односно алат за терапију стреса и анксиозности.

Постоји велики број апликација за здравство на тржишту (преко 160.000 (research2guidance, 2015)), које се преузимају преко онлајн продавница. Такве апликације не подлежу стандардизацији или провери квалитета, па је чест предмет расправа њихово коришћење у здравствене сврхе. Апликације за здравство често нису део система здравствене заштите, а најчешћи разлози за то су недостатак стандарда за заштиту корисника, забринутост око квалитета и сигурности решења и недостатак интероперабилности међу системима.

Према „Одбору за храну и лекове“, мобилна апликација или „*mobile app*” се дефинише као софтверска апликација која се извршава на мобилној платформи, или може да буде веб апликација прилагођена мобилном телефону, а која се извршава на серверу (Food and Drug Administration, 2015). Мобилна медицинска апликација је она која пружа подршку медицинским уређајима или претвара

мобилну платформу у регуларни медицински уређај (Food and Drug Administration, 2015).

3.1.3 Технологије бежичног преноса

Бежичне технологије се користе за међусобно повезивање сензора, мобилних уређаја или других чворова приликом изградње инфраструктуре мобилног здравства.

На основу домета мобилне мреже, технологије бежичног преноса се деле на (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Varać, & Labus, 2015):

- Wireless PAN (*Personal Area Network*). Мрежа са дометом мањим од 10 метара. Применљива је за *Bluetooth* и *ZigBee* технологију.
- Wireless LAN (*Local Area Network*). Мрежа која повезује уређаје користећи *WiFi* технологију.
- Wireless MAN (*Metropolitan Area Network*). Бежична мрежа која се користи у градским срединама, а у оквиру мреже се користе WiMAX технологије.
- Wireless WAN (*Wide Area Network*). Телекомуникациона бежична мрежа. Заснива се на технологијама мобилног интернета.

У телекомуникационе системе убрајају се (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Varać, & Labus, 2015):

- Комуникациони системи (1G, 2G, 2.5G, 3G, 4G).
- Глобални позициони систем – GPS. Навигациони систем који се састоји из сателита распоређених у орбити Земље који шаљу радио-сигнал на површину Земље. GPS пријемници од сателита примају навигациону поруку са информацијом о њиховој позицији.
- Идентификација помоћу радио-таласа (*Radio Frequency Identification – RFID*). Технологија за аутоматску идентификацију предмета или људи. Састоји се из четири компоненте: предмета означеног RFID тагом, антене, RFID читача и сервера. Таг је идентификациони уређај на објекту који се прати.

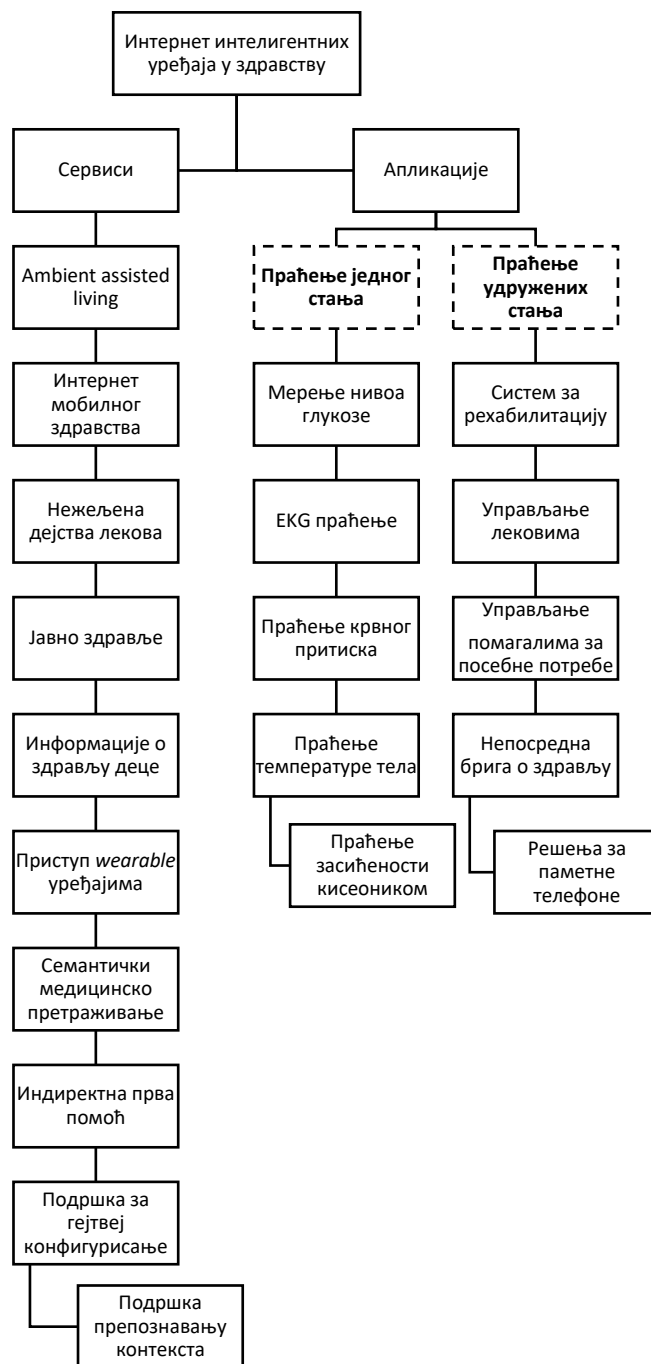
- Комуникација у блиском пољу (*Near Field Communication* – NFC). Омогућава размену података на малим удаљеностима (око десет центиметара). За реализацију комуникације један уређај треба да има NFC читач, а други NFC таг.

3.2 Интернет интелигентних уређаја

Термин Интернет интелигентних уређаја као концепт први је пут представио Британац *Kevin Ashton*, почетком 2000. године (*Ashton, 2009*). Према дефиницији компаније *Gartner* (*Gartner, 2016*), лидера у истраживањима из области информационих технологија, то је мрежа физичких објеката која садржи уграђену технологију за комуникацију и опажање или међусобну интеракцију или интеракцију са екстерним уређајима. Интернет интелигентних уређаја је, према аутору *Chouffani* (*Chouffani, 2015*), концепт који подразумева коришћење електронских уређаја који мере или прате одређене параметре, а повезани су на приватну или јавну *cloud* мрежу где је омогућено прикупљање, чување и анализа података.

Интернет интелигентних уређаја је парадигма модерног друштва у којој су људи и уређаји повезани и међусобно комуницирају. Може се говорити и о хуманој димензији Интернета интелигентних уређаја, а та димензија је присутна у улогама које IoT има у здравственом сектору.

Интернет интелигентних уређаја у здравственом сектору омогућава праћење одређених виталних параметара и постављање циљева за унапређење здравља код корисника. Тиме се повећава корисничка мотивација за остварењем тих циљева. Честа је њихова примена у спорту где се прате перформансе и витални параметри професионалних или рекреативних спортиста (*Roantree, et al., 2012*). Њихова примена се реализује у здравству кроз различите сервисе и апликације, (*Islam, Kwak, Kabir, Hossain, & Kwak, 2015*) као што је приказано на Слици 3.



Слика 3. Подела сервиса и апликација Интернета интелигентних уређаја (Islam, Kwak, Kabir, Hossain, & Kwak, 2015)

Сервиси примарно служе као подршка апликацијама, док апликације директно користе пацијенти или корисници.

Из понуђених дефиниција и описа, изводи се тврдња да Интернет интелигентних уређаја представља мрежу физичких објеката у које је уграђена сензорска технологија и који су повезани преко бежичне или жичне интернет мреже, која им омогућава међусобну интеракцију и размену информација. Интелигентни уређаји прикупљају и размењују информације директно међу собом или преко облака. У интелигентне уређаје спадају уређаји који су опремљени сензорима, актуаторима, микроконтролерима или микрорачунарима, напајењем и одговарајућим комуникационим уређајем.

Интелигентни или паметни уређај у здравству је уређај који је мобилан, повезан у мрежу бежичном везом са сврхом прикупљања виталних података са тела корисника и параметара из окружења који имају утицаја на здравље корисника.

Зачеци интелигентних уређаја у здравству би могли бити медицински уређаји повезани са интернетом. Пацијентима су познати из ранијег доба у различитим формама (праћења плода, електрокардиограми, температурна мерења, мерења нивоа глукозе у крви и сл.) (Chouffani, 2015). Такви уређаји се углавном налазе у здравственим установама и захтевају да пацијент борави у установи док се врше мерења. Постоји мноштво разлога који могу да спрече пацијента да дође у здравствену установу чак и када му је неопходна одређена услуга. Интелигентни уређаји могу константно и у реалном времену да доставе виталне податке до лекара без потребе да се пацијент налази у здравственој установи (Abawaju & Hassan, 2017) (Fouad & Farouk, 2017). Подаци који се прикупљају су, углавном, физиолошки параметри и параметри из окружења. Такви подаци се детаљно анализирају и служе лекарима као подршка у одлучивању.

3.2.1 Сензори у здравству

Сензори се користе у електронским медицинским уређајима где им је задатак да конвертују различите облике стимуланса у електрични сигнал.

Старење и ширење популације убрзава развој нових и различитих врста медицинских уређаја, као и сензора који се користе уз уређаје (Thusu, 2011):

- *Сензори за притисак* се користе у анестетичким машинама, концентраторима кисеоника, машинама за помоћ при *sleep-apnea*-и, уређајима за бубрежну дијализу, инфузијама и инсулинским пумпама, анализаторима крви, уређајима за мониторинг респирације и крвног притиска, болничким креветима, хируршким системима за течности и стоматолошким инструментима који раде под притиском.
- *Температурни сензори* се користе у анестезији, уређајима за бубрежну дијализу, анализаторима крви, медицинским инкубаторима, уређајима за праћење влажности и zasiћености кисеоником, неонаталним јединицама за интензивну негу за праћење пацијентове температуре и код трансплатације органа ради мониторинга и контроле.
- *Апликације за сензоре протока* се налазе у машинама за анестезију, концентраторима за кисеоник, вентилаторима, уређајима за мониторинг респирације, мешање гасова, електро-хирургији где се користе високофреквентне струје за прављење резова на ткивима, коагулацију, исушивање и уништавање одређених ткива, нпр. туморских.
- *Сензори за слике* се користе у радиографији, кардиографији, мамографији, стоматолошком снимању зуба, ендоскопији, екстерној опсервацији, флуороскопији, минимално инвазивној хирургији, лабораторијској опреми, офталмолошкој хирургији и посматрању и код вештачких ретина.
- *Акцелерометар* је сензор за мерење тела у покрету, односно нагиба или пређеног пута. Често је употребљаван сензор у здравству и најчешће је уграђен у паметне телефоне. Користе се у срчаним пејсмејкерима и дефибрилаторима, опреми за праћење пацијената, мониторима за праћење крвног притиска и у другој опреми за здравствени мониторинг и контролу. У комбинацији са електромиограмом, сензором за мерење електричне активности мишића, део је система за праћење мишићног оптерећења у медицини спорта или праћењу опоравка након повреда (Мокава, Lucas, Noh, & Zhang, 2016).

- *Биосензори* су нашли примену код тестирања нивоа глукозе и холестерола у крви, као и за тестове на дроге, инфективна обољења и трудноћу.
- *Магнетоенцефалографски и магнетокардиографски системи* су јако осетљиви магнетометри који мере екстремно осетљива магнетна поља и користе се за анализу неуралних активности унутар мозга.
- *Енкодери* могу да се нађу у машинама са х-зрацима, уређајима за магнетну резонанцу, компјутерски вођеној томографији, системима медицинских снимања, анализаторима крви, хируршкој роботизи, уређајима за лабораторијско узорковање, спортским и здравственим апликацијама и опреми и другим медицинским уређајима.

3.2.2 Примена *healthcare* сензора за идентификацију и контролу стреса

У области контроле стреса, постоје бројни сензори којима може да се идентификује присуство стреса или стресора мерењем различитих виталних параметара на телу корисника, као и мерењем параметара окружења који могу да имају утицај на промену у вредностима виталних параметара. Многа истраживања се баве идентификацијом стресора помоћу различитих сензора, а чешће и комбинацијом различитих сензора (нпр. сензора за пулс, сензора за кондуктивност коже (енг. *Galvanic Skin Response-GSR*), акцелерометра, сензора за буку, влажност вадуха, температуру и др.) (Rodic Trmcic, et al., 2017).

Пулс је један од сигурних показатеља здравственог стања, присуства промене расположења или стреса. Сензор за пулс може да се користи код праћења здравља спортиста (Fu & Liu, 2015) или да буде уграђен у уређајима за спорт (Suunto, 2015) и фитнес (BASIS Science, 2015). Сензор за пулс може бити део апликације за здравство (Maiaa, et al., 2014) (Wu, et al., 2009), део удаљене дијагностике, где се подаци доводе до медицинских установа (Kemis, et al., 2012) или код спровођења стрес менаџмента (Millings, et al., 2015).

Кондуктивност коже је један од сигнала који се често користе код детектора лажи, али је, такође, овај параметар укључен у доста студија које се баве идентификацијом стреса (Rodic Trmcic, et al., 2017). У студији (Picard & Scheirer, 2001) сензор за кондуктивност на кожи је примењен за идентификацију узбуђења

код особе при различитим активностима, где се сигналном LED лампицом симулира промена у вредностима. У истој студији наводи се примена код глувонемих особа, где се путем промена у вредностима кондуктивности коже може пратити узбуђење (радост, срећа) које не може да се изрази речима. У студији (Zubair, Yoon, Kim, Kim, & Kim, 2015) изведена је детекција менталног стреса у току свакодневних активности помоћу сензора за кондуктивност коже. У случају промењених вредности кориснику се шаље нотификација путем мобилног телефона како би могао да управља стресном ситуацијом или подели податке. Уочавање стресора и предикција стреса помоћу GSR сензора је успешно примењено у раду (Bakker, Pechenizkiy, & Sidorova, 2011). Коришћење само сензора за кондуктивност коже за мерење појаве стреса, без праћења контекста у којем се налази особа може да да лажну слику о присуству стреса. Свака особа реагује на стресне ситуације другачије стога је пожељно имплементирати и друге сензоре или додатне показатеље стреса, као и посматрати промене у различитим контекстима (Bakker, Pechenizkiy, & Sidorova, 2011).

Електрокардиограми (ЕКГ) који мере пулс у комбинацији са сензором за респирацију и сензором за кондуктивност коже коришћени су за детекцију стреса у различитим животним ситуацијама, нпр. приликом вожње аутомобила у различитим окружењима и ситуацијама (Singh & Banetjee, 2010) или за менаџмент стресом у канцеларији, током обављања свакодневних радних активности (Wijsman, Grundlehner, & Hermens, 2013).

Сензор за SpO₂ (засићеност кисеоником периферних капилара) процењује количине кисеоника у крви. Измерени резултати чине проценат кисеоника у хемоглобину у односу на укупну количину хемоглобина у крви. SpO₂ се може мерити индиректно, пулсном оксиметријом, што представља неинвазивну методу. Мерење се врши емитовањем светлости која пролази кроз капиларе на прсту. Варијације у светлосном таласу дају вредност мерења SpO₂, јер степен засићености кисеоником узрокује варијације у боји крви.

Поред појединачних виталних параметара, важно је извршити мерење одређених карактеристика окружења, које могу чинити или утицати на појаву стреса или

промене начина понашања. Измерени и анализирани параметри окружења различитим алгоритмима могу предвидети будуће реакције на стрес (Silva, Olivares, Royo, Vergara, & Analide, 2013).

Једно комерцијално решење за управљање стресом је *Biosync Technology*. Уређајем се мери пулс, кондуктивност коже и покрети корисника. Подаци се аутоматски обрађују како би се одредио ниво стреса код корисника. У складу са нивоом стреса, пацијенту се прослеђују превентивне мере које би требало да унапреде његов квалитет живота (Falan, 2016).

Различити параметери окружења, као што су температура, бука, ниво CO₂ (Uzelac, Gligoric, & Krco, 2015), могу утицати на концентрацију и академске перформансе (Dragon, et al., 2008).

У студији коју су извели Shen, Wang & Shen (Shen, Wang, & Shen, 2009) коришћени су физиолошки сигнали за предвиђање емоција; истраживано је присуство емоција током процеса учења и дат је предлог сензибилног модела е-учења. Подаци су прикупљани преко три сензора: сензора за проводљивост коже који мери електродермалну активност, фотоплетисмографа који мери крвни притисак и сензорског електроенцефалографа који мери EEG активности мозга. Мерења су обављена током неколико недеља на једном испитанику у природном окружењу најсличнијем свакодневном.

У студији (Kusserow, Amft, & Tröster, 2013) сензор за пулс је имплементиран заједно са сензором за кондуктивност коже, акцелерометром и температурним сензором у реалном окружењу - јавни наступ студента докторских студија пред публиком где су уочене варијације вредности измерених виталних параметара. Уређај у виду говорног асистента је слао поруке говорнику, у складу са измереним вредностима пулса, како би подстакао релаксацију код говорника.

Сервиси који се заснивају на сензорском мерењу параметара из окружења значајни су код помоћи у животном окружењу (енг. *Ambient Assisted Living*) и у паметном животном окружењу за старе (Kor, Yanovsky, Pattinson, & Kharchenko, 2016). Ови сервиси прате кретања старих људи који живе сами (Memon, Wagner,

& Pedersen, 2014), редовно узимање лекова (Parra, Valdez, Guevara, Cedillo, & Ortiz-Segarra, 2017), безбедност дома и животне навике (Zallio, Berry, & Casiddu, 2016). Праћење кретања, навика и идентификација непожељних понашања током обављања свакодневних активности који могу проузроковати нарушавање здравља (Tunca, Alemdar, Ertan, Incel, & Ersoy, 2014) некада је од животне важности за старе (Del Campo, et al., 2016).

Праћење локације корисника је корисно због одређивања контекста у којем се мере и прате вредности одређених сензора. То се најчешће обавља помоћу сензора са GPS пријемницима који су уграђени у паметне телефоне (Doherty, Lemieux, & Canally, 2014).

3.2.3 Актуатори

Актуатори представљају уређаје који имају функцију прекидача. Помоћу актуатора је могуће даљински контролисати друге уређаје. То је механичка направа која омогућава физичко извршавање активности на основу детектованих промена у окружењу и усмерених инструкција. Актуатори могу бити електрични, хидраулични, термални, механички, пнеуматски или њихова комбинација.

Примери примене актуатора у здравству су:

- приказ одређених података на монитору;
- креирање звучних сигнала и аларма упозорења;
- хидрауличке или друге полуге на болничким креветима;
- контрола других система, нпр. регулација температуре или осветљења;
- глукозне пумпе и други.

3.2.4 Микроконтролери и микрорачунари

Микроконтролери и микрорачунари, односно процесори имају улогу контроле рада сензора, процесирања података и имплементације мрежних протокола и протокола за рутирање (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015).

Микроконтролери су мали рачунари који садрже процесор, меморију и улазно/излазне периферије. Они поседују ограничену меморију, на њих није могуће инсталирати оперативни систем и не подржавају мултитаскинг. Микроконтролер нормално ради у контролној петљи; читава улазе, а затим подешава излазе у складу са дефинисаним кодом. Петља се стално понавља док траје контрола процеса. Микропроцесор је компјутерски процесор који обједињује функције компјутерског процесора. То је програмабилан уређај који прихвата бинарни или дигитални улазни податак, процесира га у складу са инструкцијама и обезбеђује излазни резултат (Rodic Trmcic, et al., 2017).

Често коришћени у сврху тестирања и израде пилот-пројеката су микроконтролери *Arduino Uno*, *Arduino LilyPad* и *RaspberryPi* микрорачунар.

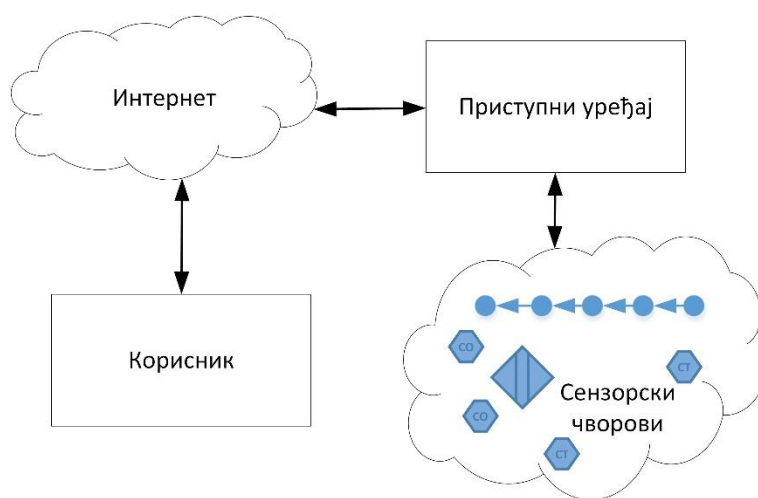
3.3 Комуникација интелигентних уређаја

Инфраструктура Интернета интелигентних уређаја у здравству је базирана на различитим бежичним везама, од ускопојасних (нпр. WPAN, WBAN, WLAN, 6LoWPAN и WSN) до широкопојасних као што су телефонске мреже. Бежично и жично повезивање се најчешће остварује путем неких од комуникационих протокола као што су:

- Мрежни протоколи (*Ethernet*, WiFi, WiMAX, *Bluetooth*, *Infrared*, NFC, RFID (Amendola, Lodato, Manzari, Occhiuzzi, & Marrocco, 2014), *ZigBee* (Villarejo, Zapirain, & Zorrilla, 2012). Коришћење протокола као што су NFC и RFID омогућава дизајнирање медицинских уређаја са изразито ниском потрошњом енергије.
- Протоколи мобилних мрежа (3G, 4G, 5G).
- Протоколи мрежног интернет слоја (6LoWPAN са централним чвором. Централни чвор може да буде микропроцесор, рутер, мобилни телефон или неки други уређај).

Комбинација и умрежавање великог броја сензора међусобно повезаних бежичним комуникационим везама чини бежичну сензорску мрежу (енг. *Wireless*

Sensor Networks - WSN). Оваква мрежа се састоји од просторно распоређених сензора којима се мере одређени параметри, као што су: бука, вибрације, загађеност ваздуха, притисак, покрети и сл. Сензорске мреже се користе за манипулацију и анализу података са сензора, издвајање карактеристика амбијента који се надгледа и пренос измерених података из окружења. На Слици 4 је приказана комуникациона архитектура бежичне сензорске мреже. Карактеристике бежичне сензорске мреже су: висока поузданост у раду, релативно висока тачност, флексибилност, ниска цена, лако распоређивање сензора у простору (Radenković, et al., 2017).



Слика 4. Комуникациона архитектура бежичне сензорске мреже (Radenković, et al., 2017)

Повезивање уређаја, без учешћа људи, у оквиру бежичних сензорских мрежа врши се помоћу M2M комуникације. M2M систем се састоји из неколико компоненти: интелигентни уређај, M2M уређај, комуникациона инфраструктура, M2M сервер и кориснички интерфејс (Radenković, et al., 2017). За комуникацију у оквиру M2M углавном се користе веб сервиси базирани на REST архитектури.

Протокол развијен за потребе M2M комуникације је CoAP (*Constrained Application Protocol*). Сличан је HTTP протоколу, а прилагођен је сензорима и актуаторима ограничењима у напајању, процесорској снази и меморији (Radenković, et al., 2017). Базиран је на REST архитектури. Подржава REST

методе GET, POST, PUT и DELETE и URI захтеве (CoAP, RFC 7252 Constrained Application Protocol, 2018).

Други протокол М2М комуникације је MQTT (*Message Queue Telemetry Transport*) (Eurotech, 2016), протокол за повезивање интелигентних уређаја. Дизајниран је од стране IBM-а и Eurotech-а, а служи за комуникацију интелигентних уређаја који комуницирају преко сателитског линка или других конекција са здравственим радником. Користи се као отворени стандард и заснован је на клијент-сервер моделу размене порука. Идеалан је за мале уређаје због величине, мале потрошње енергије, минималног пакетског преноса и ефикасне дистрибуције пакета до једног или више прималаца.

3.4 *Wearable computing*

Појавом рачунара који су довољно мали да могу да се носе на телу, инспирисани су бројни произвођачи и истраживачи који раде на развоју носивих уређаја са сензорима који помажу људима у свакодневним активностима. У циљу побољшања комфора и безбедности корисника развијају се сензори који су поуздани, једноставни за употребу и неинвазивни, што представља основу *wearable computing*-а. *Wearable computing* је наука или пракса креирања, дизајнирања, имплементације или коришћења минијатурних носивих сензорских уређаја (Mann, 2014). Основна разлика између носивих (енг. *wearable*) и преносивих или портабилних (фра. *porter*, у преводу носити) рачунара (лаптоп, PDA уређај и сл.) јесте циљ носивих рачунара да поставе у контекст рачунар на такав начин да буде у нераскидивој вези са човеком (Mann, 2014).

Wearable computing чини део концепта свеприсутног рачунарства (енг. *Ubiquitous computing*). Свеприсутно рачунарство чини комбинацију мобилног рачунарства, *Wearable computing*-а, Интернета интелигентних уређаја и паметног окружења (Radenković, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2015). *Wearable computing* је глобални савремени тренд уградње малих сензорских чворова и микропроцесора у предмете за свакодневну употребу или у носивим и одевним предметима ради брзог и сталног прикупљања и преноса информација.

Сензори могу бити уграђени у текстил који се носи као одећа (Aileni, Bruniaux, & Strungaru, 2014), или у наочаре, на пример *Pulse-Glasses* (Constant, Douglas-Prawl, Johnson, & Mankodiya, 2015), сатове, наруквице и слично. Уређаји са сензорима које корисник може носити на себи називају се *wearable* уређаји или *wearables*. *Wearable* уређаји у здравству могу садржати сензоре за мерење: пулса, крвног притиска, мишићне активности, кондуктивности коже, респирације и др. На овај начин *wearable* уређаји омогућавају прикупљање података о психофизичком стању људи.

Концепт *wearable computing*-а обухвата, не само уређаје који се носе, већ и начин комуникације међу њима и начин преношења информација. Повезивање *wearable* уређаја са сензорима може да буде реализовано бежично или физичком (жичном) везом. Физичко повезивање се најчешће остварује када се повезују компоненте унутар самог паметног објекта (повезивање сензора, микропроцесора, микрорачунара и др.). Физичко повезивање је заступљено и преко кондуктивних влакана када се сензорски уређаји везују за тканине одевних предмета. Сензори су снабдевени различитим модулима за комуникацију па улога гејтвеја треба, између осталог, да интегрише хетерогене мрежне технологије, протоколе и стандард и тиме омогући сензорима интероперабилност на различитим нивоима (Rahmani, et al., 2015).

3.4.1 *Wearable computing* у здравству

Wearable computing у здравству може бити технологија за савладавање демографских промена. Ова технологија може да омогући људима да остану у својим домовима, са својим породицама и обављају свакодневне активности. За корисника то значи да може да ради свакодневне послове, шета, дружи се, бави се физичким активностима, учи, чита, спава и обавља све друге активности, док се све време прате његови витални параметри. Прикупљени витални параметри се шаљу до лекара или других релевантних здравствених радника, у областима телемедицине, самодијагностичких система или предиктивним пацијент-оријентисаним моделима за систем здравствене заштите (Aileni, Bruniaux, & Strungaru, 2014). Овим се смањују могућности грешака, а истовремено повећају

шансе за тачном дијагностиком јер би витални параметри корисника измерени *wearable* уређајима били доступни здравственом раднику кроз дужи временски период. Измерени параметри су више објективни јер су мерени у различитим животним контекстима, а не само у здравственим установама. Тако добијени подаци могу помоћи лекарима при одлучивању и доношењу одлука.

Иако *wearables* за здравство нису још распрострањени и у широкој употреби, већ у појединачним примерима, већ може да се наслути да би њихова употреба имала позитивне ефекте и била корисна за здравствене раднике, здравствена осигурања, кориснике здравствене заштите и појединце (Salah, MacIntosh, & Rajakulendran, 2014).

Позитивни ефекти и корисност за лекаре и друге здравствене раднике (Salah, MacIntosh, & Rajakulendran, 2014):

- подаци о пацијенту ради унапређења квалитета услуга;
- „*hands-free*” за ефикасност у стерилиним и асептичним одељењима;
- обука и сарадња преко личног и активног учествовања.

Позитивни ефекти и корисност за здравствена осигурања:

- *wearables* имају тенденцију да побољшају здравље чланова породице, а уједно смањују трошкове лечења.

Позитивни ефекти и корисност за пацијенте:

- унапређење здравственог стања преко непрекидне мотивације;
- једноставно прикупљање података;
- високо доступна технологија;
- боља здравствена нега.

3.4.2 Примери реализације *wearable computing*-а у здравству

Постоје примери реализације *wearable* уређаја у различитим областима здравства. Честа је примена *wearable computing*-а за праћење здравља старијих људи са или без хроничних болести и особа са посебним потребама. Велики број

истраживачких студија и организација је окренуто ка развоју платформе за помоћ у животном окружењу - асистенције за старије људе (Memon, Wagner, & Pedersen, 2014), пацијената са посебним потребама, превенцији или лечењу болести. Мерење пада, праћење кретања старих (Suraki & Jahanshahi, 2013) или пружање асистенције код старијих људи или особа са посебним потребама су од виталног значаја за ове пацијенте. Системи за мерење виталних параметара код хронично оболелих пацијената (плућне или кардиоваскуларне болести, дијабетес и др.) са напредним статистичким анализама су основа за даљинско управљање хроничним болестима (Díaz, Martín, & Rubio, 2016).

Неки од примера су:

- eCAALYX (*Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment, 2009-2012*) је развијен са циљем имплементације мобилне платформе за надзор старих људи са удруженим хроничним болестима. Надзор подразумева праћење здравственог стања, препознавање ризика по здравље, препознавање неправилности у раду појединих органа и пружање едукативних порука за вођење здравих стилова живота у складу са њиховим могућностима и здрављем (European Commission, 2013) (Boulos, et al., 2007).
- CHRONIOUS платформа се састоји из паметног *wearable* система базираног на мулти-параметарским сензорима за надзор пацијената са хроничном опструктивном болести плућа, хроничним бубрежним болестима и бубрежном инсуфицијенцијом. Систем омогућава стални надзор пацијената преко сензора уграђених у мајицу или постављених у окружење у којем се налази пацијент. Било каква промена у виталним знацима која указује на поремећај здравља обрађује се и детектује системом *CHRONIOUS Intelligence*. Овај систем генерише упозорења у случају да здравствено понашање одступа од унапред утврђених образаца. Платформа је клинички тестирана на преко 100 пацијената у Европи, а резултати показују да доприноси унапређењу праћења хроничних болесника (Tesan, 2016) (European Commission, 2012).

- Паметна ципела *GPS SmartSole* (GTXCorp, 2016) је намењена старијима који пате од деменције, младима са аутизмом, спортистима и особама са трауматском повредом мозга. Састоји се из сензора са GPS пријемницима уграђеним у уложак ципеле. Уређај је неинвазиван за људе, а евидентирање локације особе која носи уложак се обавља сваких 10 минута. Праћење је могуће на мобилном телефону, таблети или рачунару.
- *Propeller Health* (Propeller Health, 2016) је намењен за контролу хроничних респираторних болести. *Propeller* је производ који се састоји из инхалатора са сензором за астму. Сензор прати параметере окружења који су стресори за корисника и потенцијално штетни за оболеле од астме. Апликација прати колико често корисник узима лекове и помаже му у контроли астме. Лекари су информисани о стању пацијента и упућени у његову контролу болести.
- *SVOne* ауторефрактор, производ компаније *Smart Vision Labs* (Captain, 2015) (Smart Vision Labs, 2016) је уређај који се спаја на паметни телефон. Телефон приказује мрежу на ретини корисника. Камера телефона снима тачке на основу одбијене светлости, а *Smart Vision* апликација мери промене у рефлектованом патерну. Телефон помоћу бежичне комуникације прослеђује податке офталмологу или ради у *offline* режиму, чувајући записе које прослеђује лекару када постоје услови за повезивање.

У области *well-being*-а, велнеса, превенције болести и промоције здравих стилова живота, бројне су могућности имплементације сервиса мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. *Wearable* системи се често комбинују са сензорима у окружењу ради добијања поузданијих података. Неки од примера имплементације су:

- Мерење УВ радијације и обавештавање пацијената о штетности сунчања у време најинтензивнијег зрачења, које може бити од користи код превенције рака коже. Контрола хигијенског прања руку и контрола и праћење квалитета сна су значајне превентивне мере (Mantua, Gravel, & Spencer, 2016), као и дентална хигијена, праћење штетних гасова и алергена у околини (Suraki & Jahanshahi, 2013) и др.

- *Monica Healthcare's AN24* (Monica Healthcare, 2016) је електрофизиолошки монитор који омогућава трудницама и лекарима да прате *well-being* нерођеног детета. Овај уређај омогућава праћење здравственог статуса фетуса ван болнице. Уређај прати откуцаје срца и мајке и детета, с тим што прави разлику у сигнаlima. Омогућава бежични пренос података у реалном времену. Код ризичних трудноћа у случају појаве нерегуларности одмах се бабици и лекару шаље сигнал упозорења.
- Биохемијско мерење одређених параметара на телесним течностима преко сензора уграђених у текстил представљено је пројектом *BIOTEX (Bio-sensing textile for health management)*. Има примену код пацијената са дијабетесом, где се анализира кондуктивност коже и степен знојења, код гојазности и спорта, где су укључени сензори за рН вредност зноја, концентрацију натријума, степен знојења, кондуктивност коже, сензори за респирацију, као и сензоре за праћење покрета тела (Coyle, Morris, Lau, & Diamond, 2009). Биохемијска мерења могу да се примене код бројних других стања где се анализирају зној, урин или крв. Поред наведених сензора, у одећу могу бити уграђени сензори за ЕКГ, крвни притисак, засићеност крви кисеоником и други (Coyle, et al., 2010).
- Праћење физичког стања, пулса, исхране, односно утрошка калорија и спавања, могуће је преко *Jawbone UP* (Jawbone, 2016), наруквице са уграђеним сензорима. Слични системи су *Sonamba*, систем за *well-being* мониторинг (pomdevices, LLC, 2015), *BreathResearch*, *Numera Libris* и *Libris+* који користе сензоре за детекцију активности, анализу дисања и понашања и праћење виталних параметара током свакодневних активности.
- Психолошки *wellbeing* може да буде помогнут *wearable* уређајима и мобилним апликацијама са сензорима који мере и анализирају начин дисања као што су *Spire* (Spire, 2015) и *Muse* (Interaxon Inc, 2015), трака за главу која користи *brain-sensing* технологију да измери активности мозга током опуштања или различитих активности, а на основу активности трансформише сигнале у звукове.

Физиолошки параметри у области рехабилитације укључују најчешће мерења пулса, крвног притиска, засићености крви кисеоником и мерење мишићне активности. Добијене вредности мерења ових параметара обезбеђују информацију о здравственом статусу (Patel, Park, Bonato, Chan, & Rodgers, 2012).

Примери имплементације у рехабилитацији су:

- *Rehabatic* је бежична сензорска платформа која омогућава прикупљање и прослеђивање сензорских података у реалном времену, а намењена је пацијентима са вештачким коленом и неопходном константном физиотерапијом (Healthcare Global, 2012). Да би користили ову платформу, пацијенти носе *Shimmer wearable* уређај на обе стране колена. Корисник прати на екрану аватара који показује прописану терапију. Прикупљене информације се шаљу лекару ради анализе. Слање је могуће у реалном времену или у било које време.

Кроз више студија су имплементирани *wearable* системи за праћење мишићне активности и мишићног замора, а примену налазе у спорту или рехабилитацији:

- *Burnout* је *wearable* систем за мерење замора мишића током вежбања. Користи акцелерометре ради мерења вибрација мишића и одређивања њиховог замора (Mokaya, Lucas, Noh, & Zhang, 2016).
- У две студије представљена је имплементација аутономног *wearable* система за предикцију и детекцију замора мишића у реалном времену (Al-Mulla, Sepulveda, & Colley, 2011) (Dong, Ugalde, Figueroa, & El Saddik, 2014).

Wearable уређаји налазе примену и у области менталног здравља, код контроле стреса или праћења менталних активности корисника и узбуђења. Сензори у овим областима унапређују праћење активности, идентификације одређених параметара који су у вези са стресом и помажу да се појединцима обезбеди и прилагоди терапија помоћу мобилног здравства (Morris & Aguilera, 2012) (Joshi, Kiran, & Sah, 2017).

Wearable технологије могу да се употребе да се изврши рана дијагностика стреса (Ciabattoni, et al., 2017), и обезбеди предвиђање будућих стресних ситуација које могу бити избегнуте (Jaimes, Gagneja, Akbaş, & Vergara-Laurens, 2017). Постоје примери коришћења *wearable* уређаја за стрес менаџмент у разним областима, па и у образовању (Espinosa, Lee, Keogh, Grigg, & James, 2015) (Arriba-Pérez, Caeiro-Rodríguez, & Santos-Gago, 2017).

У тексту који следи дати су примери имплементације сензора у области контроле стреса:

- У студији (Picard & Scheirer, 2001) сензор за кондуктивност на кожи је примењен као *wearable* уређај за идентификацију узбуђења код особе при различитим активностима где се сигналном LED лампицом симулира промена у вредностима. У истој студији наводи се примена код глувонемих особа где се путем промена у вредностима кондуктивности коже може пратити узбуђење (радост, срећа) које не може да се изрази речима. У студији (Zubair, Yoon, Kim, Kim, & Kim, 2015) је изведена и детекција менталног стреса у току свакодневних активности помоћу сензора за кондуктивност коже. У случају промењених вредности кориснику се шаље алерт путем мобилног телефона како би могао да управља стресном ситуацијом или подели податке.
- Производ компаније *Biosync Technology* је намењен пацијентима са мултиплом склерозом како би управљали стресом и унапредили емоционално стање. Биосензори на руци прате физиолошке параметре код пацијента као што су кондуктивност коже, пулс и кретање. Подаци се аутоматски обрађују и одређују ниво стреса, квалитет сна и приказују и пацијенту и његовом терапеуту путем апликације. Производ би омогућио спровођење превентивних мера, смањио трошкове лечења и омогућио пацијентима квалитетнији живот (Falan, 2016).

Велику примену у здравству, као помоћ лекарима у лечењу, дијагностици, едукацији или администрацији, има *wearable* уређај у облику наочара:

- *Eyes-On Glasses (Evena Medical)* су наочаре које обезбеђују лекару слику венске мреже пацијента у реалном времену која им олакшава налажење одговарајућег места за апликацију игле. Систем је развијен са циљем да се убрза поступак вађења крви или апликације лекова, смањи страх код пацијената и могућност грешке (Rokk Media, 2016).
- *MedicAR* је производ *Google Glass* који се користи током операција, у сврху едукације, како би се студентима приказало како тече операција и то у реалном времену. На овај начин се потпомаже едукација, али и спровођење добре праксе међу стручњацима (Rokk Media, 2016).
- *Augmedix* је произвођач *Google Glass* (Healthcare IT News, 2016), наочара које се користе у неколико приватних болница у USA. Наочаре су намењене докторима који их носе док обављају визиту пацијената. Током разговора и прегледа пацијената лекари попуњавају формуларе, графиконе, историју болести, лабораторијске анализе и рецепте користећи говорне инструкције и команде уз помоћ *Google Glass*, а подаци се преносе до електронског здравственог картона пацијента. На овај начин *Google Glass* омогућава лекарима да се посвете само пацијенту уместо да троше време на унос података у лаптопове или рачунаре.

Wearable уређаји, међусобно повезани граде мрежу WBAN (*Wireless Body Area Network*), чији је примарни циљ прикупљање података са тела особе (Castillejo, Martinez, Rodriguez-Molina, & Cuerva, 2013). Тиме се ствара велика количина различитих података. Савремено здравство захтева управљање великом количином неструктурираних података (Raghupathi & Raghupathi, 2014) (Muhammad, Rahman, Alelaiw, & Alamri, 2017) (Saravana kumar, Eswari, Sampath, & Lavanya, 2015) (Forkan, Khalil, Ibaida, & Tari, 2015). Управљање таквим подацима захтева скалабилну и дистрибуирану мрежну инфраструктуру, која треба да омогући брз развој и несметано извршавање сервиса који ће задовољити строге стандарде квалитета у здравству (Díaz, Martín, & Rubio, 2016). Такву инфраструктуру пружа рачунарство у облаку (енг. *Cloud computing*).

3.5 Рачунарство у облаку

По дефиницији Националног института за стандарде и технологију (енг. *National Institute of Standard and Technology* - NIST), рачунарство у облаку је „модел који омогућава погодан, по принципу захтева, мрежни приступ дељеним конфигурабилним рачунарским ресурсима (нпр. мрежне инфраструктуре, сервери, базе података, апликације и сервиси) који брзо могу бити коришћени и ослобођени уз минималан напор и минималан ангажман испоручиоца сервиса“ (Badger, Grance, Patt-Corner, & Voas, 2012).

Рачунарство у облаку омогућава три основна типа развојних модела, а у зависности од типа услуге која се испоручује кориснику: инфраструктура као сервис (енг. *Infrastructure as a Service-IaaS*), платформа као сервис (енг. *Platform as a Service - PaaS*) и софтвер као сервис (енг. *Software as a Service - SaaS*) и један нови модел *Sensing as a Service (S2aaS)* базиран на технологијама Интернета интелигентних уређаја.

Sensing as a Service је мрежа виртуелних сензора која обезбеђује посредно мерење тако што користи друге доступне податке са сензора, различите моделе или *data-mining* алгоритме. *Sensing as a Service* интегрише различите сензоре (нпр. окружења, положаја или персоналне сензоре и друге) и помоћу добијених информација пружа индиректно измерену вредност неког параметра који се регуларно мери физичким сензорима (Li, Pandis, & Guo, 2016). Прикупљени сензорски подаци који се чувају у облаку могу да се интегришу са електронским здравственим картоном пацијента и да буду доступни лекару (Chiang, Lai, & Huang, 2014).

Рачунарство у облаку одговара на неколико кључних захтева здравственог система (The Cloud Standards Customer Council, 2012):

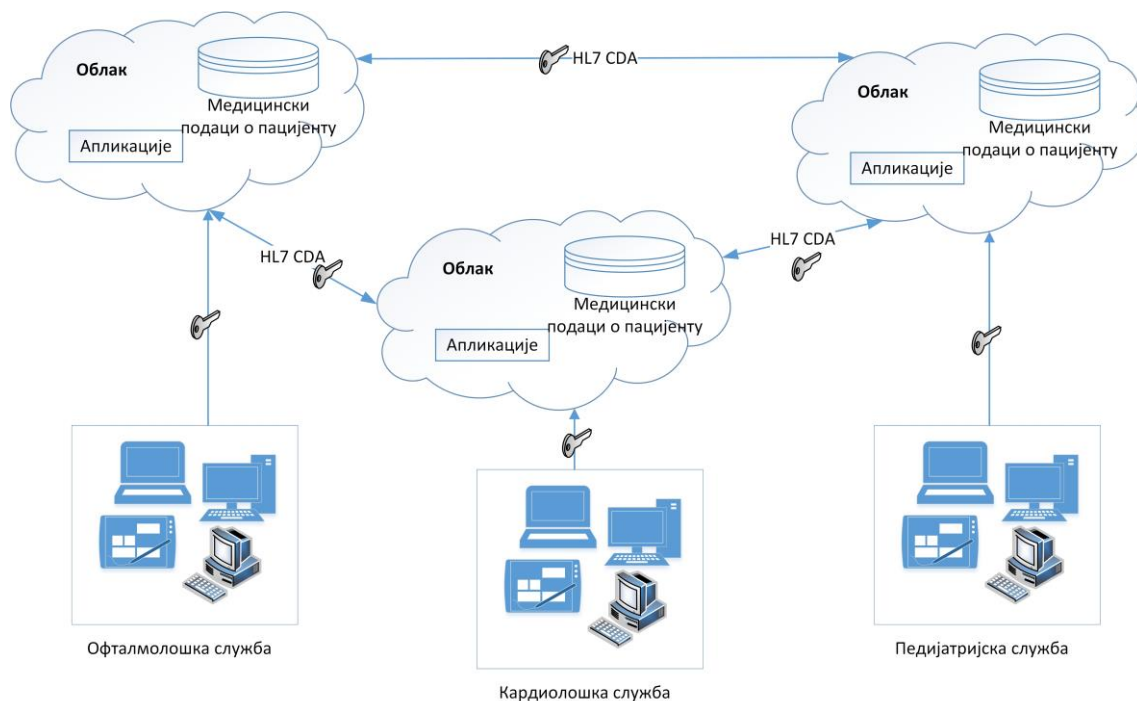
- омогућава приступ на захтев рачунарским и великим складишним ресурсима којих нема у традиционалним ИТ окружењима;

- подржава *big data* за електронске здравствене картоне, радиолошке слике, велике количине података са различитих одељења;
- подржава дељење података из електронског здравственог картона међу ауторизованим лекарима и болницама, на различитим географским локацијама чиме се спречава дуплирање тестирања или прегледа, као и времена, што као резултат има бољу искоришћеност ресурса;
- унапређује могућност за анализу и праћење информација, па се подаци о лечењу, трошковима, витални параметри и др. могу анализирати и накнадно;
- висок је степен апстракције инфраструктуре, па корисници добијају ресурсе на захтев, без потребе да знају где се ти ресурси физички налазе;
- инфраструктура је скалабилна и може да прати раст пословних потреба у реалном времену.

Рачунарство у облаку може да подржи размену информација између различитих информационих система здравства, уколико је примењена и подржана интероперабилност и стандардизација. Међусистемска комуникација је могућа углавном разменом HL7 CDA (*Clinical Document Architecture*) порука (EU-IHIS, 2015).

На Слици 5 је приказана архитектура болничког система чије се пословање заснива на рачунарству у облаку. Инфраструктура система заснованих на Интернету интелигентних уређаја је често заснована на рачунарству у облаку. Рачунарство у облаку обезбеђује комплексне процесе обраде и чувања података, сакривених од апликативног слоја и слоја интелигентних уређаја.

Области здравства у којима је најчешће заступљено рачунарство у облаку су: телемедицина/телеконсултације, медицинска радиологија, јавно здравље и управљање сопственим здрављем, менаџмент у болницама, клинички информациони системи, спровођење терапије и секундарно коришћење података у сврху истраживања, анализе и сл. (Griebel, et al., 2015).



Слика 5. Архитектура болничког система чије се пословање заснива на рачунарству у облаку (Lupse, Vida, & Stoicu-Tivadar, 2012)

Употреба и обрада здравствених података о пацијенту треба да буде у складу са правном регулативом о заштити података. Са безбедносног аспекта, рачунарство у облаку, применом различитих стандарда, представља погодно решење за реализацију сервиса електронског здравства. Безбедност се реализује преко више аспеката заштите (Cloud Standards Customer Council, 2017):

- Сигурност и приватност (управљање идентитетима, физичко обезбеђење инфраструктуре, поузданост особља, приватност података – маскирање, енкрипција, ауторизација).
- Заштита података (поверљивост, контрола приступа, интегритет података).
- Енкрипција података који се преносе, као и оних који се складиште.
- Законска и правна регулатива (дозволе за праћење приступа подацима, план прављења копија и друге сагласности за корисника).
- Аутоматско чување копија података (по извршеним трансакцијама или ређе).

3.6 *Big data*

Савремени здравствени информациони систем чини скуп огромне количине података које чине подаци о пацијентима, резултатима тестова и лечења, дијагностички снимци, истраживачки подаци, фармацеутски подаци и други. Ови подаци углавном нису струкурирани и долазе у различитим форматима. Систем мобилног здравства, такође, може генерисати велике количине података (мерења, медицинске слике, описи симптома, комуникације између лекара и корисника и сл.). Међутим, ограничени меморијски капацитети мобилних уређаја нису довољни за чување и обраду веће количине здравствених података.

Тако велика количина података генерисана кроз електронски здравствени систем формира *big data* у здравству (Saravana kumar, Eswari, Sampath, & Lavanya, 2015). *Big data* се не односи само на смештајне капацитете велике количине података него и на способност да се анализира велика количина неструктурираних података из различитих извора.

Четири су кључне карактеристике које дефинишу *big data*, познате и као 3V (Zaslavsky, Perera, & Georgakopoulos, 2012), док неки истраживачи и медицински радници дефинишу и четврту карактеристику која проширује модел на 4V (Raghupathi & Raghupathi, 2014):

- *Количина* (енг. *Volume*) – односи се на количину података, изражену нпр. у терабајтима (ТВ), петабајтима (РВ) или зетабајтима (ЗВ).
- *Разноврстност* (енг. *Variety*) – односи се на различите типове података. Различити извори ће генерисати различите типове података: слике, различита сензорска мерења, текст, видео и аудио-записи и др.
- *Брзина* (енг. *Velocity*) – односи се на брзину генерисања података. У неким случајевима је неопходно брзо генерисање података и стварање информација у реалном времену, док се неки подаци процесирају и анализирају онда када су потребни.
- *Тачност* (енг. *Veracity*) – односи се на тачност генерисаних здравствених података, као и њихов квалитет који је кључан у процесу лечења.

Складиштење *big data* је омогућено преко више технолошких решења, која су заснована на NoSql решењима (нерелационим решењима) (Zaslavsky, Perera, & Georgakopoulos, 2012): решења базирана на техници кључ-вредност - *Dynamo*, *Redis*, *Riak*, *Amazon SimpleDB* и *Windows Azure Table Storage*; решења базирана на чувању података у виду докумената – *CouchDB* и *MongoDB* и решења базирана на *wide column* решењима - *Apache HBase*, *Hadoop* и *Cassandra*.

С обзиром на различитост података у здравству (структурирани, неструктурирани и полу-структурирани подаци), развијене су бројне комплексне аналитичке технике које треба да оправдају основне захтеве *big data*. Технике за анализу података у *big data* окружењу обухватају: А/В тестирање, статистичку анализу, кластер анализу, класификацију, машинско учење, оптимизацију, анализу сегмената, правило удруживања, интеграцију података, генетске алгоритме, *crowdsourcing* (Ali, et al., 2016) (Radenković, et al., 2017).

Неке од познатијих платформи и алата које се користе за аналитику у здравству (Raghupathi & Raghupathi, 2014): *Hadoop Distributed File System (HDFS)*, *MapReduce*, *PIG* и *PIG Latin*, *Hive*, *Jaql*, *Zookeeper*, *Hbase*, *Cassandra*, *Oozie*, *Lucene*, *Avro*, *Mahout* и др.

Примена *big data* у модерном здравственом систему може да доведе до низа позитивних користи за пацијенте, научнике у области здравства и за здравствени систем. За пацијента је од значаја откривање болести у раним фазама када се могу лакше и ефикасније третирати (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Област где *big data* има значајну примену је геномика. Ефикаснија и јефтинија геномска анализа би могла да буде саставни део лечења и процеса одлучивања (Raghupathi & Raghupathi, 2014). Идентификација геномске нестабилности указује на осетљивост на поједине лекове или реакцију организма на лекове (Leff & Yang, 2015), нпр. код хемотерапија (Sheng, Li, & Wong, 2015). У области јавног здравља, анализа демографских карактеристика, образаца обољевања, праћења извора епидемија и преношења болести може значајно да унапреди јавноздравствени надзор и реаговања на сузбијање ширења болести (Raghupathi & Raghupathi, 2014) (Baseman, Revere, & Painter, 2017).

Једна од значајних промена у здравственој заштити је пораст ширења здравствених информација подстакнута појавом друштвених медија. Интересантна је примена *big data* за праћење и анализу информација које се пласирају путем друштвених мрежа, а односе се на промоцију здравља (Leff & Yang, 2015), епидемиолошку ситуацију, злоупотребу штетних супстанци (Kim, Marsch, Hancock, & Das, 2017) и друго.

Обрађени *big data* подаци могу бити од велике користи научницима, нпр. код епидемиолошких истраживања или предвиђања и креирања модела образаца понашања. Систему здравствене заштите коришћење *big data* може да омогући развој иновативних пословних модела (European Commission, 2014).

С обзиром на широку примену и бројне предности које доноси у односу на традиционални систем, *big data* аналитика је постала неодвојиви део модерног здравственог система.

Прикупљање здравствених података о појединцу покреће бројна етичка питања, па стога употреба и обрада таквих података морају бити у складу са правном регулативом о заштити података. У том смислу се у „Акционом плану за е-здравство 2012-2020.” најављује подршка истраживању и иновацијама усмереним на начине анализе и прикупљања *big data* (European Commission, 2014).

4 Развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

4.1 Анализа постојећих модела

Мобилне технологије засноване на *wearable computing*-у су примењене кроз многе пројекте у различитим областима здравства. Пројекти обухватају медицинске или мобилне уређаје у које је уграђена сензорска технологија у циљу прикупљања одређених виталних параметара код пацијента или корисника.

Мобилни телефони имају значајну улогу у пројектима за контролу стреса. Уређаји са уграђеним сензорима, за детекцију одређеног специфичног понашања или виталних параметара, погодни су за препознавање појаве стреса или депресивног понашања (Saeb, et al., 2015). Поред мобилних уређаја, као алат за контролу стреса и анксиозности, често се имплементира *biofeedback* (Al Osman, Dong, & El Saddik, 2016) (Zafar, Ahmed, & Gutierrez-Osuna, 2017) којим се утиче на промену понашања код појединца.

У следећим пројектима заједничка је интеграција мобилног уређаја и *wearable* система са сензорима у области контроле стреса:

- *Wearable* технологије и мобилни уређаји су заједно коришћени за управљање стресом у реалном времену (Chen, et al., 2015). Систем обавештава корисника о нивоу стреса користећи податке о његовим активностима и откуцајима срца. На основу тих података, генеришу се вежбе за релаксацију и вежбе дисања које помажу при опуштању и смањењу стреса. Измерени сензорски подаци се преносе преко мобилног телефона који је гејтвеј до удаљеног сервера ради обраде.
- Уређај *Pip* (Galvanic and PIP, 2017) је уређај атрактивног дизајна, а омогућава мерење стреса помоћу GSR сензора. Повезује се са мобилном апликацијом на телефону на којој се приказује ниво стреса на основу измерених GSR вредности. Осим тога, корисницима се испоручују разни

садржаји за опуштање, а истовремено се прати утицај тих садржаја на ниво стреса.

- Студија (Ahtinen, et al., 2013) показује да се кроз систем мобилног здравства може интегрисати стратегија унапређења менталног здравља у свакодневни живот појединаца. Кроз пројекат је имплементирана мобилна апликација за здравство *Oiva* за *Android* телефоне. Садржаји апликације су креирани у сарадњи са психолозима, а на основу потреба корисника. Студија је показала да је апликација за стрес менаџмент утицала на повећање животног задовољства и смањење стреса код 15 универзитетских сарадника, колико је учествовало у истраживању.
- Један комерцијални производ који обезбеђује сервисе електронског здравства и интероперабилност са *wearable* уређајима је производ компаније Microsoft *HealthVault* (Microsoft, 2016) где су корисници у могућности да бесплатно воде своју целокупну здравствену документацију, прате виталне параметре помоћу носивих уређаја и интегришу их у систем, деле прикупљене податке и документацију са својим лекаром приликом посете или телемедицинским прегледом. *HealthVault* омогућава и интеграцију са другим постојећим здравственим сервисима.

Усвајање „Стратегије развоја информационог друштва у Републици Србији до 2020. године” (Влада Републике Србије, 2010) је добра полазна основа за имплементацију е-здравства, а тиме и мобилног здравства у Србији. Овим актом се на целовит начин дефинишу основни циљеви, начела и приоритети развоја информационог друштва и утврђују активности које треба предузети у периоду који обухвата ова стратегија. У Србији постоји неколико случајева имплементације мобилног здравства:

- Пројекат „Беба долази” и „Дете расте” организације MobiMed из 2007. године, где се трудницама путем SMS-а шаљу информације о току трудноће, а основа пројекта „Дете расте” је персонализована информација о здрављу детета која се шаље на мобилни телефон родитеља детета. Од момента пријављивања, у наредних годину дана, родитељ добија

здравствене информације о календару вакцинације детета, обавезним педијатријским прегледима, препорукама у области исхране, препорукама из области психомоторичког раста и развоја, препоруке у области оралне хигијене као и препоруке из области педагогије и васпитања (GSMA mHealth Tracker, 2015) (MobiMed, 2015).

- Пројекат „Повезивање” компаније *Telenor Group*, чија је имплементација почела у 2010. години, има за циљ повезивање здравствених медијатора који раде међу ромском популацијом у Србији (GSMA mHealth Tracker, 2015).
- Пројекат који омогућава лекарима и фармацеутима проналажење свих потребних информација о лековима. Мобилна апликација за здравство се зове „База лекова” и омогућава много бржи приступ медицинским информацијама о лековима у односу на класичан начин претраживања (Mediatelly, 2017).

4.2 Моделирање архитектуре система

Потребно је развити инфраструктуру модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у за мерење и контролу стреса.

Предложени модел мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у обухвата следеће компоненте:

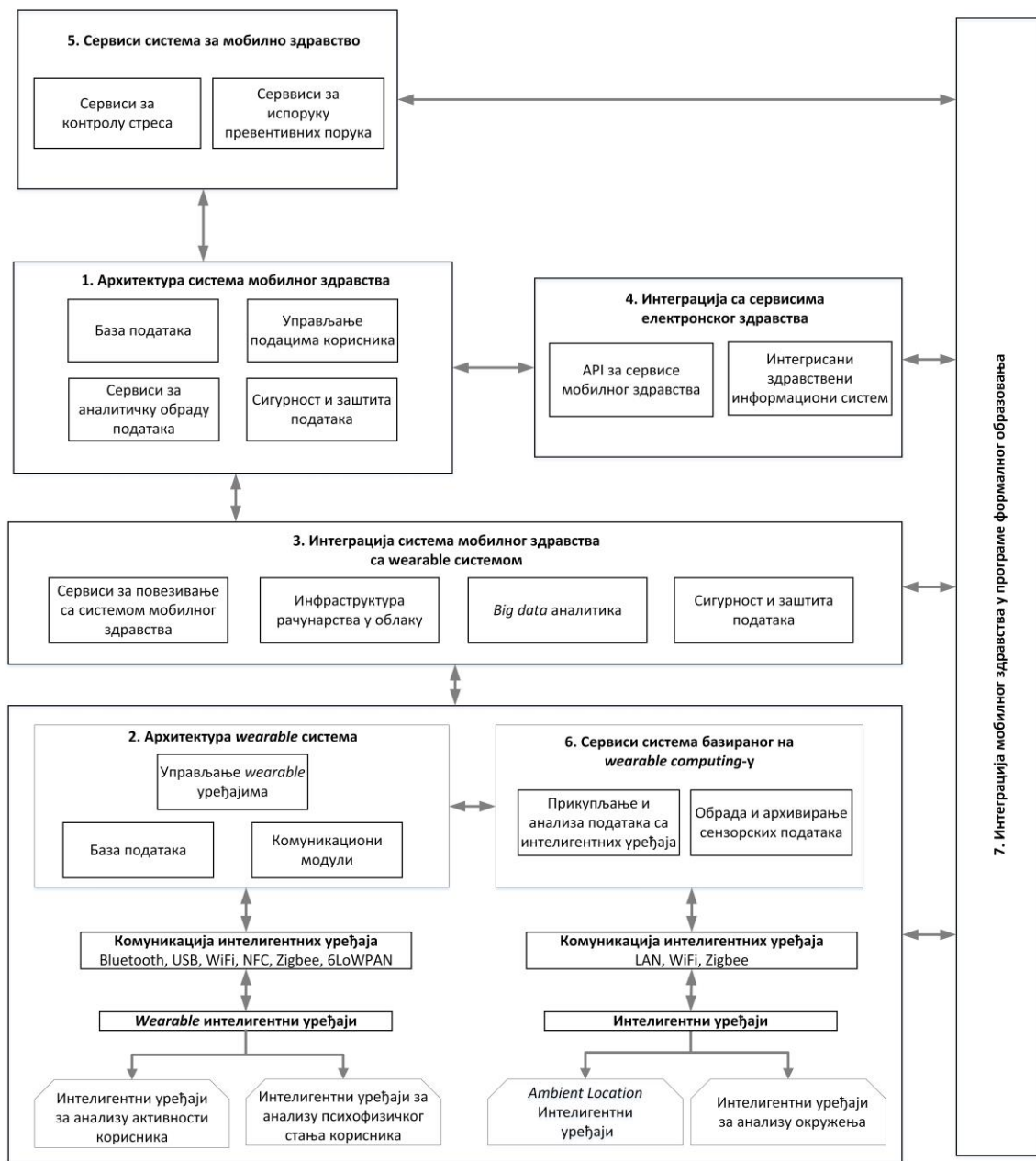
1. Архитектура система мобилног здравства
 - a. База података
 - b. Управљање подацима корисника
 - c. Сервиси за аналитичку обраду података
 - d. Сигурност и заштита података
2. Архитектура *wearable* система
 - a. База података
 - b. Управљање *wearable* уређајима
 - c. Комуникациони модули

3. Интеграција система мобилног здравства са *wearable* системом
 - a. Сервиси за повезивање са системом мобилног здравства
 - b. Инфраструктура рачунарства у облаку
 - c. *Big data* аналитика
 - d. Сигурност и заштита података
4. Интеграција са сервисима електронског здравства
 - a. API за сервисе мобилног здравства
 - b. Интегрисани здравствени информациони систем
5. Сервиси система за мобилно здравство
 - a. Сервиси за контролу стреса
 - b. Сервиси за испоруку превентивних порука
6. Сервиси система базираног на *wearable computing*-у
 - a. Прикупљање и анализа података са интелигентних уређаја
 - b. Обрада и архивирање података са сензора
7. Интеграција мобилног здравства са програмима формалног образовања

Предложени модел мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у приказан је на Слици 6 и састоји се из седам компоненти.

Архитектура система мобилног здравства, обележена бројем 1 и архитектура *wearable* система, обележена бројем 2, чине две одвојене архитектуре на које се повезују остале компоненте, али је омогућена и њихова међусобна интеграција. Интеграција система мобилног здравства са *wearable* системом (компонента број 3), омогућава повезивање претходно наведене две компоненте помоћу сервиса различите намене. Један од начина повезивања ових компоненти је преко рачунарства у облаку. Платформа рачунарства у облаку са интегрисаном IoT платформом омогућава пријем великих количина очитаних сензорских података у реалном времену и њихово складиштење. Најчешће је потребно извршити обраду добијених сензорских података, а то је могуће извршити помоћу *big data* аналитике на платформи рачунарства у облаку. Обрада добијених сензорских података вршиће се различитим методолошким поступцима, у зависности од природе података и коначних потреба. Обрађени сензорски подаци се позивају преко сервиса и приказују у систему мобилног здравства или у другим системима.

Сервиси за повезивање са системом мобилног здравства могу да буду имплементирани, локално, у *wearable* уређајима, уколико то дозвољавају хардверске могућности уређаја. Позивањем ових сервиса систем мобилног здравства преузима улогу гејтвеја и средњег слоја (енг. *middleware*) у којем се врши аналитичка обрада података.



Слика 6. Структура модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

Архитектура *wearable* система укључује две компоненте *wearable* интелигентних уређаја: компонента за анализу активности корисника и компонента интелигентних уређаја за анализу психофизичког стања корисника. Компонента за анализу активности корисника омогућава сензорско мерење покрета, кретања корисника, физичку активност или различите положаје. Интелигентни уређаји за анализу психофизичког стања корисника су *wearable* уређаји који се носе на телу корисника и врше мерења одређених виталних параметара као што су пулс, кондуктивност коже, температура тела, рН коже, крвни притисак, засићеност крви кисеоником, тремор руку и сл. Архитектура *wearable* система предвиђа постојање локалне базе података уколико постоје хардверске и софтверске могућности њене имплементације. Најчешће су интелигентни уређаји са ограниченим меморијским капацитетима, па се база података имплементира независно од уређаја.

Прикупљени сензорски подаци се преко комуникационих модула прослеђују до базе података - ради анализе и складиштења, или преко гејтвеја (мобилног уређаја или неког другог медицинског уређаја) - ради рутирања до одговарајућег крајњег корисника. Комуникација *wearable* интелигентних уређаја треба да се обавља бежичном везом и уз малу потрошњу енергије, како би корисник могао несметано да носи уређај на телу дужи временски период.

Компонента Сервиси система базираног на *wearable computing*-у, обележена бројем 6 на Слици 6, обезбеђује сервисе за прикупљање, аналитичку обраду и архивирање података измерених интелигентним уређајима. Интелигентни уређаји који се не носе на телу, а обезбеђују мерења одређених параметара који могу бити стресори, припадају компоненти Сервиси система базираног на *wearable computing*-у. Састоје се из две компоненте: *Ambient Location* компоненте и интелигентних уређаја за анализу окружења. *Ambient Location* компонента обезбеђује интелигентне уређаје који омогућавају праћење кретања и навика корисника у амбијенту у којем борави (праћење помоћу GPS или *Bluetooth* тачака). Идентификацијом кретања корисника могуће је утврдити обрасце понашања, устаљене навике, коришћење одређених предмета или просторија у току дана и слично. Ови подаци ће бити значајни код анализе и међусобног укрштања са другим сензорским подацима. Интелигентни уређаји за анализу

окружења укључују сензоре за мерење параметара из околине који могу утицати на психофизичко стање корисника, односно, помажу у идентификацији стресора. Такви уређаји могу мерити: температуру и влажност ваздуха, ваздушни притисак, ветар, буку, осветљење, квалитет ваздуха и слично. Напајање ових уређаја може да се врши помоћу батерије, соларним путем или неким другим жичним напајањем. С обзиром да се ови уређаји не носе на телу корисника, већ су смештени у његовом окружењу, доступан им је извор напајања, а то неће представљати изазов приликом пројектовања. Измерени параметри окружења и подаци добијени са *Ambient Location* сензора могу да се прослеђују до рутера или гејтвеја путем жичне или бежичне везе, у зависности од врсте мерења и места где је постављен сензор.

Одговарајући степен интероперабилности система је неопходан како би се извршила интеграција са сервисима електронског здравства. Интероперабилност треба да буде реализована у складу са одговарајућим стандардима. Интегрисани здравствени информациони систем треба да омогући јединствени API за увоз одговарајућих података о пацијенту, или неких других података које обезбеђују сервисе електронског здравства. Истовремено је пожељно да систем мобилног здравства обезбеђује API за коришћење сервиса мобилног здравства у оквиру система електронског здравства. Интеграција система мобилног здравства са сервисима електронског здравства је представљена компонентом број 4, на Слици 6.

Компонента број 7 на Слици 6 представља интеграцију система мобилног здравства у програме формалног образовања.

4.3 Моделирање инфраструктуре система

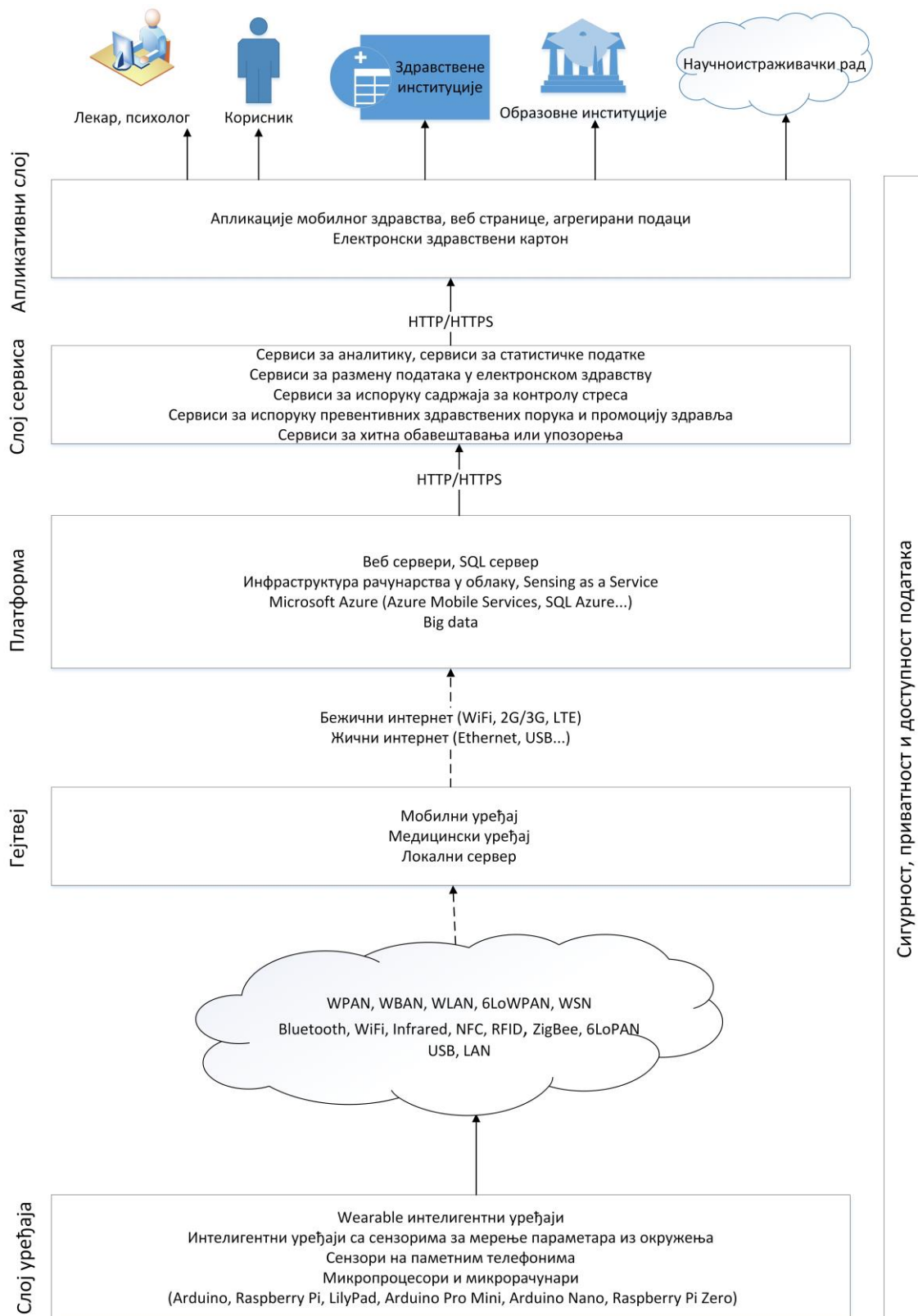
Инфраструктура система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у укључује неколико слојева: слој уређаја, гејтвеј, платформу, слој сервиса и апликативни слој.

Вишеслојни модел инфраструктуре система је приказан на Слици 7. Слој уређаја чине компоненте као што су: сензори, актуатори, микрорачунари, микроконтролери, *wearable* уређаји и мобилни уређаји. Слој уређаја је произвођач информација, које генеришу сензори са тела корисника или из окружења. Подаци се складиште у локалним базама података које могу да се реализују на интелигентним уређајима уколико хардверске могућности то дозвољавају. IoT мрежа, између слоја уређаја и гејтвеја обезбеђује комуникацију уређаја са осталим компонентама у смислу преноса здравствених података или измерених сензорских величина.

Инфраструктура рачунарства у облаку обезбеђује рачунарске ресурсе неопходне за развој и извршавање сервиса и складиштење података. Оваква инфраструктура омогућава доступност, скалабилност, поузданост и брз приступ сервисима. IoT платформа омогућава прикупљање, обраду и дистрибуцију података са сензора.

Апликативни слој је слој најближи кориснику и у виду апликација чини интерфејс корисника. Интерфејсу приступају корисници система, здравствени радници и сарадници, наставници у образовним институцијама и научници и истраживачи. Наведени корисници различито су ауторизовани, стога немају иста права приступа подацима. На пример, научници и истраживачи ће имати приступ агрегираним подацима без идентитета пацијента на кога се односе ти подаци, док ће лекари имати пун приступ пацијентовим подацима.

Апликативни слој чине апликације мобилног здравства, портали и веб странице на којима се приказују резултати сервиса електронског и мобилног здравства.



Слика 7. Вишеслојни модел инфраструктуре система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

4.4 Моделирање сервиса

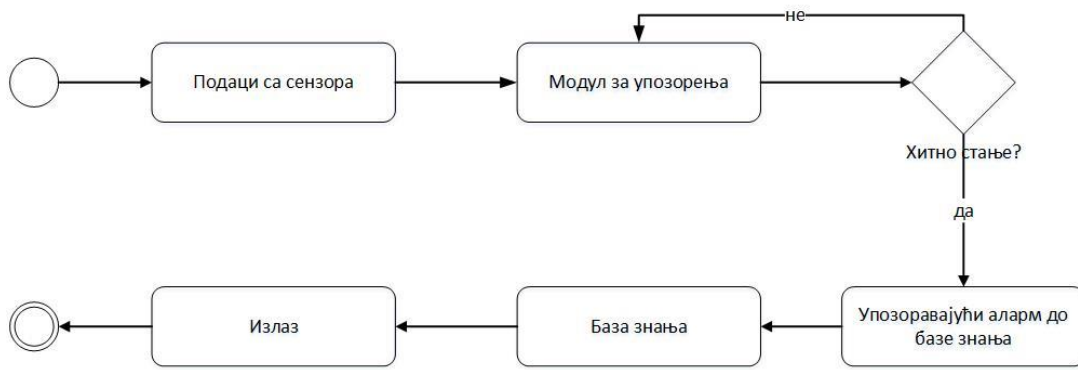
Пословна логика модела треба да се извршава помоћу сервиса. У моделу се користе сервиси који обезбеђују интеграцију између здравственог и неких других система са системом мобилног здравства. Осим тога, користе се и они сервиси који преузимају измерене сензорске податке са уређаја и преносе их до платформе за обраду и складиштење.

На основу наведеног, сервиси у моделу могу да се поделе на: ресурсне сервисе (који обезбеђују захтевани ресурс, информацију, скуп података са одговарајуће локације, интеграцију појединих система ради размене података) и сервисе који служе за дистрибуцију података са интелигентних уређаја ка другим системима или платформама.

Ресурсне сервисе, у оквиру система за мобилно здравство, чине сервиси за испоруку садржаја за контролу стреса и сервиси за испоруку превентивних здравствених порука. На Слици 6, приказани су као компонента број 5. У креирању садржаја који ће се испоручивати кориснику учествује психолог или лекар. Сервис система мобилног здравства може да буде и сервис за различита упозорења у случају појаве непожељних вредности измерених сензорских података. Непожељне вредности могу да буду и комбинација појединачних измерених сензорских података. У процесу одлучивања за алармна стања и упозорења требало би да учествују здравствени стручњаци.

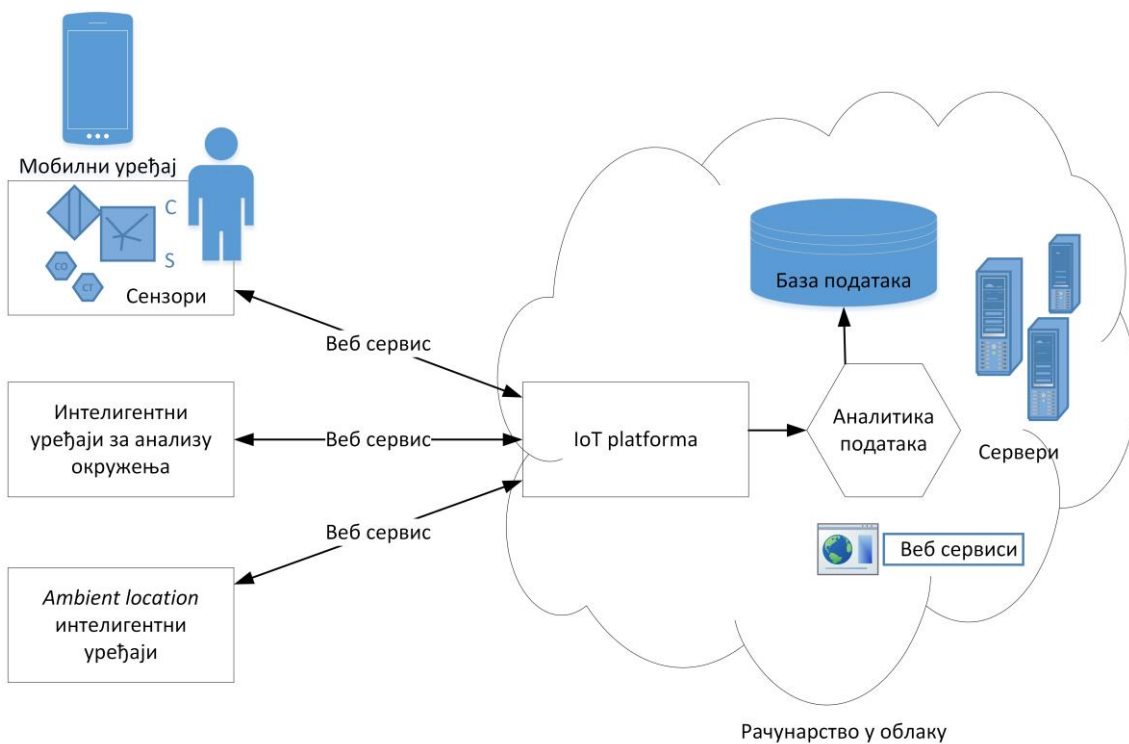
Пример шеме процеса одлучивања је приказан на Слици 8.

Комуникација између *wearable* система и платформе за прикупљање сензорских података обавља се преко сервиса којима се врши дистрибуција података са интелигентних уређаја. Прикупљени подаци се обрађују и чувају на платформи рачунарства у облаку. Пренос података може да се реализује преко мобилног уређаја и тада мобилни уређај преузима улогу гејтвеја. Концептуални модел реализације комуникације између интелигентних уређаја и осталих компоненти модела приказан је на Слици 9.



Слика 8. Процес одлучивања код модула за упозорења (Chen, Lai, Hwang, Lai, & Wang, 2015)

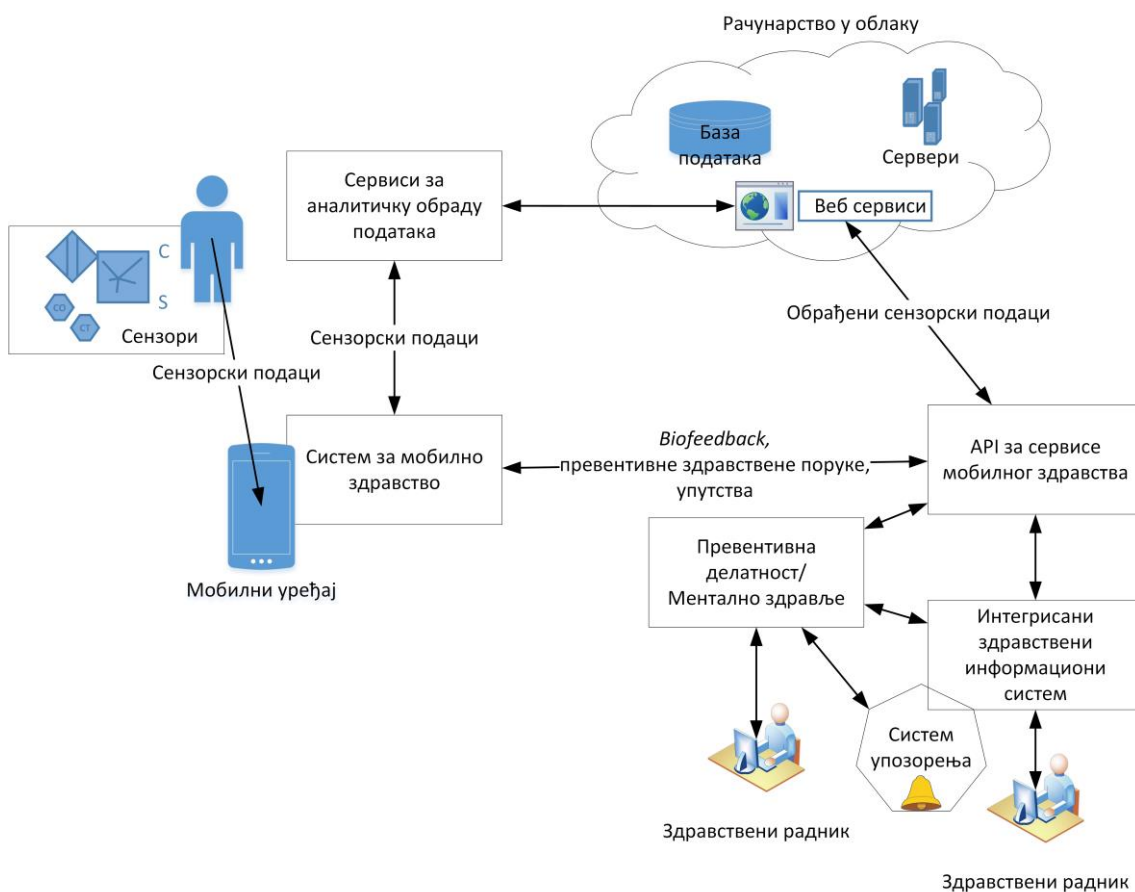
Имплементацијом веб сервиса омогућава се интероперабилност система, која је значајна код интеграције појединих компоненти модела, нпр. система мобилног здравства са системом електронског здравства.



Слика 9. Концептуални модел комуникације између интелигентних уређаја и платформе рачунарства у облаку преко веб сервиса

4.4.1 Интеграција са сервисима електронског здравства

Здравствени систем може да обезбеди сервисе који аутоматски прикупљају податке од пацијената, интегришу те податке у електронски картон пацијента, изврше аналитику, и по потреби, генеришу одговарајуће препоруке за унапређење здравља. Ако су подаци добијени од пацијента ван опсега дозвољених вредности, нпр. повећане вредности крвног притиска или пулса, може да се активира сервис који ће упозорити и пацијента и лекара о вредностима које могу угрозити здравље пацијента. Локацијски сервиси могу бити од помоћи у критичним ситуацијама за пацијента уколико је његов мобилни уређај снабдевен GPS сензором.



Слика 10. Концептуални модел интеграције система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у са системом електронског здравства

У систему мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у за контролу стреса постоји могућност повезивања са сервисима електронског здравства и

приказа одговарајућих повратних препорука за унапређење здравља корисника. На Слици 10 приказан је пример општег концептуалног модела интеграције система мобилног здравства са системом електронског здравства.

4.5 Интеграција мобилног здравства у програме формалног образовања

Интеграција мобилног здравства у програме формалног образовања односи се на развој и примену курса *Smart healthcare*, концепта који је део области мобилног здравства.

Развој *smart healthcare*-а зависи од неколико фактора: 1) напретка у области биомедицинског инжењерства, 2) развоја модерних технологија (као што су мобилне технологије) и 3) унапређења знања и вештина у области *smart healthcare* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017). Осим тога, на будући развој *smart healthcare*-а утицај имају: распрострањеност бежичне повезаности, Интернет интелигентних уређаја, *wearable computing*, уграђене сензорске технологије које генеришу велике скупове неструктурираних података, па тиме и концепти *big data* и рачунарство у облаку (European Commission, Business Innovation Observatory, 2015) (National University of Singapore, Institute of Systems Science, 2017) (Yang, et al., 2015).

С обзиром на технологије и области на којима се заснива, *smart healthcare* може да се сматра инжењерском дисциплином, односно, на пресеку је традиционалног биомедицинског инжењерства и савременог ИТ инжењеринга (Sloane, Welsh, & Judd, 2014). Инжењерске дисциплине, осим што имају кључну улогу у развоју *smart healthcare*-а, нуде нове могућности за осавремењивање здравственог система (Engineering and Physical Sciences Research Council, 2014) (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Захтеви тржишта за инжењерима из области здравства (Chase, 2013) (European Commission, Business Innovation Observatory, 2015) (Bhunja, 2017), представљају подстицај за унапређење инжењерских курикулума на универзитетима и

унапређење образовања будућих генерација инжењера из области *smart healthcare*-а (Singapore University of Technology & Design, 2017). Иако постоји евидентна потреба за едукацијом стручњака из појединих области, универзитети се тешко одлучују за увођење нових студијских програма, услед сложених и дуготрајних административних процедура. Стога се многи одлучују за унапређења у оквиру постојећих студијских програма, и то увођењем нових предмета или иновацијама у оквиру постојећих предмета (Radenković, Despotović-Zrakić, Bogdanović, Barać, & Labus, 2014) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Образовање инжењера из области *smart healthcare*-а заснива се на развоју интегрисаног приступа области која се брзо развија, као и на претходно стеченим знањима и искуствима из информационих технологија и инжењерских дисциплина. Интегрисани приступ у образовању стручњака за *smart healthcare* односи се на пружање могућности студентима да развију способности и вештине из модерних технологија које граде *smart healthcare*-а. Осим тога, студентима је потребно обезбедити основе из организације и пословања здравственог сектора и изазова са којима се тај сектор суочава у данашње време. Стицање таквих знања би им омогућило да одговоре на надлазеће друштвене промене и изазове модерног здравственог система (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Према *Gartner*-у (Gartner Inc, 2016) (Gartner Inc, 2017), технологије које су део екосистема *smart healthcare* очекује експанзија у будућности. Према томе, то ће се одразити на тржиште рада и потражњу за стручњацима из растућих технологија. Образовне институције треба перманентно да одговоре на ове захтеве тако што ће утицати на начин образовања будућих инжењера из области *smart healthcare* (Kortuem, Bandara, Smith, Richards, & Petre, 2013) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

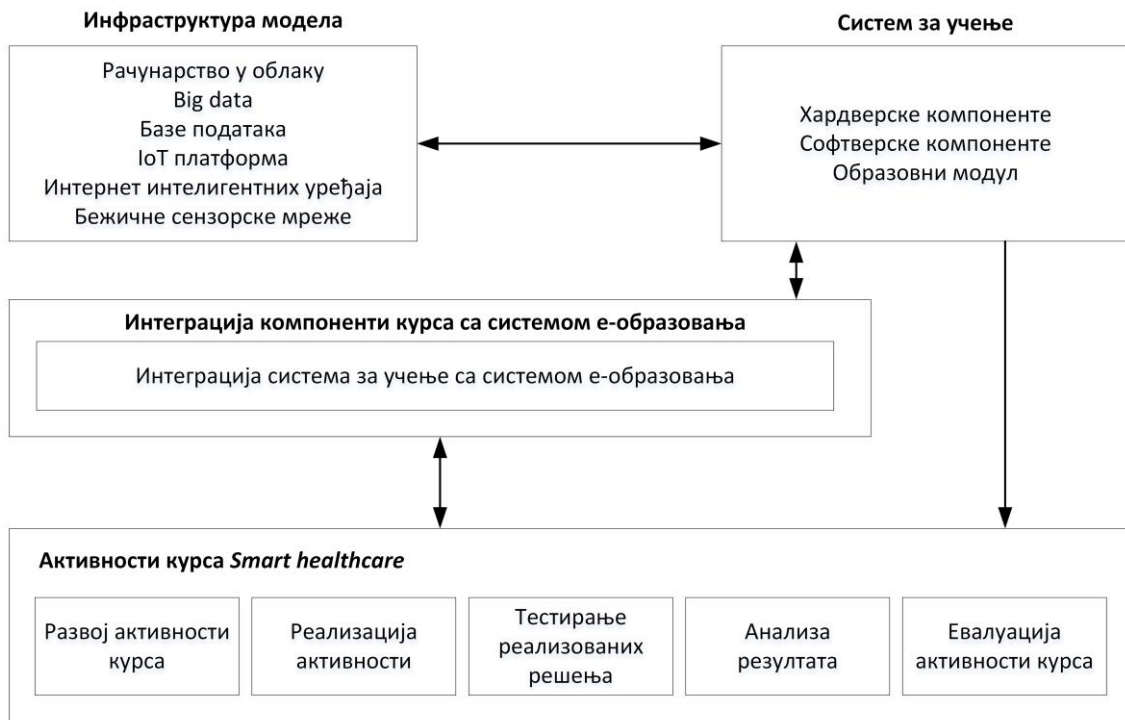
Неколико универзитета (National University of Singapore, Institute of Systems Science, 2017) (Universitat de Girona, 2017) и асоцијација (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2017) је реализовало обуку или курсеве из модерних

технологија на којима почива изградња савременог здравства. У реализованим курсевима, фокус је био на стицању практичних вештина кроз праксу и лабораторијске вежбе (Koo, 2015) (Jeong, Truong, Lee, Choi, & Lee, 2016), студије случаја (Raikar, Desai, & Naragund, 2016), експериментални рад и колаборативно учење (Kortuem, Bandara, Smith, Richards, & Petre, 2013) и сарадњу са индустријом (Garcia, Calvo-Manzano, Pacheco, & Perez, 2015). Једно истраживање (Masters, 2014) показује да студенти медицине могу успешно да заврше курс из модерних информационих технологија, а то ће свакако имати значајан утицај на квалитет сервиса електронског здравства.

Тренутно постоји недостатак истраживања која демонстрирају примере имплементације курсева из *smart healthcare*-а на универзитетима у области информационих технологија.

Циљ ове интеграције је реализација и представљање приступа дизајнирању курса за формално образовање *smart healthcare* инжењера. Очекивани доприноси интеграције мобилног здравства у програме формалног образовања јесу будући инжењери, способни да раде на развоју *smart healthcare* технологија и примењују их кроз праксу. Тиме би значајно утицали на ширење синергије између инжењерства и здравственог сектора (Weber & Price, 2016) (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Предлог општег модела курса из области мобилног здравства, приказан на Слици 11, обухвата следеће компоненте: Инфраструктуру модела, Систем за учење, Активности курса *Smart healthcare* и Интеграцију компоненти курса са системом е-образовања.



Слика 11. Општа структура модела развоја курса из области мобилног здравства

За успешну реализацију приступа дизајнирању курса за *smart healthcare*, следећи задаци треба да буду испуњени кроз дизајн и евалуацију курса за *smart healthcare* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- Представљање водећих технолошких трендова из области *smart healthcare*-а.
- Примена стечених теоријских и технолошких знања из области *smart healthcare*-а.
- Добијање позитивних оцена студената за предложени садржај и дизајн курса за *smart healthcare*.

Кроз процес дизајнирања курса за *smart healthcare* појавило се неколико изазова (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- С обзиром на то да *smart healthcare* обухвата различите технологије, како хардверске тако и софтверске, од великог значаја је препознавање до којег нивоа ће те технологије бити представљене студентима.

- Други изазов се односи на различит ниво програмерских вештина код студената, као и знања и искуства у раду са интелигентним технологијама.
- Изазов техничке природе односи се на снабдевање новим уређајима и компонентама Интернета интелигентних уређаја.

Да би се одговорило на поменуте изазове, курс треба да обезбеди основе теорије и праксе из технологија на којима се базира *smart healthcare*, уз коришћење приступачних хардверских и софтверских решења. Овакав приступ обезбеђује да сви студенти добију основна знања из одговарајућих технологија, чиме би се изједначио ниво и смањиле разлике из претходно стечених знања и вештина.

Након детаљне анализе доступних уређаја и IoT компоненти на тржишту, одлучено је да се избегну власничка решења која најчешће не пружају отворени API, а тиме је и смањена могућност искоришћавања података. Уместо тога, кроз предметне вежбе ће се користити јефтине компоненте Интернета интелигентних уређаја, компатибилне са отвореним кодом (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Курс *Smart healthcare* се састоји из 10 тема. Предложена структура предмета, садржај тема, очекивани исходи и компетенције, као и време потребно за реализацију сваке од тема приказани су у Табели 3.

Курс је намењен, пре свега, IT инжењерима који поседују претходно стечена знања и искуства која им омогућавају да са разумевањем похађају курс. Предзнања су потребна из области: програмирања, менаџмента, умрежавања и Интернета интелигентних уређаја. Пожељно је концептуално разумевање *big data* и технологија рачунарства у облаку. Овакве захтеве испуњава већина студената завршних година студија рачунарства, софтверског инжењерства или информационих технологија (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Табела 3. Приказ структуре, садржаја, исхода по темама, потребног времена за реализацију тема курса *Smart healthcare* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Теме	Садржај/Циљеви	Очекивани исходи /Основне компетенције	Број часова (%)
Е-здравство	Увод у организацију здравственог система. Основни концепти здравствене заштите и <i>smart healthcare</i> . Мултидисциплинарност <i>smart healthcare</i> .	Студенти су упознати са организацијом здравственог система и основним концептом здравствене заштите.	7
М-здравство	Мобилне технологије и здравствени сервиси. Основи мобилног умрежавања. Телесна рачунарска мрежа. Мобилни уређаји и апликације у е-здравству. Примери примене мобилног здравства.	Студенти су оспособљени да препознају могућности имплементације мобилних здравствених сервиса; студенти могу успешно да примене стечена знања, дизајнирају и развију мобилне апликације за здравство.	8
Примена IoT у е-здравству	Савремени технолошки трендови у здравству и њихова примена у <i>smart healthcare</i> . Технологије, протоколи и инфраструктура неопходна за развој IoT решења у здравству.	Студенти су упознати са растућим технолошким трендовима у здравству и могућностима њихове примене у области <i>smart healthcare</i> ; поседују вештине за рад на архитектурама и технологијама IoT у здравству; оспособљени су да примене стечена знања за дизајн и развој IoT решења за здравство.	20
<i>Wearable computing</i> у <i>smart healthcare</i>	Појам <i>wearable computing-a</i> . Примери примене <i>wearables</i> у здравству. Технологије и инфраструктура потребна за развој <i>wearable</i> решења. Примери и студије случаја у <i>smart healthcare</i> .	Студенти су упознати са концептом <i>wearable computing-a</i> ; оспособљени су да дизајнирају и примењују <i>wearable</i> системе за здравство.	20
Сервиси <i>smart healthcare</i> у паметним градовима	Трендови и технологије у инфраструктурама и сервисима паметних градова. Примена сервиса <i>smart healthcare</i> у паметним градовима.	Студенти су упознати са концептом паметног града као и технологијама за развој и примену здравствених сервиса у паметним градовима.	8

Теме	Садржај/Циљеви	Очекивани исходи /Основне компетенције	Број часова (%)
	Здравство у паметним градовима. Примери здравствених сервиса у паметним градовима.		
<i>Gamification</i> у здравству	Увод у <i>gamification</i> . Примена <i>gamification</i> у здравству. Учење кроз игру у здравству. Технологије за развој игара за учење у здравству. Примери у пракси.	Студенти су упознати са могућностима пружања здравствених сервиса кроз <i>gamification</i> и учење кроз игру, применом различитих технологија.	8
Области примене <i>smart healthcare</i>	Области примене <i>smart healthcare</i> . Здравствени сервиси погодни за имплементацију <i>smart healthcare</i> .	Студенти су упознати са могућностима примене <i>smart healthcare</i> у различитим областима здравства.	5
Рачунарство у облаку и <i>big data</i> у <i>smart healthcare</i>	Основни концепт рачунарства у облаку. Основни концепт сервиса рачунарства у облаку и IoT сервиса. Технологије и инфраструктура потребна за рачунарство у облаку у <i>smart healthcare</i> . <i>Big data</i> инфраструктура, сервиси и аналитика у <i>smart healthcare</i> .	Студенти разумеју концепт рачунарства у облаку и <i>big data</i> ; поседују знања из технологија и инфраструктуре рачунарства у облаку; оспособљени су да користе <i>big data</i> системе у <i>smart healthcare</i> и креирају основне аналитичке захтеве.	15
Примена друштвених мрежа у промоцији здравља	Е-пословање и друштвене мреже у здравству. Комуникација у електронском здравственом систему. Е-маркетинг у промоцији здравља. Примена друштвених мрежа у пословању здравствених установа. Примери примене друштвених мрежа у промоцији здравља.	Студенти разумеју концепт е-пословања, е-маркетинга и комуникација у здравству; стекли су знања потребна да дизајнирају одговарајући модел промоције здравља путем друштвених мрежа.	6
Регулатива и етика <i>smart healthcare</i>	Законодавство у е-здравству. Етичка питања везана за е-здравство. Права пацијената и заштита података у е-здравству.	Студенти поседују знања из законодавства и етике, а која се тичу увођења е-здравства у локалној заједници; оспособљени су да идентификују алате за заштиту права пацијената и заштиту података у оквиру здравственог система.	3

Следећи приступи обезбеђују успешну примену курса (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017):

- Теоријски аспект наставе обухвата традиционалну наставу „лицем у лице“, као и онлајн наставу у којој се примењује *Learning Management Systems* – LMS за размену мултимедијалних и текстуалних материјала. Током теоријске наставе студенти стичу основна знања, која ће им помоћи да разумеју и примењују знање стечено у пракси. Приступ који обезбеђује боље усвајање и разумевање теоријског знања заснива се на учењу кроз игру (Silva, Macedo, Teixeira, Lanzer, & Graziani, 2017). Теоријски аспект наставе обухвата и стицање технолошких знања, односно учење о технологијама. Циљ таквог учења је обезбеђивање теоријских и практичних знања о коришћењу инфраструктуре неопходне за рад у практичном делу курса. На овај начин би се изједначио ниво знања међу свим учесницима курса.
- Лабораторијске практичне вежбе укључују примену стечених теоријских и технолошких знања из области *smart healthcare*-а. Лабораторијске практичне вежбе се састоје из практичног рада, писаних упутстава, лабораторијских вежби, учења заснованог на играма и учења засновано на решавању проблема. Учествовање у развоју прототипа решења из области *smart healthcare* унапређује знања код студената из програмирања, примене технологија, као и способности да дизајнирају решења за *smart healthcare*-а. Осим што активно учествују у развоју решења за *smart healthcare*, студенти учествују у процесу учења путем решавања проблема. Рад студената на решењима за *smart healthcare*, којим се решава одређени проблем у области здравства, унапређује њихову креативност, развија критичко мишљење и развија когнитивну активност (Lebedev, Ivanova, Komleva, Klokov, & Komlev, 2017).
- Евалуација је важан део који обезбеђује процену квалитета курса, утиске и ставове учесника о предложеном садржају и дизајну курса. Евалуација се спроводи помоћу тестова, упитника којима се добијају повратне информације полазника курса, задатака и провера знања током курса. Тиме

се добија сталан увид у напредак студената током курса, као и њихова мишљења и ставови о појединим наставним јединицама.

Табела 4 приказује предуслове за реализацију курса за наставнике и вештине потребне студентима за успешно праћење курса. Предуслови за реализацију курса и вештине су наведене по темама.

Табела 4. Предуслови за реализацију курса и вештине студената потребне у оквиру курса (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017)

Тема	Предуслови и вештине	
	Наставници	Студенти
Е-здравство	Припремљени наставни материјали.	Основна знања из е-пословања.
М-здравство	Припремљен наставни материјал из мобилног здравства. Примери примењених модела мобилног здравства. Инфраструктура: <i>Android Studio</i> и <i>Visual Studio</i> , <i>ThingSpeak.com</i> веб сајт.	Основна програмерска знања (C#, Java, JavaScript) Бежична мобилна комуникација.
Примена IoT у е-здравству	Припремљен наставни материјал за теоријска предавања из Интернета интелигентних уређаја у е-здравству. Примери имплементације Интернета интелигентних уређаја у оквиру е-здравства. Примењени прототипи IoT у е-здравству. Инфраструктура: IoT уређаји (<i>Arduino</i> , <i>Raspberry Pi</i> , сензори, жице, и др.), <i>Arduino IDE</i> , <i>ThingSpeak.com</i> веб сајт.	Основна знања из технологија Интернета интелигентних уређаја. Основна програмерска знања (<i>Python</i>).
<i>Wearable computing у smart healthcare</i>	Наставни материјал за <i>wearables</i> . Примери примене IoT и <i>wearables</i> . Инфраструктура: IoT уређаји (сензори, <i>Arduino</i> , <i>Raspberry Pi</i> , <i>LilyPad</i> и друга потребна опрема).	Основне вештине из Интернета интелигентних уређаја.
Сервиси <i>smart healthcare</i> -а у паметним градовима	Примери примене сервиса <i>smart healthcare</i> у паметним градовима. Инфраструктура: <i>Microsoft Azure</i> , <i>IoT Elab</i> платформа или друга, <i>ThingSpeak.com</i> веб сајт.	Стечена знања из дизајнирања базе података, <i>SQL</i> . Основна програмерска знања (<i>Python/C#</i>).

Тема	Предуслови и вештине	
	Наставници	Студенти
<i>Gamification</i> у здравству	Припремљен наставни материјал за <i>gamification</i> у здравству.	Претходно стечена знања из области е-здравства и области <i>gamification</i> .
Области примене <i>smart healthcare</i>	Припремљен наставни материјал за теоријску наставу. Примери примене <i>smart healthcare</i> -а, студије случаја.	Стечена знања из е-здравства, сервиса у области <i>smart healthcare</i> и IoT
Рачунарство у облаку и <i>big data</i> у <i>smart healthcare</i>	Припремљен наставни материјал са примерима за теоријску наставу. Инфраструктура: IoT платформа (<i>Microsoft Azure, Elab IoT</i> платформа, или друга), <i>Big data</i> платформа и сервиси рачунарства у облаку (<i>HDInsight, Hadoop, Azure stream analytics</i>).	Стечена знања из дизајнирања базе података, <i>SQL</i> . Основна програмерска знања (<i>Python/C#</i>).
Примена друштвених мрежа у промоцији здравља	Припремљен наставни материјал из области примене друштвених мрежа у промоцији здравља. Студије случаја.	Претходно стечена знања из области е-пословања, е-маркетинга и е-здравства.
Регулатива и етика <i>smart healthcare</i>	Припремљен наставни материјал из области из законодавства и етике у области <i>smart healthcare</i> . Студије случаја.	Претходно стечена знања из области е-здравства и м-здравства.

На основу претходно изнетог, идеја интердисциплинарности је мапирана у предуслове и вештине, са очекивањем да ће студенти разумети, интегрисати и применити знања стечена кроз активности курса.

5 Имплементација и примена развијеног модела

5.1 Имплементација компоненти система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

5.1.1 Пројектни захтеви

Потребно је развити систем мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у за контролу стреса студената током одбране завршних радова, на Катедри за електронско пословање на Факултету организационих наука.

Пројектни захтев дефинише развој система који се састоји из апликације мобилног здравства и *wearable* уређаја. Апликација мобилног здравства треба да испоручи садржаје који делују опуштајуће (слике лепих предела, пријатна музика, смешне изјаве или слике, и слично). *Wearable* уређај треба да омогући праћење психофизичког стања корисника коришћењем сензора. Уређај треба да омогући несметано кретање корисника, треба да буде носив на телу, а батеријско напајање уређаја довољно за најмање један сат непрекидног мерења. Осим тога, потребно је имплементирати компоненте које интегришу поједине делове система, као што је приказано на Слици 6. Интеграција треба да се реализује помоћу веб сервиса. Веб сервис мобилног здравства треба да испоручују различите ресурсе ка корисницима система, као што су садржаји за опуштање и превентивне здравствене поруке. Осим тога, потребно је имплементирати сервисе који преузимају измерене сензорске податке са уређаја и преносе их до платформе за обраду и складиштење.

5.1.2 Имплементација *wearable* система

За имплементацију *wearable* система потребне су следеће компоненте: сензор за мерење пулса, микропроцесор који ће прихватати податке са сензора, микрорачунар и бежична интернет веза која омогућава слободно кретање корисника током различитих активности. Други део система, мобилна апликација за здравство са садржајима за релаксацију, може да буде инсталирана на било који

Android уређај који поседује бежичну везу ка интернету. Подаци се прослеђују на облак, где се врши аналитика и складиштење података. Историја прегледа садржаја са мобилне апликације се прати и чува у бази података у облаку. Измерене сензорске податке може да прати наставник на свом рачунару, мобилном уређају или таблети (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

Изазови који се јављају при изради и имплементацији *wearable* уређаја јесу робусност уређаја, поузданост и прецизност и дужина рада без поновног напајања. Дужи рад уређаја захтева већу робусност (јер је батерија већа), стога при одабиру комуникационих модула треба водити рачуна да они троше јако мало енергије, а да се подаци прослеђују у одређеним ширим временским интервалима ако је то могуће. Изглед самог носивог уређаја треба да је атрактиван и да не омета обављање свакодневних послова.

Комерцијална решења углавном задовољавају горе наведене захтеве. Једно од таквих комерцијалних решења је *Xiaomi Mi Band* (приказан на Слици 12), које је дизајнирано у виду наруквице и не омета корисника у вршењу свакодневних активности. Уређај поседује уграђену *Bluetooth* конекцију која омогућава комуникацију са одговарајућом мобилном апликацијом.



Слика 12. Комерцијална *wearable* наруквица *Xiaomi Mi Band 2* (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)

Као и већина комерцијалних решења, и ово решење нема отворен API, и стога је тешко програмабилан и прилагодљив потребама. Другим речима, не постоји могућност чувања измерених сензорских података у бази података ради праћења у реалном времену, нити анализе тих података и спровођења *biofeedback*-а или чак

интеграције са другим сервисима (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

Развијени *wearable* систем није у потпуности „носив“, као што су то комерцијална решења. Од комерцијалних решења се разликује по томе што пружа отворени API који омогућава прилагођавања тренутним потребама и интеграцију са другим постојећим системима, а у складу са тренутним потребама. На Слици 13 су приказане компоненте *wearable* система за мерење откуцаја срца.

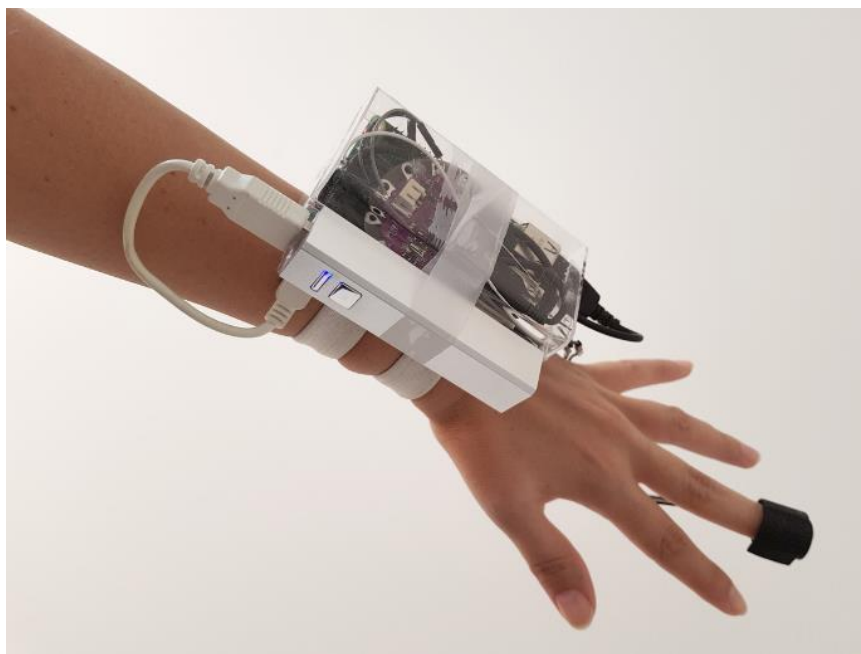


Слика 13. Шематски приказ компоненти *wearable* система за мерење откуцаја срца (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)

За израду система коришћен је сензор *Pulse sensor Amped*, који је *plug-and-play* сензор за мерење откуцаја срца за *Arduino*. У хардверском делу сензора уграђен је појачивач сигнала и коло за смањење буке (World Famous Electronics llc., 2017). Сензор може да буде спојен на напајање од 3V или 5V на *LilyPad Arduino*-у. Сензор мери откуцаје срца код корисника, а они су важан витални параметар који указује на узбуђење приликом изложености одређеној стресној ситуацији, односно стресорима. Технологија мерења се углавном заснива на два светлосна снопа различитих таласних дужина, усмерених на врх прста корисника. Јачина светлосног сигнала може да се измери помоћу фотосензитивног елемента (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

Са друге стране, сензор за мерење откуцаја срца је повезан са *Arduino Lily Pad* микроконтролером (*ATmega32U4*) и *Raspberry Pi* микрорачунаром. За повезивање микрорачунара *Raspberry Pi* и микроконтролера *Arduino Lily Pad* коришћен је USB кабл.

Цео систем је упакован у пластичну, провидну кутију, са две наруквице које омогућавају ношење уређаја на руци. Сензор је чичак-траком прикачен на прст корисника како би се смањила померања сензора и тиме постигла прецизнија мерења. На Слици 14 је приказан уређај на руци корисника, са повезаним сензором на средњем прсту леве руке.



Слика 14. Изглед уређаја на руци током евалуације (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

Веб сервис који комуницирају са *Arduino* микроконтролером и веб сервис који прослеђују сензорске податке до IoT платформе имплементирани су помоћу програмског језика *Python*.

У креираном прототипу, комуникациони слој се састоји из комуникационе и мрежне везе са Wi-Fi приступом интегрисане у уређај и уз подршку одговарајућег софтвера (Chen, Zhang, Li, Hassan, & Alamri, 2015).

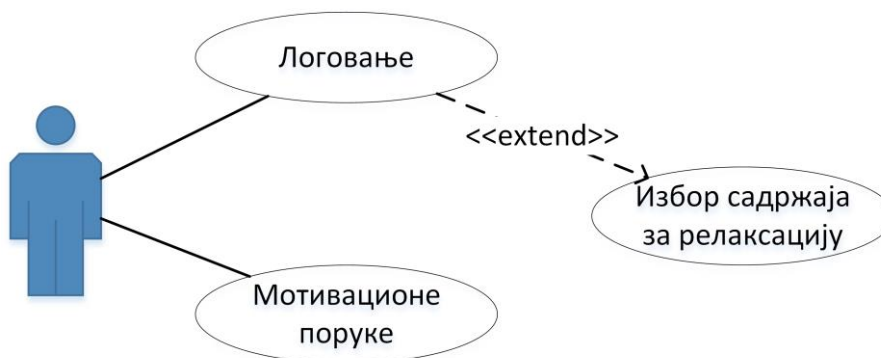
Измерени сензорски подаци се преносе до облака преко *Raspberry Pi* микрорачунара са придруженим Wi-Fi модулом (802.11b/g/n). Wi-Fi модул и мобилна апликација су спојени на локалну заштићену Wi-Fi мрежу (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Wearable уређај је снабдевен енергијом преко батерије *Power Bank*. Батерија је причвршћена за пластичну кутију уређаја. Напуњена батерија обезбеђује енергију за око 2 сата непрекидног рада уређаја (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

5.1.3 Имплементација система мобилног здравства

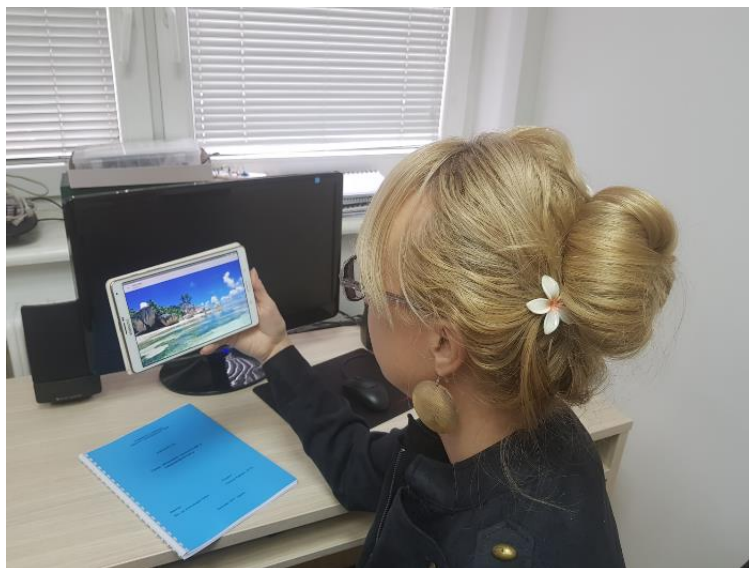
Android апликација са садржајима за релаксацију креирана је у програмском окружењу *Android Studio* 1.2.1, помоћу програмског језика *Java*. Садржаји који би требало да делују опуштајуће приликом слушања и гледања су: смешне сцене из света спорта, лепе фотографије природе, опуштајући звуци из природе или музика за опуштање (Alvarsson, Wiens, & Nilsson, 2010) (Wang, 2014). Фотографије су ауторске, а остали садржај је преузет са *YouTube* канала. Садржај који су корисници прегледали током одмора пре и после одбране завршних радова евидентиран је и сачуван у бази података у облаку, на *Microsoft Azure* платформи. Веб сервис за праћење активности корисника се позива из мобилне апликације након догађаја који означава напуштање екрана са одређеним садржајима (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Дијаграм случајева коришћења мобилне апликације је приказан на Слици 15.



Слика 15. Дијаграм случајева коришћења

На Слици 16 приказан је корисник у тренутку релаксације са мобилном апликацијом за здравство након одбране завршног рада.



Слика 16. Опустање уз мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

Мобилна апликација приступа удаљеним веб сервисима у облаку путем мобилног Wi-Fi приступа при чему се троши мало енергије што омогућава дуже коришћење уређаја (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

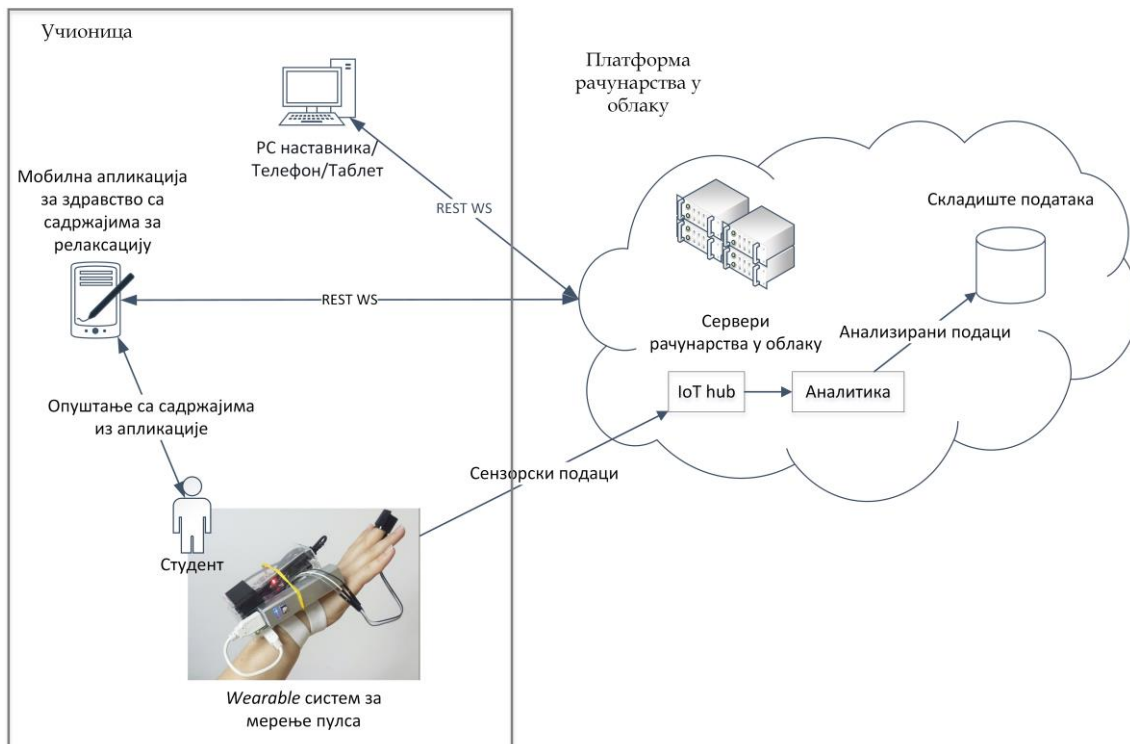
5.1.4 Интеграција система мобилног здравства са *wearable* системом

Обрада сензорских података и њихово чување обавља се на платформи рачунарства у облаку. Интеграција система мобилног здравства и *wearable* система реализована је путем веб сервиса на облаку. Измерене сензорске вредности се чувају у облаку у бази података. Веб сервисима који се позивају из мобилне апликације омогућен је приступ подацима и приказ на екрану мобилног телефона.

Веб сервиси за приказ вредности измерених виталних параметара или параметара из окружења су креирани у програмском окружењу *Visual Studio 2015*, помоћу

програмског језика C#. Веб сервис је постављен на *Azure* платформи као *Cloud service*.

На Слици 17 приказана је интеграција система мобилног здравства са *wearable* системом.



Слика 17. Интеграција система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у за контролу стреса и *wearable* система (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

Ради обезбеђивања приватности података и сигурног преноса од сервера до клијента, на *Microsoft Azure* платформи користе се различити криптографски протоколи. Овим се обезбеђује јака аутентикација, приватност порука и интегритет података.

5.1.5 Сервиси система за мобилно здравство

Сервисе система за мобилно здравство чине сервиси за контролу стреса и сервиси за испоруку превентивних порука. Сервиси за контролу стреса се односе на веб

сервисе или функције којима се преузимају садржаји за релаксацију и приказују на екрану мобилног уређаја.

Веб сервиси који су креирани у програмском окружењу *Visual Studio 2015*, помоћу програмског језика *C#*, постављени су на *Azure* платформу као *Cloud service*. На Слици 18 су приказани примери фотографија лепих предела из мобилне апликације.



Слика 18. Примери фотографија из природе који су део мобилне апликације за здравство са садржајима за релаксацију

Сервиси за испоруку превентивних порука су намењени за приказ одговарајућих, унапред припремљених препорука, упућених корисницима. Поруке које су припремљене су мотивационе природе и утичу на подизање самопоуздања код студената током одбране завршних радова. Неки од примера мотивационих порука су:

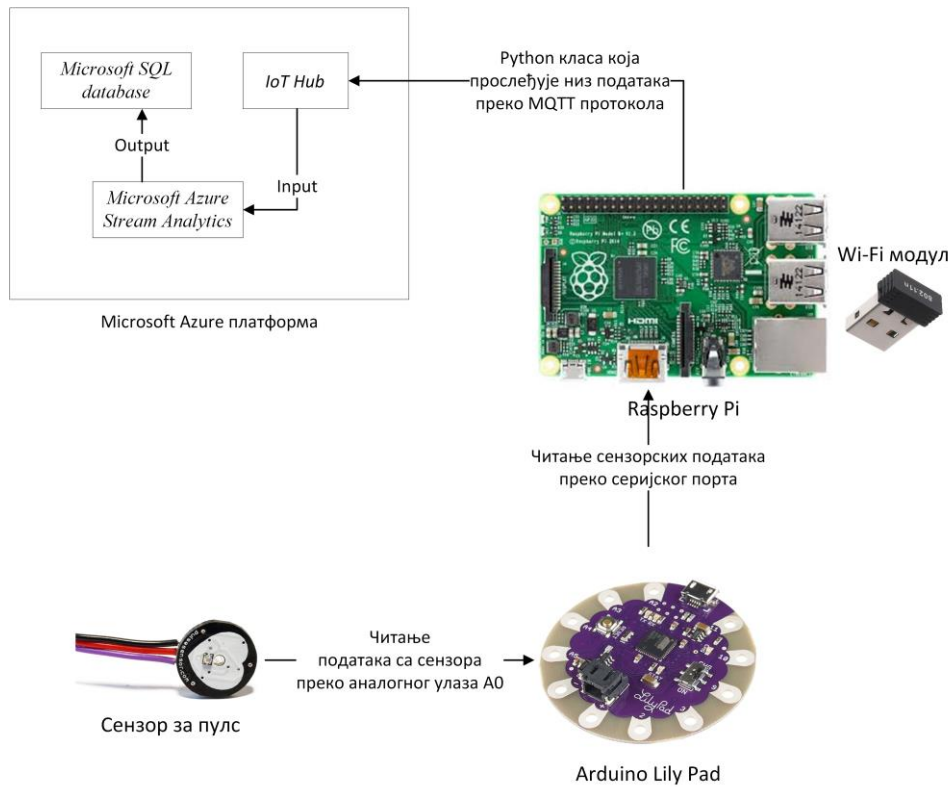
- Ја дишем смирено и дубоко на сваком тесту.
- Сигуран/а сам у своје знање.
- Образовање је битно за мене.

- Узбуђен/а сам и захвалан/а што имам могућност да учим.
- Размишљаам брзо, прецизно и сигурно.
- Ја сам самоуверен/а.
- Ја верујем у позитиван исход сваког мог учења.

5.1.6 Развој сервиса система базираног на *wearable computing*-у

Платформа рачунарства у облаку је коришћена за анализу и чување измерених сензорских података. Микрорачунар *Raspberry Pi* чита измерени сензорски податак преко серијског порта са *Arduino* микропроцесора. Уколико није дошло до грешке, *Raspberry Pi* прослеђује податак до *Microsoft Azure IoT Hub* платформе. Комуникација је имплементирана помоћу програмског језика *Python*. На Слици 19 је приказан концептуални модел размене података између компоненти система базираног на *wearable computing*-у.

Подаци добијени сензорским мерењем се анализирају помоћу алата *Microsoft Azure Stream Analytics*. Резултат упита алата *Stream Analytics job* су агрегирани подаци који се прослеђују и чувају у бази података у облаку, као што је приказано на Слици 20.



Слика 19. Концептуални модел система заснованог на *wearable computing*-у

Need help with your query? Check out some of the most common Stream Analytics query patterns [here](#).

```

1 SELECT
2   batchKey as BatchKey,
3   userID as UserID,
4   MAX(CAST([Time] AS datetime)) as Time,
5   AVG(Puls) as Puls
6 INTO
7   [OutSmartHealth]
8 FROM
9   [FromIoTHub]
10 GROUP BY
11   batchKey, userID,

```

Your query could be put in logs that are in a potentially different geography.
Missing some language constructs? [Let us know!](#) (Powered by [UserVoice](#) - [Privacy Policy](#))

Results

outsmarthealth

Generated the Following:

- outsmarthealth with 1 rows.

[Download results](#)

BATCHKEY	USERID	TIME	PULS
"Dev1"	"Ispitanik_01"	"2016-01-26T20:47:53.0000000"	65

Слика 20. Упит у алату *Stream Analytics job* и приказ резултата упита

5.2 Примена система за мобилно здравство засновано на *wearable computing-y*

Циљ евалуације рада јесте идентификација физиолошких сигнала индикативних за појаву стреса код студената током одбране завршних радова. Осим тога, циљ је испитивање утицаја мобилне апликације за здравство са садржајима за релаксацију на контролу стреса. Биће испитано и упоређено присуство стреса међу испитаницима који су користили мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију и онима који представљају контролну групу. Значајности у разлици измерених вредности би требало да укажу на то да се стрес код студената може контролисати садржајима за релаксацију, који се испоручују путем мобилне апликације за здравство (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018). Развијени систем је евалуиран на Катедри за електронско пословање, Факултета организационих наука Универзитета у Београду.

5.2.1 Методолошки поступак

Присуство стреса може да се идентификује мерењем различитих виталних параметара на телу корисника, као и мерењем параметара окружења који могу бити стресори. Осим са спољашњим утицајима, са емоционалним стањем студената могу да се повежу и физички покрети у току праћења наставе или учења (Dragon, et al., 2008). Многа досадашња истраживања су се бавила идентификацијом стресора помоћу различитих сензора, а чешће и комбинацијом различитих сензора (Rodic Trmcic, Labus, & Radenkovic, 2016). За идентификацију психофизиолошких сигнала који су показатељи стреса у развијеном систему користио се сензор за пулс.

За контролу стреса коришћена је мобилна апликација за здравство са садржајима за релаксацију. Садржаји за релаксацију би требало да имају утицај на опуштање и смањење узбуђења или анксиозности код студената током одбране завршних радова.

5.2.2 Инструменти

У циљу реализације евалуације састављен је инструмент – анкетни упитник. Упитник није био анониман. Упитник чине питања номиналног типа, којима се испитују демографски подаци, а испитаници су га попуњавали пре прве фазе тестирања.

Процена нивоа анксиозности је извршена кроз све три фазе тестирања: пре тестирања, након одбране радова и након последње фазе тестирања. За процену је коришћен тест *Spielberger's Test Anxiety Inventory* (STAI) (Spielberger, 1980).

Тест је самоописни инструмент за мерење нивоа анксиозности и састоји се из 20 питања. Одговори су понуђени у форми четворо-ступене Ликертове скале, и то: 4 – јако много, 3 – умерено, 2 – мало, 1 – не, уопште. Бирајући одговор на скали, испитаници су изражавали слагање са датим изјавама у датом тренутку. Инструмент се односио на тренутно стање, а не на претходни период. Добијени скор са теста указује на ниво анксиозности према следећим категоријама: низак ниво (од 20 до 40), умерен ниво (од 41 до 50) и висок ниво (од 51 до 80) (Ping, Subramaniam, & Krishnaswamy, 2008) (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

5.2.3 Испитаници

Узорак су чинили студенти Факултета организационих наука, Универзитета у Београду, одсек Информациони системи и технологије. Сви испитаници имају претходно стечена теоријска и практична знања из електронског пословања, интернет технологија, мобилних технологија и Интернета интелигентних уређаја и већ су имали искуства у коришћењу сензора и *wearable* уређаја.

У евалуацији је учествовало и успешно је завршило 26 студената. Студенти су подељени на експерименталну (13) и контролну (13) групу методом случајног избора. Сви учесници су на почетку били упознати са сврхом и протоколом тестирања и потписали су пристанак за учествовање у експерименту (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018). Експеримент је изведен праћењем и поређењем резултата две групе. Испитаници

експерименталне групе су током тестирања користили мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију, пре и после одбране завршних радова, док су испитаници контролне групе проводили време обављајући уобичајене активности. У Табели 5 је приказана дескриптивна статистика узорка (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Табела 5. Дескриптивна статистика узорка (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

Карактеристика	Градација	Учесталост	Процент (%)
Пол	Мушко	10	38
	Женско	16	62
Пушач	Да	2	8
	Не	24	92
Физичка активност	Редовно	12	46
	Повремено	12	46
	Никад	2	8
Има посао	Да	14	54
	Не	12	46

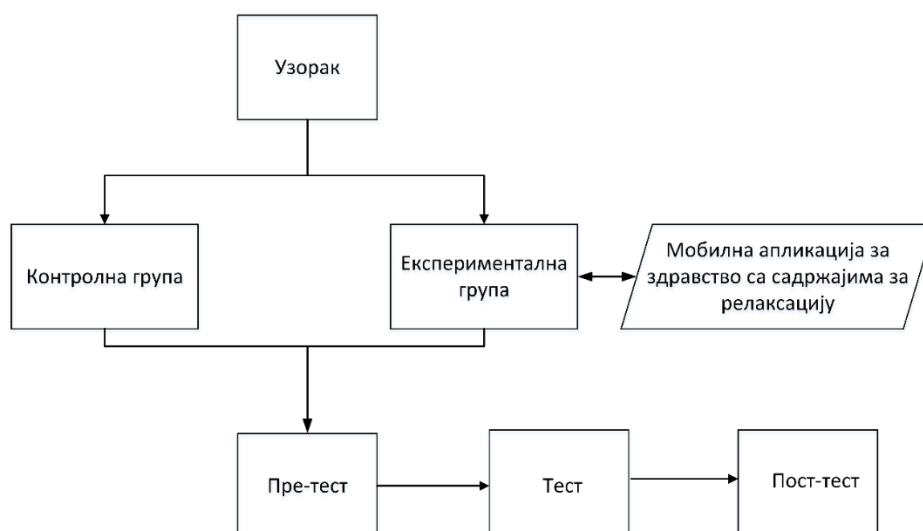
Учесници су били старости између 23 и 30 година. Постоје истраживања која потврђују да ризична понашања (пушење цигарета, недостатак физичке активности и сл.) утичу на повећање нивоа стреса код студената (Kwan, Arbour-Nicitopoulos, Duku, & Faulkner, 2016). Већина испитаника из узорка су редовно или повремено физички активни (неколико пута недељно, најмање пола сата) и нису пушачи. Половина испитаника има посао.

5.2.4 Дизајн експеримента

Узорак је подељен у две групе: експерименталну и контролну. За сваког учесника експериментална сесија је трајала око 45 минута. По доласку, испитаник је смештен у пријатну учионицу, након чега му је на руку постављен *wearable* систем. Сензор за мерење откуцаја срца је постављен на средњи прст леве руке. На десној руци испитаници нису носили уређаје, па је рука била слободна за писање (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

На почетку, испитаници су попунили општи упитник, STAI тест и потписали сагласност за учешће у тестирању. Након попуњавања упитника, испитаници из експерименталне групе добили су таблет са унапред инсталираном *Android* апликацијом за здравство са садржајима за релаксацију и кратким усменим упутствима о томе како је користити. Потом је учесник пријављен јединственим корисничким именом преко апликације. Време проведено на различитим садржајима мобилне апликације је праћено и ускладиштено у бази података у облаку. Сваки испитаник се одмарао пре и после одбране завршног рада по 15 минута уз садржаје за релаксацију преко мобилне апликације (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

Поред тога, од почетка прве фазе тестирања мерене су вредности откуцаја срца испитаника. Испитаници из контролне групе имали су исту процедуру, осим што су се опуштали без мобилне апликације за здравство са садржајима за релаксацију. Шема експерименталног протокола приказана је на Слици 21 (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).



Слика 21. Протокол и фазе тестирања (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)

5.2.5 Статистичка анализа

Измерени подаци са сензора за мерење откуцаја срца су упросечени за сваку од три фазе тестирања. Дакле, добијене су по три просечне вредности пулса за сваког испитаника. За даљу анализу, израчуната је разлика укупних појединачних просечних вредности између две фазе испитаника, нпр. разлика просечних вредности на пре-тесту и просечних вредности на пост-тесту, чиме је одређена разлика између ове две фазе тестирања (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Подаци су анализирани уз помоћ софтверског пакета SPSS (v20.0). За све анализе, узет је ниво статистичке значајности од $p \leq 0.05$ или $p \leq 0.001$.

У првом кораку, тестирана је разлика између појава стреса изражена кроз промене пулса код студената кроз све три фазе тестирања: пре-тест, тест и пост-тест. Разлике између две фазе мерења, без обзира на групу, тестиране су *Wilcoxon* тестом суме рангова. У другом кораку тестиране су статистичке разлике пулса између контролне и експерименталне групе кроз три фазе. У ту сврху коришћен је *Student T*-тест. Код тестирања расподеле података коришћен је *Shapiro-Wilk* тест, а *Levene* тест за једнакост варијанси. У случају да расподела није нормална или није испуњен услов за једнакост варијанси, подаци су тестирани *Mann-Whitney U* тестом (Saperova & Dimitriev, 2014) (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

5.3 Анализа резултата примене система за мобилно здравство заснованог на *wearable computing*-у

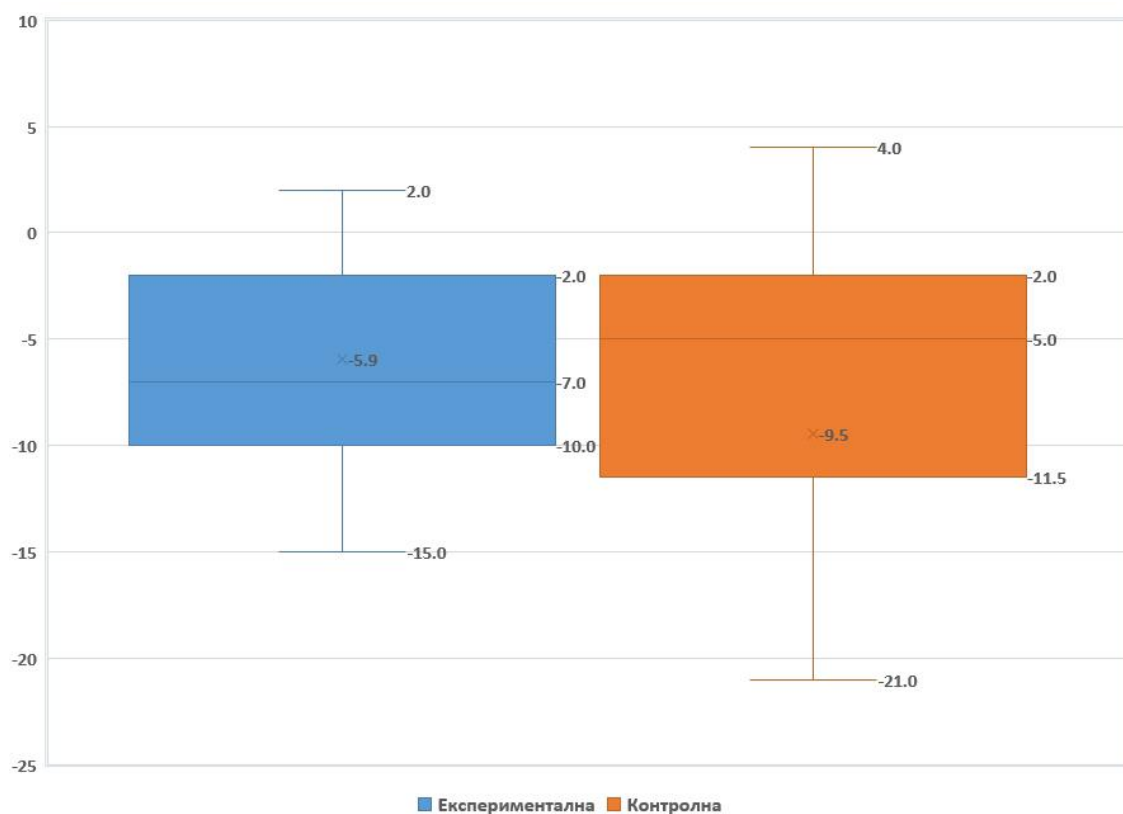
5.3.1 Стрес код студената током тестирања

Испитали смо да ли постоји статистички значајна разлика у измереном пулсу код студената између фазе пре-теста и фазе теста у којој су студенти бранили завршне радове. Резултати показују да је вредност пулса током фазе теста статистички значајно већа ($Z=-2.66$, $p<0.05$) у односу на фазу пре-теста, што је и било

очекивано с обзиром да је одбрана завршних радова стресан догађај (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Очекивано је било да ће се повећани стрес код студената током пре-тест фазе и фазе теста, смањити у току пост-тест фазе, с обзиром на то да је завршен стресан догађај. Постоји јака статистичка значајност смањења вредности пулса током пост-фазе у односу на пре-тест фазу ($Z=-3.92$, $p<0.001$), као и у односу на тест фазу ($Z=-4.01$, $p<0.001$) (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Пост-тест фаза може да се посматра као фаза у којој су испитаници били опуштенији и са мање стреса у односу на остале фазе. На Слици 22 је приказана дистрибуција упросечених вредности пулса између пре-тест и пост-тест фазе међу испитаницима експерименталне и контролне групе.



Слика 22. Дистрибуција разлика измерених упросечених вредности пулса између пре-тест фазе и пост-тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

Средња вредност (приказана као вертикална линија на правоугаонику) је већа у контролној групи (-9.46) у односу на експерименталну групу (-5.92) (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

5.3.2 Управљање стресом у експерименталној и контролној групи током тестирања

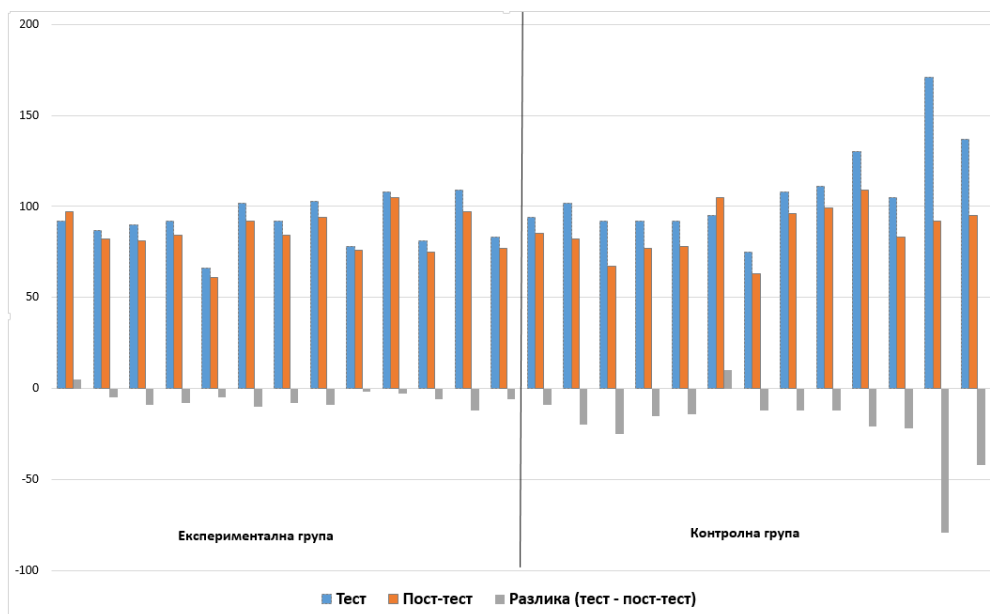
Постоји статистички значајна разлика ($t_{(24)}=-3.72$, $p<0.05$) у присуству стреса код студената током пре-тест и тест фазе, посматрана као разлика у измереним вредностима пулса, између контролне и експерименталне групе. Студенти експерименталне групе су користили мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију током пре-тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Резултати указују на то да је стрес код студената из експерименталне групе нижи у односу на контролну групу, вероватно због утицаја опуштајућих садржаја из апликације уз коју су се опуштали током пре-тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Такође, постоји јака статистичка значајност у разлици (Mann–Whitney $U=17.5$, $p<0.05$) у вредностима пулса између тест и пост-тест фазе, између контролне и експерименталне групе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

Дистрибуција просечних вредности пулса између ове две фазе је приказана на Слици 23.

Вредности пулса, приказане као разлика између тест и пост-тест фазе, код експерименталне групе не показују већа одступања, као што је то случај код контролне групе (одступања су на графикону приказана као разлика). Већа девијација, приказана као разлика, указује на већи стрес током тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).



Слика 23. Дистрибуција упросечених вредности пулса током фазе тестирања и пост-тест фазе и разлике међу фазама у експерименталној и контролној групи (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

С обзиром на то да су студенти из експерименталне групе користили мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију током пост-тест фазе, то може да служи као објашњење за значајну разлику у појави стреса између две посматране групе студената.

Вредности пулса код студената су биле значајно ниже у пост-тест фази у односу на пре-тест фазу, али не постоји статистичка значајност разлике у вредностима пулса између контролне и експерименталне групе. У обе групе, вредности пулса су смањене у пост-тест фази, без обзира на опуштајуће садржаје из мобилне апликације за здравство коришћене током пре-тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018).

У Табели 6 је дат приказ просечног времена које су студенти провели на различитим садржајима за релаксацију у оквиру мобилне апликације за здравство. Пре и након одбране завршних радова, студенти су највише времена провели гледајући видео-клипове смешних сцена из света спорта. На истом садржају је било и најдуже просечно задржавање, а нешто краће просечно задржавање је било

на слушању SPA музике (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zratic, & Radenkovic, 2018).

Табела 6. Дистрибуција времена проведеног на различитим садржајима за релаксацију преко мобилне апликације за здравство (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zratic, & Radenkovic, 2018)

Садржај	Укупно време проведено на садржају (hh:mm:ss)	Просечно време на садржају (hh:mm:ss)
„Смешна страна спорта“	05:46:18	00:06:56
SPA музика	04:10:21	00:04:49
Фотографије природе	03:02:31	00:04:21

5.3.3 Резултати STAI теста

У Табели 7 је приказана дистрибуција резултата STAI теста студената из контролне и експерименталне групе.

Готово 20% студената има умерену анксиозност у пре-тест фази, односно у тренутку пре одбране завршног рада. Након тест фазе, само 11.5% испитаника има умерену анксиозност, док у последњој фази, након релаксације, само 1 испитаник (3.8%) има умерену анксиозност.

Анксиозност је присутнија у контролној него у експерименталној групи студената. Висока анксиозност је била присутна у пре-тест и тест фази код 3.8% испитаника контролне групе, док у експерименталној групи није било високе анксиозности (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zratic, & Radenkovic, 2018).

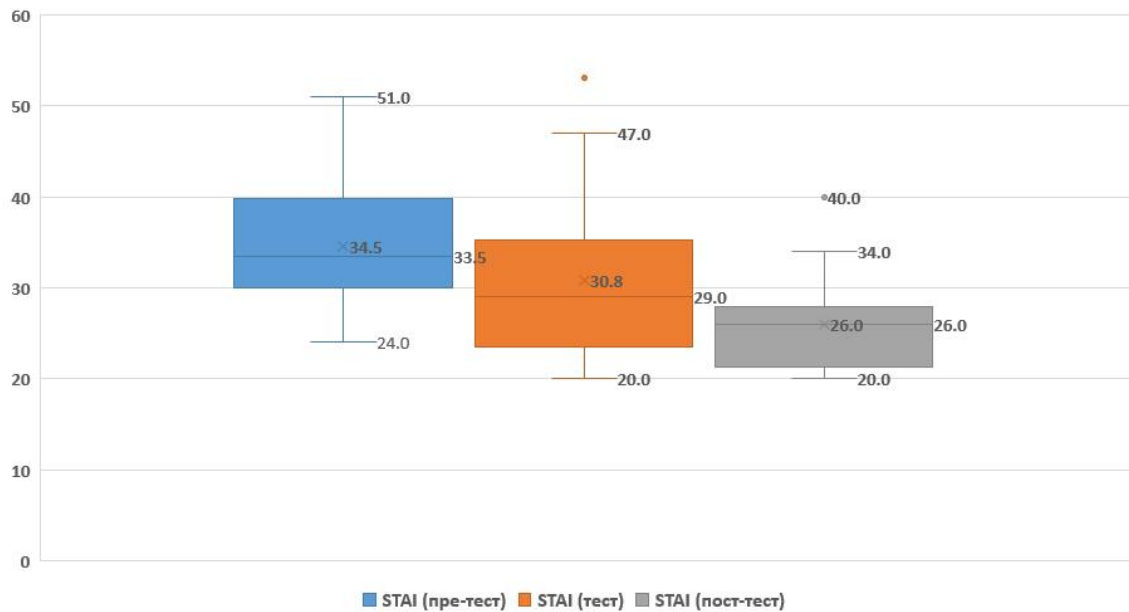
Табела 7. Дистрибуција испитаника према резултатима STAI теста (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)

Фаза теста/Група	Ниво анксиозности		
	Низак	Умерен	Висок
Пре-тест – укупно	20	5	1
Експериментална	12	1	0
Контролна	8	4	0
Тест – укупно	22	3	1
Експериментална	12	1	0
Контролна	10	2	1
Пост-тест – укупно	25	1	0
Експериментална	12	1	0
Контролна	13	0	0

Постоји статистички значајно смањење STAI скорa у пре-тест фази у односу на STAI скор у пост-тест фази ($Z=-3.902$, $p<0.001$). Такође, STAI скор у пост-тест фази нижи је од STAI скорa у тест фази ($Z=-3.137$, $p<0.05$), али нема статистичке значајности у разликама STAI скорова између пре-тест и тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

На Слици 24 је приказана дистрибуција STAI скорова у пре-тест, тест и пост-тест фази тестирања. Медијана STAI скорова (приказана као хоризонтална линија на правоугаонику) и средња вредност (знак X у правоугаонику) највеће су у пре-тест фази и најмање у пост-тест фази (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).

Није утврђена корелација између резултата STAI теста и измерених вредности пулса кроз све три фазе. Ниска анксиозност код испитаника током одбране завршних радова може да буде објашњена субјективним одговорима на STAI тесту, јер тест није био анониман, или чињеницом да су се студенти добро припремили и да су се осећали пријатно међу својим професорима и асистентима (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018).



Слика 24. Дистрибуција скорова STAI теста током три фазе тестирања (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)

5.4 Евалуација образовне компоненте модела

5.4.1 Примена образовне компоненте модела

Образовна компонента модела развијена је и примењена у оквиру курса *Smart healthcare*. Курс је спроведен на Катедри за електронско пословање на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду, на завршној години основних академских студија. Као подршка курсу, коришћен је *Moodle*, систем за електронско учење (Cole & Foster, 2007) (Despotović-Zrakić, Simić, Labus, Milić, & Jovanić, 2013). Курс је трајао 45 дана.

Предмет су слушали студенти одсека Информациони системи и технологије, који су претходно одслушали предмете Електронско пословање, Интернет технологије, Мобилно пословање, Интернет интелигентних уређаја и Софтверско инжењерство. Студенти су стекли знања из наведених предмета. У циљу остварења задатих циљева предмета, студенти су слушали теоријску наставу и похађали практичне вежбе. Теоријска настава покрива области и теме наведене у

Табели 3. Курс је обухватао 4 лабораторијске практичне вежбе (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017):

- IoT систем за *smart healthcare*.
- Мобилне апликације за здравство.
- *Wearable computing* у *smart healthcare*.
- Рачунарство у облаку и *big data* у *smart healthcare*.

Практичне вежбе су реализоване у групама од по 4-5 студената. Кроз наредне поднасловне дат је опис практичних вежби.

A. IoT систем за *smart healthcare*

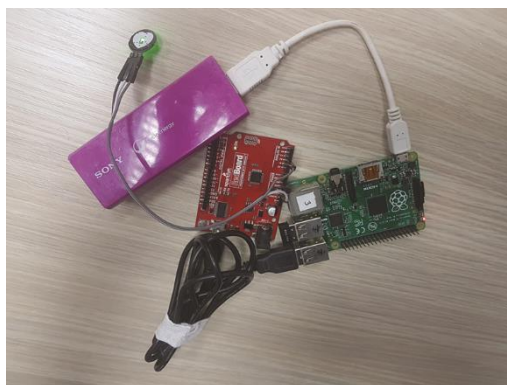
Циљ ове практичне вежбе био је стицање вештина за дизајнирање IoT система, као и стицање вештина на програмским језицима потребним за програмирање паметних уређаја за здравство. Задатак студентима је био имплементација IoT система за управљање стресом. Предложено техничко решење требало је да врши мерења проводљивости коже или пулса у одређеним временским интервалима (1-2 секунде). Податке је требало путем REST веб сервиса пренети на IoT платформу и приказати графички (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Практични рад обављен је кроз следеће фазе (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017):

- Дизајнирање прототипа.
- Креирање налога на *ThingSpeak IoT* платформи (The MathWorks, Inc., 2017).
- Жично повезивање компоненти система.
- Програмирање *Arduino* скрипта у *Arduino IDE* окружењу ради читања података са сензора.
- Писање *Python* скрипте ради читања и прослеђивања података на *ThingSpeak IoT* платформу.
- Тестирање прототипа у реалном окружењу.

Први део практичне вежбе обухватао је израду прототипа. *Fritzing* алат (Fritzing, 2017) је коришћен за израду схематског дијаграма прототипа IoT система. Систем је имплементиран помоћу сензора за мерење откуцаја срца, GSR сензора, микропроцесора *Arduino* и микрорачунара *Raspberry Pi*.

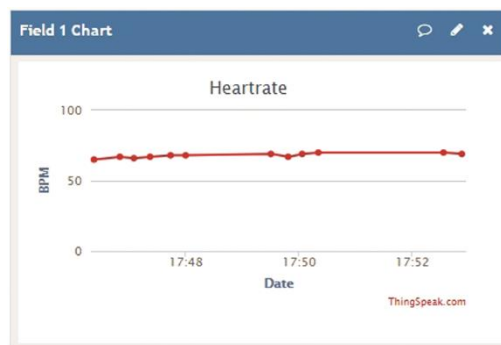
На Слици 25 је приказан прототип IoT система са сензором за мерење откуцаја срца, који је развио тим студената.



Слика 25. IoT прототип са сензором за мерење пулса који је развијен у оквиру Лабораторије за електронско пословање (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)

Софтвер је имплементиран помоћу програмског језика *Python*. У креираном прототипу, комуникација је успостављена преко Wi-Fi модула. Мерење срчаних откуцаја и проводљивости коже мерено је коришћењем сензора за мерење откуцаја срца, односно сензора за мерење проводљивости коже (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Raspberry Pi има задатак да преко серијског порта *Arduino* микроконтролера прочита податке, и уколико није забележена грешка, да те вредности упише у *MySQL* базу података на локалном серверу микрорачунара. Након тога, веб сервис на *Raspberry Pi* прослеђује податке на *ThingSpeak IoT* платформу. На *ThingSpeak IoT* платформи се исцртава графикон у реалном времену на основу прослеђених података. Слика 26 приказује графикон са *ThingSpeak IoT* платформе (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).



Слика 26. Измерени подаци су приказани на *ThingSpeak IoT* платформи (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)

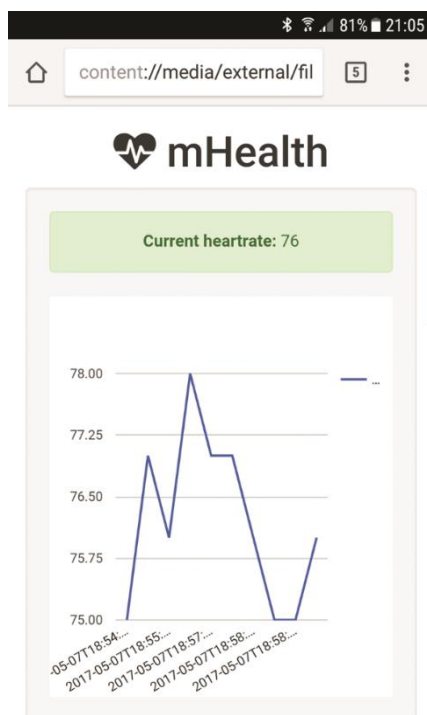
В. Мобилна апликација за здравство

На овој практичној вежби, студенти су добили задатак да развију мобилну апликацију за здравство. Један од изазова је био проналажење начина повезивања крајњег уређаја (мобилни телефон, таблет, PDA, итд.) са измереним сензорским подацима и приказ података у реалном времену. Потребно је било повезати мобилну апликацију са IoT платформом и обезбедити следеће функционалности: измерену вредност приказати у реалном времену и графички приказ последњих *n*-вредности (линијски графикон) (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Задатак се састојао из следећих корака (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- Развој мобилне апликације за здравство.
- Повезивање са IoT платформом.
- Евалуација система у реалном окружењу.

Слика 27 приказује екран мобилне веб апликације коју је развио тим студената. Апликација је имплементирана помоћу *JavaScript* програмског језика. Вредности пулса и GSR вредности, измерене и прослеђене на *ThingSpeak* платформу, налазе се у JSON формату. На основу добијених вредности, исцртан је графикон са измереним вредностима пулса или GSR вредностима, као што је приказано на Слици 26 (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).



Слика 27. Приказ сензорских података на клијентском мобилном уређају (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)

За приказ графикана на екрану коришћен је *Google Visualization API* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Последњи корак практичне вежбе био је тестирање и евалуација прототипа. Евалуацију је урадио тим студената који су учествовали у овом практичном задатку. Сваки члан тима користио је сопствени мобилни уређај да прати измерене вредности пулса и GSR вредности.

C. Wearable computing у smart healthcare

Сврха ове практичне вежбе је била упознавање студената са *wearable computing*-ом, технологијама и уређајима потребним за развој *wearables*. Практични задатак за студенте био је дизајнирање *wearable* решења за мерење пулса. Било је потребно тестирати и евалуирати развијени прототип од стране корисника који обављају две различите физичке активности (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Практичне вежбе извођене су кроз следеће кораке (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- Жично повезивање и умрежавање компоненти и уређаја прототипа.
- Учитавање библиотеке за читање података са сензора (*PulsSensor Amped Arduino*) у *Arduino IDE* платформу.
- Анализа и прилагођавање програмског кода библиотеке.
- Тестирање и евалуација система у реалном окружењу.

Финални *wearable* је била марама са уграђеним паметним уређајима која омогућава мерење пулса.

Студенти су, у овом пројектном задатку користили: сензор за пулс, *Arduino Lily Pad* (ATMega32U4), држач за батерију, кондуктивна влакна, *USB* мини кабл 5b и жице за повезивање. Напајање уређаја је обезбеђено преко батерије од 3.3V или путем *USB* кабла и рачунара. Кондуктивним влакнима и иглом су ушиване одговарајуће компоненте на платно, а коначан изглед мараме са ушивеним компонентама је приказан на Слици 28.

Измерени сензорски подаци су праћени преко серијског монитора и плотера, опција које омогућава окружење *Arduino IDE* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Wearable систем у виду мараме је тестиран на једном учеснику из сваког тима. Мерене су и анализиране промене пулса и разлике између стања мировања и оног током обављања физичке активности (чучњева) (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).



Слика 28. Повезане компоненте Интернета интелигентних уређаја и коначан изглед *wearable*-мараме (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017)

D. Рачунарство у облаку и *big data* у области *smart healthcare*

Сврха ове практичне вежбе је била следећа: 1) да пружи студентима увид у пословне и техничке могућности рачунарства у облаку у области *smart healthcare*, и 2) да обезбеди студентима основна знања из аналитике података у области здравства. Кроз ову практичну вежбу, задатак за студенте је био да креирају систем за анализу података добијених путем софтвера за симулацију сензорских података (релативна влажност ваздуха и температура). Податке је требало чувати у облаку (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Ова практична вежба је реализована кроз следеће активности (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- Развој једноставне апликације за симулацију измерених сензорских података.
- Креирање базе података у облаку.
- Развој сервиса за повезивање IoT уређаја и анализу података у облаку.
- Регистрација IoT уређаја на IoT платформи.
- Тестирање система.

На почетку, студенти су развили апликацију (*Windows Console Application*) за симулацију сензорских података, користећи програмски језик C#. Студентима су биле на располагању детаљне инструкције за писање кода. Током друге фазе, креиран је сервер и *MSSQL* база података у облаку. У ту сврху коришћена је *Microsoft Azure* платформа. Симулирани сензорски подаци су прослеђивани на *IoT Hub*, на *Microsoft Azure* платформи, а потом је вршена анализа података уз помоћ алата *Microsoft Azure Stream Analytics*. Резултат процеса анализе података био је низ агрегираних података који су сачувани у бази података (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

IoT уређаји су регистровани на *IoT Hub*, на *Microsoft Azure* платформу помоћу *Azure IoT SDK*, односно софтвера *Device Explorer*. Софтвер за симулацију измерених сензорских података је генерисао податке за влажност и температуру ваздуха у одређеним временским интервалима, а потом је одређен интервал за који ће бити извршена агрегација података и чување агрегираног податка у бази у облаку (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

5.4.2 Анализа резултата

Евалуација и процена квалитета курса је реализована са два аспекта. Први аспект се односио на напредовање студената кроз области курса, утиске и ставове студената у вези са курсом који су похађали. С обзиром да курс укључује теме које припадају различитим дисциплинама, другим аспектом евалуације се процењивао квалитет садржаја курса са аспекта интердисциплинарности.

Параметри који су прикупљани током трајања курса би требало да укажу на то да ли су остварени очекивани исходи курса (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Циљеви евалуације и процене квалитета су добијање одговора на следећа питања (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017):

- Да ли су постигнути очекивани исходи курса?
- Колики су напредак студенти постигли у стицању знања, какви су њихови утисци и ставови по питању садржаја и изгледа курса?
- Да ли је адекватан квалитет садржаја курса са аспекта интердисциплинарности, с обзиром на природу области која се изучава?

А. Испитаници

За учествовање у реализацији курса позвано је 35 студената, од чега је 31 студент успешно завршио курс. Курс су похађали студенти четврте године, са студијског програма Информациони системи и технологије. Сви учесници су претходно одслушали теоријска предавања и завршили практичне вежбе из предмета Електронско пословање, Интернет технологије, Мобилне технологије, Интернет интелигентних уређаја и Програмски језици. Тиме су стекли потребна предзнања из области које су им потребне како би са разумевањем похађали курс. Основни демографски подаци испитаника су представљени у Табели 8 (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Табела 8. Демографски подаци испитаника (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)

Пол	Мушко	16
	Женско	15
Просечна оцена [6-10]	<7.5	1
	7.5-9	24
	>9	6

Већина испитаника је имала мање од 25 година. Просечна оцена током студија је била између 7.5 и 9.0, а чак петина студената има просечну оцену изнад 9.0.

В. Дизајн и инструменти

У циљу евалуације и анализе исхода курса коришћен је пре-тест и пост-тест за проверу знања. Пре-тестирање је обављено на почетку курса, а пост-тестирање на крају курса. Оба теста су садржала по 20 питања са вишеструким понуђеним одговорима. Свако питање је бодовано истим бројем бодова. Тест је креиран по узору на тестове из предмета у оквиру Катедре које решавају студенти. Питања у оквиру пре-теста и пост-теста су била из истих категорија и области курса. Тачни одговори су бодовани скалом од 0 до 20 бодова (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Поред тога, коришћени су различити алати за процену знања, утисака и ставова студената. Након завршетка практичних вежби, студенти су решавали два онлајн теста. Тестовима је утврђиван ниво знања код студената из области коју су практично завршили.

Процена нивоа знања код студената је утврђена тестовима из области које покривају реализоване четири практичне вежбе: IoT у *smart healthcare*, мобилна апликација за здравство, *wearable computing* у области *smart healthcare* и рачунарство у облаку и *big data* у области *smart healthcare* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Први тест се односио на развој мобилне апликације за здравство и IoT у области *smart healthcare*. Други тест се односио на област *wearable computing-a*, рачунарства у облаку и *big data* у области *smart healthcare*. Тестови су се састојали од по 10 питања са понуђеним вишеструким одговорима (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Утисци и ставови студената у вези са садржајем и изгледом курса процењивани су помоћу онлајн упитника. Упитник је базиран на USE упитнику (Lund, 2001). Помоћу четири групе питања процењени су утисци и ставови студената о свакој појединачној практичној вежби, односно областима које покрива: општи ставови, лакоћа коришћења, могућност стицања знања и садржај практичне вежбе (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

За израду онлајн упитника коришћен је *KwikSurveys*, бесплатан алат за израду онлајн упитника (KwikSurveys, 2017).

Moodle, систем за електронско учење, коришћен је за креирање тестова и прикупљање података током евалуације и процене квалитета курса (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

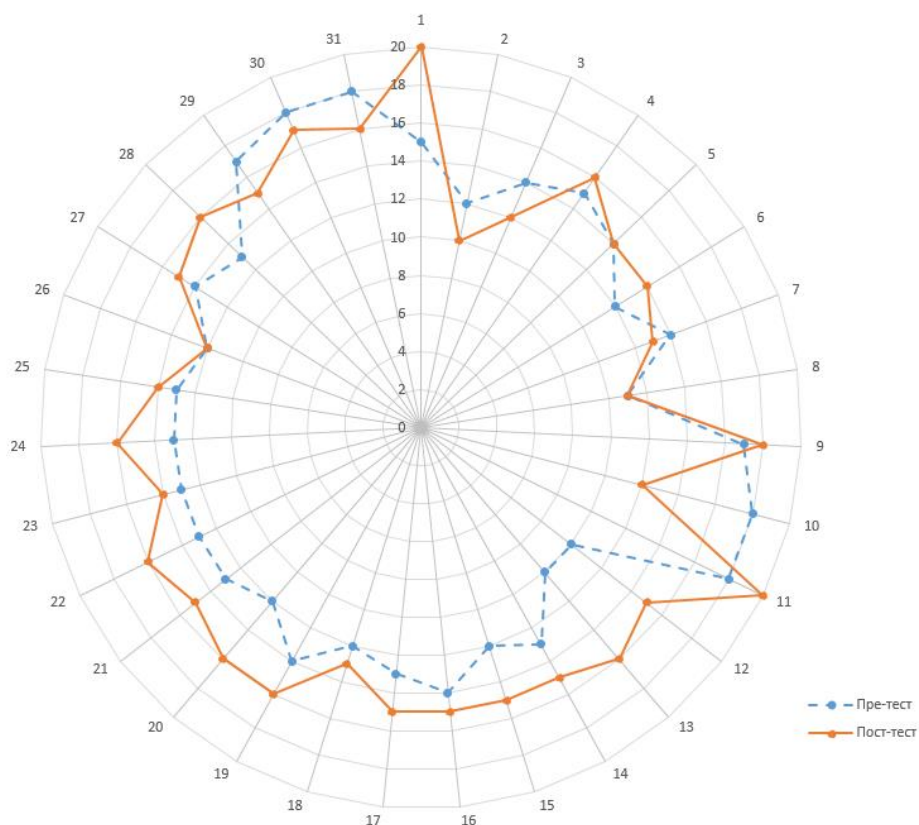
С. Исходи учења

Као део процеса евалуације извршена је анализа исхода учења имплементираниог курса.

Просечан скор на пре-тесту који су остварили студенти је износио 13.77, од могућих 20 поена, са стандардном девијацијом од 2.28, 95% интервал поверења. Просечан скор на пост-тесту који су остварили студенти износио је 14.90 од могућих 20 поена, са стандардном девијацијом од 2.24, 95% интервал поверења (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

У циљу поређења резултата пре-теста и пост-теста коришћен је т-тест за зависне узорке. Т-тест за зависне узорке показује да постоји разлика у резултатима на пре-тесту и пост-тесту и да је та разлика статистички значајна ($t(31)=2.542$, $p<0.05$). Резултат теста указује на то да је спроведени курс утицао на повећање нивоа знања код студената, на шта указује разлика у скору на пост-тесту у односу на скор пре-теста (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

На Слици 29 приказана је фреквенција остварених бодова на пре-тесту и пост-тесту код испитаника (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).



Слика 29. Фреквенца поена које су остварили студенти на пре-тесту и пост-тесту (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)

Напредовање у стицању знања студената током курса је праћено помоћу два теста: првог - којим су обухваћене области мобилних апликација за здравство и IoT у области *smart healthcare* и другог теста - који укључује области *wearable computing*, рачунарство у облаку и *big data* у области *smart healthcare* (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Први тест је спроведен након прве трећине реализације курса, а други након друге трећине курса. Просечна оцена првог теста износила је 6.92 од могућих 10.0 поена, са стандардном девијацијом од 1.78. Просечна оцена на другом тесту износила је 8.64 од могућих 10.0 поена, са стандардном девијацијом од 1.60. Студенти су постигли лошије резултате на првом тесту иако тест обухвата области из којих су студенти имали предзнања. С обзиром на висок скор студената на пред-тесту, студенти показују висок ниво теоријских предзнања из

ових области, али им недостаје практично знање, на шта и имплицирају резултати првог теста (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

D. Утисци и ставови студената

Резултати који се односе на ставове и утиске студената, које су стекли током практичних вежби за време курса, приказани су у Табели 9.

Табела 9. Резултати евалуације ставова и утисака студената које су стекли током практичних вежби у оквиру курса *Smart healthcare* (\bar{X} - просечна оцена од 1 до 5; δ – стандардна девијација, оцене: У потпуности се слажем – 5; слажем се – 4; нисам сигуран/на – 3; не слажем се – 2; у потпуности се не слажем - 1) (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017)

Питања	Мобилна апликација за здравство		IoT у области <i>smart healthcare</i>		<i>Wearable computing</i> у области <i>smart healthcare</i>		Рачунарство у облаку и <i>big data</i> у области <i>smart healthcare</i>	
	\bar{X}	δ	\bar{X}	δ	\bar{X}	δ	\bar{X}	δ
Питања која се односе на развијена решења кроз практичне вежбе								
Развијено решење је корисно	4.54	0.61	4.54	0.51	4.51	0.51	4.46	0.56
Решење може бити примењено у пракси	4.54	0.61	4.40	0.55	4.34	0.59	4.37	0.60
Примена овог решења може повећати ефикасност здравственог система	4.60	0.55	4.60	0.50	4.23	0.55	4.29	0.57
Стичу се и унапређују знања из области које су обухваћене практичном вежбом	4.37	0.73	4.46	0.56	4.29	0.62	4.17	0.45
Питања која се односе на једноставност коришћења								
Повезивање уређаја/компоненти у задатку је једноставно	3.57	0.65	3.89	0.63	3.86	0.77	4.00	0.64
Уређаји/компоненте из задатка су лаки за коришћење	3.51	0.61	3.91	0.51	4.09	0.70	3.97	0.75
Решавање задатка захтева мали број корака	3.37	0.65	3.46	0.74	3.37	0.81	3.34	0.76
Задатак се може решити без писаних инструкција	2.71	1.02	2.80	0.99	3.14	1.14	3.03	0.95
За решавање задатка је потребна помоћ асистента	3.91	0.78	4.06	0.48	4.06	0.76	3.91	0.78

	Мобилна апликација за здравство		IoT у области <i>smart healthcare</i>		<i>Wearable computing</i> у области <i>smart healthcare</i>		Рачунарство у облаку и <i>big data</i> у области <i>smart healthcare</i>	
Питања која се односе на једноставност стицања знања								
Повезивање компоненти/уређаја из задатка се може научити лако	3.83	0.71	4.00	0.64	4.03	0.66	4.03	0.71
Основе писања кода за реализацију примера се могу научити лако	3.74	0.70	3.77	0.81	3.91	0.85	3.63	0.84
Са лакоћом памтим како се реализује задатак	3.63	0.73	3.71	0.83	3.66	0.68	3.49	0.74
Питања која се односе на садржај практичне вежбе								
Задатак је био занимљив	4.40	0.60	4.40	0.50	4.20	0.80	4.37	0.73
Задатак је био користан	4.31	0.63	4.23	0.65	4.17	0.82	4.06	0.68
Знања стечена приликом реализације задатка су искористљива у пракси	4.09	0.66	4.03	0.75	3.83	0.71	3.91	0.78
Препоручио/ла бих другима да похађају овај курс	4.34	0.48	4.37	0.60	4.14	0.77	4.17	0.75

Оцене студената у групи питања која се односе на развијена решења, током практичних вежби, биле су позитивне. Студенти се слажу да таква решења могу бити корисна, применљива у пракси, а рад на развоју таквих решења може унапредити ниво знања и допринети да се стекну нова знања из области које су обухваћене практичном вежбом (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Мишљења студената о тврдњама које се односе на Једноставност коришћења и Једноставност стицања знања оцењена су нешто нижим оценама. Практичан рад на развоју апликације за мобилно здравство и IoT у области *smart healthcare* који захтева познавање програмских језика, оцењен је нижим оценама (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Тврдња да се задатак лако може решити без писаних инструкција, оцењен је ниском оценом међу студентима, у две области (3.41 и 3.62, мобилне апликације за здравство и IoT у области *smart healthcare*, респективно), што указује на то да студенти највероватније немају довољно развијене програмерске вештине. Ово је

потврђено ниском просечном оценом на првом тесту (6.92 од 10.0) из истих области, где се недостатак програмерских вештина највероватније одразио на резултате теста знања код студената (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

Е. Процена квалитета садржаја курса

С обзиром на то да је курс намењен студентима који имају претходно стечена знања из информационих технологија, извршена је процена квалитета садржаја са аспекта интердисциплинарности. Процену квалитета су извршили медицински стручњаци који имају богато искуство и знања из области е-здравства.

Циљ овог дела евалуације је био да се изврши процена да ли предложени садржај курса у довољној мери обухвата области здравства и подржава захтеве савременог здравства. Осим тога, циљ је био да се утврди да ли су студенти стекли одговарајуће интердисциплинарне вештине и знања кроз дисциплине и технологије које су обухваћене садржајем курса (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

У процени квалитета садржаја учествовало је 15 медицинских стручњака са интердисциплинарним искуством (Mansilla, Feller, & Gardner, 2006). Стручњаци су одабрани насумично. Већина испитаника су доктори наука (57%), док остали имају завршену специјализацију или су магистри наука (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).

За прикупљање података коришћен је упитник који се састојао из 15 питања, подељених у 4 групе. Испитаницима су понуђени одговори у форми петостепене Ликертове скале: 5 – У потпуности се слажем, 4 – Углавном се слажем 3 – Немам мишљење, 2 – Углавном се не слажем, 1 – У потпуности се не слажем. Једно питање је било отвореног типа, где је испитаницима остављена могућност да напишу сугестије или дају своје коментаре.

У Табели 10 приказана су питања из упитника, распоређена по групама, просечне вредности одговора испитаника добијених према Ликертовој скали слагања са понуђеним тврдњама.

Табела 10. Листа питања из упитника за евалуацију квалитета садржаја са аспекта интердисциплинарности и дескриптивна статистика узорка (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017)

Групе/Питања	Просек	SD
Питања која се односе на квалитет садржаја курса		
Да ли је представљена сврха курса јасна	4.7	0.7
Да ли курс из области <i>smart healthcare</i> захтева интердисциплинарни приступ	5.0	0.0
Дисциплине су одабране на начин који одговара сврси курса	4.9	0.4
Оцена квалитета садржаја и активности курса за <i>smart healthcare</i>	4.6	1.1
Адекватна примена различитих технологија и дисциплина		
Одабране дисциплине у оквиру предложеног курса (информационе технологије, биомедицинско инжењерство, медицина) се користе на одговарајући и ефикасан начин	4.8	0.6
Технологије појединих дисциплина су употребљене на тачан, сврсисходан и ефикасан начин	4.8	0.6
Напредовање у знању кроз интеграцију различитих дисциплина (Mansilla & Duraising, 2007)		
Интеграција различитих дисциплина у области <i>smart healthcare</i> помаже студенту да лакше схвати примену решења из области <i>smart healthcare</i>	4.9	0.3
Интегрисање дисциплина у оквиру курса помаже студенту да лакше разуме и примени знање, као и да свеобухватније сагледа проблем, да иновативна решења и да се упусти у дубља истраживања базирана на комбинацији дисциплина	4.9	0.4
Кроз курс, студент се подстиче да разматра и размишља о изазовима у области, као и могућностима да интегрише знања из више дисциплина ради постизања одређеног циља/задатка	4.8	0.4
Изазови које доноси спајање различитих дисциплина у нову област, нпр. конфликтни стандарди различитих дисциплина ће имати утицај на размишљања, процесе и исходе рада инжењера	4.9	0.3
Корисност курса за студенте медицинских наука	4.6	1.1
Будући правци развоја		
Унапређење квалитета пружања услуга у здравству захтева колаборацију стручњака из различитих области (медицина, информационе технологије, електроника и др.)	5.0	0.0
Да ли бисте волели да имате инжењера из области <i>smart healthcare</i> у свом тиму, када бисте радили на унапређењу производа и услуга у оквиру ваше	4.9	0.4

Групе/Питања	Просек	SD
области/делатности		
Развој решења из области <i>smart healthcare</i> би допринео унапређењу квалитета пружања услуга здравствених услуга	4.9	0.4
Оцена корисности решења из области <i>smart healthcare</i> за различите учеснике у систему здравствене заштите (пацијент, здравствени радник, осигуравајућа кућа), просечна оцена	4.6	0.6

Већина испитаника се слаже са тврдњом да је интердисциплинарни приступ неопходан у дизајну курса *Smart healthcare*. Нижа оцена и висока стандардна девијација је дата тврдњи која се односи на процену квалитета садржаја и активности у оквиру курса. Сви медицински стручњаци су сагласни да су дисциплине и технологије обухваћене курсом употребљене на тачан, сврсисходан и ефикасан начин. Велики део испитаника је показао јако слагање у оквиру групе питања која се односе на будуће правце развоја, као и у оквиру групе питања која се односе на напредовање у знању кроз интеграцију различитих дисциплина. У групи Напредовање у знању кроз интеграцију различитих дисциплина, постоји јако слагање да интеграција различитих дисциплина помаже студентима да лакше разумеју и примене знања, као и да свеобухватније сагледају проблем који треба решити, да дају иновативна решења и да се упусте у дубља истраживања базирана на комбинацији дисциплина. У оквиру исте групе, дата је нешто нижа оцена и присутна је висока стандардна девијација код тврдње Корисност курса за студенте медицинских наука. Оваква оцена указује на то да је неопходно прилагодити курс за студенте медицинских области. Изглед курса и садржај треба да буду значајно различити за студенте медицинских наука у односу на курс прилагођен инжењерима (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017).

Сугестије и коментари у оквиру отвореног питања су (Rodić-Trmčić, Labus, Barać, Popović, & Radenković, 2017):

- „Уместо да се само дискутује о постојећим решењима, неопходно је указати на различите проблеме са којима се свакодневно сусрећу пацијенти. Верујем да су практични примери неопходни како би се

студенти обучили да решавају постојеће проблеме користећи паметне уређаје.”

- „Обука инжењера за *smart healthcare* треба да обухвати више практичних вежби и радионица, као и учешћа у студијама случаја.“
- „Кроз практичан рад у оквиру реалног здравственог информационог система, студенти би добили шансу да развијају IoT решења у оквиру здравственог информационог система.”

6 Научни и стручни доприноси

Основни научни допринос дисертације огледа се у развоју модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у, намењеног корисницима са циљем редуковања или елиминисања стреса. Модел, заснован на савременим технологијама, омогућава мерење и контролу стреса и представља значајан научни резултат. Имплементација модела омогућава мерење и контролу стреса код људи, у различитим друштвеним областима, као што су образовање, здравство, саобраћај и друго. Примењена интероперабилност, отвореност и флексибилност система пружају могућност за његову интеграцију са другим постојећим системима.

Додатни допринос је у представљеној улози коју има образовни систем на даљи развој мобилног здравства и *smart healthcare*-а. Дефинисани дизајн курса *Smart healthcare* и методолошки поступак имплементације у високошколској установи представља оригинални научни и стручни допринос. Оригиналност се огледа и у дефинисању компетенција будућих инжењера из области *smart healthcare*-а.

Кључни научни доприноси дисертације огледају се у:

- развоју модела архитектуре и инфраструктуре модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- формалном опису модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- анализи метода и развоју модела за мерење и контролу стреса;
- моделу интеграције модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у са компонентама електронског здравства;
- развоју методолошких поступака за оцену перформанси модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- развоју модела интеграције мобилног здравства у програме формалног образовања;
- дефинисање приступа дизајнирању курса из области *smart healthcare* са фокусом на стручне компетенције инжењера из области *smart healthcare*.

Стручни доприноси дисертације огледају се у следећем:

- утврђивање могућности примене мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- развој инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја за мерење стреса употребом *wearable* уређаја;
- преглед и анализа технологија потребних за имплементацију модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- утврђивање начина реализације редуковања или елиминисања стреса, спровођења превентивних активности и пружања превентивних здравствених услуга путем мобилног здравства;
- преглед кључних тематских целина преко садржаја курса из области *smart healthcare*-а;
- реализација курса *Smart healthcare* за студенте информационих технологија.

Друштвени доприноси резултата истраживања односе се на могућност решавања различитих друштвених проблема, од којих су најважнији:

- афирмација увођења мобилног здравства за кориснике, са циљем подизања нивоа здравствене културе и свести и одговорности за сопствено здравље, кроз побољшање ефикасности и ефективности промоције здравља;
- афирмација увођења мобилног здравства у лекарску праксу, са циљем ефикаснијег спровођења превентивних активности и могућности праћења здравственог стања корисника;
- афирмација увођења и интегрисања мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у како би се повећала мотивисаност корисника за одговорно здравствено понашање и преузимање бриге о сопственом здрављу;
- утврђивање потенцијала за унапређење конкурентности здравствених институција усвајањем концепта мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;

- могућност коришћења резултата истраживања од стране других институција у сврхе увођења модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у;
- афирмација формалног образовања за инжењере из области *smart healthcare*-а.

Резултати истраживања реализованих у оквиру ове докторске дисертације објављени су у више радова у часописима и саопштени на научним скуповима, и то:

Радови објављени у часопису међународног значаја на *SCI* листи:

1. Rodić-Trmčić B., Labus A., Barać D., Popović S., Radenković B.: *Designing a course for smart healthcare engineering education*. Computer Applications in Engineering Education, Online ISSN 1099-0542, 2017 (импакт фактор за 2016=0.694) (DOI: 10.1002/cae.21898) (M23).

Часописи међународног значаја (M24):

1. Rodic Trmcic B., Labus A., Bogdanovic Z., Babic D., Dacic-Pilcevic A.: *Usability of m-health services: a health professional's perspective*, Management, vol. 80, no. 1, 2016, pp. 45-53 (DOI: 10.7595/management.fon.2016.0022) (M24).
2. Rodić-Trmčić B., Labus A., Bogdanović Z., Despotović-Zrakić M., Radenković B.: *Development of an IoT system for students' stress management*. Facta Universitatis, Series: Electronics and Energetics, vol. 31, 2018, pp.1-14 Рад прихваћен за објављивање (M24).

Зборници међународних научних скупова (M30):

1. Rodić Trmčić B.: *The use of mobile phones for educational (formal and informal) purposes among college students*, - Proceedings of International Academic Conference on Teaching, Learning and E-learning, Budapest 10-11 July, 2015, pp.85-92 (M33).
2. Rodic Trmcic B., Labus A., Radenkovic B.: *Internet of Things in e-health: application of wearables for stress management*, - Proceedings of the XV International Symposium SymOrg 2016; 10-13 June 2016; Zlatibor, Serbia, pp. 387-395 (M33).
3. Rodic Trmcic B., Stanojevic G., Sapic R., Labus A., Bogdanovic Z.: *Wearable solution for assessing physiological arousal towards students' interest and engagement in the classroom*: proceedings of the 11th International Conference

on Virtual Learning; October 29, 2016; Craiova, Romania, pp. 214-221: University of Bucharest & University of Craiova; 2016. (M33)

Часописи националног значаја (M50):

1. Rodić Trmčić B., Labus A., Bogdanović Z.: *Model mobilnog zdravstva zasnovan na tehnologijama wearable computing-a*, InfoM Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme, vol. 57, no. 1, 2016, pp.48-54 (M52).
2. Dacić-Pilčević A., Pilčević I., Rodić Trmčić B.: *Metodološki postupak uvođenja ERP sistema u velikim preduzećima*, InfoM časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme, vol. 59, 2016, pp. 44-50 (M52).

Монографска студија/поглавље у књизи M12 или рад у тематском зборнику међународног значаја (M14):

3. Rodic Trmcic B., Labus A., Mitrovic S., Buha V., Stanojevic G.: *Internet of things in E-health: an application of wearables in prevention and well-being*. In Kocovic, P, Ramachandran, M & Mihajlovic, R (Eds), Handbook of research on emerging trends and applications of the Internet of Things, 2017, pp.191-157 (DOI: 10.4018/978-1-5225-2437-3.ch007) (M14)

7 Будућа истраживања

Имплементирани модел мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у се може успешно применити у високошколским установама за мерење и контролу стреса. Резултати и решења проистекла из дисертације отварају могућност даљег истраживања примене *wearable computing*-а у области јавног здравља.

У дисертацији је имплементиран модел са сензором за пулс образовном систему. Могуће је извршити надоградњу модела, проширењем функционалности, нпр. применом више *healthcare* сензора. Апликације и сервиси за контролу стреса могу се побољшати применом различитих модела контроле стреса, у консултацији са здравственим стручњацима. С обзиром на интероперабилност модела, пружа се могућност интеграције са постојећим образовним сервисима и моделима, нпр. *Moodle* платформом за е-учење.

С обзиром на општост модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у, пружа се могућност његове примене у многим другим областима друштва и привреде.

Евалуација предложеног дизајна курса за *smart healthcare* је показала да су постигнути очекивани исходи курса. Брз развој и примена савремених технологија намеће потребу за сталним усавршавањем и образовањем будућих стручњака из области информационих технологија. Имплементација курса за *smart healthcare* у постојећи наставни процес би био следећи логичан корак у афирмацији образовних институција ка формалном образовању инжењера из области *smart healthcare*.

Потребно је додатно радити на проширењу активности курса, у смислу интеграције и учешћа у постојећим развојним пројектима електронског здравства. Такође, присутна је неопходност укључивања медицинских стручњака у развој мобилног здравства. У вези са тим, даља истраживања треба да се односе на прилагођавање дизајна курса за *smart healthcare* студентима медицинских наука.

У складу са постављеним циљевима у дисертацији и ограничењима у истраживању, будућа истраживања, поред наведеног, могу да обухвате: 1) примену модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у на већем узорку, односно на више високошколских установа, 2) развој *big data* аналитичких решења за различит скуп сензорских података и, 3) имплементацију интеграције са сервисима електронског здравства.

8 Закључак

У оквиру ове дисертације анализирани су главни изазови мобилног здравства. Предложено је решење за имплементацију система мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у. У раду је изложен преглед теоријских основа електронског и мобилног здравства, *wearable computing*-а и Интернета интелигентних уређаја. Приказана је анализа постојећих модела мобилног здравства и *wearable* система. Дефинисан је нови модел мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у, кључне карактеристике модела и решења за спровођење превентивних активности и контролу стреса.

У експерименталном делу рада пројектован је и имплементиран систем мобилног здравства заснован на *wearable computing*-у за контролу стреса. Тестирање система и мерења релевантних параметара су спроведени у високошколској институцији, међу студентима, у реалним ситуацијама које су стресне за студенте.

Решење *wearable* система предложено у овом раду може се успешно применити у сврху праћења нивоа стреса у различитим животним ситуацијама. У истраживању које је спроведено, показано је како апликације мобилног здравства са садржајима за релаксацију могу да утичу на смањење стреса код студената у току одбране завршних радова. Вредности добијене током истраживања указују да мобилна апликација за здравство са садржајима за релаксацију има значајан ефекат на смањење стреса код студената, пре и током одбране завршних радова. Не постоје докази да садржаји за релаксацију имају утицај на опуштање након одбране завршних радова.

У дисертацији је истакнут значај који имају образовне институције у развоју мобилног здравства. Предложен је курс *Smart healthcare*, као интегрални део програма формалног образовања. Курс пружа теоријске основе и практичне вештине из модерних технологија на којима се заснива *smart healthcare*. Евалуација предложеног дизајна курса је показала да су постигнути очекивани исходи курса. Висок скор на пре-тесту и пост-тесту указује на то да су студенти, са добрим теоријским предзнањем, лако усвојили нова знања. Недостатак

практичних вештина је условио низак скор на тесту за праћење напредовања у савладавању практичних вештина. Ово указује на то да је одабран добар приступ који подстиче практични рад и да треба наставити рад у том правцу.

На основу бољих резултата на пост-тесту и другом тесту за праћење напредовања кроз практичан рад, закључује се да су студенти стекли нова, одговарајућа теоријска и практична знања. Осим тога, утисци и ставови студената који се односе на садржај курса позитивни су. Добијене повратне информације од студената указују на то да ће у будућем раду бити неопходно обезбедити квалитетне наставне материјале, као и писане материјале и упутства за коришћење технологија кроз практичан рад.

Евалуација курса, која се односи на квалитет садржаја са аспекта интердисциплинарности показала је да студенти стичу одговарајуће интердисциплинарне вештине кроз наставу. Следећи логичан корак би био проширење активности курса, у смислу интеграције и учешћа у постојећим развојним пројектима електронског здравства.

Из овог истраживања проистичу бројне импликације које су (Rodić-Trmčić, Labus, Vargać, Popović, & Radenković, 2017) приказане у Табели 11.

Табела 11. Импликације проистекле из истраживања и евалуације курса за *smart healthcare*

Образовне институције	<ul style="list-style-type: none"> • Нуде формално образовање за инжењере из области <i>smart healthcare</i>. • Имају прилику да осавремене и допуне лабораторијску опрему, што може бити од користи и за друге курсеве информacionих технологија. • Образоваће уско-профилисане инжењере, што ће смањити јаз између понуде и потражње за инжењерима из области <i>smart healthcare</i> (Jeong, Truong, Lee, Choi, & Lee, 2016). • Обезбеђује окружење за истраживаче, за будуће пројекте и истраживања. • Наставницима се пружа шанса да стекну ново искуство и покажу креативност у дизајнирању практичних вежби и пројектних задатака.
Студенти	<ul style="list-style-type: none"> • Стичу знања и практичне вештине из модерних технологија на којима се заснива <i>smart healthcare</i>.

	<ul style="list-style-type: none"> • Студентима се пружа шанса да раде са иновацијама у савременој инжењерској дисциплини. • Предложени приступ учењу доприноси развоју дизајнерских, техничких и програмерских вештина код студената. • Имају кључну улогу у креирању и развоју иновативних здравствених система, чиме унапређују ефикасност таквих система (Islam, Razzaque, Hassan, Nagy, & Song, 2017).
Здравствени систем	<ul style="list-style-type: none"> • Прилика да ангажују инжењере из области <i>smart healthcare</i>-а који ће унети иновације у здравствени систем (Brown, 2017). • Прилика да се успостави сарадња кроз две различите дисциплине – здравство и инжењерство. • Крајња корист је у ефикаснијем и ефективнијем здравственом систему.

9 ЛІТЕРАТУРА

- [1] Abawajy, J. H., & Hassan, M. M. (2017). Federated Internet of Things and Cloud Computing Pervasive Patient Health Monitoring System. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), pp. 48-53. doi:10.1109/MCOM.2017.1600374CM
- [2] Ahtinen, A., Mattila, E., Väikkynen, P., Kaipainen, K., Vanhala, T., Ermes, M., . . . Lappalainen, R. (2013). Mobile Mental Wellness Training for Stress Management: Feasibility and Design Implications Based on a One-Month Field Study. *JMIR Mhealth Uhealth*, 1(2), pp. e11. doi:10.2196/mhealth.2596
- [3] Aileni, R. M., Bruniaux, P., & Strungaru, R. (2014). Wearable sensors modeling for healthcare. *2014 International Symposium on Fundamentals of Electrical Engineering (ISFEE)*, pp. 1-4. Bucharest: IEEE. doi:10.1109/ISFEE.2014.7050586
- [4] Al Osman, H., Dong, H., & El Saddik, A. (2016). Ubiquitous Biofeedback Serious Game for Stress Management. *IEEE Access*, pp. 1274-1286.
- [5] Ali, A., Qadir, J., Rasool, R., Sathiaseelan, A., Zwitter, A., & Crowcroft, J. (2016). Big data for development: applications and techniques. *Big Data Analytics*, 1(2). doi:10.1186/s41044-016-0002-4
- [6] Ali, M. S., & Mohsin, M. N. (2013). Test Anxiety Inventory (TAI): Factor Analysis and Psychometric Properties. *IOSR Journal Of Humanities And Social Science (IOSR-JHSS)*, 8(1), pp. 73-81. doi:10.9790/0837-0817381
- [7] Al-Mulla, M. R., Sepulveda, F., & Colley, M. (2011). An autonomous wearable system for predicting and detecting localised muscle fatigue. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 11(2), pp. 1542-57. doi:10.3390/s110201542
- [8] Alvarsson, J. J., Wiens, S., & Nilsson, M. E. (2010). Stress Recovery during Exposure to Nature Sound and Environmental Noise. *Int J Environ Res Public Health*, 7(3), pp. 1036–1046.
- [9] Amendola, S., Lodato, R., Manzari, S., Occhiuzzi, C., & Marrocco, G. (2014). RFID Technology for IoT-Based Personal Healthcare in Smart Spaces. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), pp. 144-152. doi:10.1109/JIOT.2014.2313981
- [10] Arora, S., Yttri, J., & Nilsen, W. (2014). Privacy and Security in Mobile Health (mHealth) Research. *Alcohol Research: Current Reviews*, 36(1), pp. 143-151.

- [11] Arriba-Pérez, F., Caeiro-Rodríguez, M., & Santos-Gago, J. M. (2017). Towards the use of commercial wrist wearables in education. *4th Experiment@International Conference (exp.at'17)*, 2017. Faro: IEEE. doi:10.1109/EXPAT.2017.7984354
- [12] Ashton, K. (2009, June 22). *That 'Internet of Things' Thing*. Retrieved from RFID Journal: <http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986>
- [13] Badger, L., Grance, T., Patt-Corner, R., & Voas, J. (2012). *DRAFT Cloud Computing Synopsis and Recommendations. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology*. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.
- [14] Bakker, J., Pechenizkiy, M., & Sidorova, N. (2011). What's your current stress level? Detection of Stress Patterns from GSR Sensor Data. *IEEE 11th International Conference on Data Mining Workshops (ICDMW)*, pp. 573-580. Vancouver, BC: IEEE. doi:10.1109/ICDMW.2011.178
- [15] Baseman, J. G., Revere, D., & Painter, I. (2017). Big Data in the Era of Health Information Exchanges: Challenges and Opportunities for Public Health. *Informatics*, 4(4), pp. 39. doi:10.3390/informatics4040039
- [16] BASIS Science. (2015, November 02). Прегледо са BASIS: <http://www.mybasis.com/>
- [17] Bescos, C., Diop, M., Kass, J., Runge, A., & Schmitt, D. (2005). *Towards Interoperable eHealth for Europe*. Netherlands: European Space Agency. Прегледо са <http://esamultimedia.esa.int/>
- [18] BetterDoctor. (2012, February 21). (BetterDoctor) Прегледо February 03, 2015 са <https://betterdoctor.com/>
- [19] Bhunia, P. (2017, June 04). *EXCLUSIVE - Preparing students for the emerging inter-disciplinary field of Healthcare Engineering at SUTD*. Retrieved 2017, from <http://www.opengovasia.com/articles/7472-exclusive---preparing-students-for-the-emerging-inter-disciplinary-field-of-healthcare-engineering-at-sutd>
- [20] Bizetić, Z., & Ristić, I. (2014). *Integrirani zdravstveni informacioni sistem. Situaciona analiza sa preporukama*. Beograd: Udruženje informatičara u zdravstvu Srbije. Прегледо са <http://www.uizs.org.rs>

- [21] Bogdanović, M., Stanimirović, A., & Stoimenov, L. (2008). WebGIS portal za integrisani pristup informacijama u lokalnoj samoupravi. *16. Telekomunikacioni forum TELFOR 2008*. Beograd.
- [22] Boone, K. W. (2012). *Standards Opportunities in Mobile Health*. Cambridge: OMG Healthcare Day.
- [23] Boulos, M. N., Rocha, A., Martins, A., Vicente, M. E., Bolz, A., Feld, R., . . . Kinirons, M. (2007). CAALYX: a new generation of location-based services in healthcare. *International Journal of Health Geographics*, 6(9). doi:10.1186/1476-072X-6-9
- [24] Brandt, J., Jaffe, C., & Parker, C. (2012). *Standards and Interoperability*. Chicago: Healthcare Information and Management Systems Society.
- [25] Brown, C. H. (2017). Integrating Health Services Engineering: A Multidimensional Approach. *Y Advances in The Human Side of Service Engineering. Advances in Intelligent Systems and Computing*, pp. 73-79. Cham: Springer.
- [26] Burns, A. J., & Johnson, M. E. (2015). Securing Health Information. *ITProfessional*, 17(1), pp. 23-29. doi:10.1109/MITP.2015.13
- [27] Captain, S. (2015). *This iPhone Accessory Replaces An Eye Doctor's Office*. Препозето ca <http://www.fastcompany.com/3049271/elasticity/this-iphone-accessory-replaces-an-eye-doctors-office>
- [28] Castillejo, P., Martinez, J.-F., Rodriguez-Molina, J., & Cuerva, A. (2013). Integration of wearable devices in a wireless sensor network for an E-health application. *IEEE Wireless Communications*, 20(4), pp. 38 - 49. doi:10.1109/MWC.2013.6590049
- [29] Centers for Disease Control and Prevention. (2015, November 6). *Healthy People 2020*. (Centers for Disease Control and Prevention) Retrieved from https://www.cdc.gov/nchs/healthy_people/hp2020.htm
- [30] Chase, D. (2013, January 17). *Healthcare's Trillion-Dollar Disruption*. (Forbes) Препозето ca <https://www.forbes.com/sites/davechase/2013/01/17/healthcares-trillion-dollar-disruption/#15cefeda42fb>
- [31] Chen, K., Fink, W., Roveda, J., Lane, R. D., Allen, J., & Vanuk, J. (2015). Wearable sensor based stress management using integrated respiratory and ECG

- waveforms. *IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*. Cambridge: IEEE.
- [32] Chen, M., Zhang, Y., Li, Y., Hassan, M. M., & Alamri, A. (2015). AIWAC: affective interaction through wearable computing and cloud technology. *IEEE Wireless Communications*, 22(1), pp. 20-27. doi:10.1109/MWC.2015.7054715
- [33] Chen, S.-Y., Lai, C.-F., Hwang, R.-H., Lai, Y.-H., & Wang, M.-S. (2015). An Adaptive Sensor Data Segments Selection Method for Wearable Health Care Services. *Journal of Medical Systems*, 39(12), pp.194. doi:10.1007/s10916-015-0343-y
- [34] Chiang, H.-P., Lai, C.-F., & Huang, Y.-M. (2014). A green cloud-assisted health monitoring service on wireless body area networks. *Information Sciences*, 284, pp. 118-129. doi:10.1016/j.ins.2014.07.013
- [35] Chouffani, R. (2015, April 25). *Can we expect the Internet of Things in healthcare?* (TechTarget) Прегледајте June 2015 ca <http://searchhealthit.techtarget.com/feature/Can-we-expect-the-Internet-of-Things-in-healthcare>
- [36] Ciabattini, L., Ferracuti, F., Longhi, S., Pepa, L., Romeo, L., & Verdini, F. (2017). Real-time mental stress detection based on smartwatch. *IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*. Las Vegas. doi:10.1109/ICCE.2017.7889247
- [37] Cloud Standards Customer Council. (2017). *Security for Cloud Computing. Ten Steps to Ensure Success*. Cloud Standards Customer Council. Прегледајте ca <http://www.cloud-council.org/>
- [38] *CoAP, RFC 7252 Constrained Application Protocol*. (2018). Прегледајте ca CoAP: <http://coap.technology/>
- [39] Cole, J., & Foster, H. (2007). *Using Moodle: Teaching with the Popular Open Source Course Management System*. California: O'Reilly.
- [40] CONSiT. (2017). *Online platforma za Kontinuiranu Medicinsku Edukaciju*. Прегледајте ca Kontinuirana medicinska edukacija: <http://www.pkme.rs/>
- [41] Constant, N., Douglas-Prawl, O., Johnson, S., & Mankodiya, K. (2015). Pulse-Glasses: An Unobtrusive, Wearable HR Monitor with Internet-of-Things

- Functionality. *IEEE 12th International Conference on Wearable and Implantable Body Sensor Networks (BSN)*, 1-5. doi:10.1109/BSN.2015.7299350
- [42] Coyle, S., Lau, K.-T., Moyna, N., O'Gorman, D., Diamond, D., Francesco, F. D., . . . Ridolfi, A. (2010). BIOTEX—Biosensing Textiles for Personalised Healthcare Management. *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine*, 14(2), pp. 364 - 370. doi:10.1109/TITB.2009.2038484
- [43] Coyle, S., Morris, D., Lau, K.-T., & Diamond, D. (2009). Textile-based wearable sensors for assisting sports performance. *2009 Sixth International Workshop on Wearable and Implantable Body Sensor Networks*, pp. 307 - 311. Berkeley: IEEE. doi:10.1109/P3644.56
- [44] Del Campo, A., Gambi, E., Montanini, L., Perla, D., Raffaelli, L., & Spinsante, S. (2016). MQTT in AAL systems for home monitoring of people with dementia. *IEEE 27th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC)*. Valencia.
- [45] DeNardis, L. (2012). *E-health Standards and Interoperability. ITU-T Technology Watch Report*. Geneva: International Telecommunication Union.
- [46] Despotović-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013). Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing. *Educational Technology & Society*, 16(3), pp. 301-314.
- [47] Díaz, M., Martín, C., & Rubio, B. (2016). State-of-the-art, challenges, and open issues in the integration of Internet of things and cloud computing. *Journal of Network and Computer Applications*, 67, pp. 99-117. doi:10.1016/j.jnca.2016.01.010
- [48] Doherty, D. (2015). David Doherty, co-founder of 3G doctor. *Clinical Investigation*, 5(8), pp. 687–689.
- [49] Doherty, S. T., Lemieux, C. J., & Canally, C. (2014). Tracking human activity and well-being in natural environments using wearable sensors and experience sampling. *Social Science & Medicine*, 106, pp. 83-92. doi:10.1016/j.socscimed.2014.01.048
- [50] Dong, H., Ugalde, I., Figueroa, N., & El Saddik, A. (2014). Towards Whole Body Fatigue Assessment of Human Movement: A Fatigue-Tracking System Based on

Combined sEMG and Accelerometer Signals. *Sensors*, 14, pp. 2052-2070.
doi:10.3390/s140202052

- [51] Dragon, T., Arroyo, I., Woolf, B. P., Burleson, W., Kaliouby, R., & Eydgahi, H. (2008). Viewing Student Affect and Learning through Classroom Observation and Physical Sensors. In B. P. Woolf, E. Aïmeur, R. Nkambou, & S. Lajoie, *Intelligent Tutoring Systems*, pp. 29-39. Berlin: Springer Berlin Heidelberg.
doi:10.1007/978-3-540-69132-7_8
- [52] Duka, M., Mihailović, B., Miladinović, M., Janković, A., & Vujičić, B. (2009). Evaluacija sistema za telemedicinsku dijagnostiku impaktiranih umnjaka. *Vojnosanitetski pregled*, 66(12), pp. 985-991.
- [53] Dzenowagis, J. (2005). *Connecting for Health. Global Vision, Local Insight*. Geneva: World Health Organization.
- [54] Engineering and Physical Sciences Research Council. (2014). *The importance of engineering and physical sciences research to health and life sciences*. Swindon: Engineering and Physical Sciences Research Council.
- [55] Espinosa, H. G., Lee, J., Keogh, J., Grigg, J., & James, D. A. (2015). On the use of inertial sensors in educational engagement activities. *7th Asia-Pacific Congress on Sports Technology, APCST 2015*. 112, pp. 262 – 266. Procedia Engineering.
doi:10.1016/j.proeng.2015.07.242
- [56] EU-IHIS. (2015). *EHR Interoperability Framework Overview*. Belgrade: EU-IHIS. Преглед ка <http://www.eu-ihis.rs/>
- [57] European Commission. (2012). *eHealth Action Plan 2012-2020 - Innovative healthcare for the 21st century*. Brussels: European Commission.
- [58] European Commission. (2012). *Feature Stories - A smart T-shirt to help the chronically ill*. Преглед ка CORDIS-Community Research and Development Information Service: http://cordis.europa.eu/result/rcn/88739_en.html
- [59] European Commission. (2013). *eCAALYX: Enhanced Complete Ambient Assisted Living Experiment*. Преглед ка European Commission: <https://joinup.ec.europa.eu/community/epractice/case/ecaalyx-enhanced-complete-ambient-assisted-living-experiment>

- [60] European Commission. (2014). *Green Paper on Mobile Health ("mHealth")*. Brussels: European Commission. Прегледо ка <http://ec.europa.eu/digital-agenda/en/mhealth>
- [61] European Commission. (2015). *Connected Continent legislative package*. Прегледо ка Digital single market: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/connected-continent-legislative-package>
- [62] European Commission. (2015). *Policy*. Прегледо December 27, 2014 ка <http://ec.europa.eu/health/ehealth/policy/>
- [63] European Commission. (2017). *New European Interoperability Framework*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- [64] European Commission, Business Innovation Observatory. (2015). *Internet of Things, Smart health*. European Commission.
- [65] Eurotech. (2016). *M2M / IoT Software and Services*. Прегледо ка Eurotech: <http://www.eurotech.com/en/products/software+services>
- [66] Eysenbach, G. (2000). Consumer health informatics. *BMJ: British Medical Journal*, 320(7251), pp. 1713-1716.
- [67] Eysenbach, G. (2001). What is e-health? *J Med Internet Res*, 3(2), 20.
- [68] Falan, S. (2016). *Wearable Technology: Examples from Sweden*. Прегледо ка Salus Digital: <http://salusdigital.net/wearable-technology-examples-sweden/>
- [69] Fielding, R. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. Dissertation. Irvine: University of California.
- [70] Food and Drug Administration. (2015). *Mobile Medical Applications: Guidance for Industry and Food and Drug Administration Staff*. FDA.
- [71] Forkan, A. R., Khalil, I., Ibaida, A., & Tari, Z. (2015). BDCaM: Big Data for Context-aware Monitoring - A Personalized Knowledge Discovery Framework for Assisted Healthcare. *IEEE Transactions on Cloud Computing*, 99. doi:10.1109/TCC.2015.2440269
- [72] Fouad, H., & Farouk, H. (2017). Heart rate sensor node analysis for designing internet of things telemedicine embedded system. *Cogent Engineering*, 4(1). doi:10.1080/23311916.2017.1306152

- [73] Friederici, N., Hullin, C., & Yamamichi, M. (2012). *mHealth. Y Maximizing Mobile. 2012 Information and Communications for Development*, pp. 45-58. Washington DC: The World Bank.
- [74] Fritzing. (2017). *Fritzing. Electronics made easy.* (Fritzing) Retrieved from <http://fritzing.org/home/>
- [75] Fu, Y., & Liu, J. (2015). System design for wearable blood oxygen saturation and pulse measurement device. *6th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2015) and the Affiliated Conferences, AHFE 2015*.
- [76] Galvanic and PIP. (2017). *PIP. Lead a healthier, happier life by managing your stress.* Пpеyзeтo ca PIP: <https://thepip.com>
- [77] Garcia, I. A., Calvo-Manzano, J. A., Pacheco, C. L., & Perez, C. A. (2015). Software engineering education for a graduate course: A web-based tool for conducting process improvement initiatives with local industry collaboration. *Computer Applications for Engineering Education*, 21(1), pp. 117–136. doi:10.1002/cae.21584
- [78] Gartner. (2016). *Internet of Things.* (Gartner) Пpеyзeтo May 2016 ca <http://www.gartner.com/it-glossary/internet-of-things/>
- [79] Gartner Inc. (2016). *Gartner Identifies the Top 10 Internet of Things Technologies for 2017 and 2018.* Retrieved from <http://www.gartner.com/newsroom/id/3221818>
- [80] Gartner Inc. (2017). *Gartner Says 8.4 Billion Connected "Things" Will Be in Use in 2017, Up 31 Percent From 2016.* Retrieved from Gartner Newsroom: <http://www.gartner.com/newsroom/id/3598917>
- [81] Google. (2016). *Google Play.* Пpеyзeтo ca Google Play Apps: <https://play.google.com>
- [82] Griebel, L., Prokosch, H.-U., Köpcke, F., Toddenroth, D., Christoph, J., Leb, I., . . . Sedlmayr, M. (2015). A scoping review of cloud computing in healthcare. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 15, pp. 17. doi:10.1186/s12911-015-0145-7
- [83] *GSMA mHealth Tracker.* (2015). (Mobile World Live) Пpеyзeтo February 15, 2015 ca <http://www.mobileworldlive.com/mhealth-tracker>

- [84] GTXCorp. (2016). *The wearable GPS tracking solution for those who wander*. Преузето са SmartSole: <http://gpssmartsole.com/gpssmartsole/>
- [85] Hampshire, K., Porter, G., Owusu, S. A., Mariwah, S., Abane, A., Robson, E., . . . Milner, J. (2015). Informal m-health: How are young people using mobile phones to bridge healthcare gaps in Sub-Saharan Africa? *Social Science & Medicine*, 142, pp. 90-99. doi:10.1016/j.socscimed.2015.07.033
- [86] Healthcare Global. (2012). *Telefónica launches tele-rehabilitation solution*. Преузето са Healthcare Global: <http://www.healthcareglobal.com/tech/1259/nica-launches-tele-rehabilitation-solution>
- [87] Healthcare Information and Management Systems Society (HIMSS). (2016). *What is Interoperability?* Преузето са HIMSS Transforming health through IT: <http://www.himss.org/library/interoperability-standards/what-is-interoperability>
- [88] Healthcare IT News. (2016). *Sutter, Dignity Health, others give Google Glass startup Augmedix \$17 million in funding*. Преузето са Healthcare IT News: <http://www.healthcareitnews.com/news/sutter-dignity-health-others-give-google-glass-startup-augmedix-17-million-funding>
- [89] Heidi, J.-V., Hermen, O., Korrie, K., Alpha, J. M., Kathy, H., Rolla, K., & Fernando, M. (2014). *Mobile health: Connecting managers, service providers and clients in Bombali district, Sierra Leone. mHealth for maternal and newborn health in resourcepoor community and health system settings*. Amsterdam: KIT.
- [90] Hunter, D., Cagle, K., Gibbons, D., Ozu, N., Pinnock, J., & Spencer, P. (2000). *Beginning XML*. Beograd: CET.
- [91] i2-Health. (2005-2007). *Interoperability Definitions*. Преузето August 2015 са <http://www.i2-health.eu/wiki-container/InteroperabilityDefinitions>
- [92] Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2017). Course: Exploring IoT Industry Applications: Paving the Way for Future IoT Applications in Healthcare. IEEE.
- [93] Interaxon Inc. (2015). *Muse, the brain sensing headband*. (Muse) Преузето November 16, 2015 са <http://www.choosemuse.com/>
- [94] iPLATO. (2016). *iPLATO Patient Care Messaging*. Преузето са iPLATO: <http://www.iplato.net/>

- [95] Islam, M., Razzaque, A., Hassan, M. M., Nagy, W., & Song, B. (2017). Mobile Cloud-Based Big Healthcare Data Processing in Smart Cities. *IEEE Access*, 99.
- [96] Islam, R., Kwak, D., Kabir, H., Hossain, M., & Kwak, K.-S. (2015). The Internet of Things for Health Care: A Comprehensive Survey. *IEEE Access*, 3, pp. 678 - 708. doi:10.1109/ACCESS.2015.2437951
- [97] iTunes. (2016). *iTunes Preview*. Прейзето ca iTunes Preview: <https://itunes.apple.com>
- [98] Jaimes, L. G., Gagneja, K., Akbaş, M. İ., & Vergara-Laurens, I. J. (2017). Future stress, forecasting physiological signals. *IEEE 7th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC)*. Las Vegas. doi:10.1109/CCWC.2017.7868378
- [99] Jawbone. (2016). *Four ways to chase your fitness goals*. Прейзето ca <https://jawbone.com/up/trackers>
- [100] Jeong, G.-M., Truong, P. H., Lee, T.-Y., Choi, J.-W., & Lee, M. (2016). Course Design for Internet of Things Using Lab of Things of Microsoft Research. *2016 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. doi:10.1109/FIE.2016.7757396
- [101] Jeong, J.-S., Han, O., & You, Y.-Y. (2016). A Design Characteristics of Smart Healthcare System as the IoT Application. *Indian Journal of Science and Technology*, 9(37). doi:10.17485/ijst/2016/v9i37/102547
- [102] Joshi, A., Kiran, R., & Sah, A. N. (2017). An experimental analysis to monitor and manage stress among engineering students using Galvanic Skin Response meter. *Work*, 56(3), pp. 409-420. doi:10.3233/WOR-172507
- [103] Kamsu-Foguem, B., & Foguem, C. (2014). Telemedicine and mobile health with integrative medicine in developing countries. *Health Policy and Technology*, 3(4), pp. 264–271. doi:10.1016/j.hlpt.2014.08.008
- [104] Kelli, H. M., Witbrodt, B., & Shah, A. (2017). The future of mobile health applications and devices in cardiovascular health. *Euro Med J Innov*. 2017 Jan; 2017, pp. 92-97.
- [105] Kemis, H., Bruce, N., Ping, W., Antonio, T., Gook, L., & Lee, H. (2012). Healthcare Monitoring Application in Ubiquitous Sensor Network: Design and Implementation based on Pulse Sensor with Arduino. *6th International*

- Conference on New Trends in Information Science and Service Science and Data Mining (ISSDM)*, pp. 34-38. Taipei: IEEE.
- [106] Kim, S. J., Marsch, L. A., Hancock, J. T., & Das, A. K. (2017). Scaling Up Research on Drug Abuse and Addiction Through Social Media Big Data. *J Med Internet Res*, 19(10), pp. e353. doi:10.2196/jmir.6426
- [107] Kocielnik, R., Pechenizkiy, M., & Sidorova, N. (2012). Stress Analytics in Education. *Proceedings of the 5th International Conference on Educational Data Mining*. Chania, Greece.
- [108] Koo, S. G. (2015). An integrated curriculum for Internet of Things: Experience and evaluation. *2015 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. doi:10.1109/FIE.2015.7344347
- [109] Kor, A.-L., Yanovsky, M., Pattinson, C., & Kharchenko, V. (2016). SMART-ITEM: IoT-enabled smart living. *Future Technologies Conference (FTC)*. San Francisco. doi:10.1109/FTC.2016.7821687
- [110] Kortuem, G., Bandara, A. K., Smith, N., Richards, M., & Petre, M. (2013). Educating the Internet-of-Things Generation. *Computer*, 46(2), pp. 53-61.
- [111] Kuntagod, N., & Mukherjee, C. (2011). Mobile decision support system for outreach health worker. *13th IEEE International Conference on e-Health Networking Applications and Services*, pp. 56-59. Healthcom, Proc. 2011.
- [112] Kusserow, M., Amft, O., & Tröster, G. (2013). Monitoring Stress Arousal in the Wild. *Pervasive Computing, IEEE*, 12(2), pp. 28-37. doi:10.1109/MPRV.2012.56
- [113] Kwan, M. Y., Arbour-Nicitopoulos, K. P., Duku, E., & Faulkner, G. (2016). Patterns of multiple health risk-behaviours in university students and their association with mental health: application of latent class analysis. *Health Promot Chronic Dis Prev Can*, 36(8), pp. 163-170.
- [114] KwikSurveys. (2017). *KwikSurveys*. Retrieved from <https://kwiksurveys.com/>
- [115] Lebedev, A. A., Ivanova, E. G., Komleva, V. A., Klovov, N. M., & Komlev, A. A. (2017). Methodology of problem-based learning engineering and technology and of its implementation with modern computer resources. *AIP Conference Proceedings*, 1797. doi:http://dx.doi.org/10.1063/1.4972430
- [116] Leff, D. R., & Yang, G.-Z. (2015). Big Data for Precision Medicine. *Engineering*, 1(3), pp. 77-279. doi:10.15302/J-ENG-2015075

- [117] Li, Q., Xue, Y., Zhao, L., Jia, J., & Feng, L. (2016). Analyzing and Identifying Teens Stressful Periods and Stressor Events from a Microblog. *IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics*, 99. doi:10.1109/JBHI.2016.2586519
- [118] Li, Y., Pandis, I., & Guo, Y. (2016). Enabling Virtual Sensing as a Service. *Informatics*, 3(2). doi:10.3390/informatics3020003
- [119] Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire,” STC Usability SIG Newsl., vol. 2, no. 8, 2001. *Usability Interface*, 8(2), pp. 3-6.
- [120] Lupse, O.-S., Vida, M. M., & Stoicu-Tivadar, L. (2012). Cloud Computing and Interoperability in Healthcare Information Systems. *INTELLI 2012 : The First International Conference on Intelligent Systems and Applications*. ChamoniX: IARIA.
- [121] Maiaa, P., Batista, T., Cavalcante, E., Baffa, A., Delicato, F. C., Pires, P. F., & Zomaya, A. (2014). A Web platform for interconnecting body sensors and improving health care. *Fourth International Conference on Selected Topics in Mobile & Wireless Networking*, pp. 135 – 142. Procedia Computer Science.
- [122] Mann, S. (2014). *Wearable Computing*. In: Soegaard, Mads and Dam, Rikke Friis (eds.). "The Encyclopedia of Human-Computer Interaction, 2nd Ed.". Aarhus, Denmark: The Interaction Design Foundation. Прейзето June 03, 2015 ca https://www.interaction-design.org/encyclopedia/wearable_computing.html
- [123] Mansilla, V. B., & Duraising, E. D. (2007). Targeted Assessment of Students' Interdisciplinary Work: An Empirically Grounded Framework Proposed. *The Journal of Higher Education*, 78(2), pp. 215-237.
- [124] Mansilla, V., Feller, I., & Gardner, H. (2006). Quality assessment in interdisciplinary research and education. *Research Evaluation*, 15(1), pp. 69-74.
- [125] Mantua, J., Gravel, N., & Spencer, R. (2016). Reliability of Sleep Measures from Four Personal Health Monitoring Devices Compared to Research-Based Actigraphy and Polysomnography. *Sensors*, 16(5), pp. E646. doi:10.3390/s16050646
- [126] Masters, K. (2014). Health professionals as mobile content creators: Teaching medical students to develop mHealth applications. *Medical Teacher*, 36(10), pp. 883-889.

- [127] Media, I. C. (2015). *Mobile apps that make a difference*. (World Summit Award Mobile) Прейзето February 03, 2015 ca <http://www.wsa-mobile.org/winner/universal-doctor-speaker-471920141028>
- [128] Mediatelly. (2017, Јануар). *Celokupna baza podataka o lekovima dostupnim u Srbiji*. Прейзето ca Mediatelly: <https://mediately.co>
- [129] Memon, M., Wagner, S. R., & Pedersen, C. F. (2014). Ambient Assisted Living Healthcare Frameworks, Platforms, Standards, and Quality Attributes. *Sensors*, pp. 4312-4341. doi:10.3390/s140304312
- [130] Microsoft. (2016). *What is HealthVault?* Прейзето ca HealthVault: <https://www.healthvault.com>
- [131] Millings, A., Morris, J., Rowe, A., Easton, S., Martin, J. K., Majoe, D., & Mohr, C. (2015). Can the effectiveness of an online stress management program be augmented by wearable sensor technology? *Internet Interventions*. doi:10.1016/j.invent.2015.04.005
- [132] Mobile Health Work Group. (2015). *HL7 Mobile Health Standards Transforming Healthcare*. HL7 International.
- [133] MobiMed. (2015). *Beba dolazi*. Прейзето ca <http://www.mobimed.org.rs/>
- [134] Modani, S. H., Thakur, S., & Chate, P. (2016). M-Health Application Overview. *Imperial Journal of Interdisciplinary Research (IJIR)*, 2(5).
- [135] Mokaya, F., Lucas, R., Noh, H. Y., & Zhang, P. (2016). Burnout: A Wearable System for Unobtrusive Skeletal Muscle Fatigue Estimation. *2016 15th ACM/IEEE International Conference on Information Processing in Sensor Networks (IPSN)*, pp. 1 - 12. Vienna: IEEE. doi:10.1109/IPSN.2016.7460661
- [136] Monica Healthcare. (2016). *Alere Partners with Monica, the Leading Developer of a Groundbreaking Wireless Fetal Monitor - See more at: <http://www.monicahealthcare.com/news/alere-partners-with-monica-the-leading-developer#sthash.3cHO9oSc.dpuf>*. Прейзето ca Monica Healthcare: <http://www.monicahealthcare.com/news/alere-partners-with-monica-the-leading-developer>
- [137] Morris, M., & Aguilera, A. (2012). Mobile, Social, and Wearable Computing and the Evolution of Psychological Practice. *Prof Psychol Res Pr*, 43(6), pp. 622-626. doi:10.1037/a0029041

- [138] Muhammad, G., Rahman, M., Alelaiw, A., & Alamri, A. (2017). Smart Health Solution Integrating IoT and Cloud: A Case Study of Voice Pathology Monitoring. *IEEE Communications Magazine*, 55(1), pp. 69-73.
- [139] National University of Singapore, Institute of Systems Science. (2017). *Smart Health Leadership Centre*. (National University of Singapore) Retrieved from <https://www.iss.nus.edu.sg/centres-of-excellence/smart-health-leadership-centre>
- [140] Niewolny, D. (2013). *How the Internet of Things Is Revolutionizing Healthcare*. Freescale.
- [141] Obradović, M. (2009). Modeli e-health komunikacije u zdravstvenom sistemu. *Infoteh-Jahorina*, 8(E-VI-4), pp. 747-750.
- [142] Parra, J. M., Valdez, W., Guevara, A., Cedillo, P., & Ortiz-Segarra, J. (2017). Intelligent pillbox: Automatic and programmable Assistive Technology device. *13th IASTED International Conference on Biomedical Engineering (BioMed)*. Innsbruck. doi:10.2316/P.2017.852-051
- [143] Patel, K. (2017, January 9). *Health and medicine, 6 Benefits of IoT for Hospitals and Healthcare*. Прейзето 2017 ca <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/6-benefits-of-iot-for-healthcare/>
- [144] Patel, S., Park, H., Bonato, P., Chan, L., & Rodgers, M. (2012). A review of wearable sensors and systems with application in rehabilitation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*. doi:10.1186/1743-0003-9-21
- [145] Personal Connected Health Alliance. (2015). *H.810 Interoperability design guidelines for personal health systems*. Personal Connected Health Alliance.
- [146] PharmaSecure. (2013). *NAFDAC Nigeria Mobile Authentication Service (MAS) requirements on anti-malarial & antibiotics*. Прейзето ca PharmaSecure™ Solutions: <http://www.pharmasecure.com/>
- [147] Picard, R. W., & Scheirer, J. (2001). The Galvactivator: A Glove that Senses and Communicates Skin Conductivity. *In Proceedings of the 9th International Conference on HCI*, pp. 1538-1542.
- [148] Ping, L., Subramaniam, K., & Krishnaswamy, S. (2008). Test anxiety: state, trait and relationship with exam. *Malaysian Journal of Medical Sciences*, 15(2), pp. 18-23.

- [149] pomdevices, LLC. (2015). *Sonamba, Medical Alert System*. Preuzeto November 15, 2015 ca <http://sonamba.com/>
- [150] Propeller Health. (2016). *Propeller Health*. Preuzeto ca Propeller: <https://www.propellerhealth.com/>
- [151] Radenković, B., Despotović Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., & Labus, A. (2015). *Elektronsko poslovanje* (1 ed.). Beograd: Fakultet organizacionih nauka Beograd.
- [152] Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., & Labus, A. (2014). IT Education as an Opportunity for Uprising of Serbian Economy. *Journal For Management Theory And Practice*, 71, pp. 57-71.
- [153] Radenković, B., Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., Labus, A., & Bojović, Ž. (2017). *Internet inteligentnih uređaja*. Beograd: Fakultet organizacionih nauka.
- [154] Raghupathi, W., & Raghupathi, V. (2014). Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Information Science and Systems*, 2(3). doi:10.1186/2047-2501-2-3
- [155] Rahmani, A.-M., Thanigaivelan, N. K., Gia, T. N., Granados, J., Negash, B., Liljeberg, P., & Tenhunen, H. (2015). Smart e-Health Gateway: Bringing intelligence to Internet-of-Things based ubiquitous healthcare systems. *12th Annual IEEE Consumer Communications and Networking Conference (CCNC)*, pp. 826 - 834. Las Vegas: IEEE. doi:10.1109/CCNC.2015.7158084
- [156] Raikar, M. M., Desai, P., & Naragund, J. G. (2016). Active learning explored in Open elective course: Internet of Things (IoT). *2016 IEEE 8th International Conference on Technology for Education*. doi:10.1109/T4E.2016.11
- [157] Ramanathana, N., Swendemanb, D., Comuladab, S., Estrina, D., & Rotheram-Borus, M. (2013). Identifying preferences for mobile health applications for self-monitoring and self-management: Focus group findings from HIV-positive persons and young mothers. *International journal of medical informatics*, pp. e38-e46. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.ijmedinf.2012.05.009>
- [158] Reljin, I., & Gavrovska, A. (2013). *Telemedicina*. Beograd: Akademska misao.

- [159] research2guidance. (2015). *mHealth App Developer Economics 2015*. research2guidance. Прегледо са <http://research2guidance.com/product/mhealth-developer-economics-2015/>
- [160] Roantree, M., Shi, J., Cappellari, P., O'Connor, M. F., Whelan, M., & Moyna, N. (2012). Data transformation and query management in personal health sensor networks. *Journal of Network and Computer Applications*, 35, pp. 1191-1202. doi:10.1016/j.jnca.2011.05.001
- [161] Rodic Trmcic, B., Labus, A., & Radenkovic, B. (2016). Internet of Things in e-health: application of wearables for stress management. *XV International Symposium SymOrg 2016*, pp. 387-395. Zlatibor, Serbia: Faculty of Organizational Sciences.
- [162] Rodic Trmcic, B., Labus, A., Bogdanovic, Z., Jovanic, B., Knezevic, D., & Stanojevic, G. (2017). Internet of things in E-health: an application of wearables in prevention and well-being. In *Handbook of research on emerging trends and applications of the Internet of Things*, pp. 191-197. IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-2437-3.ch007
- [163] Rodić-Trmčić, B., Labus, A., & Bogdanović, Z. (2016). Model mobilnog zdravstva zasnovan na tehnologijama wearable computing-a. *InfoM Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme*, 57(1), pp. 48-54.
- [164] Rodić-Trmčić, B., Labus, A., Barać, D., Popović, S., & Radenković, B. (2017). Designing a course for smart healthcare engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*. doi: 10.1002/cae.21901
- [165] Rodic-Trmcic, B., Labus, A., Bogdanovic, Z., Despotovic-Zrakic, M., & Radenkovic, B. (2018). Development of an IoT system for students' stress management. *Facta Universitatis*, 31.
- [166] Rodic-Trmcic, B., Labus, A., Mitrovic, S., Buha, V., & Stanojevic, G. (2017). Internet of things in E-health: an application of wearables in prevention and well-being. *Y Emerging Trends and Applications of the Internet of Things*. pp. 191-197. IGI Global. doi:10.4018/978-1-5225-2437-3.ch007
- [167] Rokk Media. (2016). *Health Industry Wearables*. Прегледо са Rokk Media: <http://www.rokkmedia.co.uk/blog/health-industry-wearables>
- [168] RunKeeper. (2016). *RunKeeper*. Прегледо са RunKeeper: <https://runkeeper.com/>

- [169] Saeb, S., Zhang, M., Karr, C., Schueller, S., Corden, M., Kording, K., & Mohr, D. (2015). Mobile Phone Sensor Correlates of Depressive Symptom Severity in Daily-Life Behavior: An Exploratory Study. *J Med Internet Res*, 17(7), pp. e175. doi:10.2196/jmir.4273
- [170] Salah, H., MacIntosh, E., & Rajakulendran, N. (2014). *Wearable Tech: Leveraging Canadian Innovation to Improve Health*. Toronto: MaRS Market Insights.
- [171] Salahuddin, M. A., Al-Fuqaha, A. I., Guizani, M., Shuaib, K., & Sallabi, F. (2017). Softwarization of Internet of Things Infrastructure for Secure and Smart Healthcare. *Computer*, 50(7), pp. 74-79. doi:10.1109/MC.2017.195
- [172] Sana. (2016). *Sana User and Technical Documentation*. Презенто са Sana: <http://dev.sanamobile.org/>
- [173] Saperova, E., & Dimitriev, D. (2014). Effects of smoking on heart rate variability in students (545.6). *The FASEB Journal*, 28(1), pp. 545-6.
- [174] Saravana kumar, M. N., Eswari, T., Sampath, P., & Lavanya, S. (2015). Predictive Methodology for Diabetic Data Analysis in Big Data. *2nd International Symposium on Big Data and Cloud Computing*. 50, pp. 203 – 208. Procedia Computer Science. doi:10.1016/j.procs.2015.04.069
- [175] Shen, L., Wang, M., & Shen, R. (2009). Affective e-Learning: Using “Emotional” Data to Improve Learning in Pervasive Learning Environment. *Educational Technology & Society*, 12(2), pp. 176-189.
- [176] Sheng, J., Li, F., & Wong, S. T. (2015). Optimal Drug Prediction From Personal Genomics Profiles. *J Biomed Health Inform*, 19(4), pp. 1264-70. doi:10.1109/JBHI.2015.2412522
- [177] Silva, B. M., Rodrigues, J. J., Díez, I. d., López-Coronado, M., & Saleem, K. (2015). Mobile-health: A review of current state in 2015. *Journal of Biomedical Informatics*, 56, pp. 265–272. doi:10.1016/j.jbi.2015.06.003
- [178] Silva, E. D., Macedo, M., Teixeira, C., Lanzer, E., & Graziani, Á. P. (2017). Game-Based Learning: Analysis of Students’ Motivation, Performance, and Drop Out in a Production Engineering Course. In J. Kantola, T. Barath, S. Nazir, & T. Andre (Eds.), *Advances in Human Factors, Business Management, Training and*

Education. Advances in Intelligent Systems and Computing, pp. 933-945. Cham: Springer.

- [179] Silva, F., Olivares, T., Royo, F., Vergara, M. A., & Analide, C. (2013). Experimental Study of the Stress Level at the Workplace Using an Smart Testbed of Wireless Sensor Networks and Ambient Intelligence Techniques. U *Natural and Artificial Computation in Engineering and Medical Applications* (T. 7931, pp. 200-209). Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-38622-0_21
- [180] Simões, L., Gonçalves, J., & Silva, J. (2017). Mobile application for stress assessment. *12th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. Lisbon: IEEE. doi:10.23919/CISTI.2017.7975904
- [181] Singapore University of Technology & Design. (2017, January 09). *EHA-SUTD MOU Yields Three Patents; Partnership Renewed For Five Years*. (Singapore University of Technology & Design) Прейзето 2017 ca <https://www.sutd.edu.sg/About-Us/News-and-Events/Press-Releases/2017/1/EHA-SUTD-MOU-Yields-Three-Patents;-Partnership-Ren>
- [182] Singh, R., & Banetjee, R. (2010). Multi-parametric Analysis of Sensory Data Collected from Automotive Drivers for Building a Safety-Critical Wearable Computing System. *2nd International Conference on Computer Engineering and Technology (ICCET)*, pp. V1-355 - V1-360. Chengdu: IEEE. doi:10.1109/ICCET.2010.5486110
- [183] Sloane, E., Welsh, J. P., & Judd, T. (2014). *White Paper: New Opportunities for BME/CE Health IT Education*. Chicago: CE-IT Community, HIMSS.
- [184] Smart Vision Labs. (2016). *The future of vision care has arrived*. Прейзето ca Smart Vision Labs: <https://www.smartvisionlabs.com/>
- [185] Sohail, N. (2013). Stress and Academic Performance Among Medical Students. *Journal of the College of Physicians and Surgeons Pakistan*, 23(1), pp. 67-71.
- [186] Spielberger, D. C. (1980). Test Anxiety Inventory: Preliminary Professional Manual. *Consulting Psychologists Press*.
- [187] Spire. (2015). *Spire*. (Spire) Прейзето November 15, 2015 ca <https://www.spire.io/>
- [188] Suraki, M. Y., & Jahanshahi, M. (2013). Internet of things and its benefits to improve service delivery in public health approach. *7th International Conference*

- on Application of Information and Communication Technologies (AICT)*, pp. 1-4. Baku: IEEE. doi:10.1109/ICAICT.2013.6722745
- [189] Suunto. (2015, November 01). *SUUNTO Foot Pod Mini*. Прегузето ка <http://www.suunto.com>
- [190] Tesan. (2016). *An Open, Ubiquitous and Adaptive Chronic Disease Management Platform for COPD and Renal Insufficiency*. Прегузето ка CHRONIOUS: <http://www.chronious.eu/>
- [191] The Cloud Standards Customer Council. (2012, Novembar). *Impact of Cloud Computing on Healthcare*. Прегузето ка Cloud Standards Customer Council: <http://www.cloud-council.org>
- [192] The MathWorks, Inc. (2017). *Understand Your Things. The open IoT platform with MATLAB analytics*. (The MathWorks, Inc.) Прегузето ка <https://thingspeak.com/>
- [193] The National Alliance for Health Information Technology. (2008). *Defining Key Health Information Technology Terms*. USA: The National Alliance for Health Information Technology.
- [194] Thusu, R. (2011). *Medical Sensors Facilitate Health Monitoring*. (SensorsOnline) Прегузето April 26, 2015 ка <http://www.sensorsmag.com/specialty-markets/medical/sensors-facilitate-health-monitoring-8365>
- [195] Tunca, C., Alemdar, H., Ertan, H., Incel, O. D., & Ersoy, C. (2014). Multimodal Wireless Sensor Network-Based Ambient Assisted Living in Real Homes with Multiple Residents. *Sensors (Basel, Switzerland)*, 14(6), pp. 9692–9719. doi:10.3390/s140609692
- [196] UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership. (2009). *Vital Wave Consulting. mHealth for Development: The Opportunity of Mobile Technology for Healthcare in the Developing World*. Washington, D.C. and Berkshire, UK: UN Foundation-Vodafone Foundation Partnership.
- [197] Universitat de Girona. (2017). *Master's in Smart Healthcare*. (Universitat de Girona) Retrieved from <http://smarthealthcare.udg.edu/plan.html>
- [198] University of Cambridge, China Mobile. (2011). *Mobile Communications for Medical Care: a study of current and future healthcare and health promotion*

applications, and their use in China and elsewhere. Final report. University of Cambridge, China Mobile.

- [199] Uzelac, A., Gligoric, N., & Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. *Computers in Human Behavior*, 53, pp. 427–434. doi:10.1016/j.chb.2015.07.023
- [200] Ventola Lee, C. (2014). Mobile devices and apps for health care professionals: uses and benefits. *Pharmacy and Therapeutics*, 39(5), pp. 356-64.
- [201] Villarejo, M. V., Zapirain, B. G., & Zorrilla, A. M. (2012). A Stress Sensor Based on Galvanic Skin Response (GSR) controlled by ZigBee. *Sensors*, 12, pp. 6075-6101. doi:10.3390/s120506075
- [202] Wang, W.-C. (2014). A study of the type and characteristics of relaxing music for college students. *Proceedings of Meetings on Acoustics*, 21. Providence, Rhode.
- [203] Weber, J. H., & Price, M. (2016). Closing the Gap — Enacting Knowledge Transfer between Engineering and Use of Healthcare Software. *IEEE/ACM International Workshop on Software Engineering in Healthcare Systems (SEHS)*. Austin.
- [204] West, D. (2013, October). *Improving Health Care through Mobile Medical Devices and Sensors*. Washington: Center for Technology Innovation at Brookings. Прейзето April 27, 2015
- [205] Wijsman, J., Grundlehner, B., & Hermens, H. (2013). Wearable Physiological Sensors Reflect Mental Stress State in Office-Like Situations. *Humaine Association Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII)*, pp. 600-605. Geneva: IEEE. doi:10.1109/ACII.2013.105
- [206] Winslow, B. D., Chadderdon, G. L., Dechmerowski, S. J., Jones, D. L., Kalkstein, S., Greene, J. L., & Gehrman, P. (2016). Development and Clinical Evaluation of an mHealth Application for Stress Management. *Front. Psychiatry*, 7(130). doi:10.3389/fpsy.2016.00130
- [207] World Famous Electronics llc. (2017). *Pulse Sensor Amped*. Прейзето ca Pulse Sensor: <https://pulsesensor.com/>
- [208] World Health Organization. (2006). *Building foundations for eHealth: progress of Member States: report of the WHO Global Observatory for eHealth*. Geneva:

- World Health Organization. Прейзето December 27, 2014 ca
http://whqlibdoc.who.int/publications/2006/9241563354_eng.pdf
- [209] World Health Organization. (2010). *Telemedicine: opportunities and developments in Member States: report on the second global survey on eHealth*. Geneva: World Health Organization.
- [210] World Health Organization. (2011). Global Observatory for eHealth. mHealth: New horizons for health through mobile technologies: second global survey on eHealth. Global observatory for eHealth series. *Volume 3*. Geneva: World Health Organization.
- [211] World Health Organization. (2013). *Health 2020. A European policy framework and strategy for the 21st century*. Copenhagen: World Health Organization.
- [212] World Health Organization. (2016). *Health Systems Strengthening Glossary*.
 Preuzeto sa Health systems:
http://www.who.int/healthsystems/hss_glossary/en/index5.html
- [213] World Health Organization and International Telecommunication Union. (2012). *National eHealth Strategy Toolkit*. Geneva: World Health Organization and International Telecommunication Union.
- [214] World Wide Web Consortium. (2017). *Extensible Markup Language (XML)*.
 Прейзето ca World Wide Web Consortium (W3C): <https://www.w3.org/>
- [215] Wu, Y.-C., Chen, P.-F., Hu, Z.-H., Chang, C.-H., Lee, G.-C., & Yu, W.-C. (2009). A mobile health monitoring system using RFID ring-type pulse sensor [abstract]. *Dependable, Autonomic and Secure Computing, 1*, pp. 317-322. doi:10.1109/DASC.2009.136
- [216] Yang, J.-J., Li, J., Mulder, J., Wang, Y., Chen, S., Wu, H., . . . Pan, H. (2015). Emerging information technologies for enhanced healthcare. *Computers in Industry, 69*, pp. 3-11.
- [217] Zafar, M. A., Ahmed, B., & Gutierrez-Osuna, R. (2017). Playing with and without Biofeedback. *IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), 2017*. Perth: IEEE.
- [218] Zallio, M., Berry, D., & Casiddu, N. (2016). Adaptive environments for enabling senior citizens: An holistic assessment tool for housing design and IoT-based technologies. *IEEE 3rd World Forum on Internet of Things (WF-IoT)*. Reston.

- [219] Zaslavsky, A., Perera, C., & Georgakopoulos, D. (2012). Sensing as a Service and Big Data. *Proceedings of the International Conference on Advances in Cloud Computing (ACC)*, pp. 21-29. Bangalore.
- [220] Zubair, M., Yoon, C., Kim, H., Kim, J., & Kim, J. (2015). Smart Wearable Band for Stress Detection. *5th International Conference on IT Convergence and Security (ICITCS)*, pp. 1-4. Kuala Lumpur: IEEE.
doi:10.1109/ICITCS.2015.7293017
- [221] Zubaydi, F., Saleh, A., Aloul, F., & Sagahyroon, A. (2015). Security of Mobile Health (mHealth) Systems. *IEEE International Conference on Bioinformatics and Bioengineering (BIBE)*. Belgrade: IEEE. doi:10.1109/BIBE.2015.7367689
- [222] Влада Републике Србије. (2009). *Уредба о програму рада, развоја и организацији интегрисаног здравственог информационог система – „е-Здравље“*. Београд: Службени гласник РС, број 95/09.
- [223] Влада Републике Србије. (2010). *Стратегија развоја информационог друштва у Републици Србији до 2020. године*. Службени гласник РС. Преузето са www.digitalnaagenda.gov.rs/dokumenti/
- [224] Влада Републике Србије. (2014). Закон о здравственој заштити бр. 107/2005, 72/2009 - др. закон, 88/2010, 99/2010, 57/2011, 119/2012, 45/2013 - др. закон и 93/2014. Београд: Службени гласник РС.

10 СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Пример типичне архитектуре сервиса мобилног здравства (Silva, Rodrigues, Díez, López-Coronado, & Saleem, 2015)	19
Слика 2. Архитектура IoT система за <i>smart healthcare</i> апликације и сервисе (Salahuddin, Al-Fuqaha, Guizani, Shuaib, & Sallabi, 2017)	34
Слика 3. Подела сервиса и апликација Интернета интелигентних уређаја (Islam, Kwak, Kabir, Hossain, & Kwak, 2015)	46
Слика 4. Комуникациона архитектура бежичне сензорске мреже (Radenković, et al., 2017)	54
Слика 5. Архитектура болничког система чије се пословање заснива на рачунарству у облаку (Lupse, Vida, & Stoicu-Tivadar, 2012)	66
Слика 6. Структура модела мобилног здравства заснованог на <i>wearable computing</i> -у	74
Слика 7. Вишеслојни модел инфраструктуре система мобилног здравства заснованог на <i>wearable computing</i> -у	78
Слика 8. Процес одлучивања код модула за упозорења (Chen, Lai, Hwang, Lai, & Wang, 2015)	80
Слика 9. Концептуални модел комуникације између интелигентних уређаја и платформе рачунарства у облаку преко веб сервиса	80
Слика 10. Концептуални модел интеграције система мобилног здравства заснованог на <i>wearable computing</i> -у са системом електронског здравства	81
Слика 11. Општа структура модела развоја курса из области мобилног здравства	85
Слика 12. Комерцијална <i>wearable</i> наруквица Xiaomi Mi Band 2 (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	93
Слика 13. Шематски приказ компоненти <i>wearable</i> система за мерење откуцаја срца (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	94
Слика 14. Изглед уређаја на руци током евалуације (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	95
Слика 15. Дијаграм случајева коришћења	96

Слика 16. Општање уз мобилну апликацију за здравство са садржајима за релаксацију (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	97
Слика 17. Интеграција система мобилног здравства заснованог на <i>wearable computing</i> -у за контролу стреса и <i>wearable</i> система (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	98
Слика 18. Примери фотографија из природе који су део мобилне апликације за здравство са садржајима за релаксацију	99
Слика 19. Концептуални модел система заснованог на <i>wearable computing</i> -у	101
Слика 20. Упит у алату <i>Stream Analytics job</i> и приказ резултата упита	101
Слика 21. Протокол и фазе тестирања (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	105
Слика 22. Дистрибуција разлика измерених упросечених вредности пулса између пре-тест фазе и пост-тест фазе (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	107
Слика 23. Дистрибуција упросечених вредности пулса током фазе тестирања и пост-тест фазе и разлике међу фазама у експерименталној и контролној групи (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	109
Слика 24. Дистрибуција скорова STAI теста током три фазе тестирања (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakis, & Radenkovic, 2018)	112
Слика 25. IoT прототип са сензором за мерење пулса који је развијен у оквиру Лабораторије за електронско пословање (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	114
Слика 26. Измерени подаци су приказани на <i>ThingSpeak</i> IoT платформи (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	115
Слика 27. Приказ сензорских података на клијентском мобилном уређају (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	116
Слика 28. Повезане компоненте Интернета интелигентних уређаја и коначан изглед <i>wearable</i> -мараме (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	118
Слика 29. Фреквенца поена које су остварили студенти на пре-тесту и пост-тесту (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	123

11 СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1. Корисници и сврха коришћења здравствених података (Burns & Johnson, 2015)	22
Табела 2. Преглед стандарда ISO/IEEE 11073 (Personal Connected Health Alliance, 2015)	28
Табела 3. Приказ структуре, садржаја, исхода по темама, потребног времена за реализацију тема курса <i>Smart healthcare</i> (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017).	87
Табела 4. Предуслови за реализацију курса и вештине студената потребне у оквиру курса (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	90
Табела 5. Дескриптивна статистика узорка (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	104
Табела 6. Дистрибуција временаведеног на различитим садржајима за релаксацију преко мобилне апликације за здравство (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	110
Табела 7. Дистрибуција испитаника према резултатима STAI теста (Rodic-Trmcic, Labus, Bogdanovic, Despotovic-Zrakic, & Radenkovic, 2018)	111
Табела 8. Демографски подаци испитаника (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	120
Табела 9. Резултати евалуације ставова и утисака студената које су стекли током практичних вежби у оквиру курса <i>Smart healthcare</i> (\bar{X} - просечна оцена од 1 до 5; δ – стандардна девијација, оцене: У потпуности се слажем – 5; слажем се – 4; нисам сигуран/на – 3; не слажем се – 2; у потпуности се не слажем - 1) (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	124
Табела 10. Листа питања из упитника за евалуацију квалитета садржаја са аспекта интердисциплинарности и дескриптивна статистика узорка (Rodić-Trmčić, Labus, Varać, Popović, & Radenković, 2017)	127
Табела 11. Импликације проистекле из истраживања и евалуације курса за <i>smart healthcare</i>	137

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Бранка Родић Трмчић рођена 1976. године у Сплиту, Хрватска. Вишу медицинску школу, одсек нутрициониста-дијететичар завршила 1998. године и стекла звање виши дијететичар-нутрициониста. Факултет организационих наука, одсек Информациони системи завршава 2007. године и одбраном дипломског рада под називом „Примена сервисно оријентисане архитектуре на развој електронских сервиса у здравству“ стиче звање дипломирани инжењер организационих наука-одсек за информационе системе. Мастер студије на студијском програму Савремене информационе технологије Универзитета Сингидунум уписује 2011. године, а 2012, године брани мастер рад под називом „*Android* апликација за *healthcare* систем“ са највишом оценом. Специјалистичке академске студије завршила је 2015. године на Факултету организационих наука одбраном специјалистичког рада „Сервиси мобилног здравства засновани на концепту *wearable computing-a*“ и стиче назив специјалиста инжењер организационих наука. Докторске студије, студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Електронско пословање, уписала је на Факултету организационих наука 2015. године.

Од фебруара, 2014. године запослена је као предавач за ужу научну област Информатика у Високој здравственој школи струковних студија у Београду, на предмету Информатика у здравству на основним студијама и предметима специјалистичких струковних студија: Методологија истраживања у здравству, Телемедицина, Дијететика у јавном здрављу, Промоција правилне исхране.

Кроз здравствену делатност, од 1998. године, била је ангажована на бројним превентивним програмима унапређења и очувања здравља. Искуство у софтверском развоју апликација и имплементацији пројектних решења стицала је од 2007. године кроз бројне пројекте мКаталог, мПаркинг (систем за наплату паркинга кроз градске зоне), *Payment* киоск терминали (рад на веб апликацији и веб сервисима за различите врсте *prepaid* наплата), *MyNewBabyCam* (клијент/сервер апликација и веб презентација за *video-streaming* новорођених беба).

Изјава о ауторству

Име и презиме аутора _____ **Бранка Родић Трмчић** _____

Број индекса _____ **5019/2015** _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да дисертација у целини ни у деловима није била предложена за стицање друге дипломе према студијским програмима других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

Потпис аутора

У Београду, _____ **24.01.2018.** _____

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора **Бранка Родић Трмчић**
Број индекса **5019/2015**
Студијски програм **Информациони системи и квалитативни менаџмент**
Наслов рада **Развој модела мобилног здравства заснованог на
wearable computing-у**
Ментор **др Александра Лабус**

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради похрањена у **Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског назива доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис аутора

У Београду, _____24.01.2018._____

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Развој модела мобилног здравства заснованог на *wearable computing*-у

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигиталном репозиторијуму Универзитета у Београду и доступну у отвореном приступу могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)
2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)
- 3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)**
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)
5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)
6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци.
Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве).

Потпис аутора

У Београду, _____ 24.01.2018. _____

1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.