

**УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ**  
**ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА**

Константин М. Симић

**Модел инфраструктуре е-образовања  
базиран на Интернету интелигентних  
уређаја**

Докторска дисертација

Београд, 2017. године

**UNIVERSITY IN BELGRADE**  
**FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES**

Konstantin M. Simić

**Model of e-Learning Infrastructure Based on  
the Internet of Things**

Doctoral Dissertation

Belgrade, Serbia, 2017

Ментор:

**др Маријана Деспотовић-Зракић,**

Редовни професор, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

Чланови комисије:

**др Божидар Раденковић,**

Редовни професор, Универзитет у Београду,

Факултет организационих наука

**др Милорад Станојевић,**

Редовни професор у пензији, Универзитет у Београду,

Саобраћајни факултет

Датум одбране: \_\_\_\_\_

## **Модел инфраструктуре е-образовања базиран на Интернету интелигентних уређаја**

### **Апстракт:**

*Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела инфраструктуре високошколске образовне установе засноване на концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја. Централни проблем који се разматра у дисертацији је испитивање могућности примене Интернета интелигентних уређаја у образовном окружењу.*

*У дисертацији је представљен модел инфраструктуре електронског образовања заснован на концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја. Модел обухвата елементе инфраструктуре и архитектуре образовног система, бежичне сензорске мреже које ће бити коришћене у имплементацији модела инфраструктуре система електронског образовања, могућности интеграције образовне инфраструктуре и бежичних сензорских мрежа са образовним порталима и системом за управљање учењем. Биће детаљно представљен crowdsourcing концепт који омогућава унапређење образовног процеса кроз укључивање студената у креирању наставних материјала и процеса наставе.*

*Предложени модел се интегрише са постојећим компонентама образовне инфраструктуре. У оквиру евалуације модела у докторској дисертацији биће реализовано тестирање и мерење релевантних параметара који утичу на ефикасност предложеног модела.*

**Кључне речи:** *инфраструктура, е-образовање, Cloud Computing, Интернет интелигентних уређаја, Crowdsourcing.*

**Научна област:** *Информациони системи и технологије*

**Ужа научна област:** *Електронско пословање*

**УДК број:**

## **Model of e-Learning Infrastructure Based on the Internet of Things**

### **Abstract:**

*The subject of this thesis is development of an infrastructure model of a higher educational institution, based on Internet of Things concepts and technologies. The main problem discussed in the thesis is to investigate the possibilities for using Internet of Things in educational environment.*

*This thesis includes a model of e-learning infrastructure based on concepts and technologies of the Internet of Things. The model contains elements of infrastructure and architecture of an educational system, wireless sensor networks which are going to be used in deploying the model of e-learning infrastructure, possibilities of integration e-learning infrastructure and wireless sensor networks with learning portals and learning management systems. Furthermore, a crowdsourcing concept, which enables improving learning process by including students in creating teaching materials and teaching process, is going to be presented in detail.*

*The proposed model is going to be integrated with current components of the learning infrastructure. During the model evaluation in doctoral dissertation, testing and measuring of relevant parameters related to efficiency of proposed model are going to be performed.*

**Key Words:** *Infrastructure, e-learning, Cloud Computing, Internet of Things, Crowdsourcing*

**Scientific Field:** *Information Systems and Technology*

**Scientific Subfield:** *E-business*

**UDC Number:**

# Садржај

1	Увод .....	1
1.1	Дефинисање предмета истраживања .....	1
1.2	Циљеви истраживања .....	4
1.3	Полазне хипотезе .....	5
1.4	Методологија истраживања .....	6
1.5	Структура и организација рада.....	7
2	Електронско образовање.....	9
2.1	Појам и дефиниција.....	9
2.2	Системи електронског учења.....	13
2.3	Свеприсутно учење.....	18
3	Инфраструктура за електронско образовање.....	21
3.1	Системи за управљање учењем .....	21
3.2	Појам и примена Cloud Computing концепта и технологија.....	22
3.3	Појам, улога и протоколи система за управљање дигиталним идентитетима .....	25
3.3.1	Системи за управљање дигиталним идентитетима у Cloud Computing окружењу.....	27
3.3.2	Управљање дигиталним идентитетима у образовним институцијама.....	28
3.3.3	Стандарди и протоколи за управљање дигиталним идентитетима.....	29

3.4	Веб сервиси, сервисно-оријентисана и ресурсно-оријентисана архитектура .....	30
3.5	Нерелационе базе података и Big Data .....	32
3.6	Crowdsourcing.....	33
4	Технологије Интернета интелигентних уређаја у електронском образовању	37
4.1	Појам и дефиниција Интернета интелигентних уређаја .....	37
4.1.1	Компоненте Интернета интелигентних уређаја.....	39
4.1.2	Паметна окружења.....	46
4.2	Архитектура, стандарди и протоколи Интернета интелигентних уређаја	47
4.2.1	Сензорске мреже и IoT протоколи .....	47
4.2.2	Примена Cloud Computing-а и Big Data концепата у Интернету интелигентних уређаја .....	50
4.3	Примена Wearable Computing концепта у електронском образовању.....	53
4.4	Појам и дефиниција паметних учионица .....	55
4.4.1	Дефиниција паметних учионица .....	55
4.4.2	Паметни универзитет.....	57
4.4.3	Паметна е-управа .....	64
4.5	Примена Интернета интелигентних уређаја у електронском образовању	65
4.5.1	Платформе специјализоване за развој пројеката Интернета интелигентних уређаја .....	67

5	Развој модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја .....	82
5.1	Анализа постојећег решења .....	82
5.2	Моделирање архитектуре система .....	85
5.3	Моделирање инфраструктуре система .....	88
5.4	Моделирање паметног образовног система .....	89
5.4.1	Бежичне сензорске мреже .....	89
5.5	Интеграција паметног образовног окружења са системом за управљање учењем .....	91
5.5.1	Приказ сервиса за Интернет интелигентних уређаја.....	93
6	Имплементација и примена развијеног модела .....	95
6.1	Пројектни захтеви.....	95
6.2	Фазе увођења модела.....	95
6.3	Пројектовање и имплементација инфраструктуре на основу развијеног модела .....	96
6.3.1	Фаза припреме курса .....	96
6.3.2	Фаза планирања курса .....	97
6.3.3	Фаза постављања инфраструктуре .....	101
6.3.4	Фаза имплементације курса .....	129
6.3.5	Фаза евалуације курса .....	129
6.4	Анализа резултата.....	130
7	Научни и стручни доприноси.....	139



8	Будућа истраживања .....	146
9	Закључак.....	147
10	Литература .....	148
11	Списак слика .....	170
12	Списак табела.....	174
13	Прилози .....	175
14	Основни биографски подаци о кандидату .....	181

# 1 УВОД

Развојем информационо-комуникационих технологија долази до значајних промена у начину извођења наставе и образовног процеса у целини. Увођење система за даљинско учење и система за управљање учењем представља прекретницу у развоју образовања. Данас универзитети широм света користе различите системе за управљање учењем, који омогућавају креирање и управљање курсевима.

Један од главних изазова електронског образовања је могућност прилагођавања образовних садржаја различитим студентима и различитим образовним курсевима. Интернет интелигентних уређаја омогућава повезивање великог броја различитих и разнородних уређаја на глобалну мрежу. Уз помоћ различитих сензора, актуатора и других интелигентних уређаја, могуће је креирати паметно образовно окружење чије могућности могу да се искористе за прилагођавање образовног процеса учесницима у настави.

Да би се концепти и технологије Интернета интелигентних уређаја применили у образовном окружењу, неопходно је постојање квалитетне хардверске и софтверске инфраструктуре. Могуће је развити сопствену образовну инфраструктуру и инфраструктуру Интернета интелигентних уређаја или је могуће користити готову инфраструктуру која је постављена ван седишта образовне институције, коју одржава екстерна консултантска компанија чије се услуге најчешће плаћају месечно, по утрошку ресурса. Оба приступа развоја инфраструктуре могуће је реализовати коришћењем Cloud Computing концепта.

## 1.1 *Дефинисање предмета истраживања*

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела инфраструктуре е-образовања заснованог на концептима Интернета интелигентних уређаја. Централни проблем који се разматра у дисертацији је испитивање могућности

примене концепата Интернета интелигентних уређаја, crowdsourcing-a, cloud computing и big data инфраструктура за развој система паметног факултета.

Примена информационо-комуникационих технологија у свакодневном животу допринела је увођењу ових технологија и у област образовања. Велики број универзитета и осталих образовних институција широм света, поред традиционалног учења, користи системе за електронско образовање. Електронско образовање (е-образовање) представља комплексан систем који се састоји од удаљеног учења и подучавања, као временски и просторно одвојених процеса. Системи за управљање учењем (*енг.* LMS-Learning Management System) представљају кључне компоненте система е-образовања, најчешће интегрисане са порталима образовних инситуција.

Процес учења је у данашње време свеprisутан. Велики број различитих уређаја, као што су паметни мобилни телефони и таблет рачунари, омогућава независност процеса учења од временске и просторне димензије. Овакав процес учења назива се свеprisутно учење (*енг.* ubiquitous learning) (Hwang, Yang, Tsai, & Yang, 2009). Већина LMS софтвера узима у обзир свеprisутну компоненту учења. Модел који ће бити представљен у дисертацији приказаће интеграцију постојећег Moodle LMS-a и инфраструктуре за е-образовање која је заснована на Интернету интелигентних уређаја. Наведена инфраструктура ће бити постављена у оквиру шире рачунарске инфраструктуре Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука Универзитета у Београду.

За изградњу стабилног образовног окружења, неопходно је поседовање одговарајуће инфраструктуре. Инфраструктура треба да буде поуздана, дистрибуирана и скалабилна, да би могла да подржи непрестани раст броја студената који похађају електронске курсеве. Ценовно ефикасно решење представља Cloud Computing. Cloud Computing представља високо скалабилну и апстраховану инфраструктуру, са виртуелизованим ресурсима. Данас многи светски универзитети користе сопствене приватне облаке за изградњу окружења за електронско образовање. Компонента модела инфраструктуре е-образовања

биће и системи дигиталних идентитета, који омогућавају јединствену пријаву студената на све доступне образовне сервисе.

Примена концепта Интернета интелигентних уређаја (*енг.* Internet of Things) омогућава прилагођавање образовног процеса студентима, на основу различитих субјективних и објективних података који се могу измерити. Интернет интелигентних уређаја подразумева повезивање различитих и разнородних уређаја на Интернет, најчешће сензора и актуатора. Наведени уређаји се могу повезати у бежичне сензорске мреже, које могу да прикупљају различите сирове податке и да их прослеђују серверима на обраду. Приликом креирања модела, треба узети у обзир и прилагођавање образовног система студентима са посебним потребама.

Област *wearable computing* се такође може применити у образовању. Уређаји попут паметних сатова и паметних наочара омогућавају интеракцију корисника са деловима одеће, односно модним додацима. Студенти ове уређаје могу користити као део система свеприсутног учења, односно могу добијати наставне материјале и корисне информације о студирању на ове уређаје.

С обзиром на велике количине података прикупљених са сензора, потребно је поседовати адекватно складиште података. Стандардне релационе базе података нису најпогодније решење код складиштења више терабајта сирових података, због своје неоптимизованости. Увођење *big data* инфраструктуре омогућава рад са великим количинама података. *Big data* представља упрошћени апстраховани модел база података који омогућава поузданост, дистрибуираност и скалабилност. Карактеристике *big data* концепта су разноврсност и обим података, као и брзина прикупљања, складиштења и дистрибуције података. Подаци нису структурирани и у различитим су форматима: текст, аудио, видео, *clickstream*, лог фајлови, подаци са сензора и сл. Подаци су често временски осетљиви, потребно је брзо их доставити и анализирати.

Друштвена димензија образовања је од великог значаја у процесу унапређења образовних процеса. Студенти, односно главни учесници образовног процеса, треба да учествују у доношењу одлука везаних за унапређење образовних

процеса. Друштвене мреже представљају погодно окружење за crowdsourcing, односно прикупљање знања од стране различитих учесника онлајн заједнице. Учесници образовног процеса, дељењем наставних материјала и разменом искустава могу проширити своје знање.

## **1.2 Циљеви истраживања**

Примарни циљ истраживања је развој модела система инфраструктуре електронског образовања у оквиру високошколске установе, заснованог на Интернету интелигентних уређаја. Циљ рада се реализује кроз имплементацију технологија и концепата Интернета интелигентних уређаја у савремену инфраструктуру електронског образовања. Циљеви које треба постићи имплементацијом модела система електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја су:

- повећање ефикасности и ефективности електронског учења кроз прилагођавање система потребама студената.
- побољшање квалитета наставних материјала применом crowdsourcing концепата.
- побољшање међусобне сарадње и комуникације студената
- побољшање сарадње и комуникације између студената и наставника
- прилагођавање образовних процеса и материјала у реалном времену
- побољшање квалитета електронског образовања прилагођавањем система студентима са посебним потребама.
- повећање степена доступности система електронског образовања изградњом поуздане информационо-комуникационе инфраструктуре.
- побољшање дизајна и корисности система за управљање учењем.

- повећање мотивисаности за учење и резултата студената.

### **1.3 Полазне хипотезе**

Главна хипотеза која ће бити тестирана у раду гласи:

Развојем и применом модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја унапређују се квалитет и доступност образовног процеса, повећава се ниво усклађености материјала за учење са карактеристикама и потребама студената, повећавају се задовољство и заинтересованост студената и побољшавају се коначни резултати образовног процеса.

На основу дефинисаног предмета истраживања може се издвојити неколико посебних хипотеза:

- Х1. Могуће је развити инфраструктуру електронског образовања која је заснована на Интернету интелигентних уређаја.
- Х2. Инфраструктура електронског образовања заснована на концептима Интернета интелигентних уређаја доприноси побољшању квалитета и коначних исхода образовног процеса.

Даљим прецизирањем наведених посебних хипотеза, формулишу се појединачне које се односе на елементарне чиниоце предмета истраживања:

- Х1.1. Применом Интернета интелигентних уређаја могуће је моделирати систем електронског образовања који је прилагођен потребама студената.
- Х1.2. Инфраструктуру електронског образовања засновану на Интернету интелигентних уређаја могуће је интегрисати са постојећим системима за управљање електронским учењем, као што је Moodle.

- X1.3. Применом Интернета интелигентних уређаја и big data технологија у cloud computing окружењу могуће је обезбедити већи квалитет и доступност података.
- X2.1. Могуће је реализовати евалуацију модела инфраструктуре заснованог на концептима Интернета интелигентних уређаја.
- X2.2. Студенти остварују боље резултате када користе инфраструктуру електронског образовања засновану на концептима Интернета интелигентних уређаја.
- X2.3. Образовни процес у оквиру инфраструктуре електронског образовања засноване на Интернету интелигентних уређаја позитивно утиче на мотивацију и интересовање студената.

#### **1.4 Методологија истраживања**

У сврху израде овог рада, од општих научних метода користиће се методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Моделирање се користи приликом израде модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја. Аналитичко-дедуктивне методе користиће се за анализу података о постојећим решењима, о процесима електронског образовања заснованим на Интернету интелигентних уређаја, као и о технологијама, приступима и библиотекама за развој софтверских компонената. Мерење релевантних параметара и анализа добијених резултата ће бити обављено помоћу стандардних статистичких метода.

У експерименталном делу ће бити извршена евалуација развијеног модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја. Биће коришћени подаци прикупљени са сензора и других интелигентних уређаја постављене инфраструктуре. Добијени резултати експеримента треба да потврде главне хипотезе, односно да је могуће развити

инфраструктуру електронског образовања засновану на Интернету интелигентних уређаја и да наведена инфраструктура доприноси побољшању квалитета и коначних исхода образовних процеса.

Резултати истраживања биће презентовани текстуално, описивањем, и приказани кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима. Истраживање ће бити интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине: методологију, статистику, рачунарство, информатику, електронику, менаџмент, психологију, педагогију и друге.

## **1.5 Структура и организација рада**

Прво поглавље ове докторске дисертације бави се уводним разматрањима примене Интернета интелигентних уређаја у електронском образовању. У оквиру тог поглавља, дефинисани су проблем и предмет истраживања. Дефинисани су циљеви истраживања. Постављене су полазне хипотезе, које ће бити потврђене или оповргнуте у дисертацији. Дефинисана је методологија истраживања.

У другом поглављу су дефинисани теоријски оквири електронског образовања. Описани су системи електронског образовања, као и свеprisутно учење.

Треће поглавље дефинише инфраструктуру за електронско образовање као кључну компоненту Дисертације. Приказани су системи за управљање учењем. Дефинисан је појам Cloud Computing-a, односно рачунарства у облаку. Објашњени су системи за управљање дигиталним идентитетима као битни елементи образовне инфраструктуре. Такође, објашњени су појам и улога нерелационих база података у образовној инфраструктури, као и crowdsourcing концепт.

У четвртном поглављу разматра се Интернет интелигентних уређаја (*енг.* Internet of Things) у контексту електронског образовања. Приказује се архитектура, стандарди и протоколи Интернета интелигентних уређаја. Дефинише се појам носивог рачунарства (*енг.* Wearable Computing). Такође, дефинишу се и појам и



улога паметних учионица и Интернета интелигентних уређаја у електронском образовању.

У петом поглављу се приказује модел инфраструктуре електронског образовања заснован на Интернету интелигентних уређаја. Најпре се приказује анализа стања постојеће инфраструктуре. Затим се представља поступак моделирања архитектуре система, инфраструктуре система, паметног образовног система, као и интеграција паметног образовног окружења са системом за управљање учењем и осталим компонентама образовне инфраструктуре.

У шестом поглављу се приказује имплементација и примена развијеног модела, као и анализа постигнутих резултата.

## 2 ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ

### 2.1 Појам и дефиниција

Најранији трагови образовања на даљину датирају још из осамнаестог века, када је 1728. године наставник Caleb Phillips објавио оглас у листу „The Boston Gazette“, у коме тражи студенте заинтересоване за добијање нових лекција путем поште (Varorikar, 2012). Читав век касније, 1858. године, Универзитет у Лондону је омогућио стицање образовања на даљину. То је уједно био први, а у то време и једини универзитет који је омогућио учење на даљину (Islamov & Islamov, 2013).

До појаве електронских медија, курсеви на даљину су били искључиво дописни (*енг.* corresponding courses). Током двадесетог века уведени су курсеви на даљину на радију, телевизији и снимљеним аудио-тракама (Passerini & Granger, 2000). Појава Интернета крајем истог века допринела је развоју образовања на даљину, чиме се простор у коме студенти уче приближио традиционалној учионици (Passerini & Granger, 2000).

Moore и Kearsley образовање на даљину дефинишу као планирано учење које је просторно одвојено од предавања и које захтева посебне технике дизајнирања курса, посебне технике инструкција, посебне методе комуникације применом електронских и других технологија, као и организациона и административна прилагођавања (Moore & Kearsley, 1996).

Giannoni и Tesone образовање на даљину дефинишу као двосмерну комуникацију између студената и предавача, при чему је главни носилац комуникације између њих раздвојеност, у различитим просторним и временским оквирима, а главни циљ је побољшање образовног процеса (Giannoni & Tesone, 2003).

Keegan сматра да је образовање на даљину засновано на савременим телекомуникационим технологијама и да превазилази ограничења традиционалног учења. Као и код класичног образовног процеса у учионицама, студенти могу да уживо траже објашњења од предавача путем (видео)конференције (Keegan, 2005).

Електронско образовање (*енг.* electronic education, e-education или e-learning) представља испоруку различитих наставних материјала, активности, програма учења коришћењем електронских медија (Т. Anderson & Elloumi, 2004).

Систем електронског образовања подразумева следеће елементе (Barać, Bogdanović, & Damjanović, 2008):

- Просторну и временску одвојеност процеса учења на даљину и подучавања на даљину;
- Различите форме наставних материјала (текстуалне скрипте, мултимедијални садржаји);
- Индивидуални или групни процес учења;
- Коришћење различитих форми комуникације између предавача и студената (форум, чет, друштвене мреже);
- Интерактивни рад са студентима.

Електронско образовање се може дефинисати и као испорука различитих инструкција, лекција, интерактивних и мултимедијалних курсева применом Интернет технологија (Pastore, 2002). Под инструкцијама се подразумева окружење у коме се процес учења одвија. Наведено окружење обухвата ученика и простор у оквиру кога се учење одвија, где ученик користи различите уређаје и алате за интерпретацију информација (Wilson, 1996). Образовна окружења зависе од шест димензија: времена (*енг.* time), места (*енг.* place), простора (*енг.* space), технологије (*енг.* technology), интеракције (*енг.* interaction) и контроле (*енг.* control) (Piccoli, Ahmad, & Ives, 2001). Увођењем савремених технологија у процес образовања, учење и наставни материјали су постали доступнији. Велики светски универзитети су путем Интернет сајта Coursera понудили бесплатне online курсеве свим заинтересованим лицима (Severance, 2012).

Концептуални модел е-образовања према (Bogdanović, 2011) приказан је на слици 1.



**Слика 1: Концептуални модел електронског образовања (Bogdanović, 2011)**

Образовни садржаји који се испоручују студентима коришћењем Интернет технологија се називају објектима учења. Другим речима, објекти учења представљају дигиталне или не-дигиталне ентитете који могу да се употребљавају, поново користе или референцирају током технолошки подржаног образовног процеса (DA Wiley, 2000).

Постоје следећи методи испоруке образовних садржаја у електронском образовању (Labus, 2012):

- Штампани материјали (е-текст, књиге, електронски магазини и чланци);

- Видео материјали (видео стриминг, DVD/Bluray дискови, сателитски пренос, кабловски пренос);
- Аудио материјали (аудио стриминг, аудио траке, радио пренос);
- Прегледање и испити (електронско, папирно) и
- Комуникација, која може бити:
  - Асинхрона (електронска пошта, апликација за мејлинг листу, веб логови, форуми) и
  - Синхрона (чет, видеоконференције, телеконференције).

Основне предности електронског образовања су (Labus, 2012; Schertler-Rock & Bodendorf, 2006):

- *Побољшање квалитета наставе.* Електронско образовање је флексибилно, те студенти сами могу изабрати место и време похађања наставе. С обзиром на атрактивност електронских наставних материјала, студенти су мотивисанији и боље усвајају ново градиво.
- *Унапређење ефикасности наставног процеса.* Електронско образовање коришћењем модерних технологија омогућава испоруку широког спектра различитих наставних материјала, који укључују и мултимедијалне садржаје. Тиме се постиже повећање интересовања студената.
- *Проширење обима наставе.* Увођењем мултимедијалних садржаја, обогаћује се садржај наставе, чиме се омогућава приступ већем броју разноврснијих наставних материјала.

Карактеристике електронског образовања су (Xiao & Xue, 2008):

- Предуслов за е-образовање је постојање адекватне мрежне (најчешће Интернет) инфраструктуре, платформе за учење и дигиталних наставних материјала.
- Е-образовање и информационо-комуникационе технологије су нераскидиво повезани. Развојем Интернет сервиса, долази и до развоја сервиса е-образовања. Стандардни Интернет сервиси, као што су блог, вики или форум налазе примену и у е-образовању.

- Е-образовање омогућава стално ажурирање информација од стране различитих учесника образовног процеса.
- Е-образовање је персонализовано, што значи да је прилагођено потребама индивидуалних корисника. Студенти сами могу да организују време и начин учења.
- Све активности студената и осталих учесника образовног процеса се евидентирају.
- Не постоје ограничења у смислу додавања нових информација и вештина.
- Постоји могућност сарадње између различитих учесника образовног процеса.
- Е-образовање је интерактиван процес, при чему су ресурси учења свима расположиви.
- Процес е-образовања је креативан.

Увођењем образовања на даљину и електронског образовања долази до побољшања образовног процеса (Urtel, 2008). Задовољство студената који користе неки облик електронског образовања зависи од следећих фактора, односно димензија: ученици, инструктори, курсеви, технологија, дизајн и окружење (P.-C. Sun, Tsai, Finger, Chen, & Yeh, 2008).

## **2.2 Системи електронског учења**

Електронско образовање, односно електронско учење блиско је повезано са развојем информационо-комуникационих технологија и телекомуникационих мрежа, посебно Интернета. Значајнија примена рачунара у високом образовању, која у почетку због високих трошкова набавке опреме није била масовна, почела је 60-тих година XX века (Suppes, 1966). Од тог периода, кренуо је и развој претеча модерних система електронског учења.

У табели 1 приказан је развој система е-учења (Kidd, 2010).

**Табела 1: Приказ развоја система е-учења (Kidd, 2010)**

Период	Фокус	Образовне карактеристике
1975.-1985.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Програмирање;</li> <li>Практична обука;</li> <li>Учење уз помоћ рачунара (CAL).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Бихејвиористички приступи учењу;</li> <li>Програмирањем се изграђују алати и решавају проблеми;</li> <li>Локална интеракција човек-рачунар.</li> </ul>
1983.-1990.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тренинг базиран на употреби рачунара;</li> <li>Мултимедија</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Употреба старијих CAL модела уз интерактивне мултимедијалне курсеве;</li> <li>Модел пасивног учења су доминантни;</li> <li>Конструктивистички утицаји су кренули да се појављују у образовном софтверу.</li> </ul>
1990.-1995.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Тренинг базиран на употреби веба</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Достављање садржаја путем Интернета;</li> <li>Модел активног учења су развијени;</li> <li>Конструктивистичке перспективе су уобичајене;</li> <li>Ограничене интеракције крајњих корисника.</li> </ul>
1995.-2005.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Е-учење</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Флексибилно достављање курсева путем Интернета;</li> <li>Повећан степен интерактивности;</li> </ul>

Период	Фокус	Образовне карактеристике
		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Онлајн мултимедијални курсеви;</li> <li>• Уобичајени су дистрибуирани конструктивистички и когнитивистички модели;</li> <li>• Друштвено умрежавање;</li> <li>• Удаљене интеракције између крајњих корисника.</li> </ul>

У развоју система електронског учења, разликују се два главна приступа: бихејвиористички и конструктивистички. Бихејвиористички приступ је потекао из традиционалног образовања и подразумева индивидуално учење и репродукцију стеченог знања, без детаљне примене градива у реалним ситуацијама. Са друге стране, конструктивистички приступ даје значај примени усвојеног градива и отвара могућности увођења различитих метода у процес учења. Детаљне сличности и разлике између бихејвиористичког и конструктивистичког приступа учењу, према ауторима (Beatty, 2010; Jonassen, Wilson, Wang, & Grabinger, 1993), приказане су у табели 2.

**Табела 2: Разлике између бихејвиористичког и конструктивистичког приступа учењу (Beatty, 2010; Jonassen et al., 1993)**

Бихејвиористички приступ	Конструктивистички приступ
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Елиминишу се непотребне информације</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Природна комплексност и садржај</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Поједностављено градиво ради бољег разумевања</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Избегава се претерано упрошћавање градива</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Коришћење конвергентног</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Представљају се различите</li> </ul>



Бихејвиористички приступ	Конструктивистички приступ
модела оријентисаног на задатке	перспективе и репрезентације градива
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Реконструкција и репликација знања</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Генерисање знања</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Апстрахују се искуства</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Акценат је на примени стеченог знања у реалним ситуацијама</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Циљ је стицање вештина</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Акценат је на практичном знању</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Унапред дефинисан ток курса</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Отворена окружења за учење</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Индивидуално учење и надметање</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Сарадња учесника</li> </ul>

Једно од начела когнитивистичког приступа учењу, као савременијег приступа, јесте теорија когнитивног оптерећења, која има задатак да усклади структуру информација и начин на који се информације представљају људској спознаји (Sweller, 1994). У случају учења, потребно је ускладити комплексност информација које се нуде ученику како би процес учења био ефикасан. Учење је ефикасно ако су испуњени следећи услови:

- знања која је ученик добио у процесу учења су применљива на решавање реалног проблема и
- ученик новостечена знања може повезати са претходно стеченим знањима.

Прихватање и чување информација у процесу учења зависе од особина краткорочне и дугорочне меморије. Основна функција краткорочне меморије је обрада информација. Капацитет краткорочне меморије је ограничен. Дугорочна меморија служи за смештање информација које се групишу у сложеније структуре или схеме знања. Савремени системи учења се ослањају на дугорочну меморију.

Информације које треба меморисати у току учења групишу се у три категорије когнитивних оптерећења. Прва категорија представљају сложене информације које зависе од других сазнања. Да би информација односно сазнање које та информација носи било потпуно, потребна је интеракција са већ постојећим ранијим или мање комплексним знањима. Пример којим се описују овакве информације је учење страног језика. Појединац мора да савлада прво значење речи и граматичка правила по којима се те речи групишу у реченице. Тек када се усвоје та знања приступа се прављењу целих реченица које обухватају импелементацију претходна два описана знања. Знања попут речи и граматичких правила, које служе као основ за изградњу сложених структура и без којих није могуће разумети сложена знања се у теорији когнитивног оптерећења називају унутрашња когнитивна оптерећења (*енг. intrinsic cognitive load*).

Друга група информација представљају ирелевантни подаци (*енг. extraneous cognitive load*). Ирелевантни подаци су они који немају високу сазнајну вредност, али их у одређеним тренуцима појединац мора прихватити и обрадити. Такве информације могу настати усред недостатка у дизајну система за учење или специфичних околности у којима се пажња појединца преусмерава са битних информација на мање битне. На тај начин се расипа пажња појединца и ефикасност сазнајног процеса умањује. Пример за овакву ситуацију може бити тренутак када се у току учења део садржаја који треба научити налази на једној страници књиге, а остатак садржаја на наредној страни. Студент када дође до краја странице део своју пажњу преусмерава на окретање садржаја и склапање информација са различитих страница у једну целину, уместо да се фокусира само на садржај који треба да прочита и научи.

Трећа група информација представља повезане, односно ефективне информације (*енг. germane cognitive load*). У питању су информације које су представљене тако да доприносе лако и ефективном процесу учења. Такве информације се уклапају у постојеће когнитивне схеме и сазнања.

Информације нису увек сконцентрисане само у оквиру једне од наведене три групе когнитивних оптерећења. Често се информације могу описати кроз

карактеристике више група. Том приликом увек мора постојати усклађеност утицаја према когнитивним могућностима појединца. Ако је на пример унутрашње когнитивно оптерећење велико, потребно је смањити утицај ирелевантних података у процесу учења јер може доћи до превеликог оптерећења и превазилажења сазнајних могућности појединца. Последица је изостанак добијања ефективних информација у процесу учења (Wouters, Paas, & van Merriënboer, 2008).

### **2.3 Свеприсутно учење**

Развојем телекомуникационих мрежа четврте генерације, као што је LTE Advanced, комуникација са паметним уређајима постаје могућа на било ком месту и у било ком временском тренутку. Наведене мреже су убрзале развој свеприсутног учења (*енг.* ubiquitous learning), односно первазивног учења (*енг.* pervasive learning).

Појавом преносних уређаја, као што су лаптоп рачунари, мобилни телефони и таблет уређаји, образовно окружење постаје динамичко. Концепт свеприсутног учења превазилази некадашње баријере између формалног и неформалног учења, при чему се образовно окружење премешта из традиционалне учионице на мобилне уређаје (Burbules, 2014). Према ауторима (Chan et al., 2006; Liu & Milrad, 2010), индивидуално учење се заснива на тврдњи да људи који користе личне преносне уређаје уче другачије. Карактеристике наведених уређаја, укључујући преносивност, конективност и контекстну осетљивост, у комбинацији са различитим педагошким идејама, могу да преобрате процес учења од слабо продуктивног процеса стицања знања до активне друштвене активности.

Према (S. Chen, 2002; Ogata & Yano, 2004), главне карактеристике свеприсутног учења су следеће:

- *Перманентност.* Студенти никада не губе свој рад уколико није извршено намерно брисање. Сви процеси учења се непрекидно снимају свакодневно.

- *Доступност.* Студенти имају приступ својим подацима са било које локације, при чему се сви ресурси добијају на сопствени захтев.
- *Тренутност.* Без обзира на тренутну локацију, студенти могу све жељене информације да добију истог тренутка. Самим тиме, студенти проблеме могу брзо да реше. Такође, могу и да сачувају питања и касније да потраже одговоре.
- *Интерактивност.* Студенти могу да комуницирају са експертима, професорима или осталим студентима, синхроно или асинхроно. Знање је доступније као последица интерактивности студената са експертима.
- *Контекст.* Проблеми на које наилазе студенти, као и потребно знање треба представити у природној и аутентичној форми, што студентима помаже да уоче карактеристике контекста проблема, у оквиру кога су одређене акције релевантне.
- *Адаптивност.* Студенти треба да добију релевантне информације на правом месту на одговарајући начин.

Burbules издваја шест аспеката свеприсутног учења (Burbules, 2014):

- *Просторна свеприсутност.* Сталан приступ Интернету омогућава стицање знања. Није јасно разграничење између формалног и неформалног учења, с обзиром да је Интернету могуће приступити било када, са било које локације.
- *Мобилни уређаји.* Данас је учење омогућено са свих уређаја, што укључује мобилне телефоне, таблет рачунаре, али и мале рачунаре који су зашивени у одећи. Тренд је непрекидно повезивање на мрежу.
- *Међусобна повезаност.* Помоћу веб 2.0 технологије, људи не стичу знање искључиво на основу објављених информација на Интернету, већ и од других људи, путем друштвених медија.
- *Практична свеприсутност.* Увођењем појма свеприсутности, губи се традиционално разграничење одређених ситуација, као што су приватно/пословно, учење/забава, приступање/креирање информација, јавно/приватно.

- *Привремена свеprisутност.* За разлику од традиционалног учења, термини учења могу да буду прилагођени навикама и преференцама студената.
- *Глобализоване транснационалне мреже.* Данас постоји непрекидан ток људи, информација и идеја кроз традиционалне физичке и културне баријере.

На слици 2 је приказан шематски приказ транзиције од електронског учења, преко мобилног учења, до свеprisутног (*енг. ubiquitous learning, u-learning*, односно у-учење), према (Park, 2011).



**Слика 2: Поређење е-учења, м-учења и у-учења (Park, 2011)**

У-учење је најфлексибилније у поређењу са осталим типовима учења, пошто не зависи од типа физичких уређаја потребних за процес учења, типа комуникационе инфраструктуре, времена или места похађања наставе.

### **3 ИНФРАСТРУКТУРА ЗА ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ**

Инфраструктура се у најопштијем смислу дефинише као јединство материјалних, институционалних и личних ентитета и података који учествују у остварењу одговарајуће алокације ресурса, у циљу потпуне интеграције и максимизације нивоа економске активности (Torrìsi, 2009). Под ИТ инфраструктуром се подразумева платформа на којој се развијају и извршавају апликације, која обухвата све мрежне уређаје и њихове међусобне везе и коју чине хардвер, софтвер и рачунарска мрежа (Vujić, 2012). ИТ инфраструктура обухвата следеће елементе: ИТ компоненте, људску ИТ инфраструктуру, дељене ИТ сервисе и дељене и стандардне апликације (Weill & Vitae, 2002). Информационо-комуникациона инфраструктура у образовним институцијама треба да омогући сарадњу студената и наставног особља кроз сервисе електронског образовања и образовања за даљину. Наведени сервиси обухватају системе за управљање учењем, Cloud Computing, системе за управљање дигиталним идентитетима, веб сервисе, Big Data и Crowdsourcing.

#### **3.1 Системи за управљање учењем**

Системи за управљање учењем (енг. LMS – Learning Management Systems) могу се дефинисати као радни оквир који обухвата све аспекте образовног процеса (Watson & Watson, 2007). Они представљају платформу која омогућава креирање онлајн образовних курсева или компонената наведених курсева, при чему се користе различити алати засновани на вебу који поседују заједнички административни интерфејс (Nichols, 2003).

Moodle LMS (енг. акроним од речи Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment – Модуларно објектно-оријентисано динамичко окружење за учење) представља бесплатно решење отвореног кода (енг. open-source) које омогућава креирање и управљање различитим образовним курсевима. Moodle LMS је флексибилан у погледу серверске конфигурације и коришћење овог софтверског

решења је погодно за рад са великим бројем корисника, односно студената (Camínero et al., 2013).

*Moodle* карактеришу следећи елементи (Radenković, Despotović, & Bogdanović, 2006):

- Јасан, очигледан дизајн веб сајта;
- Једноставан за разумевање и коришћење;
- Једноставна али обимна документација за кориснике и програмере;
- Форуми и *e-mail* листе добро структурирани и једноставни за коришћење;
- Систем за праћење лог информација.

Кључни процеси који се могу да декомпоновати на активности су (Despotović, Savić, & Bogdanović, 2006):

- администрација корисника и корисничких група;
- додељивање улога и активности;
- креирање курсева и наставних група;
- додавање садржаја (текстуалне и веб стране, линкови, аудио-видео записи);
- дефинисање активности за наставне групе по наставним јединицама;
- комуникација између учесника у образовном процесу (форуми, чет, квизови, вики, радионице);
- праћење и оцењивање рада студената.

Системи за управљање учењем могу бити део шире инфраструктуре за адаптивно електронско образовање која је заснована на *Cloud Computing* концепту (Marijana Despotović-Zrakić, Simić, Labus, Milić, & Jovanić, 2013).

### **3.2 Појам и примена *Cloud Computing* концепта и технологија**

Један од главних проблема ИТ образовне инфраструктуре је скалабилност. Растом броја корисника, односно студената и наставног особља, долази до потребе за јачим хардверским и софтверским ресурсима коју у великом броју случајева

постојећа инфраструктура не може да задовољи (Qian, Luo, Du, & Guo, 2009; Srinivasa, Nageswara, & Kumar, 2009; Vujin, 2012). Проблем скалабилности се превазилази коришћењем високоскалабилних инфраструктурних решења као што је Cloud Computing. Једна од главних предности примене Cloud Computing решења је могућност умањивања трошкова одржавања ИТ инфраструктуре предузећа (De Assunção, Di Costanzo, & Buyya, 2009). Главни недостаци примене овог решења су сигурност података, односно сукоб интереса корисника и провајдера услуге (K. Yang & Jia, 2012), као и проблем непоштовања споразума о испоруци услуге (Emeakaroha et al., 2012). Cloud Computing концепт могуће је применити у предузећима различитих делатности, укључујући индустријску производњу (Valilai & Houshmand, 2013) и образовање (Rao & Sasidhar, 2012; Vujin, Radenković, Milić, & Zrakić-Despotović, 2011).

У литератури постоји велики број различитих дефиниција Cloud Computing-a. Cloud Computing укључује употребу високо апстрахованих рачунарских ресурса и ресурса за складиштење података „по потреби“, односно „по захтеву“ коришћењем Интернета (Beaty, 2013). Према дефиницији америчког Националног института за стандарде и технологију, Cloud Computing представља „модел за омогућавање свеприсутног и погодног мрежног приступа 'по захтеву' дељеном скупу конфигурабилних рачунарских ресурса, као што су мрежа, сервери, складиште, апликације и сервиси, који могу да се омогуће крајњим корисницима уз минималан могући напор или минималну могућу интеракцију провајдера сервиса“ (Mell & Grance, 2011). Buyya, Yeo и Venugopal под појмом Cloud Computing сматрају врсту паралелног и дистрибуираног система који се састоји из скупа међусобно повезаних и виртуелизованих рачунара чије услуге се пружају динамички и представљају као један или више заједничких рачунарских ресурса, заснованих на споразумима у оквиру нивоа сервиса који је успостављен кроз споразум између провајдера сервиса и крајњих корисника (Buyya, Yeo, & Venugopal, 2008). Nabil Sultan појам Cloud Computing-a дефинише као групу дистрибуираних рачунара који пружају ресурсе по захтеву, као и сервисе путем мрежног медија (Sultan, 2010). Cloud Computing је могуће интегрисати са рачунарским системима високих перформанси (*енг.* High Performance Computing),



чиме је додатно могућа минимизација трошкова одржавања инфраструктуре (Vouk, Sills, & Dreher, 2010).

На основу врста услуга које се испоручују коришћењем Cloud Computing инфраструктуре, постоји три различита развојна модела: софтвер као сервис (*енг.* SaaS, Software as a Service), платформа као сервис (*енг.* PaaS, Platform as a Service) и инфраструктура као сервис (*енг.* IaaS, Infrastructure as a Service) (di Costanzo, de Assunção, & Vuууа, 2009). SaaS модел крајњим корисницима услуге омогућава коришћење готових апликационих решења, док провајдер сервиса обезбеђује и одржава целокупну хардверску и софтверску инфраструктуру. PaaS модел кориснику пружа могућност коришћења скупа различитих развојних алата, што посебну примену има у образовању (Tian, Su, & Lu, 2010), а IaaS модел омогућава испоруку комплетне виртуелизоване инфраструктуре у виду Интернет услуге. Образовне институције приликом развоја своје образовне инфраструктуре могу да користе све наведене развојне моделе, а у литератури се спомиње и увођење четвртог развојног модела, познатог под називом идентитет као сервис (*енг.* Identity as a Service), погодног за развој различитих сервиса у оквиру образовног окружења, чиме се превазилазе ограничења присутна у току имплементације мрежних сервиса, попут хетерогеног мрежног окружења, безбедности приступа, веза између различитих идентитета и вишеструких лозинка (Vuјin et al., 2011; Vuјin, Simić, Zrakić-Despotović, & Radenković, 2012). Неки аутори помињу и пети развојни модел, Sensing as a Service, који би Cloud Computing парадигму прилагодио и приближио Интернету интелигентних уређаја (Perera, Zaslavsky, Liu, et al., 2014).

На основу власничке структуре Cloud Computing инфраструктуре, постоји четири различита приступа: јавни облак (*енг.* Public Cloud), приватни облак (*енг.* Private Cloud), хибридни облак (*енг.* Hybrid Cloud) и заједнички облак (*енг.* Community Cloud) (Jin et al., 2010). Образовне институције могу да користе туђу инфраструктуру (потпуни outsourcing инфраструктуре), дизајнирају сопствену инфраструктуру (приватни облак) или користе комбинацију претходна два приступа, што често представља погодно решење (Vuјin et al., 2011). У оквиру Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука

Универзитета у Београду развијена је образовна инфраструктура заснована на Cloud Computing концептима и технологијама (Vuĳin, Simić, & Milić, 2012).

### **3.3 Појам, улога и протоколи система за управљање дигиталним идентитетима**

Системи за управљање дигиталним идентитетима чине важну компоненту сваке ИТ инфраструктуре, укључујући и образовну инфраструктуру. Већина сервиса ИТ инфраструктуре захтева аутентификацију, односно пријаву корисника. Без постојања система са управљање дигиталним идентитетима потребно је памтити различите приступне параметре за сваки сервис. Системи за управљање идентитетима омогућавају увођење слоја идентитета у оквиру инфраструктуре, чиме се исти идентитет, односно кориснички налог може користити за приступ свим сервисима.

Заједно са развојем образовања, долази до раста нивоа сложености модерних образовних екосистема, што захтева креирање нових решења за контролу приступа ИТ системима и инфраструктури. Окружења заснована на *cloud computing* инфраструктури често представљају вишедоменска окружења, са независним механизмима безбедности. Другим речима, сваки домен може имати различите механизме сигурности, приватности и поверења. Да би се омогућило најбоље корисничко искуство, савремене технологије попут cloud сервиса, друштвеног веба и мобилних апликација интегришу се са сервисима за управљање идентитетом.

Под идентитетом се подразумева јединствени скуп карактеристика који једнозначно идентификује особу или сервис (Vuĳin, Simić, & Kovačević, 2014). У модерном друштву, постоји више различитих облика личне идентификације. Наведени облици идентификације обично садрже информације које су јединствене, као и информацију о издаваоцу идентификације. Иако је термин „идентитет“ опште познат у физичком свету, дефинисање дигиталног идентитета представља знатно комплекснији процес. Идентитет представља скуп података

који описује атрибуте, карактеристике и својства субјекта. Са друге стране, под дигиталним идентитетом се подразумева скуп информација о посебном ентитету. У овом случају, субјекат или ентитет може бити особа, група људи, организација, софтверски алат или сервис коме је потребан приступ одређеном ресурсу.

ИТ одељења великих компанија дигиталне идентитете виде као корисничке налоге запослених (и осталих сарадника) којима може да се управља помоћу складишта корисничких налога, које је најчешће засновано на LDAP протоколу (Maler & Reed, 2008).

Дигитални идентитет се може описати следећим елементима:

- **Идентификатор:** Подаци који јединствено идентификују субјекат идентитета у специфичном контексту;
- **Подаци за идентификацију:** Приватни или јавни подаци који се могу користити као доказ аутентичности приложеног идентитета. Најчешће коришћен податак за идентификацију је лозинка корисника, коју знају једино корисник и систем за управљање аутентификацијом. Подаци за идентификацију представљају доказа да одређени идентитет припада одређеном субјекту;
- **Обавезни атрибути:** Подаци који описују основне карактеристике идентитета. Могу се користити у различитим пословним апликацијама;
- **Додатни атрибути:** Подаци који помажу у описивању идентитета. Ови типови атрибута служе за додатно описивање идентитета. Они се односе на специфичне контексте у оквиру којих се идентитети користе.

Управљање идентитетима се дефинише као скуп пословних процеса и инфраструктуре за креирање, одржавање и употребу дигиталних идентитета, чиме се добија алат за аутоматизацију послова везаних за администрацију корисника, што доприноси побољшању квалитета сервиса, безбедности система и смањењу трошкова (Scorer, 2007). Системи за управљање дигиталним идентитетима обухватају аутентификацију, ауторизацију, безбедност и приступ систему (Dyson,

2002). Овакви системи повезују пословне процесе са безбедносним политикама и технологијама, у циљу ефикасније контроле приступа ресурсима (Vuĳin, Simić, Zrakić-Despotović, et al., 2012). Системи за управљање идентитетом сматрају се кључним сигурносним компонентама ИТ инфраструктуре (Ayed, 2014).

Савремени системи за управљање идентитетима треба да обезбеде аутентификацију, ауторизацију и контролу приступа, што је у литератури означено као ААА (Authentication, Authorisation & Accounting) (Pack, Baek, Kwon, & Choi, 2008).

Аутентификација (Authentication) подразумева проверу идентитета корисника, при чему систем проверава на основу различитих фактора (нпр. трајна или једнократна лозинка, биометријски подаци и др.) да ли је корисник који покушава да се пријави на систем заиста субјекат којим се представља. Ауторизација (Authorisation) представља поступак којим се одређује да ли аутентификован корисник поседује право приступа одређеном ресурсу. Контрола приступа (Accounting) је поступак прикупљања информација везаних за коришћење системских и инфраструктурних ресурса од стране корисника, при чему се наведене информације могу користити ради израде рачуна, анализе трошкова или анализе трендова (Glass, Hiller, & Jacobs, 2000).

### **3.3.1 Системи за управљање дигиталним идентитетима у Cloud Computing окружењу**

Развој система за управљање дигиталним идентитетима у оквиру Cloud Computing окружења представља задатак критичног приоритета у оквиру развоја информационо-комуникационе инфраструктуре (Bertino, Lafayette, Paci, & Ferrini, 2009). Главни изазови при пројектовању ових система јесу очување безбедности и приватности података (Yang Zhang & Chen, 2010).

Према ауторима (Vuĳin et al., 2014), постоји неколико модела интеграције Cloud Computing инфраструктуре са системима за управљање дигиталним идентитетима.

Први и најједноставнији модел представља употребу система за управљање дигиталним идентитетима у апликацијама које се налазе у јавном облаку. Код овог приступа, који је уједно и најчешће коришћени приступ, сваки облак поседује сопствене апликације са специфичним идентитетима. Предност оваквог приступа јесте једноставност апликација. Компромитован идентитет неће довести у опасност више од једног провајдера облака. Недостатак оваквог приступа јесте постојање више вишеструких идентитета у оквиру cloud апликација.

Други модел синхронизује идентитете у облаку са системом за управљање идентитетима организације. Према овом приступу, cloud сервиси поседују посебне и одвојене идентитет, али се њима управља централизовано. Главни недостатак овог модела јесте чињеница да је јединствено место за управљање идентитетима уједно и критична тачка у случају отказа. Други недостатак овог приступа јесте комплексност међусобног повезивања више различитих система за управљање идентитетима (који припадају различитим организацијама).

Трећи модел описује креирање федерације креденцијала коришћењем спољних директоријума. Овај модел преноси креденцијале доступном сервису који се налази изван firewall-а организације. Технологија која се обично примењује у имплементацији овог приступа је Security Assertion Markup Language (SAML) и OpenID протокол. Главна предност овог модела је висока скалабилност и омогућавање Single Sign On сервиса. Недостатак је комплексност модела, као и SAML и OpenID протокола.

Код четвртог модела, организација преноси надлежност над системом за управљање идентитетима трећим организацијама, при чему се користи концепт Identity as a Service (IdaaS).

### **3.3.2 Управљање дигиталним идентитетима у образовним институцијама**

У образовном окружењу, кључну улогу у оквиру ИТ инфраструктуре поседује федерација дигиталних идентитета (Vujin, Simić, Zrakić-Despotović, et al., 2012; Yong, 2007), која омогућава повезивање различитих установа, где корисници

једне установе могу да помоћу својих дигиталних идентитета приступају ресурсима осталих установа. Федерација дигиталних идентитета корисницима сервиса ИТ инфраструктуре омогућава приступ садржајима које нуде различити провајдери сервиса без потребе за понављањем аутентификације, а захваљујући успостављању везе поверења између различитих провајдера (Shim, Bhalla, & Pendyala, 2005). Могућност јединствене пријаве (*енг.* SSO – Single Sign On) омогућава кориснику да приступи свим рачунарским системима којима му је приступ одобрен, без потребе уноса лозинке више пута (De Clercq, 2002).

Системи за управљање дигиталним идентитетима треба да омогуће аутентификацију и ауторизацију (Harris & Wankmueller, 2004). Под аутентификацијом (*енг.* authentication) подразумева се провера идентитета корисника. Ауторизација (*енг.* authorization) представља процес у оквиру кога се проверава којим заштићеним ресурсима може да приступи корисник који се претходно аутентификовао.

### **3.3.3 Стандарди и протоколи за управљање дигиталним идентитетима**

Стандарди и протоколи који се користе за управљање дигиталним идентитетима и федерацију дигиталних идентитета обухватају SAML2, OpenID, OAuth и SCIM.

Једно од најраспрострањенијих решења која се користе у федерацији дигиталних идентитета јесте SAML (Lewis & Lewis, 2009). Овај отворени стандард је заснован на XML технологијама, а омогућава размену података везаних за аутентификацију и ауторизацију између различитих провајдера, односно ентитета.

OpenID представља отворени стандард и децентрализовани протокол који омогућава јединствену пријаву корисника на различите веб сајтове помоћу корисничког имена и лозинке (Recordon & Reed, 2006). Корисничке податке складишти провајдер OpenID идентитета.

OAuth представља оквир за ауторизацију који омогућава спољним, клијентским апликацијама да приступе одређеним ресурсима сервисима у име власника ресурса (Hardt, 2012). Велики провајдери сервиса, као што су Microsoft, Google и

Facebook, имплементирали су овај протокол за ауторизацију приступа веб ресурсима (S.-T. Sun & Beznosov, 2012).

Систем за међудоменско управљање идентитетима или SCIM (*енг.* System for Cross-Domain Identity Management) представља отворени стандард који дефинише REST апликативни програмски интерфејс за SaaS апликације (Vuјin et al., 2014). Настао је у циљу стандардизације API-ја у cloud окружењу, пошто интеграција API-ја различитих провајдера сервиса са ИТ инфраструктуром предузећа представља својеврсни имплементациони изазов.

### **3.4 Веб сервиси, сервисно-оријентисана и ресурсно-оријентисана архитектура**

Рачунарске инфраструктуре се најчешће састоје из хетерогених софтверских компонената. Наведене компоненте морају да међусобно комуницирају, како би се извршила њихова интеграција и развила софтверска решења за управљање таквим инфраструктурама. Веб сервиси омогућавају међусобну интеграцију различитих софтверских решења.

Под веб сервисима се подразумевају семантички добро дефинисане апстракције скупа рачунарских или физичких активности, при чему је укључен већи број ресурса, у циљу задовољавања потреба корисника или пословних захтева (Sheng et al., 2014). Данас су присутна два приступа у развоју веб сервиса: сервисно-оријентисани (SOA) и ресурсно-оријентисани (REST) приступ (Pautasso, Zimmermann, & Leymann, 2008).

Сервисно-оријентисана архитектура (*енг.* SOA – Service Oriented Architecture) јесте интеракција између софтверских агената, у виду размене порука између клијената и провајдера сервиса (Parazoglou, 2003). За развој SOA сервиса користи се стандардизован SOAP (*енг.* Simple Object Access Protocol – Једноставни протокол за приступ објектима) протокол развијен од стране компаније Microsoft (Curbera et al., 2002). Наведени протокол је строго стандардизован и користи XML

стандард. SOAP поруке представљају XML документе, односно „коверте“ (*енг. envelope*) које садрже заглавље (*енг. header*) и тело поруке (*енг. body*). Главна предност овог приступа је строго дефинисан и типизиран протокол за размену порука, а недостатак су слабије перформансе у односу на друга решења захваљујући комплексном протоколу и величини порука (Mulligan & Gracanin, 2009).

REST (*енг. Representational State Transfer* – Пренос репрезентација стања) не представља посебан стандард или протокол за пренос порука између ентитета, већ архитектурни принцип који се користи у развоју веб сервиса. Овај термин је први пут поменуо Roy Fielding у својој докторској дисертацији (Fielding, 2000). Неки аутори архитектуру сервиса који користе REST принципе називају ресурсно-оријентисаном архитектуром (*енг. ROA – Resource Oriented Architecture*) (Katayama, Nakao, & Takagi, 2010; Mazzetti, Nativi, & Caron, 2009; Richardson & Ruby, 2008; Valverde & Pastor, 2009; Xiwei Xu, Zhu, Liu, & Staples, 2008). Према REST принципима, сваки ентитет веб сервиса је ресурс коме се приступа помоћу одговарајуће адресе, односно идентификатора (*енг. URI – Uniform Resource Identifier* – Униформни идентификатор ресурса). Да би веб сервис био RESTful, потребно је да задовољава следећа ограничења архитектуре (Fielding, 2000):

- Сервис користи клијент-сервер архитектуру;
- Сервис нема стања;
- Обезбеђен је одговарајући механизам кеширања;
- Јасно су дефинисани слојеви;
- Могуће је извршавање програмског кода по захтеву;
- Дефинисан је униформни интерфејс у оквиру сервиса.

Главне предности ROA јесу једноставност и флексибилност имплементације и добре перформансе, а недостатак недовољно решена сигурност преноса порука (Mulligan & Gracanin, 2009).



### 3.5 Нерелационе базе података и Big Data

Растом броја сервиса у оквиру ИТ инфраструктуре повећава се и количина података које је потребно складиштити и касније обрађивати. Количина података која се генерише сваког дана премашује цифру од 2.5 ексабајта ( $2.5 \cdot 10^{18}$  бајта). Подаци се генеришу посредством разних извора и апликација, као што су друштвене мреже, паметни телефони, таблет рачунари.

Мноштво сензора повезаних у бежичне сензорске мреже које чине основу паметних окружења и система Интернета интелигентних уређаја временом генеришу велике количине података. Неопходно је те податке прикупити и обрадити, у циљу прилагођавања променама које настају у окружењу.

У литератури је приступ, прикупљање и складиштење велике количине података означен као „big data“. Adam Jacobs концепт „big data“ посматра у односу на време. Подаци се, према овом аутору, сматрају „великим“ уколико се у одређеном временском тренутку не могу прикупљати, складиштити и анализирати коришћењем до тада опробаних и устаљених метода (Jacobs, 2009). Рад са оваквим подацима није могућ применом традиционалних алата за управљање базама података, већ се користе нерелационе, односно NoSQL (Not Only SQL) базе података.

Нерелационе базе не користе традиционалне табеле и кључеве. Овакве базе захтевају другачији приступ складиштењу података.

Имплементиране „big data“ инфраструктуре задовољавају услове скалабилности, дистрибуираности и поузданости (X. Wu, Zhu, Wu, & Ding, 2014). Као и код осталих типова складишта података, и у „big data“ окружењу неопходна је континуирана провера интегритета података, где је могуће користити више различитих метода провере интегритета (нпр. провера контролног збира, *eng. checksum*) (Finkenzeller, 2003).

Технике за анализу података у big data окружењу обухватају: А/Б тестирање, правило удруживања, класификацију, кластер анализу, crowdsourcing, стапање и

интеграцију података, data mining, генетске алгоритме, машинско учење, неуронске мреже, мрежну анализу, оптимизацију, анализу сегмената (Vulić, 2013).

„Big data“ концепт је нашао примену у пословној интелигенцији, пословном одлучивању, природним наукама, као и у постављању инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја (H. Chen, Chiang, & Storey, 2012; Frankel & Reid, 2008; D. Howe et al., 2008; Lynch, 2008; Trelles, Prins, Snir, & Jansen, 2011).

### **3.6 Crowdsourcing**

Образовно окружење представља пример динамичног окружења у коме наступају непрекидне промене. Увођењем савремених технологија у наставу, попут електронског образовања, долази до повећања степена интерактивности између предавача и студента. Савремене информационе и комуникационе технологије омогућиле су, поред традиционалних наставних метода и нове методе, као што је примена 3D симулација и виртуелних светова у образовању (Hsu, 2012) и учење кроз игру (*енг.* edutainment) (Labus, Simić, Vulić, Despotović-Zrakić, & Bogdanović, 2012; Spector, 2014). Студенти престају да буду пасивни посматрачи и постају активни учесници у наставном процесу, применом crowdsourcing концепта.

Појам Crowdsourcing је настао из енглеских речи crowd (маса, група, скупина људи) и source (извор). Crowdsourcing концепт подразумева да велика група људи учествује и даје своје доприносе у реализацији неког пројекта (J. Howe, 2006; Satzger, Psailer, Schall, & Dustdar, 2013). У образовању, овај концепт подразумева активно учешће наставника и студената у процесу наставе. Студенти се могу делимично укључити у креирање наставних материјала, у складу са сопственим потребама и афинитетима (Satzger et al., 2013). Примена вики страна и отворених Интернет заједница у образовне сврхе представља једну од могућности crowdsourcing-a (Albors, Ramos, & Hervás, 2008).

У литератури се сусреће више различитих типова crowdsourcing-a (Brabham, 2008; Doan, Ramakrishnan, & Halevy, 2011; Oomen & Aroyo, 2011; Yuen, King, & Leung,

2011). Четири основна типа су: колективна интелигенција (*енг. collective intelligence* или *crowd wisdom*), масовни креативни рад (*енг. crowd creation work*), масовно гласање (*енг. crowd voting*) и масовно финансирање (*енг. crowd funding*).

Колективна интелигенција представља чест облик crowdsourcing-а на Интернету и обухвата дељење знања великог броја различитих појединаца у циљу доприноса пројекту, односно ради решавања проблема (Bonabeau, 2009).

Масовни креативни рад примењује се када компаније корисницима дају могућност учешћа у стварању производа или услуге.

Масовно гласање је користан алат при истраживању јавног мњења. Од посетилаца Интернет сајтова се очекује да дају своје мишљење о некој теми.

Масовно финансирање подразумева давање финансијског доприноса у виду донација неком пројекту. Crowdfunding платформе окупљају ауторе пројеката који постављају опис пројекта и финансијски циљ, а донатори имају могућност да учествују у финансирању пројекта. Мрежа донатора се проширује употребом друштвених мрежа и промоцијом пројекта на њима. Донатори најчешће у оквиру платформи за масовно финансирање имају увид у тренутни износ прикупљених финансијских средстава и да ли је финансијски циљ постигнут.

У образовању, применом crowdsourcing концепта постиже се активно учествовање студената у наставном процесу. Персонализацијом наставног процеса и увођењем система за персонализовано учење (*енг. PLS – Personalized Learning Systems*), доприноси се побољшању исхода учења, као и генерисању нових наставних материјала (M. Anderson, 2011).

Постоје примери примене свих облика crowdsourcing-а у образовању (Solemon, Griffin, Din, & Anwar, 2013). Коришћењем концепта колективне интелигенције, креирају се образовни пројекти из различитих области, попут биологије, друштвених наука, лингвистике, географије и др. Алати који се користе за израду оваквих пројеката обухватају друштвене мреже (претежно Facebook странице), рачунарске игре отвореног кода, али и текстуалне поруке (Solemon et al., 2013). Један од примера оваквих пројеката је Стратешко планирање у оквиру

Калифорнијског државног универзитета Fullerton. У пројекат су били укључени студенти, професори и остало особље наведеног Универзитета. Циљ пројекта био је да учесници предложе могуће стратешке иницијативе за постизање циљева Универзитета (Solemon et al., 2013).

Масовни креативни рад долази до изражаја када је потребно креирати нову услугу или производ. Универзитет Oxford из Велике Британије покренуо је пројекат The Great War Archives, који садржи преко 6500 слика које су посетиоци поставили коришћењем одговарајућег сајта. Масовни креативни рад се такође користи у случају креирања уџбеника. Пример представља Brigham Young University из САД, у оквиру кога је објављена књига *Project Management for Instructional Designers* (David Wiley, 2011), у чијој изради је учествовало преко 682 студената. Још један пример се односи на књигу *Management Through Collaboration*, коју је покренуо професор Charles Wankel са Универзитета St. John. Књига има преко 1000 аутора, из преко 90 различитих земаља (Wankel, 2011).

Масовно гласање у образовању има користи код решавања проблема. Пројекат *Innovation Station* у оквиру Универзитета Davenport у САД представља пример crowdvoting концепта. Овим пројектом врши се евалуација студената у учионицама, проверава се којом брзином дипломирају и након дипломирања колико времена им је потребно за проналажење посла (Schaffhauser, 2013).

Масовно финансирање може обезбедити значајна финансијска средства за остварење образовних пројеката. Овај тип crowdsourcing-а има примену у проналажењу стипендија за студенте, проналажењу финансијских средстава за студентске пројекте, развоју универзитетских сервиса и сл. Један од примера crowdfunding-а односи се на пројекат „Суботе у библиотекама“ који је спроведен у оквиру Економског факултета Универзитета у Риму, Италија. Због смањења буџетских средстава, креиран је crowdfunding пројекат са циљем омогућавања продужења радног времена библиотеке Факултета. Учесници пројекта су донирали између 5 и 20 € (Colasanti, Meneguzzo, & Frondizi, 2016).

Облик *crowdsourcing*-а у контексту Интернета интелигентних уређаја познат је као *crowdsensing*. Наведени концепт подразумева мерење и сакупљање података

коришћењем различитих уређаја опремљеним сензорима, као што су мобилни телефони (Bellavista, Cardone, Corradi, Foschini, & Ianniello, 2015). У литератури се разликују два типа crowdsensing-a (Guo, Chen, Zhang, Yu, & Chin, 2016):

- Партиципаторно (*енг. participatory*), где корисници знају да деле податке са својих сензора и својевољно учествују у наведеном процесу и
- Опортунистичко (*енг. opportunistic*), где се подаци аутоматски деле, најчешће без знања корисника.

Подаци сакупљени коришћењем crowdsensing-a чувају се у оквиру Cloud Computing инфраструктуре (Song, Liu, & Dai, 2015).

## 4 ТЕХНОЛОГИЈЕ ИНТЕРНЕТА ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА У ЕЛЕКТРОНСКОМ ОБРАЗОВАЊУ

### 4.1 Појам и дефиниција Интернета интелигентних уређаја

Интернет представља глобалну мрежу која се непрекидно развија. Од свог настанка до данашњег дана Интернет је доживео експоненцијални раст, те је од мале мреже састављене од свега неколико чворова постао мрежа која услужује милијарде корисника (Korpetz, 2011). Првобитна архитектура Интернета подразумева да је Интернет искључиво рачунарска мрежа, где није предвиђено да остали физички уређаји буду део ове мреже (daCosta, 2013). Почетком деведесетих година двадесетог века, Mark Weiser дефинише концепт свеприсутног рачунарства (*енг.* ubiquitous computing), где рачунари постају део свих електронских уређаја, који се међусобно умрежавају ради остваривања комуникације и омогућавају аутоматизацију свакодневних послова (Weiser, 1991). Развојем свеприсутног рачунарства развије се и Context-Aware Computing, где се рачунари, мобилни телефони и остали уређаји прилагођавају физичком окружењу у коме се тренутно налазе (Henricksen & Indulska, 2006; Henricksen, Indulska, & Rakotonirainy, 2002; Hwang, Tsai, & Yang, 2008). Применом датог концепта поједностављује се процес доношења одлука (Kwon, 2006). Као последица свега наведеног, Интернет постаје мрежа свих уређаја, а не само рачунара. Компанија Gartner у свом извештају предвиђа да ће до 2020. године постојати око 26 милијарди уређаја повезаних на Интернет (Gartner, 2013).

Концепт повезивања различитих и разнородних типова уређаја на Интернет у литератури је означен као Интернет интелигентних уређаја или „Интернет ствари“ (*енг.* Internet of Things). Неки аутори Интернет интелигентних уређаја виде као нову парадигму која омогућава повезивање различитих разнородних уређаја без обзира на тип уређаја, просторну и временску димензију (Atzori, Iera, & Morabito, 2010). Исти аутори сматрају да постоји три приступа у дефинисању Интернета интелигентних уређаја (Слика 3).



**Слика 3: Приступ дефинисања Интернета интелигентних уређаја (Atzori et al., 2010)**

Први приступ је оријентисан на Интернет, при чему се узима у обзир могућност повезивања уређаја; други приступ се односи на уређаје, где су у фокусу типови уређаја и њихове могућности, а трећи приступ представља семантичко значење Интернета интелигентних уређаја и настаје синтезом два претходна приступа.

Интернет интелигентних уређаја се може дефинисати и као „слабо повезан, децентрализован систем састављен од паметних објеката, односно аутономних физичких или дигиталних објеката који могу да прикупљају податке из окружења, да обрађују прикупљене податке и поседују мрежне функционалности“ (Kortuem, Kawsar, Fitton, & Sundramoorthy, 2010). Одређени аутори приликом дефинисања Интернета интелигентних уређаја у први план постављају корисника, па по њима Интернет интелигентних уређаја представља „везу између сензора и актуатора који могу да деле информације између различитих платформа помоћу јединственог оквира, што омогућава израду иновативних апликација“ (Gubbi, Buyya, Marusic, & Palaniswami, 2013). RFID група Интернет интелигентних уређаја види као светску мрежу састављену од различитих уређаја који међусобно

комуницирају коришћењем претежно стандардизованих протокола (INFSO D.4 Networked Enterprise & RFID INFSO G.2 Micro & Nanosystems, 2008).

Предвиђа се да ће до 2020. године решења Интернета интелигентних уређаја у привреди и образовању бити вредна између 22 и 50 милијарди долара и да ће представљати значајан удео у оквиру ИТ тржишта (Schlautmann, Levy, Keeping, & Pankert, 2011).

#### **4.1.1 Компоненте Интернета интелигентних уређаја**

У интелигентне уређаје најчешће спадају сензори, актуатори, микроконтролери и микрорачунари.

##### **4.1.1.1 Сензори**

Под сензорима (*енг.* sensors) се подразумевају различити аналогни или дигитални уређаји, способни да препознају физичке надражаје (попут температуре, влажности ваздуха, притиска, јачине звука) из окружења (Iyengar, Parameshwaran, Phoha, Balakrishnan, & Okoye, 2010). Другачије речено, сензор је уређај који прима надражај из спољашњег окружења и на њега одговара електричним сигналом. Сензори конвертују енергију из једног типа (не-електрична енергија) у други (електрична енергија).

Рад сензора се може описати преносном функцијом:

$$F = f(x)$$

где  $F$  представља електрични сигнал који производи сензор, а  $x$  представља надражај из спољашње средине.

Сензоре треба разликовати од трансдуктора. Трансдуктори су шири појам од сензора, при чему трансдуктори претварају један тип енергије у други (било који), а сензори врше конверзију било ког типа енергије у електричну енергију. Један од примера трансдуктора је звучник, који врши конверзију електричне енергије у звучне таласе. У трансдукторе спадају и актуатори, који врше обрнут процес од сензора, односно конвертују електричну енергију у неки други тип енергије.



Главне особине сензора су:

- **Прецизност.** Идеални сензор ће увек приказати исти резултат након више поновљених мерења;
- **Резолуција.** Дobar сензор може да препозна релативно мале промене параметра који се мери;
- **Линеарност.** Уколико је функција излаза сензора директно пропорционална улазној вредности, такав сензор је линеаран;
- **Брзина мерења.** Време добијања излазне вредности сензора.

### *Конверзија сигнала*

Задатак сензора је да обезбеди читавање физичких величина из окружења. Након читавања вредности, потребна је обрада и складиштење података. Да би излазни подаци са сензора могли касније да се користе у инфраструктури Интернета интелигентних уређаја, потребно је да подаци буду доступни у одговарајућем облику. Према типу излазних података, постоје:

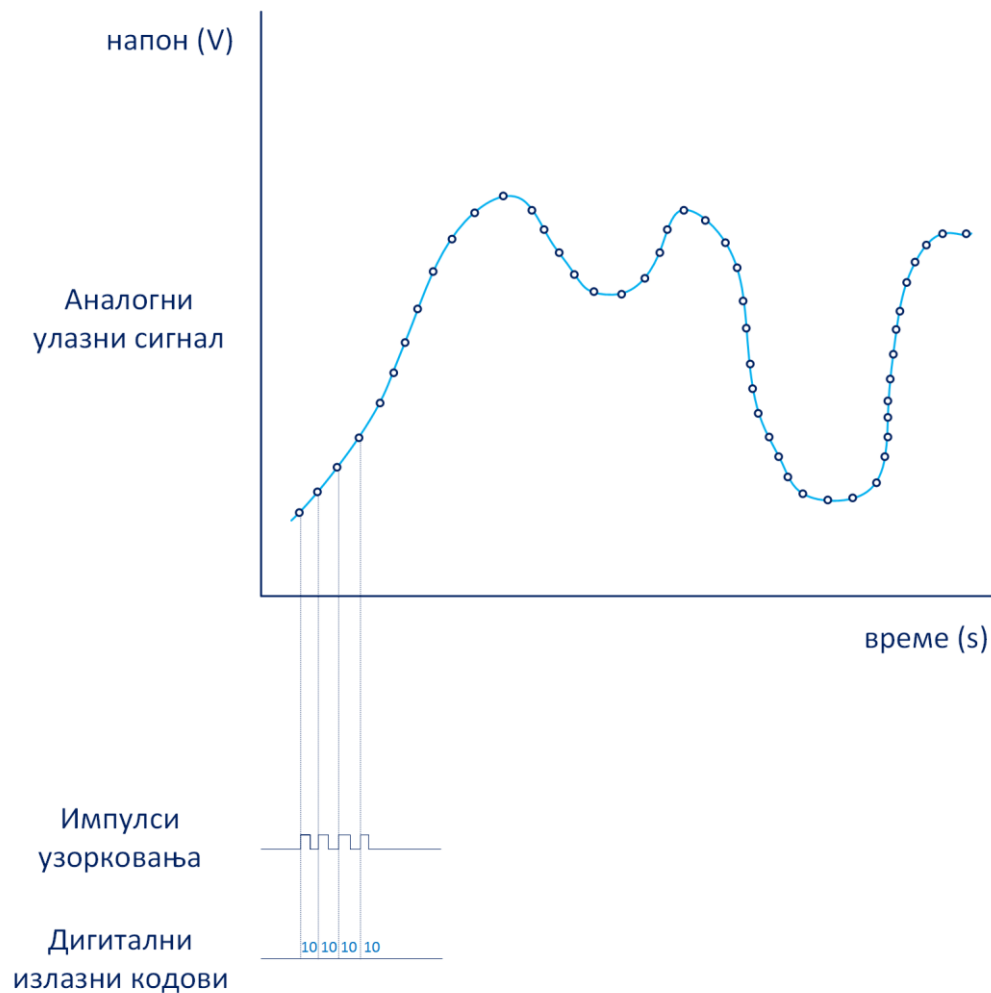
- аналогни сензори и
- дигитални сензори.

Аналогни сензори имају континуалне вредности излазне функције, а код дигиталних сензора излазна функција има дискретне вредности. Излазни подаци дигиталних сензора су спремни за употребу у рачунарским системима. Са друге стране, подаци прочитани са аналогних сензора морају да прођу процес аналого-дигиталне конверзије (*енг. A/D Conversion*) да би добијене податке било могуће користити у рачунарским системима, а самим тим и у инфраструктури Интернета интелигентних уређаја.

Према Shannon-овој теореме узорковања, доказано је да се аналогни континуирани сигнал може конвертовати у низ временски дискретних импулса (узорака) и обрнуто, без икаквог губитка информација, при чему се промене аналогног сигнала између узимања узорака не узимају у обзир, под условом да фреквенција којом се узимају узорци (*sampling rate*) мора бити најмање двоструко

већа од највише фреквенције која се може појавити у аналогном сигналу који се узоркује (Lathi, 1998).

На следећем дијаграму приказан је пример аналого-дигиталне конверзије.



**Слика 4: Аналого-дигитална конверзија**

### *Типови сензора*

У зависности од физичке величине коју мере, постоје следећи типови сензора: механички сензори, капацитивни сензори, сензори магнетног поља, термални сензори, акустични сензори, оптички сензори, хемијски и биолошки сензори (Meijer, 1986; Udd & Spillman, 2011).

Механички сензори су уређаји који мере механичке величине, као што су сила, убрзање, притисак. Наведеној групи сензора припадају сензори силе, акцелерометри, сензори притиска и жirosкопи.

Капацитивни сензори користе физичку особину проводљивости, на основу чега могу мерити и остале физичке величине, као што су влажност ваздуха, ниво течности или удаљеност.

### *Калибрација сензора и грешке при мерењу*

Сензори неће у свим ситуацијама мерити тачне вредности. Из тог разлога, потребно је извршити њихову калибрацију.

Калибрација инструмената је процес којим се одржава прецизност инструмента. Овим процесом, постиже се подешавање инструмента тако да излазни резултат буде у прихватљивом опсегу.

Када су сензори у питању, на њихову прецизност утичу два фактора (Morris & Langari, 2016):

1. **Шум.** На све мерне инструменте утиче насумични шум, у мањој или већој мери. Мерни инструменти са ниским сигнал/шум односом теже врше мерења која се понављају.
2. **Хистерезис.** На неке сензоре такође утиче хистерезис, односно карактеристика система да на излазне величине не утичу само улазне величине, већ и историја система. Другим речима, код поновљених мерења сензори неће давати исти резултат. Хистерезис је уобичајени проблем код великог броја сензора за мерење притиска.

Калибрација сензора је метода применом које се побољшавају перформансе сензора (Buckovski, Megeian, Estrin, & Potkonjak, 2003). Калибрацијом сензора се редукују структурне грешке на излазима сензора. Структурне грешке представљају разлике између очекиване вредности излаза и измерене вредности на излазу. Свака грешка која се понавља при узастопним мерењима може да се

израчуна приликом калибрације. На тај начин се постиже уклањање грешака у реалном времену (дигиталним прорачуном).

Други тип грешака које се јављају при мерењима, а на које процес калибрације не може утицати, јесу случајне грешке (Morris & Langari, 2016). Случајне грешке настају услед непредвидљивих околности, приликом извођења коначног броја узастопних мерења. Један од извора случајних грешака може да буде електричан шум. Проблем случајних грешака се може превазићи коришћењем различитих статистичких техника, као што је узимање средње вредности из више различитих мерења.

#### **4.1.1.2 Актуатори**

Актуатори (*енг.* actuators) представљају уређаје који имају функцију прекидача. Наведени уређаји врше конверзију електричних или флуидних улаза у механичке излазе. Помоћу актуатора је могуће даљински контролисати друге уређаје.

Разликују се следећи типови актуатора (Džekulić, 2016):

- Електромагнетни актуатори;
- Актуатори који користе снагу флуида и
- Микроактуатори.

Електромагнетни актуатори врше конверзију енергије електромагнетног поља у кинетичку енергију. У ову групу актуатора спадају релеји, различити типови мотора, звучници, електромагнети и сл.

У актуаторе који користе снагу флуида спадају различите врсте пумпи и вентила. Ова група актуатора своју примену најчешће налази у паметној пољопривреди.

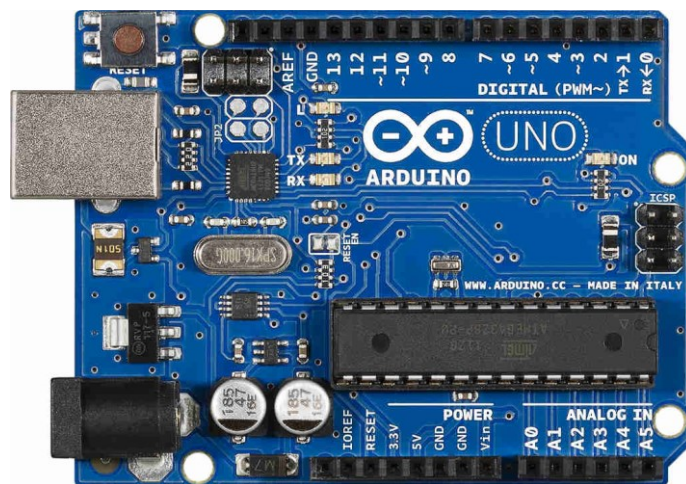
Микроактуатори обухватају пиезоелектричне, магнетостриктивне, електрохемијске, термалне и меморијскометалне актуаторе.

Да би апликације приступале подацима са сензора и контролисале актуаторе, они се најчешће повезују са сложенијим уређајима, као што су микроконтролери и микрорачунари.

### 4.1.1.3 Микроконтролери

Микроконтролери (*енг.* microcontrollers) представљају мале рачунаре који садрже процесор, меморију и улазно/излазне периферије. Они поседују ограничену меморију, на њих није могуће инсталирати оперативни систем и не подржавају multitasking.

Arduino данас представља широко распрострањену микроконтролерску платформу која је своју примену пронашла у Интернету интелигентних уређаја. Дизајниран је као платформа отвореног кода. Присутно је више различитих модела овог микроконтролера, у зависности од хардверских карактеристика, укључујући Arduino Uno (Слика 5), Arduino Due, Arduino Leonardo, Arduino Yún.



Слика 5: Arduino Uno

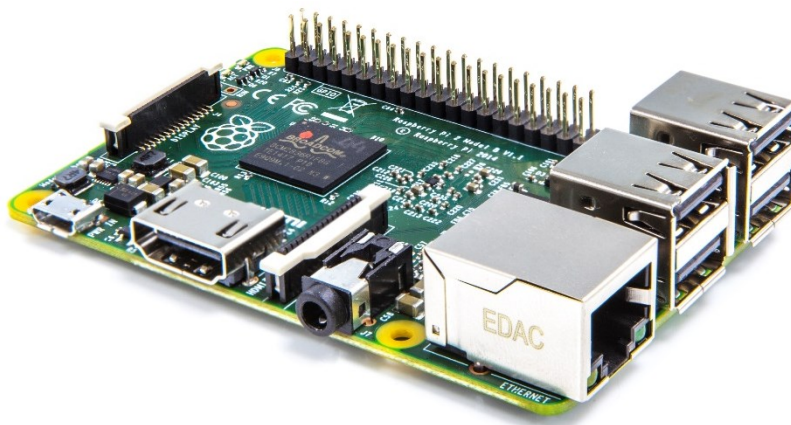
Наведени модели се претежно разликују у количини доступне меморије и количини доступних улазно/излазних прикључака који се могу користити за повезивање спољних електронских компонената, попут сензора и актуатора. Развојно окружење за Arduino платформу је Arduino IDE, а за програмирање ових микроконтролера користи се модификована верзија C/C++ програмског језика. Енергетски нису захтевни и могу се напајати помоћу батерија, што им омогућава аутономију и рад у тешко приступачним пределима, где могу да буду делови бежичних сензорских мрежа.

#### 4.1.1.4 Микрорачунари

Микрорачунари (*енг.* microcomputers), односно рачунари на једној плочи (*енг.* single board computers) су сложенији уређаји од микроконтролера. Поред улазно/излазних периферија, поседују јачу процесорску јединицу, већу количину оперативне меморије и већи простор за складиштење података. Могуће је инсталирати multitasking оперативни систем.

Микрорачунари обично поседују процесор заснован на ARM архитектури, слабијих перформанси у односу на класичну x86/x86\_64 рачунарску архитектуру. Главна предност микрорачунара је њихова величина, као и мала потрошња електричне енергије, што их чини добрим решењима за IoT пројекте. Данас су најчешће коришћени микрорачунари Raspberry Pi, BeagleBone Black, Hackberry.

Raspberry Pi (Слика 6) је настао 2012. године у Великој Британији.



Слика 6: Raspberry PI микрорачунар

Карактеристике га ARM процесорска јединица на 700 MHz, 512 Mb оперативне меморије, слот за SD картицу, HDMI видео излаз, USB конекција, као и GPIO прикључак који омогућава повезивање дигиталних сензора, акутатора и осталих електронских компоненти. Подржава инсталацију више различитих Linux оперативних система, као што су Raspbian, Pidora, Arch Linux, OpenWRT.

BeagleBone Black садржи ARM процесор од 1 GHz, поседује 512 Mb RAM меморије, 4 Gb интерне меморије за складиштење података, као и 3D графички акцелератор.

Hackberry поседује ARM процесор на 1.2 GHz, 4 Gb интерне меморије, као и 512 Mb оперативне меморије.

#### **4.1.2 Паметна окружења**

Концепти и технологије Интернета интелигентних уређаја користе се за креирање паметних окружења (*енг.* smart environments). Главни циљ паметних окружења је аутоматизација свакодневних активности (Dey, Abowd, & Salber, 2000). Паметна окружења обухватају паметне куће, паметне градове, паметне електроенергетске мреже, паметну е-управу, паметне учионице и др. Такође је могућа примена технологија Интернета интелигентних уређаја у е-здравству (Wei, Shangpin, & Lu, 2012). У оквиру паметних окружења могуће је имплементирати и lifelogging могућност, односно непрекидни видео надзор (Petroulakis, Tragos, Fragkiadakis, & Spanoudakis, 2012).

Паметне куће (*енг.* smart homes) подразумевају примену технологија Интернета интелигентних уређаја у стамбеном простору ради поједностављења и аутоматизације појединих задатака (Aldrich, 2003). Компонентама паметних кућа могуће је управљати путем Интернета, па је могуће управљање системом осветљења, грејања, климатизације, ролетни, прања рубља и сл. (GhaffarianHoseini, Dahlan, Berardi, GhaffarianHoseini, & Makaremi, 2013).

Паметни градови (*енг.* smart cities) подразумевају примену информационих технологија у предузећима, локалној управи, локалним заједницама и код становника града, у циљу побољшања квалитета живота (Ferro, Caroleo, Leo, Osella, & Pautasso, 2013; Hollands, 2008). Паметни градови се дефинишу као урбана окружења која уз помоћ примене савремених информационо-комуникационих технологија могу да омогуће напредне и иновативне сервисе грађанима (Piro, Cianci, Grieco, Boggia, & Camarda, 2014). Паметни паркинг (Idris, Leng, Tamil, Noor, & Razak, 2009) и паметни транспорт (Lenior, Janssen, Neerinx,

& Schreibers, 2006) представљају честе компоненте паметних градова (Piro et al., 2014). Паметни градови се могу дефинисати и као динамичка интеграција дигиталног и физичког света у којем се велика количина података прикупља у реалном времену. Прикупљање података се извршава путем сензора распоређених по различим локацијама, пренос тих података зависи од брзине Интернета или других мрежа, док се чување и процесирање података врши у цлоуд окружењу. У паметном граду се побољшава квалитет живота грађана и неке од активности у паметном граду су паметни транспорт, здравство, сигурност и сл. (Kwok, 2015)

Паметне електроенергетске мреже (*енг.* smart grids) представљају мреже за дистрибуцију електричне енергије које могу да прикупљају и дистрибуирају додатне информације о понашању потрошача, у циљу повећања ефикасности електроенергетског система (Samad & Kiliccote, 2012; Wang, Xu, & Khanna, 2011).

Паметна е-управа (*енг.* smart e-government) подразумева примену информационо-комуникационих технологија и технологија Интернета интегираних уређаја у јавној управи, ради побољшања сервиса за грађане и привреду.

Паметне учионице (*енг.* smart classrooms) примењују концепте и технологијама у образовању, ради побољшања квалитета наставног процеса и задовољења различитих потреба студената. О паметним учионицама биће више речи у посебном поглављу (поглавље 4.4).

## **4.2 Архитектура, стандарди и протоколи Интернета интелигентних уређаја**

### **4.2.1 Сензорске мреже и IoT протоколи**

Основна компонента архитектуре паметних окружења, односно система Интернета интелигентних уређаја су сензорске мреже (*енг.* sensor networks). Овакве мреже се састоје из великог броја сензорских чворова, који су распрострањени у оквиру или близу феномена, односно подручја чије се карактеристике прикупљају (Yick, Mukherjee, & Ghosal, 2008). Бежичне сензорске



мреже (*енг.* wireless sensor networks), као посебна врста сензорских мрежа, представљају сензорске мреже састављене од аутономних сензора распоређених у простору и повезаних различитим бежичним технологијама, у циљу мерења и праћења физичких и еколошких параметара окружења, који обухватају притисак, звук, температуру, влажност ваздуха, концентрацију штетних материја у ваздуху. Бежичне сензорске мреже путем сензора прикупљају необрађене податке из окружења, које касније обрађују и дистрибуирају. Постоји два основна типа (бежичних) сензорских мрежа: проактивне и реактивне мреже (Estrin, Govindan, Heidemann, & Kumar, 1999). Код проактивних мрежа, чворови у мрежи повремено укључују сензоре да би измерили параметре из окружења и проследили релевантне податке. Реактивне мреже су мреже где су чворови непрекидно активни и реагују на промене окружења у реалном времену.

Проблем међусобне комуникације уређаја у оквиру бежичних сензорских мрежа означен је као М2М (*енг.* Machine to Machine) комуникација (Boswarthick, Elloumi, & Hersent, 2012). М2М комуникација успоставља предуслове на основу којих уређаји могу да у оба смера размењују информације са различитим апликацијама помоћу телекомуникационе мреже. За потребе овакве комуникације углавном се примењују веб сервиси базирани на REST архитектури. Нови протокол CoAP (Constrained Application Protocol), сличан HTTP протоколу, али прилагођен комуникацији између уређаја, настао је за потребе М2М комуникације. Овај протокол дефинише једноставне формате порука које је могуће обрадити и на уређајима са ограниченим ресурсима, попут чворова бежичних сензорских мрежа. CoAP може и да открива ресурсе бежичних сензорских мрежа и да препозна и исправи губитке током преноса пакета. REST принципи се могу користити и код развоја сервиса на CoAP протоколу. Попут HTTP протокола, CoAP подржава GET, POST, PUT и DELETE методе и URI захтеве који су слични HTTP захтевима. Намена CoAP протокола није да замени HTTP, већ да се користи у М2М комуникацији између ограничених уређаја.

Други протокол за М2М конективност је MQTT. Његова намена је размена порука између различитих уређаја.

Стандарди бежичних сензорских мрежа обухватају бежичне стандарде IEEE 802.15.x, IEEE 1451, DECT, PWT, ZigBee (Malan, Fulford-Jones, Welsh, & Moulton, 2004).

Радна група IEEE 802.15 развија спецификације стандарда намењених WPAN мрежама (енг. Wireless Personal Area Networks – бежичне личне мреже). У оквиру групе стандарда IEEE 802.15 дефинисани су следећи стандарди:

- IEEE 802.15.1 (Bluetooth);
- IEEE 802.15.2 (смањење сметњи између WPAN и WLAN мрежа);
- IEEE 802.15.3 (WPAN мреже са брзинама већим од 20 Mbps);
- IEEE 802.15.4 (WPAN мреже са брзинама мањим од 250 kbps).

Стандард IEEE 1451 обухвата групу стандарда за паметне сензоре, не дефинише посебан стандард комуникације, при чему начин повезивања сензора зависи од типа сензора, пропусног опсега података и врсте апликације која користи сензор.

DECT и PWT стандарди подразумевају стандарде који се најчешће примењују код бежичне фиксне телефоније. Они одређују двосмерни дигитални стандард комуникације ниске снаге.

ZigBee стандард се заснива на IEEE 802.15.4 стандарду и омогућава креирање WPAN мрежа ниског домета. Стандардизовани су мрежни слој који је задужен за рутирање и апликациони слој, задужен за развој апликација.

Бежичне сензорске мреже су високо ограничене енергетским изворима, бројем чворова, начинима комуникације између компонената, па су развијени посебни протоколи за рад са овим мрежама (Perillo & Heinzelman, 2005).

Протоколи за контролу медијума (енг. MAC/Medium Access Control Protocols) пројектовани су у циљу оптимизације пропусног опсега мрежа, са мањим акцентом на штедњу енергије (Perillo & Heinzelman, 2005). Протоколи Sensor-MAC (S-MAC) и Timeout-MAC (T-MAC) представљају протоколе прилагођене за

сензорске мреже. Намена ових протокола била је да се одреди време када ће се мрежни чворови активирати, односно деактивирати.

Протоколи за рутирање бежичних сензорских мрежа узимају у обзир ограничења наметнута код оваквих мрежа, те постоји рутирање на основу ресурса, рутирање фокусирано на податке, географско рутирање (Perillo & Heinzelman, 2005).

#### **4.2.2 Примена Cloud Computing-a и Big Data концепата у Интернету интелигентних уређаја**

Инфраструктура Интернета интелигентних уређаја ослања се на употребу рачунарства у облаку и big data концепта.

Cloud Computing представља релативно зрелу технологију која пружа скоро неограничене ресурсе за складиштење података. Наведена карактеристика рачунарства у облаку омогућава IoT-у да превазиђе хардверска ограничења уређаја (процесорска снага, меморија, комуникација) (Botta, de Donato, Persico, & Pescaré, 2015). Са друге стране, Интернет интелигентних уређаја може допринети развоју Cloud Computing-a у смислу боље, динамичне и дистрибуисане интеграције са објектима реалног света, односно пружању нових услуга у различитим сценаријима реалног живота. Cloud може да пружи посреднички слој између апликација и интелигентних уређаја, при чему се сакрива комплексност система и функционалности које је потребно имплементирати да би такав систем био употребљив. Наведене особености овакве интеграције ће имати утицаја на будући развој апликација, где прикупљање информација, њихово процесирање и размена ствара нове изазове, посебно у окружењима састављеним из више облака (Suciu et al., 2013).

Пример наведеног начина интеграције је Cloud Manufacturing (CMfg), који представља облик децентрализоване и умрежене производње, развијене из процеса производње базираног на вебу и агентима (D. Wu, Rosen, Wang, & Schaefer, 2014). CMfg уводи савремене технологије у процес производње, као што су Cloud Computing, друштвени медији, IoT и сервисно-оријентисана архитектура

(Xun Xu, 2012). Cloud Computing, Big Data и Интернет интелегентних уређаја користе се у изградњи производног система (C. Yang, Shen, Lin, & Wang, 2016).

Коришћење сензора и вођење евиденције о подацима из спољног окружења представља прекретницу за развој свеprisутног рачунарства. Наведени термин први пут је употребљен у раду *The Computer for 21st century* (Weiser, 1991). Сензорске мреже представљају прекурсоре Интернета интелегентних уређаја.

Количина дигиталних података је у сталном порасту. Године 2010, укупна количина података на Земљи била је већа од једног зетабајта (ZB), односно једне милијарде терабајта. До краја наредне, 2011. године, број података је порастао на 1.8 ZB (Ackerman & Guizzo, 2011). Предвиђа се експоненцијални раст количине података, па ће њихова количина 2020. године износити 35 ZB (Raskino, Fenn, & Linden, 2015; Reed, Larus, & Gannon, 2012).

Прикупљање и обрада велике количине података представља значајан проблем у области Интернета интелегентних уређаја. Интернет интелегентних уређаја генерише велику количину података. Значајан број интелегентних уређаја је свакодневно активан. Сензори, RFID тагови и остали паметни уређаји су најчешће повезани са одговарајућим сервисима у облаку, где се врши процесирање и чување података. Брзина којом нови подаци пристижу повећава се, пошто се временом повећава број мерења са сензора, као и број постављених сензора.

Сваког дана се креира 2.5 квинтилиона бајтова података, што доводи до чињенице да је 90% садашњих светских података креирано у периоду од последње две године, а наведене податке већином генеришу друштвене мреже и интелегентни уређаји (Ciobanu, Cristea, Dobre, & Pop, 2014).

Главни big data изазови се односе на начине сарадње између корисника и машина. Огромне количине података које генеришу паметни уређаји биле би бескорисне да се не користе аналитички big data алати. Главна додирна тачка big data концепта и Интернета интелегентних уређаја је учестао поступак процесирања, трансформисања и анализе великих скупова података.

Развој сензора, рачунарског хардвера и Cloud технологија довео је до смањења трошкова имплементације рачунарске инфраструктуре, као и повећања процесорске снаге и складишних капацитета уређаја. Многи уређаји, попут сензора, почели су са генерисањем података које је могуће складиштити захваљујући јефтним медијима за складиштење (Zaslavsky, Perera, & Georgakopoulos, 2013). У области Интернета интелигентних уређаја, није потребно само складиштити сирове податке прикупљене са сензора, већ и информације у вези са контекстом уређаја, као што су величине које се мере, који сензори су доступни, просторни распоред сензора, карактеристике сензора и др (Calbimonte, Jeung, Corcho, & Aberer, 2011). Повећањем података и метаподатака који генеришу интелигентни уређаји долази до потребе примене *big data* концепта у Интернету интелигентних уређаја. Као синтеза концепата Интернета интелигентних уређаја, *big data* и Cloud Computing-а, настаје нови Cloud сервисни модел *Sensing as a Service* (Dr. Steve Rogers, Ryer, & Eggers, 2014; Gao, Lei, & Yu, 2015).

Парадигма *Sensing as a Service* подразумева архитектуру система где сензорски уређаји генеришу сензорске *big data* податке који се чувају и обрађују у оквиру Cloud инфраструктуре (Kim et al., 2016). Наведени модел састоји се из четири концептуална нивоа (Perera, Zaslavsky, Christen, & Georgakopoulos, 2014):

1. Сензори и власници сензора (Sensors and Sensor Owners). Сензори представљају уређаје који детектују, мере или опажају физичке феномене, попут температуре, влажности ваздуха и сл. Више сензора може бити закачено за један уређај, који представља власника сензора;
2. Издавачи сензора (Sensor Publishers). Главна улога овог слоја је детектовање доступних сензора, комуникација са власницима сензора и добијање дозволе за објављивање сензора у облаку;
3. Проширени провајдери сервиса (Extended Service Providers). Представља „интелигентан“ слој, у оквиру којег се дефинише пословна логика. Овај слој треба да омогући додатне сервисе потрошачима;
4. Потрошачи сензорских података (Sensor Data Consumers). Сви потрошачи података морају да се региструју и да обезбеде валидан дигитални

сертификат да би користили сензорске податке. Потрошачи не комуницирају директно са сензорима или власницима сензора, већ се та комуникација обавља помоћу посредничког слоја издавача сензора или проширеног провајдера сервиса.

### **4.3 Примена *Wearable Computing* концепта у електронском образовању**

Развој нанотехнологија и тренд умањивања величина рачунарских компонената довели су до присуства одеће и модних додатака које садрже електронске компоненте (Mann, 1997b). Концепт *Wearable Computing* (срп. „Рачунарство које се облачи”), као део рачунарства четврте генерације, обухвата наведене објекте (Pentland, 2000). Носиви рачунар (енг. *Wearable Computer*) је уређај који је увек повезан са корисником док га корисник носи и користи на њему погодан начин (Toh, 2013). *Wearable Computing* се може дефинисати као ношење рачунарских уређаја, који су увек доступни корисницима, на сличан начин као одеће (Mann, 1997a). Ради смањења тежине *wearable* уређаја и елиминисања потребе за батеријама, испитују се могућности за *wearable* системима које напаја људска енергија (Starner, 1996). За *Wearable Computing* апликације, људска активност представља централни део корисничког контекста (Kern, Schiele, & Schmidt, 2003). Другим речима, овакве апликације се прилагођавају корисницима, на основу одређеног контекста.

*Wearable Computing* је, заједно са *Context-Aware* принципима, могуће применити у образовању. У оквиру пројекта *Classroom 2000* примењени су наведени концепти, што се показало корисним за препознавање афеката студената (Abowd, Dey, Orr, & Brotherton, 1998; Picard, 2000).

Развојем е-образовања, мобилног образовања и свеприсутног образовања долази до повећања броја мобилних уређаја који се користе у процесу наставе и комбиновања формалног и неформалног учења (Wong & Looi, 2010). *Wearable Computing* и мобилно образовање имају сличне карактеристике у смислу

физичког ограничења уређаја, али код Wearable Computing концепта се подразумева употреба више различитих уређаја, за разлику од мобилног образовања које је ограничено на употребу мобилних телефона и таблет уређаја (Labus, Milutinović, Stepanić, Stevanović, & Milinović, 2015).

Системи за управљање учењем треба да подржавају комуникацију са различитим уређајима и да на њих испоручују одговарајуће материјале за учење из локалне базе података или неког другог извора. Материјали за учење треба да садрже одговарајуће метаподатке да би могли да се испоруче на различите уређаје. Образовни садржаји се могу користити као објекти за учење, односно мале јединице које садрже наставне материјале и које су независне од контекста и обележене одговарајућим метаподацима (McGreal, 2004). У случају постојања великог броја наставних материјала, потребно је вршити аутоматску анализу и анотацију ресурса (Bogdanović, Despotović-Zrakić, Milutinović, Anđelić, & Milinović, 2013). За описивање образовних ресурса, погодно је коришћење онтологија (Milutinović, Stojiljković, & Lazarević, 2014).

За примену Wearable Computing-a у образовању, битан је интерфејс за коришћење носивих уређаја (Labus et al., 2015). Ако се ови уређаји користе директно у процесу учења, интеракција са њима треба да буде једноставна и интуитивна, да би се студенти фокусирали на задатак. Визуелни интерфејси, попут паметних наочара, могу да зависе или да не зависе од окружења и да се базирају на концептима проширене реалности.

У е-образовању се могу применити различити аспекти Wearable Computing концепта, као што су (Labus et al., 2015):

- Паметни сатови, за вођење евиденције присутних студената;
- Паметне наочаре, за једноставнију комуникацију са ресурсима које обезбеђује професор;
- *Sixth Sense* уређаји, који омогућавају професорима да фотографишу и препознају објекте, као и да пренесу информације из реалног у виртуелни свет.

## **4.4 Појам и дефиниција паметних учионица**

Развој технологије доводи до промене начина живота и размишљања у свим научним областима, што укључује и област образовања. Од друге половине последње деценије двадесетог века, динамика стварања и увођења нових технологија у образовне институције постаје све учесталија, чак и за организације које поседују ограничене финансијске ресурсе (Vail, 2003). Употреба нових технологија у образовању је иреверзибилан процес. Да би данашњи студенти након завршетка студија били конкурентни на тржишту рада, неопходно је да буду у току са савременим технологијама, а самим тим и да поседују одређене вештине, у које спадају: дигитална писменост, стваралачки начин размишљања, ефективна комуникација, тимски рад, као и способност креирања високо квалитетних пројеката (Firmin & Genesi, 2013).

### **4.4.1 Дефиниција паметних учионица**

Данас је велики број учионица повезан са Интернетом и напредном технолошком опремом и уређајима, као што су таблети или интерактивне табле с циљем стварање интелигенције у класичним учионицама. Овакав тип учионица се назива паметна учионица, интелигентна учионица или учионица будућности. Паметне учионице омогућавају студентима и професорима ново искуство учења и поучавања. Треба нагласити разлику између обичних учионица опремљених са рачунарима и паметних учионица које су опремљене са најновијим технологијама укључујући бежичне мреже, технологију свесну контекста, масивно рударење података и њихова анализа или паметне интерактивне технологије (Li, Kong, & Chen, 2015).

У окружењу паметне учионице постоји комуникација лицем у лице, као и виртуелна комуникација. Паметна учионица обједињује људску интеракцију, технологију и традиционалне методе учења, да би се формирало окружење за учење које је иновативно, унапређено и флексибилно. Окружење паметне учионице се не среће само у образовним институцијама, него је своју примену нашло и у одржавању састанака, конференција, музејима и библиотекама (Sevindik, 2010).



Паметне учионице (*енг.* smart classrooms) подразумевају оптимизацију наставних материјала, омогућавање једноставног и погодног приступа ресурсима за учење, увођење интерактивности у процесе учења и подучавања, узимање у обзир контекстне димензије и сл. (Huang, Hu, Yang, & Xiao, 2012).

Паметна учионица може бити дефинисана као учионица опремљена са модерним технологијама као што су 3G, 4G, интерактивно учење, аудио и видео трансмисија, као и објављивање снимљених предавања на веб сајту. Велика употреба паметних телефона и таблета их чини погодним за паметна окружења за учење, тако да се и е-учење и м-учење може истовремено комбиновати у физичким или виртуелним учионицама (Alelaiwi et al., 2014).

Паметне учионице поседују савремену информационо-комуникациону опрему, укључујући (Xie, Shi, Xu, & Xie, 2001):

- Умрежен рачунар са пратећом опремом;
- Пројектор и платно;
- DVD или Blu-ray плејер;
- Контролни уређај (нпр. уређај за гласање);
- Жичну или бежичну мрежу;
- Аудио опрема (микрофони, звучници, појачала);
- Конзола за управљање;
- Документ камере;
- Паметна интерактивна табла;
- Интерактивни монитори и др.

Карактеристике паметних учионица су следеће (Li et al., 2015):

- у технолошком смислу су богате, комбинују физичко и виртуелно окружење за учење и прилагодљиве су контексту ситуације;
- могу да пруже интерактивну подршку, садржај и алате за различите стилове учења;
- могу да прикупљају, чувају и анализирају велике количине података, да би се оптимизовале педагошке одлуке;
- стимулишу студентску мотивацију, креативност и дају им могућност да уче на конкретним примерима.

Према неким ауторима, могуће је комбиновати технологије преноса података преко мобилних мрежа (3G и 4G) са употребом мобилних и таблет уређаја, у циљу унапређења инфраструктуре паметне учионице (Alelaiwi et al., 2014).

Основни типови паметних учионица су виртуелни асистенти, аутоматизовано снимање предавања, дигитализација писаних материјала, системи за аудио и видео конференције и виртуелизација учесника (Gligoric, Uzelac, & Krco, 2012).

Виртуелни асистенти поседују могућност препознавања људског говора и могу да реагују на одређене команде.

Аутоматизовано снимање предавања често обухвата и праћење кретања предавача, а понекад и препознавање акција корисника.

Дигитализација писаних материјала подразумева коришћење техника за оптичко препознавање рукописа, најчешће са паметних табли.

Системи за конференције омогућавају успостављање двосмерне аудио/видео комуникације.

Виртуелизација окружења подразумева креирање виртуелизованог окружења које симулира традиционалну учионицу.

#### **4.4.2 Паметни универзитет**

У литератури не постоји јасна дефиниција паметног универзитета, већ се овај појам може описати као платформа која прикупља и пружа основне информације

за анализу и унапређење окружења за учење. Међутим, оваква дефиниција се ослања само на технички аспект, док је технологија само један од елемената паметног универзитета. На окружење за учење, као и саме процесе унутар универзитета такође утичу и економске, правне и друштвене промене које се дешавају у свету. Најновије технологије мењају и начин на који људи уче и утичу на везе и односе између студената и професора. Све ово резултира променама и саме организације универзитета који се труде да остану конкурентни у глобалном сценарију (Coccoli, Guercio, Maresca, & Stanganelli, 2014).

Паметни универзитет као специфични облик паметне школе је образовна институција која усваја наставне процесе и образовне менаџмент праксе за подстицање системских промена, у циљу омогућавања студентима да савладају изазове које поставља ера информационих технологија (Salimi & Ghonoodi, 2012).

За паметни универзитет није довољно искључиво увођење савремених технологија. Потребно је такође да паметни универзитет буде ефикаснији, ефективнији, са оствареним вишим нивоом сарадње и интеракције између студената и професора, у циљу стварања бољег окружења за учење. Паметни универзитет треба да понуди богато и интерактивно искуство тако што ће ојачати индивидуалне могућности и способности код студената и мотивисати их на сарадњу и комуникацију са осталим учесницима образовног процеса (Coccoli et al., 2014).

Са организационе стране универзитет постаје паметнији када има мање бирократије, мотивише стварање паметног људског друштвеног капитала и подржава иновативне инвестиције које се односе на синергију учења и истраживања. ИКТ инфраструктура је само средство у успостављању паметног универзитета, са циљем омогућавања сервиса који ће дубоко утицати на саме процесе у универзитету (Coccoli et al., 2014).

Интерни и екстерни сервиси класичног и е-универзитета углавном омогућавају прикупљање и обраду података, али не и могућност адаптивног и аутоматског деловања у променљивим ситуацијама. И-универзитет (интелигентни универзитет) представља е-управљачку и ИКТ надоградњу класичног образовног

окружења, јачањем способности адаптивног деловања на промене у окружењу којима се постиже јачање индивидуалних потенцијала и способности студената, повећање интеракције студената и професора, као и студената и других учесника (менаџмент, администрација), ради постизања транспарентнијег и бољег образовног окружења, као и веће ефективности и ефикасности универзитета. У оквиру и-универзитета важни су „паметни“ концепти, као што су паметна зграда (грејање/хлађење, расвета, електрична енергија, евиденција присутности, паркинг и сл.), паметна учионица, паметна школа, паметна библиотека, паметно образовање, паметно здравље запослених и студената, паметна сигурност (заштита, аларми, сигурност у лабораторијама), паметни сервиси за студенте и запослене и сл.

Савремене тенденције у развоју организације високог образовања воде ка појави универзитетског кампуса који има карактеристике града и универзитета. Стога се паметни кампус може разматрати као синтеза паметног града и паметног универзитета.

Развој технологија IoT доприноси развоју темељних основа инфраструктуре паметног града. Развој паметног кампуса је део развоја паметног града. Различите интересне стране у процесу образовања имају различите захтеве и очекивања од паметног окружења, а самим тим су потребне и различите технологије које ће задовољити те захтеве (Kwok, 2015)

Један од примера паметних градова је Сантандер у Шпанији у којем је инсталирано више од 20 000 сензора са циљем истраживања трендова који се односе на паркинг, управљање електричном енергијом у школама, стамбеним објектима и уличном расветом, као и управљање отпадом, али и неким персонализованим услугама за грађане тог града, нпр. куповина или превоз (Gil-Garcia, Helbig, & Ojo, 2014).

Паметно образовање је свакако битан сегмент паметног града. Паметно образовање грађанима пружа динамичко окружење за учење, које за резултат има паметну радну снагу. Град не може бити паметан уколико нема довољно квалификованих људи који ће понудити иновативна решења (Kwok, 2015).

Нови изазови у оквиру и-кампуса се не односе само на студенте и професоре, него и на управљање кампусом. Интересне стране у образовању су студенти, професори, школски менаџмент и власти задужене за овај сектор. И-кампус се не мора градити из почетка, него се може надограђивати на постојећу инфраструктуру кампуса (Kwok, 2015).

Паметни кампуси имају могућност да прикупљају и анализирају податке и граде се на начин да донесу предности институцији, студентима и запосленима. Систем паметног кампуса посетиоцима може да пружи различите сервисе за мобилне телефоне или таблет рачунаре на основу њихове тренутне ситуације. Паметни кампус има инфраструктуру која омогућава овакву врсту повезивања и прилагођава се аутоматски контексту, тако да је и функционисање паметног кампуса условљено међусобном сарадњом паметних уређаја (Khabou, Rodriguez, Gharbi, & Jmaiel, 2014).

Окружење паметног кампуса чине холистичко е-учење, друштвено умрежавање и сарадња, еколошке и ИКТ одрживости са интелигентним системима за управљање сензорима, превентивне здравствене неге, управљање паметном зградом са аутоматском сигурносном контролом и надгледањем, као и управљање кампусом, али није ограничено само на ове области (Kwok, 2015).

Актуелност и-кампуса потврђује и Етислат Британски Телеком Иновативни Центар (ЕВТИС), који је покренуо иницијативу за увођење паметног кампуса у оквиру високошколских институција. Ова иницијатива је привукла пажњу универзитета из различитих делова света, иако постоји и одређени број универзитета који су самостално активно развијали и имплементирали своја паметна решења. Интелигентни кампус се састоји од шест функционалних делова: иУчење (*енг.* iLearning), иМенаџмент (*енг.* iManagement), иУправа (*енг.* iGovernance), иДруштво (*енг.* iSocial), иЕкологија (*енг.* iGreen) и иЗдравље (*енг.* iHealth). Међутим, не мора сваки део и-кампуса бити имплементиран у оквиру образовне институције, него би се требало прилагодити потребама институције, ради остваривања најбољих резултата (Aion, Helmandollar, Wang, & Ng, 2012).

Паметни системи треба да буду фокусирани на човека и да користе све доступне технологије ради побољшања одрживости, поузданости, мобилности и

флексибилности. Паметна решења треба да буду персонализована, адаптивна и интерактивна, те доступна у свако време, са сваког места и са било ког уређаја (Coccoli et al., 2014).

У интелигентном амбијенту, људи су део дигиталног окружења које је свесно присуства људи и контекста ситуације, те се прилагођава њиховим потребама (Santana-Mancilla, Echeverría, Santos, Castellanos, & Díaz, 2013).

Паметно образовно окружење (*енг.* Smart Learning Environment – SLE) се дефинише као физичко окружење обogaћено дигиталним, прилагодљивим и уређајима свесним контекста да би се унапредио процес учења. SLE заједно са постојећим физичким окружењем омогућава креирање ситуација и догађаја потребних за стимулацију појединца да учи, као и да проналази решење у различитим ситуацијама, да се социјализује са групом, да вежба и размишља (Koper, 2014).

Подаци прикупљени сензорима у паметним окружењима се често користе у комбинацији са дата мининг техникама да би се утврдили и препознали обрасци (патерни) активности, предвидели предстојећи догађаји, аутоматизовала интеракција са окружењем и детектовали неочекивани догађаји, посебно у апликацијама за сигурност или здравље корисника (Rashidi & Cook, 2011).

SLE треба да буде у могућности да детектује опасности у учионицама, читаоницама, лабораторијама и другим просторијама кампуса/универзитета, као што су присуство ватре, опасних хемијских супстанци или бактерија; да надгледа здравље запослених и студената, стање опреме, окружења и сигурности и да регулише окружење кампуса/универзитета како би се оптимизовала потрошња струје и других ресурса без да омета ефикасност образовних активности (Lei, Wan, & Man, 2013).

Аутори (Lei et al., 2013) предлажу примену сајбер-физичких система (*енг.* Cyber-Physical Systems – CPS) у успостављању паметног окружења у оквиру универзитета, у четири основна поља: оптимизација ресурса, сигурност, заштита здравља и омогућавање персонализованих сервиса, што је представљено у табели 3.

**Табела 3: Примена CPS у SLE (Lei et al., 2013)**

Критеријум	Запослени / Студенти	Универзитет
Оптимизација ресурса	<ul style="list-style-type: none"> <li>• препорука услуга или непосредној близини;</li> <li>• резервације или управљање сервисима.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• интелигентна зграда;</li> <li>• оптимизација потрошње електричне енергије;</li> <li>• управљање и мониторинг над ресурсима.</li> </ul>
Безбедност	<ul style="list-style-type: none"> <li>• примање упозорења;</li> <li>• праћење присуства.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• надгледање инфраструктуре, опреме и лабораторија;</li> <li>• безбедност кампуса; идентификација посетилаца.</li> </ul>
Заштита здравља	<ul style="list-style-type: none"> <li>• мониторинг здравља.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• праћење и идентификација опасних материјала;</li> <li>• превентивна здравствена нега.</li> </ul>
Персонализовани сервис	<ul style="list-style-type: none"> <li>• препоруке догађаја или сервиса;</li> <li>• дељење информација;</li> <li>• навигација.</li> </ul>	-

Један од примера имплементације паметних окружења за учење је SAMAL модел (*енг.* Smart Ambience for Affective Learning) на Универзитету у Хонг Конгу, који има за циљ да у процес учења укључи тело, ум и емоције ученика. SAMAL модел представља примену интерактивних медија и виртуелне реалности као алата за подстицање мотивације за учење, као и за успостављање веза између когниције, деловања и учења. Овај модел подразумева учествовање студената у посебно развијеним сценаријима виртуелне реалности. Резултати примене SAMAL модела су показали да постоји већа корелација између студената који су учествовали у оваквим активностима и бољих резултата учења, него код студената који су били изван експеримента (Ip, Byrne, Cheng, & Kwok, 2011). SAMAL модел је реализован путем SAMAL учионице која је опремљена 3D пројектором, уређајима за детекцију покрета и интеракцију на бази гестикулације (Wii-mote или Wii-fit) и уређајима за додавање различитих мириса у учионицу (Kwok, Cheng, Ip & Kong, 2011).

Аутор (Spector, 2014) предлаже увођење теоријског оквира концептуализације паметног образовног окружења, при чему се карактеристике паметног образовног окружења могу поделити у три категорије:

- неопходне карактеристике (ефективност, ефикасност, скалабилност и аутономија);
- високо пожељне карактеристике (занимљиво, флексибилно, адаптивно и персонализовано);
- вероватне карактеристике (конверзација, рефлекција, иновација и само-организација).

Исти аутор сматра да на наведене карактеристике делују и следећи утицаји:

- филозофски (натуралистички, епистемолшкоки и социјални конструктивизам),
- психолошки (бихејвиорални, когнитивни, друштвено-психолошки и некогнитивни) и
- технолошки (ефективни, ефикасни, занимљиви, адаптивни и флексибилни) утицаји.



#### 4.4.3 Паметна е-управа

Е-управа се углавном односи на јавну администрацију, тако да представља употребу ИТ апликација и комуникационих технологије од стране јавних административних власти, како би се остварила ефикасност, ефективност, транспарентност информација размењених између (Şerban, Ştefan, & Ionescu, 2014):

- владе и владе (интерне трансакције);
- владе и локалне самоуправе;
- владе и грађана или
- владе и предузећа.

Е-управа подразумева употребу ИКТ у управљачким процесима државне управе (Pinterič, 2005, 2010).

Основни циљеви е-управе су побољшање приступа информацијама и сервисима јавне административне власти, реорганизација и реструктуирање административних процеса, као и елиминација неких процеса, унапређење квалитета услуга, смањење трошкова и повећање прихода (Şerban et al., 2014).

Паметно управљање се односи на интеграцију информација, технологије и иновација у свим активностима управљања (Gil-Garcia et al., 2014). Примена е-управе у контексту високог образовања односи се на висок ниво употребе ИКТ, Интернета и промену у односима и комуникацији са корисницима услуга е-управе. Под е-управљањем паметним универзитетом, подразумева се систем који укључује веб и остале канале електронске комуникације, Интернет апликације, системе података, као и сервисе оријентисане на IoT. Употребом наведених технологија, унапређује се образовни процес и е-пословање универзитета, али се и олакшава приступ студентским сервисима и сервисима за запослене. И-управљање се односи само на део е-управљања који се односи на ресурсе и процесе универзитета засноване на IoT-у, тако да је у питању ужи појам у односу на е-управљање. И-управљање се може прилагодити променама у окружењу и процесу учења.

Управљање и-универзитетом подразумева (Salimi & Ghonoodi, 2012):

- управљање универзитетом;
- управљање студентском службом;
- управљање образовним ресурсима;
- управљање екстерним ресурсима;
- управљање финансијама;
- управљање објектима;
- управљање људским ресурсима;
- управљање безбедношћу и
- управљање технологијом.

Управљање универзитетом подразумева политику универзитета, регулације, ефикасну комуникацију између свих учесника, боље доношење пословних одлука. Студенска служба води евиденцију о свим подацима о студентима. Образовни ресурси подразумевају базу са ресурсима намењеним учењу и подучавању, лако доступну студентима и професорима. Екстерни ресурси се могу применити у образовном окружењу. Управљање финансијама треба да омогући генерисање детаљних извештаја, у различитим временским оквирима. Управљање објектима садржи информације о инвентару и могућностима просторије у оквиру универзитета, али и алтернативне планове за употребу просторија. Људски ресурси управљају запосленима, укључујући и професоре и административно особље. Безбедност се односи на људску безбедност, али и физичку заштиту објеката. Технологија обухвата хардвер, софтвер, као и мрежно-комуникациону инфраструктуру имплементирану у оквиру паметног универзитета.

#### ***4.5 Примена Интернета интелигентних уређаја у електронском образовању***

Главне специфичности приликом подучавања технологија Интернета интелигентних уређаја у односу на остале наставне садржаје обухватају потребу за коришћењем комплексних хардверских и софтверских алата који нису увек доступни, недостатак времена за креирање озбиљних пројеката Интернета интелигентних уређаја и недостатак имплементације свих IoT функционалности (Raihan, Rahaman, Sarkar, & Mahfuz, 2013). Студенте је потребно мотивисати

давањем одређених хардверских развојних алата, чиме би се подстакла њихова креативност и омогућило креирање прототипа реалних система (Callaghan, 2012).

Интернет интелигентних уређаја представља комплексну област која обухвата креирање одговарајућих пословних модела, пројектовање система Интернета интелигентних уређаја, имплементацију наведеног система, као и евалуацију и анализу резултата након спровођења примене. За успешно спровођење IoT пројекта, потребно је формирати тим састављен од различитих стручњака, као што су дизајнери, пројектанти, експерти електротехнике и електронике, програмери, менаџери (Bogdanović, Simić, Milutinović, Radenković, & Despotović-Zrakić, 2014). Подучавање Интернета интелигентних уређаја је мултидисциплинарно и захтева присуство студената различитих профила који формирају тимове или експертско познавање великог броја различитих области.

Коришћењем виртуелних окружења која симулирају бежичне сензорске мреже, студенти могу да брзо и успешно развију апликације Интернета интелигентних уређаја (Losilla, Sánchez, Alvarez, & Iborra, 2012). Развијена су и решења која повезују концепте бежичних сензорских мрежа са мобилним учењем (Chang, Wang, & Lin, 2009).

Примена Интернета интелигентних уређаја у системима електронског образовања подразумева изградњу паметног образовног окружења, односно проширење образовне инфраструктуре системом Интернета интелигентних уређаја. Бежичне сензорске мреже се креирају у оквиру образовне институције, чиме се омогућава креирање паметних окружења која одговарају на потребе запослених и студената.

Концепте паметних учионица могуће је искористити за добијање повратних информација студената у вези са квалитетом предавања (Gligotic et al., 2012). Наведени модел предвиђа испитивање међусобне зависности одговора студената на анкету са прикупљеним вредностима објективних података (количина жамора), на основу чега се може проценити да ли је студентима занимљиво предавање.

Податке о студентима прикупљене коришћењем различитих извора података (сензори, актуатори, анкетирање студената) могуће је користити за унапређење

образовног процеса (Bogdanović et al., 2014). Наведене податке је могуће анализирати и обрадити коришћењем специјализоване платформе. У даљем тексту, биће описане различите платформе специјализоване за развој пројеката Интернета интелигентних уређаја.

#### **4.5.1 Платформе специјализоване за развој пројеката Интернета интелигентних уређаја**

Данас је развијено више платформи заснованих на технологијама рачунарства у облаку (PaaS) које омогућавају развој пројеката Интернета интелигентних уређаја (у даљем тексту: IoT платформе). Заједничка особина свих наведених платформи јесте да корисницима омогућавају одговарајуће апликативне програмске интерфејсе (API), најчешће засноване на REST принципима, помоћу којих је могућа интеграција платформских сервиса са постојећим развојним пројектима, без обзира на технологију имплементације. IoT платформе помоћу API-ја корисницима обезбеђују складиштење података у удаљено big-data складиште, као и читавање раније складиштених података. Такође, неке платформе пружају и додатне функционалности, као што су:

- Окидачи (trigger) догађаја – омогућавају извршавање одређене акције уколико је задати услов испуњен;
- Обавештавање корисника – платформа кориснику шаље обавештење путем изабраног канала комуникације (електронска пошта, SMS порука, гласовни позив и сл.) уколико се извршила одређена акција;
- Прорачуни – неке платформе омогућавају дефинисање функције трансформације података. Сама платформа може извршити одговарајуће прорачуне на основу задате функције и излазне податке складиштити. На пример, платформа може да изврши конверзију величине измерене на сензорима у другу мерну јединицу, чиме се део логике пребацује са апликације на платформу у облаку;
- Анализа и извештавање – платформе корисницима обезбеђују систем за анализу и извештавање, чиме корисници имају увид у различите статистике и графиконе.

IoT платформе имају за циљ повезивање различитих и хетерогених паметних уређаја, различитих хардверских и софтверских карактеристика и ограничења. Безбедност података представља значајан изазов, па је битно обезбедити одговарајући систем за аутентификацију, ауторизацију и контролу приступа (AAA).

У контексту образовања, главни недостатак већине IoT платформи које ће бити анализирани је њихова општа намена, односно непостојање сервиса специфичних за образовање. Сервисе наведених платформи је могуће интегрисати са системом за образовање, али је слој образовних сервиса потребно посебно имплементирати.

Платформе које ће бити анализирани су:

- Sense (<http://open.sen.se>);
- Paraimpu (<https://paraimpu.com>);
- Thingspeak (<https://thingspeak.com>);
- Nimbits (<http://cloud.nimbits.com/nimbits.html>);
- Xivley (<https://xively.com>);
- AWS IoT (<https://aws.amazon.com/iot>) и
- Windows Azure IoT Suite (<https://azure.microsoft.com/en-us/suites/iot-suite>).

Све наведене платформе омогућавају коришћење сопственог REST API-ја, омогућавају визуелизацију података и представљају платформске сервисе у рачунарском облаку. Платформе Thingspeak и Nimbits су у потпуности отворене и њихов код је јавно доступан. Xivley платформа својим корисницима омогућава отворене библиотеке, а Sense и Paraimpu платформе су у потпуности затворене, што значи да њихов код није доступан. Све наведене платформе омогућавају повезивање са различитим сензорима, актуаторима и осталим паметним уређајима, као и интеграцију са постојећим системима.

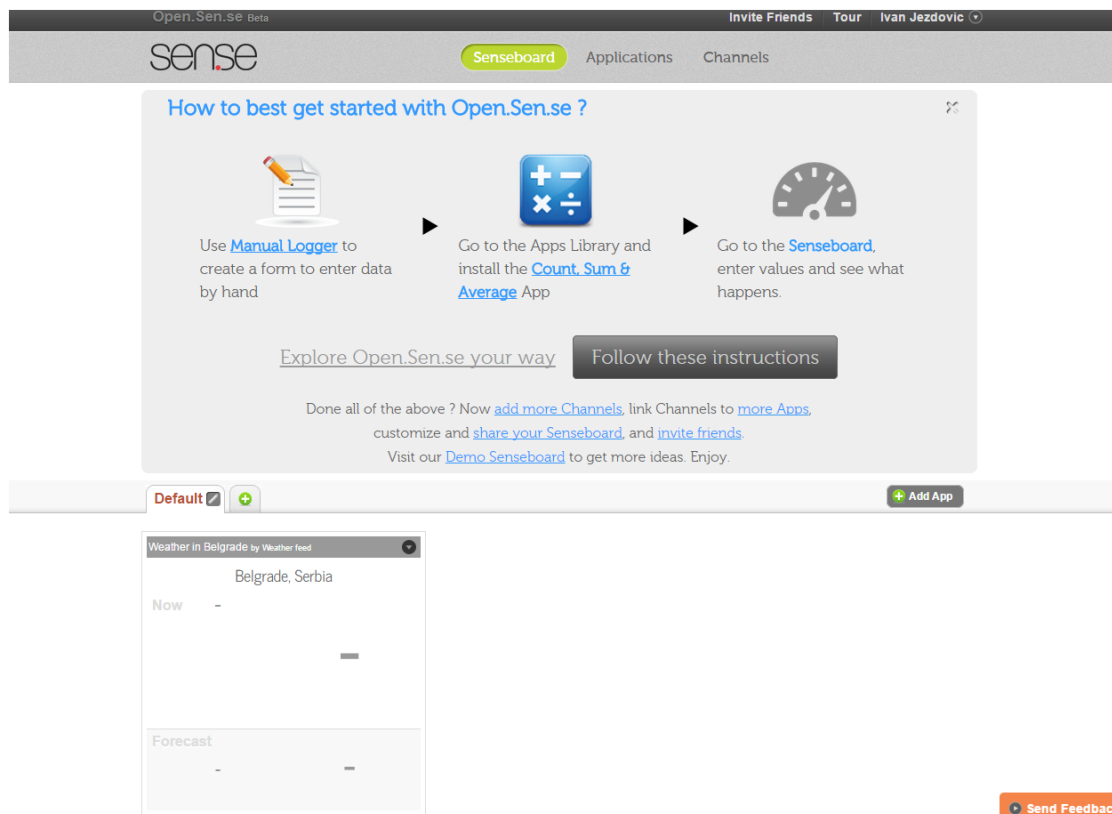
#### 4.5.1.1 Sense

Мисија платформе Sense јесте да „развије паметне системе који омогућују креирање нових услуга у свим сферама живота“ (“Sen.Se,” 2017). Sen.Se је креирао инфраструктуру за непрекидно прикупљање података са већег броја различитих уређаја, као и за процесирање и анализу добијених података. Наведена платформа корисницима омогућава креирање канала за прикупљање података. Корисник може да изабере да ли ће користити веб форму за ручни унос података или ће податке уносити аутоматизовано, путем веб сервиса. Ако се корисник определи за коришћење веб сервиса, на располагању су му протоколи HTTP(POST), XMPP или SOAP, било за слање или пријем података (Слика 7).

The screenshot shows the 'Add a Device > Custom Device' page on the Sense platform. The page has a header with 'Open Sen.se beta', 'Senseboard', 'Applications', and 'Channels'. Below the header are buttons for 'Add Channel', 'My Devices', and 'See demo'. The main content area is titled 'Describe your Device' and contains a form with the following fields: 'Name your device' (text input), 'Device is' (dropdown menu set to 'Arduino-based'), and 'Description' (text input). Below the form is a section 'How will it interact with Sen.se?' with two columns: 'Sending data' and 'Receiving data'. The 'Sending data' column has three radio button options: 'HTTP Posting' (selected), 'XMPP Posting (not available yet)', and 'CoAP Posting (not available yet)'. The 'Receiving data' column has four radio button options: 'HTTP Polling' (selected), 'HTTP Push to' (with a text input 'http://'), 'XMPP Push (not available yet)', and 'CoAP Push (not available yet)'. To the right of the form are instructions for 'Naming', 'Sending data', and 'Receiving data'.

Слика 7: Додавање новог уређаја у Sense платформи

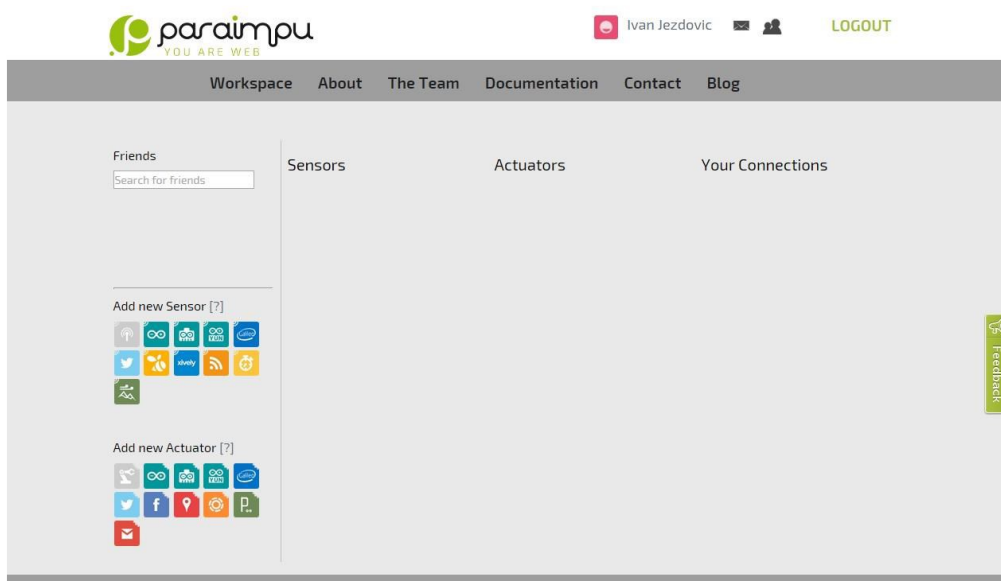
Платформа Sen.se не омогућава само прикупљање података, већ и њихову обраду. У склопу платформе развијене су апликације које могу да врше разне прорачуне на основу улазних података (сума, просечна вредност, број инстанци и слично, Слика 8).



Слика 8: Почетна страна Sense платформе

#### 4.5.1.2 Paraimpu

Paraimpu представља IoT платформу специјализовану за образовно окружење. Ова платформа, за разлику од сличних решења, омогућава директну интеграцију са паметним уређајима коришћењем веб интерфејса и одговарајућег API-ја. Paraimpu својим корисницима омогућава рад са скупом интелигентних уређаја, односно сензорима, актуаторима, микрорачунарима и микроконтролерима (Piras, Carboni, & Pintus, 2012). Подржани су Arduino и Raspberry Pi уређаји (Слика 9).



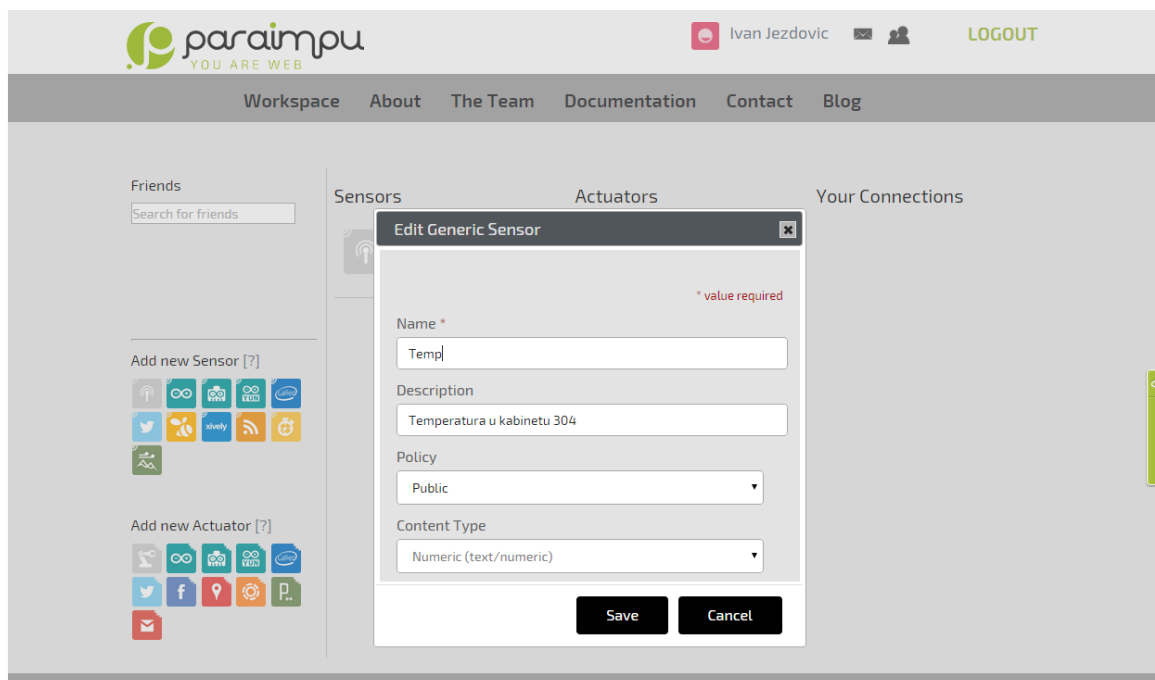
**Слика 9: Почетна страна Paraimpu платформе**

Такође је подржана и интеграција са осталим веб сервисима, као што су Twitter, Facebook, Google Maps. У оквиру платформе, наведени сервиси су означени као виртуелни сензори или актуатори.

Помоћу веб интерфејса је могуће додати различите уређаје. Коришћењем овог интерфејса, кориснику је на располагању графичка шема како да повеже све уређаје (сензоре, актуаторе, микрорачунаре, микроконтролере) које користи у пројекту (Слика 10).

Особина која издваја Paraimpu платформу од сличних решења је могућност виртуелног повезивања уређаја у оквиру саме платформе. Корисник помоћу технике превлачења мишем по виртуелној табли може да одабере које ће уређаје користити у пројекту и како ће их повезати. На основу шеме повезивања, Paraimpu генерише код за одговарајућу микрорачунарску или микроконтролерску платформу која се користи у пројекту (нпр. Arduino скеч), након чега корисник може физички да изврши повезивање уређаја и да упише генерисани код у меморију уређаја. Пре генерисања кода, Paraimpu од корисника захтева једино унос одређених параметара за конфигурацију уређаја, као што су MAC и IP адресе. Приликом додавања новог уређаја, корисник бира тип уређаја и уноси параметре, као и ниво приватности (Слика 10).





**Слика 10: Додавање новог уређаја у ParaImpu платформе**

У оквиру ParaImpu платформе, конекције су дефинисане као ток података између два уређаја. Један уређај је задужен за генерисање, односно слање података (сензор), док је други уређај одговоран за пријем података (актуатор). На пример, температурни сензор је могуће повезати са Twitter виртуелним актуатором, при чему се шаље твит уколико је температура прешла дефинисан праг. Корисници ParaImpu платформе могу да креирају комплексна правила за филтрирање података, коришћењем JavaScript језика.

ParaImpu је осмишљен као друштвени медиј. Другим речима, ова платформа омогућава корисницима да открију и сачувају објекте које деле остали корисници. За сваки креирани интелигентни уређај, корисник може да изабере да ли је наведени уређај приватан, јаван или модерисан. Остали корисници могу да користе у својим пројектима само сопствене уређаје и уређаје осталих корисника који нису приватни.

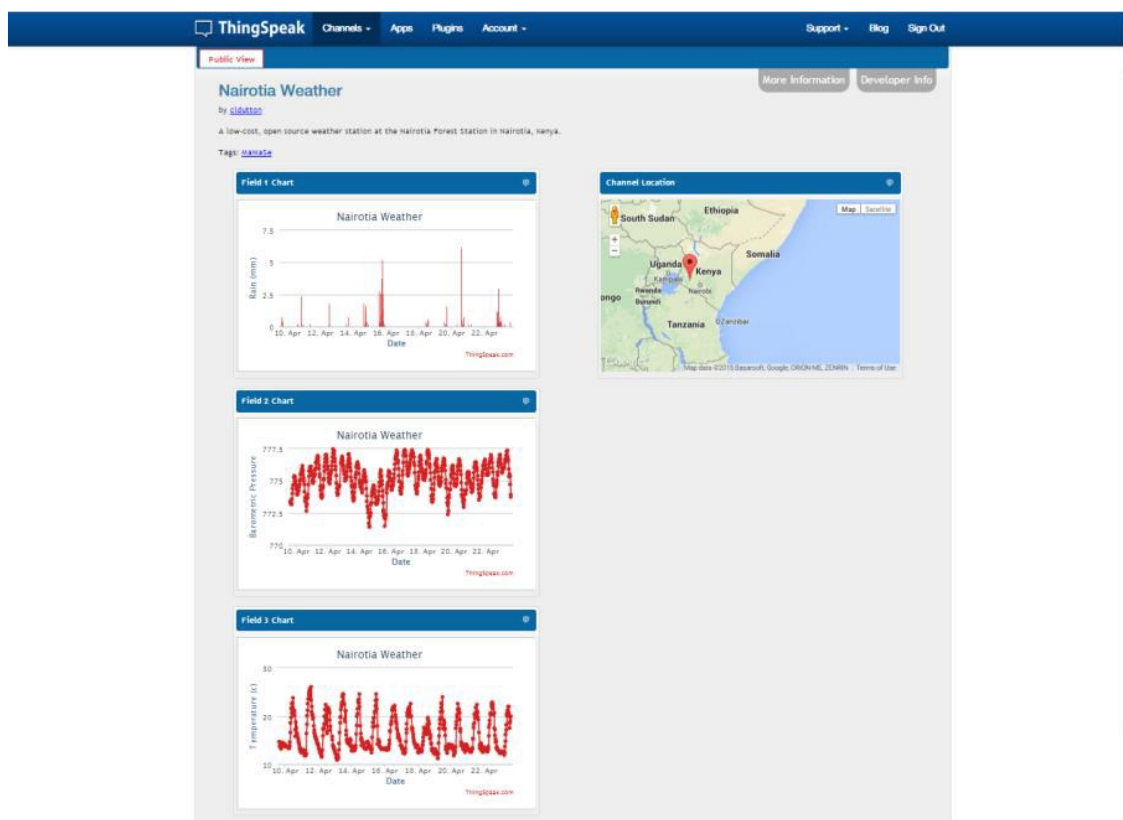
Платформа ParaImpu је престала са радом од октобра 2016. године.

### 4.5.1.3 Thingspeak

Thingspeak представља IoT платформу отвореног кода. Интегрисана је са MatLabom, што корисницима омогућава детаљне и поуздане анализе података без потребе за куповином MatLab лиценце.

Након регистрације на платформу, корисник добија могућност за додавање сопствених канала који представљају IoT уређаје. Канали су подељени у три категорије, а то су сопствени, раније прегледани канали, као и јавни канали. Што се тиче канала (уређаја), не постоји ограничен број сензора.

Платформа подржава графичку репрезентацију података, као што су просечна количина падавина, ваздушни притисак и температура (Слика 11).



Слика 11: Графичка репрезентација података у Thingspeak платформи

Могуће је и користити неку од предефинисаних апликација у оквиру платформе (Слика 12):

- ThingTweet омогућава повезивање Twitter налога са ThingSpeak-ом;
- ThingHTTP омогућава креирање прилагођених POST и GET веб сервиса и преузимање података;
- TweetControl омогућава читање коментара са Twittera, а затим предузимање одређених акција;
- React омогућава предузимање акција за извршавање команди које су на чекању;
- TalkBack омогућава уређајима да изврше команде које су на чекању;
- TimeControl аутоматски извршава ThingHTTP или ThingTweet захтеве по унапред дефинисаним временима.

Постоји посебна страна за креирање сопствених плагинова, који извршавају приказ или парсирање података, у зависности од потреба корисника.

The screenshot shows the ThingSpeak website interface. At the top, there is a navigation bar with 'ThingSpeak' and links for 'Channels', 'Apps', 'Plugins', 'Account', 'Support', 'Blog', and 'Sign Out'. Below the navigation bar, there are two main sections: 'Apps' and 'Help'.

**Apps Section:**

- ThingTweet:** Represented by a Twitter bird icon in a red speech bubble.
- ThingHTTP:** Represented by a blue cloud icon with an arrow pointing up and right.
- TweetControl:** Represented by a green Twitter bird icon in a green circle.
- React:** Represented by a blue icon of three vertical bars with an arrow pointing up.
- TalkBack:** Represented by a red speech bubble icon containing three black gears.
- TimeControl:** Represented by a blue cloud icon with a clock face and an arrow pointing up and right.

**Help Section:**

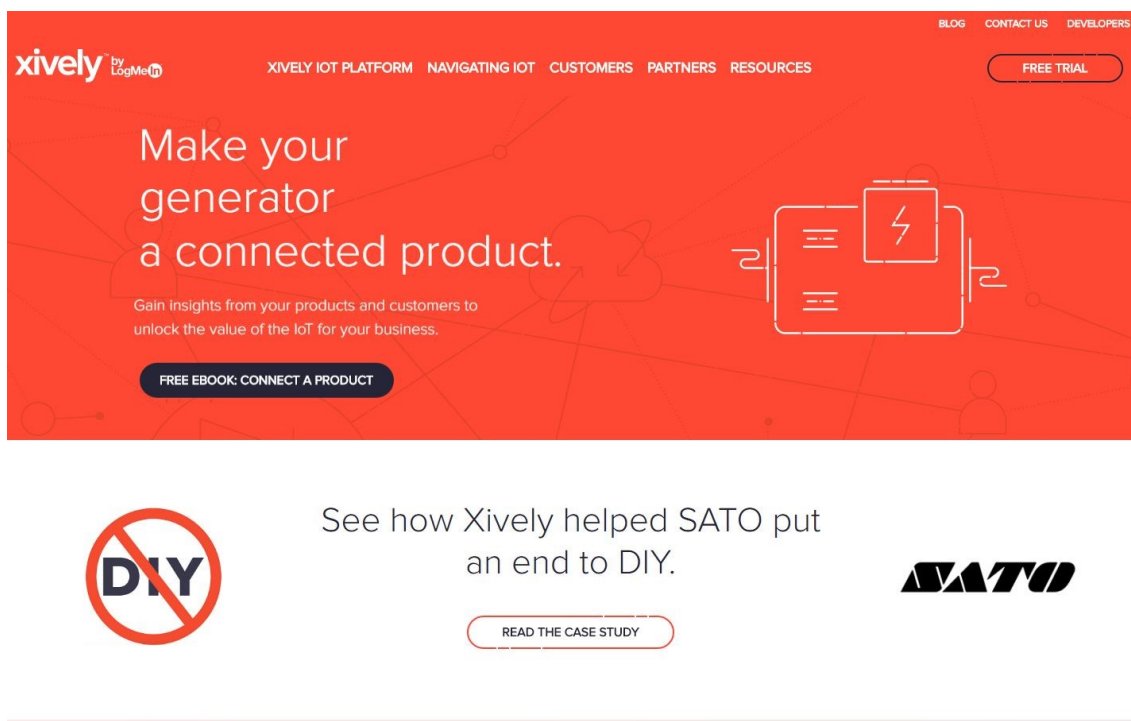
- ThingTweet:** (more help) Link your Twitter account to ThingSpeak and send Twitter messages using our simple API.
  - [Arduino Tutorial](#)
  - [ioBridge Tutorial](#)
- ThingHTTP:** (more help) Create custom POSTs or GETs to other web services and retrieve the data.
  - [Twilio Tutorial](#)
  - [Prowl Tutorial](#)
- TweetControl:** (more help) Listen to commands from Twitter and then perform an action.
- React:** (more help) Perform actions when conditions are met by your data in your channels.
- TalkBack:** (more help) Allow devices to execute queued commands.
- TimeControl:** (more help) Automatically perform ThingHTTP or ThingTweet requests at predetermined times.

At the bottom of the page, there is a footer with links to 'ThingSpeak.com', 'Blog', 'Forum', 'Documentation', 'Tutorials', and 'RSS Feed'. On the right side of the footer, it says '©2015 ThingSpeak - Powered by ioBridge'.

Слика 12: Thingspeak апликације

#### 4.5.1.4 Xively

Платформа Xively (раније позната као Cosm и Pachube) представља комерцијалну платформу, прилагођену за рад са Интернетом интелигентних уређаја (Слика 13). Xively обезбеђује брзу, поуздану и скалабилну конекцију, пошто је у питању cloud сервис. Милиони уређаја су повезани на ову платформу. Помоћу API-ја, могуће је скадиштити податке са уређаја на облаку, прикупити историјске податке са уређаја, метаподатке о уређајима, поставити окидаче догађаја (*енг. triggers*). За рад са Xively платформом неопходно је детаљно познавање HTTP протокола, пошто је API заснован на REST принципима.



Слика 13: Почетна страна Xively платформе

Након што се региструје, корисник добија Feed ID и API кључ, без којих уређај не може да се повеже на платформу.

Feed ID је колекција канала и токова података дефинисана за уређај и везане метаподатке. API кључеви се користе да омогуће различити ниво привилегија. Стандардно, API кључ има привилегије читања, писања, мењања и брисања.

Уређаји повезани на Xively имају један или више канала. Сваки канал омогућава двосмерну комуникацију између IoT уређаја и Xively cloud-а. Уређаји могу да шаљу податке до канала коришћењем Xively API-ја. За сваки канал може да се дефинише више окидача. Окидач подразумева канал за који одговара, услове када ће се извршити, као и HTTP POST URL на који се захтев шаље када се окидаш изврши. Улога окидача је интеграција са осталим апликацијама.

Затим, корисник може да креира нови уређај (Слика 14).

**<> Add Device**

The Xively Developer Workbench will help you to get your devices, applications and services talking to each other through Xively. The first step is to create a development device. Begin by providing some basic information:

**Device Name**

**Device Description** optional

**Privacy** You own your data, we help you share it. [more info](#)

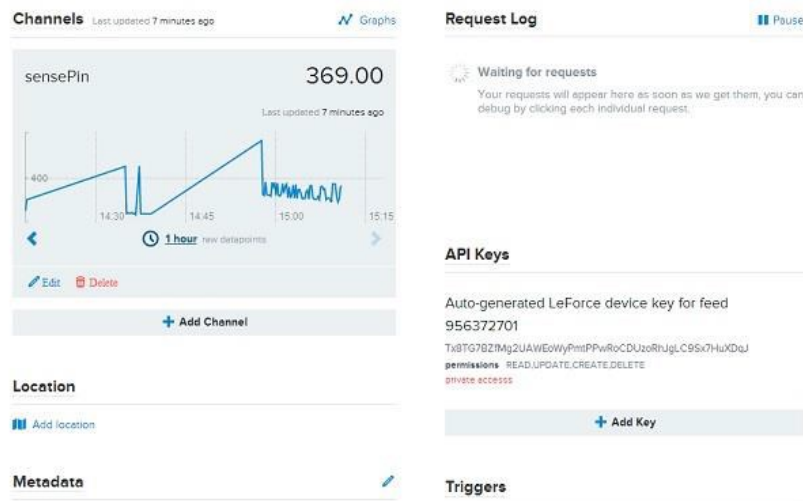
**Private Device**  
You use API keys to choose if and how you share a device's data.

**Public Device**  
You agree to share a device's data under the [CC0 1.0 Universal license](#). The Device's data is indexed by major search engines, and its Feed page is publicly viewable.

**Слика 14: Додавање новог уређаја у Xively платформи**

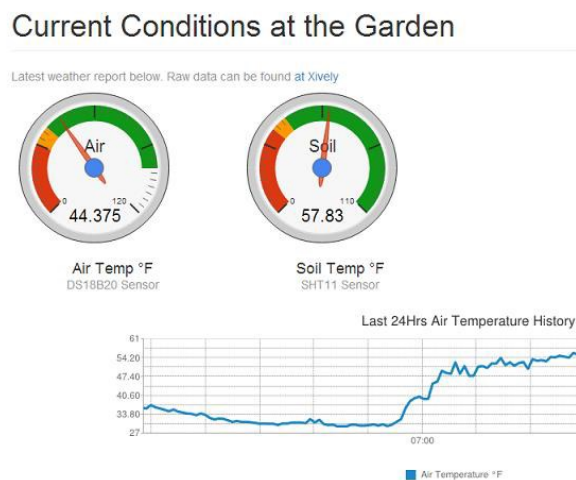
Као и код осталих платформи сличне намене, и овде је могуће бирати ниво приватности уређаја (Public и Private). Такође, корисник може да унесе назив уређаја и његов опис. Након успешног креирања уређаја, могуће је извршити повезивање са IoT апликацијом помоћу добро документованог API-ја. Xively платформа омогућава и визуелизацију података, као и приступ подацима било

преко API-ја или веб интерфејса. Након избора уређаја у оквиру платформе, корисник може да види графички приказ података, API кључеве, као и историју позива API функција и дефинисане окидаче (Слика 15).



Слика 15: Приказ података у Xively платформи

Корисник може изабрати графичку репрезентацију података која му највише одговара (Слика 16).



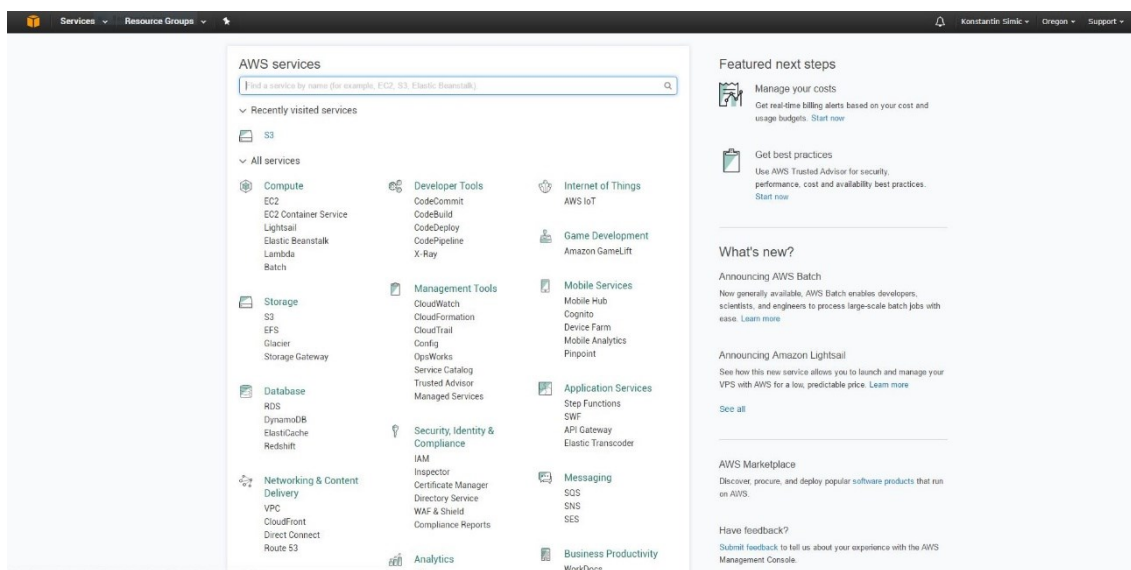
Слика 16: Графичка репрезентација података у Xively платформи

#### 4.5.1.5 AWS IoT

Amazon Web Services (AWS) представљају свеобухватnu cloud computing платформу, засновану на IaaS моделу. Почела је са радом 2006. године, првенствено са наменом да омогући Интернет присуство веб сајтовима и другим апликацијама.

Сви AWS сервиси се плаћају по утрошку. На пример, трошак покренуте виртуалне машине коришћењем EC2 сервиса зависиће од броја сати колико је машина радила, (виртуелних) хардверских карактеристика машине и од чињенице да ли је коришћен лиценцан софтвер на њој.

На слици 17 приказана је почетна страна AWS платформе, где корисник може да изабере сервис.



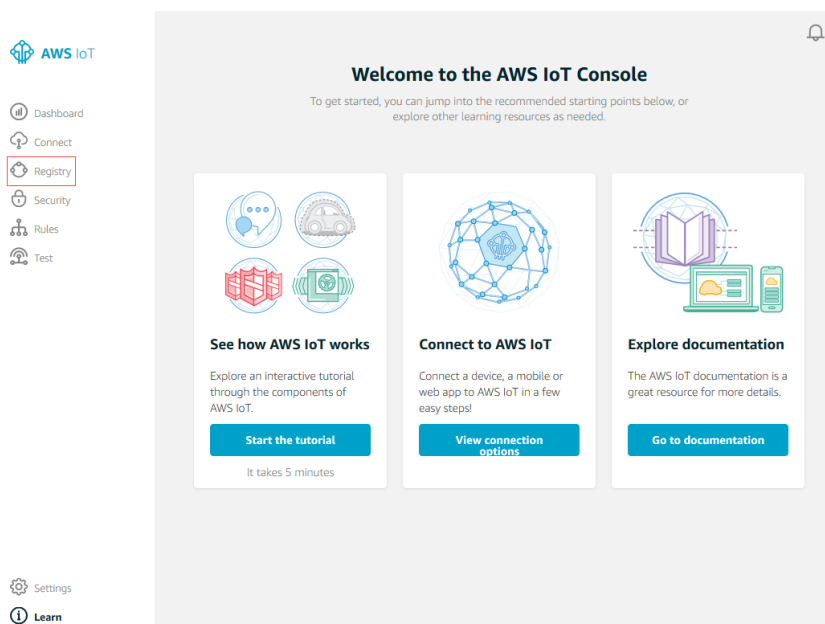
Слика 17: Почетна страна AWS

Да би се обезбедила стална доступност и најбољи квалитет сервиса, AWS је подељен у географске регије, а то су: источне САД, западне САД, Канада, Европа, Азија-Пацифик и Јужна Америка. Наведене регије су подељене на приступне тачке, које се налазе у источном, односно западном делу Сједињених америчких

држава, Канади, Великој Британији, Немачкој, Бразилу, Ирској, Сингапуру, Јапану, Јужној Кореји, Индији и Аустралији.

AWS нуди преко тридесет различитих сервиса, који укључују CloudDrive (дигитални сервис за приступ личним фајловима и стримовање музике), CloudSearch (прилагодљиви сервис за претрагу који се може интегрисати са осталим апликацијама), DynamoDB (нерелациона база података, ниске латентности и високе скалабилности), Elastic Compute Cloud (сервис за покретање виртуелних машина), Simple Storage Service / S3 (скалабилни сервис високе брзине за складиштење фајлова у облаку), ElastiCache (сервис за кеширање података, компатибилан са Memcached сервисом). Сервиси су међусобно добро интегрисани.

Један од AWS сервиса је и AWS IoT (Слика 18). Наведени сервис пружа безбедну бидирекциону комуникацију између интелигентних уређаја, попут сензора, актуатора, микроуређаја и паметних кућних апарата, и AWS облака, што корисницима омогућава прикупљање телеметријских података са више уређаја и њихово складиштење и анализу. Такође је могуће креирати апликације за управљање овим уређајима са телефона или таблета.



Слика 18: Почетна страна AWS IoT сервиса



AWS IoT се састоји из следећих компонената:

- *Гејтвеј за уређаје (Device gateway)*  
Омогућава уређајима да безбедно и ефикасно комуницирају са AWS IoT платформом.
- *Брокер за поруке (Message broker)*  
Омогућава безбедан механизам да уређаји и AWS IoT апликације шаљу и примају поруке једни од других. Подржани протоколи су MQTT, WebSocket, HTTP REST.
- *Систем за управљање правилима (Rules engine)*  
Омогућава процесирање порука и интеграцију са осталим AWS сервисима. Могуће је користити неки језик заснован на SQL-у за добијање података из порука, процесирање и слање података другим сервисима, као што су Amazon S3, Amazon DynamoDB и AWS Lambda.
- *Безбедносни сервис и сервис за управљање идентитетима (Security and Identity service)*  
Пружа дељену одговорност за безбедност у AWS облаку. Да би се подаци послали брокеру за поруке, уређаји морају да приложе креденцијале. Брокер за поруке и систем за управљање правилима користе AWS безбедносне механизме за сигурно слање података на уређаје или остале AWS сервисе.
- *Регистар уређаја (Thing registry)*  
Организује ресурсе који су повезани са сваким уређајем. Корисник платформе може да региструје уређаје и да сваком уређају додели три сопствена атрибута. Такође је могуће доделити сертификате и MQTT клијентске идентификаторе уз сваки уређај, да би се олакшало управљање уређаја.
- *Сенка уређаја (Thing shadow)*  
JSON документ који се користи за складиштење и добављање тренутног стања уређаја.
- *Сервис за управљање сенком уређаја (Thing Shadows service)*

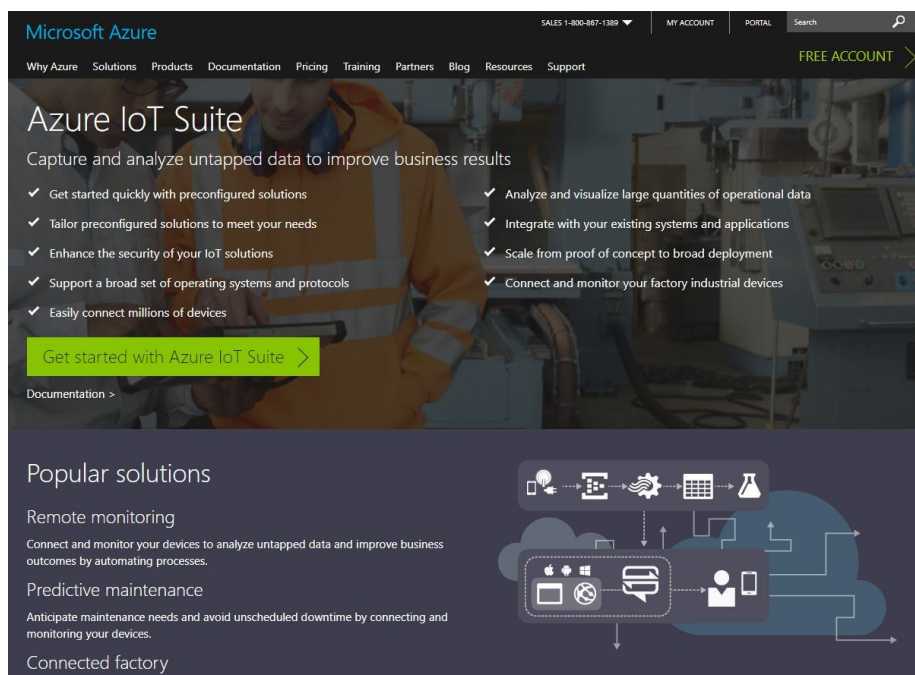
Омогућава перзистентну репрезентацију уређаја у AWS облаку.

#### 4.5.1.6 Windows Azure IoT Suite

Windows Azure представља Cloud платформу компаније Microsoft. Слично Amazon-овим сервисима, и Azure сервиси се плаћају по утрошку. Доступни су различити data центри у различитим крајевима света, и то у САД, Канади, Бразилу, Великој Британији, Француској, Немачкој, Индији, Кини, Јужној Кореји, Јапану, Аустралији.

Као један од Azure сервиса, доступан је Azure IoT Suite који омогућава интеграцију Интернета интелигентних уређаја са Azure платформом.

На слици 19 је приказана почетна страна Azure IoT Suite-а.



Слика 19: Azure IoT Suite

Azure IoT Suite омогућава:

- Управљање производним линијама;
- Повезивање и даљински надзор уређаја;
- Аналитику података и предвиђање.

## 5 РАЗВОЈ МОДЕЛА ИНФРАСТРУКТУРЕ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА ЗАСНОВАНОГ НА ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

### 5.1 *Анализа постојећег решења*

Један од главних изазова у електронском образовању јесте прилагођавање наставних садржаја и образовних процеса студентима. Према (Marijana Despotović-Zrakić, Marković, Bogdanović, Varać, & Krčo, 2012), пре увођења адаптивних курсева, оцене студената су биле распоређене по расподели која је приближна нормалној расподели, а након њиховог увођења оцене су се значајно поправиле, па је скоро 35% студената имало највишу оцену.

У циљу развоја модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја, извршена је анализа постојећег стања система електронског образовања у оквиру Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука Универзитета у Београду.

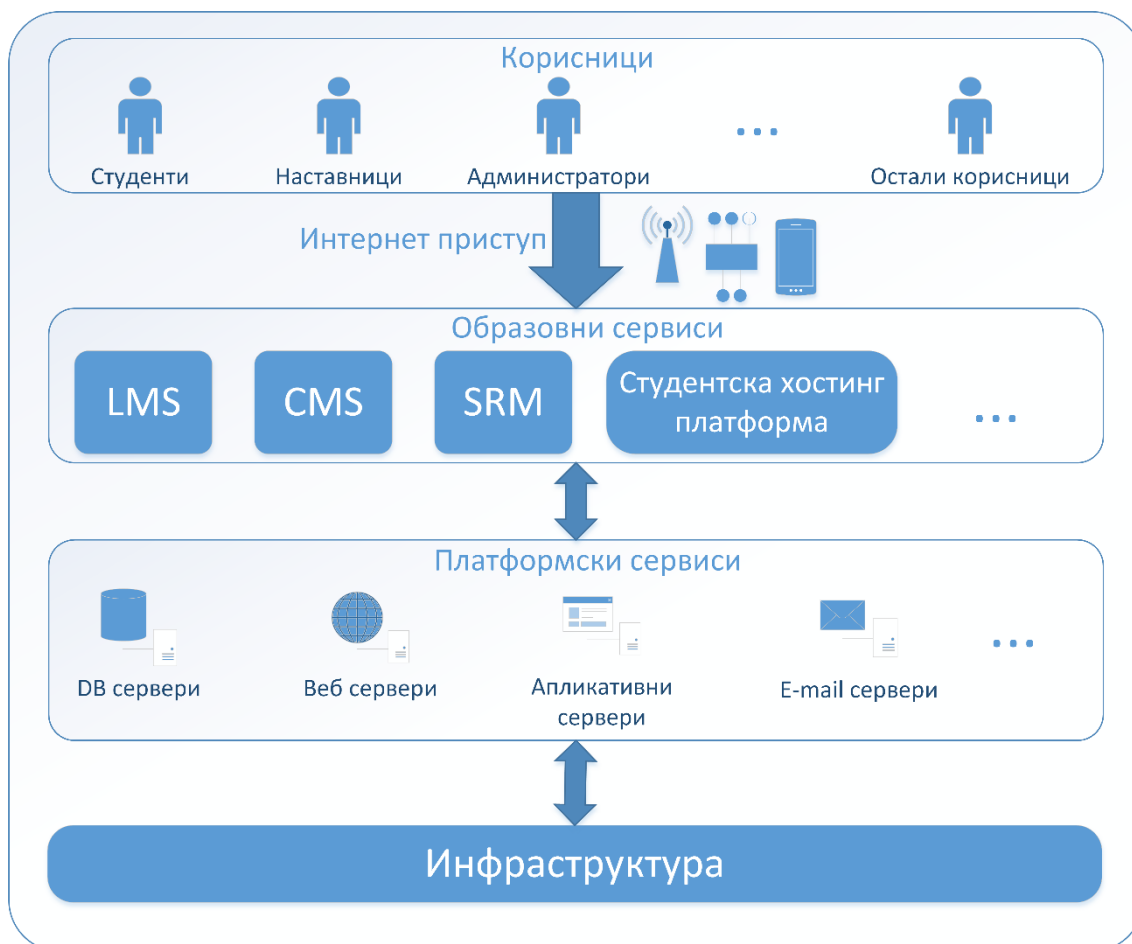
Катедра за електронско пословање изводи велики број различитих обавезних и изборних курсева на различитим нивоима студија (основне, мастер, докторске студије). Курсеви обухватају Електронско пословање, Интернет технологије, Интернет маркетинг, Мобилно пословање, Конкурентно програмирање, Симулацију и симулационе језике, Интернет интелигентних уређаја и друге. Концепт е-образовања се у оквиру Катедре користи од 2001. године, а такође се примењује и *blended learning* концепт, што подразумева комбинацију традиционалног учења и учења на даљину (Simić, Bogdanović, & Labus, 2012).

Основне компоненте система за електронско образовање у оквиру Катедре обухватају (Marijana Despotović-Zrakić, Bogdanović, Varać, Labus, & Milić, 2010; Labus, 2012):

- Сервисе за е-образовање (систем за управљање идентитетима, e-mail, LMS, DMS, CRM, портал сервиси, пословна интелигенција итд.);

- Софтверске компоненте: Moodle, IIS, Apache, MySQL;
- Мрежну и хардверску инфраструктуру и
- Кориснике система (студенти, последипломци, ненаставно особље итд.).

На слици 20 је приказана логичка архитектура система е-образовања.



**Слика 20: Логичка архитектура система е-образовања**

Различити типови корисника коришћењем јавне Интернет мреже, без обзира на тип конекције, могу да приступе понуђеним образовним сервисима. Понуђени су следећи сервиси:

- LMS (Learning Management System, користи се Moodle, Слика 21);
- CMS (Content Management System, користе се Sharepoint и Wordpress);
- SRM (Student Relationship Management, прилагођена верзија Suite CRM софтвера) и

- Студентска хостинг платформа (прилагођено решење развијено у оквиру Катедре које се заснива на коришћењу LAMP сервера и Webmin платформе).

Слика 21: Moodle LMS Катедре

Да би се покренули наведени сервиси у оквиру серверске инфраструктуре, користе се различити софтвери, и то:

- Сервери за управљање базама података (MySQL, MS SQL Server);
- Веб сервери (Apache Web Server, MS IIS, Nginx);
- Апликативни сервери (PHP, MS IIS, Glassfish) и
- Е-mail сервери (Postfix, Dovecot).

Ради рационалније употребе ИТ ресурса у оквиру образовне инфраструктуре, на Катедри је уведена *Cloud Computing* инфраструктура (Marijana Despotović-Zrakić et al., 2013). Због своје високе скалабилности, оваква инфраструктура може подржати повећање броја корисника система. У случају потребе, инфраструктура се може проширити новим чворовима (*енг. nodes*). Такође, с обзиром на своје виртуелизоване ресурсе, *Cloud Computing* инфраструктура подржава увођење нових образовних сервиса. С обзиром на своје виртуелизовано окружење, *Cloud*

*Computing* инфраструктура подржава покретање сервиса креираних у различитим технологијама, чиме се скуп платформских сервиса образовне инфраструктуре такође може проширити.

Идеја ове докторске дисертације је развој модела инфраструктуре е-образовања базиран на Интернету интелигентних уређаја. Увођењем Интернета интелигентних уређаја у образовање доприноси се већем степену прилагођавања процеса учења и подучавања студентима (Simić, Stevanović, & Đurić, 2014). Постојећу ИТ инфраструктуру као подршку е-образовним процесима могуће је проширити, тако да обухвата и концепте и технологије Интернета интелигентних уређаја.

## **5.2 Моделирање архитектуре система**

Потребно је развити модел инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја у оквиру система е-образовања, који би након извршене имплементације омогућио креирање образовних паметних окружења, коришћење образовних сервиса за Интернет интелигентних уређаја и интеграцију различитих образовних, административних и инфраструктурних сервиса у оквиру образовног екосистема.

Инфраструктуру Интернета интелигентних уређаја могуће је интегрисати са образовном компонентом целокупног система, односно системом за управљање учењем.

Предлог модела инфраструктуре е-образовања базиране на Интернету интелигентних уређаја обухвата следеће компоненте (Слика 22):

- K1: Архитектура система е-образовања:
  - Cloud Computing инфраструктура;
  - Систем за управљање дигиталним идентитетима;
  - Big Data инфраструктура;
  - Системи за управљање релационим базама података;

- Системи за управљање процесом учења (LMS);
- Платформе за развој студентских пројеката;
- K2: Архитектура система Интернета Интелигентних уређаја:
  - Систем за учење Интернета интелигентних уређаја:
    - Хардверске компоненте система;
    - Софтверске компоненте система;
    - Образовне компоненте система;
  - Бежичне сензорске мреже:
    - Сензори;
    - Актуатори;
    - Микроконтролери;
    - Микрорачунари;
    - Мрежна инфраструктура;
- K3: Интеграција инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја са системом е-образовања:
  - Интеграција система за учење Интернета интелигентних уређаја са системом е-образовања;
  - Интеграција паметног образовног окружења са системом е-образовања;
- K4: Сервиси Интернета интелигентних уређаја:
  - Сервиси за администрацију паметних окружења;
  - Сервиси за управљање паметним окружењима;
  - Сервиси за прикупљање и анализу података;
  - Образовни сервиси.



**Слика 22: Општа структура модела инфраструктуре е-образовања базиране на Интернету интелигентних уређаја**

Централни студентски сервис Катедре за електронско пословање је Moodle. Овај сервис студентима омогућава праћење различитих курсева на свим нивоима студија, преузимање свих релевантних наставних материјала, решавање тестова, постављање задатака. Због специфичне природе појединих предмета, потребно је развити нове студентске сервисе који студентима омогућавају нове различите функционалности. На пример, за потребе предмета Интернет маркетинг студентима је потребно омогућити Hosting и SMS платформу, а за потребе предмета Интернет интелигентних уређаја адекватну платформу која може да контролише рад сензора и актуатора. Сви нови сервиси и платформе треба да буду интегрисани у једну целину, при чему је потребно применити SSO (Single Sign On) за све садашње и будуће сервисе.



### 5.3 Моделирање инфраструктуре система

Инфраструктура система електронског образовања који је заснован на Интернету интелигентних уређаја подразумева вишеслојни приступ (Слика 23).



**Слика 23: Вишеслојни модел архитектуре система инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја**

Главни слојеви модела који су узети у обзир су:

- Слој софтверске инфраструктуре;
- Слој хардверске инфраструктуре.

Софтверска компонента инфраструктуре заснована је на употреби Cloud Computing решења. Све софтверске апликације и сервиси налазе се на Cloud инфраструктури.

Предвиђено је постојање слоја података, у оквиру кога се налазе заједнички системи за управљање релационим и нерелационим базама података.

У оквиру апликативног слоја, предвиђено је постојање LMS портала за учење који се традиционално користи за спровођење учења на даљину. На овом слоју, уводи се IoT платформа која омогућава прикупљање, дистрибуцију и обраду података са сензора, управљање актуаторима, као и администрацију бежичних сензорских мрежа. Студентски портал у оквиру истог слоја представљао би место интеграције свих сервиса који се нуде студентима.

С обзиром на постојање различитих и разнородних сервиса, у циљу њихове интеграције уведен је слој идентитета, задужен за управљање дигиталним идентитетима. Образовна инфраструктура ће бити конфигурисана тако да се на овом слоју налазе сви кориснички налози који су јединствени за приступ свим сервисима.

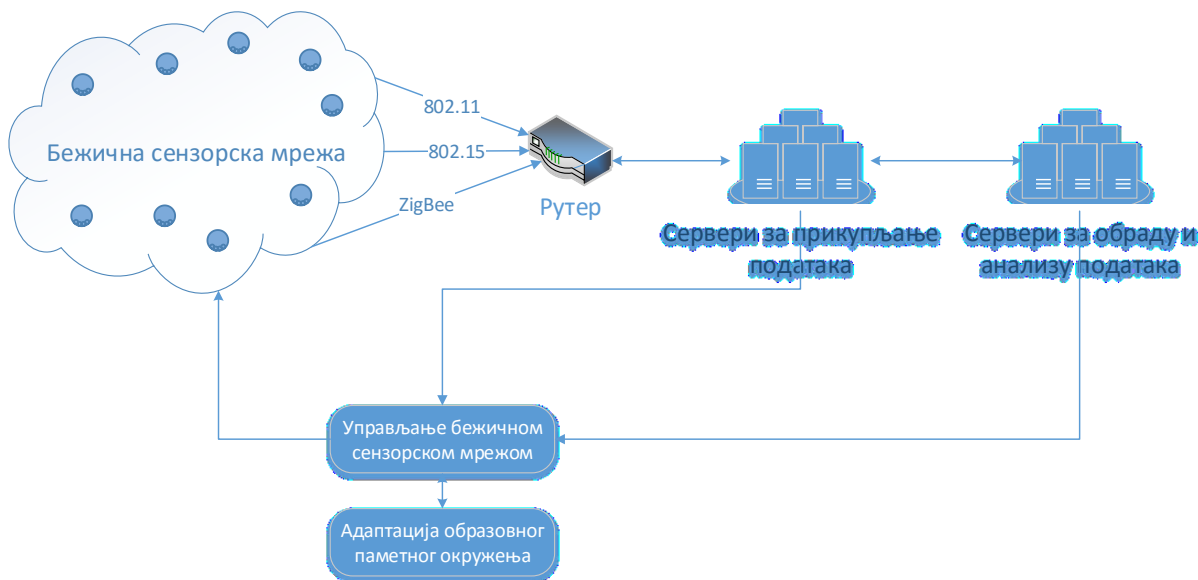
Хардверска компонента инфраструктуре одваја слој инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја, који подразумева паметна образовна окружења и образовно окружење за учење и тестирање хардвера, од серверско-мрежног слоја најнижег нивоа у оквиру кога се налази језгро инфраструктуре, односно сервери и мрежна инфраструктура.

## **5.4 Моделирање паметног образовног система**

### **5.4.1 Бежичне сензорске мреже**

Бежичне сензорске мреже представљају основну инфраструктуру Интернета интелигентних уређаја и паметних окружења. Бежичне сензорске мреже (Слика 24) састоје се од великог броја сензорских чворова (сензори и актуатори) који чине образовно паметно окружење. Са мрежном инфраструктуром, односно рутерима, ова мрежа је повезана коришћењем бежичних комуникационих протокола, као што су WiFi (802.11), Bluetooth, ZigBee и остали 802.15 протоколи. Рутери прикупљене податке прослеђују одговарајућим серверима, који

врше прикупљање, обраду и анализу података. Узет је у обзир и механизам управљања бежичном сензорском мрежом и адаптација образовног паметног окружења и образовне бежичне сензорске мреже у складу са тренутним потребама.

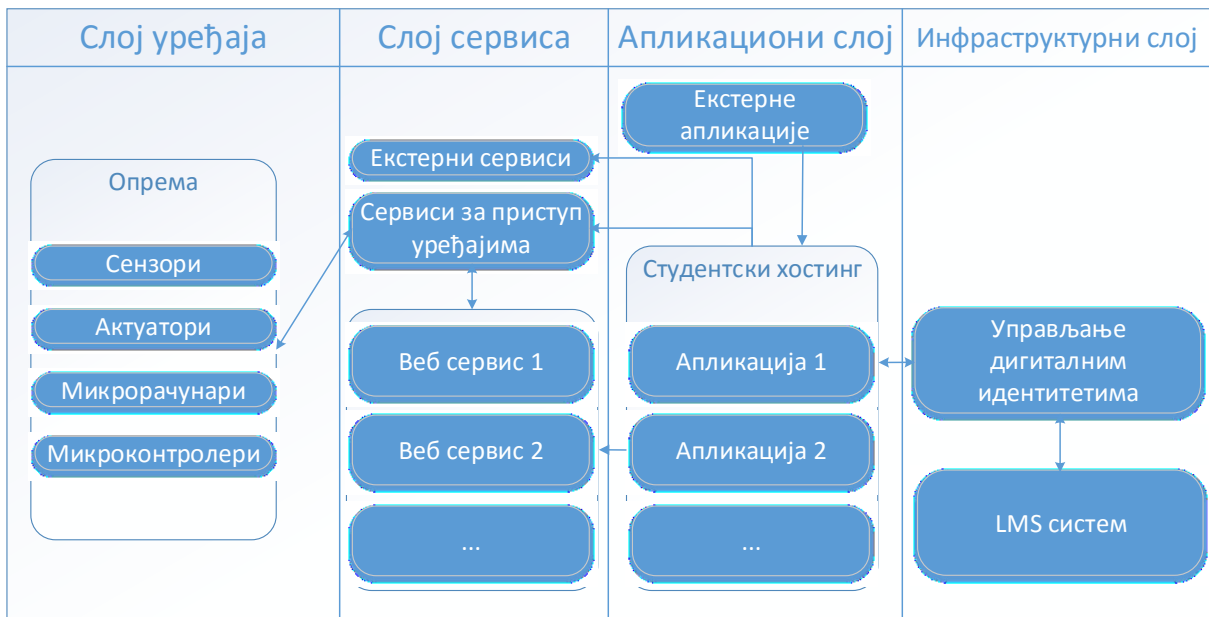


Слика 24: Архитектура бежичне сензорске мреже у образовном окружењу

#### 5.4.1.1 Систем за учење Интернета интелигентних уређаја

Систем Интернета интелигентних уређаја у оквиру образовне инфраструктуре поседује образовну компоненту, односно оквир за учење и подучавање технологија Интернета интелигентних уређаја (Слика 25). Систем за учење Интернета интелигентних уређаја је вишеслојан. Студенти коришћењем наведеног система могу да развијају апликације Интернета интелигентних уређаја. Најнижи слој је слој уређаја који обухвата сензоре, актуаторе, микрорачунаре, микроконтролере и остале уређаје потребне за креирање паметних окружења. У оквиру слоја сервиса, развијају се веб сервиси који комуницирају са наведеним уређајима, чиме се програмирање уређаја подиже на виши ниво. У оквиру истог слоја, дефинисани су и сервиси за приступ уређајима који смањују потребу директног рада са хардверским компонентама система. У оквиру апликационог слоја, студенти развијају апликације које користе претходно дефинисане веб сервисе на сервисном слоју. Наведене апликације се налазе на

студентској хостинг платформи у оквиру cloud окружења. Апликације такође могу да користе и екстерне апликације и сервисе, ради интеграције комплекснијих система. У оквиру инфраструктурног слоја налази се систем за управљање дигиталним идентитетима и LMS, са којима су остали делови система интегрисани.



**Слика 25: Архитектура за учење Интернета интелигентних уређаја**  
(Bogdanović et al., 2014)

### **5.5 Интеграција паметног образовног окружења са системом за управљање учењем**

Компоненте инфраструктуре е-образовања могу се интегрисати применом Интернет портала. Архитектура наведеног портала је модуларна и вишеслојна (Слика 26). За аутентификацију и ауторизацију користи се систем за управљање дигиталним идентитетима који је интегрисан са порталом посредством одговарајућег модула. Применом концепата веб сервиса извршена је интеграција са осталим компонентама образовне инфраструктуре. Најпре је извршена интеграција са системом за управљање учењем, са којим се остварује

синхронизација у реалном времену. Затим је остварена интеграција са системом Интернета интелигентних уређаја. Путем портала је могуће управљати бежичним сензорским мрежама и паметним окружењима. Развојни алати за студенте као што су hosting платформа и платформа за слање и пријем SMS порука такође су интегрисани са порталом.

Портал предвиђа и могућност примене crowdsourcing концепта у образовању. Ради међусобне сарадње студената на великим пројектима, извршена је интеграција са git сервером.

С обзиром да је архитектура портала модуларна, постоји могућност накнадног проширивања функционалности.



Слика 26: Портал за интеграцију компонената образовне инфраструктуре

### **5.5.1 Приказ сервиса за Интернет интеллигентних уређаја**

Сервиси за Интернет интеллигентних уређаја обухватају сервисе за администрацију паметних окружења, сервисе за управљање паметним окружењима, сервисе за прикупљање и анализу података и образовне сервисе.

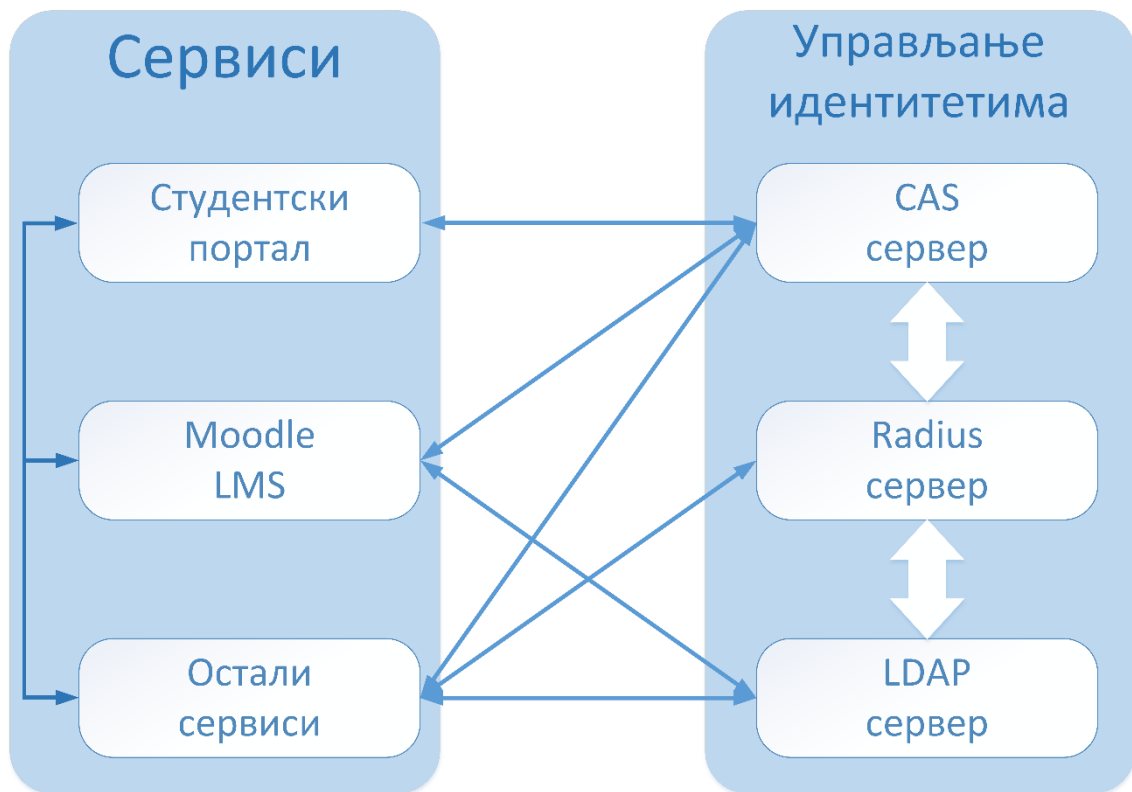
Сервиси за администрацију паметних окружења омогућавају постављање и конфигурацију паметних окружења у складу са потребама корисника.

Сервиси за управљање паметним окружењима омогућавају ажурирање подешавања постојећих паметних окружења и интеллигентних уређаја.

Сервиси за прикупљање и анализу података користе big data инфраструктуру и омогућавају праћења вредности података прикупљених са сензора и њихову анализу.

Образовни сервиси подразумевају сервисе за учење Интернета интеллигентних уређаја који су део шире образовне инфраструктуре, те је потребно интегрисати сервисе са системом за управљање дигиталним идентитетима.

Логичка архитектура наведене интеграције приказана је на слици 27.



**Слика 27: Логичка архитектура интеграције образовних сервиса са системом за управљање дигиталним идентитетима**

Слој за управљање дигиталним идентитетима омогућава централизовано складиштење свих корисничких налога у LDAP бази, централизовану аутентификацију и ауторизацију и Single Sign On / Single Sign Out функционалности.

Студентски портал представља тачку интеграције свих студентских сервиса. Moodle је могуће интегрисати са CAS сервером, чиме се обезбеђује SSO функционалност.

## **6 ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА**

### **6.1 Пројектни захтеви**

Основни циљ пројекта јесте имплементација пилот инфраструктуре за учење Интернета интелигентних уређаја у оквиру Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука Универзитета у Београду.

Развијени модел треба да омогући интеграцију образовних сервиса са интелигентним уређајима. Главни циљ имплементације модела је унапређење образовног процеса.

Имплементација модела се највећим делом заснива на креирању курса за подучавање студената основних и мастер студија основним концептима Интернета интелигентних уређаја.

### **6.2 Фазе увођења модела**

Садржај градива Интернета интелигентних уређаја је специфичан због мултидисциплинарног приступа. Подучавање IoT-а представља својеврстан изазов за предаваче, зато што студенти имају различите нивое предзнања из осталих предмета који су неопходни за реализацију одређених наставних активности из области IoT-а. Развој наведене инфраструктуре подељен је у више фаза, према методологији описаној у раду (M. Despotović-Zrakić, Simić, Labus, Milić, & Jovanić, 2013).

Фазе увођења модела и активности које прате сваку од фаза приказане су у табели 4.



**Табела 4: Фазе увођења модела**

Р.бр.	Фаза	Активности
1.	Припрема курса	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дефинисање садржаја курса</li> </ul>
2.	Планирање курса	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Припрема наставних материјала</li> </ul>
3.	Постављање инфраструктуре	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Креирање паметног образовног окружења</li> </ul>
4.	Имплементација курса	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Одржавање практичних радионица</li> <li>• Коришћење имплементираних инфраструктуре</li> <li>• Праћење перформанси инфраструктуре</li> </ul>
5.	Евалуација курса	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Провера знања студената</li> <li>• Прикупљање повратних информација од студената</li> </ul>

### **6.3 Пројектовање и имплементација инфраструктуре на основу развијеног модела**

#### **6.3.1 Фаза припреме курса**

У оквиру прве фазе имплементације модела, дефинише се садржај и циљ курса. У овој фази се такође дефинишу и методе учења. За курс Интернет интелигентних уређаја, користи се *face-to-face* приступ, односно настава у учионици, али у форми практичних радионица.

### 6.3.2 Фаза планирања курса

У оквиру ове фазе дефинише се детаљна структура курса.

Пилот курс Интернета интелигентних уређаја, намењен је за упознавање студената са наведеним концептима и технологијама, као и њиховом применом у пословним окружењима. Студенти ће се упознати са применом хардвера, системског и апликативног софтвера и осталих алата за изградњу различитих паметних окружења. Курс се састоји из четири дела:

- Упознавање са концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја;
- Дефинисање сценарија;
- Развој веб сервиса и
- Развој веб и мобилних апликација за управљање паметним окружењима.

Шематски приказ структуре пилот курса курса дат је у табели 5.

**Табела 5: Шематски приказ структуре пилот курса**

Р.бр.	Део курса	Тематске целине
1.	Упознавање са концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја	Упознавање са Интернетом интелигентних уређаја
		Пројектовање и имплементација хардверских система
		Програмирање микрорачунара и микроконтролера
2.	Дефинисање сценарија	Додељивање контекста индивидуалним тимовима
		Дефинисање сценарија у оквиру задатих контекста
		Презентација модела решења
3.	Развој веб сервиса	Пројектовање и имплементација веб сервиса за аутоматизацију паметних окружења на основу претходно

Р.бр.	Део курса	Тематске целине
		дефинисаних сценарија
4.	Развој веб и мобилних апликација за управљање паметним окружењима	Пројектовање и имплементација веб и мобилних апликација за аутоматизацију паметних окружења на основу претходно креираних веб сервиса

Студенти се најпре упознају са свим елементима система који се користе за аутоматизацију паметних окружења. Уводни део обухвата опис хардверских компонената, сценарије њихове примене, пословне моделе примене и приказ успешних постојећих система.

Курс је углавном реализован кроз лабораторијске вежбе, односно радионице. Студенти се деле у тимове, а вежбе се изводе у форми радионице. Током семестра, студенти треба да добију специфичне задатке за сваку вежбу. Наведени задаци описују контекст примене и методе који се примењују у оквиру вежбе. Сваки тим добија одређени број корисничких захтева за развој паметног окружења. У зависности од тих захтева, студенти треба да направе сценарио и да пројектују паметна окружења. Пројекат се састоји из израде два шематска приказа хардверских компонената које задовољавају наведене захтеве. Први шематски приказ обухвата техничку презентацију сензора и актуатора и начин њиховог повезивања са микрорачунарима и микроконтролерима. Друга шема приказује комплетно паметно окружење, односно просторни распоред сензора, актуатора и осталих паметних уређаја. Пример шематског приказа пројектовања паметног окружења дат је на слици 28.



Како је раније речено, вежбе се изводе у форми радионица, где сваки тим добија специфичан контекст и задатак да имплементира сценарио за коришћење паметних уређаја у оквиру датог контекста. Примери контекста су следећи:

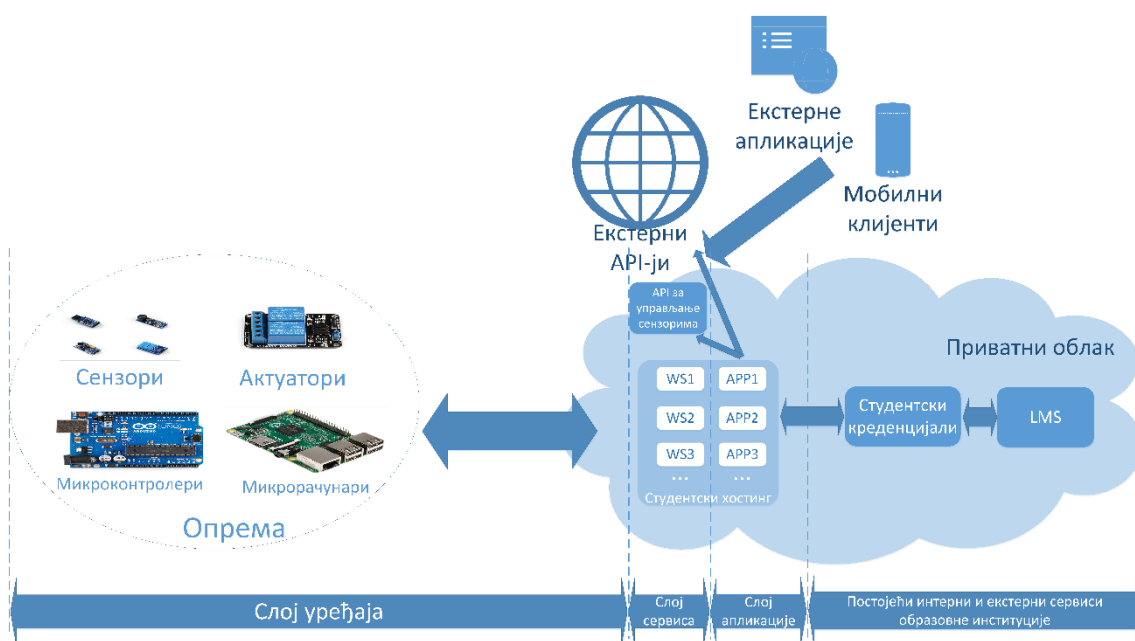
- Паметна кућа – микрорачунари и микроконтролери се користе у комбинацији са сензором за мерење температуре. Ако температура пређе одређену вредност, SMS порука се аутоматски шаље власнику куће и укључује се клима-уређај (или LED диода која симулира рад клима-уређаја, уколико не постоје техничке могућности за активацију клима-уређаја). Коришћењем веб или мобилне апликације, власник може да у сваком тренутку има увид у тренутну температуру свога дома, али и да подеси прагове температуре и да ручно управља клима-уређајем;
- Паметна учионица – Микрорачунари или микроконтролери се користе у комбинацији са читачем NFC тага и дигиталним дисплејом. Током уласка у учионицу, сваки студент треба да прислони свој NFC мобилни телефон или NFC картицу читачу, чиме се региструје његово присуство на предавању. Пошто је капацитет учионице ограничен, у случају да су сва места заузета, на дисплеју ће се приказати одговарајућа порука. Студенти могу користити веб или мобилну апликацију за проверу слободних места у учионици;
- Паметна библиотека – студенти могу да користе сензоре за мерење јачину звука и звучник у комбинацији са микрорачунарима и микроконтролерима. Уколико ниво буке пређе одређену границу, на звучнику ће се емитовати одговарајућа порука. Администратори могу да подешавају праг нивоа буке коришћењем веб или мобилне апликације.

Коначни исход курса представља интеграцију свих лабораторијских вежби у јединствени пројекат. Коначна оцена се састоји од појединачних оцена задатака који су завршени током радионица, оцене са електронског теста и оцене са пројектног рада, при чему практичан део испита (лабораторијске вежбе и пројектни рад) чине 80% оцене.

### 6.3.3 Фаза постављања инфраструктуре

За реализацију пилот курса неопходно је постојање одговарајуће инфраструктуре Интернета интелигентних уређаја, која ће бити постављена у оквиру ове фазе.

На слици 29 је приказан модел платформе за учење Интернета интелигентних уређаја која ће бити интегрисана са осталим студентским сервисима у приватном облаку Катедре за електронско пословање (Bogdanović et al., 2014).



Слика 29: Модел платформе за учење Интернета интелигентних уређаја

Модел је подељен у три слоја:

- Слој уређаја;
- Слој сервиса и
- Слој апликације.

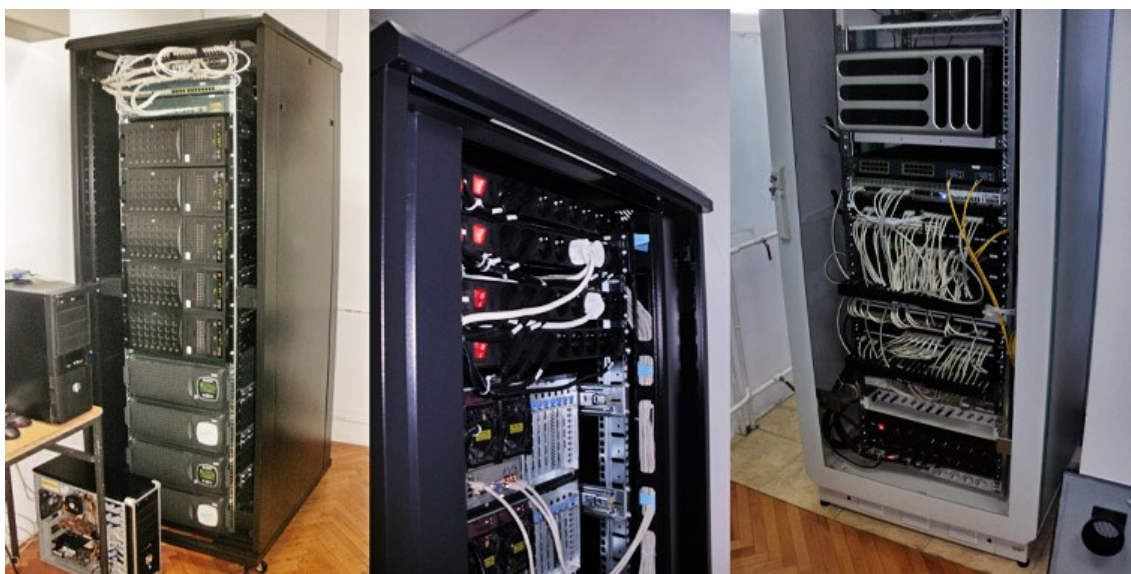
#### 6.3.3.1 Слој уређаја

Главне компоненте слоја уређаја обухватају све типове интелигентних уређаја, односно сензоре, актуаторе, микроконтролере и микрорачунаре. Неки уређаји, као

што су актуатори, могу се заменити другим уређајима, попут диода ако постоје финансијска ограничења образовне институције приликом набавке опреме (Yilmaz, 2011).

Хардверска инфраструктура Катедре за електронско пословање представља основу за квалитетну реализацију наставног процеса. Инфраструктура омогућава виши ниво доступности, скалабилности, поузданости, као и бржи приступ сервисима намењених студентима, а такође и отвара могућност сарадње са другим научно-истраживачким установама, предузећима и државним институцијама. Рачунарска мрежа Катедре за електронско пословање повезује сервере, радне станице и другу опрему са спољним светом. Мрежа је реализована применом хијерархијског мрежног модела. Омогућен је гигабитни проток између свих уређаја повезаних на мрежу, као и паралелно функционисање више одвојених виртуелних мрежа које сачињавају део инфраструктуре у оквиру cloud-а.

На слици 30 је приказан data центар Катедре.



**Слика 30: Data центар Катедре за електронско пословање**

Катедра за Електронско пословање налази се на другом спрату Факултета Организационих наука у Београду, у улици Јове Илића 154. Просторна организација поменуте Катедре садржи две канцеларије (кабинети 303 и 303а),

једну учионицу (кабинет 304) и серверску (сервисну) собу (кабинет 320), где је смештена инфраструктура data центра.

Канцеларија 303а садржи четири радна места за запослене, са десктоп рачунарима, пројектором и фотокопир апаратом, као и неопходан мобилијар.

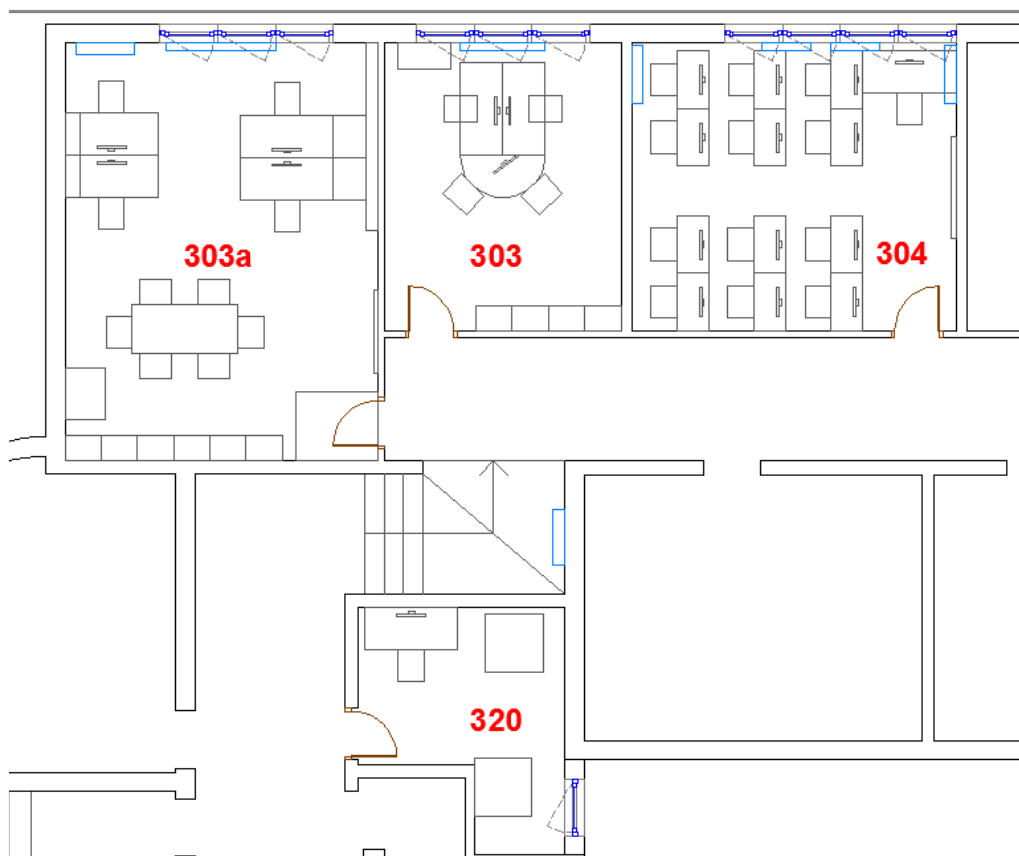
Канцеларија 303 садржи два радна места за запослене, са десктоп рачунарима, и неопходним мобилијаром.

Учионица 304 садржи дванаест места за студенте са десктоп рачунарима, као и једно место за наставни кадар са истим типом рачунара, фотокопир апаратом и неопходним мобилијаром.

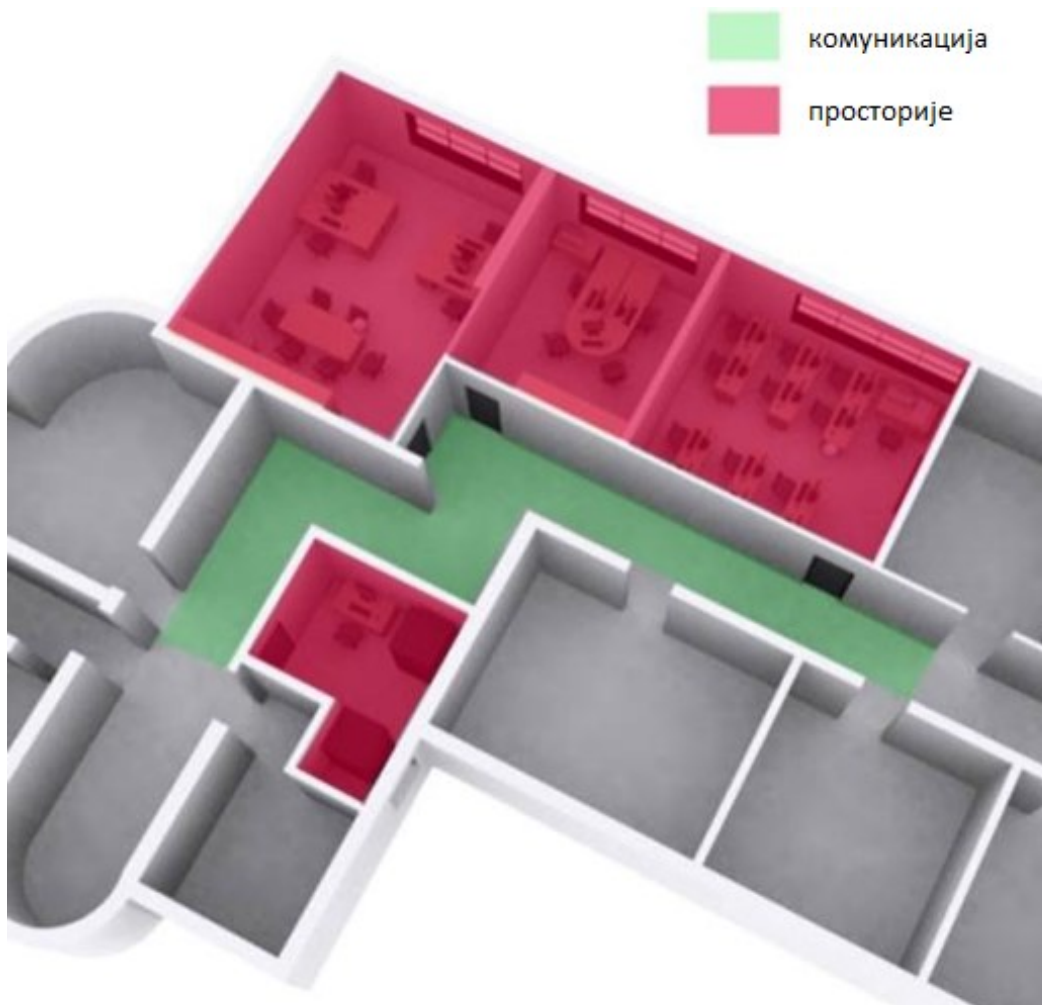
Просторија 320 је сервисна соба у којој се налази горе поменута инфраструктура. Све просторије су повезане ходником.

На сликама 31 и 32 је респективно приказан дводимензионални и тродимензионални распоред просторија Катедре.





**Слика 31: Дводимензионални распоред просторија Катедре**



**Слика 32: Тродимензионални распоред просторија Катедре**

Пројектовање паметне Катедре састоји се из следећих компонената:

- пројектовање паметног ходника;
- пројектовање паметне канцеларије;
- пројектовање паметне учионице.

Паметан ходник подразумева постојање паметне инфотабле која је опремљена Bluetooth и NFC уређајима. Наведена табла је повезана са главним информационим системом образовне институције. Студенти могу да прислоне своје паметне уређаје на инфотаблу и да добију све релевантне информације о институцији, као што је најновији распоред часова или информације о студентским дешавањима у оквиру факултета (Simić, Stevanović, & Đurić, 2014).

Пројектовање паметне канцеларије обухвата увођење система за контролу приступа и система за евиденцију радног времена запослених. Системи за контролу приступа служе за надзор и физичку заштиту зграда или њихових делова. Основни задатак система је дозвола приступа искључиво овлашћеним особама. Контрола приступа при томе има битну улогу у спречавању нежељених криминалних радњи и последица које оне имају по сигурност људи и имовине. Њен задатак је одвраћање починитеља, рано откривање покушаја извршења кривичног дела, узбуњивању починитеља и интервентних екипа, као и успоравање починитеља. Контрола приступа се може реализовати коришћењем NFC/RFID тагова, односно мобилних уређаја који су опремљени NFC функционалношћу. Систем за контролу приступа је могуће имплементирати у све просторије Катедре. У случају примене оваквог система у паметној учионици, студенти се унапред могу пријавити за похађање одређеног предавања. Систем за контролу приступа ће омогућити приступ учионици искључиво пријављеним студентима, чиме се елиминише гужва на предавању.

Пројектовање сваке паметне учионице је сложен процес који се састоји од следећих елемената:

- прикупљање података о простору у коме паметна учионица треба да се формира;
- испитивање постојеће инфраструктуре – одређивање постојећег статуса учионице;
- дизајн паметне учионице и распоред сензора и актуатора унутар учионице;
- имплементација паметне учионице као паметног окружења и
- унапређење паметне учионице према захтевима корисника.

При пројектовању паметне учионице, у обзир се узимају различити фактори који пре свега зависе од врсте паметне учионице и њене основне намене. Главни циљ увођења паметних учионица је побољшање образовног окружења. Приликом пројектовања паметних учионица важна је добра просторна концепираност учионице, чиме се осим увођења паметног система омогућава да нове технологије не одвлаче пажњу студентима и деконцентришу их. Неопходно је да учионица

поседује све особине паметне просторије, који не утичу директно на развој учења и интеракцију између корисника, већ и да обезбеде простор од спољних утицаја. Паметне учионице представљају синтезу технологије, корисничког интерфејса и традиционалних метода предавања. Циљ овакве синтезе је стварање окружења за учење које је иновативно, технолошки напредно и флексибилно.

Параметри који се узимају у обзир приликом пројектовања паметне учионице су следећи:

- димензије учионице;
- акустичност просторије;
- осветљење;
- флексибилност;
- намена учионице;
- техничка опремљеност;
- пријатан амбијент и
- мобилност.

Од наведених фактора директно зависи распоређивање сензора и осталих паметних уређаја у оквиру паметне учионице. Такође се узима у обзир и сврха, односно намена учионице. Уколико постоје одређени посебни захтеви (нпр. видеоконференција), потребно је размотрити их током фазе пројектовања паметне учионице. Такође, битан фактор је и тренутна техничка опремљеност учионице. Ако је учионица добро опремљена у техничком смислу и већ поседује одговарајућу хардверску, софтверску и комуникациону инфраструктуру, увођење паметних технологија је једноставније и финансијски исплативије.

Приликом пројектовања паметне учионице, треба узети у обзир и спољне утицаје, као што су:

- расположивост технологије;
- расположивост предавача;
- расположива средства;
- светски трендови и

- ефикасност учионице.

Разматрају се и следећи индивидуални утицаји:

- *Наставне технике.* Различити стилови наставе захтевају различите учионице и прилагођавање окружења и опреме. Пројектант учионице треба да узме у обзир чињеницу да учионица прилагођена потребама одређеног наставника не мора увек бити прилагођена потребама осталих предавача. Ово разматрање долази до изражаја у школама са заједничким учионицама. За неке лекције је боље предавати у традиционалној учионици, док за друге лекције студенти могу да седе у кругу, или да одговарају на питања на својим рачунарима.
- *Стилови учења.* Неки ученици брже напредују у групном окружењу, док је другим ученицима потребно више пажње предавача. Флексибилност у окружењу за учење омогућава предавачима да боље задовоље потребе свих својих ученика.
- *Презентације лекција.* Динамичне наставне методе помажу студентима да се више ангажују. Предавачи могу да користе различите технике које ће им помоћи да повећају интересовање својих студената.
- *Развој технологије.* Увођење нових технологија у учионице, као што су додавање рачунара на столовима у учионици, прелазак на електронске уџбенике и креирање мултимедијалних презентација, доприносе креирању паметног образовног окружења.

Паметне учионице поседују и основне функционалности паметних просторија, као што су:

- управљање осветљењем у зависности од присуства особа у просторији;
- управљање ролетнама у зависности од јачине спољне светлости;
- управљање клима-уређајем у зависности од температуре у просторији.

Пројектовање и имплементација паметне учионице изведена је на кабинету 304. Наведена учионица је правоугаоног облика, површине 20 m<sup>2</sup>. Максималан

капацитет седења, без смањивања осећаја удобности корисника простора, износи 12 студената.

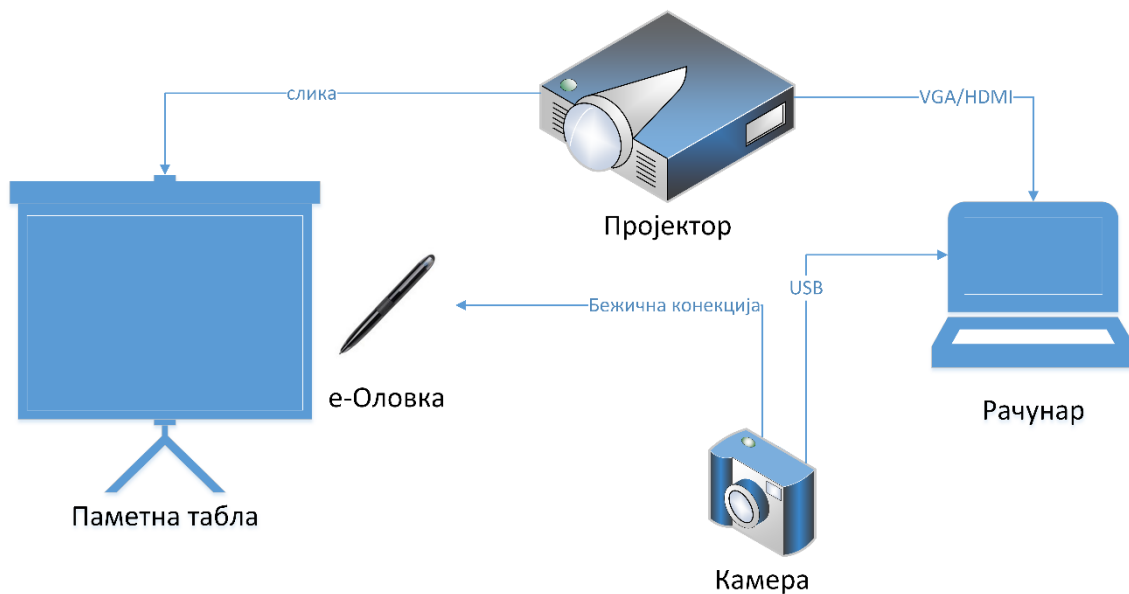
Мобилијар у оквиру учионице се састоји од столова, столица и рачунара. Столови су распоређени у три реда, са по 4 стола. Капацитет једног стола је један студент. Сви столови су окренути ка табли, улазним вратима и предавачу. Поред табле је постављен наставнички рачунар. За пројектовање паметне учионице, коришћени су следећи уређаји:

- паметна табла;
- документ камера;
- паметно појачало;
- даљински управљачи за гласање;
- интерактивни монитори.

Применом паметне табле постиже се повећање степена интерактивности наставног процеса. Табла се са рачунаром повезује коришћењем USB конекције или бежичним путем, помоћу Bluetooth-а, Infrared-а или Wi-Fi-а. Паметна табла представља образовно-технолошки систем, састављен из рачунара, мултимедијалног пројектора, сензора електронске табле, као и беле табле или одговарајуће посебне површине. Таблом се управља помоћу рачунара, а улогу миша преузима прст или посебно дизајнирана оловка. Мултимедијални пројектори који се користе у оквиру оваквог система су прилагођени паметним таблама. Најчешће се користе ултра-блиски пројектори (*енг.* Ultra-Short Throw Projector), чиме се смањује рефлексија светлости и ефекат сенке.

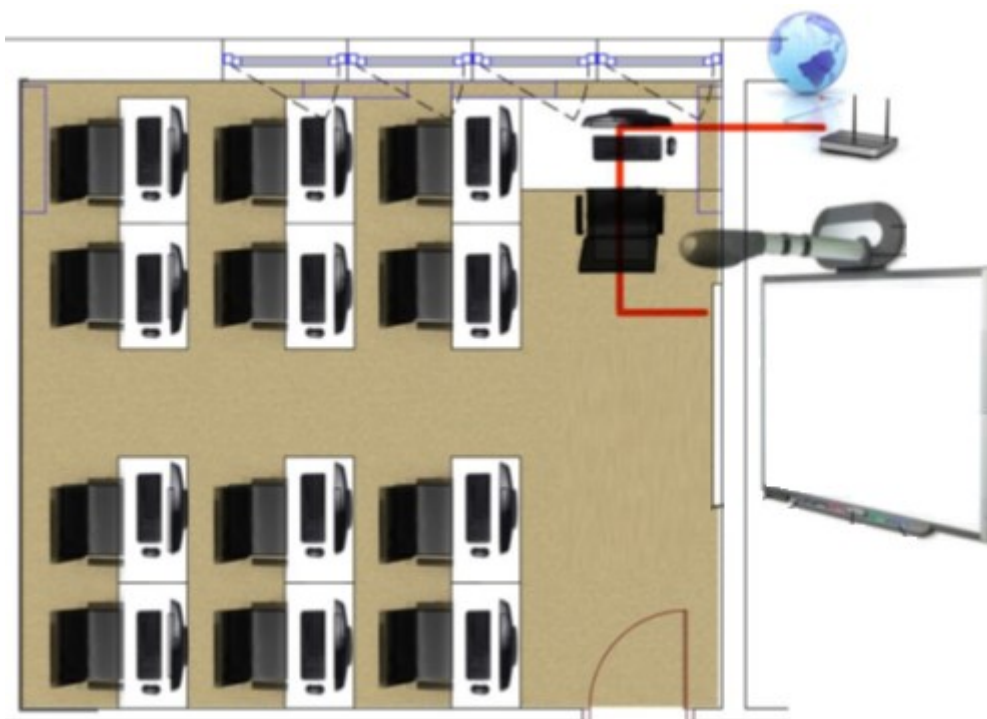
Паметна табла предавачима омогућава употребу различитих мултимедијалних материјала у току наставе, као што су текстови, графикони, дијаграми, филмови, анимације, звучни садржаји. Такође је могуће манипулисање свим објектима у реалном времену, као и ручно додавање и брисање слика и текстова.

Принцип функционисања паметне табле приказан је на слици 33.



**Слика 33: Принцип функционисања паметне табле**

Примена паметне табле у оквиру паметне учионице приказана је на сликама 34 (2D модел) и 35 (3D модел).



**Слика 34: Примена паметне табле у оквиру паметне учионице**



**Слика 35: 3D модел паметне учионице**

Документ камере омогућују директан приказ штампаних материјала, објеката или експеримената. Сав садржај се може дигитално приказати у реалном времену или сачувати на удаљени сервер за каснију репродукцију.

Паметно појачало омогућава једнако распоређивање звука у оквиру учионице. Систем укључује бежичне микрофоне за студенте и предаваче, звучнике и/или слушалице, као и примопредајник. Могућа је репродукција звука у реалном времену, као и снимање садржаја.

Даљински управљачи за гласање обезбеђују crowdsourcing компоненту у оквиру паметне учионице. Студенти употребом наведених даљинских управљача могу да одговарају на тестове или анкете, тако што бирају одговор А, В, С или Т (true, тачно) и F (false, нетачно). Одговори могу, али и не морају, да буду анонимни.

Интерактивни монитори омогућавају студентима да се активно укључе у процес наставе, чиме се проширује crowdsourcing компонента система. Више монитора се повезује у мрежу заједно са електронском таблом, што омогућава међусобну



комуникацију студената и професора, те студенти могу да учествују у креирању наставних материјала који се приказују на електронској табли.

### **6.3.3.2 Слој сервиса**

Пословна логика треба да буде централизована и да се извршава помоћу веб сервиса, односно добро дефинисаних API-ја. Уређаји који служе за мерење физичких величина (нпр. сензорски чворови) могу да шаљу измерене податке вебсервисима, који преузимају улогу средњег слоја (*енг. middleware*) платформе. Веб сервиси могу да буду постављени на самим уређајима (уколико хардверске могућности то дозвољавају) или у оквиру серверске инфраструктуре. Рад са веб сервисима доприноси друштвеној компоненти платформе (*crowdsourcing*), пошто студенти коришћењем исте пословне логике могу међусобно да сарађују на истим пројектима. Студенти могу да развију сопствене сервисе и да их деле са осталим студентима, али је такође могуће и извршити интеграцију студентских сервиса са спољним веб сервисима доступним у облаку, при чему се могу изградити комплекснији сервиси.

### **6.3.3.3 Слој апликације**

#### *Пројектни захтеви*

Клијентске апликације (било да су у питању веб, десктоп или апликације прилагођене мобилним уређајима) комуницирају искључиво са веб сервисима, тако да приликом израде истих није потребно познавање платформа појединачних интелигентних уређаја, што је неопходно само у случају креирања веб сервиса.

За функционисање слоја уређаја и апликације потребно је обезбедити платформу студентског хостинга.

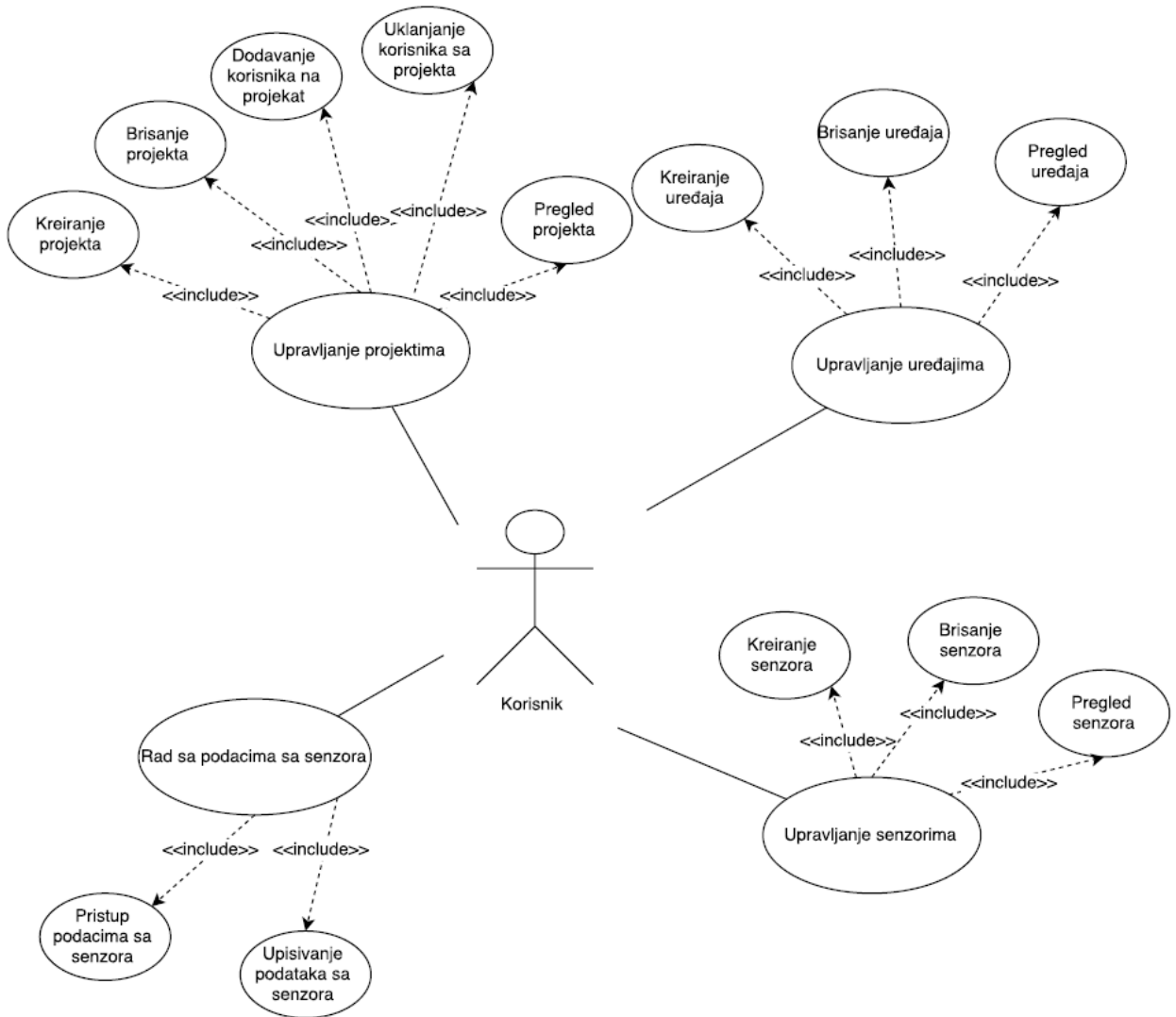
Изградњом свеобухватне студентске платформе, потребно је интегрисати различите компоненте инфраструктуре е-образовања. Такође је потребно увести нове сервисе, као што је студентски хостинг и платформа за учење Интернета интелигентних уређаја.

Платформа за учење Интернета интелигентних уређаја треба да буде модул студентског портала (Simić, Despotović-Zrakić, Војовић, Јованић, & Кнежевић, 2016). С обзиром на велике количине података које се генеришу са великог броја различитих уређаја, неопходно је коришћење неке нерелационе (NoSQL) базе података. Платформа треба да садржи следеће функционалности:

- Креирање нових пројеката, у оквиру којих би требало да студенти могу да поставе канале за праћење појединих уређаја (сензора, актуатора и сл.).
- У оквиру сваког пројекта, потребно је имплементирати могућност убацивања додатних чланова тима (crowdsourcing компонента);
- Студенти би требало да изаберу да ли је канал приватан или јаван. Приватни канал омогућава само члановима тима пројекта приказ вредности са сензора, постављање вредности са сензора и управљање актуаторима (приказ тренутног стања актуатора и промена стања). Јавни канал омогућава свим корисницима портала приказ података са сензора и читавање тренутних стања са актуатора, али не и постављање вредности са сензора и управљање актуаторима (read only);
- Потребно је имплементирати визуелизацију података са сензора у реалном времену;
- Потребно је имплементирати API.

Пројектовање апликације

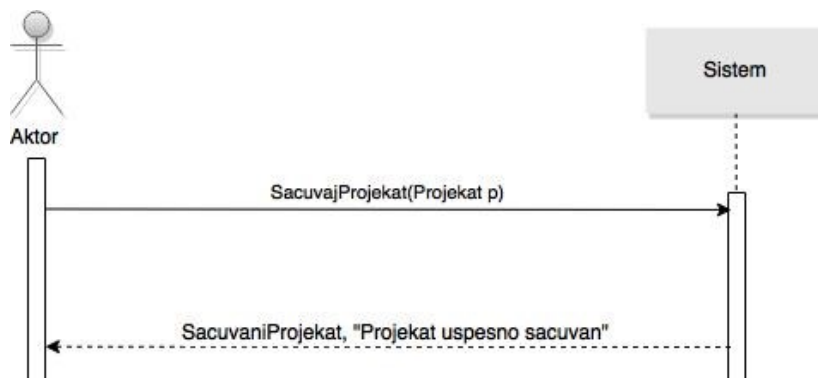
Случајеви коришћења



Слика 36: Случајеви коришћења

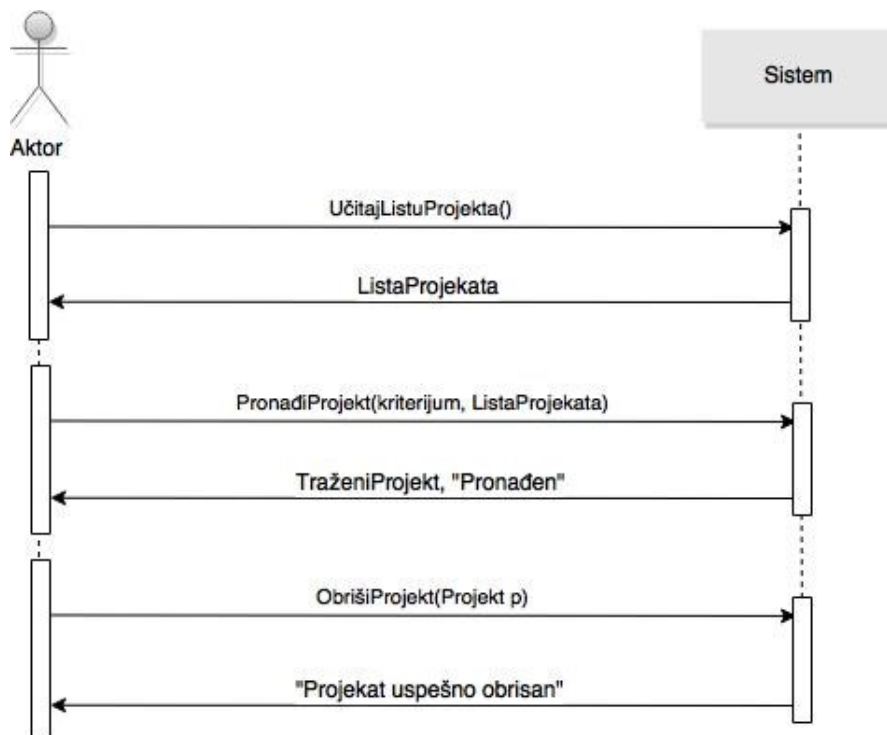
## Дијаграми секвенци

### Креирање пројекта



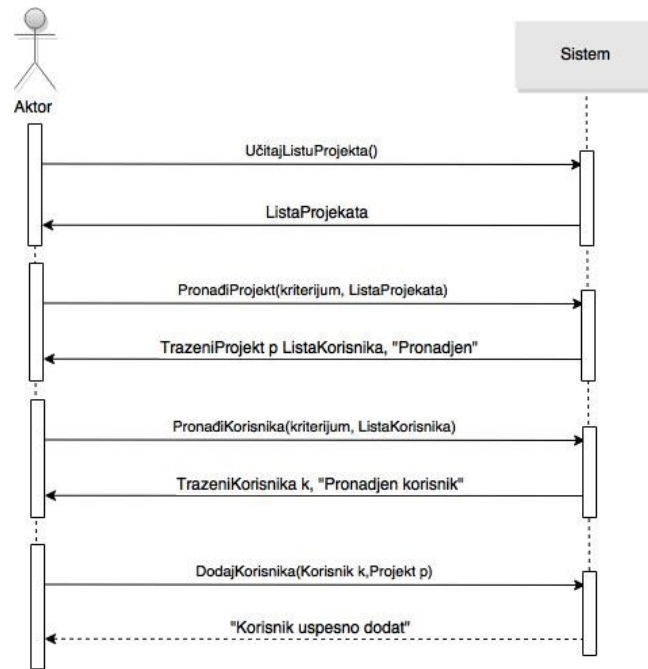
Слика 37: Креирање пројекта

### Брисање пројекта



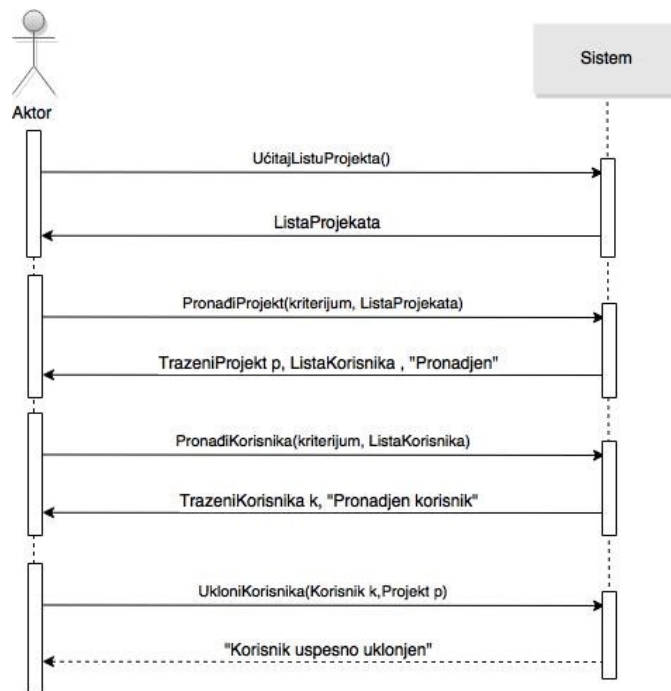
Слика 38: Брисање пројекта

### Додавање корисника на пројекат



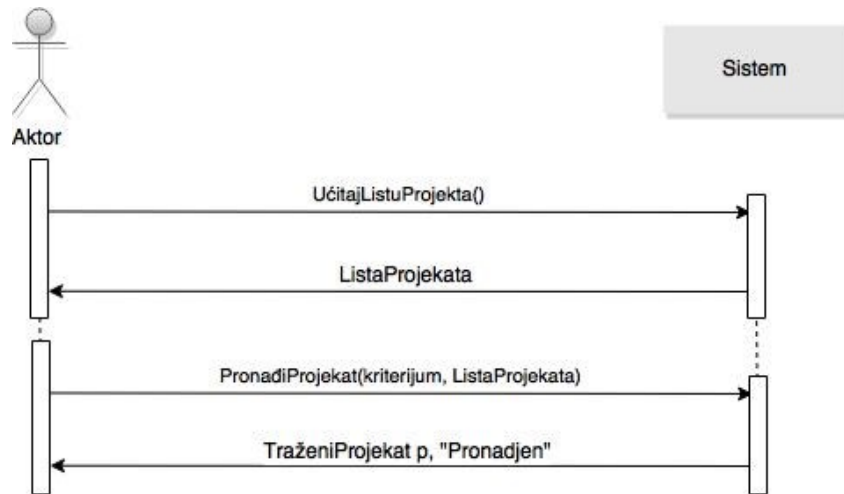
Слика 39: Додавање корисника на пројекат

### Уклањање корисника са пројекта



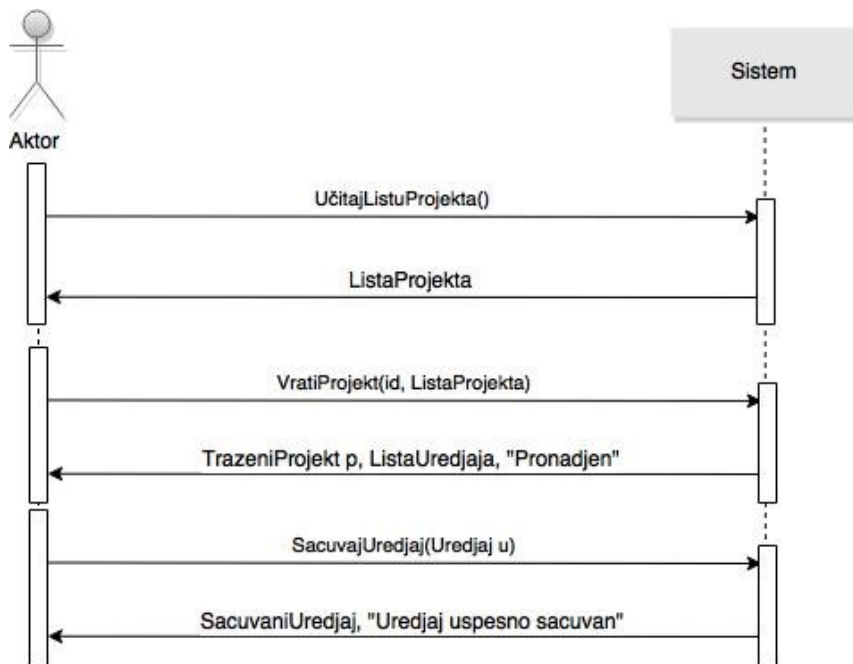
Слика 40: Уклањање корисника са пројекта

### Преглед пројекта



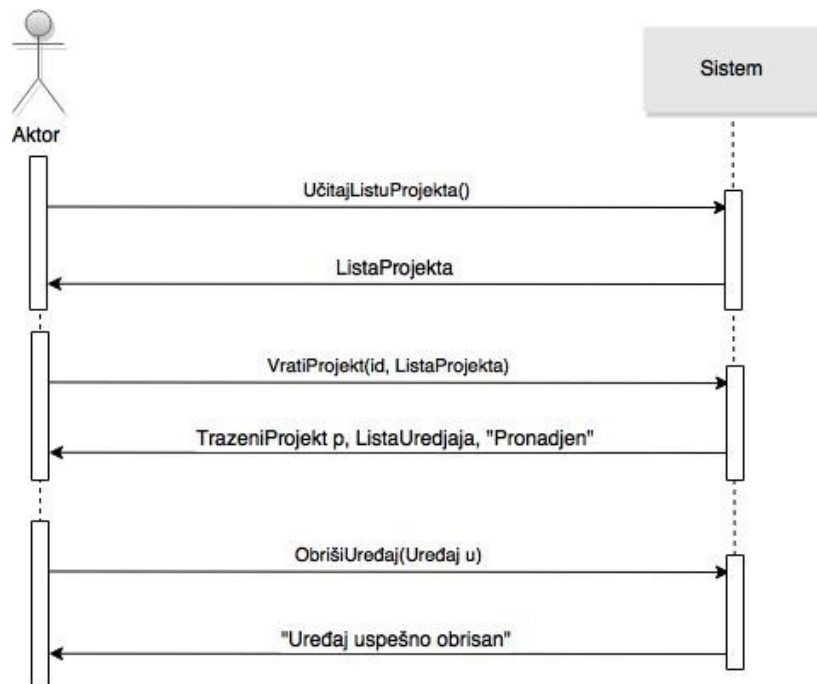
Слика 41: Преглед пројекта

### Креирање уређаја



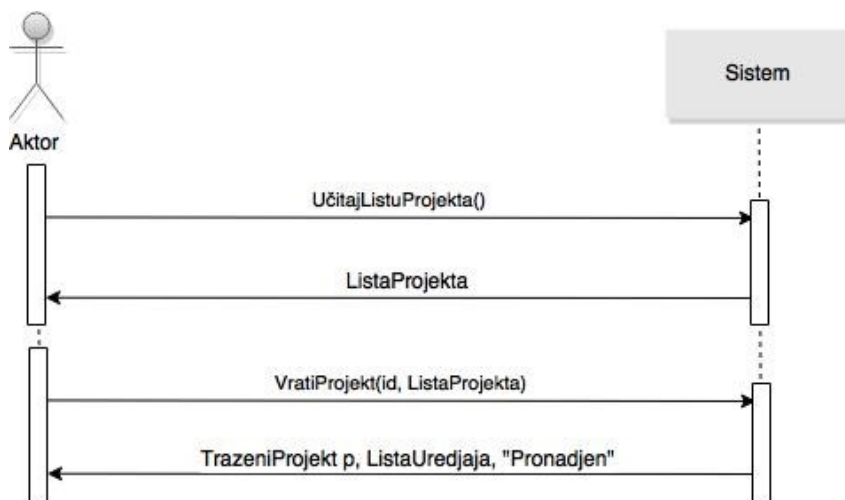
Слика 42: Креирање уређаја

### Брисање уређаја



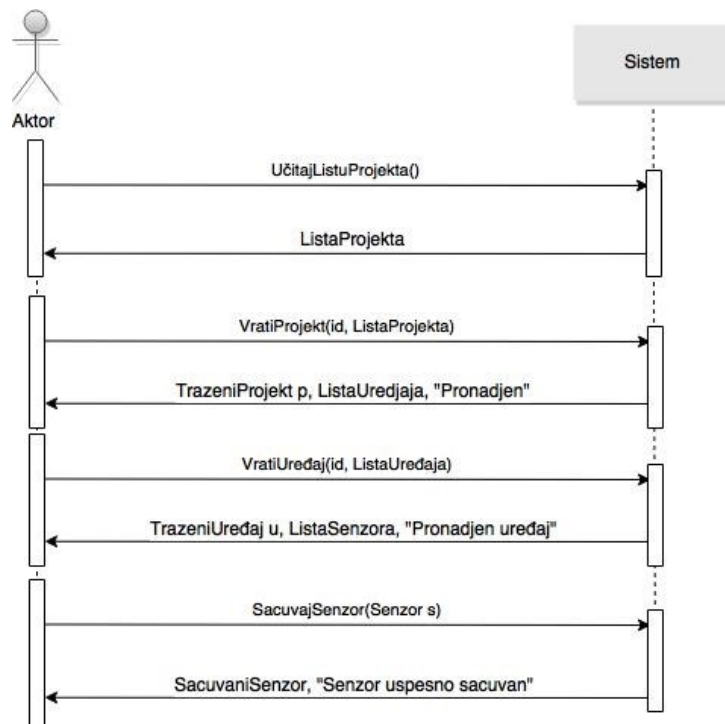
Слика 43: Брисање уређаја

### Преглед уређаја



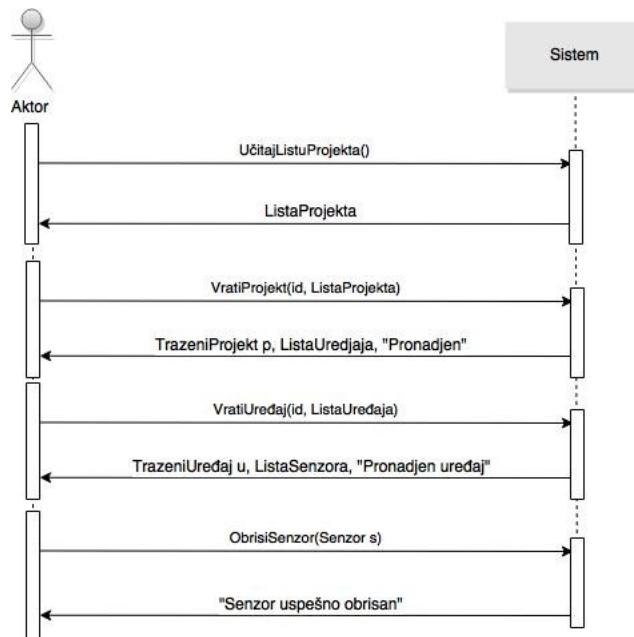
Слика 44: Преглед уређаја

## Креирање сензора



Слика 45: Креирање сензора

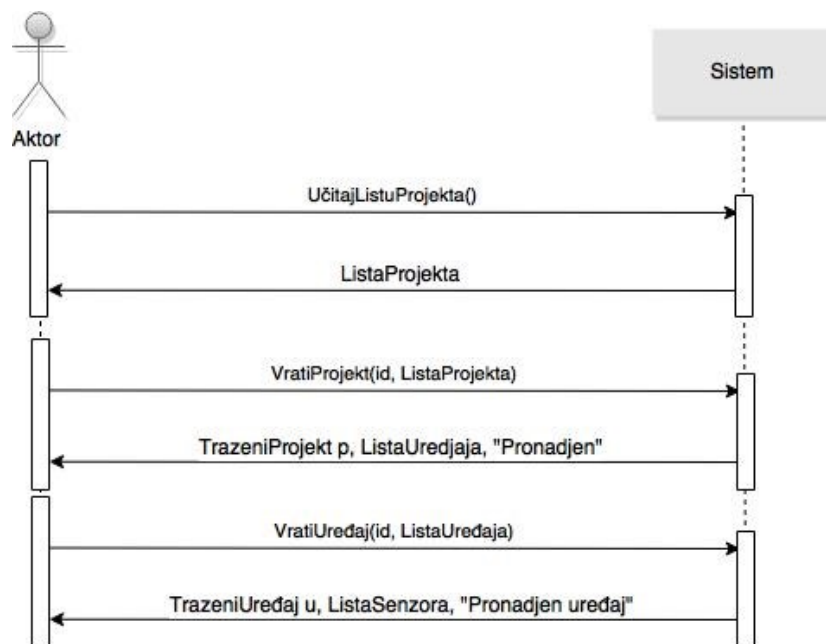
## Брисање сензора



Слика 46: Брисање сензора

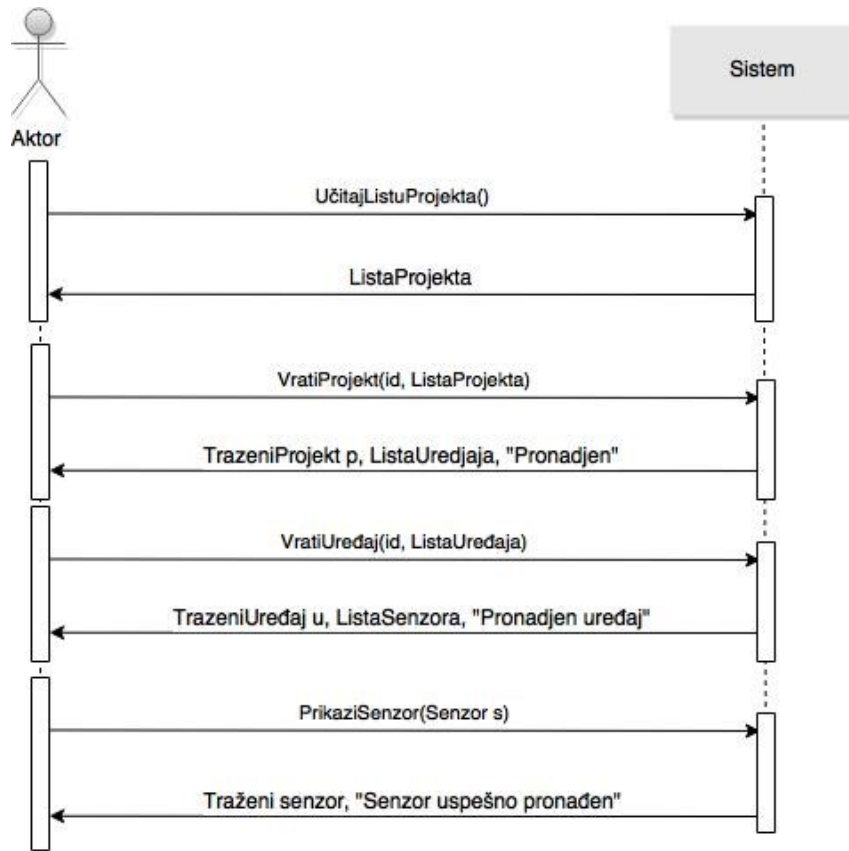


## Преглед сензора



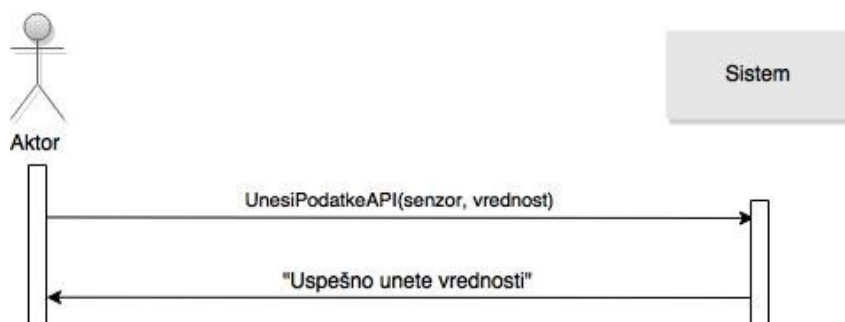
Слика 47: Преглед сензора

### Пристап подацима са сензора



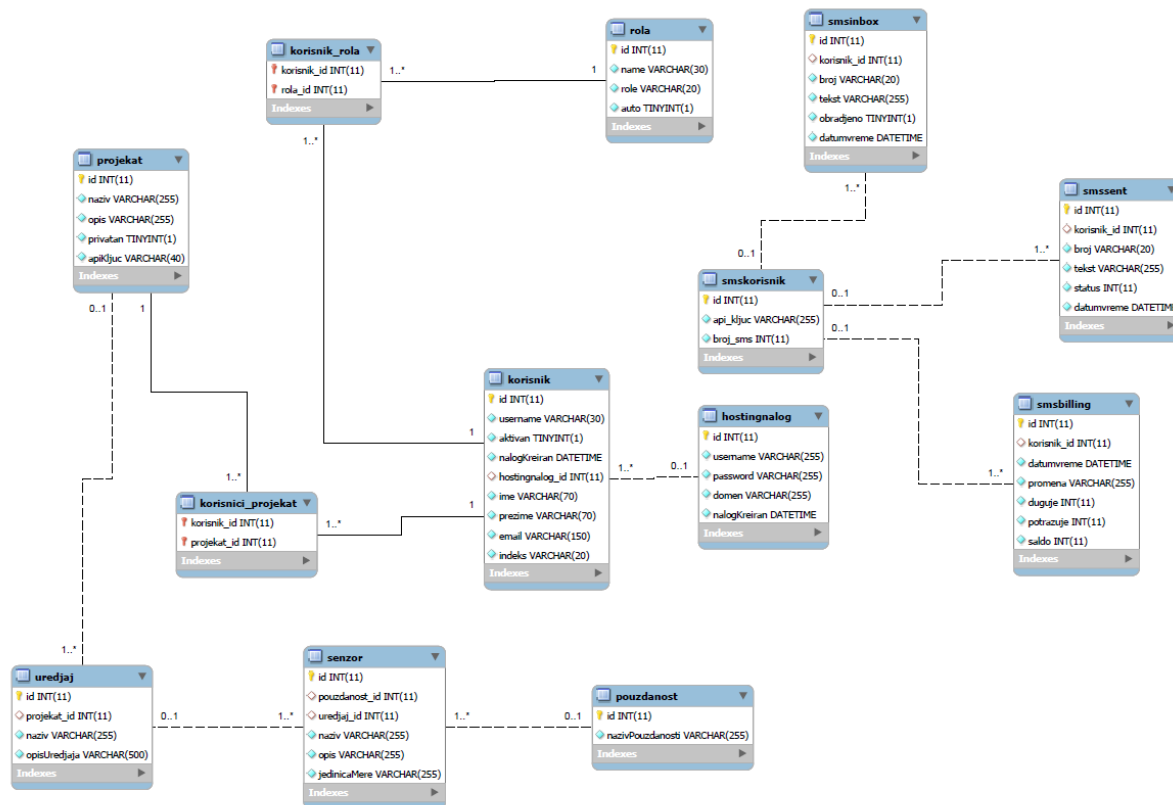
Слика 48: Приступ подацима са сензора

### Уписивање података са сензора



Слика 49: Уписивање података са сензора

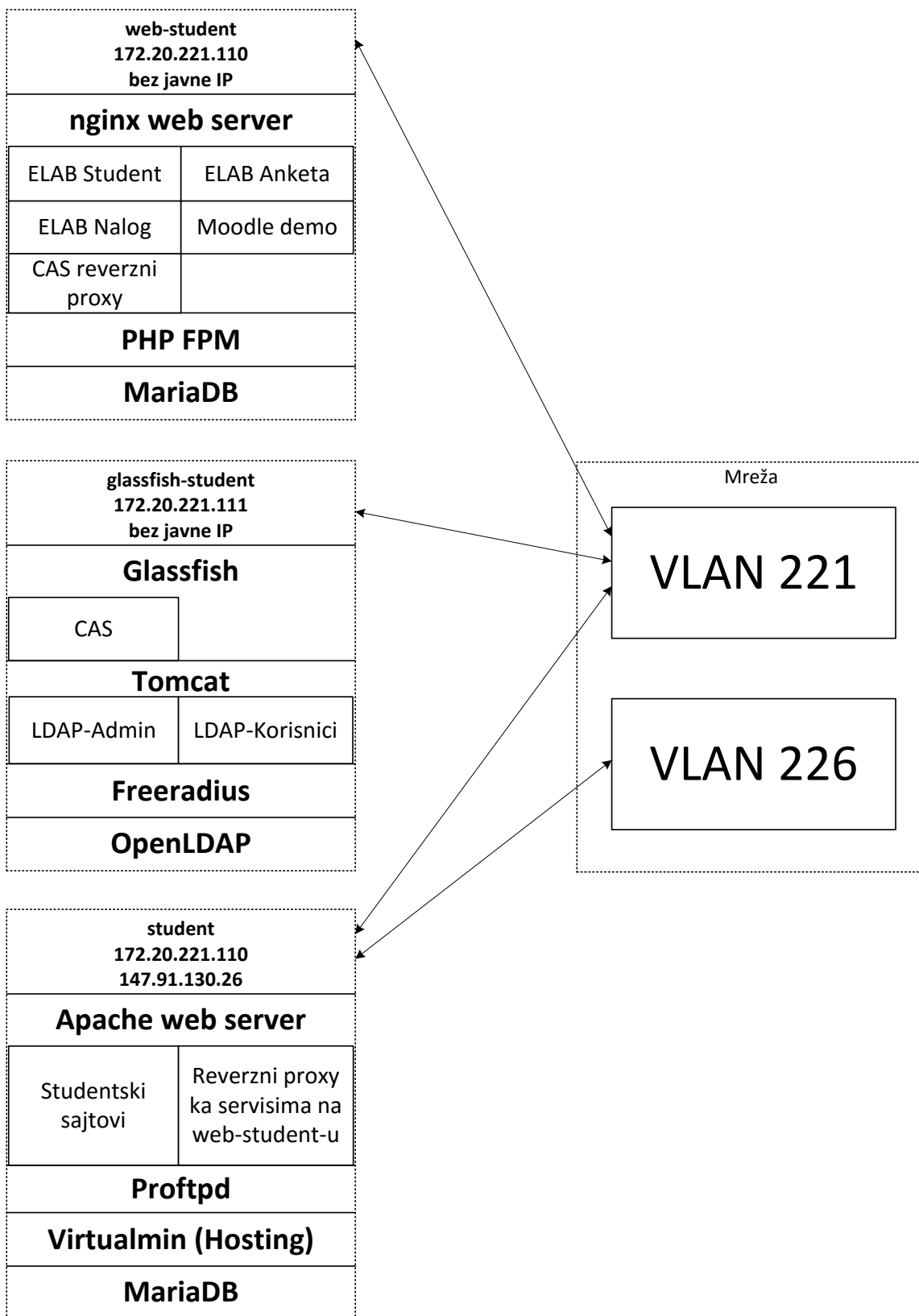
## Модел података



Слика 50: Модел података

## Имплементација решења

На слици 51 је приказана физичка архитектура система.



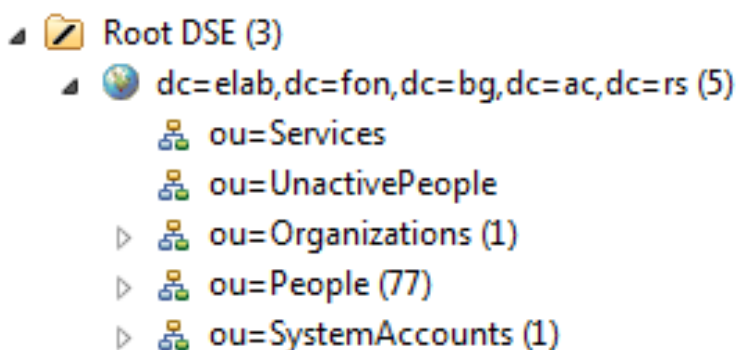
Слика 51 Физичка архитектура система

Студентски сервиси су реализовани коришћењем три виртуелне машине.

У оквиру виртуелне машине web-student инсталиран је nginx веб сервер, повезан са PHP-FPM процесором. На овом серверу налазе се студентски портал (<https://student.elab.fon.bg.ac.rs>), административна апликација за централни налог корисника (self-service апликација) (<https://nalog.elab.fon.bg.ac.rs>), Limesurvey апликација за обраду анкета (<https://anketa.elab.fon.bg.ac.rs>) и Moodle инсталација која је повезана са CAS serverom за аутентификацију (<https://moodle.elab.fon.bg.ac.rs>). Такође је конфигуриран реверзни проху ка CAS серверу.

Студентски портал је развијен у Symfony фрејмворку (PHP). Тренутно су развијени модули који омогућавају интеграцију са SMS gateway уређајем (платформа која омогућава API за слање и пријем SMS порука и интеграцију API-ја са студентским пројектима), хостингом (платформа која је интегрисана са другом виртуелном машином и virtualmin алатом помоћу API-ја) и платформом за рад са IoT уређајима.

Сервер glassfish-student је намењен за управљање дигиталним идентитетима. Кориснички подаци су смештени у оквиру LDAP директоријума, чија је структура креирана у складу са препорукама Академске мреже Републике Србије (Akademska mreža Republike Srbije, n.d.). На слици 52 налази се LDAP хијерархијска структура.



Слика 52: LDAP хијерархијска структура

Према наведеним препорукама, потребно је јасно раздвојити сервисе, налоге потребне за приступ сервисима, активне корисничке налоге, неактивне корисничке налоге и корисничке групе.

Freeradius сервер који се налази такође на glassfish-student машини, намењен је за аутентификацију и ауторизацију на сервисе који не подржавају CAS. Povezan је са LDAP serverom, te se koriste isti korisnički nalozi.

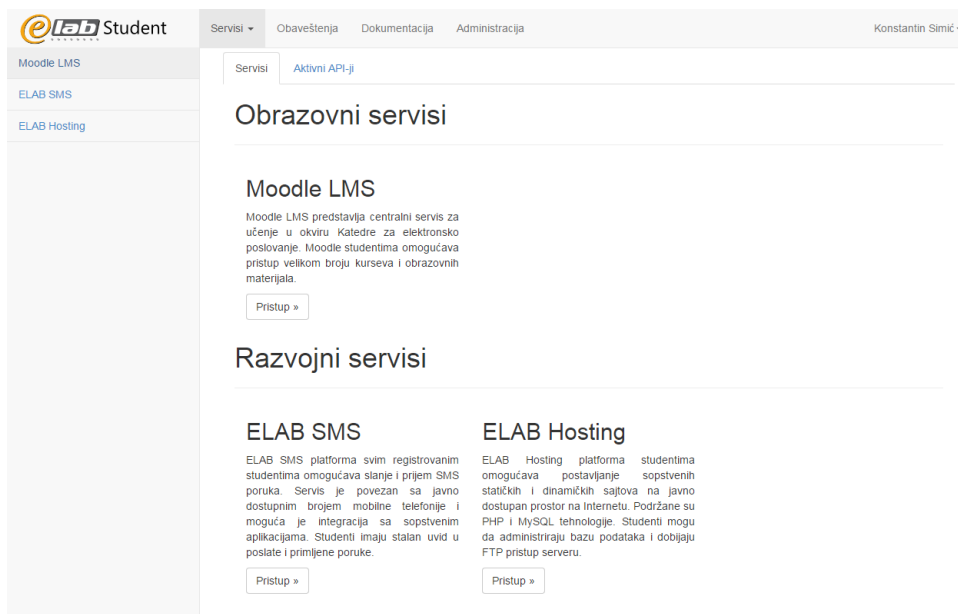
CAS (Central Authentication Service) представља Single Sign On (SSO) протокол за веб. Он омогућује кориснику приступ различитим апликацијама без потребе вишеструког уноса корисничких креденцијала. Бесплатна имплементација CAS протокола која се користи у оквиру образовне инфраструктуре Катедре је Jasig CAS. CAS је настао на Yale универзитету, а данас га користе бројни универзитети широм света, као што су Yale, Princeton, California State University, Columbia University, Uppsala Universitet и други.

Jasig CAS сервер, осим CAS протокола, подржава и остале протоколе за управљање дигиталним идентитетима, као што су OAuth2, OpenID, SAML. Такође, подржава различите бацкенд системе за аутентификацију (Radius, LDAP, baza podataka i sl.). LDAP CAS сервер је конфигурисан да ради са радиус сервером. Покренут је на Glassfish апликативном серверу.

За потребе администрације LDAP директоријума, инсталирана је AMRES апликација на Tomcat серверу.

Виртуелна машина student покренута је на приватној адреси 172.20.221.112 и јавној адреси 147.91.130.26. Ова машина првенствено служи за потребе студентског хостинга. Инсталиран је Apache-MariaDB-PHP стек којим управља Virtualmin апликација за креирање налога. Студентски портал је повезан са Virtualmin-ом помоћу одговарајућег API-ја, те студенти користе интерфејс овог портала за аутоматизовано креирање налога на хостинг платформи.

Почетна страна студентског портала је приказана на слици 53.



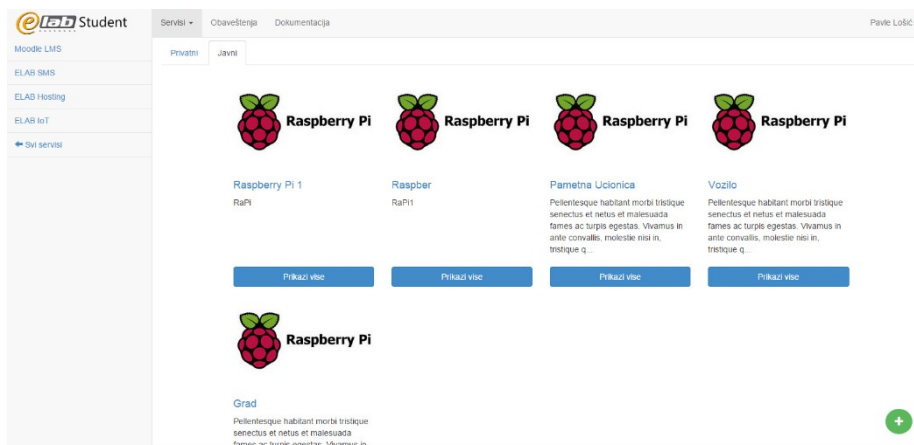
**Слика 53: Почетна страна студентског портала**

Након успешне пријаве, студенти могу да бирају жељени сервис.

Модул за Интернет интелигентних уређаја је једна од кључних карактеристика портала као дела за интеграцију шире платформе. Коришћењем овог модула, студенти могу да креирају своје IoT пројекте, да додају уређаје са којима раде, односно сензоре и актуаторе. Студенти такође могу да додају у своје пројекте и јавне уређаје које су претходно креирали други студенти или професори. Платформа обезбеђује API којим се могу слати подаци са сензора на сервер, али и читати историјске вредности измерених података.

Платформа складишти и метаподатке уређаја. За актуаторе, корисник може да дефинише тип, географске координате (географска ширина и дужина) и опис. За сензоре, корисник може да дефинише степен поузданости, тип, мерне јединице, слику и опис.

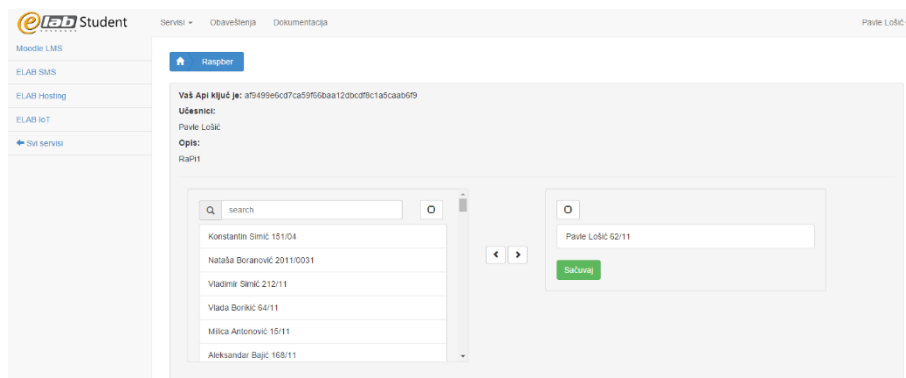
На слици 54, приказана је листа доступних јавних уређаја. Студенти који нису власници ових уређаја, могу само да читају податке прикупљене са сензора.



**Слика 54: Листа доступних јавних уређаја**

Процедура креирања новог пројекта је приказана на слици 55.

Најпре, студент може да изабере остале чланове тима из листе. На листи су приказани сви студенти који имају CAS налог, који су регистровани на портал и који нису раније креирали IoT пројекте. Након избора осталих чланова тима, студенти могу да додају уређаје које желе да укључе у пројекат.



**Слика 55: Процедура креирања новог пројекта**

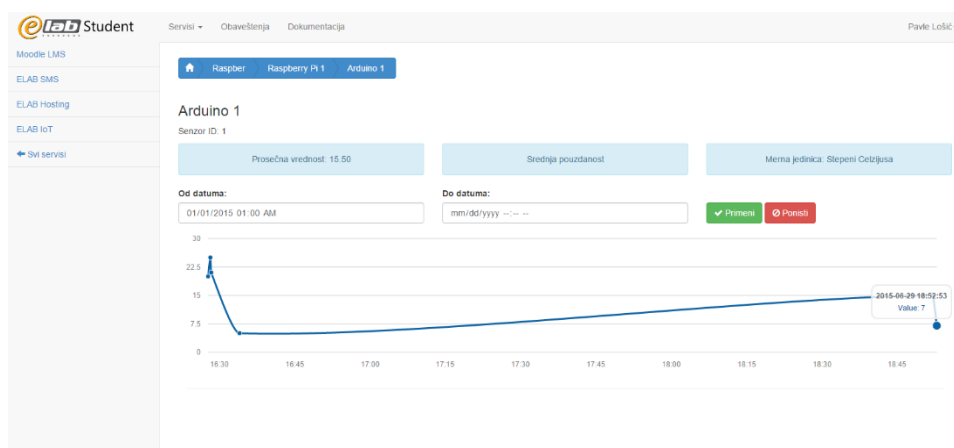
Студенти могу да изабере неки од доступних уређаја или да креирају нови уређај који би укључили у пројекат (Слика 56).





**Слика 56: Списак доступних уређаја**

Конечно, студенти могу да прегледају измерене вредности са сензора и да добију графичку репрезентацију података (Слика 57). Такође, могуће је и филтрирање графика уношењем почетног и крајњег датума и времена за приказ историјских података.



**Слика 57: Графички приказ података**

### **6.3.4 Фаза имплементације курса**

Пилот курс је имплементиран у оквиру Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука у Београду. Курс је похађало 12 студената основних студија и 8 студената мастер студија који су Интернет интелигентних уређаја изабрали као изборни предмет. Сви студенти су били између 20 и 25 година, имали су слична предзнања из области пословне информатике, са малим одступањима у специјализацијама и индивидуалним интересовањима. Половина студената мастер студија било је запослено (пуно или делимично радно време), док ниједан студент основних студија није био запослен. Пилот курс се састојао укупно из 12 часова, четири су обухватала увод у Интернет интелигентних уређаја, а остала три дела курса су била распоређена на преостали фонд часова.

Након завршетка појединих модула курса, студенти су добили упитник. Укупно је постојало шест различитих упитника:

- Интересовања студената у вези са појединим областима;
- Развој Python апликација;
- Raspberry Pi микрорачунар;
- Ардуино микроконтролер;
- Веб сервис;
- Мобилне апликације.

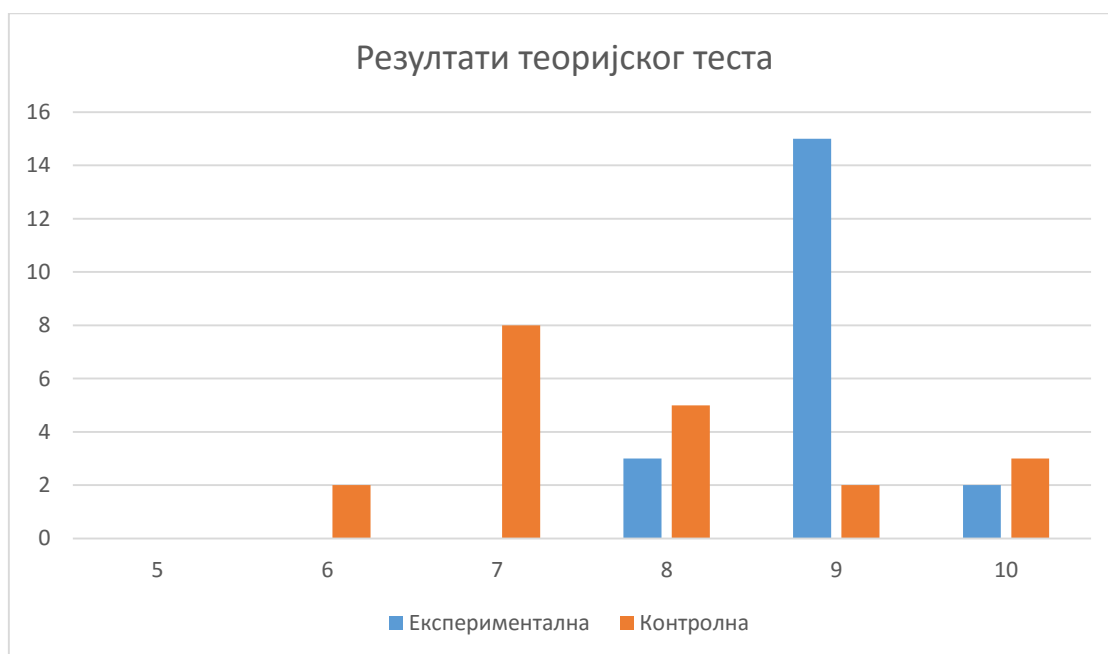
Сва питања су била затвореног типа, уз коришћење петостепене Ликертове скале. Обрасци упитника налазе се у Прилогу.

### **6.3.5 Фаза евалуације курса**

Фаза евалуације представља последњу фазу пројектовања и имплементације IoT решења. Као параметри који се могу користити за мерење перформанси, узимају се резултати са теста знања и резултати анкете, односно упитника.

## 6.4 Анализа резултата

Студенти су били оцењивани у зависности од успеха у изради задатака, пројектног рада и теоријског теста. Од укупно двадесет студената, три је имало оцену 8, петнаест оцену 9 и двоје највишу оцену 10, што резултује просечном оценом од 7,80. Наведени резултат је бољи у односу на прошлогодишњу просечну оцену (када није била примењена иста инфраструктура и модел за креирање IoT курса), која је износила 50 на узорку од такође двадесет студената. Поређење резултата експерименталне и контролне групе приказано је на слици 58.



Слика 58: Резултати теоријског теста

У табелама 6 - 11, користе се следеће ознаке:

- $\bar{x}$  - просечна оцена. Оцене су дефинисане према Ликертовој скали, и то:
  - Оцена 1 – „У потпуности се не слажем“;
  - Оцена 2 – „Не слажем се“;
  - Оцена 3 – „Неутралан став“;
  - Оцена 4 – „Слажем се“;

- Оцена 5 – „У потпуности се слажем“;
- $\delta$  – стандардна девијација.

Први упитник се односи на интересовања студената у вези са садржајем курса. Резултати првог упитника приказани су у табели 6.

**Табела 6: Резултати првог упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Занима ме пословни аспект Интернета интелигентних уређаја	3.75	0.766
Занима ме пројектовање паметних окружења	4.65	0.654
Занима ме дефинисање сценарија за аутоматизацију паметних окружења	4.00	0.894
Занима ме рад са хардверским компонентама	4.00	1.154
Занима ме рад са Raspberry Pi микрорачунаром	4.75	0.433
Занима ме рад са Arduino микроконтролером	3.80	1.249
Занима ме програмирање у Python-у	4.25	0.924
Занима ме програмирање у C/C++-у	3.50	1.118
Занима ме креирање веб сервиса и апликација за контролу паметних окружења	4.83	0.372
Занима ме развој мобилних апликација за контролу паметних окружења	4.25	1.163

Други упитник се односи на разматрања студената у вези са Python програмским језиком. Резултати другог упитника приказани су у табели 7.

**Табела 7: Резултати другог упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Дигитални сензори су једноставни за рад	4.00	0.707
Волео бих да се упознам са основама електронике због бољег разумевања сензора и њиховог повезивања	4.00	1.000
Python је занимљив програмски језик	4.67	0.471
Објектно-оријентисано програмирање у Python-у је једноставно	3.67	1.105
Индентација у Python-у ми се не допада	3.08	1.255
Нисам навикао на синтаксу Python-а	3.25	1.361
Програмирање у Python-у је једноставније од програмирања у PHP-у	3.58	1.382
Python је идеалан за управљање разним сензорима	4.00	0.816
Python има добру званичну документацију и online заједницу	3.83	0.897
Испробао бих Python за развој веб апликација	4.25	1.164

Трећи упитник се односи на Raspberry Pi микрорачунар. Резултати трећег упитника приказани су у табели 8.

**Табела 8: Резултати трећег упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Имам искуства у раду на Linux оперативном систему	2.92	0.954
Користио сам Debian или неку другу Linux дистрибуцију засновану на Debian-у (нпр. Ubuntu, Linux Mint и сл.)	3.08	1.256
Инсталација софтвера Linux-у је једноставна	3.25	0.924
Raspberry Pi је једноставан за рад	3.83	0.553
Коришћење GPIO интерфејса Raspberry Pi-а је једноставно	3.75	0.829
Повезивање сензора са Raspberry Pi микрорачунаром је једноставно	4.08	0.640
Задатак је био занимљив	4.42	0.640
Задатак је био користан	4.75	0.433
SMS сервис је једноставан за коришћење	4.17	0.687
Сматрам да ћу знања стечена при изради задатка моћи да се искористе у пракси	4.08	0.759

Следећи упитник се односи на Arduino и аналогне сензоре. Резултати четвртог упитника приказани су у табели 9.

**Табела 9: Резултати четвртог упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Аналогни сензори су једноставни за рад	4.08	0.640
Arduino је занимљива развојна платформа	4.17	0.687
Сматрам да је Arduino компликованији за рад од Raspberry Pi-a	3.17	1.404
Python је једноставнији за програмирање од C програмског језика за Arduino	3.67	1.106
Синтакса C-a је компликована	2.83	0.687
Arduino има ширу примену од Raspberry Pi рачунара	2.17	0.799
Arduino је једноставан за повезивање са сензорима	3.92	0.493
Arduino има добру званичну документацију и online заједницу	3.33	0.624
Волео бих да испробам могућности интеграције веб и мобилних апликација са Arduino пројектима	4.00	0.816
Радионица у којој сам имао прилике да креирам Arduino пројекат ми се свидела	4.58	0.640

Пети упитник се односи на примену веб сервиса у IoT-у. Резултати петог упитника приказани су у табели 10.

**Табела 10: Резултати петог упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Веб сервиси су најважнија компонента веб апликације за аутоматизацију паметног окружења	3.75	0.722
Креирање веб сервиса је једноставно	3.42	0.954
Povezivanje Raspberry Pi и Arduino платформи је једноставно	4.08	0.759
Повезивање Raspberry Pi и Arduino платформи је корисно за аутоматизацију паметног окружења	4.17	0.553
Интеграција паметног окружења и CMS-а је једноставна	3.50	0.764
Интеграција паметног окружења и CMS-а је важна за аутоматизацију паметног окружења	3.83	0.553
Веб апликације су најважнији аспект паметног окружења	3.25	0.722
Креирање веб апликације за аутоматизацију паметног окружења је занимљиво	3.92	0.954
Употреба IoT cloud платформи је једноставно	3.92	0.862
Употреба IoT cloud платформи је корисно за развој веб апликација за аутоматизацију паметног окружења	4.17	0.373

Шести и последњи упитник се односи на развој мобилних (Android) апликација у контексту Интернета интелигентних уређаја. Резултати шестог упитника приказани су у табели 11.



**Табела 11: Резултати шестог упитника**

Питање	$\bar{x}$	$\delta$
Одлично познајем програмирање у Java програмском језику	3.75	1.090
Раније сам развијао Android апликације	2.83	1.213
Развој Android апликација је сложеније од развоја стандардних Java апликација	2.75	1.090
Коришћење веб сервиса је најважније приликом развоја Android апликације за аутоматизацију паметног окружења	3.42	0.862
Развој Android апликације је сложеније од развоја веб апликације	3.00	0.816
Интеграција паметног окружења и Android апликације је једноставно	3.92	0.759
Android апликација је корисна за аутоматизацију паметног окружења	4.25	0.595
Eclipse развојно окружење је једноставно за рад	4.08	0.954
Android SDK поседује добру и квалитетну документацију	3.75	1.010
Android апликација за аутоматизацију паметног окружења је кориснија од веб апликације исте намене	3.58	1.115

Ставови студената су углавном били позитивни, и њихови коментари били су следећи:

- *“Веома занимљиво. Мотивишуће.”;*
- *“Занимљиво је видети практичне резултате програмирања.”;*

- *“Овај пројекат ми је помогао да боље схватим битне ствари.”;*
- *“Требало би да буде више оваквих пројеката. Рад на конкретном примеру, где стање компонената зависи од PHP или Android кода, представља драгоцену искуство.”;*
- *“Немам примедби. Пројекат је био занимљив и мотивисао ме је. Такође, могућност да видим реалне резултате побољшала је искуство програмирања.”*

На основу развијеног модела и приказаних резултата, долази се до закључка да је могуће моделирати систем електронског образовања који је прилагођен потребама студената, чиме се потврђује хипотеза X1.1. Инфраструктуру електронског образовања засновану на Интернету интелигентних уређаја која је развијена у моделу могуће је интегрисати са постојећим системом учења, применом одговарајућег апликативног програмског интерфејса LMS-а и софтверског решења за управљање дигиталним идентитетима, чиме се потврђује хипотеза X1.2. Применом IoT, Big Data и Cloud Computing концепата у инфраструктури електронског образовања постиже се већа доступност података. Big Data концепт омогућава бољу анализу података, чиме се потврђује хипотеза X1.3.

Пошто су хипотезе X1.1, X1.2 и X1.3 потврђене, потврђује се и посебна хипотеза X1.

На основу резултата истраживања која су приказана у овом поглављу, потврђује се хипотеза X2.1. С обзиром на резултате теста знања који су бољи након увођења инфраструктуре електронског образовања засноване на Интернету интелигентних уређаја у односу на резултате студената који су похађали исти курс пре увођења наведене инфраструктуре, потврђује се хипотеза X2.2. На основу коментара студената након похађања курса, закључује се да су мотивисанији, чиме се потврђује хипотеза X2.3.

Пошто су хипотезе X2.1, X2.2 и X2.3 потврђене, потврђује се и посебна хипотеза X2.

На основу наведеног, може се закључити да се потврђује и главна хипотеза у раду, односно да се развојем и применом модела инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја унапређују квалитет и доступност образовног процеса, повећава ниво усклађености материјала за учење са карактеристикама и потребама студената, повећавају задовољство и заинтересованост студената и побољшавају коначни резултати образовног процеса.

## 7 НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ

Најзначајнији допринос ове докторске дисертације је развој модела инфраструктуре е-образовања засноване на концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја, за примену у високошколским установама. Коначни резултат истраживања биће имплементација система инфраструктуре е-образовања са примењеним концептима Интернета интелигентних уређаја у оквиру Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука, Универзитета у Београду. Модел је универзалан, што значи да ће моћи да се примењује и на другим високошколским установама у Србији и у свету. Имплементирана инфраструктура Интернета интелигентних уређаја омогућиће студентима нове образовне сервисе, у циљу савременије наставе.

Кључни научни доприноси рада огледају се у:

- Формалном опису модела инфраструктуре електронског образовања засноване на Интернету интелигентних уређаја;
- Развоју модела архитектуре система инфраструктуре електронског образовања засноване на концептима и технологијама Интернета интелигентних уређаја;
- Развоју модела за интеграцију компонената Интернета интелигентних уређаја и образовне инфраструктуре;
- Развоју модела бежичних сензорских мрежа за паметна образовна окружења;
- Развоју модела платформе за учење Интернета интелигентних уређаја;
- Развоју модела портала за интеграцију компонената образовне инфраструктуре.

Рад на овој дисертацији резултовао је и низом стручних доприноса, од којих се издвајају:

- Анализа примене инфраструктурних решења у системима е-образовања;
- Анализа примене Интернета интелигентних уређаја у е-образовању.
- Истраживање проблематике увођење Интернета интелигентних уређаја у систем електронског образовања, са становишта друштвене корисности може имати вишеструке импликације:
- резултати истраживања помоћи ће у анализирању могућности даљег развоја и примене модела инфраструктуре е-образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја.
- резултате истраживања могу користити и други образовни системи заинтересовани за развој и прилагођавање наставних активности имплементацијом онтологија.
- резултати истраживања биће корисни за све образовне институције које развијају паметна окружења.

С обзиром на актуелност теме и чињеницу да велики број образовних институција организује образовни процес преко Интернета, могућности примене резултата истраживања су велике. Архитектура система омогућава имплементацију прилагодљивих, флексибилних, интегрисаних и безбедних решења.

Резултати овог истраживања објављени су у више међународних и домаћих часописа и саопштени на више међународних и домаћих научних скупова, и то:

**Монографије, монографске студије, тематски зборници, лексикографске и картографске публикације међународног значаја (M10):**

1. V. Vujin, K. Simić, B. Kovačević, Digital Identity Management in Cloud, M. Despotović-Zrakić, V. Milutinović, A. Belić (Eds.), Handbook of Research on High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education, pp. 56-81, DOI: 10.4018/978-1-4666-5784-7.ch003, ISBN 9781466657854 (M14).

2. V. Vujin, K. Simić, A. Milić, Management of Cloud Computing Infrastructure for e-Learning, Innovative Management and Business Performance, Palgrave Macmillan, pp. 329-346, ISBN 978-1-137-40220-2 (M14).

3. M. Milutinović, M. Despotović-Zrakić, K. Simić, M. Anđelić, Enhancing Data Management in E-Government Using Data Categorization and Visualization Techniques, Z. Mahmood (Ed.), Emerging Mobile and Web 2.0 Technologies for Connected E-Government. IGI Global, Hershey, PA, USA, ISBN 9781466660823 (M14) (Рад прихваћен за објављивање).

4. A. Milić, K. Simić, M. Milutinović, Cloud Computing Environment for e-Learning Services for Students with Disabilities, Z. Mahmood (Ed.), Continued Rise of the Cloud. Springer Berlin Heidelberg, ISBN 978-1-4471-6451-7 (M14) (Рад прихваћен за објављивање).

#### **Радови објављени у научним часописима међународног значаја (M20):**

1. M. Despotović-Zrakić, K. Simić, A. Labus, A. Milić, B. Jovanić, Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing, Educational Technology & Society, Vol. 16, No. 3, pp. 301–314. ISSN: 1436-4522 (online) and 1176-3647 (print), 2013, IF(2012)=1.171 (M21).

#### **Зборници међународних научних скупова (M30):**

1. Z. Bogdanovic, D. Barac, A. Labus, K. Simic, M. Vulic, Student Relationship management in the cloud, Proceedings of 6th International Technology, Education and Development Conference (INTED 2012), Spain, Valencia, pp 1079-1088, 2012, L. Gomez Chova, A. Lopez Martinez, I. Candel Torres (eds.) ISBN: 978-84-615-5563-5 (M33).

2. M. Despotovic-Zrakić, K. Simic, Z. Bogdanovic, A. Milic, V. Vujin, An Application for Integrated Resource Management in Educational Cloud, Proceedings of 6th International Technology, Education and Development Conference (INTED 2012), Spain, Valencia, pp 1089-1097, 2012, L. Gomez Chova, A. Lopez Martinez, I. Candel Torres (eds.) ISBN: 978-84-615-5563-5 (M33).

3. A. Labus, K. Simić, M. Vulić, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, An Application of Social Media in eLearning 2.0, In Proceedings of the 25th Bled eConference eDependability: Reliable and Trustworthy eStructures, eProcesses, eOperations and eServices for the Future, Bled, Slovenia, pp. 557-572, 17- 20 Jun 2012 (M33).
4. K. Simić, M. Vulić, A. Labus, D. Barać, Developing service-oriented application for the educational cloud, In Proceedings of the 25th Bled eConference eDependability: Reliable and Trustworthy eStructures, eProcesses, eOperations and eServices for the Future, Bled, Slovenia, pp. 324-332, 17- 20 Jun 2012 (M33).
5. A. Marković, A. Labus, K. Simić, J. Dadić, Risk management in public sector in Serbia, In Proceedings of the 4th Slovenian Social Sciences Conference, Fiesa, Slovenia, Zbornik radova-Selected issues of modern democracy, Uroš Pinterič, Lea Prijon (editors), Založba Vega, Ljubljana, pp. 199-215, 27-29 September 2012, ISBN 978-961-93138-7-9 (M33).
6. D. Đokić, M. Despotović-Zrakić, D. Barać, K. Simić, Document management system for e-government, In Proceedings of the 4th Slovenian Social Sciences Conference, Fiesa, Slovenia, Zbornik radova-Selected issues of modern democracy, Uroš Pinterič, Lea Prijon (editors), Založba Vega, Ljubljana, pp. 277-292, 27-29 September 2012, ISBN 978-961-93138-7-9 (M33).
7. K. Simić, A. Milić, V. Vujin, Z. Bogdanović, Delivering E-Government Services By Using Wireless Sensor Networks in the Cloud Environment, The 21st NISPAcee Annual Conference "Regionalisation and Inter-regional Cooperation", Proceedings on CD, Belgrade, Serbia, May 2013 (M33).
8. I. Vojinović, A. Vukmirović, M. Despotović-Zrakić, M. Milutinović, K. Simić, Leveraging Internet Marketing Campaigns through Social Network Analysis, Matematičke i informacione tehnologije - MIT 2013, Vrnjačka Banja, Srbija, pp. 715 - 721, 05. - 09. September 2013, ISBN 978-86-80795-20-1(M33).
9. Z. Bogdanović, K. Simić, M. Milutinović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A Platform for Learning Internet of Things, 8th International Conference on e-

Learning 2014, Lisbon, Portugal, 15. - 18. jul 2014, pp. 259-266, ISBN 9789898704085(M33).

10. K. Simić, V. Vujin, A. Labus, Đ. Stepanić, M. Stevanović, Designing Environment for Teaching Internet of Things, 8th International Conference on e-Learning 2014, Lisbon, Portugal, 15. - 18. jul 2014, pp. 415-417, ISBN 9789898704085(M33).

#### **Часописи националног значаја (M50):**

1. K. Simić, M. Despotović-Zrakić, Ž. Bojović, B. Jovanić, Đ. Knežević, A platform for a smart learning environment, Facta universitatis - series: Electronics and Energetics, vol. 29, No. 3, pp. 407-417, 2016, ISSN: 0353-3670 (M50).

2. J. Dadić, A. Labus, K. Simić, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A Model For Structuring Information Resources in E-Government, Innovative Issues and Approaches in Social Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 104-117, May 2012, ISSN 1855-0541 (M50).

3. M. Vulić, J. Dadić, K. Simić, Đ. Mazinjanin, A. Milić, CRM E-Government Services in the Cloud, Innovative Issues and Approaches in Social Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 135-149, May 2012, ISSN 1855-0541 (M50).

4. K. Simić, J. Dadić, L. Paunović, M. Milutinović, Z. Bogdanović, Delivering Mobile Government Services through Cloud Computing, Innovative Issues and Approaches in Social Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 150-160, May 2012, ISSN 1855-0541 (M50).

5. L. Paunović, K. Simić, J. Dadić, B. Jovanić, D. Barać, The Impact of Applying the Concept of the Semantic Web in E-Government, Innovative Issues and Approaches in Social Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 161-179, May 2012, ISSN 1855-0541 (M50).

6. J. Šuh, K. Simić, M. Milutinović, V. Vujin, S. Jevremović, Sistem za praćenje performansi mrežne infrastrukture visokoškolske ustanove, InfoM, Vol. 49/2014, ISSN 1451-4397 (M52).



### **Зборници скупова националног значаја (M60):**

1. M. Vulić, A. Labus, K. Simić, Unapređenje SRM koncepta primenom social cloud servisa, E-trgovina 2012, zbornik radova na CD-u, Palić, 25-27. april 2012 (M63).
2. A. Labus, K. Simić, M. Vulić, Unapređenje procesa e-obrazovanja primenom društvenih medija, E-trgovina 2012, zbornik radova na CD-u, Palić, 25-27. april 2012 (M63).
3. K. Simić, M. Vulić, A. Labus, Unapređenje obrazovnog procesa primenom mobilnih cloud computing servisa, E-trgovina 2012, zbornik radova na CD-u, Palić, 25-27. april 2012 (M63).
4. A. Milić, K. Simić, A. Labus, Servisi za upravljanje cloud computing infrastrukturom u e-obrazovanju, Infoteh 2012, Jahorina, Vol. 11, pp. 961-965, mart 2012, ISBN 978-99938-624-8-2 (M63).
5. K. Simić, Z. Bogdanović, A. Labus, Mobile Application for Educational Cloud Management, Zbornik radova na CD-u sa XIII međunarodnog simpozijuma SymOrg 2012, Zlatibor, pp. 608-615, 5-9. jun 2012, ISBN 978-86-7680-255-5 (M63).
6. V. Vujin, K. Simić, A. Milić, Management of Cloud Computing Infrastructure for E-learning, Zbornik radova na CD-u sa XIII međunarodnog simpozijuma SymOrg 2012, Zlatibor, pp. 981-988, 5-9. jun 2012, ISBN 978-86-7680-255-5 (M63).
7. V. Vujin, K. Simić, M. Despotović-Zrakić, B. Radenković, Federacija digitalnih identiteta u e-obrazovanju, Zbornik radova XXXIX simpozijum o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2012, editor: Goran Ćirović, Tara, pp. 67-70, 25-28 septembar 2012, ISBN 978-86-7488-086-9 (M63).
8. J. Šuh, A. Obradović, K. Simić, Komparativna analiza performansi EIGRPv6 i OSPFv3 protokola, Zbornik radova XXXI Simpozijum o novim tehnologijama u poštanskom i telekomunikacionom saobraćaju – PosTel 2013, Beograd, pp.333-342, 3. i 4. decembar 2013, ISBN 978-86-7395-314-4 (M63).

9. M. Milutinović, K. Simić, A. Labus, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Platforma za učenje interneta inteligentnih uređaja, Infoteh 2014, Jahorina, Vol. 13, pp. 759 - 762, 19. - 21. Mart 2014, ISBN 978-99955-763-3-2 (M63).

#### **Учешће на научним и стручним пројектима**

1. Назив пројекта: Примена рачунарске технике у експерименталној физици чврстог стања, Основна истраживања

Реализатор пројекта: Факултет организационих наука.

Наручилац: Министарство за науку и технолошки развој, пројекат финансиран у оквиру програма основних истраживања 2011-2014.

Научна област: Компјутерске науке.

Период ангажовања: 2011.-2014., Београд

## 8 БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

Интернет интелигентних уређаја је актуелан проблем. У образовању, наведени концепт се може применити за изградњу паметних учионица, паметних кампуса или паметног универзитета.

С обзиром да се сваког дана повећава број уређаја повезаних на Интернет, неопходно је образовати академске кадрове за рад са паметним уређајима. Предложени модел IoT инфраструктуре даје основу за оквир за изучавање наведених концепата и технологија.

Постоје два могућа правца будућих истраживања:

- Даљи развој оквира за подучавање Интернета интелигентних уређаја и
- Развој образовне IoT инфраструктуре у ужем смислу и боља интеграција са осталим компонентама образовне инфраструктуре, чиме се могу омогућити и нови сервиси за студенте.

## 9 ЗАКЉУЧАК

У оквиру ове дисертације, анализирани су главни проблеми и предложено је решење за имплементацију концепта Интернета интелигентних уређаја у инфраструктуру електронског образовања. Дефинисани су појмови електронског образовања, инфраструктуре електронског образовања, компоненти инфраструктуре електронског образовања, Интернета интелигентних уређаја, паметних окружења и протокола Интернета интелигентних уређаја. Примарни циљ је интеграција система Интернета интелигентних уређаја у образовну инфраструктуру, ради побољшања квалитета наставног процеса и увођења нових, напредних сервиса.

У практичном делу рада је пројектован и имплементиран модел инфраструктуре е-образовања заснован на Интернету интелигентних уређаја. Евалуација модела подразумева тестирање и мерење параметара који утичу на ефикасност инфраструктуре.

Посебну вредност овог рада чини релативна актуелност проблематике интеграције Интернета интелигентних уређаја и образовне инфраструктуре, пошто до сада није постојао велики број радова на наведену тему.

Резултати истраживања из ове докторске дисертације су објављени у часописима међународног значаја и саопштени на националним и међународним научним скуповима.

## 10 ЛИТЕРАТУРА

- Abowd, D., Dey, A. K., Orr, R., & Brotherton, J. (1998). Context-awareness in wearable and ubiquitous computing. *Virtual Reality*, 3(3), 200–211. <http://doi.org/10.1007/BF01408562>
- Ackerman, E., & Guizzo, E. (2011). 5 technologies that will shape the web. *IEEE Spectrum*. <http://doi.org/10.1109/MSPEC.2011.5779788>
- Aion, N., Helmandollar, L., Wang, M., & Ng, J. W. P. (2012). Intelligent campus (iCampus) impact study. In *Proceedings of the 2012 IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology Workshops, WI-IAT 2012*. <http://doi.org/10.1109/WI-IAT.2012.261>
- Akademaska mreža Republike Srbije. (n.d.). AMRES preporuke za postavljanje LDAP servera obrazovnih institucija. Retrieved January 1, 2016, from [https://bpd.amres.ac.rs/doku.php?id=amres\\_aai\\_wiki:ldap\\_direktorijum](https://bpd.amres.ac.rs/doku.php?id=amres_aai_wiki:ldap_direktorijum)
- Albors, J., Ramos, J. C., & Hervas, J. L. (2008). New Learning Network Paradigms: Communities of Objectives, Crowdsourcing, Wikis and Open Source. *Int. J. Inf. Manag.*, 28(3), 194–202. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2007.09.006>
- Aldrich, F. (2003). Smart Homes: Past, Present and Future. In R. Harper (Ed.), *Inside the Smart Home SE - 2* (pp. 17–39). Springer London. [http://doi.org/10.1007/1-85233-854-7\\_2](http://doi.org/10.1007/1-85233-854-7_2)
- Alelaiwi, A., Alghamdi, A., Shorfuzzaman, M., Rawashdeh, M., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2014). Enhanced engineering education using smart class environment. *Computers in Human Behavior*, (0). <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.061>
- Anderson, M. (2011). Crowdsourcing Higher Education: A Design Proposal for Distributed Learning. *MERLOT Journal of Online Learning and Teaching*, 7(4). Retrieved from [http://jolt.merlot.org/vol7no4/anderson\\_1211.htm](http://jolt.merlot.org/vol7no4/anderson_1211.htm)
- Anderson, T., & Elloumi, F. (2004). *Theory and Practice of Online Learning*. (T. Anderson & F. Elloumi, Eds.). Athabasca, Canada: Athabasca University. Retrieved from [cde.athabascau.ca/online\\_book](http://cde.athabascau.ca/online_book)

- Atzori, L., Iera, A., & Morabito, G. (2010). The Internet of Things: A survey. *COMPUTER NETWORKS*, 54(15), 2787–2805. <http://doi.org/10.1016/j.comnet.2010.05.010>
- Ayed, G. Ben. (2014). Digital Identity Management. In *Architecting User-Centric Privacy-as-a-Set-of-Services* (pp. 57–95). Springer. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-08231-8\\_3](http://doi.org/10.1007/978-3-319-08231-8_3)
- Baporikar, N. (2012). Academic Strategies for Distance Education. *International Journal of Strategic Information Technology and Applications (IJSITA)*, 3(3), 32–44. <http://doi.org/10.4018/jsita.2012070103>
- Barać, D., Bogdanović, Z., & Damjanović, S. (2008). Implementacija personalizovanog sistema elektronskog učenja. In *16. Telekomunikacioni forum TELFOR*.
- Beatty, K. (2010). *Teaching & Researching: Computer-Assisted Language Learning*. Routledge.
- Beaty, D. L. (2013). Cloud Computing 101. *ASHRAE JOURNAL*, 55(10), 88–93.
- Bellavista, P., Cardone, G., Corradi, A., Foschini, L., & Ianniello, R. (2015). Crowdsensing in Smart Cities: In *Handbook of Research on Social, Economic, and Environmental Sustainability in the Development of Smart Cities* (pp. 316–338). IGI Global. <http://doi.org/10.4018/978-1-4666-8282-5.ch015>
- Bertino, E., Lafayette, W., Paci, F., & Ferrini, R. (2009). Privacy-preserving Digital Identity Management for Cloud Computing. *Identity*, 32(1), 1–7. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Privacy-preserving+Digital+Identity+Management+for+Cloud+Computing#0>
- Bogdanović, Z. (2011). *Poslovna inteligencija u adaptivnom elektronskom obrazovanju (doktorska disertacija)*. Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M., Milutinović, M., Anđelić, M., & Milinović, S. (2013). Model for Enhanced Data Management, Visualization, and Adaptation in e-learning. *Management - Journal for Theory and Practice of Management*, 18(69), 5–14. <http://doi.org/10.7595/management.fon.2013.0030>
- Bogdanović, Z., Simić, K., Milutinović, M., Radenković, B., & Despotović-Zrakić, M. (2014). A Platform for Learning Internet of Things. In *8th International*

- Conference on e-Learning 2014 Proceedings, Lisbon, Portugal* (pp. 259–266).  
Lisbon.
- Bonabeau, E. (2009). Decisions 2.0: The power of collective intelligence. *MIT Sloan Management Review*, 50(2), 45–52.
- Boswarthick, D., Elloumi, O., & Hersent, O. (Eds.). (2012). *M2M Communications - A Systems Approach*. West Sussex, UK: John Wiley & Sons.
- Botta, A., de Donato, W., Persico, V., & Pescapé, A. (2015). Integration of cloud computing and Internet of Things: A survey. *Future Generation Computer Systems*, 56, 684–700. <http://doi.org/10.1016/j.future.2015.09.021>
- Brabham, D. C. (2008). Crowdsourcing as a Model for Problem Solving. *The International Journal of Research into New Media Technologies*, 14(1), 75–90. <http://doi.org/10.1177/1354856507084420>
- Burbules, N. (2014). Meanings of Ubiquitous Learning. *Education Policy Analysis Archives*.
- Buyya, R., Yeo, C. S., & Venugopal, S. (2008). Market-Oriented Cloud Computing: Vision, Hype, and Reality for Delivering IT Services as Computing Utilities. *2008 10th IEEE International Conference on High Performance Computing and Communications*, 0, 5–13. <http://doi.org/10.1109/HPCC.2008.172>
- Bychkovskiy, V., Megerian, S., Estrin, D., & Potkonjak, M. (2003). Information Processing in Sensor Networks: Second International Workshop, IPSN 2003, Palo Alto, CA, USA, April 22--23, 2003 Proceedings. In F. Zhao & L. Guibas (Eds.), (pp. 301–316). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/3-540-36978-3\\_20](http://doi.org/10.1007/3-540-36978-3_20)
- Calbimonte, J., Jeung, H., Corcho, O., & Aberer, K. (2011). Semantic sensor data search in a large-scale federated sensor network. *Semantic Sensor Networks*.
- Callaghan, V. (2012). Buzz-Boarding; Practical Support for Teaching Computing Based on the Internet-of-Things. In *1st Annual Conference on the Aiming for Excellence in STEM Learning and Teaching* (pp. 1–5). London, United Kingdom.
- Caminero, A. C., Hernandez, R., Ros, S., Tobarra, L., Robles-Gomez, A., & Pastor, R. (2013). Comparison of LMSs: Which is the Most Suitable LMS for my Needs?

*International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET)*, 8(S2), 29.  
<http://doi.org/10.3991/ijet.v8iS2.2758>

Chan, T.-W., Roschelle, J., Hsi, S., Kinshuk, K., Sharples, M., Brown, T., ... Hoppe, U. (2006). One-to-one technology-enhanced learning: an opportunity for global research collaboration. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 1(1), 3–29. Retrieved from <https://telearn.archives-ouvertes.fr/hal-00190632>

Chang, B., Wang, H.-Y., & Lin, Y.-S. (2009). Enhancement of mobile learning using wireless sensor network. *IEEE Learning Technology Newsletter*, 11(1&2), 22–25.

Chen, H., Chiang, R. H. L., & Storey, V. C. (2012). BUSINESS INTELLIGENCE AND ANALYTICS: FROM BIG DATA TO BIG IMPACT. *MIS QUARTERLY*, 36(4), 1165–1188.

Chen, S. (2002). A cognitive model for non-linear learning in hypermedia programmes. *British Journal of Educational Technology*, 33(4), 449–460.  
<http://doi.org/10.1111/1467-8535.00281>

Ciobanu, R.-I., Cristea, V., Dobre, C., & Pop, F. (2014). Big Data Platforms for the Internet of Things. In N. Bessis & C. Dobre (Eds.), *Big Data and Internet of Things: A Roadmap for Smart Environments* (pp. 3–34). Cham: Springer International Publishing. [http://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4\\_1](http://doi.org/10.1007/978-3-319-05029-4_1)

Coccoli, M., Guercio, A., Maresca, P., & Stanganelli, L. (2014). Smarter universities: A vision for the fast changing digital era. *Journal of Visual Languages and Computing*. <http://doi.org/10.1016/j.jvlc.2014.09.007>

Colasanti, N., Meneguzzo, R., & Frondizi, M. (2016). Can crowdfunding be successful in universities? Evidences from a pioneer Italian experience. In *XXVIII Sinergie Annual Conference Management in a Digital World. Decisions, Production, Communication* (pp. 145–156). Udine, Italy.  
<http://doi.org/10.7433/SRECP.FP.2016.10>

Curbera, F., Duftler, M., Khalaf, R., Nagy, W., Mukhi, N., & Weerawarana, S. (2002). Unraveling the Web services web: an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI. *Internet Computing, IEEE*, 6(2), 86–93. <http://doi.org/10.1109/4236.991449>

daCosta, F. (2013). It's Different Out Here. In *Rethinking the Internet of Things SE - 1*



(pp. 1–21). Apress. [http://doi.org/10.1007/978-1-4302-5741-7\\_1](http://doi.org/10.1007/978-1-4302-5741-7_1)

- De Assunção, M. D., Di Costanzo, A., & Buyya, R. (2009). Evaluating the cost-benefit of using cloud computing to extend the capacity of clusters. In *Proceedings of the 18th ACM international symposium on High performance distributed computing* (pp. 141–150).
- De Clercq, J. (2002). Single Sign-On Architectures. In G. Davida, Y. Frankel, & O. Rees (Eds.), *Infrastructure Security SE - 4* (Vol. 2437, pp. 40–58). Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/3-540-45831-X\\_4](http://doi.org/10.1007/3-540-45831-X_4)
- Despotović-Zrakić, M., Bogdanović, Z., Barać, D., Labus, A., & Milić, A. (2010). Model infrastrukture sistema e-obrazovanja zasnovan na cloud computing-u. *InfoM*, 2010(35), 23–28.
- Despotović-Zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Krčo, S. (2012). Providing Adaptivity in Moodle LMS Courses. *Educational Technology and Society*, 15(1), 326–338.
- Despotović-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013). Scaffolding environment for e-learning through cloud computing. *Educational Technology and Society*, 16(3).
- Despotović-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013). Scaffolding Environment for e -Learning through Cloud Computing. *Educational Technology & Society*, 16(3), 301–314.
- Despotović, M., Savić, A., & Bogdanović, Z. (2006). Integracija komponenti sistema u okviru portala za posle diplomsko obrazovanje na daljinu. In *Symorg 2006*. Zlatibor.
- Dey, A., Abowd, G., & Salber, D. (2000). A Context-Based Infrastructure for Smart Environments. In P. Nixon, G. Lacey, & S. Dobson (Eds.), *Managing Interactions in Smart Environments SE - 11* (pp. 114–128). Springer London. [http://doi.org/10.1007/978-1-4471-0743-9\\_11](http://doi.org/10.1007/978-1-4471-0743-9_11)
- di Costanzo, A., de Assunção, M. D., & Buyya, R. (2009). Harnessing cloud technologies for a virtualized distributed computing infrastructure. *IEEE Internet Computing*, 13(5), 24–33.

- Doan, A., Ramakrishnan, R., & Halevy, A. Y. (2011). Crowdsourcing systems on the world-wide web. *Communications of the ACM*, 54(4), 86–96.
- Dr. Steve Rogers, Ryer, L. C. D., & Eggers, M. J. (2014). Sensing as a Service. *Saf/Pa*.
- Dyson, E. (2002). Digital Identity Management. *Release 1.0*, 20(6), 1–37.
- Džekulić, M. (2016). Senzori i aktuatori (folije sa predavanja). Retrieved from [https://media.visokatehnicka.edu.rs/2014/05/06\\_SenzoriAktuatori\\_Aktuatori.ppt](https://media.visokatehnicka.edu.rs/2014/05/06_SenzoriAktuatori_Aktuatori.ppt).
- Emeakaroha, V. C., Netto, M. A. S., Calheiros, R. N., Brandic, I., Buyya, R., & De Rose, C. A. F. (2012). Towards autonomic detection of SLA violations in Cloud infrastructures. *FUTURE GENERATION COMPUTER SYSTEMS-THE INTERNATIONAL JOURNAL OF GRID COMPUTING AND ESCIENCE*, 28(7), 1017–1029. <http://doi.org/10.1016/j.future.2011.08.018>
- Estrin, D., Govindan, R., Heidemann, J., & Kumar, S. (1999). Next century challenges: Scalable coordination in sensor networks. In *Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking* (pp. 263–270).
- Ferro, E., Caroleo, B., Leo, M., Osella, M., & Pautasso, E. (2013). The Role of ICT in Smart Cities Governance. In *Conference for Democracy & Open Government* (pp. 1–12).
- Fielding, R. T. (2000). *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures (doctoral dissertation)*. University of California, Irvine.
- Finkenzeller, K. (2003). *Data Integrity*. Wiley Online Library.
- Firmin, M. W., & Genesi, D. J. (2013). History and Implementation of Classroom Technology. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 93, 1603–1617. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.089>
- Frankel, F., & Reid, R. (2008). Big data: Distilling meaning from data. *NATURE*, 455(7209), 30. <http://doi.org/10.1038/455030a>
- Gao, J., Lei, L., & Yu, S. (2015). Big data sensing and service: A tutorial. In *Proceedings - 2015 IEEE 1st International Conference on Big Data Computing Service and Applications, BigDataService 2015*.

<http://doi.org/10.1109/BigDataService.2015.45>

- Gartner. (2013). *Gartner истраживање за 2013. годину*. Barcelona, Spain. Retrieved from <http://www.gartner.com/newsroom/id/2623415>
- GhaffarianHoseini, A., Dahlan, N. D., Berardi, U., GhaffarianHoseini, A., & Makaremi, N. (2013). The essence of future smart houses: From embedding ICT to adapting to sustainability principles. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24(Complete), 593–607.
- Giannoni, D. L., & Tesone, D. V. (2003). What academic administrators should know to attract senior level faculty members to online learning environments. *Online Journal of Distance Education Administration*.
- Gil-Garcia, J. R., Helbig, N., & Ojo, A. (2014). Being smart: Emerging technologies and innovation in the public sector. *ICEGOV 2012 Supplement TOWARDS SMARTER GOVERNMENTS: NEW TECHNOLOGIES AND INNOVATION IN THE PUBLIC SECTOR*. <http://doi.org/10.1016/j.giq.2014.09.001>
- Glass, S., Hiller, T., & Jacobs, S. (2000). Mobile IP Authentication, Authorization, and Accounting Requirements. *IETF RFC (Informational)*, 2977, 1–27.
- Gligoric, N., Uzelac, A., & Krco, S. (2012). Smart Classroom: Real-time feedback on lecture quality. In *Pervasive Computing and Communications Workshops (PERCOM Workshops)*, 2012 IEEE International Conference on (pp. 391–394). IEEE.
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645–1660. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Guo, B., Chen, C., Zhang, D., Yu, Z., & Chin, A. (2016). Mobile crowd sensing and computing: when participatory sensing meets participatory social media. *IEEE Communications Magazine*, 54(2), 131–137. <http://doi.org/10.1109/MCOM.2016.7402272>
- Hardt, D. (2012). The OAuth 2.0 Authorization Framework. Internet Engineering Task Force (IETF).

- Harris, M. D. S., & Wankmueller, J. (2004). System and method for global internet digital identification. Google Patents. Retrieved from <http://www.google.com/patents/US6681328>
- Henricksen, K., & Indulska, J. (2006). Developing context-aware pervasive computing applications: Models and approach. *Pervasive and Mobile Computing*, 2(1), 37–64. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.pmcj.2005.07.003>
- Henricksen, K., Indulska, J., & Rakotonirainy, A. (2002). Modeling Context Information in Pervasive Computing Systems. In *Pervasive Computing* (pp. 167–180). Springer.
- Hollands, R. G. (2008). Will the real smart city please stand up? *City*, 12(3), 303–320. <http://doi.org/10.1080/13604810802479126>
- Howe, D., Costanzo, M., Fey, P., Gojobori, T., Hannick, L., Hide, W., ... Yon Rhee, S. (2008). Big data: The future of biocuration. *Nature*, 455(7209), 47–50. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/455047a>
- Howe, J. (2006). The rise of crowdsourcing. *Wired Magazine*, 14(6), 1–4.
- Hsu, L. (2012). Web 3D simulation-based application in tourism education: A case study with Second Life. *Journal of Hospitality, Leisure, Sport & Tourism Education*, 11(2), 113–124. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jhlste.2012.02.013>
- Huang, R., Hu, Y., Yang, J., & Xiao, G. (2012). The Functions of Smart Classroom in Smart Learning Age. *Open Education Research*, 2012(2), 22–27.
- Hwang, G.-J., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, Strategies and Research Issues of Context-Aware Ubiquitous Learning. *Educational Technology & Society*, 11(2), 81–91.
- Hwang, G.-J., Yang, T.-C., Tsai, C.-C., & Yang, S. J. H. (2009). A context-aware ubiquitous learning environment for conducting complex science experiments. *Computers & Education*, 53(2), 402–413.
- Idris, M. Y. I., Leng, Y. Y., Tamil, E. M., Noor, N. M., & Razak, Z. (2009). Car park system: a review of smart parking system and its technology. *Information Technology Journal*, 8(2), 101–113.

- INFSO D.4 Networked Enterprise & RFID INFSO G.2 Micro & Nanosystems. (2008). *Internet of Things in 2020 (Workshop Report)*. Retrieved from [http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things\\_in\\_2020\\_EC-EPoSS\\_Workshop\\_Report\\_2008\\_v3.pdf](http://www.smart-systems-integration.org/public/documents/publications/Internet-of-Things_in_2020_EC-EPoSS_Workshop_Report_2008_v3.pdf)
- Ip, H. H.-S., Byrne, J., Cheng, S.-H., & Kwok, R. C.-W. (2011). The SAMAL model for affective learning: A multidimensional model incorporating the body, mind and emotion in learning. In *Proceedings: DMS 2011 - 17th International Conference on Distributed Multimedia Systems*.
- Islamov, B., & Islamov, D. (2013). Distance Learning and Economic Education. In *7th International Conference «Central Asia – 2013: Internet, Information and Library Resources in Science, Education, Culture and Business»*. Tashkent, Uzbekistan.
- Iyengar, S. S., Parameshwaran, N., Phoha, V. V., Balakrishnan, N., & Okoye, C. D. (2010). *Fundamentals of Sensor Network Programming: Applications and Technology*. Wiley-IEEE Press.
- Jacobs, A. (2009). The pathologies of big data. *Communications of the ACM*, 52(8), 36. <http://doi.org/10.1145/1536616.1536632>
- Jin, H., Ibrahim, S., Bell, T., Gao, W., Huang, D., & Wu, S. (2010). Cloud Types and Services. In *Handbook of Cloud Computing* (pp. 335–355). [http://doi.org/10.1007/978-1-4419-6524-0\\_14](http://doi.org/10.1007/978-1-4419-6524-0_14)
- Jonassen, D. H., Wilson, B. G., Wang, S., & Grabinger, R. S. (1993). Constructivist Uses of Expert-systems to Support Learning. *JOURNAL OF COMPUTER-BASED INSTRUCTION*, 20(3), 86–94.
- Katayama, T., Nakao, M., & Takagi, T. (2010). TogoWS: integrated SOAP and REST APIs for interoperable bioinformatics Web services. *Nucleic Acids Research*, 38(suppl 2), W706--W711.
- Keegan, D. (2005). The Incorporation of Mobile Learning into Mainstream Education and Training. In *mLearn2005-4th World Conference on mLearning, 25-28 October 2005*. Cape Town, South Africa. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Kern, N., Schiele, B., & Schmidt, A. (2003). Multi-sensor Activity Context Detection for Wearable Computing. In E. Aarts, R. Collier, E. van Loenen, & B. de Ruyter

- (Eds.), *Ambient Intelligence SE - 17* (Vol. 2875, pp. 220–232). Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/978-3-540-39863-9\\_17](http://doi.org/10.1007/978-3-540-39863-9_17)
- Khabou, N., Rodriguez, I. B., Gharbi, G., & Jmaiel, M. (2014). A Threshold based Context Change Detection in Pervasive Environments: Application to a Smart Campus. *Procedia Computer Science*, 32(0), 461–468. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2014.05.448>
- Kidd, T. (2010). A Brief History of eLearning. In *Online Education and Adults Learning: New Frontiers for Teaching Practices*. <http://doi.org/10.4018/978-1-60566-830-7>
- Kim, M., Asthana, M., Bhargava, S., Iyyer, K. K., Tangadpalliwar, R., & Gao, J. (2016). Developing an on-demand cloud-based sensing-as-a-service system for internet of things. *Journal of Computer Networks and Communications*, 2016. <http://doi.org/10.1155/2016/3292783>
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. *Smart Learning Environments*. <http://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- Kopetz, H. (2011). Internet of Things. In *Real-Time Systems SE - 13* (pp. 307–323). Springer US. [http://doi.org/10.1007/978-1-4419-8237-7\\_13](http://doi.org/10.1007/978-1-4419-8237-7_13)
- Kortuem, G., Kawsar, F., Fitton, D., & Sundramoorthy, V. (2010). Smart objects as building blocks for the Internet of things. *Internet Computing, IEEE*. <http://doi.org/10.1109/MIC.2009.143>
- Kwok, L. (2015). A vision for the development of i-campus. *Smart Learning Environments*. <http://doi.org/10.1186/s40561-015-0009-8>
- Kwon, O. (2006). The potential roles of context-aware computing technology in optimization-based intelligent decision-making. *Expert Systems with Applications*, 31(3), 629–642.
- Labus, A. (2012). *Učenje kroz igru u elektronskom obrazovanju (doktorska disertacija)*. Fakultet organizacionih nauka, Beograd.
- Labus, A., Milutinović, M., Stepanić, Đ., Stevanović, M., & Milinović, S. (2015). Wearable Computing in e-Education. *Journal of Universal Excellence*, 4(1), A39–A51.

- Labus, A., Simić, K., Vulić, M., Despotović-Zrakić, M., & Bogdanović, Z. (2012). An Application of Social Media in eLearning 2.0. In *Proceedings of the 25th Bled eConference eDependability: Reliable and Trustworthy eStructures, eProcesses, eOperations and eServices for the Future* (pp. 557–572). Bled, Slovenia.
- Lathi, B. P. (1998). *Modern Digital and Analog Communication Systems*. New York, NY, USA: Oxford Univ Press.
- Lei, C.-U., Wan, K., & Man, K. L. (2013). Developing a Smart Learning Environment in Universities Via Cyber-Physical Systems. *Procedia Computer Science*. <http://doi.org/10.1016/j.procs.2013.05.075>
- Lenior, D., Janssen, W., Neerincx, M., & Schreibers, K. (2006). Human-factors engineering for smart transport: Decision support for car drivers and train traffic controllers. *Applied Ergonomics*, 37(4), 479–490. <http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.apergo.2006.04.021>
- Lewis, K. D., & Lewis, J. E. (2009). Web single sign-on authentication using SAML. *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 1(8), 41–48.
- Li, B., Kong, S. C., & Chen, G. (2015). Development and validation of the smart classroom inventory. *Smart Learning Environments*. <http://doi.org/10.1186/s40561-015-0012-0>
- Liu, C.-C., & Milrad, M. (2010). One-to-One Learning in the Mobile and Ubiquitous Computing Age. *Journal of Educational Technology & Society*, 13(4), 1–3. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.13.4.1>
- Losilla, F., Sánchez, P., Alvarez, B., & Iborra, A. (2012). An educational tool for wireless sensor networks. *Computer Applications in Engineering Education*, 20(4), 692–701. <http://doi.org/10.1002/cae.20439>
- Lynch, C. (2008). Big data: How do your data grow? *Nature*, 455(7209), 28–29. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1038/455028a>
- Malan, D., Fulford-Jones, T., Welsh, M., & Moulton, S. (2004). Codeblue: An ad hoc sensor network infrastructure for emergency medical care. In *International workshop on wearable and implantable body sensor networks* (Vol. 5).
- Maler, E., & Reed, D. (2008). The Venn of identity. *IEEE Security and Privacy*, 6(2), 158

16–23.

- Mann, S. (1997a). An Historical Account of the “WearComp” and “WearCam” Inventions Developed for Applications in “Personal Imaging.” In *Proceedings of the 1st IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC '97)*. <http://doi.org/10.1109/ISWC.1997.629921>
- Mann, S. (1997b). Wearable computing: a first step toward personal imaging. *Computer*. <http://doi.org/10.1109/2.566147>
- Mazzetti, P., Nativi, S., & Caron, J. (2009). RESTful implementation of geospatial services for Earth and Space Science applications. *International Journal of Digital Earth*, 2(S1), 40–61.
- McGreal, R. (2004). Learning objects: A practical definition. *The International Journal of Instruction Technology & Distance Learning*, 1(9), 21–32.
- Meijer, G. C. M. (1986). Thermal sensors based on transistors. *Sensors and Actuators*, 10(1–2), 103–125. [http://doi.org/10.1016/0250-6874\(86\)80037-3](http://doi.org/10.1016/0250-6874(86)80037-3)
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST definition of cloud computing*. Retrieved from <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800>
- Milutinović, M., Stojiljković, V., & Lazarević, S. (2014). Ontology-based multimodal language learning. In *Handbook of Research on High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education*. <http://doi.org/10.4018/978-1-4666-5784-7.ch008>
- Moore, M. G., & Kearsley, G. (1996). *Distance education: a systems view*. Wadsworth Pub. Co. Retrieved from <http://books.google.rs/books?id=z3cmAQAIAAJ>
- Morris, A. S., & Langari, R. (2016). *Measurement and Instrumentation. Measurement and Instrumentation*. Elsevier. <http://doi.org/10.1016/B978-0-12-800884-3.00003-4>
- Mulligan, G., & Gracanin, D. (2009). A comparison of SOAP and REST implementations of a service based interaction independence middleware framework. In *Simulation Conference (WSC), Proceedings of the 2009 Winter* (pp. 1423–1432). <http://doi.org/10.1109/WSC.2009.5429290>



- Nichols, M. (2003). A theory for eLearning. *EDUCATIONAL TECHNOLOGY & SOCIETY*, 6(2), 1–8.
- Ogata, H., & Yano, Y. (2004). Context-aware support for computer-supported ubiquitous learning. In *Wireless and Mobile Technologies in Education, 2004. Proceedings. the 2nd IEEE International Workshop on* (pp. 27–34). IEEE.
- Oomen, J., & Aroyo, L. (2011). Crowdsourcing in the cultural heritage domain: opportunities and challenges. In *Proceedings of the 5th International Conference on Communities and Technologies* (pp. 138–149).
- Pack, S., Baek, S., Kwon, T., & Choi, Y. (2008). *Handbook of Research on Wireless Security*. (Y. Zhang, J. Zheng, & M. Ma, Eds.). IGI Global. <http://doi.org/10.4018/978-1-59904-899-4>
- Papazoglou, M. P. (2003). Service-oriented computing: concepts, characteristics and directions. In *Web Information Systems Engineering, 2003. WISE 2003. Proceedings of the Fourth International Conference on* (pp. 3–12). <http://doi.org/10.1109/WISE.2003.1254461>
- Park, Y. (2011). A pedagogical framework for mobile learning: Categorizing educational applications of mobile technologies into four types. *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 12(2), 78–102. Retrieved from <http://www.irrodl.org/index.php/irrodl/article/view/791>
- Passerini, K., & Granger, M. J. (2000). A developmental model for distance learning using the Internet. *Computers & Education*, 34(1), 1–15. [http://doi.org/10.1016/S0360-1315\(99\)00024-X](http://doi.org/10.1016/S0360-1315(99)00024-X)
- Pastore, R. (2002). Elearning in Education: An Overview. In D. A. Willis, J. Price, & N. Davis (Eds.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference 2002* (pp. 275–276). Nashville, Tennessee, USA: AACE. Retrieved from <http://www.editlib.org/p/10519>
- Pautasso, C., Zimmermann, O., & Leymann, F. (2008). RESTful web services vs. “Big” web services: making the right architectural decision. In *17th International World Wide Web Conference (WWW2008)* (pp. 805–814). Beijing: Beihang University. Retrieved from <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1367606>

- Pentland, A. (2000). Looking at people: sensing for ubiquitous and wearable computing. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*. <http://doi.org/10.1109/34.824823>
- Perera, C., Zaslavsky, A., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensing as a service model for smart cities supported by Internet of Things. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 25(1), 81–93. <http://doi.org/10.1002/ett.2704>
- Perera, C., Zaslavsky, A., Liu, C. H., Compton, M., Christen, P., & Georgakopoulos, D. (2014). Sensor Search Techniques for Sensing as a Service Architecture for the Internet of Things. *IEEE SENSORS JOURNAL*, 14(2), 406–420. <http://doi.org/10.1109/JSEN.2013.2282292>
- Perillo, M. A., & Heinzelman, W. B. (2005). Wireless sensor network protocols. In *Fundamental Algorithms and Protocols for Wireless and Mobile Networks*. CRC Hall.
- Petroulakis, N. E., Tragos, E. Z., Fragkiadakis, A. G., & Spanoudakis, G. (2012). A lightweight framework for secure life-logging in smart environments. *Information Security Technical Report*, 17(3), 58–70.
- Picard, R. W. (2000). *Affective computing*. MIT press.
- Piccoli, G., Ahmad, R., & Ives, B. (2001). Web-based virtual learning environments: A research framework and a preliminary assessment of effectiveness in basic IT skills training. *MIS Quarterly*, 401–426.
- Pinterič, U. (2005). E-Governance in Slovenia: Part I. *Public Manager*.
- Pinterič, U. (2010). Development of E-Government Services for Citizens in Slovenia Theory and Practice. *Eastern European Economics*, 48(February), 88–98. <http://doi.org/Doi 10.2753/Eee0012-8775480305>
- Piras, A., Carboni, D., & Pintus, A. (2012). A platform to collect, manage and share heterogeneous sensor data. In *2012 Ninth International Conference on Networked Sensing (INSS)* (pp. 1–2). <http://doi.org/10.1109/INSS.2012.6240570>
- Piro, G., Cianci, I., Grieco, L. A., Boggia, G., & Camarda, P. (2014). Information centric services in Smart Cities. *Journal of Systems and Software*, 88(0), 169–188.

<http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.jss.2013.10.029>

- Qian, L., Luo, Z., Du, Y., & Guo, L. (2009). Cloud Computing: An Overview. In Jaatun, MG and Zhao, G and Rong, C (Ed.), *CLOUD COMPUTING, PROCEEDINGS* (Vol. 5931, pp. 626–631). HEIDELBERGER PLATZ 3, D-14197 BERLIN, GERMANY: SPRINGER-VERLAG BERLIN.
- Radenković, B., Despotović, M., & Bogdanović, Z. (2006). Obrazovni i tehnički aspekti projekta sistema za E-Obrazovanje. In *E-trgovina 2006*. Palić.
- Raihan, M. K. J., Rahaman, M. S., Sarkar, M. K., & Mahfuz, S. (2013). Raspberry Pi Image Processing based Economical Automated Toll System. *Global Journal of Researches In Engineering*, 13(13). Retrieved from <http://www.engineeringresearch.org/index.php/GJRE/article/view/893>
- Rao, N. M., & Sasidhar, C. (2012). Cloud Computing Through Mobile-Learning. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 1(6). Retrieved from <http://adsabs.harvard.edu/abs/2012arXiv1204.1594M>
- Rashidi, P., & Cook, D. J. (2011). Activity knowledge transfer in smart environments. *Pervasive and Mobile Computing*. <http://doi.org/10.1016/j.pmcj.2011.02.007>
- Raskino, M., Fenn, J., & Linden, A. (2015). *Extracting Value from the Massively Connected World of 2015*.
- Recordon, D., & Reed, D. (2006). OpenID 2.0: a platform for user-centric identity management. In *Discovery* (pp. 11–16). ACM. <http://doi.org/10.1145/1179529.1179532>
- Reed, D., Larus, J., & Gannon, D. (2012). Imagining the future: Thoughts on computing. *Computer*. <http://doi.org/10.1109/MC.2011.327>
- Richardson, L., & Ruby, S. (2008). *RESTful web services*. “O’Reilly Media, Inc.”
- Salimi, L., & Ghonoodi, A. (2012). WCLTA 2011 The study of functional elements of management system in smart schools. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.12.031>
- Samad, T., & Kiliccote, S. (2012). Smart grid technologies and applications for the industrial sector. *Computers & Chemical Engineering*.

- Santana-Mancilla, P. C., Echeverría, M. A. M., Santos, J. C. R., Castellanos, J. A. N., & Díaz, A. P. S. (2013). Towards Smart Education: Ambient Intelligence in the Mexican Classrooms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 106, 3141–3148. <http://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.363>
- Satzger, B., Psailer, H., Schall, D., & Dustdar, S. (2013). Auction-based crowdsourcing supporting skill management. *Information Systems*, 38(4), 547–560.
- Schaffhauser, D. (2013). Crowdsourcing Innovation on Campus. Retrieved January 1, 2017, from <https://campustechnology.com/articles/2013/02/07/crowdsourcing-innovation-on-campus.aspx>
- Schertler-Rock, M., & Bodendorf, F. (2006). Fostering communication processes in e-education scenarios. In *Proceedings of the Advanced International Conference on Telecommunications and International Conference on Internet and Web Applications and Services, AICT/ICIW'06*. <http://doi.org/10.1109/AICT-ICIW.2006.101>
- Schlautmann, A., Levy, D., Keeping, S., & Pankert, G. (2011). Wanted: Smart market-makers for the “Internet of Things.” *Prism*, 2, 35–47. Retrieved from [http://www.adlittle.com/downloads/tx\\_adlprism/ADL\\_Smart\\_market-makers.pdf](http://www.adlittle.com/downloads/tx_adlprism/ADL_Smart_market-makers.pdf)
- Scorer, A. (2007). Identity Directories and Databases. In D. Birch (Ed.), *Digital Identity Management: Technological, Business and Social Implications* (pp. 41–52). Hampshire: Gower Publishing Limited.
- Sen.Se. (2017). Retrieved January 1, 2017, from <https://sen.se/about/offer/>
- Șerban, M., Ștefan, R.-M., & Ionescu, E.-I. (2014). Information Protection – Security, Clustering and E-governance. *Procedia Economics and Finance*. [http://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00803-X](http://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00803-X)
- Severance, C. (2012). Teaching the World: Daphne Koller and Coursera. *COMPUTER*, 45(8), 8–9.
- Sevindik, T. (2010). Future’s learning environments in health education: The effects of smart classrooms on the academic achievements of the students at health college. *Telematics and Informatics*. <http://doi.org/10.1016/j.tele.2009.08.001>
- Sheng, Q. Z., Qiao, X., Vasilakos, A. V., Szabo, C., Bourne, S., & Xu, X. (2014). Web

- services composition: A decade's overview. *Information Sciences*, 280, 218–238. <http://doi.org/10.1016/j.ins.2014.04.054>
- Shim, S. S. Y., Bhalla, G., & Pendyala, V. (2005). Federated identity management. *Computer*, 38(12), 120–122. <http://doi.org/10.1109/MC.2005.408>
- Simić, K., Bogdanović, Z., & Labus, A. (2012). Mobile Application for Educational Cloud Management. In *Symorg 2012 Conference Proceedings* (pp. 608–615). Zlatibor: FON, Belgrade. Retrieved from <http://www.symorg.fon.bg.ac.rs>
- Simić, K., Despotović-Zrakić, M., Bojović, Ž., Jovanić, B., & Knežević, Đ. (2016). A platform for a smart learning environment. *Facta Universitatis - Series: Electronics and Energetics*, 29(3), 407–417. <http://doi.org/https://doi.org/10.2298/FUEE1603407S>
- Simić, K., Stevanović, M., & Đurić, I. (2014). A Model for Smart e-Learning Environment. In *Symorg 2014 Conference Proceedings* (pp. 377–382). Zlatibor.
- Solemon, B., Ariffin, I., Din, M. M., & Anwar, R. M. (2013). A review of the uses of crowdsourcing in higher education. *International Journal of Asian Social Science*, 3(9), 2066–2073.
- Song, C., Liu, M., & Dai, X. (2015). Remote Cloud or Local Crowd: Communicating and Sharing the Crowdsensing Data. In *2015 IEEE Fifth International Conference on Big Data and Cloud Computing* (pp. 293–297). <http://doi.org/10.1109/BDCcloud.2015.68>
- Spector, J. M. (2014). Emerging educational technologies: Tensions and synergy. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 26(1), 5–10.
- Srinivasa, R. V., Nageswara, R. N. K., & Kumar, E. K. (2009). Cloud Computing: An overview. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 9(1).
- Starner, T. (1996). Human-powered wearable computing. *IBM SYSTEMS JOURNAL*, 35(3–4), 618–629.
- Suciu, G., Vulpe, A., Halunga, S., Fratu, O., Todoran, G., & Suciu, V. (2013). Smart Cities Built on Resilient Cloud Computing and Secure Internet of Things. In *Control Systems and Computer Science (CSCS), 2013 19th International Conference on* (pp. 513–518). <http://doi.org/10.1109/CSCS.2013.58>

- Sultan, N. (2010). Cloud computing for education: A new dawn? *International Journal of Information Management*, 30(2), 109–116. <http://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2009.09.004>
- Sun, P.-C., Tsai, R. J., Finger, G., Chen, Y.-Y., & Yeh, D. (2008). What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. *COMPUTERS & EDUCATION*, 50(4), 1183–1202. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2006.11.007>
- Sun, S.-T., & Beznosov, K. (2012). The Devil is in the (Implementation) Details: An Empirical Analysis of OAuth SSO Systems. In *Proceedings of the 2012 ACM Conference on Computer and Communications Security* (pp. 378–390). New York, NY, USA: ACM. <http://doi.org/10.1145/2382196.2382238>
- Suppes, P. (1966). The Uses of Computers in Education. *Scientific American*, 215(3), 206–220.
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295–312. [http://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](http://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Tian, W., Su, S., & Lu, G. (2010). A Framework for Implementing and Managing Platform as a Service in a Virtual Cloud Computing Lab. In *2010 Second International Workshop on Education Technology and Computer Science* (pp. 273–276). IEEE. <http://doi.org/10.1109/ETCS.2010.126>
- Toh, P. K. (2013). *The New Age of Consumer Wearables: Internet of Smart Things (Wearable Computers)*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Torrìsi, G. (2009). Public Infrastructure: Definition, Classification and Measurement Issues. *Economics, Management, and Financial Markets*, 2009(3), 100–124.
- Trelles, O., Prins, P., Snir, M., & Jansen, R. C. (2011). Big data, but are we ready? *NATURE REVIEWS GENETICS*, 12(3). <http://doi.org/10.1038/nrg2857-c1>
- Udd, E., & Spillman, W. B. J. (2011). *Fiber Optic Sensors*. Wiley. <http://doi.org/10.1002/9781118014103.fmatter>
- Urtel, M. G. (2008). Assessing Academic Performance between Traditional and Distance Education Course Formats. *Educational Technology & Society*, 11(1), 165

322–330.

- Vail, K. (2003). School technology grows up. *American School Board Journal*, (190), 34–37.
- Valilai, O. F., & Houshmand, M. (2013). A collaborative and integrated platform to support distributed manufacturing system using a service-oriented approach based on cloud computing paradigm. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 29(1), 110–127. <http://doi.org/10.1016/j.rcim.2012.07.009>
- Valverde, F., & Pastor, O. (2009). Dealing with REST Services in Model-driven Web Engineering Methods. *V Jornadas Científico-Técnicas En Servicios Web Y SOA, JSWEB*, 243–250.
- Vouk, M. A., Sills, E., & Dreher, P. (2010). Integration Of High-Performance Computing into Cloud Computing Services. In B. Furht & A. Escalante (Eds.), *Handbook of Cloud Computing* (pp. 255–276). Springer US. <http://doi.org/10.1007/978-1-4419-6524-0>
- Vujin, V. (2012). *Model IT infrastrukture za e-obrazovanje (doktorska disertacija)*. Univerzitet u Beogradu.
- Vujin, V., Radenković, B., Milić, A., & Zrakić-Despotović, M. (2011). Model IT infrastructure visokoškolske ustanove zasnovan na cloud computing-u. In *Zbornik radova XXXVIII simpozijum o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2011*. Zlatibor.
- Vujin, V., Simić, K., & Kovačević, B. (2014). Digital Identity Management in Cloud. In M. Despotović-Zrakić, V. Milutinović, & A. Belić (Eds.), *Handbook of Research on High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education* (pp. 56–80). IGI Global. <http://doi.org/10.4018/978-1-4666-5784-7>
- Vujin, V., Simić, K., & Milić, A. (2012). Management of Cloud Computing Infrastructure for E-learning. In *XIII International Symposium SymOrg 2012* (pp. 981–988). Zlatibor: FON, Belgrade. Retrieved from <http://www.symorg.fon.bg.ac.rs>
- Vujin, V., Simić, K., Zrakić-Despotović, M., & Radenković, B. (2012). Federacija digitalnih identiteta u e-obrazovanju. In G. Ćirović (Ed.), *Zbornik radova XXXIX*

- simpozijum o operacionim istraživanjima - SYM-OP-IS 2012* (pp. 67–70).
- Vulić, M. (2013). *Model upravljanja odnosima sa studentima u elektronskom obrazovanju (doktorska disertacija)*. Univerzitet u Beogradu.
- Wang, W., Xu, Y., & Khanna, M. (2011). A survey on the communication architectures in smart grid. *Computer Networks*, 55(15), 3604–3629.
- Wankel, C. (2011). *Management through Collaboration: Teaming in a Networked World*. Routledge.
- Wei, Z., Shangpin, N., & Lu, L. (2012). Wireless Sensor Networks for In-Home Healthcare: Issues, Trend and Prospect. In *2011 INTERNATIONAL CONFERENCE ON COMPUTER SCIENCE AND NETWORK TECHNOLOGY (ICCSNT), VOLS 1-4* (pp. 970–973). 345 E 47TH ST, NEW YORK, NY 10017 USA: IEEE.
- Weill, P., & Vitae, M. (2002). What IT Infrastructure Capabilities are Needed to Implement E-Business Models? *Mis Quarterly Executive*, 1(1), 17–34.
- Weiser, M. (1991). The computer for the 21st century. *Scientific American*, 265(3), 94–104.
- Wiley, D. (2000). *Learning Object Design and Sequencing Theory*. Brigham Young University. Retrieved from <http://www.citeulike.org/group/2668/article/675045>
- Wiley, D. (2011). *Project Management for Instructional Designers*. Retrieved from <https://opencontent.org/blog/archives/2119>
- Wilson, B. G. (1996). *Constructivist Learning Environments: Case Studies in Instructional Design*. Educational Technology Publications. Retrieved from <http://books.google.rs/books?id=mpsHa5f712wC>
- Wong, L. H., & Looi, C. K. (2010). Vocabulary learning by mobile-assisted authentic content creation and social meaning-making: Two case studies. *Journal of Computer Assisted Learning*. <http://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00357.x>
- Wouters, P., Paas, F., & van Merriënboer, J. J. G. (2008). How to Optimize Learning From Animated Models: A Review of Guidelines Based on Cognitive Load. *Review of Educational Research*, 78(3), 645–675.



<http://doi.org/10.3102/0034654308320320>

- Wu, D., Rosen, D. W., Wang, L., & Schaefer, D. (2014). Cloud-Based Manufacturing : Old Wine in New Bottles? *Procedia CIRP*, 17, 94–99. <http://doi.org/10.1016/j.procir.2014.01.035>
- Wu, X., Zhu, X., Wu, G.-Q., & Ding, W. (2014). Data Mining with Big Data. *IEEE TRANSACTIONS ON KNOWLEDGE AND DATA ENGINEERING*, 26(1), 97–107. <http://doi.org/10.1109/TKDE.2013.109>
- Xiao, W., & Xue, Y. (2008). Research on the Role of E-education of Universities in Learning Society. In *2008 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government* (pp. 169–173). <http://doi.org/10.1109/ICMECG.2008.55>
- Xie, W., Shi, Y., Xu, G., & Xie, D. (2001). Smart Classroom - an Intelligent Environment for Tele-education. In H.-Y. Shum, M. Liao, & S.-F. Chang (Eds.), *Advances in Multimedia Information Processing — PCM 2001 SE - 85* (Vol. 2195, pp. 662–668). Springer Berlin Heidelberg. [http://doi.org/10.1007/3-540-45453-5\\_85](http://doi.org/10.1007/3-540-45453-5_85)
- Xu, X. (2012). From cloud computing to cloud manufacturing. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 28(1), 75–86. <http://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.07.002>
- Xu, X., Zhu, L., Liu, Y., & Staples, M. (2008). Resource-oriented architecture for business processes. In *Software Engineering Conference, 2008. APSEC'08. 15th Asia-Pacific* (pp. 395–402).
- Yang, C., Shen, W., Lin, T., & Wang, X. (2016). IoT-enabled dynamic service selection across multiple manufacturing clouds. *Manufacturing Letters*, 7, 22–25. <http://doi.org/10.1016/j.mfglet.2015.12.001>
- Yang, K., & Jia, X. (2012). Data storage auditing service in cloud computing: challenges, methods and opportunities. *WORLD WIDE WEB-INTERNET AND WEB INFORMATION SYSTEMS*, 15(4), 409–428. <http://doi.org/10.1007/s11280-011-0138-0>
- Yick, J., Mukherjee, B., & Ghosal, D. (2008). Wireless sensor network survey. *Computer Networks*, 52(12), 2292–2330.

<http://doi.org/10.1016/j.comnet.2008.04.002>

- Yilmaz, E. N. (2011). Education set design for smart home applications. *Computer Applications in Engineering Education*, 19(4), 631–638. <http://doi.org/10.1002/cae.20360>
- Yong, J. (2007). Digital identity design and privacy preservation for e-learning. In *Proceedings of the 11th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design* (Vol. 2, pp. 858–863). Springer. Retrieved from <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Digital+identity+design+and+privacy+preservation+for+e-learning#0>
- Yuen, M.-C., King, I., & Leung, K.-S. (2011). A Survey of Crowdsourcing Systems. In *Privacy, security, risk and trust (passat), 2011 ieee third international conference on and 2011 ieee third international conference on social computing (socialcom)* (pp. 766–773). <http://doi.org/10.1109/PASSAT/SocialCom.2011.203>
- Zaslavsky, A. B., Perera, C., & Georgakopoulos, D. (2013). Sensing as a Service and Big Data. *CoRR*, *abs/1301.0*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1301.0159>
- Zhang, Y., & Chen, J.-L. (2010). Universal Identity Management Model Based on Anonymous Credentials. In *2010 IEEE International Conference on Services Computing* (pp. 305–312). Ieee. <http://doi.org/10.1109/SCC.2010.46>

## 11 СПИСАК СЛИКА

Слика 1: Концептуални модел електронског образовања (Bogdanović, 2011).....	11
Слика 2: Поређење е-учења, м-учења и у-учења (Park, 2011).....	20
Слика 3: Приступ дефинисања Интернета интелигентних уређаја (Atzori et al., 2010).....	38
Слика 4: Аналогно-дигитална конверзија.....	41
Слика 5: Arduino Uno .....	44
Слика 6: Raspberry PI микрорачунар .....	45
Слика 7: Додавање новог уређаја у Sense платформи .....	69
Слика 8: Почетна страна Sense платформе .....	70
Слика 9: Почетна страна Paraimpi платформе .....	71
Слика 10: Додавање новог уређаја у Paraimpi платформи .....	72
Слика 11: Графичка репрезентација података у Thingspeak платформи .....	73
Слика 12: Thingspeak апликације .....	74
Слика 13: Почетна страна Xively платформе.....	75
Слика 14: Додавање новог уређаја у Xively платформи.....	76
Слика 15: Приказ података у Xively платформи .....	77
Слика 16: Графичка репрезентација података у Xively платформи .....	77
Слика 17: Почетна страна AWS .....	78
Слика 18: Почетна страна AWS IoT сервиса .....	79
Слика 19: Azure IoT Suite.....	81

Слика 20: Логичка архитектура система е-образовања .....	83
Слика 21: Moodle LMS Катедре .....	84
Слика 22: Општа структура модела инфраструктуре е-образовања базиране на Интернету интелигентних уређаја .....	87
Слика 23: Вишеслојни модел архитектуре система инфраструктуре електронског образовања заснованог на Интернету интелигентних уређаја.....	88
Слика 24: Архитектура бежичне сензорске мреже у образовном окружењу .....	90
Слика 25: Архитектура за учење Интернета интелигентних уређаја (Bogdanović et al., 2014).....	91
Слика 26: Портал за интеграцију компонената образовне инфраструктуре .....	92
Слика 27: Логичка архитектура интеграције образовних сервиса са системом за управљање дигиталним идентитетима .....	94
Слика 28: Шематски приказ пројектовања паметног окружења .....	99
Слика 29: Модел платформе за учење Интернета интелигентних уређаја.....	101
Слика 30: Data центар Катедре за електронско пословање .....	102
Слика 31: Дводимензионални распоред просторија Катедре .....	104
Слика 32: Тродимензионални распоред просторија Катедре.....	105
Слика 33: Принцип функционисања паметне табле .....	110
Слика 34: Примена паметне табле у оквиру паметне учионице.....	110
Слика 35: 3D модел паметне учионице .....	111
Слика 36: Случајеви коришћења.....	114
Слика 37: Креирање пројекта .....	115

Слика 38: Брисање пројекта .....	115
Слика 39: Додавање корисника на пројекат .....	116
Слика 40: Уклањање корисника са пројекта.....	116
Слика 41: Преглед пројекта.....	117
Слика 42: Креирање уређаја .....	117
Слика 43: Брисање уређаја .....	118
Слика 44: Преглед уређаја .....	118
Слика 45: Креирање сензора .....	119
Слика 46: Брисање сензора.....	119
Слика 47: Преглед сензора .....	120
Слика 48: Приступ подацима са сензора.....	121
Слика 49: Уписивање података са сензора .....	121
Слика 50: Модел података.....	122
Слика 51 Физичка архитектура система .....	123
Слика 52: LDAP хијерархијска структура.....	124
Слика 53: Почетна страна студентског портала.....	126
Слика 54: Листа доступних јавних уређаја .....	127
Слика 55: Процедура креирања новог пројекта .....	127
Слика 56: Списак доступних уређаја.....	128
Слика 57: Графички приказ података.....	128

Слика 58: Резултати теоријског теста..... 130

## 12 СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1: Приказ развоја система е-учења (Kidd, 2010) .....	14
Табела 2: Разлике између бихејвиористичког и конструктивистичког приступа учењу (Beatty, 2010; Jonassen et al., 1993) .....	15
Табела 3: Примена CPS у SLE (Lei et al., 2013) .....	62
Табела 4: Фазе увођења модела.....	96
Табела 5: Шематски приказ структуре пилот курса .....	97
Табела 6: Резултати првог упитника.....	131
Табела 7: Резултати другог упитника .....	132
Табела 8: Резултати трећег упитника .....	133
Табела 9: Резултати четвртог упитника .....	134
Табела 10: Резултати петог упитника .....	135
Табела 11: Резултати шестог упитника .....	136

# 13 ПРИЛОЗИ

## Прилог 1: Анкета 1



### Internet inteligentnih uređaja – Anketa 1

<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input type="text"/>			
<b>Godište:</b>	<input type="text"/>	<b>Pol:</b>	<input type="checkbox"/> Muški	<input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input type="text"/>			

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Zanima me poslovni aspekt Interneta inteligentnih uređaja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Zanima me projektovanje pametnih okruženja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Zanima me definisanje scenarija za automatizaciju pametnih okruženja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Zanima me rad sa hardverskim komponentama.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Zanima me rad sa Raspberry Pi mikroračunarom.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Zanima me rad sa Arduino mikrokontrolerom.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Zanima me programiranje u Python-u.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Zanima me programiranje u C/C++-u.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Zanima me kreiranje veb servisa i aplikacija za kontrolu pametnih okruženja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Zanima me razvoj mobilnih aplikacija za kontrolu pametnih okruženja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!



## Прилог 2: Анкета 2



<b>Internet inteligentnih uređaja – Anketa 2</b>	
<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
<b>Godište:</b>	<input style="width: 40%;" type="text"/> <b>Pol:</b> <input type="checkbox"/> Muški <input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input style="width: 80%;" type="text"/>

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Digitalni senzori su jednostavni za rad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Voleo bih da se upoznam sa osnovama elektronike zbog boljeg razumevanja senzora i njihovog povezivanja.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Python je zanimljiv programski jezik.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Objektno-orijentisano programiranje u Python-u je jednostavno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Indentacija u Python-u mi se ne dopada.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Nisam navikao na sintaksu Python-a.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Programiranje u Python-u je jednostavnije od programiranja u PHP-u.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Python je idealan za upravljanje raznim sensorima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Python ima dobru zvaničnu dokumentaciju i online zajednicu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Isprobao bih Python za razvoj web aplikacija.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!

### Прилог 3: Анкета 3



<b>Internet inteligentnih uređaja – Anкета 3</b>	
<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
<b>Godište:</b>	<input style="width: 40%;" type="text"/> <b>Pol:</b> <input type="checkbox"/> Muški <input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input style="width: 90%; height: 20px;" type="text"/>

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Imam iskustva u radu na Linux operativnom sistemu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Koristio sam Debian ili neku drugu Linux distribuciju zasnovanu na Debian-u (npr. Ubuntu, Linux Mint sl.).	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Instalacija softvera u Linux-u je jednostavna.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Raspberry Pi je jednostavan za rad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Korišćenje GPIO interfejsa Raspberry Pi-a je jednostavno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Povezivanje senzora sa Raspberry Pi mikroračunatom je jednostavno.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Zadatak je bio zanimljiv.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Zadatak je bio koristan.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. SMS servis je jednostavan za korišćenje.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Smatram da ću znanja stečena pri izradi zadatka moći da se iskoriste u praksi.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!

## Прилог 4: Анкета 4



<b>Internet inteligentnih uređaja – Anкета 4</b>	
<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input style="width: 80%;" type="text"/>
<b>Godište:</b>	<input style="width: 40%;" type="text"/> <b>Pol:</b> <input type="checkbox"/> Muški <input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input style="width: 80%;" type="text"/>

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Analogni senzori su jednostavni za rad.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Arduino je zanimljiva razvojna platforma.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Smatram da je Arduino komplikovaniji za rad od Raspberry Pi-a.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Python je jednostavniji za programiranje od C programskog jezika za Arduino.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Sintaksa C-a je komplikovana.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Arduino ima širu primenu od Raspberry Pi računara.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Arduino je jednostavan za povezivanje sa senzorima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Arduino ima dobru zvaničnu dokumentaciju i online zajednicu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Voleo bih da isprobam mogućnosti integracije web i mobilnih aplikacija sa Arduino projektima.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Radionica u kojoj sam imao prilike da kreiram Arduino projekat mi se svidela.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!

## Прилог 5: Анкета 5



<b>Internet inteligentnih uređaja – Anketa 5</b>	
<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>
<b>Godište:</b>	<input style="width: 50%;" type="text"/>
<b>Pol:</b>	<input type="checkbox"/> Muški <input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input style="width: 95%;" type="text"/>

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Veb servisi su najvažnija komponenta veb aplikacije za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Kreiranje veb servisa je jednostavno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Povezivanje Raspberry Pi i Arduino platformi je jednostavno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Povezivanje Raspberry Pi i Arduino platformi je korisno za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Integracija pametnog okruženja i CMS-a je jednostavna	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Integracija pametnog okruženja i CMS-a je važna za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Veb aplikacije su najvažniji aspekt pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Kreiranje veb aplikacije za automatizaciju pametnog okruženja je zanimljivo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Upotreba IoT cloud platformi je jednostavno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Upotreba IoT cloud platformi je korisno za razvoj veb aplikacija za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!

## Прилог 6: Анкета 6



### Internet inteligentnih uređaja – Anketa 6

<b>Ime, prezime i broj indeksa:</b>	<input type="text"/>		
<b>Godište:</b>	<input type="text"/>	<b>Pol:</b>	<input type="checkbox"/> Muški <input type="checkbox"/> Ženski
<b>Komentar:</b>	<input type="text"/>		

Molimo Vas da popunite ovu anketu. Na svako pitanje je potrebno odgovoriti označavanjem samo jednog polja u okviru jednog reda znakom X.

	u potpunosti se slažem	slažem se	nisam siguran	ne slažem se	u potpunosti se ne slažem
1. Odlično poznajem programiranje u Java programskom jeziku	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Ranije sam razvijao Android aplikacije	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Razvoj Android aplikacija je složenije od razvoja standardnih Java aplikacija	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Korišćenje web servisa je najvažnije prilikom razvoja Android aplikacije za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Razvoj Android aplikacije je složenije od razvoja web aplikacije	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Integracija pametnog okruženja i Android aplikacije je jednostavno	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7. Android aplikacija je korisna za automatizaciju pametnog okruženja	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8. Eclipse razvojno okruženje je jednostavno za rad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9. Android SDK poseduje dobru i kvalitetnu dokumentaciju	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10. Android aplikacija za automatizaciju pametnog okruženja je korisnija od veb aplikacije iste namene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Hvala na saradnji!

## **14 ОСНОВНИ БИОГРАФСКИ ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ**

Константин Симић је рођен 1985. године у Београду. Основну школу и гимназију је завршио у Београду. Дипломирао је на Факултету организационих наука (смер – Информациони системи и технологије) 2010. године. Одбранио је завршни рад под називом: „Развој апликације за управљање ресурсима cloud computing инфраструктуре у е-образовању“, са оценом 10 (десет). Дипломске академске - мастер студије, студијски програм Електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука 2010. године. Завршни (Мастер) рад под називом: „Примена мобилних технологија у развоју апликације за cloud computing инфраструктуру у електронском образовању“ одбранио је у децембру 2011. године са оценом 10 (десет). Просечна оцена пре уписа докторских студија је 8.31. Докторске студије, студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука 2012. године. Положио је свих девет, програмом предвиђених, испита на докторским студијама са просечном оценом 10 и одбранио је приступни рад. Био је стипендиста Министарства просвете, науке и технолошког развоја Републике Србије у периоду од 2013. до 2015. године. Од 2008. до 2015. године био је сарадник Катедре за електронско пословање Факултета организационих наука у Београду. Био је ангажован за извођење вежби на основним и мастер студијама из предмета: Електронско пословање, Интернет технологије, Симулација и симулациони језици, Конкурентно програмирање, Мобилно пословање, Интернет маркетинг, Интернет интелигентних уређаја.

Говори енглески и француски језик.

# Изјава о ауторству

Име и презиме аутора Константин Симић

Број индекса 5008/2012

## Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Модел инфраструктуре е-образовања

---

базиран на Интернету интелигентних уређаја

---

- 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, 07.06.2017.



---

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Константин Симић

Број индекса 5008/2012

Студијски програм Информациони системи и менаџмент

Наслов рада Модел инфраструктуре е-образовања базиран на Интернету  
интелигентних уређаја

Ментор проф. др Маријана Деспотовић-Зракић

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, 07.06.2017.



---



## Изјава о коришћењу

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

Модел инфраструктуре е-образовања

---

базиран на Интернету интелигентних уређаја

---

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).

У Београду, 07.06.2017.

**Потпис аутора**



---

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.