

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

Лука Петровић

**Модел учења кроз игру заснован на Интернету
интелигентних уређаја**

докторска дисертација

Београд, 2023.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANISATIONAL SCIENCES

Luka Petrović

**Game-based learning model based on
the Internet of Things**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2023

Ментор:

Др Душан Бараћ

Редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Чланови комисије:

Др Божидар Раденковић

Редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Др Зорица Богдановић

Редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Др Саша Лазаревић

Редовни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Др Душан Савић

Ванредни професор, Универзитет у Београду, Факултет организационих наука

Др Наташа Бојковић

Редовни професор, Универзитет у Београду, Саобраћајни факултет

Датум одбране: _____ 2023. године

Модел учења кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја

Сажетак:

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела учења кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја (енг. Internet of Things, IoT). Централни проблем који је разматран у докторској дисертацији је испитивање могућности имплементације модела учења кроз игру у интерактивном образовном окружењу са циљем да се повећа интересовање студената и унапреде исходи учења. Развијени модел заснива се на интеграцији технологија свеprisутног рачунарства и интеграцији IoT-а, мобилних и технологија проширене стварности.

У докторској дисертацији представљен је модел учења кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја. Структуру модела чини модел едукативне игре, модел паметног окружења и модел система управљање едукативном игром. Предложени модел интегрише се са постојећим компонентама образовне инфраструктуре. У оквиру евалуације модела реализовано је тестирање и мерење релевантних параметара који утичу на ефикасност предложеног модела. Модел учења кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја је имплементиран у наставним процесима у оквиру Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука у Београду Универзитета у Београду.

Кључне речи: *учење кроз игру, интернет интелигентних уређаја, мобилни уређаји, проширена стварност, паметна окружења за игру*

Научна област: Информациони системи и технологије

Ужа научна област: Електронско пословање

Game-based learning model based on the Internet of Things

Abstract:

The subject of this dissertation is the development of a game-based learning model based on the Internet of Things (IoT). The main problem discussed in the dissertation is to investigate the possibility of implementing a game-based learning model in an interactive educational environment that will increase student interest and enhance learning outcomes. The developed model will be based on ubiquitous computing technologies and integration of IoT, mobile and augmented reality technologies.

The dissertation introduced a game-based learning model based on the Internet of things. The structure of the model consists of the educational game model, the smart environment model, and the game administration system. The proposed model integrates with existing components of the educational infrastructure. As part of the model evaluation, testing and measurement of relevant parameters that affect the effectiveness of the proposed model was carried out. A game-based learning model based on the Internet of things was implemented at the Department of E-Business at the Faculty of Organizational Sciences in Belgrade, University of Belgrade.

Key words: edutainment, Internet of Things, mobile technologies, augmented reality, smart learning environments

Scientific field: Information Systems and Technologies

Scientific subfield: E-business

Садржај

1	Увод	6
1.1	Дефинисање предмета истраживања	6
1.2	Циљеви истраживања	7
1.3	Полазне хипотезе	8
1.4	Методе истраживања	8
2	Паметна образовна окружења	10
2.1	Појам и дефиниција паметних окружења	10
2.2	Инфраструктура паметних окружења за учење	13
2.3	Технологије примењене у развоју паметних окружења за учење	14
2.3.1	Интернет интелигентних уређаја	14
2.3.2	Мобилне технологије	15
2.3.3	Проширена стварност	16
3	Учење кроз игру	18
3.1	Појам учења кроз игру	18
3.2	Анализа постојећих система за учење кроз игру	19
3.2.1	Анализа система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја	20
3.2.2	Анализа система за учење кроз игру применом мобилних технологија и проширене стварности	21
3.2.3	Едукативне игре и паметна окружења	24
4	Моделирање система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја	26
4.1	Анализа постојећих модела	26
4.2	Развој модела	27
4.2.1	Планирање образовне компоненте	28
4.2.2	Оквир општег модела учења кроз игру	32
4.2.3	Архитектура паметног окружења	35
4.2.4	Софтверска инфраструктура паметног окружења	36
4.2.5	Интеграција са системом е-образовања	38
5	Примена и анализа развијеног система	40
5.1	Пројектни задатак	40
5.2	Пројектовање решења	40
5.2.1	Правила игре	40
5.2.2	Структура задатака	43
5.2.3	Начин бодовања	45
5.2.4	ЈоТ инфраструктура	45
5.2.5	Софтверска инфраструктура	51
5.2.6	Интеграција са системом е-образовања	60

5.3	Иплементација решења.....	60
5.3.1	Имплементирани задаци.....	61
5.4	Методолошки оквир евалуације развијеног решења.....	65
5.4.1	Истраживачки циљеви и питања.....	67
5.4.2	Учесници.....	67
5.4.3	Процедура.....	67
5.4.4	Инструменти.....	68
5.5	Анализа резултата.....	68
5.5.1	Анализа резултата игре.....	68
5.5.2	Анализа утисака студената.....	69
6	<i>Научни и стручни доприноси.....</i>	71
7	<i>Будућа истраживања.....</i>	73
8	<i>Закључак.....</i>	74
9	<i>Reference.....</i>	76
10	<i>Списак слика.....</i>	93
11	<i>Списак табела.....</i>	94
12	<i>Прилози.....</i>	95
12.1	Прилог 1 – Стандардни тест.....	95
12.2	Прилог 2 – Анкета коришћења игре за учење.....	98
13	<i>Основни биографски подаци о аутору.....</i>	108
14	<i>Изјава о ауторству.....</i>	110
15	<i>Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада.....</i>	111
16	<i>Изјава о коришћењу.....</i>	112

1 Увод

Развој интернета интелигентних уређаја (енг. Internet of Things, IoT), мобилних технологија и проширене стварности допринео је иновацијама и новим методологијама у образовању као што су: развој паметних образовних окружења, фокусирање на свеприсутно и активно учење и прилагођавање учења појединцима (Hossain et al., 2014; A. Labus et al., 2015; Aleksandra Labus et al., 2012; S. Li, 2018; Stojanović et al., 2020; Sung et al., 2016; Wei et al., 2019; Yelland, 2006).

Мобилно доба је учинило да дигитални садржај постане део свакодневног живота и донесе још више промена у контексту учења, као што су: усредсређеност на мешовито учење и увођење проширене стварности и интернета интелигентних уређаја као дела наставног процеса (Bogdanović et al., 2014; Sharples et al., 2010). Савремено образовање захтева учење у покрету, било где и у било које време, на физичким локацијама или у виртуалним окружењима (Sharma, 2010; Sharples et al., 2010).

1.1 Дефинисање предмета истраживања

Предмет истраживања у дисертацији је модел учења кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја (енг. Internet of Things, IoT). Циљ истраживања је развој модела учења кроз игру у интерактивном образовном окружењу који ће повећати интересовање студената и унапредити исходе учења. Развијени модел заснован је на технологијама свеприсутног рачунарства и интеграцији IoT-а, мобилних и технологија проширене стварности.

Дефиницију паметних образовних окружења креирали су Cook & Das: „Паметна окружења укључују објекте који могу да комуницирају, размењују информације, рачунају и доносе одлуке, с циљем аутоматизације различитих акција“ (Cook & Das, 2004). Паметна окружења за учење треба да побољшају процес учења из технолошке перспективе (Mikulecký, 2008). Опремљена су различитим компонентама: паметним плочама за писање, прилагођеним IoT уређајима или маркерима који се користе у проширеној стварности, сензорима за детекцију стања и промена у окружењу, мобилним уређајима и сервисима за интеракцију. Оваква окружења могу се односити на појединачне учионице (паметне учионице), на паметне зграде образовне институције, или на цео кампус (EL Mrabet & Ait Moussa, 2017a; Suo et al., 2009). Имплементација паметних окружења захтева велику количину ресурса, знања и вештина из различитих области (Gubbi et al., 2013; Jin et al., 2014).

Осим физичких компоненти, у IoT екосистемима све чешће се користе и елементи виртуалне стварности. Најчешћи облик повезаности физичких и виртуалних компоненти у склопу IoT-а остварен је коришћењем проширене стварности. Проширена стварност спаја различите рачунарске технологије и кориснику пружа обједињени поглед на свет (Gurjar et al., 2016). Студије су показале да коришћење проширене стварности у образовању доводи до бољих резултата учења (Kilani et al., 2018; Martin Gutierrez & Meneses Fernandez, 2014; Ristic et al., 2015; Ying Wang et al., 2018).

Један од приступа примене IoT-а и проширене стварности у образовању представљен у литератури заснива се на концепту паметних учионица. Увођење едукативних игара у паметне учионице ствара окружење за учење испуњено активностима у којем ће студенти моћи да уче кроз игру без ограничења која постоје у стварној учионици (Gerval & Le Ru, 2016; Xu et al., 2015). Представљањем знања у формату игре студенти ће бити више заинтересовани за учење (A. Labus et al., 2015; A Labus, 2012). Да би се имплементирала паметна образовна окружења у

постојеће методе учења, потребно је засновати их на основним вредностима попут етике и транспарентности (Marquez et al., 2016; Stojanović et al., 2020).

1.2 Циљеви истраживања

Примарни циљ истраживања у овој дисертацији је развој модела за учење кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја. Дефинисани су различити модели и приступи имплементације система за учење кроз игру засновани на IoT-у. У дисертацији је предложен нови методолошки поступак за учење кроз игру заснован на примени интернета интелигентних уређаја. Развијени систем за учење кроз игру интегрисан је са постојећим сервисима система за учење на даљину (*Moodle*).

Кључни захтев система за учење који је моделован у овој докторској дисертацији јесте да се студентима омогући учење кроз игру без обзира на локацију. Систем представља скуп повезаних виртуалних и физичких компоненти које својом интеракцијом омогућавају реализацију делова образовног процеса у стварном свету. Развијени модел је омогућио повезивање са удаљеним паметним окружењима. Овако повезан систем, виртуално окружење за учење чини независним од географске удаљености и тако сваку локацију претвара у учионицу.

Развој модела за учење кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја обухвата:

- дефинисање модела учења кроз игру;
- дефинисање методолошког поступка имплементације модела учења кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја у електронском образовању;
- развој модела паметног окружења за учење кроз игру;
- изградњу IoT инфраструктуре и софтверских компоненти за имплементацију модела учења кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја;
- анализу имплементационих аспеката развијеног система;
- дефинисање процеса интеграције развијеног система са *Moodle* системом за учење на даљину;
- дефинисање параметара за оцену модела учења кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја.

Циљ дисертације је реализован кроз развој и примену модела за учење кроз игру заснованом на интернету интелигентних уређаја. Развој модела за учење кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја обухвата:

- дефинисање процеса имплементације модела за учење кроз игру заснованом на интернету интелигентних уређаја у образовању;
- изградњу IoT инфраструктуре и софтверских компоненти за имплементацију модела за учење кроз игру заснованом на интернету интелигентних уређаја;
- анализу имплементационих аспеката развијеног система;
- дефинисање параметара за оцену модела за учење кроз игру заснованом на интернету интелигентних уређаја.

Најважнији циљеви који су постигнути имплементацијом развијеног модела у образовању су:

- повећање мотивисаности и заинтересованости студената;
- пружање јасније слике проблема изучавања са циљем лакшег разумевања;
- коришћење иновативних решења за побољшање образовања применом едукативних игара и интернета интелигентних уређаја;
- пружање подршке студентима да активно прате свој напредак.

С обзиром на постављене циљеве, задаци истраживања су:

- анализа постојећих примена едукативних игара и интернета интелигентних уређаја у образовању;
- моделирање система за паметно учење у образовању применом едукативних игара и интернета интелигентних уређаја;
- пројектовање *Android* едукативне игре за подршку образовању;
- пројектовање IoT инфраструктуре неопходне за имплементацију едукативне игре;
- примена и евалуација развијеног система за учење;
- моделирање показатеља перформанси система за учење применом едукативних игара и интернета интелигентних уређаја.

У процесу евалуације, развијени систем за учење примењен је и тестиран на Факултету организационих наука Универзитета у Београду.

Резултати овог истраживања доприносе унапређењу процеса учења. Примена развијеног система за учење омогућује иновативан вид активног учења и повећано интересовање студената. Студенти ће коришћењем мобилних апликација и IoT сервиса паметне учионице активно решавати задатке и тако стећи практично искуство. Применом концепата учења кроз игру ниво ангажовања студената у настави је повећан.

Научна заснованост овог истраживања огледа се у развоју паметног система за учење применом интернета интелигентних уређаја. Коначни резултати дају допринос формализацији и стандардизацији процеса пројектовања система за учење кроз игру у образовању.

1.3 Полазне хипотезе

Основна хипотеза у дисертацији гласи:

Применом едукативних игара, интернета интелигентних уређаја и проширене стварности у образовању, може се повећати заинтересованост студената и исход учења.

На основу дефинисаног предмета истраживања и основне хипотезе у дисертацији може се издвојити неколико посебних хипотеза:

- Х1. Учење кроз игру доприноси побољшању исхода учења и повећању нивоа интересовања студената.
- Х2. Могуће је развити модел учења кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја и проширеној стварности.
- Х3. Могуће је интегрисати развијени модел са паметним окружењима и системима за формално учење.

1.4 Методе истраживања

Од општенаучних метода користи се метода анализе и синтезе постојећих научних резултата, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Методама анализе и синтезе дефинисане су и анализирани теоријске основе едукативних игара, паметних окружења, интернета интелигентних уређаја и проширене стварности. Метода моделирања се користи приликом израде система за учење применом интернета интелигентних уређаја. Аналитичко-

дедуктивне методе користе се за анализу података о постојећим системима за иновативно учење, технологијама интернета интелигентних уређаја и проширене стварности за побољшање процеса учења. Статистичка метода се користи за анализу добијених резултата примене концепата учења кроз игру.

У експерименталном делу докторске дисертације евалуиран је развијени систем за учење применом интернета интелигентних уређаја. Експеримент је реализован на одабраним локацијама на Факултету организационих наука у Београду. Добијени резултати експеримента потврђују постављене хипотезе.

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

Истраживање је мултидисциплинарно и обухвата информатику, рачунарство, електронику, педагогију, методологију.

2 Паметна образовна окружења

2.1 Појам и дефиниција паметних окружења

Паметно образовање је концепт учења који користи вештине 21. века, који је усмерен на студента уз подршку напредне и интегрисане ИТ инфраструктуре тако да је процес учења интерактивнији, иновативнији и свеобухватнији (Singh & Miah, 2020). Нове технологије које се користе у процесу учења и развоју производа за учење морају да пруже могућности и приступ одговарајућем образовању за све елементе друштва (Garau & Pavan, 2018; Seh et al., 2021).

Утицај технолошког развоја на високо образовање допринело је креирању паметних окружења за учење (Alajmi et al., 2020; X. Chen et al., 2021). Са растом популарности мобилног учења, све је чешће да се учење реализује било када, било где (Tatar et al., 2003). Прихваћени паметни уређаји за образовање као што су системи за управљање учењем у комбинацији са технологијама попут интернета интелигентних уређаја претварају мобилно учење у паметно учење (X. Chen et al., 2021; S. Kim et al., 2011). Истраживачи су приметили популарност нових метода учења као што су паметно учење, аналитика учења и мултимодално учење у образовним окружењима (X. Chen et al., 2021; Dawson et al., 2019; Molenaar et al., 2020; Siemens, 2019). Аналитика учења је „прикупљање, анализа, употреба и одговарајућа дистрибуција података које су генерисали студенти, а који се могу применити у циљу стварања одговарајуће когнитивне, административне и ефикасне подршке за студенте“ (X. Chen et al., 2021; Slade & Prinsloo, 2013). Аналитика учења се дефинише као скуп активности које прикупљају податке образовног контекста који се даље користе за анализу и прилагођавање процеса учења (Piety, 2020). Мултимодално учење стимулира побољшање учења ангажовањем различитих чула (X. Chen et al., 2021). Паметно учење се односи на учење у интерактивним, интелигентним и персонализованим окружењима уз подршку најсавременијих дигиталних технологија и услуга (нпр. виртуална реалност, аналитика учења, мултимодалне технологије и вештачка интелигенција) (J. Lee et al., 2014). Примери реализације паметног учења кроз усвајање различитих технологија су аналитика учења и мултимодалне технологије. Фокус паметног учења је иновација у образовању, док су аналитика учења и мултимодалне технологије фокусиране на имплементацију нових технологија у процес наставе и учења (X. Chen et al., 2021).

За примену паметног образовања потребна је одговарајућа техничка инфраструктура. Анализом су одабране следеће технологије и методологије учења (Rawat & Dangwal, 2017; Seh et al., 2021):

1. Друштвени медији, тј. *Facebook, LinkedIn, Instagram, Wikipedia*;
2. Колаборативно учење, неколико студената ради заједно да нешто постигне, реши проблем или заврши пројекат;
3. Мобилно учење, учење путем паметних медија уз помоћ интернет везе;
4. Едукативне игре, дизајниране да забављају и образују;
5. Дигитална педагогија, употреба дигиталне технологије у процесу наставе и учења дигитализацијом предмета;
6. Онлајн курсеви којима свако може да приступи;
7. Комбиновано учење, мешовито учење које укључује онлајн системе и састанке лицем у лице;
8. Изврнута учионица, студенти добијају материјале за учење пре часа онлајн и користе време на часу у дискусији.

Пре имплементације паметног образовања, потребно је обратити пажњу на неколико ствари које могу постати одлучујући фактор за успешну имплементацију. Неколико фактора које треба

узети у обзир укључују аспекте: технологије, података, људских ресурса, организације и трошкова. Наведени фактори су битни за разматрање од стране Владе у процесу имплементације концепта паметног образовања (Seh et al., 2021). Истраживања су показала да паметна окружења могу да обезбеде окружење за учење које покреће напредна технологија како би се задовољиле све потребе паметног учења (Agbo et al., 2021b).

Dron, 2018. дефинише паметност окружења као резултат динамичких интеракција саставних компоненти окружења, укључујући и људе (Dron, 2018). Паметно окружење је окружење у стварном простору које сачињавају интерактивни сензори, монитори и рачунарске компоненте, која повезује свакодневне објекте кроз мрежу и корисницима окружења пружа разне интелигентне услуге (Tu, 2021). „Паметна окружења се могу дефинисати као скуп предмета који могу да комуницирају, обрађују податке и доносе одлуке са циљем аутоматизације различитих понављајућих радњи“ (Das & Cook, 2005; Mikulecký, 2012; Pachler et al., 2010; Rashidi & Cook, 2011). Три основне компоненте у паметном окружењу су: сензори, обрада података и контрола окружења или актуатори. Сензори су уређаји уграђени у паметни уређај који прикупљају информације. Обрада података је поступак у циљу анализе прикупљених информација са сензора, а контрола околине се односи на процес који следи након прикупљања информација (Nugent et al., 2014).

Паметни уређаји су присутни у свакодневним задацима. Њиховом употребом је повећан степен аутоматизације процеса. Овако аутоматизовани процеси доводе до повећања продуктивности (Borgia, 2014). За креирање паметних окружења, окружења опремљених паметним уређајима, користе се технологије интернета интелигентних уређаја (Xing Liu et al., 2019). Паметна окружења могу бити било који простори: учионице, градови, куће и друго (Yang et al., 2021).

Паметна окружења се могу прилагодити специфичним потребама. Паметна окружења прилагођена образовању су опремљена да побољшају процес учења из технолошке перспективе (Nagao & Nagao, 2019). Паметна окружења за учење служе да омогуће безбедно коришћење актуелних технологија у преносу знања (Zhuang et al., 2017). „Паметна окружења за учење се односе на свеprisutan, персонализован и интелигентан систем који је свестан контекста, способан да пружи висок ниво мотивације, ангажовања и интелигентне повратне информације за боље искуство учења“ (Agbo et al., 2019, 2021a). Омогућавањем комуникације између уређаја, паметна образовна окружења нуде брз и лак приступ материјалу за учење на даљину учионице (Alelaiwi et al., 2015).

Ради побољшања квалитета наставног процеса у образовању прибегава се прилагођавању паметних окружења (K. Lu et al., 2021). Циљ паметног окружења за учење је да се омогући самостално учење и персонализоване услуге којима студенти могу да прате курсеве сопственим темпом и да приступе персонализованом садржају учења (T. Kim et al., 2013; Z. T. Zhu et al., 2016). „Паметна окружења за учење се дефинишу као физичка окружења која су обogaћена дигиталним уређајима који су свесни контекста и адаптивним уређајима, како би се промовисало боље и брже учење“ (Cebrián et al., 2020; D. Liu et al., 2017). Концепт паметног окружења за учење дефинише учење у дигиталној ери што задовољава потребе нових студената који захтевају компетенције 21. века (García-Tudela et al., 2020; Z. T. Zhu et al., 2016). Карактеристике паметног окружења за учење су контекст, свеprisutnost и прилагодљив интерфејс студената и садржај предмета (Lister, 2021; Z. T. Zhu et al., 2016). Паметно окружење за учење усмерава студенте на основу анализе њихових резултата и тенденција. Смернице су доступне уз свеprisutни приступ наставним материјалима било када, било где (Z. T. Zhu et al., 2016).

Физичке предности паметних учионица су погодан простор за учење и мрежни приступ (Paternò

& Wulf, 2017). Виртуална репрезентација простора паметних учионица заснована је на рачунарству у облаку. Требало би да обезбеди функције приступа ресурсима за учење и персонализације темпа учења (Denham, 2019). Функције паметних учионица су следеће (Pan et al., 2021):

1. Садржај учења је флексибилан и разнолик и може се приказати брзо, јасно и глатко на више екрана у исто време;
2. Удобно окружење и распоред простора могу побољшати ангажовање у учењу и оптимизовати искуство учења;
3. Студенти и наставници могу да приступе и преузимају богате дигиталне ресурсе преко више канала у било ком тренутку;
4. Процес учења је интелигентан и способан да идентификује и забележи стање учења и психолошке услове студената и промовише персонализовано учење;
5. Интеракција између студената и наставника, студената и студената и човека-машина би била олакшана;
6. Повратне информације у реалном времену омогућавају наставницима да ефикасније препознају постигнућа студената у учењу, како би извршили разумнија прилагођавања у учионици, а такође могу пружити правовремене повратне информације студентима на основу резултата пружене процене;
7. Заједнице које уче биће повезане, моћи ће да формирају групе или тимове за учење и да промовишу заједничко учење;
8. Процес учења ће бити снимљен, што је добар начин да студенти размисле о свом процесу учења и открију проблеме у учењу.

У паметном образовном окружењу, студент треба да буде аутономан и да сарађује поред тога што је ефикасан корисник технологије. Заједничка тачка традиционалног и паметног образовања је потреба за јасно дефинисаним планом наставе. Једна значајна улога едукатора у паметном образовању је технолошка подршка. Професори треба да пруже техничку подршку студентима ако је потребно (Demir, 2021). У паметном образовном окружењу, повезаност је важна разликовна карактеристика образовне технологије која подржава образовање (Demir, 2021; Klopfer et al., 2002). Три основна елемента у окружењу паметног образовања су: студенти, професори и технологија (Demir, 2021; Z. Zhu et al., 2016).

Корег, 2014. наводи захтеве за стварање паметних окружења за игру (Freigang et al., 2018b; Корег, 2014):

- дигитални уређаји се додају физичким локацијама учења;
- дигитални уређаји детектују локацију и контекст студената;
- дигитални уређаји побољшавају физичко окружење учења додатним функцијама дигиталног учења;
- дигитални уређаји прате напредак студената.

Коришћење интернета интелигентних уређаја приликом дизајнирања паметних окружења за учење начин је да се испуне ови захтеви (Freigang et al., 2018a; Sanchez et al., 2014). Паметна образовна окружења нису величински ограничена, евидентирано постојањем паметних кампуса (Educause, 2016; Veeramani & Mohanapriya, 2016).

Hwang, 2014. дефинише три главне карактеристике паметних образовних окружења: прилагодљиву подршку, прилагодљиве интерфејсе и свест о контексту, на основу којих се креира персонализовано образовање за студенте (Hwang, 2014). Предности прилагодљивости паметних образовних окружења виде се у примени приликом образовања сајбер безбедности на

Маурицијусу (Sungkur & Maharaj, 2021).

Технологије коришћене у паметним образовним окружењима олакшавају интеракцију између професора и студената и повећавају ниво задовољства студената курсом (Dai et al., 2021). Имплементацијом *Blockchain* технологија достиже се већи ниво заштите података у паметним образовним окружењима (Ullah et al., 2021).

Поред директних технолошких предности, паметна образовна окружења пружају и индиректан утицај који се може приметити током самосталног учења које је све више присутно (Gambo & Shakir, 2021). Погодности опремљености окружења позитивно утичу на психолошке аспекте мотивације и учења (Thomas et al., 2019).

Паметна окружења се могу дефинисати следећим карактеристикама (Freigang et al., 2018b):

- Паметна интеракција;
- Процес снимања;
- Презентовање садржаја;
- Управљање наставом;
- Персонализација садржаја;
- Повратне информације у реалном времену.

Доказано је да имплементација персонализације садржаја, паметне интеракције и повратних информација остварује велики утицај на активни процес учења код студената. Ове методе умањују негативне последице удаљеног учења омогућавањем виртуалне интеракције удаљених учесника паметног окружења (S. Wang et al., 2021).

2.2 Инфраструктура паметних окружења за учење

Најпростији облик паметних окружења за учење су паметне учионице. Паметне учионице (енг. smart classrooms) подразумевају оптимизацију наставних активности кроз омогућавање једноставног и погодног приступа материјалима за учење, увођење интерактивности у процесе учења и подучавања (Huang et al., 2012). У окружењу паметне учионице постоји комуникација „лицем у лице”, као и виртуална комуникација. Паметна учионица је окружење за учење које је флексибилно и иновативно. Настало је спајањем концепата технологије и традиционалне методе учења (Vegoña Gros, 2016).

Паметне учионице поседују савремену информациону опрему (Xie et al., 2001):

- Рачунар;
- Пројектор и платно;
- Контролни уређај (нпр. уређај за гласање);
- Рачунарску мрежу;
- Аудио-опрему (микрофони, звучници, појачала);
- Конзолу за управљање;
- Паметну интерактивну таблу.

Рачунар мења не само физички изглед учионица, већ мења теорију и праксу учења, такође утиче и на однос наставника и студената. Компјутер може замењивати неке од активности наставника;

може дати ученицима информације за учење, може комуницирати са студентима и дати предлог активности учења студента. На основу своје интеракције и способности рачунања, рачунар има могућност да сваком студенту да прилагођен, а не стандардизован поступак учења као у традиционалној учионици усредсређеној на наставника (В. Li et al., 2015). Није требало дуго иновацијама рачунарске науке и повећаној потреби информационих и комуникационих технологија у образовању да се преклопе. Развој на овом пољу отворио је пут за имплементацију интелигентних система за подучавање и повезаних елемената у учионици који дају студентима прилику да уче од онлајн или виртуалних наставника (Darsham & Hassan, 2017).

Напреднија паметна окружења су проширена напреднијим технологијама и поседују додатну опрему. Додатна опрема може да обухвата:

- Интернет конекцију;
- Систем за управљање учењем и
- Едукативне игре.

Савремена образовна окружења опремљена су модерним технологијама и мултимедијалним материјалима, превазилазе физичка ограничења традиционалних учионица и прерастају у свеприсутна образовна окружења (Freigang et al., 2018a; Rashidi & Cook, 2011). Оваква образовна окружења захтевају унапређење постојећих и развој иновативних педагошких приступа, као што је учење кроз игру (Petrović, Stojanović, et al., 2017; Veeramanickam & Mohanapriya, 2016).

2.3 Технологије примењене у развоју паметних окружења за учење

2.3.1 Интернет интелигентних уређаја

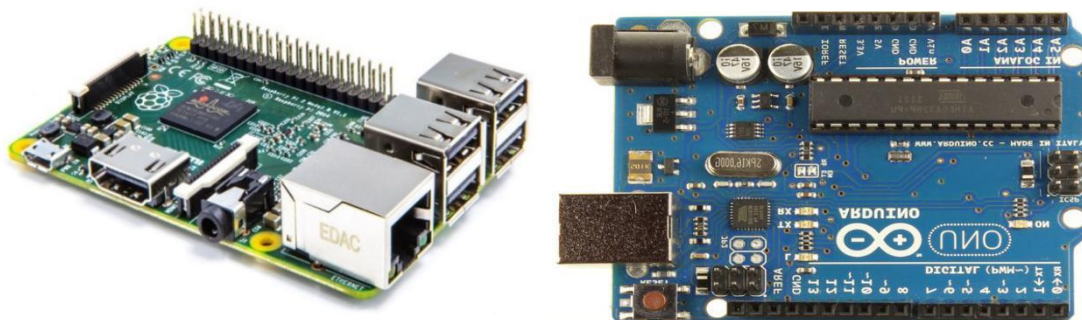
Интернет интелигентних уређаја (IoT) представља глобалну мрежну инфраструктуру која омогућава повезивање физичких и виртуалних објеката на интернет, при чему је комуникација између објеката омогућена коришћењем различитих протокола (Gubbi et al., 2013). Битну улогу имају бежичне и мобилне технологије.

Међу уређаје који се често могу наћи у паметним окружењима убрајају се (Friess & Riemenschneider, 2015; Vermesan & Friess, 2016):

- Актуатори – извршавају акције;
- Радио/комуникациони чипови – омогућавају повезаност;
- Модули – комбинују остале уређаје;
- Софтверска платформа – омогућава коришћење апликативног софтвера;
- Апликативни софтвер – прикупљање и анализа података;
- Инфраструктура телекомуникација – комуникација између компоненти и комуникација са учесницима у систему;
- Инфраструктура сервиса – омогућава дизајнирање, инсталацију, надгледање и сервисирање IoT имплементације.
- Сензори – уређаји који примају информације из околине и прослеђују их до контролера: сензор топлоте, светлости.

- Контролери – уређаји који примају податке од сензора, доносе закључке на основу њих и потом делују путем актуатора који на основу примљених сигнала реагују на околину. Пример контролера је *Arduino*, микроконтролер базиран на *C* програмском језику.

Raspberry Pi је најзаступљенији микрорачунар, иде у пакету са специјализованим *Linux* оперативним системом који подржава извршавање програмског кода написаног у *Python* програмском језику. Поседује пине које се користе за повезивање са сензорима и актуаторима.



Слика 1: *Rpi* (лево) и *Arduino* (десно)

2.3.2 Мобилне технологије

Мобилни уређаји су се временом развили у мултифункционалне уређаје који су превазишли своју примарну улогу комуникације (Traxler, 2007). Мобилни телефони су главни мобилни уређаји и једини свеprisутни уређаји са константном повезаношћу на мобилну мрежу. Атрибути који су својствени мобилним уређајима – персонализација, свеprisутност, интерактивност и локализација, креирају значајан потенцијал за учење (Sophonhiranrak, 2021).

Истраживања паметне учионице показују нам да се уз помоћ паметних технологија јављају учење кроз питања, учење кроз сарадњу, групно, мобилно и свеprisутно учење (Kwet & Prinsloo, 2020). Мобилно учење има другачије значење у различитим заједницама, али можемо се ослонити на то да представља учење на различитим локацијама које користи предности и могућности које нуде преносиве технологије попут мобилних уређаја (Uther, 2019). Мобилни уређаји паметним учионицама сматрају се свесним ситуације у смислу да могу да ухвате различите ситуације како би се у оваквој динамичкој учионици формирале мреже које олакшавају интеракцију и сарадњу између студента и студента као и студента и предавача (Yau et al., 2003). Са овом врстом учења, много је лакше комбиновати играње и учење за ефикасније и забавније искуство. Таквом искуству доприносе следеће карактеристике мобилне технологије: приступачност, квалитет приступа неопходним документима и медијима, ефикасност, флексибилност, безбедност, поузданост и интерактивност (Masoud et al., 2019). Свему томе доприноси постојање и употреба сензора.

Паметни уређаји (попут мобилних телефона или личних дигиталних асистената) имају уграђене сензоре како би се побољшала контрола уређаја, управљање истим и сама употребљивост. Као пример можемо навести сензоре близине који су додати зарад побољшања и унапређења напајања уређаја, конкретно уређај ће искључити екран када га корисник приближи уху.

Можемо такође навести акцелерометар који детектује позиционирање екрана и ротира његов садржај у складу са положајем корисника. Такође се можемо осврнути и на сензор батерије који контролише процес пуњења и температуру батерије (Khokhlov et al., 2020). Ово су још неки од сензора који се налазе у мобилним телефонима, а могу бити важни за саму имплементацију паментних учионица: екран осетљив на додир, сензор покрета, мултимедијални сензори, амбијентални светлосни сензор, барометар, сензор близине, и многи други (Banos et al., 2014).

Сваки мобилни уређај има оперативни систем који омогућава кориснику приступ и употребу карактеристика тог уређаја. Неки од најпопуларнијих оперативних система мобилних технологија су *Android* и *iOS* (Divyar & Venkata Krishnakumar, 2016).

Чињеница је да је *Android* један од најпопуларнијих оперативних система притом, изабран као основни оперативни систем (Mikhaev et al., 2015).

Android је оперативни систем за мобилне уређаје (Ruiz & Hernández, 2018). Заснован је на *Linux*-у и омогућава извршавање апликација написаних у *Java* програмском језику. Апликацијама је омогућен приступ свим хардверским функционалностима телефона (камера, сензори, *WiFi*). Овај оперативни систем је пројекат отвореног кода и константно се унапређује (Gilski & Stefanski, 2015).

2.3.3 Проширена стварност

Технологија проширене стварности (*AR*) је стварање мешовите стварности у реалном времену инсертовањем виртуалних елемената у дигиталним приказима стварног физичког окружења (Davidavičienė et al., 2019; Mota et al., 2018). Рачунар генерише виртуалну сцену на основу физичке сцене са којом је корисник у интеракцији. Ова виртуална сцена је генерисана суперпонирањем компјутерски генерисаних виртуалних 3Д објеката на стварно окружење скенирано камером уређаја и ажурирано у реалном времену (Mangina, 2018). Учење потпомогнуто *AR* технологијом омогућава свеprisутно, колаборативно и локализовано учење (Cárdenas-Robledo & Peña-Ayala, 2018; Marques et al., 2021; Martins et al., 2022). Манифестација виртуалног објекта инкорпорираног у дигитални приказ реалног света у реалном времену може повећати ниво ангажовања и заинтересованости корисника у процесу учења (Avila-Garzon et al., 2021).

Проширена стварност спаја виртуални и стварни свет тако што стварни свет допуњује компјутерски генерисаним виртуалним објектима у датом тренутку времена. Једна од најприхваћенијих дефиниција проширене стварности тврди да проширена стварност има три кључна захтева (Qiao et al., 2019):

- Комбинација стварних и виртуалних објеката у стварном окружењу,
- Међусобно повезивање стварних и виртуалних објеката;
- Интеракција у реалном времену.

Проширена стварност и њена употреба у учењу су постали приступачнији с обзиром на то да не захтевају специјализовану опрему, већ се могу лако користити путем рачунара и мобилних уређаја. Све ово је изводљиво захваљујући рапидном развоју мобилне технологије и повећане употребе паметних телефона. Уређаји попут паметних телефона, таблета и томе слично, идеални су у олакшавању искуства проширене стварности како због брзих поцесора, графичког хардвера тако и због већ уграђених сензора (D. Wang et al., 2021).

Технологије проширене стварности омогућавају корисницима да кроз нове начине интеракције

са стварним светом створе нова научна искуства која не би била остварива у само виртуалном и само стварном свету. Ова технологија на пример пружа могућност студентима да посматрају хемијске реакције неприступачних материјала (Behmke et al., 2019).

Манипулација виртуалним објектима у технологији проширене стварности може у многоне олакшати разумевање појава које су тешке за посматрање или невидљиве. Такође може довести до разрешења заблуда, те се зато сматра да се бави и потешкоћама у учењу, јер се бави и визуелизацијом неуочљивих појава (Khan et al., 2019).

Проширена стварност је технологија која има велики број примена у областима економије, медицине, игара и другим облицима забаве и образовања (Т.-L. Chou & ChanLin, 2012; Petrović et al., 2018). Проширена стварност комбинује мноштво различитих рачунарских аспеката и нуди јединствен приступ имплицитној контроли корисника (Kipfer, 2013). Генерисање хибридног садржаја се врши скенирањем стварног света путем камере и додавањем виртуалних елемената преко стварних.

Vuforia је једно од најзаступљенијих решења проширене стварности. Подржава бројне платформе, укључујући *Android*, пружањем података заснованих на *OpenGL*-у. Да би се олакшала интеграција са платформама коју отежава познавање *OpenGL-a*, омогућено је генерисање *Android* апликација са имплементираним проширеном стварношћу кроз коришћење *Unity* развојног алата (Xinqi Liu et al., 2018).

3 Учење кроз игру

3.1 Појам учења кроз игру

Игре у образовању су медијум који се користи за вежбање решавања проблема. Током процеса решавања проблема долази до усавршавања можданих вештина играча. За ситуације симулиране игром играчи могу бити инспирисани реалним дешавањима из стварног света, измишљеним дешавањима или пак комбинацијом ових двеју метода. Приступ је настао од полазне хипотезе да се знање и закључци који се могу преузети из спорова или проблема могу учинити интересантнијим за решавање (Y. L. Lu & Lien, 2020). Употреба игара у образовању може бити ефикасна стратегија за побољшање образовног система, док истовремено постиже циљеве учења утицајем на понашање студената у окружењу наставе и учења (Adipat et al., 2021).

Учење кроз игру је метода учења реализована применом игара у наставном процесу која побољшава ставове и приступе учењу и омогућава студентима да се забављају током процеса учења (A. K. Yadav & Oyelere, 2021). Многа истраживања су показала да учење засновано на дигиталним играма има позитиван утицај на мотивацију, став, ангажовање студената и перформансе (Eltahir et al., 2021; Tapingkae et al., 2020; Tigelaar & Sins, 2021). Учење кроз игру олакшава студентима да уче коришћењем игара као медијума, активирањем моторичких и когнитивних сензора (Piaget, 2013).

Учење кроз игру је облик учења који спаја образовање са забавом (A Labus, 2012). Свака игра која помаже студентима у њиховом развоју је едукативна игра (Papastergiou, 2009). Учење кроз игру односи се на постизање дефинисаних исхода учења кроз садржај игре и унапређење учења решавањем проблема и изазова који студентима, који су такође играчи, пружају осећај постигнућа (Krath et al., 2021; Qian & Clark, 2016). Применом савремених технологија, учење кроз игру се дефинише као примена видео игара у образовном процесу (Ge & Ifenthaler, 2018). Психолошки механизми утицаја видео игара обухватају механизме пажње, почевши од основног реаговања на светлост, звук и покрет (Kiili et al., 2019). Учење кроз игру дефинишу концепти мотивације, знања и друштвености. Мотивацију чине интересовања, жеље да се оствари задати циљ и испуне очекивања. Знање представља наставни материјал који се преноси или развој когнитивних или других способности које су циљ спровођења игре. Друштвени контекст укључује учествовање у учењу, повезаност и друштвене интеракције са осталим играчима и професорима (Husnanda & Ikhsan, 2021; Plass et al., 2015).

Едукативне игре су игре које доприносе образовању играча (Ortiz-Rojas et al., 2019). У едукативне игре не спадају само оне креиране као такве, већ и оне које само секундарно проширују знање и способности такмичара (García et al., 2019). Може се рећи да је било која игра која помаже играчима у њиховом развоју заправо едукативног карактера (Khenissi et al., 2015). Игре помажу унапређивању способности такмичара, првенствено когнитивних и способности реаговања и брзог доношења одлука, али на вишем нивоу едукативне игре помажу у савладавању одређених области, сложених концепата или других елемената наставе у оквиру које се имплементирају (de Aguilera & Mendiz, 2005; Griffiths, 2002; Sadera et al., 2014). Користећи популарне медијуме везане за забавне активности, попут рачунара, видео игара, филмова или музике, учење кроз игру, на интересантан, ефикасан и брз начин тежи да научи оне који у њему учествују (Pivec & Dziabenko, 2004).

Употреба едукативних игара присутна је у истраживачким радовима и експериментима, али још увек није у потпуности имплементирана у високошколском образовању (Petrović et al., 2022; Tarng et al., 2018; Witan, 2013). Образовне игре засноване на интернету интелигентних уређаја

су ретке чак и у истраживањима (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017a). Један од разлога за то је недостатак добро дефинисане структуре игре и њена интеграција са постојећим системима е-учења (Petrović et al., 2018; Petrović, Jezdović, Bogdanović, et al., 2017; Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017b).

3.2 Анализа постојећих система за учење кроз игру

Коришћење игара у образовању се може видети на примеру учења страних језика. Применом игара симулације сценарија студенти опонашају ликове из сцене и тиме се више ангажују за учење у односу на класични систем (Bugreeva, 2021). Као пример активности учења која може бити стресна и погодна за иновативне приступе може се навести учење језика (Iaremenko, 2017; Shortt et al., 2021). Имплементацијом технолошких решења креиране су игре за учење страних језика које помажу студентима да уче и тестирају своје знање страних језика и ван наставе (Udjaja et al., 2022). Примена игара у учењу страних језика показала је повећану мотивацију, заинтересаване и остварене резултате учења (Karaaslan et al., 2018; Loewen et al., 2019; Shortt et al., 2021).

Један од система подобних за имплементацију учења кроз игру је изокренута учионица (Hung, 2018). Изокренута учионица је интегрисана наставна стратегија која интелигентно користи најновије методе за пружање образовања које испуњава потребе студената у 21. веку (Al-Shabibi & Al-Ayasra, 2019; Hodges & Weber, 2015). Основни принцип изокренуте учионице је да се експлицитна упутства замене видео садржајем и дозволи студентима да се у учионици посвете практичној настави (Коропен, 2019). Професори спремају неопходне материјале које студенти анализирају пре наставе, а током наставе се остварено знање примењује на задацима или конференцијским дискусијама (Jovanovic et al., 2019). Применом игара као алата за тестирање знања током наставе у изокренутој учионици добијени су резултати већег ангажовања и мотивације студената стоматологије (Borit & Stangvaltaite-Mouhat, 2020). Примена сличног система је запажена у истраживању спроведеном над учењем медицинске етике студената друге године медицине Универзитета у Малезији током пандемије COVID 19. Резултати су показали да су студенти били иницијално задовољни применом игре, али да се у другом експерименту који је садржао тежа питања број задовољних студената смањио (Daud et al., 2021).

У образовању физичког васпитања примењена је игра *PaGamO*. На узорку од 56 студената тестирано је учење применом поменуте игре са циљем испитивања могућности остварења бољих резултата. Поделом испитаника у групе и награђивањем на основу индивидуалних и групних резултата остварује се додатна мотивација на основу одговорности према члановима групе. Попуњавањем анкета након истраживања студенти су исказали позитивно мишљење о игри. Најзаступљенији коментари су: „Боље сам се спремио за испит“, „Успешно се учи“, „Забавно је“, „Желим поново да користим игру“. Студенти који су користили игру остварили су боље резултате на испиту (Cheung & Ng, 2021).

Применом игара у образовању софтверског инжењерства примећено је задовољство студената и заинтересованост за овај вид образовања (Ibrahim et al., 2018). Анализирани су примери имплементације више приступа имплементације. Један од примера је Алготаурус, проширење претходног система званог Лавиринт. Овај приступ се заснива на минијезицима. Креирано је решење које даје проблеме корисницима које они треба да реше применом малог скупа команди. Приступ је намењен да студенте припреми за логично размишљање и примену алгоритама, а не за специфичне програмске језике (Krajcsi et al., 2021).

Поред стандардних образовних институција, игре за учење су почеле да се примењују и у

музејима. Применом нових технологија музеји настоје да побољшају пренос знања и искуство које пружају. Након дигитализације садржаја у виду гласовних водича и мултимедијалних симулација догађаја из прошлости, примењен је приступ интеракције имплементацијом игара. Коришћењем игара, посетиоцима је омогућено да проживе историјске догађаје као учесници симулације (Komarac et al., 2020; Lopez-Martinez et al., 2020).

Едукативне игре се користе и за развој вештина. Испитане су примене компјутерских игара на развој интелектуалних и друштвених карактеристика студената. Тимским играма су остварени бољи резултати завршетка добијених задатака као и ниво сарадње између чланова тима (Riivari et al., 2021). Применом стратешких игара испитана је могућност развоја иновативног размишљања (Franco & DeLuca, 2019) и стилова вођства (Sousa & Rocha, 2019).

Turchi, 2019. анализира примену учења кроз игру за развој логичког размишљања. Анализом попуњених анкета добијен је позитиван одговор прихваћености имплементације понуђеног решења. Битан аспект уочен током експеримента је социјална интеракција између учесника који доприноси већој заинтересованости (Turchi et al., 2019)

3.2.1 Анализа система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја

Концепт IoT-а врти се око речи „паметност“ – „способност да се самостално добије и примени знање“. Интернет интелигентних уређаја чине паметни уређаји који међусобно комуницирају стандардизованим комуникационим протоколима. Паметни уређаји пружају већи степен аутоматизације, безбедности података и доношења одлука (Ahmed et al., 2016; Shafique et al., 2020). IoT модификује начин живота, што значи респонзивна решења, иновативне производе, ефикасну производњу и на крају доводи до узбудљивих нових начина имплементације процеса (Winer & Cooperstock, 2002). Постоје три компоненте које чине основу IoT архитектуре (Shafique et al., 2020):

1. Хардвер: састоји се од сензорских чворова, уграђених комуникационих кола и кола за повезивање;
2. Слој сервиса: састоји се од ресурса за складиштење, анализу и руковање подацима;
3. Презентациони слој: састоји се од ефикасних алата за визуелизацију који су компатибилни са различитим платформама за различите апликације и представљају податке крајњем кориснику у разумљивом облику.

Применом IoT-а може се постићи побољшање различитих процеса како би били квантитативнији и мерљивији прикупљањем и обрадом велике количине података (Shi et al., 2020). Истраживања су испитала области за које се очекује унапређење процеса и услуга применом интернета интелигентних уређаја. Неке од наведених области су медицина, креирање паметних градова, грађевинска индустрија, пољопривреда и администрација у енергетском сектору (Vandyopadhyay & Sen, 2011; Motlagh et al., 2020). Ово је омогућено пружањем повећаног аутоматизованог доношења одлука у реалном времену (Motlagh et al., 2020; Parra & Guerrero, 2020). Очекује се да ће IoT омогућити комуникацију у било које време, било где за све повезане услуге (Motlagh et al., 2020). То значи да су IoT системи засновани на децентрализованим и мобилним карактеристикама (S. Chen et al., 2014; Motlagh et al., 2020).

Истраживачи промовишу паметно образовање путем интернета интелигентних уређаја, опремајући објекте у окружењу за учење сензорима, актуаторима и процесорима. Ово омогућава праћење студената у процесу учења (Kurpusamy, 2019).

Примена IoT сензора и уређаја примењена је у образовању физичког васпитања. Сензори су

коришћени за давање инструкција студентима и мерење перформанси током тренинга и физичких тестова (Yan Wang et al., 2021). Праћењем виталних сигнала учесника образовање може да се прилагоди индивидуама (Y. Zhu et al., 2021).

Комбинација IoT екосистема са образовним играма зове се *Паметне образовне игре*. Паметне образовне игре су алати који могу да реше проблеме у стварном свету у било ком домену где технологија игара може да помогне (Fominykh et al., 2015). У међусобно повезаном IoT екосистему, образовне игре би могле прикупити и анализирати податке из физичких окружења играча и представити их кориснику, како би пружиле бољи увид у понашање играча. Коришћење података о понашању играча омогућава програмерима игара да побољшају игру, пружа робусније закључке о истраживањима везаним за игре и помаже индустрији да прилагоди садржај у игри тако да одговара задовољству играча, између осталог (Henry et al., 2021). Истраживање примене сензорских технологија истакло је гејмификацију као област високог потенцијала јер омогућава подацима заснованим на сензорима да корисницима дају препоруке, стварајући паметно решење (Swan, 2012).

Циљ истраживања које су спровели Tangworakitthaworn et al, 2020. године, односи се на превазилажење јаза између информатике и пољопривредне науке увођењем озбиљних игара пољопривредних система учења. Предложени приступ је пренос знања о пољопривредном садржају кроз две иновативне методе унапређења система образовања. Коришћене иновације су креирање интелигентне посуде за биљке користећи IoT технологију и креирање игре која ће служити за едукацију студената у области агрикултуре (Tangworakitthaworn et al., 2020). Резултати су показали да се имплементацијом игара достиже задовољавајући ниво очувања биљака коришћених у истраживању (Tangworakitthaworn et al., 2020).

Интернет интелигентних уређаја се може користити за унапређење учења кроз игру. Физички аспекти интернета интелигентних уређаја доприносе интеракцији и практичном искуству студената. Одржавањем игара у оквиру IoT система могуће је симулирати реалне ситуације и мерити адаптацију играча на окружење (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017b).

Разматра се и о употреби IoT уређаја као алата за подучавање софтверског инжењерства Маенраа et al, 2017). Открили су да се студентима допадала идеја о обуци и учењу кроз искуство, наводећи да су, напредовањем, ствари постале много јасније (Маенраа et al., 2017; Petrović et al., 2022). Надаље, Karvinen and Karvinen, 2018. истражују предности подучавања инжењера наводећи их да своје идеје претворе у IoT прототипове (Karvinen & Karvinen, 2018; Petrović et al., 2022). IoT се може користити за унапређење других области учења пружајући уређаје и технологију учионици, стварајући паметно окружење за учење (Petrović et al., 2022; Petrović, Stojanović, et al., 2017).

Petrović et al, 2017. испитују ефекте имплементације IoT едукативне игре у оквиру курса интернета интелигентних уређаја у високошколском образовању. Креирана је игра која се одвија на IoT полигонима и служи да тестира способност студената да препознају, допуне и користе компоненте које су им служиле за обуку током курса (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017b).

3.2.2 Анализа система за учење кроз игру применом мобилних технологија и проширене стварности

Нове технологије играју главну улогу у образовном систему јер пружају нове могућности студентима да другачије доживе учење, да дубље разумеју свет око себе и разбуктају своју машту. Имерзивне технологије као што су проширена стварност (AR) и виртуална стварност

(*BP*) postale su popularno sredstvo za podučavanje i učenje u različitim disciplinama (Iatsyshyn et al., 2020; Laine, 2018; Vesisenaho et al., 2019). Студије су истакле педагошке предности проширене стварности и учења кроз игру; поменуте предности остварују се на тај начин што се и професорима и студентима пружају различити сервиси и технике учења од којих је најзначајнија интеракција са садржајем (Pavlidis & Markantonatou, 2021). Имплементацијом виртуалне стварности (*BP*) и проширене стварности (*AP*) у наставном процесу допринело је већем степену интеракције и посвећивању пажње настави током предавања (Oyelere et al., 2020). Истраживање о коришћењу проширене стварности у настави показало је да се визуелна проширена стварност најбоље користи за концепте који захтевају визуелно разумевање и визуелизацију (Radu et al., 2016). Истраживања су показала да проширена стварност омогућава софистицираније, интерактивније облике учења засноване на открићима (Iqbal et al., 2022). Постоји пет врста апликација проширене стварности које се користе у настави (Yuen et al., 2011):

- *AP* књиге;
- *AP* едукативне игре;
- Апликације за учење засноване на *AP* открићу;
- *AP* пројекти који моделирају објекте из стварног света за интеракцију;
- *AP* пројекти који истражују обуку засновану на вештинама.

Иновације у технологији створиле су нове облике игара које прате трендове и одржавају привлачност млађој публици, а најновији тренд су мобилне игре, игре проширене стварности и игре засноване на интернету интелигентних уређаја (Göbel et al., 2010). Мерења учинка имплементације учења кроз игру и проширене стварности у инжењерском образовању забележила су позитивне резултате (Dinis et al., 2017). Различите активности које се спроводе у различитим областима показују да студенти откривају процену за интеграцију иновативних технологија као што су виртуална или проширена стварност у процес учења (Dinis et al., 2017; Sudarmilah & Kholifah, 2020).

Технологије као што су проширена стварност и њихова примена у дигиталним играма намењеним образовању имају потенцијал за мотивисање студената (Bruno, 2019). Проширена стварност кориснику пружа јединствени приказ света који је настао као комбинација физичког и виртуалног. Комбинација настаје спајањем стварног света у коме се корисник налази и компјутерски генерисаних виртуалних сцена. То је интерактивно окружење у коме је стварност побољшана виртуалним објектима у реалном времену (Kesim & Ozarslan, 2012). Анализом литературе примећено је да употреба едукативних игара са елементима проширене стварности у наставним активностима доводи до повећања ефикасности учења. Остале погодности које доноси могу се сумирати у повећање мотивације и заинтересованости студената, побољшања комуникације и интеракције између учесника и већег степена задовољства након учења (Ređer & Hajdin, 2021).

Дигиталне игре могу бити продуктиван метод за развијање вештина научне аргументације на начин усклађен са потребама образовних система 21. века (Steinkuehler & Chmiel, 2006). Игре проширене стварности на преносним рачунарима су узбудљив нови педагошки модел за развој студентске научне писмености, посебно њихове вештине аргументовања. Играње игара проширене стварности уронило је студенте у неку врсту научне аргументације коју је тешко постићи, а коју предавачи желе као примарни циљ научног образовања. Овај успех је постигнут коришћењем карактеристика игре (изазови, улоге и сарадња) (Squire & Jan, 2007).

Sung et al, 2016. анализирају покушај да се окрене коришћењу мобилних телефона у образовању уместо да се њихова употреба забрани (Sung et al., 2016). Wang & Zhu, 2009. уочава недостатак

времена и ресурсa за постизање адекватне количине практичних вештина током модерног инжењерског образовања (Stojanović et al., 2020; T. Wang & Zhu, 2009). Решење предложено у овом раду је употреба симулационе игре у којој студенти могу да играју улогу и стекну искуство у целокупном процесу дизајнирања софтвера (Emblen-Perry, 2018; Petrović et al., 2022). Игре као наставна средства присутне су и у Monsalve et al., 2011, где аутори испитују употребу веб-игара, сличних играма на плочи и картама, за опонашање процеса развоја софтвера (Monsalve et al., 2011; Petrović et al., 2022). Coller et al., 2009. истраживали су студенте машинства путем такмичења у којем пишу програме за контролу симулираних аутомобила и такмичећи се једни против других (Coller & Shernoff, 2009). Са развојем 3Д игара уочава се пораст њихове популарности (Gu & Duh, 2011).

Коришћење проширене стварности у образовним играма доводи до хибридних игара, у којима дигитални и физички објекти могу међусобно да комуницирају (Н. Lee, 2008; Petrović et al., 2018). То је нови медијум који комбинује мноштво различитих аспеката рачунара и нуди јединствен приступ уз континуирану и имплицитну контролу корисника. Игре засноване на проширеној стварности су пратиле мобилне телефоне и користе се за подучавање многих предмета као што су математика, дизајн, наука и медицина (Francese et al., 2018; K. Lee, 2012).

У медицинском образовању примећен је допринос проширене стварности. Преласком са 2Д слике на 3Д моделе генерисане паметним уређајима, студенти медицине могу боље схватити концепт многих елемената у својој студијској области попут анатомије. Напредак у мобилним уређајима и њихова обрада и приказ графике повећава играчки потенцијал мобилних телефона (Petrović et al., 2018). Један такав пример је описан у Sherstyuk et al., 2011. (Sherstyuk et al., 2011). У овом примеру, аутори описују поступак интеракције са 3Д моделом пацијента. Захваљујући мобилним технологијама, модел се не приказује само у 3Д формату, већ је и флексибилан и потпуно функционалан. На овај начин се заобилазе многа хардверска ограничења физичких алата и студенти су у стању да стекну практично знање у далеко већем капацитету (Petrović et al., 2018).

Lin et al., 2021. анализирају имплементацију друштвене игре повезане са проширеном стварношћу у медицинском образовању са циљем да испитају утицај примене решења на мотивацију студената и помоћ у одабиру сфере даљег образовања. Посматране су две групе студената, студенти са друштвеном игром без проширене стварности и студенти са друштвеном игром са проширеном стварношћу. Анализом резултата и попуњених упитника показано је да се коришћењем апликације проширене стварности студенти лакше и брже сналазе у игри и да им је већи ниво мотивације за учење (Н. С. К. Lin et al., 2021).

Примећена су два типа мобилних игара примењених у музејима. Игре засноване на решавању загонетки или одговарању на питања која остварују ангажовање посетилаца и пренос знања, али су критиковане као независне од контекста садржаја који се користи (Klopfer, Perry, Squire, Jan, et al., 2017). Други тип игара је заснован на концепту симулације улога и остварени су бољи резултати разумевања садржаја експонената музеја (Raay et al., 2008). Даљом анализом примећени су недостаци овог решења. Током играња игара фокус посетилаца био је на решавању добијених задатака и експоненти су изгубили значај након што је задатак решен (Klopfer, Perry, Squire, & Jan, 2017). Са циљем отклањања примећених недостатака предложен је трећи тип игре, адаптивне мобилне игре. Дефинисана је хипотеза да системи мобилне игре треба да буду адаптивни сваком посетиоцу и омогуће манипулацију дигиталног садржаја везаног за контекст експонената како би се остварио виши ниво мотивације (Yiannoutsou & Avouris, 2012).

3.2.3 Едукативне игре и паметна окружења

Учење кроз игру коришћењем технологије у паметном окружењу за учење омогућава студентима стицање знања и развој когнитивних и социјалних вештина (Carruana Martín et al., 2021). Предности и потребе озбиљних игара захтевају имплементацију напредних технологија доступних у паметним окружењима како би се боље спровео процес учења. Игре у паметним окружењима нису само интерактивне, већ су и способне да аутоматски прате и прикупљају податке о активностима студената (Husnanda & Ikhsan, 2021). Учење кроз игру пружа студентима забавно, интерактивно и изазовно искуство учења. Поред преноса знања, студенти могу да увежбају практичну примену савладаног знања као и да се тестирају и мере напредак (С. Н. Chen et al., 2018). Овај тип учења пружа студентима контекстуализовано и персонализовано окружење за учење које задовољава индивидуалне потребе различитих типова студената (Sykes & Dubreil, 2019).

Модерне едукативне игре креиране су коришћењем напредних технологија и за њихову имплементацију су потребни одговарајући технички услови. Техничке карактеристике паметних образовних окружења служе као почетна инфраструктура за имплементацију едукативних игара. Неке од погодности паметних окружења су: приступ интернету и интранету, присуство разних сензора који могу помоћи при игрању игре и присуство интерфејса који олакшавају сам процес имплементације. Уколико се ради о паметним учионицама, постоји додатна предност, интеграција са постојећим системима за учење. Предности примене игара за учење у паметним окружењима могу се поделити у следеће категорије (Zhang & Li, 2021):

- Прикупљање података о студентима и процесу игре;
- Прилагођавање игре студентима;
- Преглед остварених резултата и такмичења;
- Интеракција са системом игре.

KidSpace је паметан простор за децу који користи видљиви агент за вођење учења кроз игру, омогућен централизованим пројекционим уређајем који осећа мултимодалну интерактивност и интелигентно пројектује садржај проширене стварности преко површина. Окружења као што је *KidSpace* нуде потенцијал за богат приказ садржаја, мултимодални улаз/излаз, снажну физичку активност, заједничка искуства и мотивационе повратне информације засноване на праћењу активности (Bobick et al., 1999). Деца су радо комуницирала са визуелним агентом кроз више модалитета уноса и била су мотивисана да присуствују активностима учења. Постављали су агенту питања и покушавали физичку интеракцију са њим на разне изненађујуће начине (G. J. Anderson et al., 2018). Радови су показали да ће деца разговарати са цртаним филмовима и видео записима људи на сличан начин (Hyde et al., 2014) и да пројектовани *AP* лик има потенцијал за „учење кроз подучавање“ (Lenat & Durlach, 2014).

Истраживања показују да је студија спроведена са циљем да се покуша анализирати процес учења хемије на нивоу средње школе. У интеракцији са студентима различитих школа дошло се до закључка да су главни проблеми у разумевању 3Д структура у предмету повезани са тешкоћама у визуализацији просторног распореда различитих атома у 3Д простору, формирањем везе и типом везе између различитих атома, утицаја молекула и везног угла и усамљеног пара на постојећу везу. Следећи циљ истраживања је био да се ови проблеми реше на начин да би студенти стекли много веће разумевање и интересовање за тему. На нивоу средње школе имплементиран је систем проширене реалности за наставу хемије. За имплементацију су коришћене нискобуџетне камере. Софтвер је био јавно доступан. Креирано је окружење за тимски рад које подржава неколико група студената у интеракцији са елементима система (Alrige et al., 2021). Интеракција је обрађена коришћењем ручних маркера и библиотеке

софтвера проширене стварности у јавном власништву. Остварени резултати на разним изложбама су показали да студенти уживају и стичу више знања о молекуларним структурама. Запажено је значајно побољшање просторне интуиције и разумевања визуалних знакова (Fjeld & Voegtli, 2002; Singhal et al., 2012).

Petrović et al, 2016. имплементирају едукативну игру у оквиру паметног образовног окружења. Коришћењем предности паметне учионице имплементација игре је успешно компетирана. Истраживање је показало да су студенти остварили боље резултате учења коришћењем едукативне игре у паметном окружењу (Petrović, Stojanović, et al., 2017).

4 Моделирање система за учење кроз игру применом интернета интелегентних уређаја

4.1 Анализа постојећих модела

Научни радови који се баве применом интернета интелегентних уређаја до сада су већином фокусирани на технолошке теме, проблем имплементације технолошких решења и у областима различитим од образовања. Уочен је недостатак постојања обједињеног теоријског модела примене IoT-а у области образовања. Постоје више истраживања посвећених IoT технолошким темама, него интеграцији решења у постојеће системе (Karlov et al., 2019). Примећен је недостатак знања за унапређење техничке примене, као и недостатак дефинисаних смерница за решење питања приватности. Такође, уочен је недостатак целовитог модела учења за имплементацију решења IoT-а (Bagheri & Movahed, 2017). Као кључни, издвојени су следећи проблеми: недостатак регулативе, комплексност архитектуре, недостатак стандарда, интеграција са постојећим системима (Al-Emran et al., 2020).

Имплементација интернета интелегентних уређаја не гарантује добро корисничко искуство (Hoffman & Novak, 2015). За решавање проблема имплементације интернета интелегентних уређаја користи се *TOE* оквир (енгл. T – technological context, O – organisational context, E – environmental context) (Dlamini & Johnston, 2017). Интернет интелегентних уређаја олакшава прилагођавање наставног процеса индивидуалним потребама, капацитетима и тенденцијама студента (Stojanović et al., 2020).

E-образовање омогућава доживотно учење (енг. Long-life learning) и боље индивидуално прилагођавање учења у високом образовању. Ове предности су присутне како у савладавању наставних садржаја тако и у тестирању знања. У овом типу учења студент је у центру образовног процеса, док професори осим преноса знања имају и додатне одговорности да пруже подршку студентима, мотивишу их и евалуирају задатке и пројекте (Al-Fraihat et al., 2020). Употреба интернет и IoT технологија у образовању омогућава комбиновање формалног и неформалног учења и свеприсутно учење без обзира на време и место (Vallejo-Correa et al., 2021). Истраживања о коришћењу мобилних и IoT технологија у области едукације показала су позитиван утицај на ефикасност учења (Karabatzaki et al., 2018). Мобилне и IoT технологије олакшавају организацију наставних активности и комуникацију професора и студената. Имплементација мобилних технологија у образовању полази од претпоставке да студенти већ користе и прихватају мобилне уређаје у свакодневном животу (Stošić & Bogdanović, 2013).

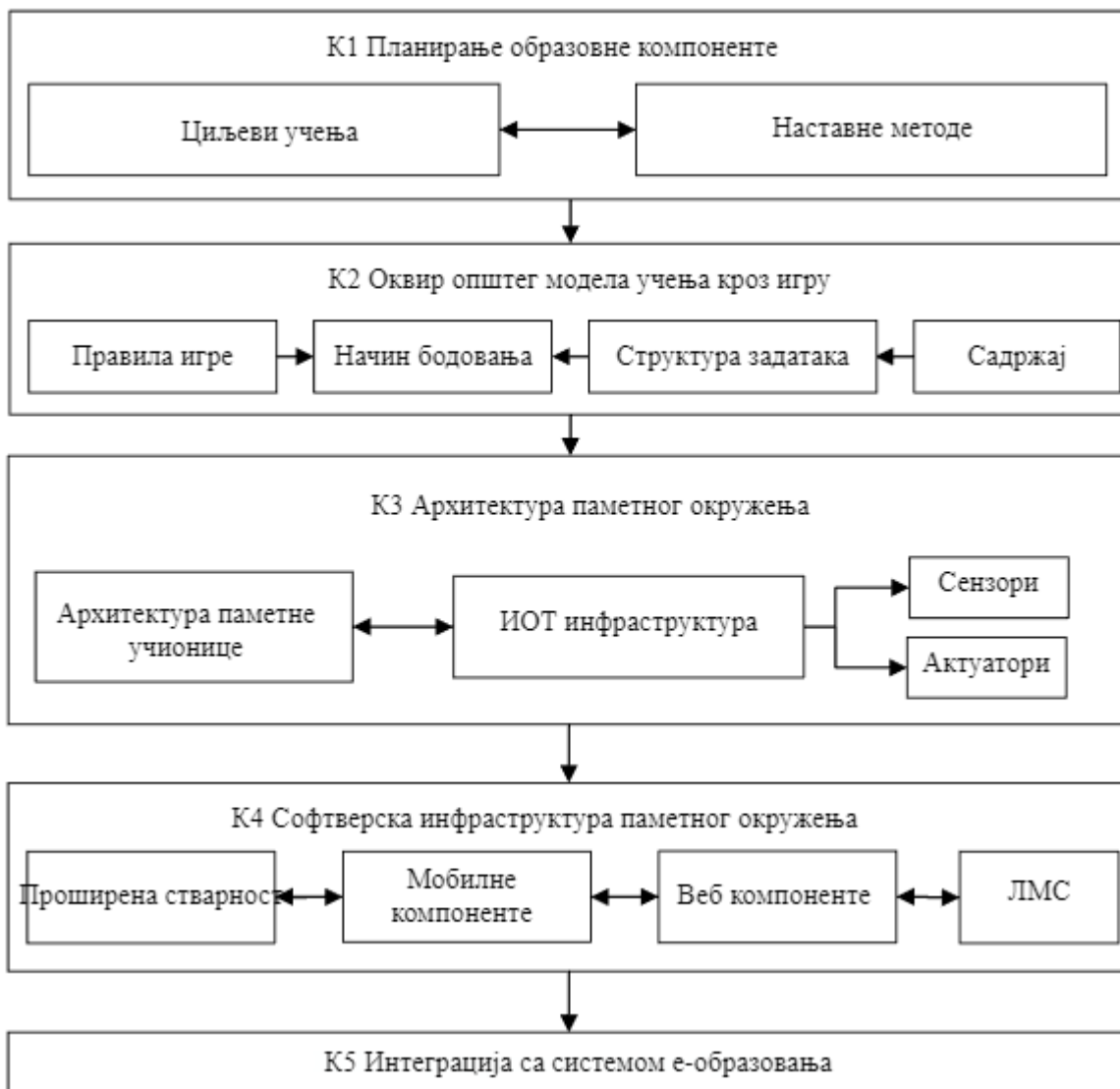
Коришћење интернета интелегентних уређаја у образовању резултује у већој количини података о учењу које професори користе како би се прилагодили потребама студената и њиховим потешкоћама у учењу (Y. B. Lin et al., 2018). Модел учења реализован применом интернета интелегентних уређаја довео је до промена образовних институција (Petrović, Stojanović, et al., 2017). Анализе су показале да примена интернета интелегентних уређаја утиче на смањење трошкова, поузданост и персонализовано учење.

Једно решење примене интернета интелегентних уређаја у образовању креирано на Факултету Организационих наука Универзитета у Београду, на Катедри за електронско пословање је примена едукативне интерактивне игре. Развијени модел повећава заинтересованост студената за учење приликом унапређења знања из области интернета интелегентних уређаја (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017a). У овој докторској дисертацији детаљно је описан развој интерактивног образовног окружења заснованог на интернету интелегентних уређаја које студентима омогућава учење кроз игру. IoT у комбинацији са учењем заснованим на играма

нуди нове могућности за побољшање наставе и учења (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017a). Развијени систем има за циљ да мотивише студенте да стекну и побољшају знање из области интернета интелигентних уређаја (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017a).

4.2 Развој модела

Моделирање паметног образовног окружења за учење кроз игру представља начин да се сервиси интернета интелигентних уређаја, мобилне технологије и едукативних игара повежу у јединствен систем који служи за унапређење процеса учења у високошколском образовању. Предложени модел образовања у паметним образовним окружењима обухвата следеће компоненте: оквир система учења кроз игру, архитектуру паметног окружења, софтверску инфраструктуру паметног окружења, тестирање знања путем игара, интеграцију компоненти интернета интелигентних уређаја са системом е-образовања.



Слика 2: Општа структура модела паметног окружења за учење кроз игру

4.2.1 Планирање образовне компоненте

4.2.1.1 Циљеви учења

Први корак у планирању модела је дефинисање циљева и исхода учења. Успех модела учења се мери на основу ефикасности и ефективности процеса преноса знања, одржавања мотивације студената и остварених исхода учења (Tungkunanan, 2020). Паметна образовна окружења, IoT и проширена стварност имају широк опсег могућих ефеката на мотивацију студената и исходе учења.

Паметно учење је савремена парадигма учења чији концепти помажу при стварању ефикасног окружења за учење (Baris, 2015). Паметно окружење које имплементира паметно учење студентима нуди персонализоване садржаје прилагођене студентима и моделу образовања. Студентима су омогућени комуникација и потребни ресурси за учење (Baris, 2015). Тренутно, већина система паметног учења има потешкоћа у повезивању и дељењу података са другим системима, односно недостају му систематско распоређивање, варење и апсорпција садржаја учења у другим системима. Ово може довести до дуплирања у креирању наставних ресурса и слабог коришћења постојећих ресурса што се може решити применом рачунарства у облаку (S. Kim et al., 2011). Рачунарство у облаку својим корисницима обезбеђује ИТ ресурсе путем интернета (Shilpashree et al., 2018). Корисници рачунарства у облаку користе апликативни софтвер, простор за складиштење и остале ИТ ресурсе без потребе да их поседују (Minh Dang et al., 2019). Корисници треба да плате само трошкове коришћења за ресурсе које су користили. Концепт рачунарства у облаку је комбинација дистрибуираног рачунарства, рачунарства мреже и рачунарства услужних програма (Taleb & Mohamed, 2020).

Паметно образовно окружење пружа технолошке услуге студентима, на кампусу и онлајн настави, олакшава удаљене интеракције између студената и факултета и сарадњу између студената (Gambo & Shakir, 2021; Hoel & Mason, 2018). Појава окружења за паметно учење као области која се брзо развија представља начин на који су објекти учења, процеси учења и активности учења међусобно повезани што може да пружи персонализована и инклузивна искуства учења (Han & Xu, 2021). Паметно окружење за учење може се развити коришћењем паметних и мобилних технологија како би се персонализација учења задовољила са стиливима учења и потребама студената (Uskov et al., 2017). Овакво окружење доноси промену парадигме од традиционалних приступа учењу ка новим методама учења и нуди окружење за учење усредсређено на студента које интегрише различите педагошке методе и стратегије за вежбање и размишљање о процесу учења (Singh & Miah, 2020). Паметно образовно окружење креира нови приступ учењу интеграцијом технологија које резултује паметним учењем које задовољава потребе студената (Gambo & Shakir, 2021).

Креирање окружења у коме студенти могу да уче на иновативан начин којим им се повећава заинтересованост за учење, мотивација и исход учења главни је циљ модела. Модел се реализује употребом технологија проширене стварности, IoT-а, интернета, мобилних уређаја и учења кроз игру. Окружење дефинисано у моделу прилагођава се појединачним потребама студената. Професори конфигуришу окружење тако што креирају и модификују наставне јединице и игре. Применом интернета интелигентних уређаја остварена је контекстуално релевантна комуникација са студентима у реалном времену (Mohammadian, 2020). Овим технологијама могуће је унапредити искуство учења, ангажовати студента и омогућити му да се осећа као део наставе (Chweya & Ibrahim, 2021). Подаци које прикупљају интелигентни уређаји и напредна аналитика омогућавају професору да разуме тренутно стање студената, њихово разумевање материје изучавања и потенцијалне проблеме приликом учења (Castillo-Segura et al., 2021). Овде је сумирана, али не и коначна, листа могућих циљева везаних за студенте и учење:

- већа заинтересованост за област изучавања;
- већи ниво мотивације током учења;
- већи ниво комуникације и сарадње са другим студентима и професорима;
- бољи исходи учења.

Почетне фазе учења могле би бити вођене мотивацијом (M. H. Lin et al., 2017), при чему би се и унутрашња и спољашња мотивација допуњавале. Мотивација за учење се може сматрати инхерентним уверењем да се усмеравају индивидуални циљеви учења, подстичу понашања у учењу да улажу континуиране напоре, јачају историју сазнања и јачају и побољшавају исход учења (Shabani, 2012). Студенти би у почетку добијали подстицаје од других, али би се временом мотивација могла трансформисати из спољашње у унутрашњу (Gruzd et al., 2012; M. H. Lin et al., 2017). Спољашњу мотивацију представља мотивација за учење изазвана наградама или казнама других и идентитетом одређене вредности понашања. Други аутори или проучаваоци, мотивацијом за учење сматрали су намеру или жељу студента да учествује и улаже напоре у учењу које је вршено по њиховом избору одређене активности и напора који за ту активност улажу (Koff & Mullis, 2011). Доказано је да студенти више воле самостално решавање задатака на одређеном послу (понашања су вођена унутрашњом мотивацијом), али би им наставници помогли да реше неке проблеме у учењу (понашања се подстичу спољашњом стимулацијом) (C. C. Chou et al., 2012).

Академски исход учења студената се кроз историју дефинисао терминима академски учинак, исход учења, академско постигнуће или постигнуће у учењу који изражавају исте идеје (Erikson & Erikson, 2019; M. H. Lin et al., 2017). Исход учења је индикатор за мерење ефекта учења ученика као и главна ставка за евалуацију квалитета наставе (Hamilton et al., 2021). На исход учења би утицали начин учења, дизајн наставног плана и програма и настава о којој су многи истраживачи расправљали о ефектима личних карактеристика или понашања у учењу на учинак учења (Jude et al., 2014). Дефинисане су две димензије у исходу учења (Caspersen et al., 2017):

- (1) Ефекат учења – укључујући резултат теста, време за завршетак распореда и академско постигнуће;
- (2) Добитак у учењу – који садржи задовољство учењем, постигнуће и склоност.

Очекивани исходи примене модела су:

- Повећана мотивација студената;
- Већи ниво интеракције студената током наставе;
- Бољи резултати приликом полагања теста.

Приликом креирања плана наставе који би испунио поменуте циљеве и омогућио достизање тражених исхода учења потребно је пратити ревидирану Блумову таксономију (L. W. Anderson et al., 2001a). Блумова таксономија пружа важан оквир који наставници могу да користе да би се фокусирали на размишљање вишег реда и, обезбеђујући хијерархију нивоа, ова таксономија може помоћи наставницима у дизајнирању задатака за перформансе, креирању питања за разговор са ученицима и пружању повратних информација (Adesoji, 2018). Аутори ревидиране таксономије наглашавају динамизам, користећи глаголе за означавање њихових категорија и поткатегорија (уместо именица оригиналне таксономије). Ове „акционе речи“ описују когнитивне процесе помоћу којих се мислиоци сусрећу и раде са знањем. Овим приступом се пребацује фокус на развој способности примене и унапређења знања уместо само на стицање (L. W. Anderson et al., 2001b). Приликом анализе исхода учења коришћењем учења кроз игру

запажено је да је најпопуларнија ревидирана Блумова таксономија (De Gloria et al., 2014).

Структура димензије когнитивног процеса ревидиране таксономије (Krathwohl, 2002):

1. Запамтити – преузимање релевантног знања из дугорочног памћења;
2. Разумети – одређивање значења наставних порука, укључујући усмену, писану и графичку комуникацију;
3. Применити – спровођење или коришћење процедуре у датој ситуацији;
4. Анализирати – разбијање материјала на његове саставне делове и откривање како су делови повезани једни са другима и са општом структуром или сврхом;
5. Евалуирати – доношење закључака на основу критеријума и стандарда;
6. Креирати – спајање елемената да би се формирала нова, кохерентна целина или направио оригиналан производ.

У универзитетском образовању, фокус је на евалуацији и креирању.

Применом таксономије и анализом типова игара добијене су следећи резултати:

Димензија когнитивног процеса	Тип игре	Примена у паметном окружењу
Запамтити	Квиз	Присутно у <i>LMS</i> -у
Разумети	Квиз, игре са причом	Присутно у <i>LMS</i> -у
Применити	Квиз, симулације, играње улога	Присутно у паметном окружењу
Анализирати	Стратегија	Присутно у паметном окружењу
Евалуација	Симулације	Присутно у паметном окружењу
Креирати	Симулације, решавање проблема	Присутно у паметном окружењу

Табела 1 Типови игара за имплементацију Блумове таксономије

4.2.1.2 Наставне методе

Образовање је основна потреба човечанства и основни елемент за напредак једне земље (Hafeez et al., 2020). Најважнији изазов у образовном процесу је избор наставних метода како би процес учења био ефикасан. Примена одабраних метода треба да код студента развије вештине критичког размишљања и расуђивања (Senthamarai, 2018). Два важна фактора за развој вештина критичког мишљења међу студентима су стратегија коју усваја инструктор и динамично ангажовање студената у процесу учења наставе (Nelson, 2017). У процесу наставе/учења, инструктор мора да делује као водич уместо да преноси знање (Molbaek, 2018). Настава се може поделити на метод традиционалног предавања и нетрадиционалне методе (Nishat Zafar , Muhammad Hafeez, 2021).

Традиционални метод предавања је једносмерни разговор у коме инструктор износи информације пред публику (Gholami et al., 2016). Након предавања, инструктор даје белешке и задаје неке задатке као домаћи (Gregorius, 2017). У традиционалним методама предавања, не спроводи се повратна сесија за студенте (Almanasef et al., 2020). Генерално, врло мало разговора се дешава између студента и инструктора (Sarihan et al., 2016). Студенти добијају пасивну стратегију учења (Shreyasi Shubhendu, 2017).

Нетрадиционалне наставне методе буде радозналост и креативност студената и мотивишу их да учествују у активностима на часу (Karabulut-Ilgu et al., 2018). Најприсутније нетрадиционалне методе су дискусија, преокренута учионица, гејмификација, студија случаја, друштвени медији и самоучење (Safarour et al., 2019). Стратегија подучавања дискусије укључује активности у малим групама за дискусију и проналажење решења проблема (X. Wang, 2016). Метода наставе дискусије назива се и конструктивним процесом учења (Jian, 2019). Метода наставе дискусије је метода двосмерног разговора (Abdulbaki et al., 2018). То је активна стратегија учења (Shreyasi Shubhendu, 2017). Метода преокренуте учионице може се дефинисати као „догађаји који су се традиционално одвијали у учионици, али се сада дешавају ван учионице и обрнуто“ (Lage et al., 2000). Метод гејмификације је „употреба елемената дизајна игре у контексту који није у игри“ (Deterding et al., 2011). Циљ наставне методе студије случаја је да се „истраже савремени феномени у контексту њиховог стварног живота“ (Ebneyamini & Sadeghi Moghadam, 2018). Коначно, самоучење се дефинише као метода у којој студенти могу да користе алате и ресурсе како год желе да унапреде своје знање, способности и вештине и постигну своје индивидуалне циљеве (Sun et al., 2010). Нова генерација студената се ослања на електронске уређаје у различитим аспектима свог живота па се због тога назива „мрежни студенти“ (Safarour et al., 2019; Shittu et al., 2011).

Традиционални метод предавања препоручује се само када је трансфер знања главна сврха (Y. N. Li et al., 2020). Традиционална метода предавања не развија вештине критичког размишљања код студената (Dehghanzadeh & Jafaraghaee, 2018). Метод наставе дискусије је ефикасна настава стратегија за развој вештина критичког мишљења код студената (Behar-Horenstein & Niu, 2011). Истраживање је закључило да студенти стичу више пажње и вештине критичког мишљења у методи дискусије у малим групама (Ardeleanu & Vasile, 2019). Ова наставна метода такође побољшава менталне способности и ниво интелигенције за решавање стварних животних проблема. Ефикасност метода дискусијске наставе доказали су многи истраживачи (Chukwurah et al., 2020). Резултати су показали да је метод дискусије ефикаснија и кориснија стратегија наставе и учења за побољшање критичког мишљења и комуникацијских вештина студената (Seeley, 2017).

У 2013. години примећено је да су студенти који су учествовали у преокренутој учионици имали бољи или барем подједнако добар учинак на упоредивим питањима квиза (G. S. Mason et al., 2013). У 2016. години утврђено је да, иако је неколико студената имало изазове повезане са временским захтевима, у целини дошло до значајног побољшања у њиховом учинку (Koo et al., 2016). У студији из 2010. примена преокренуте учионице је довела до побољшања учинка студената за 21% (Moravec et al., 2010). Метод наставе са преокренутим учионицама је добио на значају у многим областима инжењерства, као што су рачунарско инжењерство, грађевинарство и машинство (Kanelopoulos et al., 2017).

Бројна истраживања су се бавила предностима примене методе гејмификације и откриле су да су студенти показали повећање ангажованости и мотивације током наставе (Berkling & Thomas, 2013; Safarour et al., 2019; Son et al., 2011). Такмичење и бодовање у играма потпуније ангажују студенте, интеракције између играча позитивно утичу на друштвене вештине студената (Saleem et al., 2022). Бодовање и такмичење мотивишу студенте да се више труде (Burguillo, 2010; Safarour et al., 2019).

У табели 3 дати су иновативни наставни модели (Cvetković & Stanojević, 2017).

Персонализована настава	Наставна јединица је прилагођена индивидуалним потребама сваког студента.
Интегративна настава	Знања из разних области и предмета се интегришу и повезују у јединствену целину.
Хеуристичка настава	Студенти на основу претходних знања процесом закључивања долазе до новог знања.
Пројектна настава	Студенти у тимовима реализују додељене пројекте.
Проблемска настава	Самостално решавање проблема и тражење нових решења.
Учење кроз игру	Учење кроз медијум игара које држе пажњу студената.

Табела 2: Иновативни наставни модели

4.2.2 Оквир општег модела учења кроз игру

4.2.2.1 Садржај

Пре наставе неопходно је направити план наставе. План наставе треба да обухвата садржај који ће се учити током наставе. Садржај обухвата предавања професора (презентовање знања), практичну наставу (примену знања) и тестирање. Осим класичног предавања потребно је припремити материјал за учење који је увек доступан студентима преко система интегрисаних у паметно окружење. Након планирања и припреме материјала потребно је осмислити игре за примену и тестирање. У овој фази је неопходно узети у обзир тренутне техничке и технолошке способности окружења. На основу присутних IoT уређаја и имплементираних софтвера потребно је испланирати сваки задатак појединачно и спојити их у једну игру. Задаци су зависни од технологија примене и потребно је направити стандардизоване типове задатака због лакше класификације и имплементације. Компоненте коришћене у задацима морају бити пројектоване по принципу међусобне комуникације и комуникације са осталим елементима система.

4.2.2.2 Правила игре

Полазна хипотеза примене едукативних игара у образовању је утицај на мотивацију студената (Krath et al., 2021). Применом решења који захтевају интеракцију корисника остварује се већи ниво ангажовања и посвећености. Уколико је медијум преноса знања уједно и забаван за корисника примећени су бољи остварени резултати током тестирања знања у односу на контролну групу (Yu et al., 2021). Едукативне игре су примењене у разноврсним сферама учења.

Потенцијал игара у образовању тема је многих истраживача због привлачности студентима и њихове способности да их мотивишу. Због тога се истражује њихов благотворан утицај на процес учења (Petrović et al., 2022). Играње видео и компјутерских игара може имати позитиван

утицај на когнитивне способности играча попут доношења одлука, брзинског размишљања и брзине реакције (Barzilai & Blau, 2014; Erickson & Sammons-Lohse, 2021; В. Gros, 2007). Burguilo, 2010. допуњује то тумачење увођењем ефеката такмичења опсег истраживања и разматра могућност да такмичарска страна игре води бољој мотивацији и већем улагању труда у обављање образовних активности (Burguillo, 2010). Игре такође помажу усмеравање пажње на једну тачку која се може користити за ефикаснији пренос знања, уз мањи губитак информација услед „белог шума“ који ће одвлачити пажњу око нас (Domínguez et al., 2013; Subhash & Cudney, 2018). У психологији се највећи облик тога назива „фло“ и описује стање пуне уроњености у активност која концентрише сву концентрацију особе у један једини циљ (Csikszentmihalyi, 1975, 2008; Petrović et al., 2022). Када се користи у комбинацији са играма и „флоом“, образовање може бити занимљива, мотивациона и продуктивна активност у облику образовне игре (Emblen-Perry, 2018).

У зависности од циља игре и области наставног материјала потребно је одабрати тип игре која ће се креирати. Складно са типом игре и циљевима тестирања неопходно је дефинисати правила игре. Треба дефинисати број играча који ће чинити један тим уколико је тимска игра у питању. Игра треба да тестира знање студената па је потребно дефинисати да ли је тестирање временски ограничено за један покушај решавања, начин бодовања задатака, ток задатака који може бити насумични или секвенцијални и начин интеракције између задатака, учесника и система учења.

4.2.2.3 Структура задатака

У идеалном окружењу образовне игре, студенти уче како да решавају сложене проблеме. Проблеми у игри обично почну лако, а затим прогресивно постају све тежи, упоредо са развојем вештине играча. Студенти су мотивисани да науче јер се учење дешава кроз процес теорија, испитивања, размишљања и доношења закључака о симулираној ситуацији приказаној у игри. Циљеви су јасни, а информације постају доступне играчима како би се могао достићи сваки циљ (Namari et al., 2016).

Botte, 2009. дефинише три типа образовних игара (Botte et al., 2009; Silva, 2020). Први тип су игре играња улога које нису у обавези да симулирају стварни свет. Други тип су бизнис игре које у симулацији стварног света додају друге аспекте. Последњи тип игара осликава стварни свет у потпуности (Botte et al., 2009). Анализом типова игара добијена је методологија креирања образовних игара: дефинисање области учења, дефинисање циљева, дефинисање групе студената и анализа окружења и стила учења, одабир жанра игре, имплементација игре. Имплементација игре подразумева дефинисање механике игре (употреба постојеће или креирање нове), дефинисање процене резултата игре и анализа реакције студената на игру (Silva, 2020). Могућности примене жанра игара у зависности од циља учења може се видети у (Sherry, 2010):

Табела 3: Примена игара по жанру, преузето из [11]

	Знање	Разумевање	Примена	Анализа	Синтеза	Евалуација
1 - Пуцачина	X	X	X	X	X	X
2 - Акција	X	X	X	X	X	X
3 - Фантазија	X	X	X	X	X	X
4 - Спорт	X	X	X	X	X	X
5 - Симулација	X	X	X	X	X	X
6 - Пузла	X	X	X	X		
7 - Квиз	X					

Сходно типу материје изучавања и техничким ограничењима потребно је одабрати тип игре која ће се користити. Након одабира типа игре и креирања оквира игре, потребно је игру поделити у смислене подеке који ће се засебно пројектовати и имплементирати, такозване задатке. Задатак тестира један домен знања из материје изучавања. Потребно је дефинисати неопходни наставни материјал, техничку опрему и уколико се задатак решава физичким присуством у окружењу, локацију извршавања. Сваки задатак мора имати карактеристике комуникације са системом, комуникације са корисницима и мора испуњавати критеријуме забавног карактера и валидног преноса и тестирања знања.

4.2.2.4 Начин бодовања

Aslan & Balci, 2015. предлажу неколико параметара који се могу користити за процену квалитета игре (Aslan & Balci, 2015; Petrović et al., 2018):

- Прихватљивост – степен реализације циљева учења;
- Изазов – ниво мотивације;
- Јасноћа – ниво разумевања;
- Интерактивност – ниво интеракције између студента и игре;
- Награда – омогућава задовољство студента након испуњења циљева.

Анализе су показале да уколико је приложена награда атрактивна за студенте, примећује се веће ангажовање и ниво труда (Rahimi et al., 2021).

Поред мерења успешности преноса знања битно је и проверити задовољство играча датом игром. Како би игре биле занимљиве и приступачне корисницима потребно је дефинисати модел корисничког искуства. Фактори који утичу на искуство груписани су у следеће категорије (Nagalingam et al., 2020; Nagalingam & Ibrahim, 2015):

- Контекст играча,
- Ангажовање,
- Сврха игре,
- Интеракција и
- Могућност учења.

Приликом истраживања исхода учења кроз игру примећена су два типа исхода, промене у резултатима учења и промена у заинтересованости и мотивацији (Lamb et al., 2018; Sailer & Homner, 2020). Један од разлога популарности учења кроз игру је чињеница да се играње сматра мотивишућим (Bai et al., 2020; Krath et al., 2021). Истраживања су показала да учење кроз игру позитивно утиче на заинтересованост (Koivisto & Hamari, 2019; Petrović, Jezdović, Bogdanović, et al., 2017). Запажен је позитиван утицај игара на резултате учења примењеног на повећање нивоа креативности и меморизације и разумевања градива (Behnamnia et al., 2020; Vlachopoulos & Makri, 2017).

Резултати истраживања пружају доказ о позитивном ефекту коришћења учења заснованог на игри у контекст додипломског образовања. Конкретно, истакнута је примена учење кроз игру у групама зарад промовисања бољег исхода учења и интеракције између студената (Chan et al., 2021).

У складу са коришћеним правилима оцењивања и имплементираног LMS-а потребно је дефинисати поенску тежину игре. Остварена игра чини унапред дефинисани проценат завршне оцене и као таква има распон бодова које може да испуни. Приликом дефинисања задатака у игри, дефинише се и њихов учинак у укупним бодовима игре. Укупни резултат може се рачунати на основу времена потребног за завршетак игре, броја решених задатака и њихових бодова, учинка појединца у решавању уколико је игра намењена за тимски рад и позиције на ранг листи уколико се ради о такмичарским играма.

4.2.3 Архитектура паметног окружења

Да би се могло започети са применом модела у универзитетском образовању, неопходно је да се испуни низ критеријума дефинисаних од стране образовних установа у којима би се овај програм реализовао. Потребно је имплементирати *ИКТ* компоненте и претворити простор у паметну учионицу. Паметна учионица треба да омогући лак приступ информацијама преко интранета, интернета, система за оцењивање и за управљање учењем, дигиталних садржаја, веб-сајта факултета посредством форума, блогова и друштвених медија који се у установи користе и лако су доступни. Паметну учионицу је затим потребно опремити *IoT* компонентама.

4.2.3.1 Архитектура паметне учионице

За пројектовање паметног образовног окружења за универзитетско образовање потребно је да у учионици постоји (Stojanović et al., 2020):

- Умрежен рачунар са пратећом опремом;
- Паметна интерактивна табла;
- Интерактивни монитори;
- Пројектор и платно;
- Бежичне сензорске мреже;
- Аудио-опрема;
- Сензори за праћење параметара учионице.

Паметне учионице имају приступ интернету велике брзине, опремљене су релативно комплетним мрежним комуникационим садржајима, укључујући жичане комуникационе уређаје, бежичне комуникационе уређаје, стабилан и ефикасан сервер и контролер. Ово може осигурати течан процес игре и комуникацију, омогућавајући студентима да имају добро искуство играња. Ово такође може омогућити да више уређаја стабилно ради у исто време како би се испунили захтеви учешћа свих студената (Pan et al., 2021).

4.2.3.2 *IoT* инфраструктура

Инвестиције у нове технологије у универзитетском образовању су значајне, са дугорочним ефектима и исходима за студенте. Неопходно је детаљно проучити све аспекте технолошке инфраструктуре пре доношења одлуке о компонентама које ће се имплементирати. Најзаступљенији пример имплементације интернета интелигентних уређаја су *Raspberry Pi* микрорачунар (RPi) и *Arduino* микроконтролери (Bogdanovic et al., 2014).

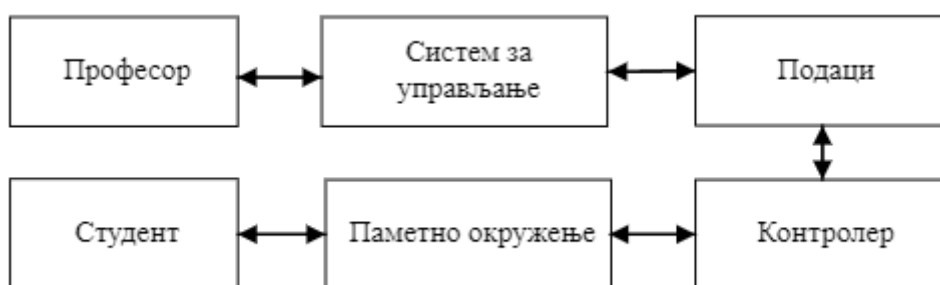
Сензори су оно што омогућава да ствари и машине постану интелигентни. Прикупљајући стање окружења, омогућавају тумачење и релевантну акцију на основу измерених података. Избор сензора зависи од:

- домета,
- међусобне интеракције и умрежавања,
- захтева двосмерности интеракције,
- начина рада,
- осетљивости и прецизности,
- начина прикупљања, чувања и преноса података,
- начина инсталације у окружењу,
- одржавања и сервисирања.

Неки од примера потенцијалних технологија су: *RFID*, *WiFi*, *Bluetooth*, *GPS*, баркодови, *QR* кодови, проширена стварност, виртуелна стварност, *NFC*, микроелектромеханички системи, сензори осетљиви на светлост, температуру, влажност (Sehrawat & Gill, 2019). Избором технологија које ће се користити омогућавају се одговарајући начини имплементације игре и типови задатака, као и могућност праћења стања студената током играња игре.

4.2.4 Софтверска инфраструктура паметног окружења

Систем у којем би се игра играла треба да имплементира неколико елемената. Ови елементи би омогућили да се одвија читав процес који стоји иза игре, укључујући креирање задатака, играње игре и оцењивање. За студенте је потребан контролер са којим би комуницирали са игром. Контролер треба да буде у могућности да прима, тумачи и приказује задатке студентима. Такође би требало да омогући интеракцију са другим елементима игре и достављање одговора. Професорима је потребан алат којим би могли да креирају игре и задатке, као и да прегледају постигнуте резултате и прате напредак играња. За имплементацију игре у паметним окружењима за игру дизајнирано је више компоненти. Ово укључује веб компоненте за административацију, мобилне компоненте и компоненте проширене стварности за студенте.



Слика 3 Архитектура система

Алати неопходни за игру су:

- Апликација за студенте;
- Административна апликација за професоре;
- Позадински сервиси за комуникацију између компонената система и
- Сервиси интеграције са *LMS* системом.

4.2.4.1 Мобилне компоненте

За интеракцију са игром студенти користе контролер. Контролер је мобилна компонента повезана са сервисима игре. Мобилна компонента је интерфејс играча у сложени систем игре. То је једини начин за интеракцију са физичким објектима неопходним за решавање задатака, као и једини интерфејс који прима задатке са сервера. Да би се прилагодио широком спектру типова задатака, користи метаподатке задатака да се прилагоди тренутном типу и генерише само способности неопходне у овом тренутку (Petrović et al., 2018). То ради тако што се дели на модуле који се користе као градивни блокови за формирање целине током учитавања новог задатка (Petrović, Jezdović, Stojanović, et al., 2017b). Контролер приказује задатке креиране веб компонентом.

Мобилна компонента треба да омогући следеће функционалности:

- аутентификацију студената повезивањем са *LMS* системом;
- покретање игре избором курса из листе расположивих;
- бележење напретка;
- приказ основних информација о задатку;
- приказ специфичних екрана потребних за решавање задатка;
- праћење оствареног резултата;
- пружање помоћи.

Прозори специфични за појединачни задатак су:

- прозор проширене стварности;
- прозор скенирања *QR* кодова;
- прозор скенирања *RFID* тагова;
- веб претраживач;
- текстуални унос.

Проширена стварност је инкапсулирана у мобилној компоненти.

4.2.4.2 Проширена стварност

Модул проширене стварности се користи да побољша поглед корисника на стварни свет и то чини интеракцијом са погледом камере и анализом сваког кадра, покушавајући да пронађе одређену слику у њему. Ако је слика препозната, преко ње се преклапају 3Д елементи.

За успешну имплементацију игре потребно је припремити окружење за њу. Потребно је припремити локацију за све присутне циљеве слике. Уколико постоји потреба да се на неки начин прикупљају и подаци из окружења, ово окружење обухвата радне станице на више локација и опрему за студенте (Petrović et al., 2018).

Радне станице су опрема доступна на лицу места за сваки задатак (Petrović et al., 2018). Ако је предвиђено да се задатак реши уз помоћ спољних фактора и уређаја, онда се мора подесити сав потребан хардвер и софтвер. Пошто се игра игра на више локација, оне су разбацане по замишљеном пољу за игру (Petrović et al., 2018).

Локација сваког задатка може бити било где, у учионици, у згради факултета или напољу. На

пример, задатак се може односити на мерење температуре, а опрема се може поставити у учионици. Или, задатак може бити везан за заливање биљака, па ће радна станица бити постављена у башти (Petrović et al., 2018).

4.2.4.3 Веб компоненте

Веб компоненту користе професори за администрацију игре. Кроз администрацију игре професори креирају тестове. Током игре се кроз алат прати напредак студената, а након игре је доступан завршни резултат. Задаци се креирају за курсеве присутне у имплементираним систему за управљање учењем, а студенти виде задатке само оних курсева у које су учлањени. Професори дизајнирају задатке на основу доступних модула мобилних компоненти. Након завршетка игре, професори користе веб компоненту за унос остварених бодова у ситем.

4.2.4.4 Систем за управљање учењем

Што се тиче технологија заснованих на интернету, једна од најчешћих технолошких платформи које мењају пружање образовања на даљину је технологија управљања учењем (*LMS*) (Mohamedbhai, 2015). *LMS* је софтверски програм заснован на серверу или облаку који садржи информације о корисницима, курсу и садржају који пружа место за учење и подучавање без зависности од временских и просторних граница (Waqas Ahmed et al., 2021). *LMS* има потенцијал да прошири приступ, смањи трошкове и побољша квалитет образовања које ће помоћи институцијама да задовоље растућу популацију студената (Bervell & Arkorful, 2020).

У моделу, полазна ставка је *LMS*. Сви елементи модела комуницирају са *LMS*-ом. Користи се за креирање и складиштење материјала учења и лекција. Задаци се планирају по узору креираних лекција. За администрацију корисника (професори и студенти), приступ апликацијама модела и унос остварених бодова након игре користе се сервис *LMS*-а.

4.2.5 Интеграција са системом е-образовања

Примарни циљ употребе учења кроз игру и паметних окружења у образовању је да се коришћењем савремених технологија унапреде квалитет наставе и процес учења. Примена поменуте методологије користи се као подршка традиционалном начину подучавања са циљем повећања заинтересованости студената.

Интеграције развијеног модела са системом е-образовања базира се на постојећем систему за управљање учењем. Коришћењем технологија *IoT*-а добија се контекст спојеног виртуалног и физичког система. Мобилним уређајима и конекцијом на интернет студенти могу увек да буду укључени у процес учења без обзира на физичку локацију. Увек приступно учење је представљено, а забаван начин у форми игара у којима студенти могу да се такмиче како би се појавили на ранг листи и тиме подстакли једни друге да се више потруде. Професори администрирају паметним окружењем и системом за е-учење тако што креирају задатке које студенти решавају. Након завршене игре остварени резултати се уписују у систем са е-образовање у форми поена.

LMS врши функцију администрације корисника и садржаја. Отвореним *API*-јем *LMS*-а ови подаци су изложени остатку система. Веб компоненте приступају сервисима *LMS*-а и преузимају податке о корисницима, наставним јединицама и садржају. На основу преузетих података се креирају игре. Подаци о играма су остатку система такође изложени путем *API*-ја. Мобилне компоненте преузимају податке о играма и комуницирају са паметним окружењем са циљем решавања задатака. Решени задаци се шаљу назад у веб компоненту на валидацију од стране

професора, након чега се остварена оцена преписује у *LMS*. Студенти приступају систему преко мобилне компоненте *LMS* корисничког налога, док професори користе веб компоненту и *LMS* налог.

За интеграцију сервиса и апликација за учење кроз игру у систем за електронско образовање коришћен је *SCORM* (енг. Sharable Content Object Reference Model) (R. Mason & Ellis, 2009). *SCORM* је модел за администрацију и приступ наставним садржајима (R. Mason & Ellis, 2009). Коришћењем *SCORM-a* и дизајном система по принципу индивидуалних компоненти које комуницирају међусобно *API* позивима, добија се систем компоненти које су у међусобној интеракцији, али не зависе једна од друге и специфичних технологија имплементације.

5 Примена и анализа развијеног система

5.1 Пројектни задатак

Модел учења кроз игру описан у овој докторској дисертацији се састоји од дефинисања циљева игре, правила игре, задатака и начина бодовања. Игра је осмишљена како би се утврдило како примена технологије утиче на ниво заинтересованости и академске перформансе студената. Подељена је на мање делове који могу бити дислоцирани један од другог и сваки представља лекцију о одређеној теми и замењује питање на писменом тесту. Студентима је циљ да реше што више задатака све до истека времена или комплетирања свих задатака.

Пројектни захтеви докторске дисертације огледају се у утврђивању могућности развоја модела учења кроз игру заснованом на интеренту интелигентних уређаја који ће повећати заинтересованост студената и унапредити исход учења. Пројектни захтеви су:

1. моделирање система за учење применом едукативних игара и интернета интелигентних уређаја;
2. моделирање показатеља перформанси система за учење заснованог на едукативним играма и интернету интелигентних уређаја.

Први корак у моделу је дефинисање циљева које игра треба да испуни. Успех зависи од тога колико добро се мотивише студент и колико се успешно одражава на остварени резултат студената током евалуације. Овде је сумирана, али не и коначна, листа могућих циљева:

- повећање мотивисаности и заинтересованости студената;
- повећање нивоа савладавања материје изучавања;
- пружање подршке студентима да активно прате свој напредак.

5.2 Пројектовање решења

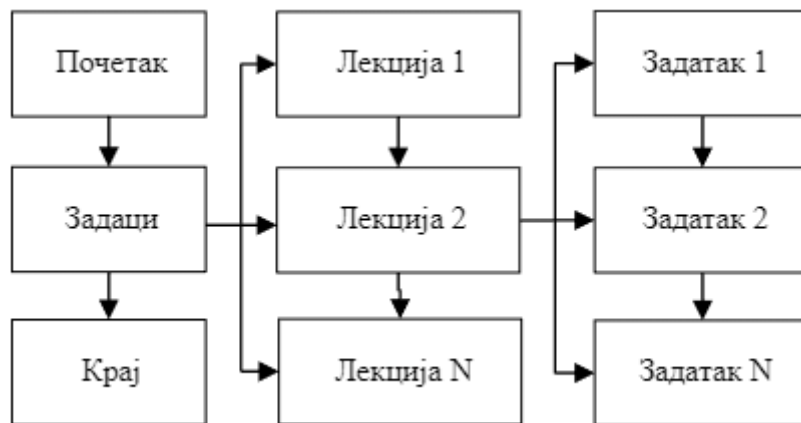
Како би се циљеви задовољили, дизајнирано решење мора да испуни одређене критеријуме. Игра имплементирана у паметном окружењу мора да буде забавна студентима како би се повећао ниво мотивације и заинтересованости. Знање доступно у игри и окружењу мора да прати наставни план. Након завршетка наставног плана очекује се остварени већи резултат приликом тестирања него пре имплементације решења. Потребно је дизајнирати модул за праћење остварених резултата и прогреса у сваком тренутку.

5.2.1 Правила игре

Игра је подељена на мање делове који су дислоцирани један од другог и сваки представља лекцију о одређеној теми и замењује питање на писменом тесту. Студентима је циљ да реше што више задатака све до истека времена или комплетирања свих задатака. Задаци се решавају у низу, један за другим. Сваки задатак је у виду загонетки које је потребно решити да би се прочитао следећи задатак. Приступ игри је ограничен преко система за управљање учењем. Студенти морају бити учлањени у одговарајући курс да би приступили игри.

Игра је подељена у 3 главне фазе:

1. Старт – студенти чекају да се најави почетак и пријављују се са својим налозима;
2. Решавање задатака – студенти добијају насумичне задатке из различитих лекција у итерацијама и настављају са решавањем сваког по следећем редоследу:
 - a. добијање детаља задатка;
 - b. одлазак на наведену локацију;
 - c. долазак до решења задатка;
 - d. предаја одговора.
3. Крај – када истекне време или се реше сви задаци, студенти предају своје резултате.



Слика 4: Ток игре

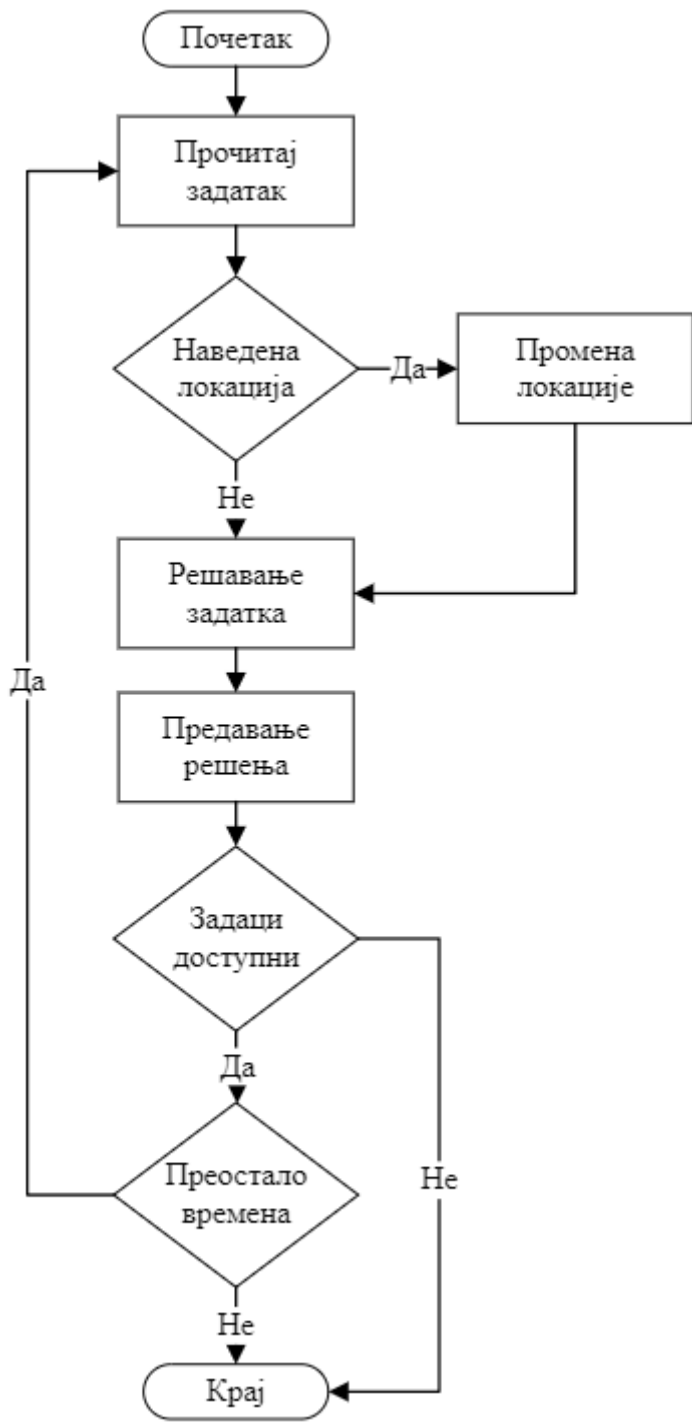
Игра почиње са студентима који чекају најављени датум и време и одлазе у наведену салу. У сали инсталирају игру на своје телефоне и пријављују се својим корисничким налогом. Након тога добија се први задатак и почиње мерење времена. Студенти настављају с одласком на наведену локацију, користе материјале потребне за решавање задатка и предају одговор након чега ће се добити следећи задатак ако је преостало времена и ако нису сви задаци решени. Комбиновањем различитих врста задатака, професори стварају и мењају проток сваке појединачне игре (Petrović et al., 2022).

Постоје 4 главне врсте задатака:

1. Проширена стварност која тестира основно разумевање концепата курса;
2. IoT који тестира вештине студената у интеракцији са разним уређајима и ослања се на интернет интелигентних уређаја;
3. QR који се ослања на мобилне технологије;
4. Квиз који тестира теоријско знање студената и ослања се на интернет технологије.

Задаци се групишу на основу лекције којој припадају. Да би завршили игру, студенти морају да реше тачно један задатак из сваке лекције. Задаци се добијају у насумичном редоследу. Након подношења одговора, проверава се његова исправност и добија се други задатак. У случају тачног одговора, задатак се означава тачним и читава лекција се сматра испуњеном (Petrović et al., 2022). У случају погрешног одговора, напредак је обележен, али лекција није искључена па се случајни задатак из ове групе може појавити у некој од наредних итеграција. Сваки задатак има постављену тешкоћу и та тешкоћа се узима у обзир при рачунању коначног резултата. Коначни

результат добија се као комбинација суме бодова свих решених задатака и преосталог времена до истека теста.



Слика 5: Процес игре

Након сваког успешно решеног задатка, студенти добијају бодове у износу тежине тог задатка. Током игре омогућен је увид у тренутни прогрес игре, колико задатака је решено, а колико преостало, које лекције су комплетирание као и колико бодова је скупљено. У случају немогућности решавања неког задатка могуће је одрећи се дела сакупљених бодова како би се приказала помоћ (*hint*) за решавање.

5.2.2 Структура задатака

Задаци су груписани према технологији на којој се заснивају и њиховој механици играња. Планиране групе задатака по примењеној технологији су квиз задаци (интернет технологије), *QR* задаци (скенирање кодова), *RFID* задаци (Бесконтактна комуникација са паметним окружењем) и проширена стварност. Задаци проширене стварности тестирају сналажење у свету насталом комбиновањем стварног и виртуелног света. Студенти препознају тражене елементе, траже слике које одговарају препознатим елементима и скенирају их. Студенти користе камеру паметног уређаја који се користи за играње игре и прелазом камере преко слика виде проширену стварност. У проширеној стварности студенти могу добити одговоре или трагове који служе као смерница даљем решавању. Одговори су приложени уз слике елемената у форми *QR* кодова и студент их треба скенирати да би их предао. Постоје три подтипа задатака:

- Препознавање у облаку које садржи све маркере као и датотеке метаподатака на серверу у облаку. Овај мод препознаје циљ и чита пратећу датотеку метаподатака коју чине имена и позиције 3Д модела које би требало приказати;
- Виртуално дугме које препознаје само један маркер, али подржава интеракцију корисника. Након успешног препознавања маркера, приказан је први на листи 3Д модела као и 2 дугмета, лево и десно. Када лебдите изнад тастера, приказани модел се мења у лево или десно од положаја на претходно приказаном моделу;
- Истраживање које је варијација препознавања у облаку. Главна разлика је у 3Д моделу који се приказује. Истраживање приказује само један модел, текстуални панел са пољима за наслов и текст чије вредности се налазе у текстуалним датотекама метаподатака.

IoT задаци укључују интеракцију са различитим сензорима и актуаторима и читавање резултата наведене интеракције у контролеру студената. Ове врсте задатака тестирају практичне вештине студената.

Квиз испитује теоријско знање попут стандардизованог теста. Форма је текст питања и више понуђених одговора од којих су један или више тачни. Бодови се додељују на основу броја селектованих тачних и нетачних одговора.

QR задаци се фокусирају на мобилне технологије и ослањају се на непрекидно скенирање *QR* кодова за унапређење и довршавање задатака.

5.2.2.1 Квиз

Тип задатка Квиз је дигитални приказ писменог теста и идентичан је са питањима присутним на тесту коришћеном у локалном систему за управљање учењем. Сва питања се преузимају из већ присутних тестова. Питања и одговори које студенти треба да одаберу приказују се у прозору за решавање и након селектовања одговора на екрану ће се појавити код. Овај се код затим убацује у тастатуру прозора за унос решења.

5.2.2.2 Проширена стварност - Виртуално дугме

Студентима је изложен један маркер проширене стварности и неколико *QR* кодова. У тексту задатка је наведено шта је неопходно да се препозна и скенира одговарајући код. Отварањем модула проширене стварности и одабиром опције Виртуално дугме, активираће се приказ камере.

Када студенти пређу камером преко маркера, на екрану ће се видети први од неколико 3Д модела компоненти и два дугмета за навигацију. Преласком прста испод камере, на месту где су дугмићи видљиви, приказани модел ће се променити. Након одабира модела, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за скенирање кода. Задатак је завршен када се код скенира.

5.2.2.3 Проширена стварност - Приказ виртуалног текста

Студентима је изложено неколико маркера проширене стварности. У тексту задатка је наведено да је неопходно да се препозна тачан исказ. Отварањем прозора проширене стварности и одабиром опције *Истраживање*, активираће се приказ камере. Када студенти пређу камером преко маркера на екрану ће се видети искази и кодови решења. Након одабира тачне формуле, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за унос одговора преко тастатуре. Задатак је завршен када се унесе код.

5.2.2.4 Проширена стварност - Приказ 3Д објеката

Студентима је изложено неколико маркера проширене стварности и неколико *QR* кодова. У тексту задатка је наведено да је неопходно да се препозна комплетна шема. Отварањем прозора проширене стварности и одабиром опције *Препознавање* преко *Cloud*-а активираће се приказ камере. Када студенти пређу камером преко маркера, на екрану ће се видети 3Д модели. Потребно је одабрати шему која је комплетна. Након одабира модела, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за скенирање кода. Скенирањем кода задатак се завршава.

5.2.2.5 *QR* кодови

Студентима је изложено неколико *QR* кодова приложених уз одговарајуће физичке објекте. У тексту задатка је наведено да је неопходно скенирати одређене објекте у задатом редоследу. Отварањем прозора за скенирање *QR* кодова активираће се приказ скенираних кодова и три дугмета. Кликом на неки од дугмића могуће је скенирати нови код, обрисати скениране кодове или предати задатак. Када студенти активирају скенирање новог кода и пређу камером преко *QR* кода, на екрану ће се приказати назив скенираног елемента. Након скенирања свих тражених елемената, и притиском на дугме *Заврши*, задатак је завршен.

5.2.2.6 IoT - Сензор удаљености

Студентима је изложен IoT систем сензора за удаљеност. У тексту задатка је наведено да је неопходно решити приложени задатак који враћа удаљеност и блокирати сензор на тој удаљености. Након решавања задатка потребно је отворити прозор веб претраживача. Отварањем прозора веб претраживача читаће се веб апликација која се састоји од исписа тренутне забележене удаљености, дугмета за активирање сензора и дугмета за генерисање текстуалног кода решења задатка. Кликом на дугме за активацију, измериће се нова удаљеност, али тек након што студенти блокирају сензор на траженој удаљености и кликну на дугме *Решити задатак*. Након генерисања текстуалног решења потребно је вратити се на почетни екран и отворити прозор за текстуални унос решења. Задатак је завршен када се код унесе.

5.2.2.7 IoT - Инфрацрвени сензор

Студентима је изложен IoT систем инфрацрвеног сензора. У тексту задатка је наведено да је неопходно решити приложени задатак који враћа низ бројева које је потребно унети даљинским

управљачем. Након решавања функције, потребно је уперити даљински управљач ка инфрацрвеном сензору и унети добијени низ. Након уноса последње цифре, огласиће се обавештење које указује да је сада могуће прислонити *RFID* таг модулу за комуникацију који је у склопу система. Након успешног уписа решења на таг, које ће бити назначено новим звучним сигналом, вратити се у главни екран апликације. Прислањањем тага телефону задатак је завршен.

5.2.3 Начин бодовања

Од почетка игре покреће се тајмер који одбројава време потребно за комплетирање игре. Након решавања свих задатака или након истека времена, остварени резултат се шаље на обраду, а такмичару се приказује остварени успех. Током целе игре кандидат има увид у задатке које је успешно решио. Коначни резултат зависи од времена које је било потрошено да се заврши игра и од бодова решених задатака. Сваки задатак има своју тежину и одговарајући број бодова зависно од тежине. Скупљени бодови се могу искористити за помоћ приликом решавања неког задатка што смањује укупни резултат. Коначна формула је (време трајања теста – време решавања теста) + збир бодова решених задатака – збир искоришћених бодова за помоћ.

5.2.4 IoT инфраструктура

Моделирање инфраструктуре за игру подразумева моделирање система подршке игрању и моделирање IoT система везаних за поједине задатке.

Системи подршке служе за опремање локација радне станице како би се лакше решавали задаци.

Потребне компоненте су:

Бежични интернет. Ова компонента обухвата приступни уређај који је повезан са рачунарском мрежом факултета. Систем обезбеђује повезаност на интернет како такмичарима чији се уређаји повезују на удаљени веб сервис који им доставља задатке из базе података и обрађује решавање истих, тако и самих система који преузимају параметре потребне за представљање задатака.

Хостинг. Ова компонента хостује веб сервис који је централни хаб свих система и такмичара. Систем врши комуникацију са базом података и обраду свих трансакција. Започињањем игре, такмичар се повезује на сервис и преузима први задатак. Након решавања задатка та информација се прослеђује сервису на проверу, који затим доставља следећи задатак и води евиденцију о напретку активних такмичара као и о оствареном резултату оних играча који су игру завршили.

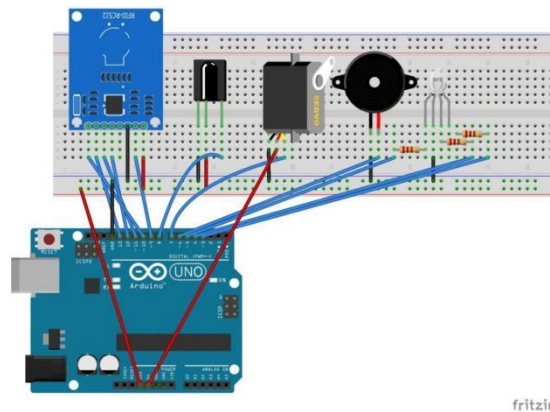
RFID систем. Овај систем се прикључује на друге системе и користи *RFID* читач да пренесе поруку о успешности решавања задатка до такмичара.

Систем за означавање стања. Овај систем се прикључује другим системима и користи *RGB* диоду и базер за оглашавање промена стања радне станице, а самим тим обавештава такмичара о тренутној фази која се извршава. Базер се оглашава једном по промени и скреће пажњу кориснику. Диода у зависности од фазе која започиње добија нову боју и светли до почетка следеће фазе када добија следећу боју. Могуће фазе система су:

- 1) Стање приправности, када се чека на корисника, означено је жутом бојом;
- 2) Блокирано стање, када се извршавају акције система и интеракција корисника је немогућа, означено је црвеном бојом;
- 3) Стање комуникације, када се очекује интеракција корисника или слање поруке, означено је зеленом бојом.

5.2.4.1 Систем инфрацрвеног сензора

Потребно је пројектовати радну станицу која треба да омогући ослушкивање инфрацрвених сигнала, блокаду сензора након пријема истих, комуникацију са корисником након решавања задатка као и оглашавање тренутног стања станице.



Слика 6 Шема система инфрацрвеног сензора

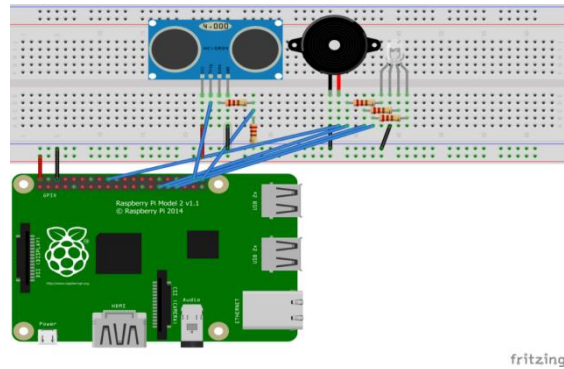
При пројектовању, коришћени су *Arduino Uno*, прото плоча, *MFRC 522 RFID* модул, 1 *RGB* диода, 1 *buzzer*, 1 инфрацрвени сензор, 1 серво мотор и 1 даљински управљач, *Arduino*.

На слици је приказан дијаграм траженог система. Црвеним бојама означене су везе са напајањем, црном са уземљењем, а плавом са пиновима. Серво мотор напаја се са 5В док су остали уређаји прикачени на 3,3В. Паметни уређаји потребни за реализацију овог система дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *IP* сензор добија се локација одговарајуће радне станице као и функција чије решење представља секвенцу тастера на даљинском чијим уносом се решава задатак. Уносом одговарајућег броја тастера систем започиње проверу и, уколико је унет исправан резултат, генерише се позитивна порука, а у супротном негативна. Порука се шаље до корисника *RFID* модулом и у зависности од ње корисник успешно решава задатак. При чекању корисниковог уноса, диода светли наранџастом бојом, након уноса, а током процеса одговарања кориснику, црвеном бојом. Након успешног слања поруке кориснику, лампица светли зеленом бојом врло кратко. При свакој промени боје огласиће се *buzzer*. Док траје слање поруке, серво мотор ротира *IP* сензор за 180 степени, а након слања га враћа на почетну позицију. Корисник добија задатак, одлази на приказану локацију и на њој решава задатак. Решавање задатка подразумева одређивање излазне вредности добијене функције (у овом случају петодигитни број), укуцавање тог броја коришћењем доступног даљинског управљача и, након активирања црвеног светла, приближавање комуникационог уређаја (мобилни телефон, паметна картица) модулу за безконтактну комуникацију. По комплетирању задатка такмичар је преусмерен на следећу локацију, уколико је она доступна.

5.2.4.2 Систем за мерење растојања

Потребно је пројектовати радну станицу која треба да омогући мерење удаљености, ажурирање измерених вредности и оглашавање тренутног стања станице.



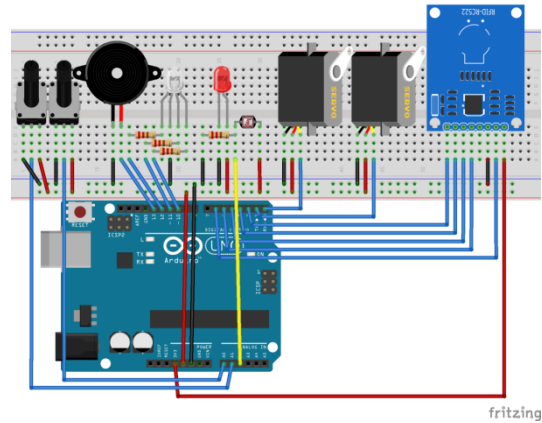
Слика 7 Шема система за мерење растојања

Потребни модули: Прото плоча, ултрасонични сензор, *buzzer*, *RGB* диода, *Rpi*. Такође је неопходна и пратећа веб апликација. На слици је приказан дијаграм траженог система. Црвеним бојама означене су везе са напајањем, црном са уземљењем, а плавом са пиновима. Паметни уређаји потребни за реализацију овог примера дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *Ултрасонични сензор* добија се локација одговарајуће радне станице као и *Python* функцију чије решење представља раздаљину на којој треба да стоји у односу на сензор. Ултрасонични сензор периодично читава удаљеност након чега се мерење паузира на 10 секунди и измерени резултат приказује у пратећој веб апликацији која је кориснику доступна у оквиру мобилне апликације коју већ користи. Током приказа раздаљине биће активно дугме које кориснику приказује решење задатка које се уноси путем тастатуре у новом фрагменту унутар апликације. Задатак корисника је да успешно реши функцију, стане на добијену удаљеност и преузме код за решавање задатка. Корисник добија задатак, одлази на приказану локацију и на њој решава задатак. Решавање задатка подразумева одређивање излазне вредности добијене функције, у овом случају двоцифрени број који представља удаљеност на којој треба блокирати сензор удаљености (тренутна удаљеност се може видети унутар мобилне апликације), активирање дугмета и унос броја приказаног на екрану у посебну форму на мобилном уређају. По комплетирању задатка такмичар је преусмерен на следећу локацију, уколико је она доступна.

5.2.4.3 Систем фото ћелије

Потребно је направити радну станицу која треба да имплементира један задатак који се решава у оквиру игре. Задатак демонстрира коришћење потенциометра, серво мотора и фото ћелије. Циљ задатка је доставити светлост од диоде до сензора. При сваком дешавању потребно је огласити *buzzer* и активирати одговарајућу боју *RGB* диоде. Физичко повезивање сензора и уређаја за задатак у *Fritzing* програму приказано је на слици.



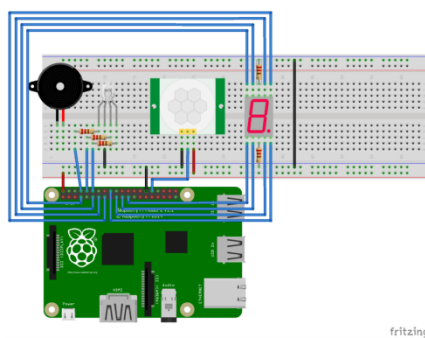
Слика 8: Шема система фото ћелија

Потребни модули: прото плоча, 2 серво мотора, 2 потенциометра, *buzzer*, диода, *RGB* диода, фото сензор, *MFRC 522 RFID* модул, *Arduino*. На слици је приказан дијаграм траженог система. Црвеним бојама означене су везе са напајањем, црном са уземљењем, а плавом са пиновима. Жуте жице представљају везу са аналогним пиновима. *RFID* модул напаја се са 3,3В док су остали уређаји прикачени на 5В. Паметни уређаји потребни за реализацију овог примера дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *Фото сензор* добија се локација одговарајуће радне станице. У стартној позицији сензор је блокиран тамним папиром закаченим на први серво мотор, а диода је неповезана са извором струје (жица) закаченим на другом серво мотору. Серво моторима је могуће управљати коришћењем 2 потенциометра и треба померити први мотор тако да не блокира сензор, а други тако да је диода повезана са напајањем. Након активирања сензора кориснику се шаље порука о успешно решеном задатку. Корисник добија задатак, одлази на приказану локацију и на њој решава задатак. Решавање задатка подразумева манипулацију серво моторима окретањем 2 потенциометра тако да жица закачена за један мотор буде у контакту са лед диодом и да блокада фотоћелије, закачена за други мотор, не смета допирању светлости из диоде у фотоћелију. Након активирања црвеног светла могуће је приближавање комуникационог уређаја (мобилни телефон, паметна картица) модулу за безконтактну комуникацију. По комплетирању задатка такмичар је преусмерен на следећу локацију, уколико је она доступна.

5.2.4.4 Систем сензора покрета

Потребно је направити радну станицу која треба да имплементира један задатак који се решава у оквиру игре. Задатак демонстрира коришћење сензора покрета. Сензор мери вредност, а затим одбројава 10 секунди и за то време омогућава кориснику да пређе на следећи задатак. При сваком дешавању потребно је огласити *buzzer* и активирати одговарајућу боју *RGB* диоде.



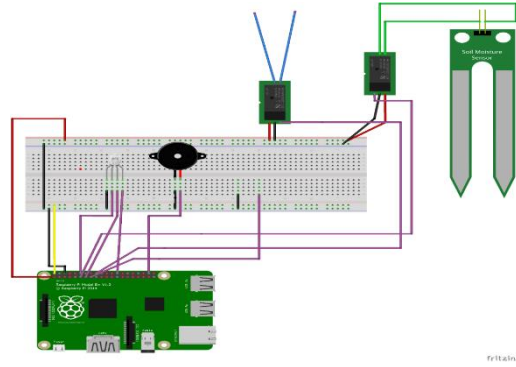
Слика 9: Шема система Сензор покрета

Потребни модули: Прото плоча, сензор покрета, *buzzer*, *RGB* диода, 8-сегмент дисплеј, *Raspberry Pi*. Такође је неопходна и пратећа веб апликација. На слици је приказан дијаграм траженог система. Црвеним бојама означене су везе са напајањем, црном са уземљењем, а плавом са пиновима. Паметни уређаји потребни за реализацију овог примера дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *Фото сензор* добија се локација одговарајуће радне станице као и функција чије решење представља временски интервал за време ког треба да преузме решење од система. Сензор покрета периодично читава удаљеност након чега се мерење паузира на 10 секунди и тајмер приказује на лед дисплеју. Током приказа тајмера, у веб апликацији, приказаној унутар одговарајућег екрана мобилне апликације биће активно дугме које кориснику приказује решење задатка које се уноси путем тастатуре у новом фрагменту унутар апликације. Задатак корисника је да успешно реши функцију, сачека тражени интервал и преузме код за решавање задатка унутар апликације. Задатак корисника је да успешно реши функцију, сачека жељено време и преузме код за решавање задатка. Корисник добија задатак, одлази на приказану локацију и на њој решава задатак. Решавање задатка подразумева одређивање излазне вредности добијене функције, у овом случају број који представља временски интервал у оквиру ког корисник треба да активира дугме за решавање задатка (тренутно време је приказано на лед дисплеју), активирање било којим покретом, активирање дугмета и унос броја приказаног на екрану у посебну форму на мобилном уређају. По комплетирању задатка такмичар је преусмерен на следећу локацију, уколико је она доступна.

5.2.4.5 Систем пумпе за воду

Потребно је направити радну станицу која треба да имплементира један задатак који се решава у оквиру игре. Задатак демонстрира коришћење пумпе за воду и сензора влажности. Сензор мери влажност земљишта и чува је у бази. У оквиру веб апликације види се тренутна влажност и покреће заливање притиском на тастер. При сваком дешавању потребно је огласити *buzzer* и активирати одговарајућу боју *RGB* диоде.



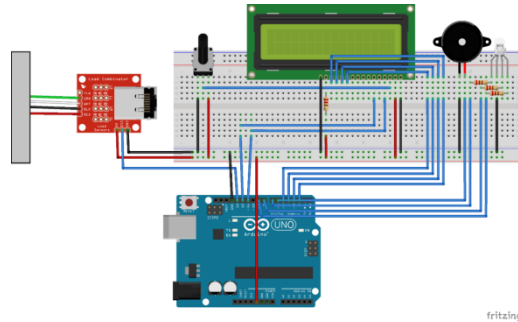
Слика 10: Шема система Пумпа за воду

Потребни модули: Прото плоча, сензор влажности, *buzzer*, *RGB* диода, *Raspberry Pi*, *Arduino Uno*, *MFRC 522 RFID* модул, 2 релеја, пумпа за воду. Такође је неопходна и пратећа веб апликација. Паметни уређаји потребни за реализацију овог примера дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *Фото сензор* добија се локација одговарајуће радне станице као и функција чије решење представља тражену влажност земљишта. Сензор покрета периодично читава тренутно стање и ажурира га у бази. Новоизмерени подаци су видљиви у веб апликацији отвореној у оквиру наменског екрана мобилне апликације. Током приказа података, у веб апликацији, приказаној унутар одговарајућег екрана мобилне апликације, биће активно дугме које активира пумпу и залива земљиште. Након достизања одговарајућег нивоа влажности, коришћењем *RFID* модула, корисник покреће нови задатак. Задатак корисника је да успешно реши функцију, достигне тражени ниво воде и преузме код за решавање задатка. Корисник добија задатак, одлази на приказану локацију и на њој решава задатак. Решавање задатка подразумева одређивање излазне вредности добијене функције, у овом случају број који представља тражену влажност земљишта (тренутна влажност види се у оквиру мобилне апликације), активирање дугмета за заливање којим се повећава тренутна влажност (дугме је такође доступно унутар мобилне апликације) и унос броја приказаног на екрану у посебну форму на мобилном уређају. По комплетирању задатка такмичар је преусмерен на следећу локацију, уколико је она доступна.

5.2.4.6 Систем сензора масе

Потребно је направити радну станицу која треба да имплементира један задатак који се решава у оквиру игре. Задатак демонстрира коришћење сензора масе и *LCD* екрана. Сензор мери масу објекта постављену на њега и приказује је на екрану. Уколико је маса једнака предодређеној вредности кориснику се на екрану приказује решење задатка које он уноси у мобилну апликацију коришћењем тастатуре. При сваком дешавању потребно је огласити *buzzer* и активирати одговарајућу боју *RGB* диоде. Физичко повезивање сензора и уређаја за задатак у *Fritzing* програму приказано је на слици.



Слика 11: Шема система Сензор масе

Потребни модули: Прото плоча, сензор масе, XX11 појачало, RGB диода, *buzzer*, *Arduino Uno*, LCD екран, потенциометар, отпорници. Паметни уређаји потребни за реализацију овог примера дати су у прилогу 3.

Покретањем мобилне апликације започиње игра. Добијањем задатка *Вага* добија се локација одговарајуће радне станице као и функција чије решење представља тражену масу. Сензор масе периодично очитава тренутно стање и приказује га на екрану. Уколико је постигнута маса једнака траженој на екрану се потом исписује решење задатка. Задатак корисника је да успешно реши функцију, достигне тражену масу и укуца код за решавање задатка унутар одговарајућег екрана мобилне апликације.

5.2.5 Софтверска инфраструктура

Све компоненте система су међусобно повезане и комуницирају једна са другом. Веза компоненти система је видљива на слици:



Слика 12 Главне компоненте система

5.2.5.1 Модел података

Сваки задатак је описан преко скупа атрибута који описују задатак и метаподатака потребних за његову имплементацију и евентуално решавање. Сви атрибути су обавезни и дефинисани су на следећи начин:

Код – ознака која означава групу задатака коју апликација добија. Ако се задатак успешно реши, неће долазити више задатак из исте групе задатака.

Назив – назив задатка, служи за попуњавање фрагмента са називом задатка.

Опис – један од едукативних делова игре. Кратка објашњења свих физичких елемената помоћу којих се решава добијени задатак.

Текст – опис задатка и оно што се очекује од такмичара да уради како би успешно решио дати задатак.

Решење – решење задатка, служи за упоређивање унетог одговора са правим (одговором из базе података).

Локација – физичка локација где се налази дати задатак/полигон.

Тип – може имати три вредности: *Vuforia*, *Python*, *QR* или *Browser*. У зависности од улазног параметра,

апликација позива унутар себе различите функционалности. Представља методу решавања задатка.

Елементи – може имати три вредности: *QR*, *RFID* или *тастатура*. У зависности од улазног параметра, апликација позива унутар себе различите функционалности. Представља начин уноса решења.

Потребно знање – додатне информације неопходне за решавање задатка.

Слике – линкови на сликама које могу служити као прилог.

Тежина – одређује тежину задатка, која када се задатак реши, кумулативно се чува у меморији телефона; може се користити за помоћ при решавању неког задатка, или како би се стекло више поена у самој игри, пошто је такмичарског карактера. Такмичар сам бира како ће искористити заслужено стечене поене.

Хинт – помоћ за задатак који се може искористити у посебним ситуацијама.

Креиран је релациони модел:

Kurs(ID, Naziv);

Lekcije(ID, naziv, opis, teorija, slike, oblast_id);

Migrations(ID, migration, batch);

Oblast(ID, naziv);

Resavanje(ID, naziv);

Rezultati(ID,username, rezultat,datum, ocena, test_id, resenizadaci, vreme);

Stattoken(ID, token);

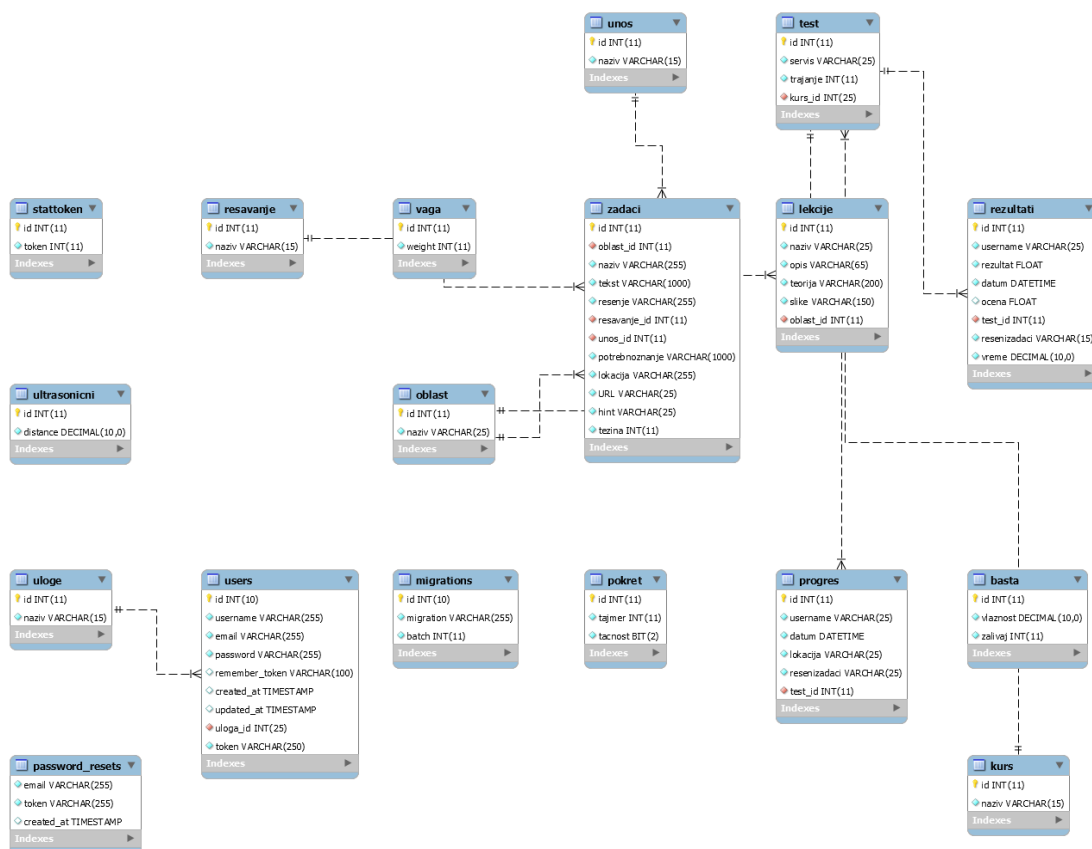
Test(ID, servis, trajanje, kurs_id);

Uloge(ID, naziv);

Unos(ID, naziv);

Users(ID,username, email, password, remember_token, created_at, updated_at, uloga_id, token);

Zadaci(ID,oblas_id, naziv, tekst, resenje, resavanje_id, unos_id, potrebnoznanje, lokacija, url, hint, tezina);



Слика 13: Модел података

5.2.5.2 Апликације и сервиси

Android апликација настала као имплементација овог концепта развијена је у програмском језику *Java* у развојном окружењу *Android Studio 2.1*. *Vuforia Augmented Reality* реализован је у *Unite 5 game engine*-у, а резултујући програм је импортован у главну апликацију у форми библиотека. Модели коришћени за допуњену стварност дизајнирани су у *Cinema 4D* алату за моделирање. Веб сервис је рађен у *PHP* програмском језику и као систем за управљање базом података користи *MySQL*. Верификација корисника врши се позивом *Moodle API*-ја.

Структура пројекта подељена је на део за *Unit*, део који се приказује кориснику, и део који се одвија само у позадини.

Целокупни програмски код је имплементиран скупом класа, како класама за приказ (активности и фрагменти), тако и онима које нису видљиве кориснику већ се извршавају у позадини и пружају подршку раду целокупне апликације.

Уводни екран

Уводни екран приказује посебну слику при првом покретању апликације, а затим проверава стање сесије. Уколико сесија постоји, тј. корисник је започео игру тако што се улоговао у систем. Уколико јесте, у *Shared Preferences* ће се налазити његови подаци, тако да ће метода преусмерити ток активности на *loader*, који ће урадити свој посао и избацити одговарајућу активност. Ако сесија не постоји, мора се креирати, односно ток активности ће се преусмерити на логовање.

Login екран

Login екран користи системску класу која служи за асинхроно обављање операција креирањем нове нити. Разлог коришћења ове класе је чување главне нити слободне да обавља свој посао док чека да нова нит преузме потребне податке са интернета. Ова метода покушава да улогује корисника на апликацију преко *API*-ја ЕЛАБ катедре, као што је већ поменуто. У случају грешке, односно у случају да није попуњено неко од поља, погрешно је унето неко од поља, или једноставно конекција не може да се успостави јер налог не постоји или је у питању тривијална грешка услед недостатка интернета на пример, корисник добија обавештење на основу грешке.

У случају да је све у реду и да постоји налог, апликација започиње са главном активношћу и памти параметре као што су корисничко име и време покретања игре. У подешавањима конекције подешено је време прекида конекције услед дугог чекања одговора на 2 секунде. Приликом тестирања примећено је да *API* релативно брзо заврши са претрагом, тачније практично, у тренутку ако постоји корисник са тим подацима. Ако се погрешно корисничко име или шифра, понекад се чека изузетно дуго на повратну информацију, што понекад може однети више од једног минута времена, док такмичар чека да настави игру. Због тога је уведено време провере, где ако се више од две секунде чека на одговор, прекида се акција, и поново се враћа на форму за пријављивање, тзв. *login*. На тај начин је решен проблем застоја који иначе не би требало да постоји.

Табови

Пошто је структура задатка јасно дефинисана, уређај у сваком тренутку мора да зна о ком се типу задатка ради, јер се за различите типове задатака обављају разне активности. Цео процес се састоји у томе да адаптер табова „изабере“ фрагменте за приказивање у апликацији у односу на специфичан улаз. Овим се омогућује ефикасност апликације, креирају се само они фрагменти који су потребни задатку, као и динамика. Срж овога лежи у самом задатку и његовим карактеристикама. Опис задатка садржи стандардизоване кључне речи које класа користи да изгради неопходне елементе. Коришћени су атомски делови, пројектовале су се најмање

индивидуалне операције и њиховом успешном комбинацијом се репрезентује задатак. Адаптеру се подаци достављају у виду *JSON* објекта који се затим коришћењем класе посвећене читању овог објекта он претвара у инстанцу класе *Задатак*. Након добијања података и њихова конверзија у задатак, адаптер чека на позив главне активности, која служи за приказ и решавање задатка, за креирање фрагмента на одређеној позицији. Табови имају своју позицију и имплементацијом интерфејса се ослушкује *swipe* корисника преко екрана након чега се мења *index* селектованог таба, шаље се адаптеру нови захтев за креирање. Зарад чувања меморије табови се након напуштања уништавају и поновном селекцијом се рекреирају. На тај начин, табови се динамички креирају, у зависности од типа задатка, односно података који су потребни кориснику и метода за решавање датог задатка. У зависности од параметра „хардвер“ бира се начин уноса решења и креира се *QR*, *RFID* или Тастатура фрагмент. У зависности од параметра „софтвер“, бира се начин решавања задатка и креира се *Python*, *Vuforia* или *Browser Fragment*. Сваки потребни фрагмент се креира и прослеђују му се параметри задатка који се односе на њега.

Главни екран

Главни екран приказује табове креиране у адаптер и самим тим све њихове могућности. Она је такође централни *hub* апликације и као таква представља срж корисничког интерфејса као и главни контролер. Поседује низ могућности као што су: увид у прогрес, приказ тајмера, могућност објављивања, могућност тражења помоћи итд. Најбоље је у том случају, сваку репрезентативну методу посматрати одвојено од осталих.

Сажето, ова активност:

- управља табовима;
- поставља задатак који прима у *JSON* формату у креиране табове помоћу адаптера табова; проверава тачност решеног задатка;
- прати напредак такмичара;
- омогућава такмичару да добије помоћ уколико је стекао право на то;
- проверава да ли је такмичару остало довољно времена;
- рачуна резултат такмичара;
- преусмерава га на последњу страницу која служи за дељење резултата.

Дакле, покретање *main* методе се ради одмах, чим се стигне до *main* методе претходним логовањем/решавањем неког задатка (метода се рекреира после сваког предатог решења). Узима из дељених преференци тренутни напредак игре, и када се утврди, иницијализују се све ставке, почев од задатка, па до прогрес барова, навигације, времена. Ова метода поставља апликацију у стање спремно за коришћење, показујући такмичару одговарајући напредак и његово тренутно стање у контексту напретка током игре. Након завршетка методе игра почиње. Иницијализација *Drawer-a*, односно навигационог менија који се отвара или притиском на округли плутајући тастер, *Floating action* бар, или превлачањем са леве ка десној страни екрана. Поред тога што попуњава навигациони мени подацима, задатак ове методе је и да обезбеди функционисање неколико ствари унутар ове методе, као што је дугме за *power up*. Поменуто дугме омогућава да се самим кликом на њега бодови остварени решавањем задатка претворе у поене потребне да се ослободи хинт за дати задатак (савет, помоћ при решавању, додатна информација) искористе и прикажу помоћ. У навигационом менију, такође постоји опција за одјаву из игре, чиме се игра прекида, а такмичар се одводи поново на *splash screen* и почетак апликације (није исто као и само затворити апликацију јер се може играти поново поновним логовањем). Као што је поменуто, у случају решавања задатка, хинт бар се може напунити предавањем додатних бодова са решеног задатка, да би се напунио хинт бар, и како би се касније помоћ могла активирати. Уколико је хинт већ искоришћен, он ће се увек приказивати докле год се решава тај задатак, без додатних

трошкова бодова. Уколико није, проверава се да ли је довољан број поена у хинт бару, и уколико јесте, такмичар може искористити хинт. *Power up* је део игре у коме се додатни бодови преносе на хинт бар. Број бодова је сразмеран тежини задатка, што је јако битно, јер се некад мора жртвовати више бодова него што је потребно да би се активирао хинт. Корисник нема информацију о бодовању задатака па жртвовање за помоћ се ослања на срећу. Наравно, иницијализација прогреса се врши при сваком рекреирању главне методе, и представља такмичарев напредак у односу на целу игру. Овај бар узима у обзир само број решених задатака, али не и њихову тежину. Овај бар се не налази у навигационом менију, већ испод логоа у врху апликације. Табови се иницијализују динамички, преко структуре задатка, као што је већ раније писано. Тајмер ограничава време које такмичар има на располагању. Занимљивост код ове функције је та што се време и даље рачуна, чак и ако такмичар минимизира апликацију, што би генерално значило паузу у игри. Али када се такмичар врати, време које је протекло у његовој „паузи“ одбиће се од преосталог времена, како би се онемогућило варање на временској бази. Преостало време се на крају узима како би могао да се срачуна такмичарев резултат, а уколико то није случај, једноставно ће се рачунати само бодови са задатака. Провера задатка игра огромну улогу у овој апликацији. Не само да упоређује такмичарево и стварно решење, већ на основу исхода одлучује да ли ће се задатак хипотетички поновити као питање, или је завршено са датом групом задатака у овом покушају играња игре. Поред тога, у случају тачног решења, повећавају се прогрес бар, и добија се могућност активирања хинта, али најбитније, бодови се уписују као стечени сразмерно тежини задатка, и чекају на коначно рачунање резултата. Метода креира листу задатака у оквиру навигационог менија. Листа је иницијализована на број група задатака који се налазе у бази и при иницијалном пуњењу чине је празни елементи са натписом „Чека се“. При сваком тачном решавању задатака попуњава се једно место у листи, оно које одговара групи из које је задатак. Елемент листе попуњен задатком мења натпис у код задатка, добија вредност тежине задатка и поред назива иконицу вране. Иконица означава кориснику да бодови тог задатка нису искоришћени и улазе у крајњи резултат. Кликком на попуњени елемент нестаје иконица, бодови се губе и вредност прогрес бара се повећава за тежину задатка. Метода „покрени“ узима све потребне податке који су чувани у *Shared Preferences* и иницијализује их, тј. додељује им одговарајуће вредности. Користи се у оквиру методе иницијализације. Метода „крај“ се активира у случају да нема више задатака који би могли бити решени, или у случају истека времена. Тада се бодови који су зарађени рачунају, и подаци прослеђују у методу за дељење резултата, где се даље обрађују у зависности од воље такмичара. Метода „следећи“ бави се тражењем новог задатка, на основу променљиве „код“ која симболизује такмичарев напредак по различитим категоријама/групама задатака. Уколико не постоји задатак који је решен, узима се насумице задатак. У супротном, решене групе задатака бивају изостављене и долази нови задатак као питање, после чега се главна метода рекреира. Метода „заустави“ је редефинисана и њеном стандардном извршењу је додато пар корака. Ова метода регулише минимизирање апликације у смислу памћења података приликом стопирања активности, и онда само бивају обновљени приликом враћања апликације у рад, без да се и један податак изгуби.

Loader

Може се рећи да *loader* „попуњава“ главну активност подацима. Он узима податке и ставља их у *Shared Preferences*, како би касније главна метода могла да преузме податке из истих. За почетак, *loader* преузима метаподатке, тј. податке од задатака које му пружа метода *Провери Сервис*. *Провери сервис* пружа податке који су потребни. Уколико конекција није могућа, клијент се о томе обавештава. Податке о статусу игре, као што су преостало време и број решених задатака су такође прослеђени. *Сетуј Задатак*, помоћу њених помоћних метода и класа сетује задатак тако да он буде спреман на прослеђивање главној методи.

Помоћне класе

Већина стрингова се чува у *HML* ресурс фајлу *strings*. Помоћне класе имају задатак да преузму стринг и доставе га до одредишта, да од прослеђеног *JSON* објекта преузму податке и групишу их у задатак. Из објекта се подаци узимају један по један, а затим додељују инстанци класе *Задатак*. Класа *Задатак* је скуп гетера и сетера који иницијализују променљиве које чине задатак. Променљиве одговарају структури задатка, односно пољима из базе података, и у исто време текстуалним пољима која се динамички попуњавају при креирању задатка.

QR Фрагмент

Апликација чита податке преко *QR* кодова, као један од начина уноса решења. Та функција се обавља преко *QR* скенера, кога позива *QR* фрагмент. Неопходно је имати *QR* скенер инсталиран, уколико скенер не постоји, појављује се дијалог који пита такмичара да ли он жели да преузме апликацију са *Google play* продавнице. Ако он не жели, остаће заглављен на том нивоу, јер је то неопходно имати, тако да такмичар нема избора, већ мора то да уради. По извршењу скидања апликације за скенирање *QR* кодова, такмичар треба да поново покрене скенер чиме се покреће новоинсталирана апликација за скенирање и ишчекује њен резултат чијим приспећем се покреће провера решења.

Фрагмент AP

Фрагмент *AP* има врло једноставну функцију, а то је да позове мини апликацију која је направљена у *Unite game engine*-у.

NFC фрагмент

NFC фрагмент служи да покрене *RFID* скенер. При самом креирању врши се провера постојања неопходног уређаја и његова активност. Уколико неки од ових услова није испуњен корисник се о томе обавештава.

RFID читач

RFID читач је продужетак *NFC* фрагмента, али представља засебну активност. Служи конкретно за читавања сигнала са неког другог уређаја који може бити други *android* уређај, сензор, магнетна картица или кључ. На почетку, активирањем ове класе, једина приметна акција која се извршава је приказивање анимације која симболизује почетак процеса. Почетком сваке фазе читања података излазе обавештења о прогресу. *Android* уређај је све време у стању чекања (покушава да скенира, али чека док не дође у контакт са другим уређајем који треба да пренесе податак), и када добије прилику да изврши трансфер података, преусмерава се на ову методу: Уколико *Android* пронађе партнера за везу, почиње скенирање тага, и уколико је он различит од вредности „нулл“, тј. постоји уписана вредност, он ће га прочитати и запамтити. Уколико се неки други уређај чита уместо предвиђеног (уређаји који нису везани за *Mifare classic* функције), уређај ће избацити текст о грешци, односно непознатом уређају. Такође ће избацити обавештење уколико је сигнал који је примио једнак вредности „нулл“ (нема шта да прими, на супротној страни, односно уређају, не постоје подаци за пренос). Само читање тага врши класа *Read Mifare classic Task*, пролазећи кроз сваки сектор, сваки блок, бајт по бајт. Уколико је скенирање успешно, подаци се конвертују у *string* и шаљу главној методи на проверу тачности резултата, у супротном избацује се порука о грешци.

Моделирање апликација и сервиса за администрацију учења кроз игру

Дефинисани су следећи случајеви коришћења који су приказани на слици.



Слика 14: Модел случајева коришћења

У даљем тексту описани су одабрани случајеви коришћења.

Случај коришћења – Информисање Основни сценарио СК

Корисник уноси адресу у претраживач након чега му се доставља жељена страница.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да пронађе страницу на основу добијене руте, приказује се страница за грешку.

Случај коришћења – Преглед резултата Основни сценарио СК

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Резултати са менија* на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана табела са свим оцењеним резултатима. Табела је ограничена бројем који се може приказати и самим тим подељена на стране којима се може навигирати коришћењем дугмића на самом крају табеле. За претрагу и сортирање користе се поље за претраживање (*Search*) односно називи колона у хедеру табеле.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже резултате, приказује се страница за грешке.

Случај коришћења – Оцењивање резултата Основни сценарио СК

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Оцене са менија* на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана табела са свим неоцењеним резултатима. Табела је ограничена бројем који се може приказати и самим тим подељена на стране којима се може навигирати коришћењем дугмића на самом крају табеле. За претрагу и сортирање користе се *Search* поље односно називи колона у хедеру табеле. Уколико то жели, наставник може кликнути на дугме *Прикажи* унутар колоне *Решени задаци* након чега ће се приказати прозор са листом решених задатака. Након одлучивања о оцени, наставник уноси број од 1 до 10 (не морају бити цели бројеви) и притиска дугме *Оцени*.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже резултате, приказује се страница за грешке.
Уколико систем не може да сачува оцену, приказује се порука: „Грешка при чувању“.

Случај коришћења – Преглед највиших резултата Основни сценарио СК

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Почетна са менија* на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана листа са 10 највиших резултата.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже резултате, приказује се страница за грешке.

Случај коришћења – Преглед и измена личног профила Основни сценарио СК

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Кориснички профил* са менија на почетку стране. Дугмету се приступа преко иконице у горњем десном углу стране. На резултујућој страници ће бити приказана форма са наставниковим информацијама. Поља *Корисничко име* и *И-мејл* се могу мењати, док је улога фиксна.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже профил, приказује се страница за грешке.

Уколико систем не може да сачува измене, приказује се порука *Грешка*.

Случај коришћења – Преглед области **Основни сценарио СК**

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Знање/Области/Прикажи листу* са менија на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана табела са свим областима.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже области, приказује се страница за грешке.

Случај коришћења – Унос нове области **Основни сценарио СК**

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Знање/Области/Креирај нову* са менија на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана форма за креирање области. Уноси се назив области, а потом се притиска дугме *Креирај област*.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже форму за унос области, приказује се страница за грешке.

Уколико систем не може да запамти област, приказује се порука: „Грешка при чувању“.

Случај коришћења – Измена постојеће области **Основни сценарио СК**

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Знање/Области/Прикажи листу* са менија на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана табела са свим областима. Из колоне *Опције* бира се дугме *Измени*. На резултујућој страници ће бити приказана форма за измену области. Уноси се нови назив области, а потом се притиска дугме *Измени област*.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже области, приказује се страница за грешке.

Уколико систем не може да прикаже форму за измену области, приказује се страница за грешке.

Уколико систем не може да запамти област, приказује се порука: „Грешка при измени“.

Случај коришћења – Унос новог задатка **Основни сценарио СК**

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Знање/Области/Креирај нову* са менија на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана форма за креирање области. Уноси се назив задатка, текст, локација на којој се решење налази, тежина задатка, хинт (помоћ за решавање), потребан материјал (загонетка у текстуалном формату која је неопходна за решавање задатка нпр. функција у *Python* програмском језику), *URL* (адреса веб апликације која је неопходна за решавање задатка – једино уколико је начин уноса решења *Browser*), решење задатка (референција пројектанта задатка уколико је потребно вратити одређену вредност са удаљене апликације или уређаја). Са падајуће листе *Начин доласка до решења* бира се начин добијања потребне информације за прелазак на следећи ниво, могуће вредности су *Vuforia* –

коришћење виртуалне стварности за препознавање тражених елемената, *Browser* – коришћење веб апликације и решавање загонетке представљене њом, *Python* – решавање функције у *Python* програмском језику. Са падајуће листе *Начин уноса решења* бира се начин преношења потребне информације за прелазак на следећи ниво на самом уређају, могуће вредности су *RFID* – скенирањем *RFID* тага, *QR* – скенирањем *QR* кодова, Тастатура – уносом решења путем тастатуре. На крају се притиска дугме *Креирај задатак*.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже форму за унос задатка, приказује се страница за грешке. Уколико систем не може да запамти задатак, приказује се порука: „Грешка при чувању“.

Случај коришћења – Преглед корисника Основни сценарио СК

Наставник са било које стране апликације бира дугме *Корисници* са менија на левој страни. На резултујућој страници ће бити приказана табела са свим корисницима.

Алтернативна сценарија

Уколико систем не може да прикаже кориснике, приказује се страница за грешке (ИА).

5.2.6 Интеграција са системом е-образовања

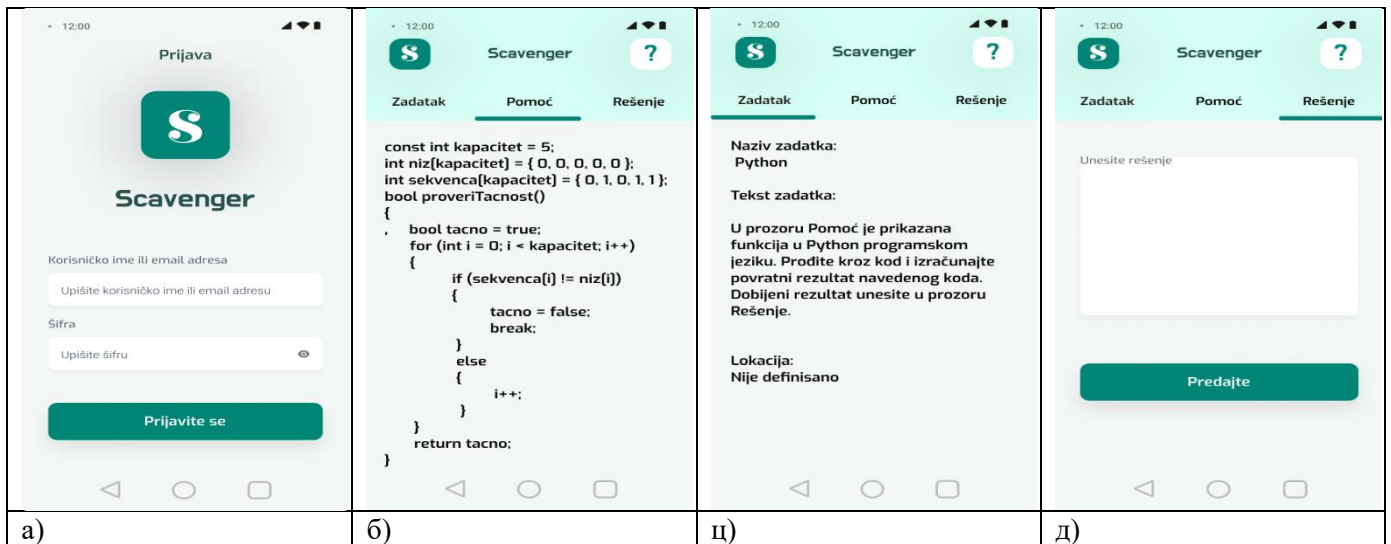
И у мобилним и у веб алатима аутентификација корисника се врши преко *Moodle*-а. Уношењем креденцијала упућује се позив *API* систему за управљање учењем са захтевом за потврду идентитета (Petrović et al., 2018). Тек након што се потврди идентитет, корисници могу започети свој посао. *Moodle API* такође враћа листу курсева за студенте. Ови курсеви се користе на почетку игре, када се бира скуп задатака које ће студент добити, као и на крају игре. Након што се игра заврши, предаје се пријава за *Moodle* задатак одабраног курса. Скуп података који се шаљу састоји се од прикупљених поена током игре, задатака који су решени, као и трајања полагања.

5.3 Имплементација решења

Административни алат омогућава професорима да креирају тестове за одабране курсеве, креирају задатке за ове тестове и на крају оцењују готове резултате игре. Да би направио тест, професор бира курс са листе тренутно активних курсева и уноси назив и трајање теста и креира задатке. То подразумева избор лекције којој задатак припада, на који начин ће играчи доћи до закључка о датом задатку као и на који начин ће поднети одговор. На основу ових података се студентима приказују неопходни модули у апликацији. Професори могу пратити напредак студената који су покренули тест или погледати резултате оних који су завршили.

За студенте је развијена мобилна апликација која служи као контролер игре. Користи се за пријаву помоћу налога система за управљање учењем. Апликација је подељена на: 1) главни модул који имплементира централизоване функције решавања задатака и 2) додатне модуле који дефинишу сваки тип задатка. Интеграција између модула се остварује преко екрана (или приказа) са главним екраном који обухвата приказ задатка специфичног за задатак. Прозор задатка приказује тренутни задатак и подељен је на 3 дела. У првом делу се виде назив, текст и локација

задатка. Други и трећи део су модул процеса решавања задатка и модул уноса решења. На основу избора професора за ова 2 параметра током креирања задатка, студенту ће бити приказани различити погледи који ће се користити за решавање задатка и добијање поена. Могући модули подршке су *QR* модул који учитава скенер *QR* кодова, модул проширене стварности, модул претраживача који се користи за квизове и друге веб садржаје и модул читача *RFID*.



Табела 4 Главни екрани мобилне апликације

У табели су приказани главни екрани апликације. Почетни екран апликације (а). Омогућује пријављивање на систем. Први од три екрана за решавање задатака приказује студенту информације о тексту задатка (б). Други од три екрана за решавање задатака је екран за помоћ при решавању даје додатне материјале потребне за решавање задатака (ц). На трећем од три екрана за решавање задатака је приказана форма за унос решења (д).

Модул проширене стварности се користи да побољша поглед корисника на стварни свет и то чини интеракцијом са погледом камере и анализом сваког кадра, покушавајући да пронађе одређену слику у њему. Ако је слика препозната, преко ње се преклапају 3Д елементи.

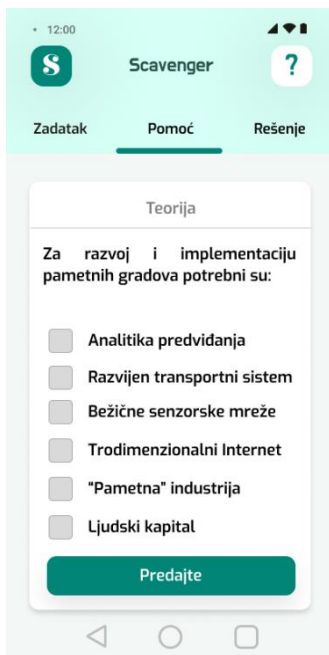
За успешно обављање свих врста задатака потребно је издвојити локације на којима би се игра играла и опремити их на основу врсте и задатка којем ће одговарати. За проширену стварност, мете и *QR* кодови морају бити видљиви како би студенти могли да их скенирају. За IoT типове задатака, ова припрема може постати компликована, јер је потребно припремити IoT платформе у распону од једноставних сензора до сложених архитектура на основу дотичног задатка.

5.3.1 Имплементирани задаци

Студенти користе паметни телефон и инсталирани софтвер за решавање задатака. Навигација кроз генерисане модуле за учитани задатак врши се одабиром жељене опције на екрану уређаја. Присутна су три прозора, прозор који садржи локацију задатка, текст задатка и упутства за решавање. Друга два прозора су динамична и представљају прозор за решавање и прозор за унос решења.

5.3.1.1 Квиз

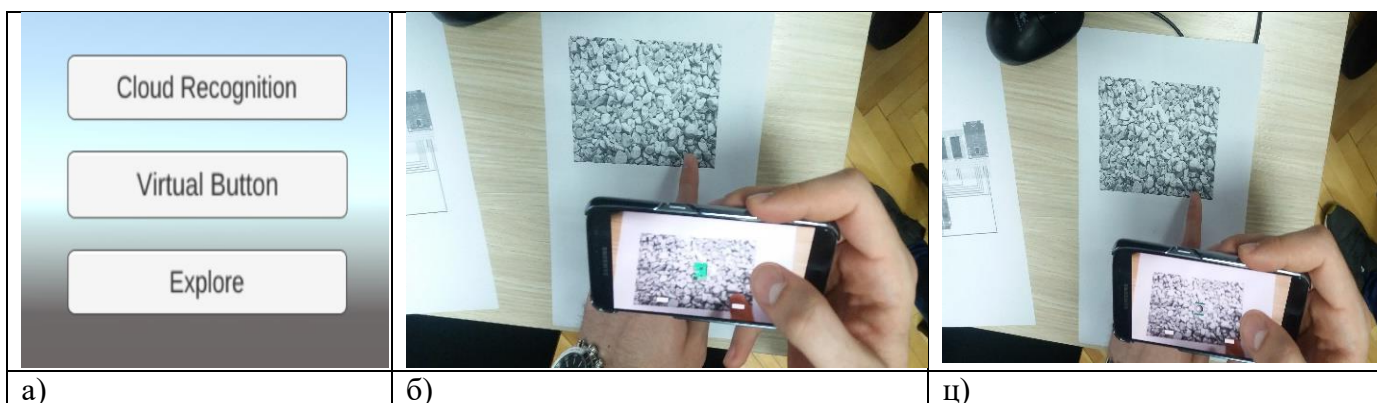
Пример задатка типа квиза приказан је на слици. Тип задатка *Квиз* представља дигитални приказ писменог теста и идентичан је са питањима присутним на Moodle тесту. Сва питања су преузета из већ присутних тестова. Питања и одговори које студенти треба да одаберу приказују се у прозору за решавање и након селектовања одговора на екрану ће се појавити код. Овај се код затим убацује у тастатуру прозора за унос решења.



Слика 155: Пример задатка Квиз

5.3.1.2 Виртуално дугме

Студентима је изложен један маркер проширене стварности и неколико *QR* кодова. У тексту задатка је наведено да је неопходно да се препозна сензор покрета и скенира одговарајући код. Отварањем прозора проширене стварности и одабиром опције *Виртуално дугме* активираће се приказ камере. Када студенти пређу камером преко маркера, на екрану ће се видети први од 7 3Д модела IoT компоненти и два дугмета за навигацију. Преласком прста испод камере, на месту где су дугмићи видљиви, приказани модел ће се променити. Након одабира модела, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за скенирање кода. Када се код скенира задатак је завршен.



Табела 5 Кораци при решавању задатка Виртуелно дугме

Приликом покретања апликације приказан је избор могућих модула проширене стварности (а). Студент бира другу опцију. Након одабира модула се учитава почетни приказ проширене стварности (б). Интеракцијом са дугмићима са леве и десне стране екрана мобилног уређаја мења се 3D модел приказан у центру екрана (ц).

5.3.1.3 Приказ виртуалног текста

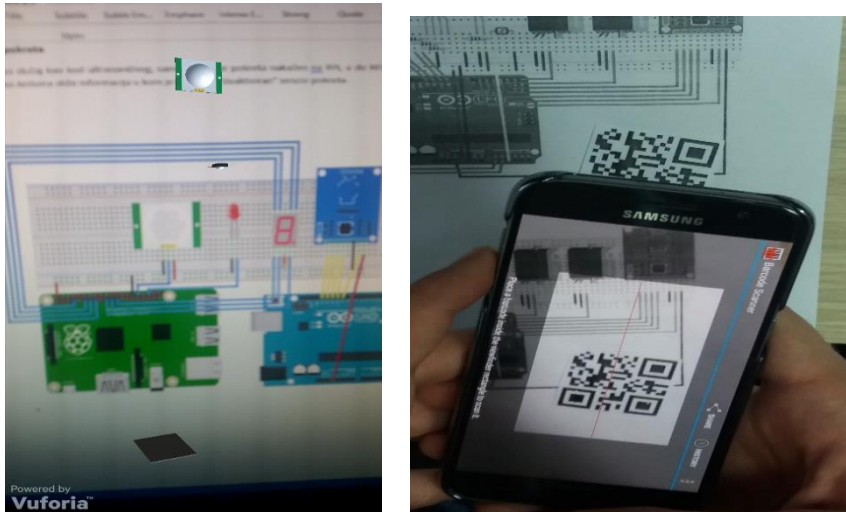
Студентима је изложено неколико маркера проширене стварности. У тексту задатка је наведено да је неопходно да се препозна тачна формула за рачунање удаљености. Отварањем прозора проширене стварности и одабиром опције *Истраживање* активираће се приказ камере. Када студенти пређу камером преко маркера, на екрану ће се видети формула и код решења. Након одабира тачне формуле, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за унос одговора преко тастатуре. Уносом кода задатак је завршен.



Слика 16: Пример задатка Виртуални текст

5.3.1.4 Приказ 3Д објекта

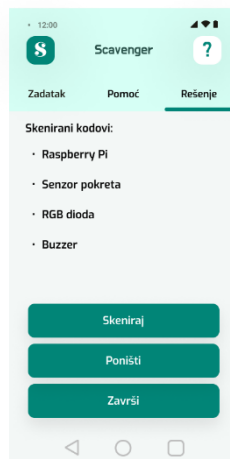
Студентима је изложено неколико маркера проширене стварности (шеме недовршених IoT структура) и неколико QR кодова. У тексту задатка је наведено да је неопходно да се препозна комплетна шема. Отварањем прозора проширене стварности и одабиром опције *Препознавање* преко *Cloud-a* активираће се приказ камере. Када студенти пређу камером преко маркера на екрану ће се појавити 3Д модели IoT компоненти. Потребно је одабрати шему која је комплетна додавањем приказаних IoT елемената. Након одабира модела, студенти се враћају на почетни екран и отварају прозор за скенирање кода. Када се код скенира, задатак је завршен.



Слика 177: Приказ задатка 3Д објекти

5.3.1.5 QR кодови

Студентима је изложено неколико QR кодова приложених уз одговарајуће IoT елементе. У тексту задатка је наведено да је неопходно скенирати IoT елементе у задатом редоследу. Отварањем прозора за скенирање QR кодова активираће се приказ скенираних кодова и три дугмета. Кликом/притиском на неки од дугмића могуће је скенирати нови код, обрисати скениране кодове или предати задатак. Када студенти активирају скенирање новог кода и пређу камером преко QR кода, на екрану ће се приказати назив скенираног елемента. Након скенирања свих тражених елемената, и притиском на дугме *Заврши*, задатак је завршен.

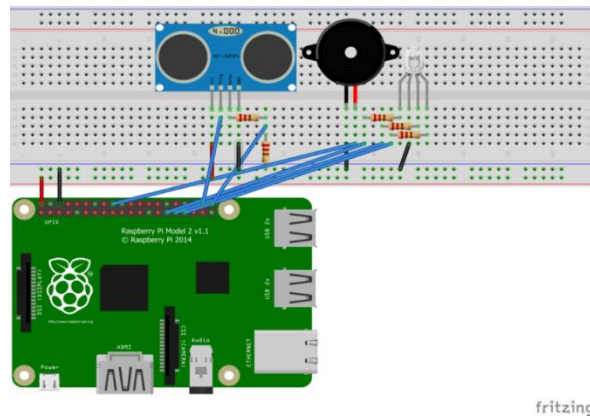


Слика 18: Пример задатка QR кодови

5.3.1.6 Сензор удаљености

Студентима је изложен IoT систем сензора за удаљеност. У тексту задатка је наведено да је неопходно решити приложену функцију написану у *Python* програмском језику која враћа удаљеност, као и блокирати сензор на тој удаљености. Након решавања функције, потребно је отворити прозор веб претраживача. Отварањем прозора веб претраживача прочитаће се веб апликација која се састоји од исписа тренутне забележене удаљености, дугмета за активирање сензора и дугмета за генерисање текстуалног кода решења задатка. Кликом на дугме за

активацију измериће се нова удаљеност, након што студенти блокирају сензор на траженој удаљености и кликну на дугме *Реши задатак*. Након генерисања текстуалног решења потребно је вратити се на почетни екран и отворити прозор за текстуални унос решења. Када се унесе код, задатак је завршен.



Слика 1818: Пример задатка Сензор удаљености



Слика 199 Интеракција са сензором удаљености

5.3.1.7 Инфрацрвени сензор

Студентима је изложен IoT систем инфрацрвеног сензора. У тексту задатка је наведено да је неопходно решити приложену функцију написану у *Python* програмском језику која враћа низ бројева које је потребно унети даљинским управљачем. Након решавања функције потребно је уперити даљински управљач ка инфрацрвеном сензору и унети добијени низ. Након уноса последње цифре огласиће се обавештење које указује да је сада могуће прислонити *RFID* таг модулу за комуникацију који је у склопу система. Након успешног уписа решења на таг, које ће бити назначено новим звучним сигналом, вратити се у главни екран апликације. Прислањањем тага телефону, задатак је завршен.

5.4 Методолошки оквир евалуације развијеног решења

Евалуација развијеног система је извршена на курсу Интернета интелигентних уређаја дипломских студија смера Информациони системи и технологије Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука Универзитета у Београду. На курсу студенти уче основе технологија интернета интелигентних уређаја. Курс је реализован у форми мешовитог учења коришћењем *Moodle* система.

Да би комплетирали курс, студенти морају да предају четири домаћа задатка, један тест и

финални пројекат. Сви потребни ресурси су доступни на *Moodle* платформи. Курс траје три месеца. Развијена игра је доступна на крају курса. Игра тестира знање студената и прикупљени бодови утичу на финалну оцену.

У оквиру Факултета организационих наука, ЕЛАБ организује онлајн курсеве на дипломском и постдипломском нивоу студија. Сваке године више од 1000 студената похађа ЕЛАБ курсеве: Е-пословање, Интернет технологије, Мобилно пословање и Интернет интелигентних уређаја и др. Ово истраживање фокусирано је на курс Интернет интелигентних уређаја.

За студента уписаног на ЕЛАБ онлајн курсеве потребно је неколико обавезних активности за полагање. Ове активности укључују домаће задатке, тестове и тимске пројекте. Развијен је модел учења кроз игру са пратећим апликацијама и сервисима која тестира теоретско и практично знање студената у оквиру паметног окружења заснованог на интернету интелигентних уређаја. Сав потребан материјал присутан је на *Moodle* курсевима. Студенти уписани на ове курсеве имаће могућност да играју поменути игру на својим мобилним телефонима и стекну додатне бодове курса на основу постигнутих резултата.

Истраживање је спроведено у ЕЛАБУ током пролећног семестра школске године 2017/2018. године, на узорку од 24 студента преддипломског студија који су похађали курсеве Интернет интелигентних уређаја и Мобилно пословање. Сви испитаници били су стари између 20 и 25 година; 29,2% су били мушкарци, а 70,8% жене.

Сви студенти који су похађали курс дали су сагласност да учествују у истраживању. Током курса који траје 3 месеца, студенти имају вежбе у којима откривају нове елементе и учествују у групним пројектима који захтевају недељно вредновање. Игра је презентована на једном од предавања током семестра. На презентацији су објашњени циљ истраживања и упутство за коришћење софтвера. Први корак је било попуњавање упитника. Након попуњавања упитника следила су 2 теста. Први је био писмени тест и одрадили су га сви студенти истовремено. Други тест је реализован кроз презентовани софтвер и хардвер. Због техничких ограничења други тест је рађен у групама. На оба теста су били исти задаци. У игри су задаци дати случајним редоследом. Студенти нису имали увид у тачност решења задатака док оба теста нису завршена. На овај начин је избегнут утицај првог теста на други. Након два теста, студенти су замољени да испуне други упитник.

У истраживању су коришћена три инструмента:

- упитник за прикупљање података о студентима, академским достигнућима и навикама у коришћењу мобилних технологија;
- тест за оцењивање знања студената;
- упитник за прикупљање података о утисцима студената о образовној игри.

Циљ првог упитника био је да се стекну основне информације о студентима и какве су њихове навике у коришћењу доступних мобилних уређаја. Овај упитник је студентима достављен у штампаном облику.

Тест за оцењивање знања студената обухватао је питања о материји која се проучавала током курса. Тест је укључивао 10 питања. Свако питање је прилагођено једном од имплементираних типова задатака у игри, док је у писаном облику задатак у облику питања са више избора, тачно-лажно или кратко уношење. Тест који су полагали студенти заснован је на стандардизованим тестовима који су се користили за процену знања студената у току Интернета ствари током претходних 10 година.

Циљ другог упитника био је испитати утиске студената о коришћењу едукативне игре. Студенти су замољени да процене како им одговара презентација задатака, ниво интеракција са системом и да ли је било забавно за решавање.. Овај упитник је студентима достављен у штампаном облику. Оба упитника су заснована на стандардизованим УСЕ упитницима.

5.4.1 Истраживачки циљеви и питања

Истраживање је извршено са циљем тестирања могућности и потенцијалних погодности имплементације нове активности засноване на паметним образовним окружењима која би заменила стандардизовани тест. Питања истраживања су формулисана да одреде да ли су студенти заинтересовани за коришћење образовања кроз игру у сврхе учења области интернета интелегентних уређаја коришћењем развијеног система. Питања су формулисана на следећи начин:

Питање 1: Које резултате достигну студенти коришћењем игре?

Питање 2: Који су утисци студената за коришћење развијене игре за учење?

5.4.2 Учесници

Истраживање је спроведено током другог семестра 2019/2020. академске године, на узорку од 24 студента који су похађали курс Интернет интелегентних уређаја и пристали су да учествују у истраживању. Сви испитаници су између 20 и 25 година, 29.2% су мушког пола а 70.8% женског.

5.4.3 Процедура

Током курса студенти имају практичне вежбе у којима су учили о IoT компонентама и учествовали у групним пројектима са контролом на недељном нивоу. На једним вежбама им је презентован развијени систем. Објашњено им је како да користе систем. Након тога су решили 2 теста. Први је био писани тест и сви су решавали тест у исто време. Други тест је извршен коришћењем развијене игре. Студенти су подељени у групе због хардверских и просторних ограничења. На оба теста су били исти задаци. У игри су задаци добијени у насумичном реду. Након комплетирања другог теста, студенти су попуњавали упитник.

Процедура истраживања за експерименталну групу састоји се из четири корака:

1. Уводно предавање. Студентима су представљени дизајнирани систем и начин коришћења апликације;
2. Стандардни тест. Студенти су добили стандардизовани писани тест из области IoT-а на решавање;
3. IoT тест. Након решавања стандардног теста, студенти су добили припремљени мобилни телефон са унапред инсталираним софтвером за решавање задатака. Студенти су имали задатак да се пријаве у апликацији коришћењем свог *Moodle* налога и започну IoT тест. Систем насумично бира један од задатака. Након сваког решеног задатка добија се нови.
4. Упитник. Попуњавањем упитника, студенти су могли изразити своје утиске о IoT тесту. На крају упитника студенти су имали отворена питања у којима могу да изнесу своје мишљење о позитивним и негативним аспектима коришћења апликације.

5.4.4 Инструменти

За ово истраживање коришћена су два инструмента:

- 1) Тест знања сачињен од 10 питања. Припремљен је у два облика: у писаној форми и имплементиран у оквиру игре. Тест је базиран на стандардизованом тесту који је део курса последњих 10 година;
- 2) Упитник за одређивање мишљења и утисака студената. Базиран је на стандардном УСЕ упитнику са питањима са четири групе и пет опција (корисност, лакоћа коришћења, лакоћа учења, задовољство) (Lund, 2001), али је садржао и отворена питања намењена за прикупљање предлога. Исправност је проверена коришћењем Кронбакове алфе (Cronbach, 1951)(Cronbach & Shavelson, 2004), која износи 0.950.

Стандардни тест је имао десет питања, различитог типа.

- a) Два питања нудила су могућност вишеструког избора:
 - Требало је да студенти од понуђених компонената пронађу одговарајуће;
 - Пронађу исправну формулу која се односи на тражену функцију сензора удаљености.
- b) Четири питања су била отвореног типа:

ЈоТ тест је реализован помоћу мобилне апликације.

За испитивање поузданости теста коришћена је Cronbach's alpha (Cronbach, 1951; Cronbach & Shavelson, 2004). Вредност алфа већа од 0,8 указује на добру поузданост, мања од 0,6 је лоша, а мања од 0,5 је неприхватљива (Cronbach, 1951; Cronbach & Shavelson, 2004). Остварена вредност Cronbach's alpha за први део упитника је 0,947.

Други део упитника односио се на задовољство студената приликом решавања задатака преко мобилне апликације. Cronbach's alpha за овај део упитника је 0,959.

На крају упитника се од студената тражило да изнесу своје мишљење о коришћењу апликације и наведу позитивне и негативне аспекте.

5.5 Анализа резултата

5.5.1 Анализа резултата игре

У табели 12 приказани су параметри коришћени за евалуацију перформанси игре у односу на писани тест.

	Резултати теста (% положио)	Просечна оцена	СД (%)	Просечно време (минути)	Време по питању (секунде)
Игра	97	8.6	0.43	30	300
Писмени тест	66.67	8.0	2.26	15	180

Табела 6: Упоредивање перформанси по тесту

Резултати показују да је студентима у просеку требало 30 минута да комплетирају игру, 300 секунди по питању, док им је за решавање писменог теста у просеку требало 15 минута, 180 секунди по питању. Резултати т-теста показују да је време потребно за решавање игре знатно дуже од времена за решавање писменог теста ($t = 29.37$, $p < .05$). Очекује се да играње игре одузима више времена, јер студенти морају да се крећу између локација у паметном окружењу и потребно им је више времена за интеракцију са окружењем. С друге стране, више студената је положило тест и постигло боље резултате у игри, у поређењу са резултатима писменог теста што доводи до закључка да се ова врста учења и оцењивања заснованог на игри може укључити у редовне активности. Међутим, резултати које су студенти постигли на IoT тесту нису значајно бољи у односу на оне постигнуте на стандардном писменом тесту ($t = -1,270$, $p > .05$), што указује да се IoT може користити за процену знања студената уместо писменог теста. Ипак, тест IoT игре резултирао је вишом средњом вредношћу од писаног теста (Cohen $d = 0,37$, величина ефекта $p = 0,18$, 95% CI [8,43, 8,77]). Позитивно запажање је да је већи број студената који су положили IoT тест. Могуће објашњење би могло лежати у чињеници да се неки студенти могу мучити приликом полагања писмених тестова, а да им је лакше користити активне методе учења (Petrović et al., 2022). Коначно, резултати указују да су студенти вешти у коришћењу мобилних уређаја и да се ове активности могу укључити у редовне активности наставе и учења.

5.5.2 Анализа утисака студената

Анализом података прикупљених у упитнику истиче се да су студенти имали генерално позитивно мишљење о систему учења заснованом на играма које су користили. Резултати су представљени с обзиром на групе питања у упитнику УСЕ: корисност, једноставност употребе, лакоћа учења и задовољство.

За корисност система, студенти су одговарали на питања која су приказана у Табели 2. Резултати показују да студенти сматрају да је систем користан (4,52) и да им олакшава решавање задатака (4,74). Студенти систем не сматрају у потпуности одговарајућим (3,83) и нижу оцену по овом питању треба узети у обзир у будућем развоју.

Питање	Средња вредност	Стандардна девијација	95% CI
Помаже ми да будем ефикаснији	4.22	0.90	[3.86, 4.58]
Помаже ми да будем продуктивнији	4.30	0.88	[3.95, 4.65]
Корисно је	4.52	0.79	[4.20, 4.84]
Даје ми више контроле над активностима учења	4.26	0.86	[3.92, 4.60]
Олакшава ми ствари које желим да урадим	4.74	0.62	[4.49, 4.99]
Штеди време	4.43	0.79	[4.11, 4.75]
Задовољава моје потребе	3.83	1.07	[3.40, 4.26]
Ради све што треба да ради	4.30	0.82	[3.97, 4.63]

Табела 7: Корисност

Одговори који се тичу једноставности коришћења представљени су у Табели 3. Резултати показују да студенти генерално сматрају да је систем једноставан за употребу, прилагођен кориснику и да га могу успешно користити сваки пут. Међутим, нижа оцена је дата на питање о употреби без писаних упутстава (3.48), што значи да су потребни додатни напори за обуку студената како да користе систем.

Питање	Средња вредност	Стандардна девијација	95% CI
Лако је за коришћење	4.35	0.71	[4.07, 4.63]
Једноставно је за коришћење	4.26	0.69	[3.98, 4.54]
Предусретљиво је	4.48	0.73	[4.19, 4.77]
Захтева најмање корака могуће	4.30	0.76	[4.00, 4.60]
Флексибилно је	4.22	0.85	[3.88, 4.56]
Не захтева напор	4.04	0.93	[3.67, 4.41]
Може се користити без упутства	3.48	1.20	[3.00, 3.96]
Не примећују се грешке	3.74	1.14	[3.28, 4.2]
Допало би се и повременим и сталним корисницима	4.26	0.81	[3.94, 4.58]
Лако се исправљају грешке	4.04	1.11	[3.60, 4.48]
Могу сваки пут да га користим сваки пут	4.78	0.60	[4.54, 5.02]

Табела 8: Лакоћа коришћења

Што се тиче лакоће учења, висока оцена за сва питања представљена у Табели 4 указује на то да су студенти лако научили како да користе овај систем, па иако су обука и писана упутства неопходни, не морају да троше време.

Питање	Средња вредност	Стандардна девијација	95% CI
Брзо сам научио да га користим	4.43	0.79	[4.11, 4.75]
Лако сам запамтио како да га користим	4.78	0.52	[4.57, 4.99]
Лако се учи	4.78	0.42	[4.61, 4.95]
Брзо сам постао вешт у коришћењу	4.61	0.58	[4.38, 4.84]

Табела 9: Лакоћа учења

Табела 5 приказује задовољство студената системом. Сматрају да је забавно користити и учити кроз систем. Ипак, они указују да апликација не функционише увек онако како желе (3.96), па би то требало узети у обзир у будућој верзији система.

Питање	Средња вредност	Стандардна девијација	95% CI
Задовољан сам	4.48	0.59	[4.24, 4.72]
Препоручио бих пријатељу	4.39	0.66	[4.13, 4.65]
Забавно је за коришћење	4.48	0.73	[4.19, 4.77]
Ради како сам замислио	3.96	0.98	[3.57, 4.35]
Сјајно је	4.13	0.76	[3.83, 4.43]
Желим да га имам	4.52	0.67	[4.25, 4.79]
Пријатно је за коришћење	4.61	0.50	[4.41, 4.81]
Забавно је учити кроз систем	4.78	0.52	[4.57, 4.99]

Табела 10: Задовољство

Табела 6 приказује коментаре и мишљења студената дата у отвореним питањима. Коментари су груписани у позитивне и негативне аспекте.

Позитивни аспекти:	Негативни аспекти:
Сликовито и занимљиво учење.	Могло би радити брже
Помаже у учењу ЈоТ-а.	Потребна су упутства
Једноставно али забавно	Потребно је навикнути се на овај начин учења
Практично	Заузима много меморије
3Д елементи	
Нови начин интерактивног учења	

Табела 11: Коментари студената

6 Научни и стручни доприноси

Најзначајнији допринос ове докторске дисертације је развој модела за учење кроз игру заснован на интернету интелигентних уређаја који ће повећати заинтересованост студената и исход учења. Очекивани научни доприноси резултата планираног истраживања огледају се у:

- развоју модела учења кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја;
- развоју новог методолошког поступка за учење кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја;
- формалном опису система за учење кроз игру заснованог на примени интернета интелигентних уређаја;
- анализи метода развоја система за учење кроз игру;
- моделу интеграције IoT-а, проширене стварности и учења кроз игру;
- моделу интеграције система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја са системима за учење на даљину;
- развоју методолошких поступака за оцену перформанси система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја.

Очекивани стручни доприноси планираног истраживања огледају се у:

- утврђивању могућности развоја система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја;
- развоју инфраструктуре интернета интелигентних уређаја за учење кроз игру употребом микро-рачунара, микро-контролера и мобилних уређаја;
- развоју мобилне апликације за интеракцију са развијеним системом;
- развоју IoT инфраструктуре система за учење кроз игру;
- развоју веб апликације за управљање системом за учење кроз игру;
- прегледу и анализи технологија потребних за имплементацију система за учење кроз игру применом интернета интелигентних уређаја;

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

- афирмација увођења модела за учење кроз игру заснованог на интернету интелигентних уређаја са циљем примене активног учења и повећања интересовања студената;
- утврђивање потенцијала за унапређење интересовања студената усвајањем модела за учење кроз игру засновану на интернету интелигентних уређаја;
- могућност коришћења резултата истраживања од стране других институција са циљем ефикаснијег спровођења интеграције модела за учење кроз игру.

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

Часописи међународног значаја (M20):

Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barac, D., and Bogdanović, Z., (2022) Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT, *Computer applications in engineering education*. 30(1): 117– 132, ISSN: 1061-3773, IF(2021)=2.109 (M22)

Stojanović, D., Bogdanović, Z., Petrović, L., Mitrović, S., Labus, A. (2020) Empowering learning process in secondary education using pervasive technologies, *Interactive Learning Environments*, ISSN:1049-4820, DOI:10.1080/10494820.2020.1806886, IF(2021)=4.965, (M21a)

Зборници међународних научних скупова (M30):

Petrović, L., Stojanović, D., Labus, A., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M. (2017) Harnessing Edutainment in Higher Education: an example of an IoT based game, In: *The 12th International Conference on Virtual Learning ICVL 2017*. University of Bucharest and “L. Blaga” University of Sibiu, Sibiu, Romania - Europe, pp. 318-324. ISBN 1844-8933 (M33)

Petrović, L., Stojanović, D., Labus, A. (2018) Development of an educational game: Augmented reality approach to edutainment, In: *XVI International symposium Doing Business in the Digital Age: challenges, approaches and solutions SymOrg 2018*. Faculty of organizational sciences, 7-10 June 2018, Zlatibor, pp. 96-107. ISBN 978-86-7680-361-3 (M33)

Stanisavljević, N., Stojanović, D., & Petrović, L. (2022). Open Innovation and Crowdsourcing: Challenges and Opportunities for Serbian Railways. *E-Business Technologies Conference Proceedings*, 2(1), 36–41. 23-24 June 2023, Belgrade, Serbia, Retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/137> (M33)

Petrović, L., Stojanović, D., Živojinović, L., & Đurđević, B. (2023). IoT Game-based Learning Model in Education. *E-Business Technologies Conference Proceedings*, 3(1), 271–275. 15-17 June 2023, Belgrade, Serbia, Retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/176> (M33)

Радови у часописима националног значаја (M50)

Petrović, L., Jezdović, I., Stojanović, D., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M. (2017) Development of an educational game based on IoT, *International Journal of Electrical Engineering and Computing*, Faculty of Electrical Engineering at the University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 36-45, ISSN: 2566-3682 doi: <http://dx.doi.org/10.7251/IJEEC1701036P> (M53)

7 Будућа истраживања

Примена нових технологија у образовању је тема бројних истраживања (Cloete, 2017; Raja & Nagasubramani, 2018; N. Yadav et al., 2018). Резултати истраживања су такви да се могу уочити бројне предности овог приступа са фокусом на повећање заинтересованости студената, и воље за учењем (Qureshi et al., 2021). Иако се од употребе напредних технологија у области едукације очекују велике користи, јер се полази од претпоставке да су новије генерације студената већ упућене на ове видове комуникације и да их у старту вешто користе, истраживања су показала да у одређеној мери постоји одбојност према коришћењу ових технологија за учење (Criollo-C et al., 2021). Осим могућих техничких баријера наведени су и психолошко социјални разлози (Romero Alonso et al., 2019). Могући разлози су стрес због свеprisутног приступа учењу, директне повезаности са професорима и неповерења у смислу спречавања злоупотребе система (Abrahams, 2010). Због поменутих баријера интегрисање дигиталних технологија у образовање није једноставно (Lind et al., 2022). У новије време, проучавање баријера у погледу ставова наставника и вештина коришћења технологија почело је да примењује различите приступе (Dinc, 2019). Такође је идентификовано неколико истраживачких питања паметног учења, укључујући (1) развој и имплементацију паметних образовних окружења, (2) тумачење и истраживање постојећих педагошких теорија за паметна образовна окружења, (3) стратегије учења и процене за паметно учење, (4) процену учења перформансе и перцепцију и (5) анализу понашања и образаца учења (X. Chen et al., 2021; Paramitsiou & Economides, 2016).

Значај преласка на учење у паметним образовним окружењима за игру, уз примену IoT сервиса, огледа се у повећању квалитета наставе уз ниске трошкове имплементације (Lai & Bower, 2019). Додатни значај је што студенти имају могућност да кроз практичне примере унапреде своје знање новим технологијама и начинима рада (Lind et al., 2022).

Истраживање презентовано у дисертацији показало је да постоји велико интересовање студената за коришћење новог начина учења. Студенти су изразили велику жељу за повећањем броја задатака и имплементацијом решења у другим курсевима, што отвара простор за будућа истраживања (Petrović et al., 2022). Важност овог истраживања се огледа у дефинисању модела учења кроз игру у паметном образовном окружењу заснованом на технологијама IoT-а и проширене стварности. Предложено решење може се имплементирати у било којој образовној институцији. Резултати и решења предложена у дисертацији отварају могућност даљег истраживања у области примене концепта учења кроз игру и паметних образовних окружења. Унапређења описаног модела се пре свега могу разматрати у правцу развоја додатних IoT полигона и нових типова задатака. Могуће је повећати ниво интеграције са Moodle системом. Модел се може тестирати са већим бројем испитаника и у другим областима истраживања. Очекује се да ће наредна верзија развијене апликације омогућити примену оваквог облика рада за учење и других научних области. Значајно је навести да ће будућа дорада задатака бити фокусирана на имплементацију применом симулација заснованих на проширеној стварности.

8 Закључак

Многа истраживања су доказала да интернет интелигентних уређаја, проширена стварност и образовне игре могу бити коришћени за унапређење традиционалног процеса учења (Coller & Shernoff, 2009; EL Mrabet & Ait Moussa, 2017b; T. Wang & Zhu, 2009; Yuen et al., 2011). Њихово коришћење унапређује процес учења и обезбеђује студентима модеран и ефикасан систем образовања (Beauchamp et al., 2015; Nagao & Nagao, 2019; Sadera et al., 2014).

У овој дисертацији, циљ је био испитивање ефеката интеграције концепта учења кроз игру у паметно окружење за учење. Коришћењем образовне мобилне игре засноване на свеприсутном рачунарству и *Moodle* систему за учење, предложено је проширење формалног процеса учења напуштањем концепта традиционалних учионица и преласком на учење кроз интеракцију са окружењем. Главни допринос истраживања је дефинисање приступа учењу кроз игру у паметним окружењима за учење заснованим на интернету интелигентних уређаја са циљем повећања заинтересованости студената. У докторској дисертацији су представљени емпиријски подаци који показују ниво прихватања предложеног приступа међу студентима и доприносе даљем развоју поља примене едукативних игара, интернета интелигентних уређаја и проширене стварности у високом образовању (Vegoña Gros, 2007, 2016; Koutromanos et al., 2015). Додатни допринос је приказ практичног примера интеграције едукативних игара у курс Интернета интелигентних уређаја имплементираног у оквиру *Moodle* система. Представљени приступ се може користити и као активност за учење и као алат за тестирање знања студената.

Преглед литературе је показао да учење кроз игру може да се користи за унаређење ефикасности учења (Burguillo, 2010; Kiili, 2005; Sadera et al., 2014). Резултати добијени овим истраживањем поклапају се са анализираним литературом и показују да су студенти заинтересовани за интерактивно учење и да лако прихватају иновативне технологије у традиционалном учењу. Додатно, презентовани модел олакшава интеграцију едукативних игара у постојеће системе за управљање учењем кроз употребу интернета интелигентних уређаја.

Интернет интелигентних уређаја има потенцијал за употребу у контексту паметних окружења за учење (Abdel-Basset et al., 2019). Истраживање је потврдило налазе ранијих истраживања која су испитала иновативне начине употребе интернета интелигентних уређаја и повезаних технологија и концепата у паметним окружењима. Наведене су предности примене интернета интелигентних уређаја у паметним образовним окружењима (Gudoniene & Rutkauskiene, 2019). Представљено решење је интегрисано у оквиру система за учење (Mershad et al., 2020; Mershad & Wakim, 2018)(Mershad et al., 2020).

Евалуација приступа представљеног у овој докторској дисертацији је изведена развојем система који укључује мобилну игру која омогућава студентима да уче и полагају тестове у интеракцији са паметним окружењем за учење, решавањем задатака заснованих на технологијама као што су интернет интелигентних уређаја, проширена стварност, *QR* кодови и слично. Развијени систем је направљен да подржи наставу и учење у области интернета интелигентних уређаја. Добијени резултати показују да су студенти постигли боље резултате у поређењу са традиционалним учењем, истовремено изражавајући висок ниво интересовања и мотивације.

Главни закључци истраживања су:

- Употреба проширене стварности, интернета интелигентних уређаја и едукативних игара у модерним окружењима за учење доноси предности и за наставнике и за студенте;

- Ефекти се могу у великој мери искористити када се ти концепти комбинују на одговарајући начин;
- Иновативни приступи и технологије не смеју се користити засебно, већ као саставни део система управљања е-учењем, попут *Moodle* платформе. Ово може максимизирати укупне резултате и учења и подучавања;
- Паметна окружења за учење имају огроман потенцијал и треба их користити што је више могуће, посебно на инжењерским курсевима;
- Едукативне игре треба користити не само за тестирање знања, већ и за активно учење.

Представљена студија има неколико ограничења. Што се тиче израде одређених задатака, потребно је припремити хардверске и софтверске компоненте. То укључује набавку, повезивање и програмирање потребних уређаја за сваки задатак. За додељивање типова проширене стварности и *QR* потребно је припремити *QR* кодове и маркере проширене стварности који ће се користити у задатку. За све ове задатке потребно је припремити локацију на којој ће се користити. Ови изазови могу се решити у будућем развоју модела, где студенти сами могу учествовати у развоју и постављању појединачних задатака. Друго ограничење је везано за величину узорка. Иако узорак није био велик, сматрамо да је то било довољно за почетну оцену предложеног приступа, али су потребне додатне процене да би се добили прецизнији резултати.

9 Reference

- Abdel-Basset, M., Manogaran, G., Mohamed, M., & Rushdy, E. (2019). Internet of things in smart education environment: Supportive framework in the decision-making process. *Concurrency Computation*, 31(10), e4515. <https://doi.org/10.1002/cpe.4515>
- Abdulbaki, K., Suhaimi, M., Alsaqqaf, A., & Jawad, W. (2018). The use of the discussion method at university: Enhancement of teaching and learning. *International Journal of Higher Education*, 7(6). <https://doi.org/10.5430/ijhe.v7n6p118>
- Abrahams, D. A. (2010). Technology adoption in higher education: a framework for identifying and prioritising issues and barriers to adoption of instructional technology. In *Journal of Applied Research in Higher Education* (Vol. 2, Issue 2, pp. 34–49). Emerald Group Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1108/17581184201000012>
- Adesoji, F. A. (2018). Bloom Taxonomy Of Educational Objectives And The Modification Of Cognitive Levels. *Advances in Social Sciences Research Journal*, 5(5). <https://doi.org/10.14738/assrj.55.4233>
- Adipat, S., Laksana, K., Busayanon, K., Ausawasowan, A., & Adipat, B. (2021). Engaging Students in the Learning Process with Game-Based Learning: The Fundamental Concepts. *International Journal of Technology in Education*, 4(3). <https://doi.org/10.46328/ijte.169>
- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2019). Identifying potential design features of a smart learning environment for programming education in Nigeria. *International Journal of Learning Technology*, 14(4). <https://doi.org/10.1504/IJLT.2019.106551>
- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2021a). Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00145-4>
- Agbo, F. J., Oyelere, S. S., Suhonen, J., & Tukiainen, M. (2021b). Scientific production and thematic breakthroughs in smart learning environments: a bibliometric analysis. *Smart Learning Environments*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00145-4>
- Ahmed, E., Yaqoob, I., Gani, A., Imran, M., & Guizani, M. (2016). Internet-of-things-based smart environments: State of the art, taxonomy, and open research challenges. *IEEE Wireless Communications*, 23(5), 10–16. <https://doi.org/10.1109/MWC.2016.7721736>
- Al-Emran, M., Malik, S. I., & Al-Kabi, M. N. (2020). A Survey of Internet of Things (IoT) in Education: Opportunities and Challenges. In *Studies in Computational Intelligence* (Vol. 846, pp. 197–209). Springer Verlag. https://doi.org/10.1007/978-3-030-24513-9_12
- Al-Fraihat, D., Joy, M., Masa'deh, R., & Sinclair, J. (2020). Evaluating E-learning systems success: An empirical study. *Computers in Human Behavior*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2019.08.004>
- Al-Shabibi, T. S., & Al-Ayasra, M. A. K. (2019). Effectiveness of the flipped classroom strategy in learning outcomes (bibliometric study). *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*, 18(3), 96–127. <https://doi.org/10.26803/ijlter.18.3.6>
- Alajmi, Q., Al-Sharafi, M. A., & Abuali, A. (2020). Smart Learning Gateways for Omani HEIs Towards Educational Technology: Benefits, Challenges and solutions. *International Journal of Information Technology and Language Studies (IJITLS)*, 4(1).
- Alelwi, A., Alghamdi, A., Shorfuzzaman, M., Rawashdeh, M., Hossain, M. S., & Muhammad, G. (2015). Enhanced engineering education using smart class environment. *Computers in Human Behavior*, 51, 852–886. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.061>
- Almanasef, M., Almahaslah, D., Portlock, J., & Chater, A. (2020). Qualitative investigation of the flipped classroom teaching approach as an alternative to the traditional lecture. *Pharmacy Education*, 20. <https://doi.org/10.46542/pe.2020.201.p142-150>
- Alrige, M., Bitar, H., Al-Suraihi, W., Bawazeer, K., & Al-Hazmi, E. (2021). MicroWorld: An Augmented-Reality Arabian App to Learn Atomic Space. *Technologies*, 9(3). <https://doi.org/10.3390/technologies9030053>
- Anderson, G. J., Panneer, S., Shi, M., Marshall, C. S., Agrawal, A., Chierichetti, R., Raffa, G., Sherry, J., Loi, D., & Durham, L. M. (2018, October 16). Kid Space: Interactive Learning in a Smart Environment. *Proceedings of the Group Interaction Frontiers in Technology, GIFT 2018*. <https://doi.org/10.1145/3279981.3279986>
- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001a). A taxonomy for Learning Teaching and Assessing. In *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*.

- Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., & Bloom, B. S. (2001b). A taxonomy for Learning Teaching and Assessing. In *A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives*.
- Ardeleanu, R., & Vasile, ". (2019). TRADITIONAL AND MODERN TEACHING METHODS IN MATHEMATICS. In *Journal of Innovation in Psychology, Education and Didactics* (Vol. 23, Issue 2).
- Avila-Garzon, C., Bacca-Acosta, J., Kinshuk, , Duarte, J., & Betancourt, J. (2021). Augmented Reality in Education: An Overview of Twenty-Five Years of Research. *Contemporary Educational Technology, 13*(3). <https://doi.org/10.30935/cedtech/10865>
- Bagheri, M., & Movahed, S. H. (2017). The Effect of the Internet of Things (IoT) on Education Business Model. *Proceedings - 12th International Conference on Signal Image Technology and Internet-Based Systems, SITIS 2016*. <https://doi.org/10.1109/SITIS.2016.74>
- Bai, S., Hew, K. F., & Huang, B. (2020). Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. In *Educational Research Review* (Vol. 30). <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2020.100322>
- Bandyopadhyay, D., & Sen, J. (2011). Internet of things: Applications and challenges in technology and standardization. *Wireless Personal Communications, 58*(1), 49–69. <https://doi.org/10.1007/s11277-011-0288-5>
- Banos, O., Villalonga, C., Damas, M., Gloesekoetter, P., Pomares, H., & Rojas, I. (2014). PhysioDroid: Combining Wearable Health Sensors and Mobile Devices for a Ubiquitous, Continuous, and Personal Monitoring. *Scientific World Journal, 2014*. <https://doi.org/10.1155/2014/490824>
- Baris, M. F. (2015). Future of e-learning: Perspective of European teachers. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 11*(2). <https://doi.org/10.12973/eurasia.2015.1361a>
- Barzilai, S., & Blau, I. (2014). Scaffolding game-based learning: Impact on learning achievements, perceived learning, and game experiences. *Computers and Education, 70*, 65–79. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.08.003>
- Beauchamp, G., Burden, K., & Abbinett, E. (2015). Teachers learning to use the iPad in Scotland and Wales: a new model of professional development. *Journal of Education For Teaching, 41*(2), 161–179. <https://doi.org/10.1080/02607476.2015.1013370>
- Behar-Horenstein, L. S., & Niu, L. (2011). Teaching Critical Thinking Skills In Higher Education: A Review Of The Literature. *Journal of College Teaching & Learning (TLC), 8*(2). <https://doi.org/10.19030/tlc.v8i2.3554>
- Behmke, D. A., Brannock, E., Kerven, D., Lutz, R., Paredes, J., Pennington, R., Rose, J., Deiters, M., Camp, M., & Golovan, A. (2019). AR Chemistry: An Undergraduate, Technology-Based Research and Development Initiative to Incorporate AR Molecular Models in the Chemistry Curriculum. *ACS Symposium Series, 1318*, 53–64. <https://doi.org/10.1021/bk-2019-1318.ch004>
- Behnamnia, N., Kamsin, A., & Ismail, M. A. B. (2020). The landscape of research on the use of digital game-based learning apps to nurture creativity among young children: A review. *Thinking Skills and Creativity, 37*. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2020.100666>
- Berkling, K., & Thomas, C. (2013). Gamification of a software engineering course and a detailed analysis of the factors that lead to it's failure. *2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, ICL 2013*. <https://doi.org/10.1109/ICL.2013.6644642>
- Bervell, B., & Arkorful, V. (2020). LMS-enabled blended learning utilization in distance tertiary education: establishing the relationships among facilitating conditions, voluntariness of use and use behaviour. *International Journal of Educational Technology in Higher Education, 17*(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0183-9>
- Bobick, A. F., Intille, S. S., Davis, J. W., Baird, F., Pinhanez, C. S., Campbell, L. W., Ivanov, Y. A., Schütte, A., & Wilson, A. (1999). The kidsRoom: A perceptually-based interactive and immersive story environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments, 8*(4), 369–393. <https://doi.org/10.1162/105474699566297>
- Bogdanović, Z., Barać, D., Jovanić, B., Popović, S., & Radenković, B. (2014). Evaluation of mobile assessment in a learning management system. *British Journal of Educational Technology, 45*(2), 231–244. <https://doi.org/10.1111/bjet.12015>
- Bogdanovic, Z., Simic, K., Milutinovic, M., Radenkovic, B., & Despotovic-Zrakic, M. (2014). A platform for learning internet of things. *Proceedings of the International Conference E-Learning 2014 - Part of the Multi Conference on Computer Science and Information Systems, MCCSIS 2014*.
- Borgia, E. (2014). The internet of things vision: Key features, applications and open issues. In *Computer*

- Communications* (Vol. 54). <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2014.09.008>
- Borrit, M., & Stangvaltaite-Mouhat, L. (2020). GoDental! Enhancing flipped classroom experience with game-based learning. *European Journal of Dental Education*, 24(4), 763–772. <https://doi.org/10.1111/eje.12566>
- Botte, B., Matera, C., & Sponsiello, M. (2009). Serious games between simulation and game. A proposal of taxonomy. *Journal of E-Learning and Knowledge Society*, 5(2), 11–21.
- Bruno, L. E. (2019). Get Gamified: Promoting Augmented Reality and Digital Game Technology in Education. In *Augmented Reality Games I*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-15616-9_15
- Bugreeva, E. A. (2021). Edutainment and infotainment in distance learning and teaching english to university students and adult learners. In *Journal of Teaching English for Specific and Academic Purposes* (Vol. 9, Issue 2, pp. 169–179). University of Nis. <https://doi.org/10.22190/JTESAP2102169B>
- Burguillo, J. C. (2010). Using game theory and Competition-based Learning to stimulate student motivation and performance. *Computers and Education*, 55(2), 566–575. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.02.018>
- Cárdenas-Robledo, L. A., & Peña-Ayala, A. (2018). Ubiquitous learning: A systematic review. In *Telematics and Informatics* (Vol. 35, Issue 5). <https://doi.org/10.1016/j.tele.2018.01.009>
- Carruana Martín, A., Alario-Hoyos, C., & Delgado Kloos, C. (2021). Smart Groups: A Tool for Group Orchestration in Synchronous Hybrid Learning Environments. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 12884 LNCS. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86436-1_40
- Caspersen, J., Smeby, J. C., & Olaf Aamodt, P. (2017). Measuring learning outcomes. *European Journal of Education*, 52(1). <https://doi.org/10.1111/ejed.12205>
- Castillo-Segura, P., Fernández-Panadero, C., Alario-Hoyos, C., Muñoz-Merino, P. J., & Delgado Kloos, C. (2021). A cost-effective IoT learning environment for the training and assessment of surgical technical skills with visual learning analytics. *Journal of Biomedical Informatics*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2021.103952>
- Cebrián, G., Palau, R., & Mogas, J. (2020). The smart classroom as a means to the development of ESD methodologies. *Sustainability (Switzerland)*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/su12073010>
- Chan, K., Wan, K., & King, V. (2021). Performance Over Enjoyment? Effect of Game-Based Learning on Learning Outcome and Flow Experience. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.660376>
- Chen, C. H., Liu, J. H., & Shou, W. C. (2018). How competition in a game-based science learning environment influences students' learning achievement, flow experience, and learning behavioral patterns. *Educational Technology and Society*, 21(2), 164–176.
- Chen, S., Xu, H., Liu, D., Hu, B., & Wang, H. (2014). A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China Perspective. In *IEEE Internet of Things Journal* (Vol. 1, Issue 4, pp. 349–359). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2014.2337336>
- Chen, X., Zou, D., Xie, H., & Wang, F. L. (2021). Past, present, and future of smart learning: a topic-based bibliometric analysis. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education* (Vol. 18, Issue 1). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00239-6>
- Cheung, S. Y., & Ng, K. Y. (2021). Application of the Educational Game to Enhance Student Learning. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.623793>
- Chou, C. C., Block, L., & Jesness, R. (2012). a Case study of Mobile Learning Pilot Project in K-12 schools. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 5(2). <https://doi.org/10.18785/jetde.0502.02>
- Chou, T.-L., & ChanLin, L.-J. (2012). Augmented Reality Smartphone Environment Orientation Application: A Case Study of the Fu-Jen University Mobile Campus Touring System. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 46, 410–416. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.05.132>
- Chukwurah, L. N., Abbah, O. I., Iweama, C. N., Ogugua, J. E., & Ameh, J. (2020). Students' achievement in physical and health education: Effect of discussion teaching method. *International Journal of Human Movement and Sports Sciences*, 8(3). <https://doi.org/10.13189/saj.2020.080302>
- Chweya, R., & Ibrahim, O. (2021). Internet of things (IoT) implementation in learning institutions: A systematic literature review. In *Pertanika Journal of Science and Technology* (Vol. 29, Issue 1, pp. 471–517). Universiti Putra Malaysia Press. <https://doi.org/10.47836/pjst.29.1.26>
- Cloete, A. L. (2017). Technology and education: Challenges and opportunities. *HTS Teologiese Studies / Theological Studies*, 73(4). <https://doi.org/10.4102/hts.v73i4.4589>
- Coller, B. D., & Shernoff, D. J. (2009). Video Game-Based Education in Mechanical Engineering: A Look at

- Student Engagement. *International Journal Of Engineering Education*.
- Cook, D. J., & Das, S. K. (2004). Smart Environments. In *Smart Environments: Technology, Protocols and Applications*. <https://doi.org/10.1002/047168659X>
- Criollo-C, S., Guerrero-Arias, A., Jaramillo-Alcázar, Á., & Luján-Mora, S. (2021). Mobile learning technologies for education: Benefits and pending issues. *Applied Sciences (Switzerland)*, *11*(9). <https://doi.org/10.3390/app11094111>
- Cronbach, L. J. (1951). Coefficient alpha and the internal structure of tests. *Psychometrika*. <https://doi.org/10.1007/BF02310555>
- Cronbach, L. J., & Shavelson, R. J. (2004). My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. *Educational and Psychological Measurement*, *16*(3), 297–334. <https://doi.org/10.1177/0013164404266386>
- Csikszentmihalyi, M. (1975). Beyond Boredom and Anxiety: Experiencing Flow in Work and Play. *The Jossey-Bass Behavioral Science Series*. <https://doi.org/10.2307/2065805>
- Csikszentmihalyi, M. (2008). Flow: The psychology of optimal performance. In *Optimal experience: Psychological studies of flow in consciousness*. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Cvetković, B. N., & Stanojević, D. (2017). Educational needs of teacher for introduction and application of innovative models in educational work to improve teaching. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, *5*(1). <https://doi.org/10.5937/IJCRSEE1701049N>
- Dai, Z., Sun, C., Zhao, L., & Li, Z. (2021). Assessment of Smart Learning Environments in Higher Educational Institutions: A Study Using AHP-FCE and GA-BP Methods. *IEEE Access*, *9*, 35487–35500. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3062680>
- Darsham, S. A., & Hassan, M. (2017). In pursuit of smart learning environments for the 21st century. *Current and Critical Issues in the Curriculum and Learning*, *12*(12), 1–20. <http://learningportal.iiep.unesco.org/en/library/in-pursuit-of-smart-learning-environments-for-the-21st-century>
- Das, S. K., & Cook, D. J. (2005). Designing smart environments: A paradigm based on learning and prediction. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, *3776 LNCS*. https://doi.org/10.1007/11590316_11
- Daud, N., Yunus, N. I., Juhari, S. N., Mat Hassan, N., & Pauzi, M. F. (2021). Teaching Medical Ethics During Covid-19 Pandemic: An Experience Using Flipped Classroom and Game-Based Learning Running head: Online Flipped classroom and Kahoot. *Asian Journal of Medicine and Biomedicine*, *5*(2), 6–15. <https://doi.org/10.37231/ajmb.2021.5.2.437>
- Davidavičienė, V., Raudeliūnienė, J., & Viršilaitė, R. (2019). User experience evaluation and creativity stimulation with augmented reality mobile applications. *Creativity Studies*, *12*(1). <https://doi.org/10.3846/cs.2019.3576>
- Dawson, S., Joksimovic, S., Poquet, O., & Siemens, G. (2019). Increasing the impact of learning analytics. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3303772.3303784>
- de Aguilera, M., & Mendiz, A. (2005). Video games and education. *Computers in Entertainment*, *1*(1), 10. <https://doi.org/10.1145/950566.950583>
- De Gloria, A., Bellotti, F., & Berta, R. (2014). Serious Games for education and training. *International Journal of Serious Games*, *1*(1). <https://doi.org/10.17083/ijsg.v1i1.11>
- Dehghanzadeh, S., & Jafaraghaee, F. (2018). Comparing the effects of traditional lecture and flipped classroom on nursing students' critical thinking disposition: A quasi-experimental study. *Nurse Education Today*, *71*. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2018.09.027>
- Demir, K. A. (2021). Smart education framework. *Smart Learning Environments*, *8*(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00170-x>
- Denham, A. R. (2019). Using the PCaRD digital game-based learning model of instruction in the middle school mathematics classroom: A case study. *British Journal of Educational Technology*, *50*(1), 415–427. <https://doi.org/10.1111/bjet.12582>
- Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., & Nacke, L. (2011). From game design elements to gamefulness: Defining “gamification.” *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments, MindTrek 2011*. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>
- Dinc, E. (2019). Prospective teachers' perceptions of barriers to technology integration in education. *Contemporary Educational Technology*, *10*(4), 381–398. <https://doi.org/10.30935/cet.634187>
- Dinis, F. M., Guimaraes, A. S., Carvalho, B. R., & Martins, J. P. P. (2017). Virtual and augmented reality game-based applications to civil engineering education. *IEEE Global Engineering Education Conference*,

- EDUCON. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7943075>
- Divyap, K., & Venkata Krishnakumar, S. (2016). COMPARATIVE ANALYSIS OF SMART PHONE OPERATING SYSTEMS ANDROID, APPLE iOS AND WINDOWS. *International Journal of Scientific Engineering and Applied Science*, 22, 2395–3470. www.ijseas.com
- Dlamini, N. N., & Johnston, K. (2017). The use, benefits and challenges of using the Internet of Things (IoT) in retail businesses: A literature review. *Proceedings - 2016 3rd International Conference on Advances in Computing, Communication and Engineering, ICACCE 2016*, 430–436. <https://doi.org/10.1109/ICACCE.2016.8073787>
- Domínguez, A., Saenz-De-Navarrete, J., De-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., & Martínez-Herráiz, J. J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers and Education*, 63, 380–392. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.12.020>
- Dron, J. (2018). Smart learning environments, and not so smart learning environments: a systems view. *Smart Learning Environments*, 5(1), 25. <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0075-9>
- Ebneyamini, S., & Sadeghi Moghadam, M. R. (2018). Toward Developing a Framework for Conducting Case Study Research. *International Journal of Qualitative Methods*, 17(1). <https://doi.org/10.1177/1609406918817954>
- educause. (2016). IoT and the Campus of Things. *Educause Review*, 1–4. <https://er.educause.edu/articles/2016/8/iot-and-the-campus-of-things>
- EL Mrabet, H., & Ait Moussa, A. (2017a). Smart Classroom Environment Via IoT in Basic and Secondary Education. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*. <https://doi.org/10.14738/tmlai.54.3191>
- EL Mrabet, H., & Ait Moussa, A. (2017b). Smart Classroom Environment Via IoT in Basic and Secondary Education. *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, 5(4), 274–279. <https://doi.org/10.14738/tmlai.54.3191>
- Eltahir, M. E., Alsalhi, N. R., Al-Qatawneh, S., AlQudah, H. A., & Jaradat, M. (2021). The impact of game-based learning (GBL) on students' motivation, engagement and academic performance on an Arabic language grammar course in higher education. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3251–3278. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10396-w>
- Emblen-Perry, K. (2018). Enhancing student engagement in business sustainability through games. *International Journal of Sustainability in Higher Education*, 19(3), 858–876. <https://doi.org/10.1108/IJSHE-05-2017-0075>
- Erickson, L. V., & Sammons-Lohse, D. (2021). Learning through video games: The impacts of competition and cooperation. *E-Learning and Digital Media*, 18(1), 1–17. <https://doi.org/10.1177/2042753020949983>
- Erikson, M. G., & Erikson, M. (2019). Learning outcomes and critical thinking—good intentions in conflict. *Studies in Higher Education*, 44(12), 2293–2303. <https://doi.org/10.1080/03075079.2018.1486813>
- Fjeld, M., & Voegtli, B. M. (2002). Augmented Chemistry: An interactive educational workbench. *Proceedings - International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2002*. <https://doi.org/10.1109/ISMAR.2002.1115100>
- Fominykh, M., Smorkalov, A., Morozov, M., & Prasolova-Førland, E. (2015). Fusion of Smart, Multimedia and Computer Gaming Technologies. In D. Sharma, M. Favorskaya, L. C. Jain, & R. J. Howlett (Eds.), *Intelligent Systems Reference Library* (Vol. 84). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-14645-4>
- Francese, R., Risi, M., Siani, R., & Tortora, G. (2018). Augmented treasure hunting generator for edutainment. *Information Visualisation - Biomedical Visualization, Visualisation on Built and Rural Environments and Geometric Modelling and Imaging, IV 2018*, 524–529. <https://doi.org/10.1109/iV.2018.00097>
- Franco, P. F., & DeLuca, D. A. (2019). Learning Through Action: Creating and Implementing a Strategy Game to Foster Innovative Thinking in Higher Education. *Simulation and Gaming*, 50(1), 23–43. <https://doi.org/10.1177/1046878118820892>
- Freigang, S., Schlenker, L., & Köhler, T. (2018a). An interdisciplinary framework for designing smart learning environments. *Lecture Notes in Educational Technology, Part F2*, 17–20. https://doi.org/10.1007/978-981-10-8743-1_3
- Freigang, S., Schlenker, L., & Köhler, T. (2018b). A conceptual framework for designing smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0076-8>
- Friess, P., & Riemenschneider, R. (2015). New Horizons for the Internet of Things in Europe. In *Building the Hyperconnected Society: Internet of Things Research and Innovation Value Chains, Ecosystems and Markets*. <https://doi.org/10.1201/9781003337454-2>

- Gambo, Y., & Shakir, M. Z. (2021). Review on self-regulated learning in smart learning environment. In *Smart Learning Environments* (Vol. 8, Issue 1). Springer. <https://doi.org/10.1186/s40561-021-00157-8>
- Garau, C., & Pavan, V. M. (2018). Evaluating urban quality: Indicators and assessment tools for smart sustainable cities. *Sustainability (Switzerland)*, *10*(3). <https://doi.org/10.3390/su10030575>
- García-Tudela, P. A., Prendes-Espinosa, M. P., & Solano-Fernández, I. M. (2020). Smart learning environments and ergonomics: An approach to the state of the question. *Journal of New Approaches in Educational Research*, *9*(2). <https://doi.org/10.7821/naer.2020.7.562>
- Garcia, I., Pacheco, C., León, A., & Calvo-Manzano, J. A. (2019). Experiences of using a game for improving learning in software requirements elicitation. *Computer Applications in Engineering Education*, *27*(4), 249–265. <https://doi.org/10.1002/cae.22072>
- Ge, X., & Ifenthaler, D. (2018). Designing engaging educational games and assessing engagement in game-based learning. In *Ophthalmology: Breakthroughs in Research and Practice* (pp. 1–18). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5198-0.ch001>
- Gerval, J. P., & Le Ru, Y. (2016). Smart Classroom. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 415–422. https://doi.org/10.1007/978-3-319-39690-3_37
- Gholami, M., Moghadam, P. K., Mohammadipoor, F., Tarahi, M. J., Sak, M., Toulabi, T., & Pour, A. H. H. (2016). Comparing the effects of problem-based learning and the traditional lecture method on critical thinking skills and metacognitive awareness in nursing students in a critical care nursing course. *Nurse Education Today*, *45*. <https://doi.org/10.1016/j.nedt.2016.06.007>
- Gilski, P., & Stefanski, J. (2015). Android OS: A Review. *TEM Journal*, *4*(1), 116–120. <http://www.temjournal.com/content/41/14/temjournal4114.html>
- Göbel, S., Wendel, V., Ritter, C., & Steinmetz, R. (2010). Personalized, Adaptive Digital Educational Games Using Narrative Game-Based Learning Objects. *Edutainment 2010*, 438–445. https://doi.org/10.1007/978-3-642-14533-9_45
- Gregorius, R. M. (2017). Performance of underprepared students in traditional: Versus animation-based flipped-classroom settings. *Chemistry Education Research and Practice*, *18*(4). <https://doi.org/10.1039/c7rp00130d>
- Griffiths, M. D. (2002). The educational benefits of videogames. *Education and Health*, *20*(3), 47–51. <https://doi.org/10.1145/950566.950583>
- Gros, B. (2007). Digital Games in Education : The Design of Games-Based Learning Environments. *Journal of Research on Technology in Education*, *40*(1), 23–38. <https://doi.org/Article>
- Gros, Begoña. (2007). Digital Games in Education. *Journal of Research on Technology in Education*, *40*(1), 23–38. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782494>
- Gros, Begoña. (2016). The design of smart educational environments. *Smart Learning Environments*, *3*, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0039-x>
- Gruzd, A., Staves, K., & Wilk, A. (2012). Connected scholars: Examining the role of social media in research practices of faculty using the UTAUT model. *Computers in Human Behavior*, *28*(6). <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.07.004>
- Gu, J., & Duh, H. B. L. (2011). Mobile Augmented Reality Game Engine. In *Handbook of Augmented Reality* (pp. 99–122). <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6>
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- Gudoniene, D., & Rutkauskienė, D. (2019). Virtual and augmented reality in education. *Baltic Journal of Modern Computing*, *7*(2), 293–300. <https://doi.org/10.22364/bjmc.2019.7.2.07>
- Gurjar, S., Somani, H., & Professor, A. (2016). A Survey on Use of Augmented Reality in Education. *2016 Ijedr* |, *4*(1), 2321–9939. www.ijedr.org
- Hafeez, M., Kazmi, Q. A., Tahira, F., Zahid, M., Sajad, H., Yasmeen, A. A., Iqbal, J., & Saqi, M. I. (2020). Impact of School Enrolment Size on Student’s Achievements. *Journal of Education, Humaniora and Social Sciences (JEHSS)*, *3*(1). <https://doi.org/10.34007/jehss.v3i1.170>
- Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., & Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, *54*, 170–179. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.045>
- Hamilton, D., McKechnie, J., Edgerton, E., & Wilson, C. (2021). Immersive virtual reality as a pedagogical tool in education: a systematic literature review of quantitative learning outcomes and experimental design. *Journal of Computers in Education*, *8*(1), 1–32. <https://doi.org/10.1007/s40692-020-00169-2>

- Han, Z., & Xu, A. (2021). Ecological evolution path of smart education platform based on deep learning and image detection. *Microprocessors and Microsystems*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103343>
- Henry, J., Tang, S., Mukhopadhyay, S., & Yap, M. H. (2021). A randomised control trial for measuring student engagement through the Internet of Things and serious games. *Internet of Things (Netherlands)*, 13. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2020.100332>
- Hodges, T. S., & Weber, N. D. (2015). Making heads or tails of classroom flipping. *Kappa Delta Pi Record*, 51(2), 57–63. <https://doi.org/10.1080/00228958.2015.1023135>
- Hoel, T., & Mason, J. (2018). Standards for smart education – towards a development framework. *Smart Learning Environments*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-018-0052-3>
- Hoffman, D. L., & Novak, T. P. (2015). Emergent Experience and the Connected Consumer in the Smart Home Assemblage and the Internet of Things. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.2648786>
- Hossain, M. S., Alghamdi, A., Alelaiwi, A., Ghoneim, A. M., & Rahman, M. A. (2014). Web Service based Collaborative E-learning Environment for Engineering Education. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ENGINEERING EDUCATION*, 30(3), 618–624.
- Huang, R., Hu, Y., Yang, J., & Xiao, G. (2012). The functions of smart classroom in smart learning age. *Proceedings of the 20th International Conference on Computers in Education, ICCE 2012*, 22–27.
- Hung, H. T. (2018). Gamifying the flipped classroom using game-based learning materials. *ELT Journal*, 72(3), 296–308. <https://doi.org/10.1093/elt/ccx055>
- Husnanda, A., & Ikhsan, J. (2021). Developing Science Education Game Based on Internet of Things (IoT): Materials and Methods Overview. *Proceedings of the 6th International Seminar on Science Education (ISSE 2020)*, 541. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.210326.128>
- Hwang, G. J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments - a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0004-5>
- Hyde, J., Kiesler, S., Hodgins, J. K., & Carter, E. J. (2014). Conversing with children: Cartoon and video people elicit similar conversational behaviors. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/2556288.2557280>
- Iaremenco, N. V. (2017). ENHANCING ENGLISH LANGUAGE LEARNERS' MOTIVATION THROUGH ONLINE GAMES. *Information Technologies and Learning Tools*, 59(3). <https://doi.org/10.33407/itlt.v59i3.1606>
- Iatsyshyn, A. V., Kovach, V. O., Romanenko, Y. O., Deinega, I. I., Iatsyshyn, A. V., Popov, O. O., Kutsan, Y. G., Artemchuk, V. O., Burov, O. Y., & Lytvynova, S. H. (2020). Application of augmented reality technologies for preparation of specialists of new technological era. *CEUR Workshop Proceedings*, 2547.
- Ibrahim, R., Rahim, N. Z. A., Ten, D. W. H., Yusoff, R. C. M., Maarop, N., & Yaacob, S. (2018). Student's opinions on online educational games for learning programming introductory. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(6), 352–340. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2018.090647>
- Iqbal, M. Z., Mangina, E., & Campbell, A. G. (2022). Current Challenges and Future Research Directions in Augmented Reality for Education. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(9). <https://doi.org/10.3390/mti6090075>
- Jian, Q. (2019). Effects of digital flipped classroom teaching method integrated cooperative learning model on learning motivation and outcome. *Electronic Library*, 37(5), 842–859. <https://doi.org/10.1108/EL-02-2019-0024>
- Jin, J., Gubbi, J., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2014). An Information Framework for Creating a Smart City Through Internet of Things. *IEEE Internet of Things Journal*, 1(2), 112–121. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2013.2296516>
- Jovanovic, J., Mirriahi, N., Gašević, D., Dawson, S., & Pardo, A. (2019). Predictive power of regularity of pre-class activities in a flipped classroom. *Computers and Education*, 134, 156–168. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.02.011>
- Jude, L., Kajura, M., & Birevu, M. (2014). Adoption of the SAMR Model to Asses ICT Pedagogical Adoption: A Case of Makerere University. *International Journal of E-Education, e-Business, e-Management and e-Learning*, 4(2). <https://doi.org/10.7763/ijeeee.2014.v4.312>
- Kanelopoulou, J., Zalimidis, P., & Papanikolaou, K. A. (2017). The experience of a flipped classroom in a mechanical engineering course on Machine Design: A pilot study. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON*. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2017.7942892>

- Karaaslan, H., Kilic, N., Guven-yalcin, G., & Gullu, A. (2018). students' reflections on vocabulary learning through synchronous and asynchronous games and activities. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 19(3), 53–70. <https://doi.org/10.17718/TOJDE.444640>
- Karabatzaki, Z., Stathopoulou, A., Kokkalia, G., Dimitriou, E., Loukeri, P. I., Economou, A., & Drigas, A. (2018). Mobile application tools for students in secondary education. An evaluation study. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 12(2). <https://doi.org/10.3991/ijim.v12i2.8158>
- Karabulut-Ilgu, A., Jaramillo Cherez, N., & Jahren, C. T. (2018). A systematic review of research on the flipped learning method in engineering education. *British Journal of Educational Technology*, 49(3). <https://doi.org/10.1111/bjet.12548>
- Karlov, D. N., Polozhentseva, Y. S., Kremleva, L. V., & Kalimullin, D. D. (2019). The implementation of the IoT concept in the post-industrial economy. *Espacios*, 40(38).
- Karvinen, K., & Karvinen, T. (2018). IoT Rapid Prototyping Laboratory Setup. *International Journal of Engineering Education*, 34(1), 263–272.
- Kesim, M., & Ozarslan, Y. (2012). Augmented Reality in Education: Current Technologies and the Potential for Education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.06.654>
- Khan, T., Johnston, K., & Ophoff, J. (2019). The Impact of an Augmented Reality Application on Learning Motivation of Students. *Advances in Human-Computer Interaction, 2019*. <https://doi.org/10.1155/2019/7208494>
- Khenissi, M. A., Essalmi, F., Jemni, M., & Kinshuk. (2015). Learner Modeling Using Educational Games: A Review of the Literature. *Smart Learning Environments*, 2, 1–6. <https://doi.org/10.1186/s40561-015-0014-y>
- Khokhlov, I., Reznik, L., & Ajmera, S. (2020). Sensors in Mobile Devices Knowledge Base. *IEEE Sensors Letters*, 4(3). <https://doi.org/10.1109/LSENS.2020.2975161>
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *Internet and Higher Education*. <https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2004.12.001>
- Kiili, K., Koskinen, A., Lindstedt, A., & Ninaus, M. (2019). Extending a digital fraction game piece by piece with physical manipulatives. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11385 LNCS, 157–166. https://doi.org/10.1007/978-3-030-11548-7_15
- Kilani, M., Torabi, K., & Mao, G. (2018). Application of virtual laboratories and molecular simulations in teaching nanoengineering to undergraduate students. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1527–1538. <https://doi.org/10.1002/cae.21940>
- Kim, S., Song, S. M., & Yoon, Y. I. (2011). Smart learning services based on smart cloud computing. *Sensors*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/s110807835>
- Kim, T., Cho, J. Y., & Lee, B. G. (2013). Evolution to Smart Learning in public education: A case study of Korean public education. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 395. https://doi.org/10.1007/978-3-642-37285-8_18
- Kipper, G. (2013). Chapter 3 - The Value of Augmented Reality. In *Augmented Reality*. Syngress. <https://doi.org/10.1016/b978-1-59-749733-6.00003-6>
- Klopfer, E., Perry, J., Squire, K., & Jan, M. F. (2017). Collaborative learning through augmented reality role playing. In *Computer Supported Collaborative Learning 2005: The Next 10 Years!* (pp. 311–315). Taylor and Francis.
- Klopfer, E., Perry, J., Squire, K., Jan, M. F., & Steinkuehler, C. (2017). Mystery at the museum - A collaborative game for museum education. In *Computer Supported Collaborative Learning 2005: The Next 10 Years!* (pp. 316–320). Taylor and Francis.
- Klopfer, E., Squire, K., & Jenkins, H. (2002). Environmental Detectives: PDAs as a window into a virtual simulated world. *Proceedings - IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, WMTE 2002*. <https://doi.org/10.1109/WMTE.2002.1039227>
- Koff, L., & Mullis, R. (2011). Nutrition Education and Technology: Can Delivering Messages via New Media Technology Effectively Modify Nutrition Behaviors of Preschoolers and Their Families? *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 43(4). <https://doi.org/10.1016/j.jneb.2011.03.120>
- Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. In *International Journal of Information Management* (Vol. 45). <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2018.10.013>
- Komarac, T., Ozretic-Dosen, D., & Skare, V. (2020). Managing edutainment and perceived authenticity of museum visitor experience: insights from qualitative study. *Museum Management and Curatorship*, 35(2),

- 160–181. <https://doi.org/10.1080/09647775.2019.1630850>
- Koo, C. L., Demps, E. L., Farris, C., Bowman, J. D., Panahi, L., & Boyle, P. (2016). Impact of flipped classroom design on student performance and perceptions in a pharmacotherapy course. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 80(2). <https://doi.org/10.5688/ajpe80233>
- Koper, R. (2014). Conditions for effective smart learning environments. In *Smart Learning Environments* (pp. 1–5). <https://doi.org/10.1186/s40561-014-0005-4>
- Koponen, J. (2019). The Flipped Classroom Approach for Teaching Cross-cultural Communication to Millennials. *Journal of Teaching in International Business*, 30(2), 102–124. <https://doi.org/10.1080/08975930.2019.1663776>
- Koutromanos, G., Sofos, A., & Avraamidou, L. (2015). The use of augmented reality games in education: a review of the literature. *Educational Media International*, 5(4), 253–271. <https://doi.org/10.1080/09523987.2015.1125988>
- Krajcsi, A., Csapodi, C., & Stettner, E. (2021). Algotaurus: an educational computer programming game for beginners. *Interactive Learning Environments*, 29(4), 634–647. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1593862>
- Krath, J., Schürmann, L., & von Korflesch, H. F. O. (2021). Revealing the theoretical basis of gamification: A systematic review and analysis of theory in research on gamification, serious games and game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 125. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2021.106963>
- Krathwohl, D. R. (2002). A revision of bloom’s taxonomy: An overview. In *Theory into Practice* (Vol. 41, Issue 4). https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Kuppusamy, P. (2019). *Smart Education Using Internet of Things Technology*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-8446-9.ch017>
- Kwet, M., & Prinsloo, P. (2020). The ‘smart’ classroom: a new frontier in the age of the smart university. *Teaching in Higher Education*, 25(4), 510–526. <https://doi.org/10.1080/13562517.2020.1734922>
- Labus, A., Despotović-Zrakić, M., Radenković, B., Bogdanović, Z., & Radenković, M. (2015). Enhancing formal e-learning with edutainment on social networks. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(6), 592–605. <https://doi.org/10.1111/jcal.12108>
- Labus, A. (2012). Учење Кроз Игру У Електронском Образовању. In *Универзитет У Београду*.
- Labus, Aleksandra, Simić, K., Vulić, M., Despotović-Zrakić, M., & Bogdanović, Z. (2012). An application of social media in eLearning 2.0. *25th Bled EConference - EDependability: Reliable and Trustworthy EStructures, EProcesses, EOperations and EServices for the Future, Proceedings*, 557–572.
- Lage, M. J., Platt, G. J., & Treglia, M. (2000). Inverting the classroom: A gateway to creating an inclusive learning environment. *Journal of Economic Education*, 31(1). <https://doi.org/10.1080/00220480009596759>
- Lai, J. W. M., & Bower, M. (2019). How is the use of technology in education evaluated? A systematic review. *Computers and Education*, 133, 27–42. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2019.01.010>
- Laine, T. H. (2018). Mobile educational augmented reality games: A systematic literature review and two case studies. *Computers*, 7(1). <https://doi.org/10.3390/computers7010019>
- Lamb, R. L., Annetta, L., Firestone, J., & Etopio, E. (2018). A meta-analysis with examination of moderators of student cognition, affect, and learning outcomes while using serious educational games, serious games, and simulations. *Computers in Human Behavior*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.10.040>
- Lee, H. (2008). Mathematical Education Game Based on Augmented Reality. *Technologies for E-Learning and Digital Entertainment*, 5093, 442–450. https://doi.org/10.1007/978-3-540-69736-7_48
- Lee, J., Zo, H., & Lee, H. (2014). Smart learning adoption in employees and HRD managers. *British Journal of Educational Technology*, 45(6). <https://doi.org/10.1111/bjet.12210>
- Lee, K. (2012). Augmented Reality in Education and Training. In *TechTrends*. <https://doi.org/10.1007/s11528-012-0559-3>
- Lenat, D. B., & Durlach, P. J. (2014). Reinforcing math knowledge by immersing students in a simulated learning-by-teaching experience. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 24(3). <https://doi.org/10.1007/s40593-014-0016-x>
- Li, B., Kong, S. C., & Chen, G. (2015). Development and validation of the smart classroom inventory. *Smart Learning Environments*, 2(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-015-0012-0>
- Li, S. (2018). Innovations in Chinese engineering education with digital technologies: A brief review of recent advances. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1081–1088. <https://doi.org/10.1002/cae.21978>
- Li, Y. N., Xu, Y., Yu, Z. J., Chen, X. P., & Hu, J. A. (2020). Discussion on teaching reform of oral histopathology

- in multiple classes. *Zhonghua Kou Qiang Yi Xue Za Zhi = Zhonghua Kouqiang Yixue Zazhi = Chinese Journal of Stomatology*, 55(9). <https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20200128-00027>
- Lin, H. C. K., Lin, Y. H., Wang, T. H., Su, L. K., & Huang, Y. M. (2021). Effects of incorporating augmented reality into a board game for high school students' learning motivation and acceptance in health education. *Sustainability (Switzerland)*, 13(6). <https://doi.org/10.3390/su13063333>
- Lin, M. H., Chen, H. C., & Liu, K. S. (2017). A study of the effects of digital learning on learning motivation and learning outcome. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 13(7), 3553–3564. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2017.00744a>
- Lin, Y. B., Chen, L. K., Shieh, M. Z., Lin, Y. W., & Yen, T. H. (2018). CampusTalk: IoT Devices and Their Interesting Features on Campus Applications. *IEEE Access*, 6. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2832222>
- Lind, J., Pelger, S., & Jakobsson, A. (2022). Students' knowledge of emerging technology and sustainability through a design activity in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 243–266. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09604-y>
- Lister, P. (2021). Understanding experience complexity in a smart learning journey. *SN Social Sciences*, 1(1). <https://doi.org/10.1007/s43545-020-00055-9>
- Liu, D., Huang, R., & Wosinski, M. (2017). Smart Learning in Smart Cities. Lecture Notes in Educational Technology. In *Lecture Notes in Educational Technology*.
- Liu, Xing, Qian, C., Hatcher, W. G., Xu, H., Liao, W., & Yu, W. (2019). Secure Internet of Things (IoT)-Based Smart-World Critical Infrastructures: Survey, Case Study and Research Opportunities. *IEEE Access*, 7. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2920763>
- Liu, Xinqi, Sohn, Y.-H., & Park, D.-W. (2018). Application development with vuforia and unity 3D. *International Journal of Applied Engineering Research*, 13(21), 43. https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n21_33.pdf
- Loewen, S., Crowther, D., Isbell, D. R., Kim, K. M., Maloney, J., Miller, Z. F., & Rawal, H. (2019). Mobile-assisted language learning: A Duolingo case study. *ReCALL*. <https://doi.org/10.1017/S0958344019000065>
- Lopez-Martinez, A., Iglesias, C. A., & Carrera, A. (2020). Gamified Smart Objects for Museums Based on Automatically Generated Quizzes Exploring Linked Data. *Proceedings of the 2020 16th International Conference on Intelligent Environments, IE 2020*, 132–139. <https://doi.org/10.1109/IE49459.2020.9154911>
- Lu, K., Yang, H. H., Shi, Y., & Wang, X. (2021). Examining the key influencing factors on college students' higher-order thinking skills in the smart classroom environment. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 18(1). <https://doi.org/10.1186/s41239-020-00238-7>
- Lu, Y. L., & Lien, C. J. (2020). Are They Learning or Playing? Students' Perception Traits and Their Learning Self-Efficacy in a Game-Based Learning Environment. *Journal of Educational Computing Research*, 57(8). <https://doi.org/10.1177/0735633118820684>
- Lund, A. M. (2001). Measuring usability with the USE questionnaire. *Usability Interface*. <https://doi.org/10.1177/1078087402250360>
- Maenpaa, H., Varjonen, S., Hellas, A., Tarkoma, S., & Mannisto, T. (2017). Assessing IOT projects in university education - A framework for problem-based learning. *Proceedings - 2017 IEEE/ACM 39th International Conference on Software Engineering: Software Engineering and Education Track, ICSE-SEET 2017*, 37–46. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET.2017.6>
- Mangina, E. (2018). 3D learning objects for augmented/virtual reality educational ecosystems. *Proceedings of the 2017 23rd International Conference on Virtual Systems and Multimedia, VSMM 2017, 2018-January*. <https://doi.org/10.1109/VSMM.2017.8346266>
- Marques, B., Silva, S. S., Alves, J., Araujo, T., Dias, P. M., & Sousa Santos, B. (2021). A Conceptual Model and Taxonomy for Collaborative Augmented Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3101545>
- Marquez, J., Villanueva, J., Solarte, Z., & Garcia, A. (2016). Iot in education: Integration of objects with virtual academic communities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 444, 201–212. https://doi.org/10.1007/978-3-319-31232-3_19
- Martin Gutierrez, J., & Meneses Fernandez, M. D. (2014). Applying Augmented Reality in Engineering Education to Improve Academic Performance & Student Motivation. *International Journal of Engineering Education*, 30, 625–635.
- Martins, N. C., Marques, B., Alves, J., Araújo, T., Dias, P., & Santos, B. S. (2022). Augmented reality situated visualization in decision-making. *Multimedia Tools and Applications*, 81(11).

<https://doi.org/10.1007/s11042-021-10971-4>

- Mason, G. S., Shuman, T. R., & Cook, K. E. (2013). Comparing the effectiveness of an inverted classroom to a traditional classroom in an upper-division engineering course. *IEEE Transactions on Education*, 56(4). <https://doi.org/10.1109/TE.2013.2249066>
- Mason, R., & Ellis, T. (2009). Extending SCORM LOM. *Proceedings of the 2009 InSITE Conference*. <https://doi.org/10.28945/3394>
- Masoud, M., Jaradat, Y., Manasrah, A., & Jannoud, I. (2019). Sensors of smart devices in the internet of everything (IOE) era: Big opportunities and massive doubts. In *Journal of Sensors* (Vol. 2019). <https://doi.org/10.1155/2019/6514520>
- Mershad, K., Damaj, A., Wakim, P., & Hamieh, A. (2020). LearnSmart: A framework for integrating internet of things functionalities in learning management systems. *Education and Information Technologies*, 25(4), 2699–2732. <https://doi.org/10.1007/s10639-019-10090-6>
- Mershad, K., & Wakim, P. (2018). A Learning Management System Enhanced with Internet of Things Applications. *Journal of Education and Learning*, 7(3), 23. <https://doi.org/10.5539/jel.v7n3p23>
- Mikhaylov, D. M., Froimson, M. I., Zuykov, A. V., Smirnov, A. S., Starikovskiy, A. V., Ovchinnikov, I. A., Roslavtsev, R. O., & Andryakov, D. A. (2015). Development of trusted operating system for mobile devices. *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 79(2).
- Mikulecký, P. (2008). Towards smart working environments. *IADIS International Telecommunications, Networks and System*, 160–161.
- Mikulecký, P. (2012). Smart Environments for Smart Learning. *9th International Scientific Conference on Distance Learning in Applied Informatics*.
- Minh Dang, L., Piran, M. J., Han, D., Min, K., & Moon, H. (2019). A survey on internet of things and cloud computing for healthcare. *Electronics (Switzerland)*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/electronics8070768>
- Mohamedbhai, G. (2015). Higher Education in Africa: Facing the Challenges in the 21st Century. *International Higher Education*, 63. <https://doi.org/10.6017/ihe.2011.63.8534>
- Mohammadian, H. D. (2020). IoT-education technologies as solutions towards smes' educational challenges and I4.0 readiness. *IEEE Global Engineering Education Conference, EDUCON, 2020-April*, 1674–1683. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125248>
- Molbaek, M. (2018). Inclusive teaching strategies—dimensions and agendas. *International Journal of Inclusive Education*, 22(10). <https://doi.org/10.1080/13603116.2017.1414578>
- Molenaar, I., Horvers, A., Dijkstra, R., & Baker, R. S. (2020). Personalized visualizations to promote young learners' SRL: The learning path app. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3375462.3375465>
- Monsalve, E. S., Werneck, V. M. B., & Do Prado Leite, J. C. S. (2011). Teaching software engineering with Simules-W. *2011 24th IEEE-CS Conference on Software Engineering Education and Training, CSEE and T 2011 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/CSEET.2011.5876102>
- Moravec, M., Williams, A., Aguilar-Roca, N., & O'Dowd, D. K. (2010). Learn before lecture: A strategy that improves learning outcomes in a large introductory biology class. *CBE Life Sciences Education*, 9(4). <https://doi.org/10.1187/cbe.10-04-0063>
- Mota, J. M., Ruiz-Rube, I., Doderio, J. M., & Arnedillo-Sánchez, I. (2018). Augmented reality mobile app development for all. *Computers and Electrical Engineering*, 65, 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2017.08.025>
- Motlagh, N. H., Mohammadrezaei, M., Hunt, J., & Zakeri, B. (2020). Internet of things (IoT) and the energy sector. In *Energies* (Vol. 13, Issue 2). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/en13020494>
- Nagalingam, V., & Ibrahim, R. (2015). User Experience of Educational Games: A Review of the Elements. *Procedia Computer Science*, 72, 423–433. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2015.12.123>
- Nagalingam, V., Ibrahim, R., & Yusoff, R. C. M. (2020). EDUGXQ: User experience instrument for educational games' evaluation. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 11(1), 562–569. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110170>
- Nagao, K., & Nagao, K. (2019). Smart Learning Environments. In *Artificial Intelligence Accelerates Human Learning* (pp. 105–134). https://doi.org/10.1007/978-981-13-6175-3_5
- Nelson, A. E. (2017). Methods Faculty Use to Facilitate Nursing Students' Critical Thinking. *Teaching and Learning in Nursing*, 12(1). <https://doi.org/10.1016/j.teln.2016.09.007>
- Nishat Zafar, Muhammad Hafeez, S. (2021). A Critical Review on Discussion and Traditional Teaching Methods. *Psychology and Education Journal*, 58(1), 1871–1886. <https://doi.org/10.17762/pae.v58i1.1042>

- Nugent, C. D., McClean, S. I., Cleland, I., & Burns, W. (2014). Sensor Technology for a Safe and Smart Living Environment for the Aged and Infirm at Home. In *Comprehensive Materials Processing* (Vol. 13). <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-096532-1.01319-4>
- Ortiz-Rojas, M., Chiluiza, K., & Valcke, M. (2019). Gamification through leaderboards: An empirical study in engineering education. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(4), 777–788. <https://doi.org/10.1002/cae.12116>
- Oyelere, S. S., Bouali, N., Kaliisa, R., Obaido, G., Yunusa, A. A., & Jimoh, E. R. (2020). Exploring the trends of educational virtual reality games: a systematic review of empirical studies. In *Smart Learning Environments* (Vol. 7, Issue 1). <https://doi.org/10.1186/s40561-020-00142-7>
- Paay, J., Kjeldskov, J., Christensen, A., Ibsen, A., Jensen, D., Nielsen, G., & Vutborg, R. (2008). Location-based storytelling in the urban environment. *Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat, OZCHI'08*, 122–129. <https://doi.org/10.1145/1517744.1517786>
- Pachler, N., Cook, J., Bachmair, B., Kress, G., Seipold, J., Adami, E., & Rummler, K. (2010). Mobile learning: Structures, agency, practices. In *Mobile Learning: Structures, Agency, Practices*. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0585-7>
- Pan, L., Tlili, A., Li, J., Jiang, F., Shi, G., Yu, H., & Yang, J. (2021). How to Implement Game-Based Learning in a Smart Classroom? A Model Based on a Systematic Literature Review and Delphi Method. *Frontiers in Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.749837>
- Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2016). Learning Analytics for Smart Learning Environments: A Meta-Analysis of Empirical Research Results from 2009 to 2015. In *Learning, Design, and Technology*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-17727-4_15-1
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education: Impact on educational effectiveness and student motivation. *Computers and Education*, 52(1), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2008.06.004>
- Parra, D. T., & Guerrero, C. D. (2020). Technological Variables for Decision-making IoT Adoption in Small and Medium Enterprises. *Journal of Information Systems Engineering and Management*, 5(4), em0124. <https://doi.org/10.29333/jisem/8484>
- Paternò, F., & Wulf, V. (2017). New perspectives in end-user development. In *New Perspectives in End-User Development*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60291-2>
- Pavlidis, G. P., & Markantonatou, S. (2021). Playful Education and Innovative Gamified Learning Approaches. In *Research Anthology on Developments in Gamification and Game-Based Learning*. <https://doi.org/10.4018/978-1-6684-3710-0.ch009>
- Petrović, L., Jezdović, I., Bogdanović, Z., & Despotović-Zrakić, M. (2017). Razvoj edukativne igre zasnovane na Internetu inteligentnih uređaja. *Infoteh-Jahorina*, 16, 506–509.
- Petrović, L., Jezdović, I., Stojanović, D., Bogdanović, Z., & Despotović-Zrakić, M. (2017a). Development of an educational game based on IoT. *IJEEC - INTERNATIONAL JOURNAL OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMPUTING*. <https://doi.org/10.7251/IJEEC1701036P>
- Petrović, L., Jezdović, I., Stojanović, D., Bogdanović, Z., & Despotović-Zrakić, M. (2017b). Development of an educational game based on IoT. *Ijeec - International Journal of Electrical Engineering and Computing*, 1(1), 36–45. <https://doi.org/10.7251/IJEEC1701036P>
- Petrović, L., Stojanović, D., & Labus, A. (2018). Development of an Educational Game: Augmented Reality Approach to Edutainment. *XVI International Symposium Doing Business in the Digital Age: Challenges, Approaches and Solutions SymOrg 2018*, 96–107. <http://ebooks.iien.bg.ac.rs/id/eprint/1311>
- Petrović, L., Stojanović, D., Labus, A., Bogdanović, Z., & Despotović-Zrakić, M. (2017). Harnessing Edutainment in Higher Education: an Example of an IoT Based Game. *Thematic Proceeding The 12th International Conference on Virtual Learning, Sibiu, Romanija-Europ*, 318–324.
- Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barać, D., & Bogdanović, Z. (2022). Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT. *Computer Applications in Engineering Education*, 30(1), 117–132. <https://doi.org/10.1002/cae.22446>
- Piaget, J. (2013). Play, dreams and imitation in childhood. In *Play, Dreams and Imitation in Childhood*. <https://doi.org/10.4324/9781315009698>
- Piety, P. J. (2020). Expanding the frame: Designing a learning analytics system using a theory of learning. *Computer-Supported Collaborative Learning Conference, CSCL*, 2.
- Pivec, M., & Dziabenko, O. (2004). Game-based learning in universities and lifelong learning: “UniGame: Social

- skills and knowledge training” game concept. In *Journal of Universal Computer Science* (pp. 4–16).
- Plass, J. L., Homer, B. D., & Kinzer, C. K. (2015). Foundations of Game-Based Learning. *Educational Psychologist, 50*(4). <https://doi.org/10.1080/00461520.2015.1122533>
- Qian, M., & Clark, K. R. (2016). Game-based Learning and 21st century skills: A review of recent research. *Computers in Human Behavior, 63*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.05.023>
- Qiao, X., Ren, P., Dustdar, S., Liu, L., Ma, H., & Chen, J. (2019). Web AR: A Promising Future for Mobile Augmented Reality-State of the Art, Challenges, and Insights. *Proceedings of the IEEE, 107*(4), 651–666. <https://doi.org/10.1109/JPROC.2019.2895105>
- Qureshi, M. I., Khan, N., Raza, H., Imran, A., & Ismail, F. (2021). Digital Technologies in Education 4.0. Does it Enhance the Effectiveness of Learning? *International Journal of Interactive Mobile Technologies, 15*(4), 31–47. <https://doi.org/10.3991/IJIM.V15I04.20291>
- Radu, I., McCarthy, B., & Kao, Y. (2016). Discovering educational augmented reality math applications by prototyping with elementary-school teachers. *Proceedings - IEEE Virtual Reality, 2016-July*. <https://doi.org/10.1109/VR.2016.7504758>
- Rahimi, S., Shute, V., Kuba, R., Dai, C. P., Yang, X., Smith, G., & Alonso Fernández, C. (2021). The use and effects of incentive systems on learning and performance in educational games. *Computers and Education, 165*. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104135>
- Raja, R., & Nagasubramani, P. C. (2018). Impact of modern technology in education. *Journal of Applied and Advanced Research, S33–S35*. <https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3is1.165>
- Rashidi, P., & Cook, D. J. (2011). Activity knowledge transfer in smart environments. *Pervasive and Mobile Computing, 7*(3), 331–343. <https://doi.org/10.1016/j.pmcj.2011.02.007>
- Rawat, A., & Dangwal, K. L. (2017). Technologies for Smart Learning. *TechnoLearn: An International Journal of Educational Technology, 7*(1and2). <https://doi.org/10.5958/2249-5223.2017.00002.x>
- Redep, T., & Hajdin, G. (2021). Use of Augmented Reality with Game Elements in Education – Literature Review. *Journal of Information and Organizational Sciences, 45*(2), 473–494. <https://doi.org/10.31341/jios.45.2.7>
- Riivari, E., Kivijärvi, M., & Lämsä, A. M. (2021). Learning teamwork through a computer game: for the sake of performance or collaborative learning? *Educational Technology Research and Development, 69*(3), 1753–1771. <https://doi.org/10.1007/s11423-021-10009-4>
- Ristic, J., Barac, D., Bojovic, Z., Bogdanovic, Z., & Radenkovic, B. (2015). Designing augmented reality application for interaction with smart environment. In *Proceedings of the 10th International Conference on Virtual Learning* (pp. 273–278).
- Romero Alonso, R., Riquelme Plaza, I., & Halal Orfali, C. (2019). Barriers in teacher perception about the use of technology for evaluation in Higher Education. *Digital Education Review*. <https://doi.org/10.1344/der.2019.35.170-185>
- Ruiz, G. R., & Hernández, M. H. (2018). Augmented reality for enhanced learning environments. In *Augmented Reality for Enhanced Learning Environments*. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5243-7>
- Sadera, W. A., Li, Q., Song, L., & Liu, L. (2014). Digital Game-Based Learning. *Computers in the Schools, 31*(1–2), 1. <https://doi.org/10.1080/07380569.2014.879801>
- Safapour, E., Kermanshachi, S., & Taneja, P. (2019). A review of nontraditional teaching methods: Flipped classroom, gamification, case study, self-learning, and social media. In *Education Sciences* (Vol. 9, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/educsci9040273>
- Sailer, M., & Homner, L. (2020). The Gamification of Learning: a Meta-analysis. *Educational Psychology Review, 32*(1). <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09498-w>
- Saleem, A. N., Noori, N. M., & Ozdamli, F. (2022). Gamification Applications in E-learning: A Literature Review. *Technology, Knowledge and Learning, 27*(1). <https://doi.org/10.1007/s10758-020-09487-x>
- Sanchez, L., Muñoz, L., Galache, J. A., Sotres, P., Santana, J. R., Gutierrez, V., Ramdhany, R., Gluhak, A., Krco, S., Theodoridis, E., & Pfisterer, D. (2014). SmartSantander: IoT experimentation over a smart city testbed. *Computer Networks, 61*, 217–238. <https://doi.org/10.1016/J.BJP.2013.12.020>
- Sarihan, A., Oray, N. C., Güllüpinar, B., Yanturali, S., Atilla, R., & Musal, B. (2016). The comparison of the efficiency of traditional lectures to video-supported lectures within the training of the Emergency Medicine residents. *Turkish Journal of Emergency Medicine, 16*(3). <https://doi.org/10.1016/j.tjem.2016.07.002>
- Seeley, C. L. (2017). Turning teaching upside down. *Educational Leadership, 75*(2).
- Seh, T., Asaf, A., & Asyarif, L. L. (2021). Factors Affecting the Implementation of Smart Education in Indonesia: A Systematic Review. *E3S Web of Conferences, 328*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202132804028>

- Sehrawat, D., & Gill, N. S. (2019). Smart sensors: Analysis of different types of IoT sensors. *Proceedings of the International Conference on Trends in Electronics and Informatics, ICOEI 2019*, 523–528. <https://doi.org/10.1109/ICOEI.2019.8862778>
- Senthamarai, S. (2018). Interactive teaching strategies. *Journal of Applied and Advanced Research*. <https://doi.org/10.21839/jaar.2018.v3is1.166>
- Shabani, K. (2012). Dynamic assessment of L2 learners' reading comprehension processes: A Vygotskian perspective. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 32. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.01.047>
- Shafique, K., Khawaja, B. A., Sabir, F., Qazi, S., & Mustaqim, M. (2020). Internet of things (IoT) for next-generation smart systems: A review of current challenges, future trends and prospects for emerging 5G-IoT Scenarios. In *IEEE Access* (Vol. 8, pp. 23022–23040). Institute of Electrical and Electronics Engineers Inc. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2970118>
- Sharma, P. (2010). Blended learning. *ELT Journal: English Language Teachers Journal*, 64(4), 456–458. <https://doi.org/10.1093/elt/ccq043>
- Sharples, M., Taylor, J., & Vavoula, G. (2010). A Theory of Learning for the Mobile Age: Learning through Conversation and Exploration Across Contexts. In *Medienbildung in neuen Kulturräumen: die deutschsprachige und britische Diskussion* (pp. 87–99). https://doi.org/10.1007/978-3-531-92133-4_6
- Sherry, J. L. (2010). Matching computer game genres to educational outcomes. In *Teaching and Learning with Technology: Beyond Constructivism* (pp. 214–226). Routledge Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9780203852057>
- Sherstyuk, A., Vincent, D., Berg, B., & Treskunov, A. (2011). Mixed Reality Manikins for Medical Education. In *Handbook of Augmented Reality* (pp. 479–500). https://doi.org/10.1007/978-1-4614-0064-6_23
- Shi, Z., Xie, Y., Xue, W., Chen, Y., Fu, L., & Xu, X. (2020). Smart factory in Industry 4.0. *Systems Research and Behavioral Science*, 37(4), 607–617. <https://doi.org/10.1002/sres.2704>
- Shilpashree, S., Patil, R. R., & Parvathi, C. (2018). “Cloud computing an overview.” *International Journal of Engineering and Technology(UAE)*, 7(4). <https://doi.org/10.14419/ijet.v7i4.10904>
- Shittu, A. T., Basha, K. M., Abdul Rahman, N. S. N., & Tunku Ahmad, T. B. (2011). Investigating students' attitude and intention to use social software in higher institution of learning in malaysia. *Multicultural Education and Technology Journal*, 5(3). <https://doi.org/10.1108/17504971111166929>
- Shortt, M., Tilak, S., Kuznetcova, I., Martens, B., & Akinkuolie, B. (2021). Gamification in mobile-assisted language learning: a systematic review of Duolingo literature from public release of 2012 to early 2020. *Computer Assisted Language Learning*. <https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1933540>
- Shreyasi Shubhendu, P. (2017). Active and Passive Learning: A Comparison. *GRD Journals-Global Research and Development Journal for Engineering*, 2(9), 27–29. <http://citt.ufl.edu/online-teaching-resources/activelearning/active-vs-passive-learning-in-online-courses/>
- Siemens, G. (2019). Learning analytics and open, flexible, and distance learning. *Distance Education*, 40(3). <https://doi.org/10.1080/01587919.2019.1656153>
- Silva, F. G. M. (2020). Practical methodology for the design of educational serious games. *Information (Switzerland)*, 11(1). <https://doi.org/10.3390/info11010014>
- Singh, H., & Miah, S. J. (2020). Smart education literature: A theoretical analysis. *Education and Information Technologies*, 25(4). <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10116-4>
- Singhal, S., Bagga, S., Goyal, P., & Saxena, V. (2012). Augmented Chemistry: Interactive Education System. *International Journal of Computer Applications*, 49(15), 1–5. <https://doi.org/10.5120/7700-1041>
- Slade, S., & Prinsloo, P. (2013). Learning Analytics: Ethical Issues and Dilemmas. *American Behavioral Scientist*, 57(10). <https://doi.org/10.1177/0002764213479366>
- Son, J. W., Lin, K. Y., & Rojas, E. M. (2011). Developing and testing a 3D video game for construction safety education. *Congress on Computing in Civil Engineering, Proceedings*. [https://doi.org/10.1061/41182\(416\)107](https://doi.org/10.1061/41182(416)107)
- Sophonhiranrak, S. (2021). Features, barriers, and influencing factors of mobile learning in higher education: A systematic review. *Heliyon*, 7(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06696>
- Sousa, M. J., & Rocha, Á. (2019). Leadership styles and skills developed through game-based learning. *Journal of Business Research*, 94, 360–366. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2018.01.057>
- Squire, K. D., & Jan, M. (2007). Mad city mystery: Developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 5–29. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9037-z>
- Steinkuehler, C., & Chmiel, M. (2006). Fostering scientific habits of mind in the context of online play. *ICLS*

2006 - *International Conference of the Learning Sciences, Proceedings*, 2.

- Stojanović, D., Bogdanović, Z., Petrović, L., Mitrović, S., & Labus, A. (2020). Empowering learning process in secondary education using pervasive technologies. *Interactive Learning Environments*.
<https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1806886>
- Stošić, L., & Bogdanović, M. (2013). M-learning - A new form of learning and education. *International Journal of Cognitive Research in Science, Engineering and Education*, 1(2).
- Subhash, S., & Cudney, E. A. (2018). Gamified learning in higher education: A systematic review of the literature. *Computers in Human Behavior*, 87, 192–206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.05.028>
- Sudarmilah, E., & Kholifah, A. N. (2020). Edugame augmented reality as learning media for human blood circulation system. *International Journal of Engineering Research and Technology*, 13(12), 4375–4384.
- Sun, P., Feng, Q. E., & Guo, C. H. (2010). Application of web-based periodical self-directed learning mode. *Proceedings - 2010 International Conference on Artificial Intelligence and Education, ICAIE 2010*.
<https://doi.org/10.1109/ICAIE.2010.5641497>
- Sung, Y. T., Chang, K. E., & Liu, T. C. (2016). The effects of integrating mobile devices with teaching and learning on students' learning performance: A meta-analysis and research synthesis. *Computers and Education*, 94, 252–275. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.008>
- Sungkur, R. K., & Maharaj, M. S. (2021). Design and implementation of a SMART Learning environment for the Upskilling of Cybersecurity professionals in Mauritius. *Education and Information Technologies*, 26(3), 3175–3201. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10408-9>
- Suo, Y., Miyata, N., Morikawa, H., Ishida, T., & Shi, Y. (2009). Open smart classroom: Extensible and scalable learning system in smart space using web service technology. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 21(6), 814–828. <https://doi.org/10.1109/TKDE.2008.117>
- Swan, M. (2012). Sensor mania! the internet of things, wearable computing, objective metrics, and the quantified self 2.0. In *Journal of Sensor and Actuator Networks* (Vol. 1, Issue 3, pp. 217–253). MDPI AG.
<https://doi.org/10.3390/jsan1030217>
- Sykes, J. M., & Dubreil, S. (2019). Pragmatics Learning in Digital Games and Virtual Environments. In *The Routledge Handbook of Second Language Acquisition and Pragmatics* (pp. 387–399). Routledge.
<https://doi.org/10.4324/9781351164085-25>
- Taleb, N., & Mohamed, E. A. (2020). Cloud computing trends: A literature review. In *Academic Journal of Interdisciplinary Studies* (Vol. 9, Issue 1). <https://doi.org/10.36941/ajis-2020-0008>
- Tangworakitthaworn, P., Tengchaisri, V., & Sudjaidee, P. (2020). Serious Game Enhanced Learning for Agricultural Engineering Education: Two Games Development Based on IoT Technology. *InCIT 2020 - 5th International Conference on Information Technology*, 82–86.
<https://doi.org/10.1109/InCIT50588.2020.9310786>
- Tapingkae, P., Panjaburee, P., Hwang, G. J., & Srisawasdi, N. (2020). Effects of a formative assessment-based contextual gaming approach on students' digital citizenship behaviours, learning motivations, and perceptions. *Computers and Education*, 159. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103998>
- Tarng, W., Lee, C. Y., Lin, C. M., & Chen, W. H. (2018). Applications of virtual reality in learning the photoelectric effect of liquid crystal display. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(6), 1956–1967. <https://doi.org/10.1002/cae.21957>
- Tatar, D., Roschelle, J., Vahey, P., & Penuel, W. R. (2003). Handhelds Go to School: Lessons Learned. In *Computer* (Vol. 36, Issue 9). <https://doi.org/10.1109/MC.2003.1231192>
- Thomas, L. J., Parsons, M., & Whitcombe, D. (2019). Assessment in Smart Learning Environments: Psychological factors affecting perceived learning. *Computers in Human Behavior*, 95, 197–207.
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.11.037>
- Tigelaar, D., & Sins, P. (2021). Effects of formative assessment programmes on teachers' knowledge about supporting students' reflection. *Journal of Vocational Education and Training*, 73(3), 413–435.
<https://doi.org/10.1080/13636820.2020.1726992>
- Traxler, J. (2007). Defining, discussing, and evaluating mobile learning: The moving finger writes and having writ... In *International Review of Research in Open and Distance Learning* (Vol. 8, Issue 2).
<https://doi.org/10.19173/irrodl.v8i2.346>
- Tu, H. (2021). Application of Mobile App in English Teaching in an Intelligent Environment. *Mobile Information Systems*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/9973931>
- Tungkunan, P. (2020). Learning model of undergraduate students: Confirmatory factor analysis. *International Journal of Instruction*, 13(3), 665–678. <https://doi.org/10.29333/iji.2020.13345a>

- Turchi, T., Fogli, D., & Malizia, A. (2019). Fostering computational thinking through collaborative game-based learning. *Multimedia Tools and Applications*, 78(10), 13649–13673. <https://doi.org/10.1007/s11042-019-7229-9>
- Udjaja, Y., Suri, P. A., Gunawan, R. S., & Hartanto, F. (2022). Game-based Learning Increase Japanese Language Learning through Video Game. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 13(2), 577–582. <https://doi.org/10.14569/IJACSA.2022.0130268>
- Ullah, N., Al-Rahmi, W. M., Alzahrani, A. I., Alfarraj, O., & Alblehai, F. M. (2021). Blockchain technology adoption in smart learning environments. *Sustainability (Switzerland)*, 13(4), 1–18. <https://doi.org/10.3390/su13041801>
- Uskov, V. L., Bakken, J. P., Heinemann, C., Rachakonda, R., Guduru, V. S., Thomas, A. B., & Bodduluri, D. P. (2017). Building smart learning analytics system for smart university. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 75. https://doi.org/10.1007/978-3-319-59451-4_19
- Uther, M. (2019). Mobile learning—trends and practices. *Education Sciences*, 9(1). <https://doi.org/10.3390/educsci9010033>
- Vallejo-Correa, P., Monsalve-Pulido, J., & Tabares-Betancur, M. (2021). Systematic mapping review of context-aware analysis and its approach to mobile learning and ubiquitous learning processes. In *Computer Science Review (Vol. 39)*. <https://doi.org/10.1016/j.cosrev.2020.100335>
- Veeramanickam, M. R. ., & Mohanapriya, M. (2016). IOT enabled Futurus Smart Campus with effective E-Learning : i-Campus. *International Journal of Engineering Technology*. https://doi.org/10.5176/2251-3701_3.4.164
- Vermesan, O., & Friess, P. (2016). *Building the Hyperconnected Society*. <https://doi.org/10.13052/rp-9788793237988>
- Vesisenaho, M., Juntunen, M., Häkkinen, P., Pöysä-Tarhonen, J., Fagerlund, J., Miakush, I., & Parviainen, T. (2019). Virtual Reality in Education: Focus on the Role of Emotions and Physiological Reactivity. *Journal For Virtual Worlds Research*, 12(1). <https://doi.org/10.4101/jvwr.v12i1.7329>
- Vlachopoulos, D., & Makri, A. (2017). The effect of games and simulations on higher education: a systematic literature review. In *International Journal of Educational Technology in Higher Education (Vol. 14, Issue 1)*. <https://doi.org/10.1186/s41239-017-0062-1>
- Wang, D., Khambari, M. N. M., Wong, S. L., & Razali, A. B. (2021). Exploring interest formation in english learning through xplorerafe+: A gamified ar mobile app. *Sustainability (Switzerland)*, 13(22). <https://doi.org/10.3390/su132212792>
- Wang, S., Shi, G., Lu, M., Lin, R., & Yang, J. (2021). Determinants of active online learning in the smart learning environment: An empirical study with pls-sem. *Sustainability (Switzerland)*, 13(17). <https://doi.org/10.3390/su13179923>
- Wang, T., & Zhu, Q. (2009). A software engineering education game in a 3-D online virtual environment. *2009 First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, 708–710. <https://doi.org/10.1109/ETCS.2009.418>
- Wang, X. (2016). Discussion on Application of Multimedia Teaching in College English Vocabulary Teaching. *Open Journal of Modern Linguistics*, 06(03). <https://doi.org/10.4236/ojml.2016.63018>
- Wang, Yan, Muthu, B. A., & Sivaparthipan, C. B. (2021). Internet of things driven physical activity recognition system for physical education. *Microprocessors and Microsystems*, 81. <https://doi.org/10.1016/j.micpro.2020.103723>
- Wang, Ying, Ong, S. K., & Nee, A. Y. C. (2018). Enhancing mechanisms education through interaction with augmented reality simulation. *Computer Applications in Engineering Education*, 26(5), 1552–1564. <https://doi.org/10.1002/cae.21951>
- Waqas Ahmed, Dr. Qaisara Parveen, & Dr. Muhammad Arshad Dahar. (2021). Role of Learning Management System in Distance Education: A Case Study of Virtual University of Pakistan. *Sjesr*, 4(1). [https://doi.org/10.36902/sjesr-vol4-iss1-2021\(119-125\)](https://doi.org/10.36902/sjesr-vol4-iss1-2021(119-125))
- Wei, X., Gu, Q., Luo, Y., & Chen, G. (2019). The reform of computer experiment teaching based on O2O model. *Computer Applications in Engineering Education*, 27(1), 102–111. <https://doi.org/10.1002/cae.22060>
- Winer, L. R., & Cooperstock, J. (2002). The “intelligent classroom”: Changing teaching and learning with an evolving technological environment. *Computers and Education*, 38(1–3). [https://doi.org/10.1016/S0360-1315\(01\)00073-2](https://doi.org/10.1016/S0360-1315(01)00073-2)
- Witan, D. (2013). Augmented Reality Games in Education. *Proceedings GLS*, 9, 356–362.
- Xie, W., Shi, Y., Xu, G., & Xie, D. (2001). Smart classroom - An intelligent environment for tele-education.

Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 662–668.

- Xu, F., Ye, M., & Destech Publicat, I. (2015). The Coming Storm of the IoT in the Field of Education. *International Conference on Advanced Education and Management (Icaem 2015)*.
- Yadav, A. K., & Oyelere, S. S. (2021). Contextualized mobile game-based learning application for computing education. *Education and Information Technologies*, 26(3), 2539–2562. <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10373-3>
- Yadav, N., Gupta, K., & Khetrpal, V. (2018). Next Education: Technology Transforming Education. *South Asian Journal of Business and Management Cases*, 7(1), 68–77. <https://doi.org/10.1177/2277977918754443>
- Yang, J., Kwon, Y., & Kim, D. (2021). Regional Smart City Development Focus: The South Korean National Strategic Smart City Program. *IEEE Access*, 9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3047139>
- Yau, S. S., Gupta, S. K. S., Karim, F., Ahamed, S. I., Wang, Y., & Wang, B. (2003). Smart classroom: Enhancing collaborative learning using pervasive computing technology. *ASEE Annual Conference Proceedings*.
- Yelland, N. (2006). Shift to the future: Rethinking learning with new technologies in education. In *Shift to the Future: Rethinking Learning with New Technologies in Education*. <https://doi.org/10.4324/9780203961568>
- Yiannoutsou, N., & Avouris, N. (2012). Mobile Games in Museums: From Learning Through Game Play to Learning Through Game Design. *ICOM Education*, 23(September), 79–86. http://www.researchgate.net/publication/232702042_Mobile_games_in_Museums_from_learning_through_game_play_to_learning_through_game_design/file/79e41508a880bea29f.pdf
- Yu, Z., Gao, M., & Wang, L. (2021). The Effect of Educational Games on Learning Outcomes, Student Motivation, Engagement and Satisfaction. *Journal of Educational Computing Research*, 59(3), 522–546. <https://doi.org/10.1177/0735633120969214>
- Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1), 119–140. <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>
- Zhang, M., & Li, X. (2021). Design of Smart Classroom System Based on Internet of Things Technology and Smart Classroom. *Mobile Information Systems*, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5438878>
- Zhu, Y., Sivaparthipan, C. B., & Vinothraj, V. (2021). Analysis of physical health with internet of things-based computational narrowband physical health framework. *Technology and Health Care*, 29(6), 1217–1231. <https://doi.org/10.3233/THC-213002>
- Zhu, Z., Sun, Y., & Riezebos, P. (2016). Introducing the smart education framework: core elements for successful learning in a digital world. *International Journal of Smart Technology and Learning*, 1(1). <https://doi.org/10.1504/ijsmarttl.2016.078159>
- Zhu, Z. T., Yu, M. H., & Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. *Smart Learning Environments*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s40561-016-0026-2>
- Zhuang, R., Fang, H., Zhang, Y., Lu, A., & Huang, R. (2017). Smart learning environments for a smart city: from the perspective of lifelong and lifewide learning. *Smart Learning Environments*, 4(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s40561-017-0044-8>

10 Списак слика

Слика 1: Rpi (лево) и Arduino (десно)	15
Слика 2: Општа структура модела паметног окружења за учење кроз игру	27
Слика 3 Архитектура система	36
Слика 4: Ток игре	41
Слика 5: Процес игре	42
Слика 6 Шема система инфрацрвеног сензора.....	46
Слика 7 Шема система за мерење растојања	47
Слика 8: Шема система фото ћелија.....	48
Слика 9: Шема система Сензор покрета	49
Слика 10: Шема система Пумпа за воду	50
Слика 11: Шема система Сензор масе.....	51
Слика 12 Главне компоненте система	51
Слика 13: Модел података.....	52
Слика 14: Модел случајева коришћења	57
Слика 15: Пример задатка Квиз	62
Слика 16: Пример задатка Виртуални текст	63
Слика 17: Приказ задатка 3Д објекти.....	64
Слика 18: Пример задатка Сензор удаљености.....	65
Слика 19 Интеракција са сензором удаљености.....	65

11 Списак табела

Табела 1 Типови игара за имплементацију Блумове таксономије.....	30
Табела 2: Иновативни наставни модели.....	32
Табела 3: Примена игара по жанру, преузето из [11]	33
Табела 4 Главни екрани мобилне апликације.....	61
Табела 5 Кораци при решавању задатка Виртуелно дугме	62
Табела 6: Упоредивање перформанси по тесту	68
Табела 7: Корисност.....	69
Табела 8: Лакоћа коришћења	70
Табела 9: Лакоћа учења	70
Табела 10: Задовољство	70
Табела 11: Коментари студената.....	70
Табела 12: Компоненте система инфрацрвени сензор.....	102
Табела 13: Компоненте система Ултрасонични сензор.....	103
Табела 14: Компоненте система Фото ћелија.....	104
Табела 15: Компоненте система Сензор покрета	105
Табела 16: Компоненте система Пумпа за воду	106
Табела 17: Компоненте система Сензор масе.....	107

12 Прилози

12.1 Прилог 1 – Стандардни тест

1. Prepoznaj raspbery (zaokruži tačan odgovor).

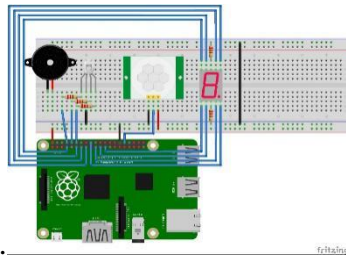


2. Rešiti funkciju:

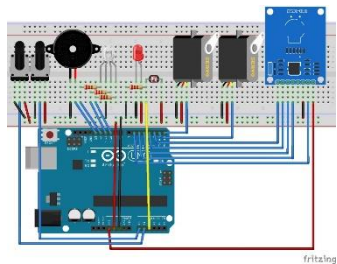
```
def izracunaj(self, pulse_start, pulse_end):  
    pulse_duration = pulse_end - pulse_start  
    distance = pulse_duration * 17150  
    distance = round(distance, 2)  
    return distance
```

```
izracunaj(5, 10)
```

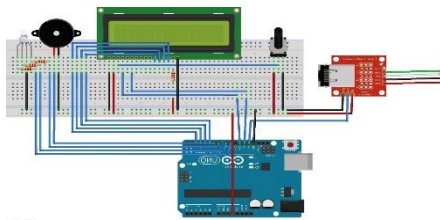
3. Prepoznaj šemu sa senzorom pokreta (zaokruži tačan odgovor).



a.



b.



c.

4. Reši funkciju:

```
const int kapacitet = 5;
int niz[kapacitet] = { 0, 0, 0, 0, 0 };
int sekvenca[kapacitet] = { 0, 1, 0, 1, 1 };
bool proveriTacnost()
{
    bool tacno = true;
    for (int i = 0; i < kapacitet; i++)
    {
        if (sekvenca[i] != niz[i])
        {
            tacno = false;
            break;
        }
    }
    else
    {
        i++;
    }
    return tacno;
}
```

5. Da li je Python kod ispravan?

```
def main():
    print "Inicijalizacija"
    inicijalizuj()
    kreirajNovi()
    print "Inicijalizovano"
    while True:
        udaljenost=distance.izmeri()
        print("Udaljenost: ")
        print(udaljenost)
        time.sleep(2)
        oglasavanje.aktivirajBlocked()
        sacuvaj(udaljenost)
        time.sleep(1)
        oglasavanje.aktivirajFinished()
        time.sleep(1);
        oglasavanje.aktivirajStandBy()
        time.sleep(30)
if __name__ == '__main__':
    main()
```

6. U koju od navedenih vrsta mreža spada bluetooth (označi jedan odgovor):

- a. WAN
- b. PAN
- c. LAN
- d. NAN
- e. HAN
- f. MAN

12.2 Прилог 2 – Анкета коришћења игре за учење

Ово истраживање се реализује са циљем испитивања ефикасности коришћења мобилних апликација током учења градива из курса IoT уз помоћ интелегентних уређаја. Истраживање се реализује у складу са кодексом професионалне етике. Сви прикупљени подаци су тајни и користе се искључиво као сумарни подаци за статистичку анализу.

Име и презиме студента: _____

Колико имаш година? _____

Заокружи један од понуђених одговора:

Пол:	а) Мушки;	б) Женски.	
Која Вам је година студија?	а) Трећа;	б) Четврта.	
Који просек сте остварили у претходној години?	а) 6 – 8;	б) 8 – 9;	в) 9 – 10.

Одговорите на постављена питања избором једне од понуђених опција из листе понуђених одговора:






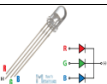

КОРИСНОСТ АПЛИКАЦИЈЕ		У потпуности се слажем	Делимично се слажем	Не могу да се одлучим	Делимично се не слажем	У потпуности се не слажем
1	Помаже ми да будем ефикаснији.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Помаже ми да будем продуктивнији.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Корисна је.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Даје ми више контроле над активностима при тестирању.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Лакше обављам постављене задатке.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Штеди ми време у раду кад користим апликацију.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Одговара мојим потребама.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Ради све што очекујем да апликација треба да ради.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

ЛАКО ЗА КОРИШЋЕЊЕ		У потпуности се слажем	Делимично се слажем	Не могу да се одлучим	Делимично се не слажем	У потпуности се не слажем
9	Лака је за коришћење.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Једноставна је за коришћење.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Корисна је за студенте.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Захтева мало корака да постигнем оно што желим са њом.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Флексибилна је.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14	Користим је без муке.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
15	Могу да је користим без написаног упутства.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
16	Не примећујем никакве недоследности док је користим.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
17	И повременим и редовним корисницима би се допало.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
18	Могу да исправим грешку брзо и лако.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
19	Могао бих успешно да је користим следећи пут.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ЛАКО ЗА УЧЕЊЕ		У потпуности се слажем	Делимично се слажем	Не могу да се одлучим	Делимично се не слажем	У потпуности се не слажем
20	Научио сам да је користим брзо.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
21	Лако запамтим како да користим апликацију.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
22	Лако је научити да се користи.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
23	Брзо сам постао вешт у коришћењу.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ЗАДОВОЉСТВО		У потпуности	Делимично се слажем	Не могу да се одлучим	Делимично се не слажем	У потпуности се не слажем
24	Задовољан сам апликацијом.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
25	Препоручио бих је пријатељу.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
26	Забавно је користити је.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
27	Ради како желим да ради.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
28	Дивно искуство.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
29	Корисно је користити је у раду.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
30	Забавно је учити уз помоћ апликације.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

За сваки задатак су приложени следећих десет питања:

ЗАДАТАК		У потпуности се слажем	Делимично се слажем	Не могу да се одлучим	Делимично се не слажем	У потпуности се не слажем
1	Задатак је лакше решити уз коришћење апликације.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Задатак је лак за учење.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Досадно ми је да овако решавам задатак.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Имао сам осећај да контролишем дешавање током решавања задатка.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Штета што није било више задатака овог типа.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Било је довољно времена за решавање овог задатка.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Било је недовољно времена за решавање овог задатка.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Било је превише времена за решавање овог задатка.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Више волим класичан тест за решавање задатка овог типа.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Задатак је забавније решити уз коришћење апликације.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>






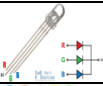



12.3 Прилог 3 – Компоненте ИоТ система

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
<i>Arduino</i> микроконтролер		Uno/Due/Genuino/Mega	1
Инфрацрвени сензор		CHQ 1838	1
Даљински управљач			1
Серво		SG 90	1
Отпорници		270Ω	3
<i>RGB</i> диода			1
<i>Buzzer</i>		Piezo	1

Табела 12: Компоненте система инфрацрвени сензор

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
<i>Raspberry Pi</i> микрорачунар			1
Сензор удаљености		HC-SR04	1
Отпорници		270Ω	5
<i>RGB</i> диода			1
<i>Buzzer</i>		Piezo	1


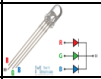





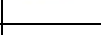
Табела 13: Компоненте система Ултрасонични сенсор

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
<i>Arduino</i> микроконтролер		Uno/Due/Genuino/Mega	1
Фото сензор		SEN 09088	1
Потенциометар			2
Серво		SG 90	2
Отпорници		270Ω	4
<i>RGB</i> диода			1
Лед диода			1
<i>Buzzer</i>		Piezo	1
<i>RFID</i> модул		MFRC 522	1










Табела 14: Компоненте система Фото ћелија

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
<i>Raspberry Pi</i> микрорачунар			1
Сензор покрета		PIR	1
Отпорници		270Ω	5
<i>RGB</i> диода			1
<i>Buzzer</i>		Piezo	1
Дисплеј			1

Табела 15: Компоненте система Сензор покрета

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
<i>Raspberry Pi</i> микрорачунар			1
Отпорници		270Ω	5
RGB диода			1
<i>Buzzer</i>		Piezo	1
Сензор за влажност земљишта		Са LM393 компаратор чипом	1
Пумпа за воду		Atman AT-300	1
Релеј		5V DC	1
Отпорници		5,1k Ω	1
Отпорници		330Ω	1

Табела 16: Компоненте система Пумпа за воду

Назив компоненте	Изглед компоненте	Опис	Количина
Arduino микроконтролер		Uno/Due/Genuino/Mega	1
Фото сензор		SEN 09088	1
Потенциометар			2
Дисплеј			1
Појачало		HX 711	1
Сензор масе		RB-Phi-118	1
Отпорници		270Ω	4
RGB диода			1
Buzzer		Piezo	1

Табела 17: Компоненте система Сензор масе

13 Основни биографски подаци о аутору

Лука Петровић, рођен је у Београду 1993. године. Завршио је XV београдску гимназију 2012. године. Основне академске студије завршио је на Факултету организационих наука, смер Информациони системи и технологије одбраном завршног рада на тему „Развој едукативне игре засноване на Интернету интелигентних уређаја“, 2016. године. Мастер студије на Факултету организационих наука, студијски програм Електронско пословање и управљање системима, студијска група Технологије електронског пословања, завршио је 2017. године са просечном оценом 10, одбраном мастер рада на тему „Развој паметног окружења за учење кроз игру“. Тренутно је студент треће године докторских студија на Факултету организационих наука, студијски програм Информациони системи и квантитативни менаџмент, студијска група Електронско пословање. Положио је свих девет испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет).

Списак радова:

Часописи међународног значаја (M20):

Petrović, L., Stojanović, D., Mitrović, S., Barac, D., and Bogdanović, Z., (2022) Designing an extended smart classroom: An approach to game-based learning for IoT, Computer applications in engineering education. 30(1): 117– 132, ISSN: 1061-3773, IF(2021)=2.109 (M22)

Stojanović, D., Bogdanović, Z., Petrović, L., Mitrović, S., Labus, A. (2020) Empowering learning process in secondary education using pervasive technologies, Interactive Learning Environments, ISSN:1049-4820, DOI:10.1080/10494820.2020.1806886, IF(2021)=4.965, (M21a)

Зборници међународних научних скупова (M30):

Petrović, L., Stojanović, D., Labus, A., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M. (2017) Harnessing Edutainment in Higher Education: an example of an IoT based game, In: The 12th International Conference on Virtual Learning ICVL 2017. University of Bucharest and “L. Blaga” University of Sibiu, Sibiu, Romania - Europe, pp. 318-324. ISBN 1844-8933 (M33)

Petrović, L., Stojanović, D., Labus, A. (2018) Development of an educational game: Augmented reality approach to edutainment, In: XVI International symposium Doing Business in the Digital Age: challenges, approaches and solutions SymOrg 2018. Faculty of organizational sciences, 7-10 June 2018, Zlatibor, pp. 96-107. ISBN 978-86-7680-361-3 (M33)

Stanisavljević, N., Stojanović, D., & Petrović, L. (2022). Open Innovation and Crowdsourcing: Challenges and Opportunities for Serbian Railways. E-Business Technologies Conference Proceedings, 2(1), 36–41. 23-24 June 2023, Belgrade, Serbia, Retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/137> (M33)

Petrović, L., Stojanović, D., Živojinović, L., & Đurđević, B. (2023). IoT Game-based Learning Model in Education. E-Business Technologies Conference Proceedings, 3(1), 271–275. 15-17 June 2023, Belgrade, Serbia, Retrieved from <https://ebt.rs/journals/index.php/conf-proc/article/view/176> (M33)

Радови у часописима националног значаја (M50)

Petrović, L., Jezdović, I., Stojanović, D., Bogdanović, Z., Despotović-Zrakić, M. (2017) Development of

an educational game based on IoT, International Journal of Electrical Engineering and Computing, Faculty of Electrical Engineering at the University of East Sarajevo, Bosnia and Herzegovina, pp. 36-45, ISSN: 2566-3682 doi: <http://dx.doi.org/10.7251/IJEEC1701036P> (M53)

14 Изјава о ауторству

Потписан Лука Петровић

број индекса 5007/2017

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

МОДЕЛ УЧЕЊА КРОЗ ИГРУ ЗАСНОВАН НА ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини, ни у деловима, није била предложена за добијање било које 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 докторанда

У Београду, _____

15 Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора	Лука Петровић
Број индекса	5007/2017
Студијски програм	Информациони системи и квантитативни менаџмент
Наслов рада	МОДЕЛ УЧЕЊА КРОЗ ИГРУ ЗАСНОВАН НА ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА
Ментор	Проф. др Душан Бараћ

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији, коју сам предала за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања 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 библјотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, _____

16 Изјава о коришћењу

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

МОДЕЛ УЧЕЊА КРОЗ ИГРУ ЗАСНОВАН НА ИНТЕРНЕТУ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА

која је моје ауторско дело.

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

Моју докторску дисертацију, похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду, могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____
