

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

Витомир В. Радосављевић

**МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ
ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ
ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА**

докторска дисертација

Београд, 2019.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANIZATIONAL SCIENCES

Vitomir V. Radosavljević

**AN ADAPTIVE LEARNING MODEL IN
SMART LEARNING ENVIROMENT**

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2019.

Ментор:

Проф. др Зорица Богдановић, ванредни професор Факултета организационих наука у Београду

Чланови комисије:

Проф. др Божидар Раденковић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду

Проф. др Дејан Симић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду

Проф. др Маријана Деспотовић Зракић, редовни професор Факултета организационих наука у Београду

Доц. др Марко Ђогатовић, доцент Саобраћајног факултета у Београду у пензији

Датум одбране:

МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА

Апстракт

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела адаптивног електронског образовања адекватног за имплементацију у паметним образовним окружењима. Адаптивно електронско образовање реализује се кроз прилагођавање појединих елемената образовног процеса са унапред дефинисаним критеријумима. Циљ унапређења и побољшања традиционалног модела наставе је ефикаснији и ефективнији процес учења. Паметна образовна окружења, као што су паметне учионице, развијају код студента знања и вештине на ефикаснији начин него у конвенционалним окружењу. Предложени модел адаптивног учења реализује се у окружењу паметне учионице и примењује концепт амбијенталне интелигенције за спровођење адаптације учења. Овакав приступ омогућава детекцију студента у окружењу паметне учионице и генерише одговарајући одзив паметне учионице према студенту, на основу унапред дефинисаног критеријума. Модел је флексибилан по питању примене различитих критеријума адаптације, као што су мотивација, стил учења, когнитивно оптерећење студента, умор, физички параметри окружења и други. Модел користи предности паметних образовних окружења за прикупљање релевантних информација из окружења у коме студент учи. Посебан акценат модел ставља на дефинисање стратегија учења које се додељују студенту према критеријуму адаптације. Као критеријуми адаптације у дисертацији коришћени су умор студената као последица њихових дневних академских активности, односно параметар динамичког коефицијента окружења, који зависи од физичких услова у којима студент усваја наставне садржаје.

Модел је имплементиран и тестиран у настави на Високој ИЦТ школи, и евалуиран кроз активности студента у току учења као и кроз знања и вештине којима студент овладава у току учења. Применом модела смањује се количина ирелевантних

података којима је студент изложен у процесу учења и на тај начин се делује на ефективност процеса учења. Модел омогућује постизање ефикаснијег наставног процеса тако што студенти постижу боље резултате на тестовима знања и исказују виши степен мотивисаности за учење. Примена модела адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима даје основ за интеграцију са другим системима учења и електронским платформама за учење. Такође, овај модел даје основ за будућа испитивања према другим критеријума адаптације.

Кључне речи: адаптивно учење, електронско образовање, паметне учионице, интернет интелигентних уређаја, амбијентална интелигенција, стратегије учења.

Научна област: Организационе науке.

Ужа научна област: Електронско пословање.

УДК број:

AN ADAPTIVE E-LEARNING MODEL IN SMART LEARNING ENVIRONMENT

ABSTRACT

The subject of the doctoral dissertation is the development of a model of adaptive e-learning adequate for implementation in smart educational environments. Adaptive e-learning is realized through the adaptation of certain elements of the educational process with predefined criteria. The goal of enhancing and improving the traditional teaching model is a more efficient and effective learning process. Smart educational environments, such as smart classrooms, develop students' knowledge and skills in a more efficient way than in conventional learning environment. The proposed adaptive learning model was implemented in a smart classroom environment by applying the concept of ambient intelligence to achieve learning adaptation. This approach enables detecting a student in a smart classroom environment and generates an appropriate smart classroom response to the student, based on a predefined criterion. The model can use different adaptation criteria, such as motivation, learning style, student cognitive load, fatigue, physical environment parameters and others. The model benefits from smart educational environments to gather relevant information of the student's learning environment. The model focuses on defining the learning strategies assigned to a student according to the adaptation criteria. Students' fatigue as a consequence of their daily academic activities, together with a parameter of the dynamic environment coefficient, which depends on the physical conditions in which the student adopts learning contents were used as adaptation criteria in the dissertation.

The model was implemented and tested in a teaching process at the ICT College in Belgrade, and evaluated through the student's activities while learning, as well as through the

knowledge and skills the student acquired during learning. The model reduces the amount of irrelevant data the student is exposed to in the classroom and thus enhances the effectiveness of the learning process. The model ensures a more effective teaching process and consequently raises students' level of motivation to learn and results in their better test scores. The application of adaptive e-learning models in smart educational environments lays a solid foundation for integration with other learning systems and online learning platforms. Also, this model provides a basis for future testing according to other adaptation criteria.

Key words: Adaptive learning, e-learning, smart classroom, Internet of things, ambient intelligence, learning strategies.

Scientific field: Organisational sciences

Narrow scientific field: E-Business

UDK:

Садржај

1.	УВОД.....	1
1.1	ДЕФИНИСАЊЕ ПРЕДМЕТА ДИСЕРТАЦИЈЕ	1
1.2	ЦИЉЕВИ ДИСЕРТАЦИЈЕ	3
1.3	НАУЧНЕ ХИПОТЕЗЕ	6
1.4	МЕТОДЕ ИСТРАЖИВАЊА.....	7
1.5	СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЈА РАДА	8
2.	АДАПТИВНО ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ	11
2.1	КАРАКТЕРИСТИКЕ И ФАКТОРИ УЧЕЊА.....	11
2.1.1	Мотивација у учењу	13
2.1.2	Когнитивно оптерећење и умор	18
2.1.2.1	Ментални модели знања	22
2.1.2.2	Смањење когнитивних могућности услед умора	24
2.1.3	Стилови учења	25
2.1.3.1	ILS (Index of Learning Style) Фелдер-Силверман модел стила учења ...	28
2.1.3.2	VARК модел стила учења.....	30
2.1.4	Стратегије учења	31
2.1.4.1	Примери стратегија учења.....	33
2.2	АДАПТИВНО УЧЕЊЕ	36
2.2.1	Адаптивно учење у е-окружењу.....	38
2.2.2	Адаптивни приступ учењу.....	39
2.2.3	Моделовање адаптивног учења.....	41
2.2.4	Персонализација система за електронско учење.....	43
2.2.4.1	Критеријуми за дефинисање параметара персонализације у системима за е-учење	44
2.2.4.2	Параметари персонализације у системима за е-учење	47
2.2.4.3	Параметари персонализације у пракси у системима за е-учење.....	48
2.2.5	Ангажовање студента у процесу учења	50

2.2.5.1	Ангажовање студента базирано на психологији усмерености.....	51
2.2.5.2	Ангажовање студента и окружење за рад у паметним учионицама.....	52
2.2.6	Улога наставника у процесу адаптивног учења	55
2.2.6.1	Концепт „обрнуте учионице“	56
2.2.7	Критика адаптивног приступа учењу	57
3.	ПАМЕТНА ОБРАЗОВНА ОКРУЖЕЊА.....	60
3.1	ПАМЕТНЕ УЧИОНИЦЕ.....	61
3.1.1	Компоненте паметних учионица.....	65
3.2	АМБИЈЕНТАЛНА ИНТЕЛИГЕНЦИЈА	66
3.3	ИНТЕРНЕТ ИНТЕЛИГЕНТНИХ УРЕЂАЈА	71
3.3.1	Архитектура IoT система.....	72
3.3.2	Технологије интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама.....	75
3.3.3	Концепти интернета интелигентних уређаја у паметним образовним окружењима	77
4.	МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА.....	82
4.1	АРХИТЕКТУРА МОДЕЛА	84
4.1.1	Профил студента.....	84
4.1.2	Профил наставника	86
4.1.3	Модел паметног образовног система	87
4.1.3.1	Паметна учионица	89
4.1.3.2	Систем амбијенталне интелигенције	94
4.2	МОДЕЛ АДАПТИВНОСТИ У ПАМЕТНОЈ УЧИОНИЦИ	95
4.2.1	Критеријум адаптације на основу умора студента.....	96
4.2.2	Критеријум адаптације према коефицијенту динамичког окружења	96
4.2.2.1	Динамички коефицијент окружења	97
4.2.2.2	Параметри модела којима се описују индивидуални фактори	99
4.2.2.3	Реализација адаптације процеса учења кроз категорије учења	100
4.2.3	Технолошки аспект модела	102

4.2.4	Евалуација модела	104
5.	ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА АДАПТИВНОГ УЧЕЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ СИСТЕМИМА И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА	106
5.1	ПРИМЕНА МОДЕЛА АДАПТИВНОГ УЧЕЊА БАЗИРАНОГ НА АМБИЈЕНТАЛНОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ ПРЕМА КРИТЕРИЈУМУ УМОРА СТУДЕНТА	106
5.1.1	Опис тока примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента	107
5.1.2	Резултати и анализа примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента	111
5.1.3	Ограничења модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента	114
5.2	ПРИМЕНА МОДЕЛА АДАПТИВНОГ УЧЕЊА БАЗИРАНОГ НА АМБИЈЕНТАЛНОЈ ИНТЕЛИГЕНЦИЈИ И КРИТЕРИЈУМУ АДАПТАЦИЈЕ ПРЕМА КОЕФИЦИЈЕНТУ ДИНАМИЧКОГ ОКРУЖЕЊА	115
5.2.1	Опис тока примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијент динамичког окружења	116
5.2.1.1	Дефинисање динамичког параметра у истраживању	117
5.2.2	Резултати и анализа примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијенту динамичког окружења	119
5.2.3	Ограничења модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијенту динамичког окружења	124
6.	НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОС НАУЧНОГ ИСТРАЖИВАЊА	125
7.	БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА	128
8.	ЗАКЉУЧАК	129
9.	РЕФЕРЕНТНА ЛИТЕРАТУРА	130

10. СПИСАК СЛИКА.....	162
11. СПИСАК ТАБЕЛА.....	163
12. БИОГРАФИЈА АУТОРА.....	164
13. ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ.....	168
14. ИЗЈАВА О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ ДОКТОРСКОГ РАДА	169
15. ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ	170

1. УВОД

Процес образовања и личног усавршавања данас се сматра једним од темељних елемената напретка и развоја друштва. Имајући то на уму, интензивно се развијају модели и стандарди образовања који ће побољшати квалитет учења (Özpolat & Akar, 2009). Технолошки развој отвара истраживачка поглавља која се баве питањима начина на који се нове технологије могу применити у образовном процесу како би учење било ефикасно и ефективно (Zhu, Yu & Riezebos, 2016).

Једна од сфера примене нових технологија у образовању обухвата анализу паметних образовних окружења и проналажење ефикасног начина повезивања њихових елемената с могућностима адаптације образовног процеса у складу с карактеристикама појединца. На овај начин се технологија жели ставити у службу оптимизације процеса учења и побољшања квалитета наученог градива.

1.1 Дефинисање предмета дисертације

Предмет дисертације подразумева научно истраживање модела адаптивног електронског образовања који је адекватан за имплементацију у паметним образовним окружењима. Циљ истраживања је пројектовање модела адаптивног учења који ће на оптималан начин искористити елементе паметних образовних система и позитивно утицати на процес учења.

Развој информационих технологија довео је до иновација и у области образовања. Процес образовања обогаћује се технолошки напредним наставним средствима која се описују као *паметна наставна средства*, док се окружења у којима се та средства користе називају *паметним образовним окружењима*.

У паметна образовна окружења спадају паметне учионице, системи за управљање електронским учењем, виртуелне учионице, видео-игре, мобилно учење, системи проширене реалности. Паметно образовно окружење је технолошки напредно, адаптибилно и конструисано тако да студенту пружа одговарајућу подршку у процесу учења у било ком тренутку. Овакво окружење може се прилагодити потребама студента на основу анализе његовог понашања и успешности учења (Li, Kong & Chen, 2015).

Циљ технолошки подржаних окружења за учење је да оптимизују активности студента везане за процес учења. Подршка се описује кроз технички аспект, аспект садржаја, когнитивни, метакогнитивни, социолошки и афективни аспект. Наведени аспекти манифестују се кроз интеракцију студента с окружењем и системом за учење (Chang et al., 2015).

Паметна учионица представља вид паметног образовног окружења тренутно најраспрострањенији у образовним институцијама. Описује се као интелигентно окружење опремљено хардверском и софтверском опремом (пројекторима, камерама, сензорима, модулима за препознавање говора, смарт таблама, софтверским алатима специфичне намене и сл.). Циљ таквог окружења је да подржи студента у остваривању планираног образовног програма (Guinard, Fischer & Trifa, 2010).

Паметна учионица може се реализовати у реалном и виртуелном окружењу. Окружење паметне учионице погодно је за реализацију адаптивних облика образовања према различитим критеријумима. У паметној учионици могуће је спровести специфичне методолошке приступе учењу, у процес учења имплементирати мултимедијалне садржаје, контролисати физичке параметре окружења и на тај начин утицати на ефикасност студента, мерити параметре према којима се у реалном времену реализује адаптибилност образовног процеса, градећи позитивно или негативно окружење за учење утицати на средину у којој студент ради (Chorfi & Mohamed, 2004) (Brusilovsky & Peylo, 2003) (Gómez, Huete, Hoyos, Perez & Grigori, 2013) (Despotović Zrakić et al., 2013).

Посебна пажња посвећена је концепту амбијенталне интелигенције. Амбијентална интелигенција представља концепт свеприсутног рачунарства у коме је радно окружење свесно присуства корисника. Овакав концепт постиже се интеграцијом сензора, камера, микрофона и других уређаја који могу да генеришу сигнале на основу промена у окружењу и интелигентног софтверског система. Системи у којима се примењује концепт амбијенталне интелигенције треба да детектују присуство корисника у радном окружењу, идентификују га, препознају његове активности у окружењу, анализирају их у оквиру контекста и изврше одговарајућу измену према потребама корисника (Bravo, Cook & Riva, 2019).

У докторској дисертацији дата је анализа фактора учења за које се сматра да су од интереса за процес адаптивног учења у паметним образовним окружењима. На основу те анализе описан је и представљен модел адаптивног учења који се ослања на концепт амбијенталне интелигенције и могуће различите критеријуме адаптације у оквиру модела. Неки од критеријума који се анализирају су претходно знање које студент поседује из области која се изучава, мотивација студента, когнитивно оптерећење наставним материјалима, умор, физички параметри окружења. Такође, дат је осврт на могућности развоја мултимедијалних апликација и сервиса у окружењу паметних учионица као и интеграције паметних учионица са платформама за електронско учење и другим информационим системима. У оквиру дисертације постављена је стратегија развоја модела адаптивног учења у паметним учионицама који се ослања на концепт амбијенталне интелигенције, дефинисане су смернице и дата препорука за развој принципа адаптације у паметним образовним окружењима.

1.2 Циљеви дисертације

Примарни циљ истраживања у докторској дисертацији јесте анализа могућности примене адаптивних облика учења у паметним учионицама, као и дефинисање стратегије развоја одговарајућег модела адаптивног образовања у окружењу паметне учионице ради повећања ефикасности и ефективности образовног

процеса. Циљ рада реализује се кроз анализу и имплементацију адаптивних облика учења у окружењу паметне учионице.

Циљеви који су остварени у докторској дисертацији су:

- Анализа фактора битних за постављање модела адаптивног образовања у окружењу паметних учионица,
- Развој стратегије адаптивног образовања погодног за имплементацију у окружењу паметних учионица,
- Дефинисање техничких аспеката паметних учионица који су кључни у процесу прилагођавања процеса учења стилу учења студента,
- Дефинисање смерница у изради мултимедијалних наставних материјала прилагођених адаптивним образовним окружењима,
- Дефинисање кључних фактора адаптације процеса учења у паметној учионици која примењује концепт амбијенталне интелигенције и реализује адаптацију процеса учења кроз доделу одговарајућих стратегија учења студента,
- Дефинисање фактора од интереса за адекватну интеграцију адаптивних облика учења у паметној учионици с другим информационим системима,
- Обезбеђивање адекватног окружења у паметној учионици којим ће се повећати мотивисаност студента да учи и постиже боље резултате,
- Укључивање студената у процесе везане за истраживање утицаја релевантних фактора адаптивног образовања и могућности њихове имплементације у паметне едукативне системе.

Постављени циљеви су реализовани кроз следећа истраживања:

- Испитивање техничких аспеката паметних учионица релевантних за процес адаптивног учења у паметним учионицама који се ослањају на концепт амбијенталне интелигенције,
- Анализирање мултимедијалних садржаја и њихових особина, које су од интереса за имплементирање у паметним образовним системима,
- Анализа могућности интеграције паметних учионица с другим информационим системима, попут система за учење на даљину, система мобилног учења и система проширене реалности,
- Анализа постојећих модела адаптивног учења и могућности њиховог имплементирања у окружење паметних учионица,
- Моделовање особина студената битних за процес учења у паметним учионицама,
- Моделовање кључних индикатора адаптивног учења у окружењу паметних учионица,
- Одабир одговарајућих метода и техника прикупљања и обраде информација.

Научни циљ дисертације огледа се у дефинисању модела и метода за имплементацију адаптивних облика учења у окружењу паметних учионица који се ослањају на концепт амбијенталне интелигенције. Резултати истраживања допринели су развоју окружења паметних учионица и ефикасном коришћењу расположивих ресурса паметних учионица у процесу учења.

1.3 Научне хипотезе

Главна хипотеза која ће бити тестирана у дисертацији гласи:

X0. У окружењу паметних учионица могуће је успешно имплементирати адаптивне моделе електронског образовања. Применом модела адаптивног електронског образовања који користи елементе амбијенталне интелигенције у паметној учионици повољно се утиче на ефективност и ефикасност образовног процеса.

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

X0.1. Могуће је развити и применити ефикасан модел адаптивног образовања у паметној учионици који се ослања на концепт амбијенталне интелигенције а реализује додељивањем студенту одговарајућих стратегија учења.

X0.2. Применом модела адаптивног учења у окружењу паметних учионица студенти који у процесу учења примењују овај модел постижу боље резултате на завршним тестовима него студенти који су учили у окружењу класичних учионица.

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

X0.1.1. Критеријум адаптације који моделује умор студента на основу његових дневних академских активности може се применити у паметним образовним окружењима који се ослањају на концепт амбијенталне интелигенције.

X0.1.2. Стратегија учења по којој студент учи у корелацији је са проценом умора који произлази из дневних академских активности студента.

X0.1.3. Адаптивно образовање оптимизује процес учења. Студенти у паметним адаптивним окружењима уче ефикасније и извршавају задатке брже него у класичним окружењима за учење.

X0.1.4. Процес адаптивног образовања у окружењу паметних учионица могуће је успешно интегрисати с другим информационим системима попут друштвених мрежа, платформи за е-учење, мобилног учења или система проширене реалности.

X0.2.1. Студенти који уче у адаптивном окружењу паметних учионица показују већи степен мотивисаности за учење него студенти који уче у окружењу класичних учионица.

X0.2.2. Претходно искуство студената у коришћењу технолошки подржаних окружења утиче на степен задовољства у раду у паметним окружењима.

X0.2.3. Физички фактори радног окружења паметне учионице утичу на успех студената у учењу и могу се искористити као релевантан фактор адаптације учења у паметним учионицама.

X0.2.4. Радећи у окружењу паметних учионица наставници имају бољи увид у знања којим студент овладава.

1.4 Методе истраживања

Током научног истраживања од општих научних метода користе се методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Моделирање се користи приликом израде модела адаптивног учења у окружењу паметних учионица. Аналитичко-дедуктивне методе користе се при анализирању података о постојећим решењима адаптивног и мултимедијалног учења, као и у процесу имплементације предложеног модела и праћења рада студената у окружењу у коме је модел имплементиран. Мерење релевантних параметара и анализирање добијених резултата обављено је помоћу стандардних статистичких метода.

У експерименталном делу извршена је евалуација развијеног модела адаптивног образовања у окружењу паметне учионице. Експеримент се реализује у просторијама Високе школе за информационе и комуникационе технологије у Београду, у кабинету адекватно опремљеним наставним средствима која подразумевају паметне учионице. Популацију која је део експеримента чине студенти Високе школе за информационе и комуникационе технологије. Добијени резултати треба да потврде главну хипотезу о побољшању ефикасности и ефективности учења у паметним учионицама у које су имплементирани елементи амбијенталне интелигенције и о позитивном ефекту оваквог учења на целокупан процес адаптивног образовања.

Резултати истраживања презентовани су текстуално, описивањем, и приказани кроз више табела, слика и дијаграма с упоредном анализом. Истраживање је интердисциплинарно; од научних дисциплина укључује: методологију, рачунарство, информатику, статистику, педагогију и др.

1.5 Структура и организација рада

У уводном делу дисертације назначене су основне карактеристике паметних образовних окружења. Дат је осврт на области од интереса за развој модела адаптивног учења у паметним образовним окружењима. Указано је на појмове адаптивног учења и амбијенталне интелигенције, који ће у каснијим поглављима бити детаљно обрађени. Описани су предмет и циљеви дисертације, научне хипотезе (главна, посебне и појединачне) и методе истраживања.

Друго поглавље обрађује релевантне појмове везане за адаптивно електронско образовање. Ово поглавље подељено је у две целине. У првом делу дефинишу се карактеристике и фактори који утичу на процес учења; дефинишу се и описују појмови мотивације у учењу, когнитивног оптерећења и умора приликом учења, стилови и стратегије учења. Други део обрађује област адаптивног учења кроз персонализацију система за електронско учење и улогу студента и наставника у адаптивном учењу. У

овом поглављу анализирани су и представљени примери из стручне литературе у области адаптивног учења.

Треће поглавље посвећено је паметним учионицама. У овом поглављу дефинисане су паметне учионице и описане њихове саставне компоненте. Појам паметних учионица проширен је појмом технолошки подржаних окружења за учење. Посебан акценат стављен је на концепт амбијенталне интелигенције, који омогућава детекцију студента у окружењу паметне учионице и који по одређеном критеријуму генерише одговарајући одзив паметне учионице према студенту. У овом поглављу паметна учионица описана је и кроз концепт интернета интелигентних уређаја, а дати су примери из праксе који примењују IoT концепте у паметним учионицама.

Четврто поглавље бави се постављањем модела адаптивног учења у паметним образовним окружењима. Представљају се пројектни захтеви модела кроз услове и циљеве које модел треба да испуни. Дефинише се архитектура модела и атрибути који описују ентитете у оквиру модела. Развој модела посматра се кроз фазе. Дефинишу се ентитети за постављање оквира модела и описују компоненте модела. Посебан акценат ставља се на примену концепта амбијенталне интелигенције у паметној учионици. Дефинишу се критеријуми адаптивности према умору студента и према параметру динамичког коефицијента окружења. Ближе се описује критеријум адаптације. У оквиру овог поглавља приказан је оквир за реализацију модела, док је на крају поглавља модел евалуиран кроз његову анализу са технолошког аспекта.

У петом поглављу детаљно је приказана имплементација и примена конкретног модела кроз два истраживања. Оба се ослањају на исти модел, али користе два различита критеријума адаптације. Прво истраживање као критеријум адаптације учења користи умор студента процењен на основу његових дневних академских активности. Систем амбијенталне интелигенције у оквиру паметне учионице студенту додељује стратегију учења на основу процењеног стања умора. Друго истраживање критеријум адаптивности базира на физичким параметрима окружења у коме студент учи. Систем амбијенталне интелигенције за прорачун стратегије учења која се додељује студенту користи параметар који обједињује физичке карактеристике

окружења (динамички параметар окружења) и личне параметре студента (мотивацију, предзнање и очекивано когнитивно оптерећење). У оквиру овог поглавља детаљно је представљен поступак истраживања. Изложени су резултати за свако истраживање, анализирани су и дискутовани.

У шестом поглављу дат је преглед научних и стручних доприноса дисертације.

Седмо поглавље односи се на будућа истраживања.

Закључак је изведен у осмом поглављу.

Списак литературе садржи референце релевантне за област дисертације и чини девето поглавље.

Десето и једанаесто поглавље садрже спискове слика, табела и графикана у дисертацији.

2. АДАПТИВНО ЕЛЕКТРОНСКО ОБРАЗОВАЊЕ

Учење представља скуп конструктивних процеса којима се појединац активира, самостално или у друштву, и којим елаборира, гради и организује знања (Seidel & Shavelson, 2007). Дефиницију електронског учења коју је дала Америчка асоцијација за учење на даљину (*United States Distance Learning Association*) дефинише е-учење (електронско учење) као „процес овладавања знањима и вештинама кроз информације и упутства добијена применом различитих технологија и облика учења на даљину” (Levels et al., 2019). У основи е-учења налази се процес класичног учења, док је технологија само средство којим се жели позитивно утицати на факторе и исходе учења.

2.1 Карактеристике и фактори учења

Фактори учења истовремено утичу на процес учења, са циљем постизања ефикасног и ефективног учења. Учење је ефикасно уколико се усвајају знања односно овладава вештинама оптималним ангажовањем студента. Ефикасним учењем описује се процес учења у којем је број активности које студент треба да предузме како би научио жељено градиво сведен на минимум. Учење је ефективно ако су знања којима студент овлада применљива и имају такав квалитет да се с претходним знањима могу повезати у сложенија знања и вештине (Ноу, 2010).

Успешност учења не зависи само од когнитивних компоненти укључених у процес учења већ и од мотивационих. Зато се учење описује и као когнитивни и као мотивациони процес.

Фактори који утичу на исход учења могу се груписати у седам категорија:

- Интелектуални фактори. Ниво интелигенције појединца није универзалан за све области. Тиме се објашњава зашто студенти имају добре успехе у савладавању једне области коју уче, а слабије у савладавању друге.
- Фактори учења. Односе се на стил учења, повезаност знања и вештина које студент савладава. Уколико је претходно знање из одређене области лоше, утицаће на потешкоће у савладавању нових знања.
- Физички фактори. Инвалидитет и физички умор утичу на могућност учења и савладавања градива.
- Ментални фактори попут менталног умора и когнитивног оптерећења студента у току учења такође утичу на ефикасност учења.
- Емоционални и социјални фактори какви су тренутно расположење, однос с другим учесницима наставног процеса у учионици, мотивисаност за учење, став према области која се изучава само су неке од манифестација ових фактора.
- Личност наставника и његов приступ студенту утичу на став који појединац има према области коју треба да савлада, а тиме и на учење. Наставник је тај који води студента кроз материју, пружа му подршку и помоћ, даје му повратне информације те га упућује на одговарајуће наставне материјале за савладавање градива.

Окружење може да подстакне студента да учи. Добро опремљена окружења, где појединац лако може да реализује своје намере у процесу учења, позитивно делују на учење (Honey & Mumford, 1992) (Zirkel, 2015). У раду ће бити детаљније описани фактори учења који су од интереса за модел адаптивног учења у паметним учионицама. У питању су фактори мотивације, когнитивног оптерећења студента, стил

и стратегија учења, улога наставника и коришћење одговарајућих наставних материјала.

2.1.1 Мотивација у учењу

Мотивација је чинилац који појединца подстиче на активност, изазива одређено понашање, одржава га и усмерава ка постизању одређеног циља. Она одређује однос студента према материји коју изучава; може да утиче на повећање уложеног рада и енергије при савладавању материје (Reed, 2019). Мотивација покреће креативна размишљања у области коју студент изучава и самим тим иницира одређене активности. Такође делује на побољшање когнитивних процеса у учењу и утиче на изградњу менталних модела у току учења (Cho & Kim, 2013) (De Barba, Kennedy & Ainley, 2016).

Истраживања мотивације студента која се базирају на теорији постизања циља (Harackiewicz, Barron, Pintrich, Elliot & Thrash, 2002), теорији самоодређења (Deci & Ryan, 2004) и социолошко-когнитивној теорији (Portugal, 2018) показала су да се мотивисаност студената у учионици повезује са начином на који они доживљавају успех. Да би се остварио успех, окружење учионице треба да подстакне студента да извршава задатке успешно, ефикасно и самостално, као и да код њега створи осећај повезаности са осталим учесницима процеса учења (Hanifah & Kamilah, 2019).

Теорија постизања циља (*achievement-goal theory*) мотивацију доводи у везу са разлозима због којих студент покушава да постигне успех у учењу. Теорија дефинише личне циљеве и структуру циљева. Лични циљеви исказују се кроз вичност и перформансе учења. Вичност се развија кроз успешно и ефикасно решавање задатака као и развој вештина. Перформансе сагледавају положај студента у односу на друге студенте и радно окружење. Структура циљева повезује се са порукама које студент размењује са радним окружењем. Окружење за учење у коме студент може да развије вештине и успешно реши своје задатке повољно делује на мотивацију. У ситуацији

смањене мотивисаности за учење окружење за учење може да утиче на повећање мотивације студента (Harackiewicz, Barron, Pintrich, Elliot & Thrash, 2002).

Теорија самоодређења (*self-determination theory*) поставља три критеријума која треба испунити за постизање добробити, мотивисаности и самоконтроле појединца. То су критеријуми припадности, компетентности и самосталности. Припадност се описује као осећање сигурности у друштвеном окружењу које мотивише појединца да прихвата и прати норме и правила понашања. Компетентност се повезује са ефективним деловањем појединца, којим се гради самопоуздање. Самосталност произлази из контроле појединца над својим поступцима и резултатима активности. Сва три критеријума међусобно се прожимају и утичу на изградњу мотивације код појединца.

Према теорији самоодређења, радно окружење које делује позитивно на мотивацију студента треба да буде такво да пружа одговарајућу помоћ студенту у раду и подржи његову аутономију. Окружење треба да буде свесно студента, да прати његов рад и пружа му одговарајуће повратне информације, поставља адекватне задатке и изазове, те дозволи студенту да буде одговоран за свој успех и напредак у учењу тако што му нуди могућност избора како да учи и извршава задатке (Deci & Ryan, 2004).

Према овој теорији мотивација се код појединца посматра на три нивоа, као унутрашња мотивација, спољашња мотивација и демотивисаност.

- Унутрашња мотивација је такав вид мотивације којом особа наводи себе на одређену активност. Јавља се из жеље за осећањем личног задовољства и испуњености због извршене активности (нпр. наученог градива или тачно решених задатака). Добра унутрашња мотивација води ка квалитетном знању и учењу (Ryan, Koestner and Deci, 2000) (Lemos & Veríssimo, 2014). Студенти дубље залазе у материју коју изучавају и прилазе проблемима креативније. Фактори који позитивно утичу на повећање унутрашње мотивације су изазови у учењу, радозналост, потреба за схватањем окружења, развијена машта, такмичарски и тимски дух, потреба за потврђивањем и добијањем признања.

Особе које имају јаку унутрашњу мотивацију жељне су интелектуалне стимулације и имају ентузијазма да уче (Нои, 2010) (Locke & Schattke, 2018). Осећај унутрашњег задовољства је тај који их мотивише на учење и рад (Negovan, Sterian & Colesniuc, 2015) (Locke & Schattke, 2018).

- Спољашња мотивација особу наводи на активност због одређених спољашњих утицаја. Акције које се изводе имају за циљ постизање резултата којима ће особа бити награђена (у процесу учења најчешће завршном оценом) или којом ће избећи казну. Спољашња мотивација у процесу учења даје лошије резултате од учења које је унутрашње мотивисано (Нои, 2010). Овај тип мотивације студенте најчешће наводи на учење ради награде (добре оцене или положеног испита), а не због жеље за стицање нових знања. Особе које спадају у опсег екстерно или спољашње мотивисаних особа уче да би постигле дефинисане циљеве. Тако стечена знања не повезују се са другим знањима и, чим се задовољи мотив који је покренуо учење (положен испит или оцена), мотивисаност да се градиво упамти и/или прошири више не постоји. Немотивисане особе не реагују на утицаје средине (Komarraju, Karau & Schmeck, 2009) (Li & Tsai, 2017).
- Демотивисаност представља потпуно одсуство мотивације, и унутрашње и спољашње. Испољава се кроз незаинтересованост да се реагује и дела. Најчешће се јавља као резултат осећаја некомпетентности да се изврши задатак или става да се неће постићи жељени исход. Оваква ситуација честа је код студената који немају довољно предзнања из области која се изучава или су потпуни почетници. Демотивисаност се може јавити и као последица негативног става и/или понашања наставника према студенту (Falout, Elwood & Hood, 2009). Као резултат истраживања (Sakai & Kikuchi, 2009) издвојено је пет фактора који, у различитој мери, утичу на демотивисаност студената. То су: наставни садржај и материјали, компетенције наставника и стил учења, неадекватно физичко окружење у коме се учи, недостатак унутрашње мотивације и резултати тестова.

Социолошко-когнитивна теорија (*social-cognitive theory*) доводи мотивацију студента у везу са три фактора из окружења. То су: претходни успех/неуспех студента у извршавању сличних задатака, положај студента у процесу учења у односу на друге студенте и вербално убеђивање. Најјачи акценат у овој теорији стављен је на претходно искуство студента. Наставник и радно окружење треба да обезбеде услове како би студент искусио академски успех у учионици. Такво стање допринеће мотивисаности студента на извршавање задатака и повећати ефикасност у раду (Urduan and Schoenfelder, 2006).

ARCS модел мотивације (*ARCS model of Motivational design*) (Keller, 2010) такође се користи за моделовање мотивације. Према овом моделу дефинишу се четири елемента која утичу на мотивисаност у процесу учења. Акроним ARCS дефинише те елементе као пажњу (*attention*), значај (*relevance*), самопоуздање (*confidence*) и задовољство (*satisfaction*).

- Пажња. Да би се студент мотивисао на учење и рад, потребно му је на почетку учења привући пажњу. То је могуће учинити на више начина: перцептуалном стимулацијом, приказујући студенту одговарајуће анимације, фотографије и графике које ће на њега деловати изненађујуће; испитивањем, односно постављањем питања којима се студент упућује на проблематику којом се лекција бави и која у њему треба да побуди радозналост; приказивањем различитих примера који треба да сугеришу концепт који се описује у лекцији.
- Значај. Садржај који студенти уче треба да буде у складу с циљевима које студенти желе да остваре. Ако студент има за циљ да овлада одређеним знањима и вештинама а лекција коју треба да учи обезбеђује му жељена знања и вештине, он ће показати виши ниво мотивисаности да учи. Циљеви које је наставник поставио у оквиру курса студенту треба да буду јасно представљени на почетку курса односно лекције. Студент треба да буде упућен у начине на које може да уклопи нова знања и вештине у постојећа знања.
- Самопоуздање. Студенту је потребно јасно дефинисати могућности за постизање успеха на курсу који похађа. Могућности постизања успеха треба да

буду сведене на ниво који студент реално може да оствари. Ако студент оцени да својим залагањем не може да постигне успех, мотивација за учењем опада. Пожељно је јасно дефинисати критеријуме којима се рад студента вреднује као *успех* и као *неуспех*. У току курса наставник треба да пружа студенту повратну информацију о степену успешности његовог рада (на пример, кроз тестове које студент решава).

- **Задовољство.** Сечена знања и вештине код студента треба да изазову осећај задовољства. То се може постићи указивањем на њихов значај, као и представљањем где се могу применити. Осећај задовољства повезан је и с повратном информацијом коју студент добија од наставника. Похвале и подршка од стране наставника делују мотивишуће. Студент треба да стекне утисак да је његов успех адекватан раду који је уложио (Keller, 2010) (Molae & Dortaj, 2015) (Chang, Chang & Shih, 2016).

Наведени теоријски аспекти и модели мотивације указују на битне елементе образовног процеса на које треба обратити пажњу у процесу моделовања окружења за учење. Адаптивни приступ кроз паметне учионице олакшава примену и имплементацију техника повећања мотивације (Xie, 2018). Према моделу мотивације базираном на теорији самоодређења пожељно је деловати на унутрашњу мотивацију студента како би се постигла већа мотивисаност за учење и рад. ARCS модел кроз своје елементе даје смернице како је могуће позитивно утицати на мотивацију. Примена мултимедијалних садржаја и могућности лаке и брзе дистрибуције информација и садржаја омогућује да се делује на елементе ARCS модела мотивације. На овај начин делује се на перцептуалну стимулацију, процес испитивања, утврђивање значаја и разноврсност сценарија примене знања.

Применом различитих стратегија учења студентима се може указати на значај градива које уче и могу им се понудити веће могућности за постизање предвиђеног циља учења. Могућност прилагођеног приступа појединцу и технолошке могућности које пружају паметна образовна окружења могу додатно повећати мотивацију у учењу.

Повећана мотивација доприноси бољем крајњем исходу учења и бољим резултатима (Harandi, 2015).

2.1.2 Когнитивно оптерећење и умор

Умор се описује као осећање замора и исцрпљености настало као последица физичких или менталних активности које је појединац извршавао у току времена (Lim, Kim, Jeon & Cho, 2018). То је појава која прати свако ангажовање човека. У ком степену ће се јавити зависи од здравственог стања појединца, врсте активности и времена током ког се активност спроводи (Sedighi Maman, Alamdar Yazdi, Cavuoto & Megahed, 2017) (Qi et al., 2019). Физички умор испољава се кроз биохемијске промене у организму услед којих се смањује радна способност. Ментални умор такође има своју физичку манифестацију кроз промене у организму, али се поред смањене физичке радне способности манифестује и кроз смањено или отежано когнитивно ангажовање (McMorris, Barwood, Hale, Dicks & Corbett, 2018).

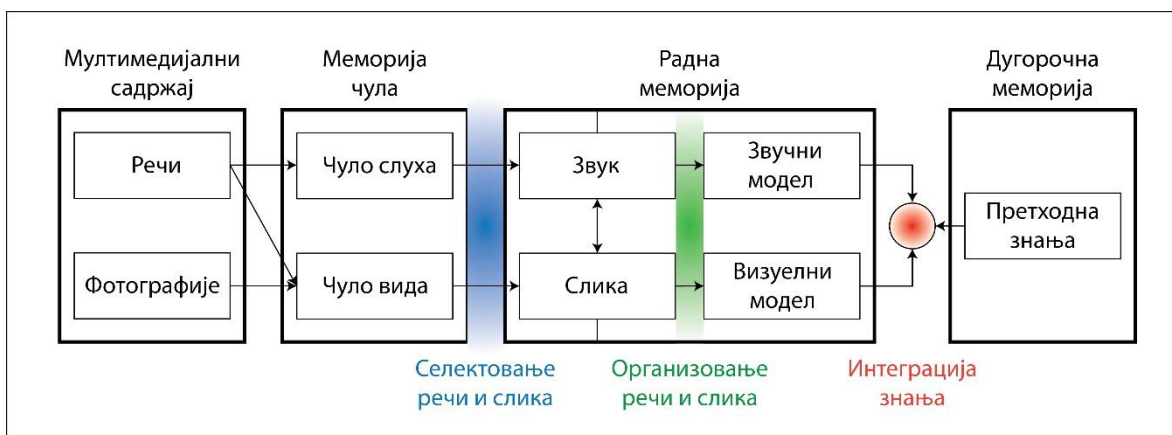
Приликом постизања предвиђених исхода знања потребно је да количина информација која се пружа студентима путем дефинисаних система за учење буде оптимална и у складу с њиховим могућностима да их разумеју. То подразумева да је у образовним окружењима која су технички подржана (попут платформи за електронско учење или паметних учионица) потребно ускладити наставне материјале с могућностима когнитивног оптерећења студената. Услед смањене непосредне комуникације с наставником, потребно је да наставни материјали и окружење помогну изградњу адекватних менталних модела знања.

Прихватање и чување информација у процесу учења зависе од особина краткорочне и дугорочне меморије (Voeckaerts, 2017). Краткорочна (радна) меморија служи за свесну обраду информација. Њен ограничени капацитет не може да испрати захтеве које постављају савремени системи учења. Капацитет радне меморије је пет до девет информација симултано. Насупрот њој, дугорочна меморија има практично неограничен капацитет. У њој се смештају информације које је лако повезивати и

груписати у сложеније структуре или схеме знања (Miller, 1955) (Scharinger, Soutschek, Schubert & Gerjets, 2015).

Да би се знања у процесу учења потпуно прихватила и прешла у дугорочну меморију, Мајер је указао на још неке додатне аспекте у дизајну мултимедијалних садржаја:

- Речи и слике памте се боље када су представљени заједно, као једна информација, него одвојено.
- Речи и слике треба да се појављују једне близу других.
- Речи и слике треба да се појављују истовремено.
- Сувишне и небитне речи и слике треба избацити.
- Анимација и наратива су боља опција него анимација и текст.
- Анимација и наратива не треба да иду заједно уз текст.



Слика 1. Архитектура људске когниције по Мајеру

Дизајн треба да прати индивидуалне разлике међу студентима којима су мултимедијални материјали намењени. Додатно, Мајер је указао на појаву расипања

пажње, која се дешава када студенти прате више од једног извора информација или врше више од једне активности истовремено (Mayer, 2002, 2009, 2014) (Rey & Fischer, 2012) (Eitel, 2016) (Chiu & Mok, 2017).

Теорија когнитивног оптерећења (*cognitive load theory*) препознаје три категорије информација које студент обрађује у току учења. Чине их: сложени, ирелевантни и ефективни подаци (Sweller, 1988) (Chandler & Sweller, 1991) (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998) (Chen, Woolcott & Sweller, 2017).

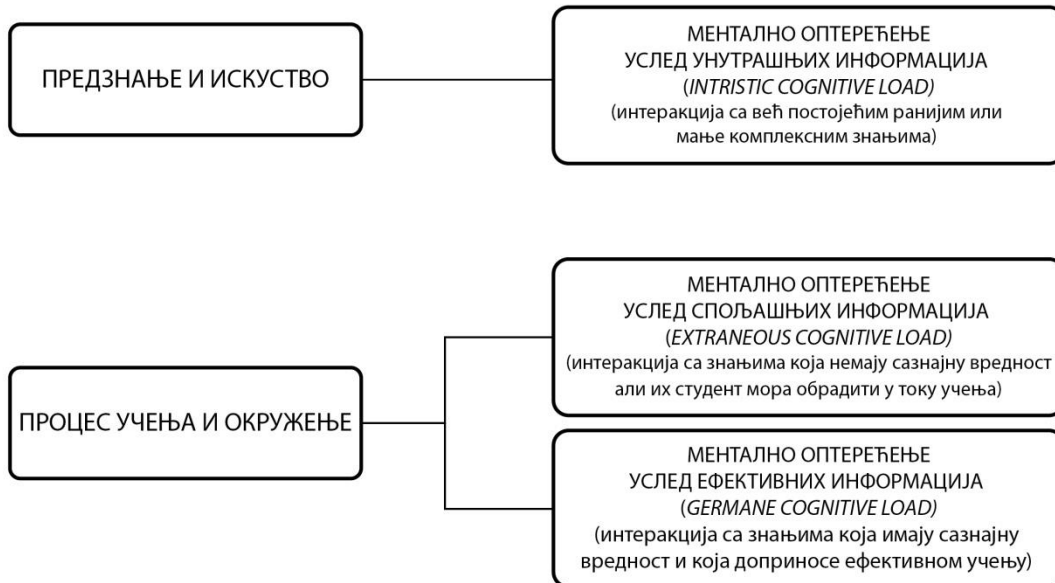
Сложене информације граде се на основу претходних сазнања, која појединац већ поседује. Како би кроз менталне процесе изградио нова знања, потребно је повезати претходно, мање комплексно знање са новим подацима. Подаци који се користе да се изграде сложене информације на основу постојећих називају се унутрашњим подацима (*intrinsic cognitive load*). Ментални процеси који користе унутрашње податке описују се као унутрашње оптерећење. Учење страног језика представља пример употребе унутрашњих података за израду сложених информација. Да би појединац могао да говори на страном језику, мора прво да научи речи и граматичка правила па тек потом групише речи у реченице према граматичким правилима која је научио.

Другу групу информација представљају ирелевантни подаци (*extraneous cognitive load*). Такве информације настају као резултат специфичних околности у току учења, у којима се пажња појединца с битних информација преусмерава на мање битне, или услед недостатака у дизајну система за учење. С њима се појединац током учења среће у одређеним тренуцима и мора их прихватити и обрадити, али оне немају високу сазнајну вредност. Стога узрокују ментално оптерећење; на тај начин пажња студента се расипа, а ефикасност сазнајног процеса умањује. Случај када се информације које треба усвојити налазе на две различите стране у књизи, при чему студент пажњу са повезивања садржаја са различитих страна преусмерава на окретање страница, један је од примера ирелевантних података.

Ефективне информације (*germane cognitive load*) представљају когнитивна оптерећења којима се информације лако уклапају у постојеће когнитивне схеме и сазнања. Битне су за ефикасан и лак процес учења (Hollender, Hofmann, Deneke & Schmitz, 2010) (Kirschner, Ayres & Chandler, 2011).

Укупно когнитивно оптерећење представља збир менталних ангажовања којима се обрађују унутрашњи, ирелевантни и ефикасни подаци. Предзнање и искуство утичу на унутрашње когнитивно оптерећење, док процес учења и окружење утичу на ирелевантна и ефикасна оптерећења. Када је унутрашње оптерећење ниско, односно градиво које треба да се научи лако а ментални ресурси неадекватни, учење је могуће али ће когнитивно оптерећење бити велико. Када се очекује велико унутрашње ментално оптерећење, услед тешког градива које треба научити а учи се у окружењу где има пуно ирелевантних података, тада ће количина менталног оптерећења вероватно надмашити менталне ресурсе и учење неће бити успешно. Овакву ситуацију може да побољша увећање ефикасних информација (Jalani & Sern, 2015).

Информације које појединац добија нису увек ограничене на једну врсту података и менталних оптерећења. Когнитивне могућности појединца одређују у ком степену ће информације које добије узроковати различите врсте когнитивних оптерећења. У случају да је количина ирелевантних података велика, може доћи до губитка ефикасних информација у процесу учења (Wouters, Paas & Van Merriënboer, 2008). Смањивањем ирелевантних података у процесу учења ослобађају се капацитети радне меморије, који се потом могу искористити за ефикасне информације. Ова појава видљива је само у окружењу врло изражених сложених података. Ако сложених података нема у великој мери, тада учење може бити успешно и ако су изражени ирелевантни подаци. Битно је да укупна количина когнитивног оптерећења буде у обиму когнитивних капацитета студента (Van Merriënboer & Sweller, 2005). Давање јасних инструкција у току учења повећава ментално ангажовање студената и развија адекватне стратегије учења (Hawlicsek and Joeckel, 2017).



Слика 2. Ментална оптерећења према Мајеровој теорији когнитивног оптерећења

(извор: Jalani & Sern, 2015)

2.1.2.1 Ментални модели знања

Учење које се реализује преко система за електронско учење (*ILS - interactive learning system*) захтева специфично ментално ангажовање студента. То ангажовање је другачије у односу на ситуацију када студент учи из штампаних медија. Како би у е-окужењу студенти успешно обавили процес учења, они морају да интегришу три врсте когнитивних оптерећења у једну целину, на основу које ће добити пуну менталну слику информација које треба да обраде и усвоје. Та когнитивна оптерећења односе се на садржај информација, структуру е-садржаја и ангажовање као одговор на примљене информације (Miller, 1955) (Van Merriënboer & Ayres, 2005). На основу добијених информација студент гради одговарајући ментални модел знања.

Ментални модел је онај који настаје у свести појединца у процесу учења и интеракције с окружењем (Norman, 1981). Ментални модели дефинишу се и као претпоставке, генерализације знања и слике које се налазе дубоко урезане у мислима појединца, које имају утицаја на начин на који разумемо окружење и акције у спољашњем свету (Aşcı, Tan & Altıntaş, 2016). Ментални модел представља структуру и међусобне везе података унутар система везаног за свест појединца. На основу њега се формирају очекивани исходи одређених акција те одређује смер у ком појединац планира и спроводи своје активности, тумачи одређене акције и податке. Дobar ментални модел показује функционалну или просторну сличност са системом или сликом система која се представља студенту. Лош ментални модел је онај коме недостају кључне компоненте или особине система (Yaakobi, 2017).

Ментални модели граде се у неколико фаза. Прва фаза представља разумевање проблема, чиме студент идентификује променљиве величине које граде проблем. Следећа представља повезивање променљивих величина у модел којим би се дошло до решења проблема. Модел се прилагођава проблемима, тежећи да их поједностави. Последња фаза је повезивање модела у јединствену целину. Ако је модел добро постављен, служиће као основ за развој сложенијих модела и решавање комплекснијих проблема (Aşcı, Tan & Altıntaş, 2016).

Ментални модели мењају се у току интеракције појединца са системом. Граде се постепено, како студент овладава системом знања и вештина. Ментални модели нису универзални; мењају се од појединца до појединца, у зависности од његових потреба и онога што се очекује од система. Мотивисаност појединца да изгради модел такође има утицај на формирање менталних модела. Када је појединац мотивисан спољним фактором, ментални модел служи као средство за остваривање комуникације између система и појединца. Ако је извор мотивације унутрашње природе (потиче од жеље самог студента да овлада знањима и вештинама), ментални модел није само средство комуникације него даје и смернице у процесу учења. Недовољно развијен или погрешно постављен ментални модел може довести до грешака у учењу и раду. Такви пропусти су чести у ситуацијама када је мотивација за учење спољашња. У таквим

случајевима потребно је евалуирати формирану менталну модел и, ако је потребно, кориговати га (Waren, 1990).

Ворен (Waren, 1990) наводи два приступа на основу којих се конструишу ментални модели. Први је приступ *навише*, по ком појединац постепено усваја део по део информација које му се пружају и према којима се постепено гради ментални модел који је све конзистентнији и комплетнији. Према другом приступу студент користи постојећа знања и модификује их у складу с новим информацијама у нове менталне моделе. Ово је такозвани приступ *наниже*. Који ће се приступ користити зависи од претходних знања појединца. Студенти који су почетници у одређеној области најчешће користе принцип *навише*, док искусни студенти најчешће користе модел *наниже*. Такође, студенти често граде менталне моделе на основу сличних искустава. Истражујући менталне моделе, Моран и Норман дошли су до закључка да је корисницима лакше да асимилију модел који им се пружа него да им се остави да сами изграде модел на основу података који су им доступни (Moran, 1981; Norman, 1981). Наведене смернице треба искористити у пројектовању наставних материјала.

Технолошки подржана наставна окружења (попут паметних учионица и електронских платформи за учење) треба да допринесу смањењу ирелевантних података у процесу учења и изградњи одговарајућих менталних модела знања. Применом одговарајућих мултимедијалних материјала и стратегија учења може се деловати на когнитивно оптерећење студента у току учења и изградњу адекватних менталних модела учења (Mayer, 2017) (Chen, 2019).

2.1.2.2 Смањење когнитивних могућности услед умора

Капацитет радне меморије одређује количину менталне активности, односно когнитивног оптерећења којем појединац може бити изложен (Cooper, 1990). На смањење когнитивних функција утиче умор, који се јавља као природна појава и неизбежан је у сваком процесу рада па и учења (Nota, 2011).

Умор у знатној мери утиче на продуктивност у раду и учењу, настанак грешака и ефикасност. То је психофизичко стање настало као последица дужег и напорног рада. Може бити физички и психички односно ментални. Физички умор описује се као смањена могућност извршавања физичких активности услед претходно обављених физичких активности (Sedighi Maman, Alamdar Yazdi, Cavuoto & Megahed, 2017). Манифестује се кроз смањен квалитет и квантитет радне делатности, лошију координацију покрета, појаву некоординисаних покрета и др. Психички умор везује се за субјективни осећај нерасположења, замора, бола, исцрпљености, раздражљивости и безвољности за рад (Abd-Elfattah, Abdelazeim & Elshennawy, 2015) (McMorris, Barwood, Hale, Dicks & Corbett, 2018). Ментални умор описује се као психо-биолошко стање узроковано дугим временом захтевне когнитивне активности (Marcora, Staiano & Manning, 2009).

Утврђено је да особе које су уморне имају проблем да се концентришу и фокусирају на задатке (Boksem, Meijman & Lorist, 2005) (Qi et al., 2019). Да би се извршили радни задаци у стању умора, потребно је додатно мотивисати особу или појачати контролу и ангажовање особе у оквиру радног процеса (Müller & Apps, 2019). Посматрајући процес учења, студента у стању умора потребно је додатно мотивисати на учење и понудити му стратегију учења којом ће бити примењена већа контрола над процесом учења од стране наставника или платформе за учење.

2.1.3 Стилкови учења

Начин на који студент учи описује његов стил учења (Kozhevnikov, 2007). То може бити кроз искуство које стиче посматрањем, стварањем апстрактних концепата или експериментисањем. Учење прилагођено стилу учења доприноси бољим резултатима учења (Sternberg, Grigorenko & Zhang, 2008) (An & Carr, 2017) (Masruddin, 2018). Стил учења описује како студент долази до сазнања, како комуницира с околином у којој учи и како реагује на одређене стимулације (Bernard, Chang, Popescu & Graf, 2017). Уз стил учења дефинишу се и стратегије учења. Стил учења дефинише

приступ учењу, док стратегија описује понашање и акције које студент предузима у процесу учења а које проистичу из стила учења.

Стил учења описује се с четири аспекта. Први представља стратегију процеса која подразумева развој мисаоних активности којима студенти постижу одређене резултате у учењу. Други аспект је стратегија управљања, која обухвата активности планирања и контроле стратегије процеса. Последња два аспекта, развој менталних модела учења и оријентисаност ка учењу, представљају очекивања студента у односу на учење (Busato, Prins, Elshout & Hamaker, 1998) (Pratama & Pinayani, 2019).

Категоризација стилова учења доводи се у везу с теоријама учења. Теорије у категорији бихејвиоризма студенте описују као пасивне елементе система за учење који само одговарају на инструкције наставника. Ове теорије учења стављају активности наставника у центар пажње а стил учења који студент гради представља одговор на активности наставника. Когнитивизам као теорија учења истиче важност активног учења и ангажовања студента у процесу учења. Хуманизам проширује когнитивистичке теорије учења; студента ставља у центар пажње док је окружење за учење задужено да код њега развије друштвене вештине и критичко размишљање. Конструктивизам подржава самостално учење док окружење само пружа средства помоћу којих ће студент доћи до сазнања.

Из наведених теорија учења могу се издвојити три групе критеријума на основу којих се гради модел стила учења:

- Стил учења с аспекта активности студента у процесу учења. Количина енергије, ангажовања коју студент улаже у учење и његов однос према знању које стиче дефинишу један од критеријума. Примера ради, код Фелдер–Силверман ILS модела (*Felder-Silverman Index of Learning Styles*) такав стил учења описује се кроз категорију активних и рефлексивних особина стила учења. Активни студенти су они који учествују у активностима везаним за учење и показују иницијативу да овладају знањима и вештинама.

- Критеријум који се исказује кроз појединачни рад. Овај критеријум изражен је кроз стил учења интровертних личности, које преферирају самостални рад. Код таквог стила учења студенти сами одређују темпо учења, уз постојање високог нивоа дисциплине и одговорности у извршавању радних задатака.
- Стил учења који се исказује кроз сарадњу с другим учесницима система. Овакве категорије изражене су код екстрвертних особа. Студенти који преферирају стил учења кроз сарадњу воле тимски рад и размену идеја (Balakrishnan & Gan, 2015).

Стил учења није статичка категорија; он је променљив и зависи од различитих фактора у датом тренутку (Švarcová & Jelínková, 2016). Ти фактори могу бити унутрашњи (тренутно расположење, мотивација, умор студента) и спољашњи (наставна област која се изучава, услови и окружење у ком се учи, дефинисани временски интервал у ком треба извршити задатак и др.) (Joy & Kolb, 2009). Дефинисањем адекватног стила учења могуће је образовни процес прилагодити сваком студенту са когнитивног, афективног, физиолошког и психолошког аспекта. Под когнитивним аспектом подразумева се да је информације у процесу учења потребно ускладити с начином на који их студент прихвата и обрађује. Афективни аспект огледа се кроз карактеристике личности студента, попут степена интересовања, емотивности, мотивације, савесности. Физиолошки аспект односи се на деловање информацијама на она чула студента којима он те информације најбоље прихвата (аудитивно, визуелно или манипулативно). Психолошки аспект везан је за психичку јачину и стабилност студента (Alavi & Toozandehjani, 2017) (Ora, Sahatcija & Ferhataj, 2018).

Истраживања указују на потребу прилагођавања начина предавања наставника стилу учења студената, будући да у наставном процесу постоји тенденција да наставник свој стил учења намеће студентима. Такође се долази до закључка да се стил учења често не поклапа са стилем презентовања података (Othman, 2010).

У литератури се сагледава и однос стила учења и материјала који се користе у настави (Othman & Amiruddin, 2010). Успех у учењу стоји у вези с материјалима који су део процеса учења. Наставни материјали треба да буду прилагођени стилу учења студента, као и његовом предзнању из области коју изучава. Поред тога, у стил учења треба уклопити когнитивне способности студента и одговарајуће методе позитивног утицаја на његову мотивацију.

Окружење паметних учионица пружа неопходну инфраструктуру за успешну реализацију адаптације образовног процеса према претходно наведеним критеријумима. Тако је могуће деловати на спољашње и друге факторе појединца ради успешног прилагођавања процеса учења стилу учења студента.

Стил учења делује на студенте и с аспекта припадности групи. Студенти који раде у групи која примењује исти стил учења лакше прихватају процес учења према примењеном стилу. Пол студента не утиче на успешност примене одређеног стила учења. Ипак, студенти мушког пола показују тенденцију ка бољем сналажењу у технолошки богатим окружењима за учење у односу на студенте женског пола. С друге стране, студенткиње су успешније у примени различитих стилова учења на курсевима који захтевају креативно размишљање (Demirbas & Demirkan, 2007).

2.1.3.1 ILS (*Index of Learning Style*) Фелдер-Силверман модел стила учења

Према Фелдер–Силверман ILS (*Index of Learning Style*) моделу, стил учења студента дефинише се кроз четири домена, од којих сваки има две категорије (Слика 3).

- Домен обраде информација с категоријама активних и рефлексних студената.
- Домен перцепције информација с категоријама осећајних и интуитивних студената.
- Домен пријема информација с категоријама визуелних и вербалних студената.

- Домен разумевања информација с категоријама студената с глобалним погледима на проблеме и са секвенцијалистима.

У домен процесирања информација спадају две категорије студената. Једну чине студенти који најбоље уче кроз давање практичних примера где се примењује знање које треба да усвоје (такозвани рефлексивни студенти). У другу категорију спадају активни студенти, који захтевају ангажовање којим ће савладати градиво. Рефлексивни студенти сакупљају и анализирају знања пре него што предузму одређене акције. Они су склонији сагледавању рада осталих учесника у процесу учења него покретању на саму активност.

У оквиру домена перцепције дефинишу се студенти који се описују као сензитивни, односно интуитивни. Сензитивни студенти су стрпљиви, лако меморишу чињенице и добро се сналазе у лабораторијском окружењу; воле да решавају проблеме користећи унапред дефинисане методе, не воле компликована поређења и непредвидиве ситуације. Интуитивни студенти боље прихватају нове концепте и имају развијенији смисао за апстрактно размишљање; воле иновације, не воле садржаје и акције које треба понављати. Сензитивни студенти су практичнији и опрезнији од интуитивних, али су интуитивни иновативнији и бржи у раду. Разлика у приступу лекцијама огледа се кроз додатне материјале, који су сензитивним студентима били надохват руке док су интуитивним садржаји лекција били обогаћени формулама и блок-дијаграмима.

Домен пријема информација описује визуелне и вербалне студенте. Визуелни памте градиво преко фотографија, дијаграма, мапа и демонстрирање садржаја које треба да науче, док вербални типови памте кроз написани текст и изговорену реч.

Домен разумевања описује секвенцијалисте и глобалисте. Секвенцијалисти су студенти који прате курс део по део на линеаран начин, док глобалисти често прескачу делове лекција и прелазе директно на материјале које сматрају комплексним, без дужег задржавања на једноставнијим садржајима (Fleder & Spurlin, 2005) (Klašnja Milićević, Vesin, Ivanović & Budimac, 2011) (Fasihuddin, Skinner & Athauda, 2014).

Активни стил	↔	Рефлексивни стил
Студенти из ове групе захтевају ангажовање којим ће савладати градиво.		Студенти из ове групе сакупљају знања и анализирају их пре него што предузму одређене акције.
Сензитивни стил	↔	Интуитивни стил
Студенти из ове групе решавају проблеме користећи унапред дефинисане методе и не воле компликована поређења.		Студенти из ове групе боље прихватају нове концепте и имају развијенији смисао за апстрактно размишљање. Они воле иновације.
Визуелни стил	↔	Вербални стил
Студенти из ове групе памте градиво кроз фотографије, дијаграме, мапе и демонстрирање садржаја које треба да науче.		Студенти из ове групе памте кроз написани текст и изговорену реч.
Секвенцијални стил	↔	Глобални стил
Студенти из ове групе прате курс део по део на линеаран начин.		Студенти из ове групе често прескачу делове лекција и одлазе директно на материјале које сматрају комплексним.

Слика 3. Домени и категорије према ILS моделу учења

Стил учења студента одређује се попуњавањем упитника, који се потом описује на основу сваког од домена модела. Фелдер–Силверман модел један је од највише коришћених у пракси за одређивање стила учења (Mihailović, Despotović Zrakić, Bogdanović, Barać & Vujin, 2012) (Mustapha, 2017).

2.1.3.2 VARK модел стила учења

VARK модел стила учења сврстава студенте у четири групе, које се базирају на чулима преко којих студенти доминантно прихватају информације у процесу учења:

- *V (Visual)*. Ову групу чине студенти који информације примају чулом вида. Ти су студенти у учењу склони коришћењу графикона, табела, нацртаних

стрелица, слика, описа термина и појава. Воле да посматрају демонстрације и уче кроз опис. Користе листе да организују своје идеје и знања и лако их је у процесу размишљања пореметити спољашњим утицајима (буком, изненадним покретима и сл.). Студенти који поседују визуелну интелигенцију имају развијену машту и креативност у размишљању.

- А (*Aural*). Студенти из ове групе најбоље уче кроз различите форме дискусија и слушање других. На тај начин у пријему информација максимално ангажују чуло слуха. Код ових студента предавања наставника су врло битна. Често после предавања дискутују с колегама о градиву које су слушали на предавању како би га додатно разјаснили. Уче наглас. Обично лако уче стране језике, имају добро развијену моћ наравице, често се баве поезијом, имају богат речник и лако памте чињенице. Бука током учења на њих делује ометајуће.
- R (*Reading*). Ову групу чине студенти који информације прикупљају читањем. Карактеристика ових студената је да преферирају писану реч и најбоље примају информације читањем текста. У току учења воле да пишу белешке. Студенти из ове групе често су особе које не воле много да говоре.
- К (*Kinesthetic*). Студенти који податке примају кроз рад. Студенти из ове групе најбоље уче кроз праксу и искуство. Да би усвојили знања и вештине, траже интеракцију с околином кроз додир и покрет. Иако су у настави често пасивни, овакви студенти имају добру координацију покрета (Othman & Amiruddin, 2010) (Rijal & Arifah, 2017) (Tabatabei, 2018).

2.1.4 Стратегије учења

Стратегије учења дефинишу се као секвенце когнитивних операција које студента воде од разумевања питања до давања одговора на постављено питање, односно као технике и процедуре учења које студент спроводи с одговарајућом намером, координисано и у складу с контекстом како би процесуирао информације у циљу постизања смисленог учења. Избор стратегије учења утиче на успех студента у

савладавању градива (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan & Willingham, 2013) (Persky, 2018).

Стратегије учења могу се анализирати као:

- стратегије подршке,
- стратегије процеса и
- стратегије персонализације.

Стратегије подршке повезују се с мотивацијом студента и његовим личним ставом према учењу (рад са наставником). Стратегије процеса односе се на организацију процеса учења, избор градива које се учи и начин обраде података (ишчитавање градива, извлачење и преписивање белешки). Стратегије персонализације градива обухватају креативно и критичко размишљање, као и пренос знања (рад у групи, мнемотехника, израда мапа ума) (Muelas & Navarro, 2015) (Soliman, 2017).

Адекватан избор стратегије учења зависи од врсте градива које студент учи, мотивације студента и начина на који он уређује знања у менталне моделе знања (метакогниција) (Donker, De Boer, Kostons, Dignath van Ewijk & Van der Werf, 2014).

Истраживање Перског (Persky, 2018) доводи у везу избор стратегије учења студената са стресом и замором током семестра и студирања. Ово истраживање указало је на чињеницу да је најчешћа стратегија учења коју су студенти користили у току четворогодишњег школовања читање наставних материјала. Поред ове стратегије учења (која је означена као примарна), у току трајања семестра студенти су самостално почели да уводе додатне (секундарне) стратегије, попут учења у групи, писања белешки, преписивања градива, прављења концептуалних мапа. Оваква промена у стратегији учења објашњена је преко две чињенице. Прва се односи на то да су, што је семестар више одмицао, елементи умора код студената били све израженији. Друга је да су, што се семестар више ближио крају, студенти били у већем стресу да заврше све обавезе и савладају градиво до почетка испита. Аутор овог истраживања навео је да

остаје отворено питање да ли увођење додатне стратегије учења има утицаја на квалитетније савладавање градива или се помоћу додатне стратегије учења жели на ефикаснији и бржи начин постићи циљ, тј. положити испит.

Истраживање Данлоског и групе аутора (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan & Willingham, 2013) односи се на анализу десет стратегија учења према четири групе критеријума: врсти наставних материјала које се користе у оквиру стратегије учења, методологији, карактеристикама студента и начину реализације. Најбоље резултате дале су стратегије које обухватају практично тестирање знања и практичну примену знања у току одређеног периода. Карактеристике студента које су разматране као битне за анализу стратегија учења су године старости, претходно знање, капацитет радне меморије, вербалне способности, интересовања, интелигенција, мотивација, претходна достигнућа и самоефикасност. За постављање модела учења од интереса у овом раду су карактеристике капацитета радне меморије, пошто се она доводи у везу с умором студента.

2.1.4.1 Примери стратегија учења

Стратегије учења попут ишчитавања градива (*re-reading*) захтевају од студента индивидуално ангажовање у организовању знања и савладавању градива. Студент учи темпом који самостално дефинише. Иако не спада у ред стратегија које се препоручују и описују као ефикасне у процесу учења, истраживања показују да је ова стратегија најчешће коришћена у процесу учења (Persky, 2018) (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan & Willingham, 2013). Ишчитавањем градива студент самостално гради менталну слику текста који чита. Изградња менталне слике захтева меморисање података, повезивање новостечених и ранијих знања. Што је градиво представљено у тексту сложеније, то је ментална слика коју треба изградити сложенија. Препоручљиво је да се текст ишчита више пута како би се направила исправна ментална слика градива (Callender & McDaniel, 2009). Ова стратегија захтева велико ментално ангажовање појединца, због чега је треба избегавати када је студент уморан.

Рад у групи представља стратегију учења којом се студенти повезују како би кроз међусобну комуникацију и размену знања и искуства заједнички дошли до закључака и сазнања која се односе на тематску јединицу коју треба да савладају (Coleman, Brown & Rivkin, 1997) (Roscoe & Chi, 2008) (Davis, 2017). Студенти постављају питања осталим студентима у оквиру групе повезана с градивом које им није довољно јасно. Такође дају одговоре на питања за која претпостављају да знају одговоре. Представљање стечених знања другим учесницима у систему добро је и за студенте који преносе знања и за студенте који та знања треба да прихвате (Fiorella & Mayer, 2013). Студенти који преносе знања својим ангажовањем продубљују стечена знања. То се објашњава чињеницом да преношење знања захтева повезивање постојећих знања са новим сазнањима. С друге стране, студенти који примају знања не подижу степен менталног ангажовања већ само усвајају информације (Roscoe & Chi, 2007). Они заједнички организују знања и информације које треба да усвоје. Појединац у групи уклапа се у темпо учења који поставља цела група. Недостатак оваквог приступа је могућност да студенти погрешно разумеју градиво и као такво га усвоје (Van Leeuwen, Janssen, Erkens & Brekelmans, 2015).

Решавање сценарија је стратегија учења у којој се студент води кроз сценарио у ком треба да примени претходно стечена знања и на основу њих извуче нове закључке и сазнања. Ова стратегија ослања се на учење испитивањем. Студент открива концепте и особине које се односе на субјекат учења стављајући субјекат у окружење експеримента или симулираног реалног радног окружења. Ангажовањем студента и његовим постављањем у ситуацију да може да истражи понашање објекта омогућује му се да самостално дође до решења и сазнања којима треба да овлада. Ова стратегија учења захтева од студента да разуме проблем, развије план којим ће га решити, примени план и прегледа резултате свог рада (Hung, Chang & Lin, 2016). Постављање изазовних сценарија студенту повећава мотивацију за рад (D'Mello, Lehman, Pekrun & Graesser, 2013) (Bradfield, Cairns & Wright, 2015), а употреба симулација у процесу учења има позитиван утицај на резултате учења (Despotović Zrakić, Barać, Bogdanović, Jovanić & Radenković, 2012) (Despotović Zrakić, Barać, Bogdanović, Jovanić &

Radenković, 2014). Да би ова стратегија могла бити успешно реализована, потребно је да студент поседује основна знања из области чији сценарио обрађује.

Писање есеја је стратегија учења која се базира на хипермедијалном учењу. Студент прати информације које су међусобно повезане хиперлинковима и на основу њих пише есеј, који треба да садржи одговоре на питања и пратећа објашњења добијена од наставника у формулацији задатка и теме есеја. Како су информације међусобно повезане линковима, овакав вид презентовања информација врло је погодан за саморегулисано учење. Студенти сами одлучују које информације желе да прате а које игноришу. Темпо учења је индивидуалан, при чему студент одређује редослед праћења информација. Студент треба сам да процени важност информација до којих долази, идентификује знања која му недостају, оријентише се ка изналажењу жељених информација и планирању како да их презентује кроз есеј (Eysink, Jong, Berthold, Kolloffel, Opfermann & Wouters, 2009) (Yu Tsao Pan et al., 2016) (Istiara & Lustyantje, 2017).

Рад са наставником представља стратегију учења која се ослања на класичан начин учења, лицем у лице. Улога наставника у овој стратегији је доминантна. Он у директној комуникацији преноси студенту наставно градиво и анализира проблеме које треба савладати. Наставник организује знања и информације које преноси студенту и одређује темпо којим се учи, док је ангажовање студента сведено на минимум. Истраживања (Erdogan & Campbell, 2008) (Hiebert & Wearne, 1993) су показала да ангажовање наставника у индивидуалном раду са студентом утиче позитивно на мотивисаност студента да ради и постигне боље резултате. Наставник стимулише когнитивне активности учења кроз постављање питања студенту и пружање позитивних повратних информација о његовом напретку, подстиче студента на активност и побољшава његову унутрашњу мотивацију, чиме се остварује боље разумевање градива (Deci, Koestner & Ryan, 2000) (Chin, 2006) (Rodríguez-Ardura & Meseguer-Artola, 2019). Кроз комуникацију са студентом а према индивидуалним карактеристикама студента наставник гради и свој став. На основу тог изграђеног става може да коригује комуникацију и интеракцију са студентом, прилагоди питања

упућена студенту као и упутства за учење и извршавање задатака (Furtak & Kunter, 2012).

2.2 Адаптивно учење

Начин на који се учи разликује се од особе до особе. Сваки појединац процесу учења приступа на јединствен начин и користи различите методе, технике прикупљања знања и обраде података. Адаптивно учење дефинише се као динамички процес учења у ком постоји могућност промене начина учења да би учење резултирало успехом (Beldagli & Adiguzel, 2010).

Адаптивни систем за учење је персонализован према циљевима учења, карактеристикама студента и знањима која он поседује. Ако се посматра окружење за учење које је виртуелно (LMS – *learning management system*, системи за учење, виртуелне учионице, видео-игре), потребно је имати у виду додатне факторе који у великој мери утичу на исход савладавања градива. Одсуство F2F (*face-to-face*) комуникације с наставником, мотивација, другачије радно окружење у односу на наставу у учионици само су неки од додатних фактора који доприносе комплексности реализације идеје адаптивног учења. Циљ је максимално прилагодити електронско окружење учења студенту и уклопити га у стил рада и учења који ће помоћи студенту да постигне најбоље резултате. На тај начин развија се идеја система учења прилагођеног студенту, односно адаптивних облика учења (Despotović Zrakić et al., 2012) (Khenissi et al., 2016) (Vesin, Mangaroska & Giannakos, 2018). Адаптивни програми учења дају боље резултате него класични, неадаптивни програми (Yan, 2019) (Ko, 2018).

Адаптивно учење представља метод учења који користи рачунаре као интерактивно наставно средство помоћу којег се процес учења може прилагодити потребама студента. Систем је такав да на основу одговора на одређена питања или

решења задатака самостално врши промене и прилагођава се студенту (Honey, 1986) (Fasihuddin, Skinner & Athauda, 2016).

Разликује се неколико категорија адаптивности:

- Адаптација интерактивности, категорија која се односи на начине на који студенти користе систем за учење.
- Адаптација наставних материјала који се презентују студенту.
- Адаптација начина претраге знања и података од интереса.
- Адаптација комуникације учесника у систему (Росе, 2009).

Паметна образовна окружења погодна су за имплементацију адаптивних облика учења. Адаптивни приступ реализује се кроз прилагођавање појединих елемената образовног процеса с унапред дефинисаним критеријумима. Критеријуми који се постављају произлазе из индивидуалних особина студента, степена мотивације, замора студента, одлика радног окружења и врсте наставних материјала који се користе у учењу (Brusilovsky & Peylo, 2003). Окружење за адаптивно учење треба да буде пројектовано тако да препозна информације од интереса те применом одговарајућих критеријума прилагоди процес учења потребама студента (Brahim, Jemaа, Jemni & Laabidi, 2013). Најчешће коришћени критеријуми у истраживању образовних окружења за адаптивно учење су: степен мотивисаности студента, психолошке црте личности, интересовања, физичко стање, ментални умор студента у датом тренутку и стил који студент користи у процесу учења.

Промене које систем уводи како би се образовни процес прилагодио студенту могу бити статичког и динамичког типа. Статичке промене су временски непроменљиве и дефинишу се на почетку образовног процеса. Динамичке промене мењају образовни процес у току времена и константно га прилагођавају студенту. Паметна образовна окружења конвергирају ка системима динамичког типа, где се тежи променама у реалном времену (Chen, Li, Liu & Ying, 2017) (Psootka, 2017) (Dron, 2018).

2.2.1 Адаптивно учење у е-окружењу

Истраживања која су се бавила особинама адаптивних облика учења већ су дала одређене закључке. Тако Хамада (Hamada, 2012) указује на то да стил учења појединца умногоме одређује његова очекивања у односу на систем. Та очекивања најчешће се односе на једноставност и лакоћу коришћења интерфејса, могућност интеграције научених знања, могућност комуникације и рада с другим члановима система, као и могућност подешавања специфичних личних захтева у систему. Додатни фактори узети као релевантни у процесу персонализације система према потребама студента јесу његове карактеристике које подразумевају социјалну и емоционалну димензију: расположење, друштвена свесност, вештине потребне за рад и доношење одлука у групи (Nuzulla Mamat, 2013).

Марковић и Јовановић (Suzana Marković, 2012) у свом истраживању указују на елементе е-учења који знатно утичу на начин реализације адаптивног учења. Истакнут је значај квалитета наставних материјала, времена интеракције студента са системом, као и алати за приказ садржаја. Персонализација односно адаптација система за учење потребама студента може се сагледати кроз три процеса. Први обухвата дизајнирање система у складу с постојећим потребама студента, други представља процес испитивања промене његових потреба, а последњи сталну потрагу за начинима на које се може изаћи у сусрет потребама студента (Mamat & Yusof, 2013).

Још једна идеја везана је за адаптивно учење, а ослања се на алгоритме вештачке интелигенције којима се систем за е-учење прилагођава потребама и особинама студента на основу података које је он користио током употребе система. Ти системи покушавају да увиде правило или шаблон по којем се користе и на основу тога врше прилагођавање. Употреба наведених алгоритама вештачке интелигенције повећава осећај задовољства при њиховом коришћењу (Kim, Lee & Ryu, 2013).

Истраживања Ридинга и Рајнера (Riding & Rayner, 1998) моделовала су потребе студента у категорије личних особина (које одређују став студента према учењу) кроз тренутно стање нивоа знања које студент поседује и његове когнитивне особине (које описују начин на који студент прихвата и обрађује знања). Истраживања Ханија и Мамфорда (Honey & Mumford, 1992) указују на то да особине личности имају утицаја на начин на који студент најрадије учи. Стил учења доводи се у везу са ставом који студент има према учењу; одређује његово понашање везано за учење, идентификује циљеве учења, интересовања и ниво знања који студент жели да стекне.

Брусиловски и Вебер (Weber & Brusilovsky, 2001) предлажу седам атрибута којима се студент може моделовати у адаптивним системима за е-учење. За опис студента користе се: претходно образовање, знања и вештине које студент поседује, циљеви које себи поставља, претходна искуства у образовању, особине, интересовања и стил интеракције студента.

Даљи развој ове области обележавају истраживања Гилберта и Хана (Gilbert & Han, 1999) те групе аутора предвођених Папаниколауом (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis & Magoulas, 2002), која дефинишу карактеристике личности студента као параметре на основу којих би систем требало прилагодити студенту.

Наведена и слична истраживања имала су за циљ да сазнања о стилу учења појединца имплементирају у апликације да би се створила могућност адаптирања на наведене особине. Тако је направљена веза између стила учења и инструкционог дизајна апликација. Окружење паметних учионица омогућује једноставну имплементацију предложених решења.

2.2.2 Адаптивни приступ учењу

Индивидуални приступ учењу представља ефикасан метод учења. Реализује се кроз прилагођавање садржаја који се представља студенту, начин преношења знања, прилагођавање стила учења и окружења. Утврђено је да индивидуалне разлике попут

пола, претходног знања, когнитивног стила и стила учења утичу на факторе учења као што су понашање, мотивација и успех у учењу.

Системи за учење примењују два адаптивна приступа учењу. Један се описује као адаптивност односно програмска или системска контрола (*adaptivity*) SALS (*System controlled adaptive learning system*), а други као адаптивност или контрола студената односно корисничка контрола (*adaptability*) UALS (*User controlled adaptive learning system*).

Адаптивност указује на систем као центар образовног процеса, у ком се контролише прилагођавање учења студенту. Систем детектује студента, формира његов модел у систему и на основу одређених параметара модела врши адаптацију процеса учења. За исправан рад образовних система који се ослањају на овакав вид адаптације процеса учења потребне су технике и вештине израде система које се ослањају на елементе вештачке интелигенције. Адаптивни системи за учење показали су се ефикаснијим него класични системи, у којима нису примењени критеријуми адаптације. Недостатак адаптивног приступа учењу је тај што је изградња адекватног модела комплексна и захтева много времена.

Адаптивни модели адаптивног учења студенту пружају већу могућност контроле над процесом адаптације образовног процеса. Систем код ових модела има улогу да обезбеди одговарајуће окружење у ком се може спровести адаптација. Студент има контролу над параметрима адаптације и на тај начин постаје одговоран за свој процес учења.

Показано је да студенти воле да поседују контролу над сопственим процесом учења али често праве неодговарајуће изборе (Kostons, Van Gog & Paas, 2012) (Essa, 2016). Та тенденција посебно се примећује код студената који се први пут сусрећу с адаптивним начином учења и оних чије су способности организовања свог знања неразвијене. Да би студент који користи адаптивни приступ образовном систему имао позитивне ефекте у процесу учења, потребно је да на ефикасан начин уме да користи елементе адаптације који му стоје на располагању. Развијене способности

метакогниције (уређивања података у знања), као и развијена краткорочна меморија доприносе добром и ефективном коришћењу могућности које нуди адаптивно образовање. Раскорак између жеља и могућности у организовању знања, као и превелика самоувереност главни су разлози који доводе до неадекватне употребе адаптивних могућности система. Последица лоше искоришћености опција које нуди систем је лоше савладано/научено градиво. Студенти прецењују своје когнитивне могућности, избегавају да користе помоћ која се нуди кроз систем и зато се дешава да не разумеју градиво у довољној мери. У таквим случајевима адаптивно учење је боље решење него адаптибилно.

Поједине студије примениле су у истраживањима хибридни модел адаптације образовног процеса; користили су елементе и адаптивности и адаптибилности. У таквим моделима систем је регулисао процес адаптације а студенти су имали ограничену могућност да утичу на контролу адаптације коју поставља систем.

2.2.3 Моделовање адаптивног учења

Направити систем који се детаљно персонализује према студенту сложен је задатак. Студент кроз комуникацију са системом формира ментални модел система. Исправно изграђен ментални модел система олакшава студенту да користи систем, да комуницира са системом и усваја знања користећи систем.

NALS (*Negotiation-based adaptive learning system*) представља систем комбинованог – адаптивног и адаптибилног – приступа адаптацији образовног процеса. Сценарио учења састоји се из неколико секвенци. Свака секвенца учења има основне лекције и придружене лекције. У основној лекцији представљају се знања и вештине које студент треба да савлада, а потом се исто градиво прелази кроз придружене лекције. Градиво у придруженој лекцији нуди се у три различите форме. Пошто студент обради ово градиво, пружа му се могућност да поново пређе исто градиво кроз основну лекцију, кроз придружену лекцију или да настави учење преласком на наредну лекцију. По завршетку учења студент ради тест. Пре израде

теста систем тражи од студента да самостално процени своје знање кроз претпоставку максималног, очекиваног и најмањег броја поена који ће остварити на тесту. Када студент заврши с израдом теста, резултати се објављују и добијени подаци користе за формирање модела студента, који приказује његову ефективност. Систем и студент преговарају кроз предлоге о начину реализовања наредне секвенце учења. Неслагање студента с предлозима које му даје систем решава се путем механизма решавања конфликта. Пошто научи лекцију, студент предлаже ниво ангажованости за даљи ток учења. Систем даје свој предлог на основу модела студента који је формирао. У случају неслагања студента и система у вези с предложеним начином учења систем нуди студенту нови покушај да евалуира своје знање и даје нови предлог даљег учења. На тај начин систем очекује да постигне договор са студентом о даљем току учења. Резултати истраживања показали су да студент кроз коришћење система временом боље и прецизније врши процену сопственог рада па је на тај начин процес преговарања са системом успешнији (Chou et al, 2015).

Окружење паметних учионица пружа широке могућности адаптације наставног процеса. Развој интернета понудио је корисницима велики број апликација које се могу искористити у процесу адаптације процеса учења и персонализације учења. У таквом окружењу студенти прихватају знања ефикасније и ефективније (Adragna, 2019). Истраживачка питања која отвара овај развој односе се на избор и имплементацију карактеристика које треба узети у обзир у процесу.

Треба анализирати три групе карактеристика:

- личне карактеристике,
- предзнање студента,
- когнитивне карактеристике.

Кроз личне карактеристике описује се став студента према учењу и његово предзнање, односно ниво знања с којим студент започиње процес учења. Когнитивне карактеристике представљене су могућностима студента да обрађује податке. Истраживања когнитивних карактеристика заснивају се на ставу да је утицај личних карактеристика студента на исход учења минималан. Каснија истраживања

показују да став који студент гради према учењу може бити знатно измењен ако се систем за е-учење прилагоди стилу учења који се формира на основу личних карактеристика студента. Брусиловски је (Brusilovsky & Peulo, 2003) за опис студента у моделу адаптивног учења предложио седам атрибута: порекло студента, његово знање, интересовања, циљеве, стил интеракције, претходно искуство у учењу и приоритете (Kim, Lee & Ryu, 2013).

2.2.4 Персонализација система за електронско учење

Проблем персонализације система за учење на даљину постао је врло важна тема научних истраживања последњих неколико година. Употреба интернета у процесу учења довела је до олакшаног приступа великим количинама знања. Како би та знања била на одговарајући начин прихваћена и усвојена, потребно их је презентовати на различите начине. Једино тако може се изаћи у сусрет великом броју различитих корисника. То је довело до развоја стратегија персонализације и адаптације наставних садржаја према критеријумима који су изникли из захтева корисника.

Персонализација е-учења ослања се на индивидуалне разлике студената, према којима се потом адаптира градиво и сценарио за учење. Појединачне карактеристике студента моделују се у профил студента. Профил студента обухвата низ параметара који осликавају особине студента а од интереса су за учење. У зависности од вредности параметара систем за учење нуди одговарајуће опције за учење. Приликом постављања модела адаптивног учења кључно је изабрати оне особине студента које ће на ефикасан начин осликати начин на који он учи. Притом треба направити систем који неће бити компликован, који ће моћи да ради у реалном времену и који ће оптимално пружити сервис како студентима тако и наставницима (Demir & Akpinar, 2018) (Adragna, 2019). Стратегије персонализације дефинишу особине студента (параметре персонализације) које се сматрају битним за дефинисање критеријума према којима ће се вршити адаптација процеса учења.

Параметар персонализације представља особину појединца која одређује критеријум према коме ће бити извршена промена поступка учења или приступа наставним материјалима с циљем прихватања и обраде знања на што оптималнији начин. Параметар персонализације може бити претходно знање студента, степен мотивације или стил учења. Различити параметри одређују различите сценарије персонализације. Комбинација параметара персонализације који се спајају у одређени сценарио персонализованог учења дефинише стратегију персонализације.

Избор параметара персонализације треба да буде такав да се уклопи у стратегију персонализације. Поједине стратегије персонализације захтевају прављење нових наставних објеката или драстично унапређење постојећих. Такве стратегије захтевају од наставника велико иницијално ангажовање. Наставне материјале треба направити тако да подрже стратегију персонализације и задовоље све профиле студената који прате курс. Препоручљиво је да се изврши анализа стратегије на основу метаподатака којима се описују наставни објекти (Adragna, 2019).

Параметри персонализације су стил учења студента, ниво предзнања, мотивисаност студента да учи, замор и други. Често се параметри персонализације дају у форми комплементарних особина. Тако се у случају Фелдер–Силверман модела стила учења у оквиру сваког домена стила учења дефинишу две комплементарне категорије (на пример, домен пријема информација с категоријама визуелних и вербалних студената). Када се на основу параметара персонализације гради стратегија, потребно је дефинисати сценарија за све могуће исходе који се могу добити на основу тих параметара.

2.2.4.1 Критеријуми за дефинисање параметара персонализације у системима за е-учење

На основу дефинисаних сценарија за адаптацију процеса учења треба израдити одговарајуће наставне материјале. У зависности од броја параметара персонализације број стратегија који произлазе из тих параметара може бити врло

велики. И количина наставних материјала које треба направити у оквиру курса може бити врло велика. Да би се оптимизовао процес персонализације, потребно је дефинисати параметре персонализације према два критеријума. Први критеријум односи се на број параметара персонализације, а други на могућност израде наставних материјала према одговарајућим сценаријима који произлазе из параметара персонализације (Moham, 2019).

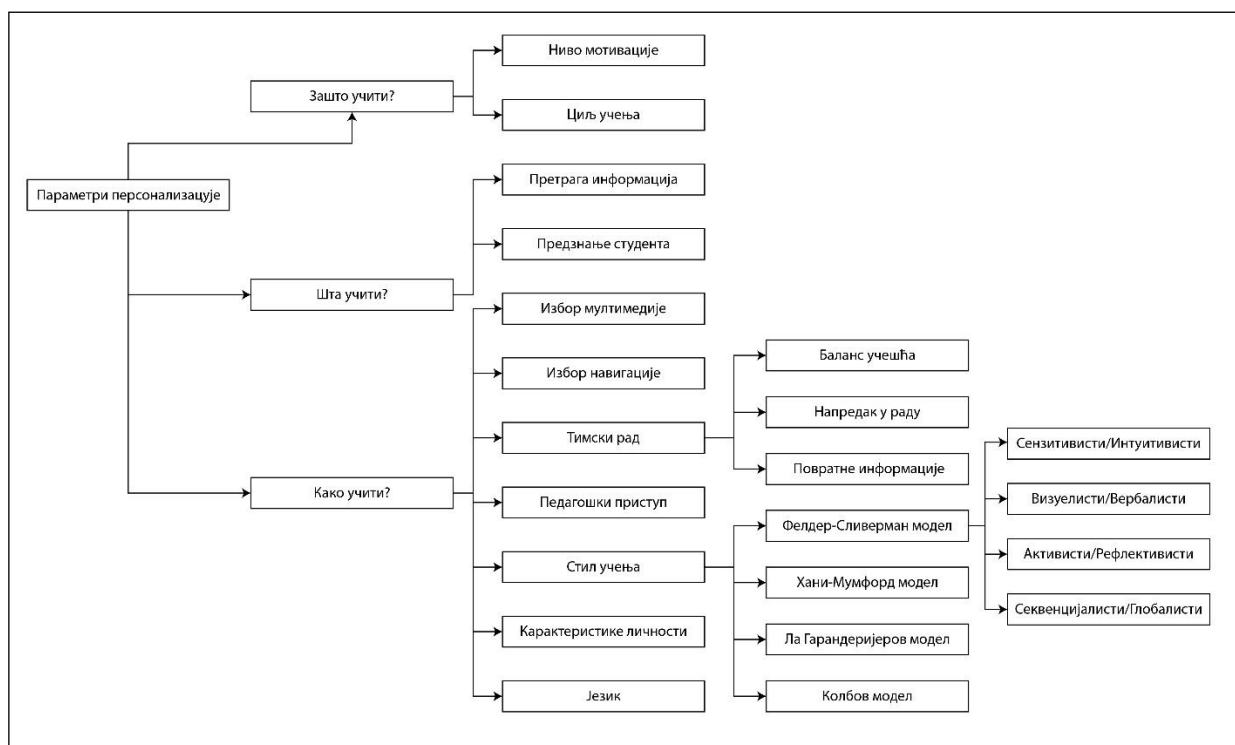
У истраживању Есалмија и групе аутора (Essalmi, Ayed, Jemni, Kinshuk & Graf, 2010) представљено је 16 критеријума према којима се дефинишу параметри за персонализацију е-учења:

- Претрага информација. Овај параметар персонализације односи се на начин претраживања информација.
- Предзнање студента. Овај параметар описује студенте као почетнике, средњег нивоа знања или напредне.
- Циљеви учења. Кроз овај критеријум дефинишу се параметри оптимизације према циљу који студент жели да постигне учењем градива.
- Циклус учења према Колбу. Према Колбовом моделу дефинишу се четири нивоа учења: искуство, рефлексивно посматрање, апстрактна концептуализација и активно експериментисање. Персонализација се врши према нивоу који је студент достигао у процесу учења.
- Стил учења по Ханију и Мамфорду. Према овом стилу учења параметри персонализације дефинишу се према припадности студента једној од четири категорије стила учења. У питању су категорије активних студената, рефлексивних, теоретичара и прагматичара.
- Фелдер–Силверман стил учења. Параметри персонализације дефинишу се према одговарајућим димензијама стилова учења који су подељени у четири домена (домен обраде информација, домен перцепције информација, домен пријема информација и домен разумевања информација).

- Ла Гарандеријеов стил учења. Обухвата шест стилова учења. Студенти се описују као такмичари, кооперативни, зависни, независни, индивидуалисти и они који желе да раде у групи.
- Баланс учешћа. Параметри персонализације ослањају се на учешће појединца у раду у групи.
- Напредак у учењу. Параметри персонализације дефинишу се у зависности од напретка у реализовању задатака у односу на задато време.
- Повратне информације. Персонализација се врши на основу одговора које студент даје на постављена питања из градива у различитим фазама учења.
- Ниво мотивације. Персонализација се врши према степену мотивисаности студента да учи и ради. За опис мотивације користи се ARCS модел мотивације.
- Особине навигације. Персонализација се врши према могућностима студента да оптимално користи интерфејс системе за учење.
- Језик на ком се прате наставни материјали. Персонализација се врши према матерњем језику студента.
- Мултимедија. Персонализација се врши према типу мултимедијалних садржаја које студент преферира.
- Когнитивне особине студента. У зависности од сазнајних капацитета студента (радне меморије, брзине обраде података, вештине учења) дефинишу се параметри којима се персонализује систем за учење.
- Педагошки параметри. Одговарајући педагошки приступ учењу утиче на параметре којима се персонализује процес учења.

2.2.4.2 Параметри персонализације у системима за е-учење

Есалми у истраживању (Fathi Essalmi L., 2015) дефинише 19 параметара персонализације у форми терминалних чворова.



Слика 4. Таксономија параметара персонализације

(извор: Fathi Essalmi, L., 2015)

Параметри су подељени у три групе и дају одговоре на питања: „Зашто да учим?“, „Шта да учим?“ и „Како да научим?“. Прва група параметара, која даје одговор на питање „Зашто да учим?“, односи се на мотивацију и циљ који студент жели да постигне кроз учење. Друга група параметара, када је реч о одговору на питање „Шта да учим?“, узима у обзир предзнање студента и дефинише информације, односно

знања којима студент треба да овлада. Последња група параметара, која даје одговор на питање „Како да учим?“, узима у обзир индивидуалне разлике студената које су од интереса за дефинисање одговарајућих сценарија за учење. Обухвата критеријуме из области примене мултимедијалних садржаја за учење, навигације интерфејсом, тимског рада, педагошког приступа, стила учења, језика и когнитивних особина студента.

2.2.4.3 Параметари персонализације у пракси у системима за е-учење

PERSO систем нуди студенту одговарајући курс који ће похађати на основу његовог предзнања и избора преферираних мултимедијалних садржаја (Chorfi & Mohamed, 2004).

SIMBAD систем персонализује курсеве према нивоу предзнања студента, циљевима учења и избору преферираних мултимедијалних садржаја (Bouzeghoub, Carpentie, Defude & Duitama, 2003).

Софтверски алат *MetaLinks* прилагођава понуду хиперлинкова е-књига према истим критеријумима као и SIMBAD (Murray, 2003). Дви и Базуки (Dwic & Basuki, 2012) прилагодили су свој адаптивни систем за учење нивоу предзнања студента. Њихов систем процењује студента и његов ниво знања на почетку коришћења система за учење и потом му, на основу добијених резултата процене, препоручује наставне материјале.

Други системи покушали су да интегришу стилове учења са параметрима персонализације сценарија за учење.

Систем INSPIRE примењује Ханијев и Мамфордov стил учења као критеријум персонализације. У овом систему се на основу различитих стилова учења студенту нуде одговарајући материјали за учење (Papanikolaou, Grigoriadou, Kornilakis & Magoulas, 2002).

E-aula (Sancho, Martinez & Fernandez Manjon, 2005) користи персонализацију према нивоу знања студента, постављеном циљу учења и Фелдер–Силверман моделу стила учења.

PROTUS систем за учење програмских језика (Klašnja Milićević, Vesin, Ivanović & Budimac, 2011) као критеријуме персонализације користи Фелдер–Силверман модел стила учења и ниво предзнања студента.

Јанг, Хванг и Јанг (Yang, Hwang & Yang, 2013) развијају систем са мултидимензионалним критеријумима персонализације AMDPC, који поред Фелдер–Силверман модела стила учења као критеријум персонализације користи и сазнајне особине појединца. Систем је осмишљен тако да прво идентификује стил учења студента, потом бира одговарајући садржај за учење и на крају прилагођава изабрани садржај когнитивним особинама студента.

PASER (Kontopoulos, Vrakas, Kokkoras, Bassiliades & Vlahavas, 2008) у свом систему користи циљ учења који студент себи поставља и ниво његовог предзнања.

Изотани, Инаба, Икеда и Мизогучи (Isotani, Inaba, Ikeda & Mizoguchi, 2009) дали су предлог метода којим се систему постављају групни захтеви на основу појединачних циљева и циљева групе.

У истраживању Есалмија и групе аутора (Essalmi, Ayed, Jemni, Kinshuk & Graf, 2010) дат је предлог персонализације образовног процеса на два нивоа. Ниво 1 (ELP1, *E-learning personalisation level 1*) је строго дефинисан сценаријем учења, док је ниво 2 (ELP2, *E-learning personalisation level 2*) флексибилан. Први ниво персонализације дефинисан је стратегијом персонализације, а другим нивоом персонализације, који зависи од првог нивоа, управља наставник. Параметри персонализације памте се у систему и могу се поново користити и комбиновати на различите начине. Почетни ставови који су узети у обзир јесу да не постоје универзална правила за сваког студента те не постоје универзална правила за сваки курс нити универзална правила за сваког наставника (Essalmi, Ayed, Jemni, Kinshuk & Graf, 2010).

На основу истраживања постојећих система за персонализацију е-учења примећује се да је ниво предзнања студента доминантан параметар. У великом броју персонализованих система ниво предзнања студента узима се као главни, често и једини параметар персонализације. Поред овог параметра често се користе и модели стила учења (на пример, Фелдер–Силверман модел) и врсте мултимедије које студент преферира. Као параметри персонализације у мањој мери користе се циљеви учења, матерњи језик и когнитивне особине студента.

2.2.5 Ангажовање студента у процесу учења

Истраживања су показала да ангажовање студената у процесу учења позитивно утиче на њихов академски успех, а неангажовање доводи до слабог академског успеха (Kelly, 2008) (Sirin and Rogers Sirin, 2004).

Ангажовање студента треба да буде контролисано од стране наставника и непосредног радног окружења. Квалитет радног окружења описује се кроз комплексност радног окружења (*environmental complexity*), присуство изазова у радном окружењу (*environmental challenge*) и подршку окружења (*environmental support*) (Shernoff et al., 2016). Изазов у радном окружењу исказује се кроз радне задатке који се задају студентима, активности студената, циљеве који се постављају у учењу и очекивања студената. Подршка окружења огледа се кроз ресурсе који се нуде студенту у процесу учења са физичког, емоционалног и социолошког аспекта (Reeve and Jang, 2006). Ангажовање студента описује се мултидимензионално и кроз аспекте понашања, емоција и сазнања. То је интерактивна и динамична категорија, подложна променама услед тренутног стања окружења и учесника (Obrenović, 2012) (Terblanche, 2014) (Ryu and Lombardi, 2015).

Понашање (*behavioural engagement*) као аспект односи се на посвећеност студента раду, упорност, учествовање у раду, израду домаћих задатака. Сазнања (*cognitive engagement*) се односе на сам процес учења који студенти примењују, дубину

учења и метакогнитивне стратегије које примењују. Аспект емоција (*emotional engagement*) анализира емоционални статус студента у току учења, односно његову мотивисаност за учење, осећај досаде, умора, нестрпљења, ишчекивања, страха и сл.

2.2.5.1 Ангажовање студента базирано на психологији усмерености

Да би се објаснио утицај елемената ангажовања студента на радно окружење, постављени су модели који се базирају на „психологији усмерености” (*flow psychology*). Према психологији усмерености, студент при учењу треба да тежи такозваном „стању усмерености” (*flow state*) (Слика 5), као стању оптималног искуства које карактерише висок ниво концентрисаности, интересовања и унутрашње мотивације, што води активностима у којима студент ужива (Seligman and Csikszentmihalyi, 2000).



Слика 5. Стање усмерености према теорији психологије усмерености

(Giasiranis & Sofos, 2016)

Ангажовање студента се у психологији усмерености дефинише као симултано искуство интересовања, концентрисаности и уживања. Све три компоненте ангажовања не воде само ка стању усмерености, већ утичу и на позитиван квалитет учења. Концентрисаност се доводи у везу са когнитивним процесима и остварењем академских циљева. Интересовање управља пажњом, одражава стање унутрашње мотивације, стимулише студента на активност. Уживање утиче на осећај компетентности студента за област коју изучава и подстиче креативан начин размишљања.

Стање усмерености дефинишу јасно постављени циљеви од стране студента, висок степен концентрације, губитак осећаја самосвесности, губљење осећаја за време, директна и тренутна реакција на стимулацију, равнотежа између могућности и изазова те осећај да је активност сама по себи награђујућа па се зато не сматра превише тешком (Corno and Mandinach, 1983) (Csikszentmihalyi, Rathunde and Whalen, 1997) (Wentzel and Miele, 2016).

2.2.5.2 Ангажовање студента и окружење за рад у паметним учионицама

Истраживања која су користила ESM (*Experience Sampling Method*) методу за мерење субјективног искуства у тренутку показала су да је ангажовање студента у директној вези са свим аспектима квалитетног учења и рада у учионици. Ангажовање студента има позитиван утицај на његово самопоуздање у учионици, повећава му унутрашњу мотивацију, спремност на учење и рад те жељу за проширивањем знања кроз академске изазове. Целокупан процес учења представља се кроз узајамну интеракцију студената и окружења за учење. Улога наставника је да формира такву атмосферу која ће позитивно утицати на студенте и обезбедити им адекватно окружење за учење и рад.

У паметним образовним окружењима овај концепт проширује се и на паметну учионицу. У паметним учионицама технички подржано окружење преузима део

ангажовања и одговорности наставника и утиче на окружење за учење. Начин на који окружење за учење делује на ангажовање студента огледа се кроз високо постављене и јасно дефинисане циљеве наставника и студента, а то су могућности за истраживање и решавање сврсисходних проблема, овладавање новим вештинама и примену стечених знања у реалним ситуацијама (Allodi, 2010) (Sims, 2015).

Подршка коју студент добија од радног окружења огледа се у ангажовању наставника или система за учење, давању одређеног степена аутономије студенту током учења, прихватању студента од стране наставника, доброј комуникацији са свим учесницима система и добијању благовремене повратне информације од наставника или система за учење у вези са напретком. Ови и слични елементи подршке делују позитивно на ангажовање студената (Roorda et al., 2011).

Изазови које пружа окружење могу се поделити у пет поткатегорија:

- Могућности концептуалног и језичког развоја.
- Постављање комплексних проблема и задатака.
- Јасни циљеви.
- Релевантност активности.
- Очекивања.

Могућности концептуалног и језичког развоја представљају врсту изазова које пружа радно окружење а за последицу има учење правила, апстрактних принципа, теорије, начина на који се теорије примењују за специфични контекст, планирање и развој стратегија знања, примену знања, овладавање вештинама.

Постављањем комплексних проблема и задатака студентима се омогућује повезивање знања и вештина путем коришћења специфичних алата и метода решавања проблема. Ниво тежине решавања проблема треба да буде усклађен с могућностима студента.

Јасни циљеви су поткатегорија изазова окружења којом се дефинишу циљеви од интереса за даље напредовање студента. Све активности у учионици подређене су постизању дефинисаних циљева.

Релевантност активности представља тумачење активности студента у ширем друштвеном контексту. Тако се активности и изазови које пружа окружење за учење тумаче кроз животне околности студента, питања стварног света или проблеме локалних заједница.

Очекивања представљају изазове које постављају наставник и окружење за учење. Она треба да буду усаглашена с одређеним нормама и критеријумима које постављају школа, друштво или одређене организације (Damon, 2009).

Подршка радног окружења за учење такође се може категорисати у пет поткатегорија:

- Подршка мотивације.
- Подршка у изградњи веза.
- Интерактивност и трансакционо учење.
- Повратне информације.
- Активно учење.

Подршка мотивације представља ангажовање наставника или паметног образовног система којим се подстиче аутономија студента, компетенције, развој интересовања, унутрашња мотивација и ефикасност.

Подршка у изградњи веза подразумева однос који граде наставник и студент као и све односе који произлазе из тог односа. Тако се у оквиру ове поткатегорије описује колегијалност, вредновање индивидуалности и различитости међу учесницима учења те одсуство негативних интеракција са осталим учесницима.

Интерактивност и трансакционо учење описују интерактивност коју студент остварује са наставником и радним окружењем (паметном учионицом) ради постизања

жељеног заједничког циља. Ова поткатегорија обухвата и креативне процесе учења и изградње знања.

Повратне информације подразумевају да студент благовремено добија информације од наставника или система за учење на основу којих стиче сазнања о степену свог напретка у реализацији циљева током процеса учења.

Активно учење представља физичке активности и рад који доприносе учењу и реализацији постављених задатака. (Roorda et al., 2011) (Bandura, 1977).

Оптимално окружење за учење подразумева комбинацију наведених елемената изазова окружења и подршке окружења. У истраживању Шернофа (Shernoff et al., 2016) дошло се до закључка да је радно окружење врло битан фактор који утиче на ангажовање студента. Ангажовање студента може се повећати као резултат утицаја радног окружења. Радно окружење делује на студента кроз изазове и подршку које пружа студенту. Изазови и подршка окружења умерено су корелисани, тако што је подршка окружења показала већи утицај на ангажовање студента него изазови, док су изазови окружења указали на јачу везу ка остваривању академских циљева.

2.2.6 Улога наставника у процесу адаптивног учења

Утицај наставника на пажњу студента од великог је значаја за ефикасност процеса учења. Начин на који наставник презентује градиво у великој мери утиче на пажњу студента. Ритам излагања градива, енергичност, темпо, интонација, гласноћа, емоционално стање, понашање и компетенције наставника елементи су његовог излагања који утичу на пажњу студента (Suprayogi, Valcke & Godwin, 2017). Истраживања су показала да пажња студената није константна током учења; већ након десет минута од почетка предавања она опада. На крају предавања студент запамти 70% укупне количине информација која се презентује у току првих десет минута предавања и само 20% информација које се изложе током последњих десет минута предавања (Uzelac, Gligorić & Krčo, 2015).

Развој електронских облика учења довео је до промене улоге наставника у образовном процесу. Почетком века, када је упоредо с развојем интернета дошло до развоја нових облика електронског учења и различитих платформи за учење на даљину коришћењем светске глобалне мреже, поставило се питање улоге наставника у образовном процесу – да ли је наставник потребан у таквом образовном процесу и, ако јесте, у којој мери. Истраживања су показала да учење применом платформи за е-учење даје најбоље резултате када се комбинује с класичним методама учења, у којима је улога наставника круцијална (Radosavljević, Pevac, Štrbac & Grgurović, 2011). Паметне учионице мењају положај наставника у процесу учења. Наставник више није особа стављена у центар предавања нити примарни извор информација и знања; он користи предности савремених наставних материјала да води студента кроз процес учења, као и да укаже студенту на могућности које су му на располагању. Студент је тај који бира начин на који ће доћи до информације и сазнања. Паметна наставна окружења повољна су за реализацију концепта учења које је окренуто студенту.

Развој информационих технологија омогућио је персонализацију процеса учења применом разноврсних наставних материјала, апликација и електронских наставних окружења. Целокупан развој персонализованог учења и променљивог приступа учењу представља се термином флексибилне педагогије (Gordon, 2014). Термин флексибилности обухвата и студенте и наставнике, подразумевајући врсту едукационе стратегије која се развија у савременим образовним системима. Флексибилна педагогија комуницира између три ентитета: флексибилног система за учење, флексибилног наставника и флексибилног студента. Флексибилно учење пружа избор студентима када, где и како желе да уче.

2.2.6.1 Концепт „обрнуте учионице“

Концепт „обрнуте учионице“ (*flipped classroom*) подржава флексибилно учење и означава метод рада у коме се материјал за учење доставља студентима пре наставе да га науче како би се потом термин регуларног часа користио за дискутовање

и решавање проблема из области која се обрађује. Овај концепт ослања се у великој мери на модерне технологије е-учења. Студенти прате онлајн-лекције сопственим темпом, при чему су повезани с осталим студентима који прате исту наставну јединицу кроз платформу за е-учење. У учионици наставник сагледава рад сваког студента појединачно и даје му смернице за даљи рад и учење. Учионица не представља место где наставник излаже градиво које студенти треба да савладају већ место где студенти примењују и продубљују своја знања. Студенти у учионици самостално бирају начин на који ће се ангажовати, које и какве задатке и методе ће користити да продубе своја знања. Могућност да студенти бирају начин на који ће у току наставе решавати задатке позитивно утиче на степен ангажовања студента и његову мотивацију, као и на когнитивне резултате учења (S.C., Kong, 2014) (Baerler et al., 2014).

Смернице које наставник даје студенту у складу су са интересовањима, жељама и начином на који учи сваки студент. Наставник није извор знања; студенти имају директни приступ знању, а наставник их води кроз процес учења. У оваквом окружењу улога наставника је кључна. Он студенту треба да да јасне инструкције шта и како да ради, смањујући му на тај начин недоумице у вези с процесом учења (Sergis, Sampson & Pelliccione, 2017). Овакав модел ангажовања ставља студента у положај где је он одговоран за своја знања. Студент се налази у првом плану и својим ангажовањем директно утиче на то које ће градиво учити, када ће га учити и на који начин. Овакав приступ учењу дао је позитивне резултате и наишао на добар одзив међу студентима (Galway, Corbett, Takaro, Tairyan & Frank, 2014) (Nouri, 2016) (Flores, del-Arco & Silva, 2016).

2.2.7 Критика адаптивног приступа учењу

Критика адаптивног учења иде у неколико праваца. Најчешће се указује на чињеницу да улога наставника у процесу подучавања студента није довољно искоришћена.

Предност директног контакта наставника са студентом огледа се у његовом педагошком искуству, као и могућности да стимулише студента на ангажовање применом различитих метода подучавања и приступа градиву. Негативан аспект адаптивног учења односи се на повећано ангажовање студента у процесу учења. Да би студент применом концепта „обрнуте учионице” успешно пратио наставу и могао да се ангажује на предавањима, потребно је да самостално савлада градиво које му је непознато и овлада вештинама које не поседује. Поред тога, други адаптивни облици учења захтевају од студента ангажовања која претходе учењу а односе се на избор параметара и критеријума персонализације учења.

Како је концепт адаптивног учења и „обрнуте учионице” заснован на веб-технологијама за пренос знања, указује се на могући сценарио у коме немају сви студенти исте техничке услове за успешно праћење онлајн-материјала (рачунар и брз интернет). Такође, често се наставници опирају увођењу нових техника и технологија у образовни процес (Lee, Lim & Kim, 2016) (Simons, Coetzee, Baeten & Schmulian, 2019). Истакнут је проблем додатног ангажовања наставника с аспекта времена које треба издвојити у процесу адаптивног учења, које често није препознато као део наставе.

Да би се успешно применио адаптивни начин учења, потребна је техничко-технолошка подршка за реализацију наставе, дефинисање радног ангажмана наставника као дела наставе, адекватна обука, алати и упутства за реализацију учења. Реализација адаптивног учења захтева велико иницијално временско ангажовање наставника у изради и имплементацији онлајн наставних материјала. И део F2F (*face-to-face*) реализације у учионици има смисла само ако временски довољно дуго траје да студенти могу своја знања да примене у пракси и увежбају их. На глобалном нивоу овакав модел тешко је изводљив.

Истраживачка питања која се додатно постављају односе се на степен контроле који треба доделити студенту. Адаптивност се сматра позитивним аспектом процеса учења, али само до мере у којој се студент ефективно ангажује и остварује зацртане циљеве учења. Давање студенту потпуне контроле над процесом учења није

циљ адаптивног учења. Наставник је и даље тај који мора да дефинише структуру предавања, знања која се пружају студенту и организује процес наставе. Резултати истраживања Ванера и Палмера (Wanner & Palmer, 2016) показали су да персонализовано адаптивно учење повећава ангажовање студената у процесу учења и да их дужи рад у учионици додатно мотивише на рад. Извор мотивације за ангажовање и онлајн-учење долази из става студената да морају бити добро припремљени за рад у учионици. Студенти не желе персонализацију процеса учења само у онлајн-окружењу, већ и у настави која се дешава у учионици. Персонализација наставе у учионици реализује се кроз интеракцију с другим учесницима у процесу учења, тимски рад и добро структуриране активности. Мешовити приступ учењу, који користи комбинацију адаптивног онлајн-окружења за учење и реалног окружења учионице, показао се као облик адаптивног учења који студенти преферирају. Овим начином учења најбоље су решавани проблеми мотивације у учењу, ажурности обављања преднаставних и наставних активности и недостатка инструкција у раду. Улога наставника у решавању ових проблема је кључна. Иако студенти воле флексибилност у учењу и могућност избора у процесу учења, и даље им је потребан наставник који ће организовати и дефинисати структуру предавања и наставни процес (Wanner & Palmer, 2016).

3. ПАМЕТНА ОБРАЗОВНА ОКРУЖЕЊА

Студент прилагођава свој приступ учењу у зависности од захтева и циљева који му се постављају. Окружење за учење може да утиче на начин на који студент приступа процесу учења. Поједина истраживања указују на то да радно окружење не утиче директно на студента у току учења, већ то чини његова перцепција радног окружења. Елементи радног окружења који граде одговарајућу перцепцију су: квалитет наставног особља, јасно дефинисани циљеви и очекивања од студента, постављање одговарајућих задатака, дефинисање оптималне количине података и радних задатака као и омогућавање да студент изабере начин на који жели да учи (Nijhuis, Segers & Gijsselaers, 2008) (Freigang, Schlenker & Köhler, 2018).

Технолошки подржана окружења за учење (*Technology-supported learning environments TSLEs*) су инструкциони системи који примењују технологију кроз коју студент спроводи процес учења и активности везане за учење; такође дају додатну подршку наставницима и заинтересованим странама у процесу учења (Wang & Hannafin, 2005).

Свако окружење за учење, па и технолошки подржано, треба да делује на студента с три аспекта:

- Радно окружење за учење треба да допринесе ангажовању студента и његовој мотивацији. Основни циљ окружења је да утиче на унутрашњу мотивацију студента и понуди му такве материјале за учење којима ће постићи задати циљ учења.
- Други аспект огледа се у стимулисању студента да своје знање изгради кроз интеракцију с другим учесницима процеса учења и окружења за учење. Постављање одговарајућих циљева учења, примена стратегије за детаљно и темељно учење као и одговарајућих метакогнитивних стратегија учења имају позитиван ефекат на исход учења (Sardegna, Lee & Kusey, 2017). Успешно

примењене когнитивне стратегије учења (попут планирања и процене) имају за последицу изградњу одговарајућих менталних модела знања.

- Трећи аспект односи се на преузимање активне улоге студента у процесу учења. Кроз лично ангажовање у процесу учења студенти постају одговорни за своје знање.

Окружења за учење која су технолошки подржана могу код студената да развију знања и вештине на ефикаснији начин него у конвенционалним окружењу (Mauger, n.d.). Нове технологије у окружењу за учење позитивно утичу на квалитет знања, савладавање вештина, па и став који студент има према учењу (Wu, Lee, Chang & Liang, 2013).

Окружење за учење може се тумачити кроз психолошки контекст, кроз улоге које остварују наставници и студенти, циљеве који се пред њих постављају, методе и материјале које користе у процесу учења. Убацавањем нових технологија у окружење за учење утиче се на сваки од наведених фактора (Labus, Despotović Zrakić, Radenković, Bogdanović & Radenković, 2015).

Систем за учење као део технолошки подржаног окружења за учење треба да помогне студенту у процесу учења. Асистенције које систем треба да обезбеди су: давање инструкција, демонстрирање знања, омогућавање изношења мишљења наглас, промовисање размене градива, подстицање студената на независан рад, пружање активне подршке, тренирање односно увежбавање вештина, пружање помоћи на захтев, давање повратних информација и евалуирање рада студента (Sardegna, Lee & Kusey, 2017).

3.1 Паметне учионице

Учионица је кључно окружење за спровођење активности које се доводе у везу с формалним учењем. Физичко окружење учионице утиче на понашање наставника, студената и академске резултате које студенти постижу (Yang & Huang, 2015).

Паметна учионица дефинише се као интелигентно окружење опремљено различитим спектром хардверске и софтверске опреме: пројекторима, камерама, сензорима, модулима за препознавање говора и лица и сличним елементима чији је основни циљ да подрже образовни програм који треба реализовати (Guinard, Fischer & Trifa, 2010). Паметне учионице представљају вид технолошки подржаних окружења. Заједнички циљ свих иновација које се уводе у образовање јесте да на што ефикаснији и ефективнији начин пренесу знање студентима уз оптимално коришћење расположивих образовних ресурса (Zhu, Yu & Riezebos, 2016) (Miraoui, 2018).

Паметна учионица треба да омогући презентовање разноврсних наставних материјала, обезбеди неопходне елементе за спровођење персонализованог учења, учења у групи, мобилног и виртуелног учења, као и да пружи подршку адаптивном учењу, учењу окренутом студенту и свим осталим активностима које се доводе у везу са учењем (Li, Kong & Chen, 2015) (Louhab, Bahnasse & Talea, 2018). Паметне учионице представљају погодно окружење за реализацију адаптивних облика учења (Brusilovsky & Peylo, 2003).

Када се паметне учионице анализирају с аспекта технолошки подржаних окружења за учење, сагледавају се са шест аспеката:

- техничког аспекта,
- аспекта садржаја,
- когнитивног аспекта,
- метакогнитивног аспекта,
- социолошког аспекта,
- афективног аспекта (Табела 1).

Технички аспект оцењује техничку употребу окружења за учење. Овај аспект разматра да ли се систем користи на исправан начин, да ли су студенту јасне

могућности система и шта од њега може да очекује, како студент управља системом за учење и како треба да реагује на промене. Технологија која се користи у окружењу за учење које је технолошки подржано треба да буде тако дизајнирана да се заједно с педагошким методама инкорпорира у инструкциони дизајн. Колико је овај аспект успешно реализован у системима за учење зависи од тога у којој мери студент користи описане техничке карактеристике.

Табела 1. Критеријуми анализе технолошки подржаних окружења за учење

Критеријум анализе	Опис
Технички аспект	Технички аспект чини употреба технички напредних алата и нових технологија у процесу учења.
Аспект садржаја	Аспект садржаја испитује особине информација у оквиру система.
Когнитивни аспект	Когнитивни аспект прати развој сазнајног процеса у току учења у технолошки подржаном окружењу за учење.
Метакогнитивни аспект	Когнитивни аспект прати мисаони процес у току учења у систему.
Социолошки аспект	Социолошки аспект испитује природу и интензитет међуљудских односа учесника у систему.
Афективни аспект	Афективни аспект испитује развој персоналних емоционалних стања која се јављају у систему.

Аспект садржаја описује се кроз адаптивност и релевантност података које студент треба да научи. Адаптивност се највише огледа у могућности система да материјале за учење прилагоди индивидуалним потребама студента. Критеријум који

казује да је податак релевантан јесте могућност студента да повеже податак са својим искуством из свакодневног живота. У оквиру овог аспекта акценат се ставља на важност учења на основу претходног знања и искуства студента како би схватио и разумео градиво које треба да савлада.

Когнитивни аспект анализира когнитивне активности које су укључене у окружења за учење. У оквиру овог аспекта тежи се томе да се оптимизује когнитивно оптерећење студента на тај начин што му се представља више повезаних података који се ослањају на његово претходно знање и искуство а смањи количина ирелевантних података којима би био изложен.

Метакогнитивни аспект анализира развој студентових метакогнитивних способности попут планирања, контроле података у процесу размишљања и повезивања података у целине.

Социјална димензија идентификује природу и интензитет међусобног односа студената као и студента с наставником у технолошки подржаном окружењу учења. Анализира се степен у ком се појединац друштвено ангажује у таквом окружењу и колико је спреман да помогне другим учесницима у разумевању и савладавању градива.

Афективни аспект описује емоције које појединац показује у технолошки подржаним окружењима за учење. Анализирају се емоције попут страха у раду с рачунарима као и осећања радости и задовољства у учењу у окружењу које је обogaћено технолошким иновацијама. Циљ је да се ученици осећају комфортно, срећно и задовољно када користе рачунаре и друге технолошке новине у учењу.

У домену техничког аспекта највише се анализира употребљивост, у садржајном домену релевантност података, у домену когниције истраживање, у домену метакогниције аутономност, а у социолошком домену подршка наставника (Chang et al., 2015).

3.1.1 Компоненте паметних учионица

Компоненте паметних учионица према функционалној оперативности могу се поделити на следеће категорије:

- Виртуелни асистенти.
- Аутоматизовано снимање предавања.
- Дигитализација писаних материјала.
- Системи за видео/аудио конференције.
- Виртуелизација учесника.

Виртуелни асистенти мапирају људски говор и покрете рачунарским акцијама користећи их као инструкције, нпр. мењају слајд на гласовну команду или пале пројектор на детектовано логовање корисника. У ову групу могу се сврстати и уређаји који функционално замењују више других уређаја, нпр. ласерске оловке које се користе уместо миша, маркера и сл.

Аутоматизовано снимање предавања је категорија система која омогућује аутоматско снимање предавања, праћење кретања предавача и, у неким случајевима, код комплекснијих система, препознавање акција корисника.

Дигитализација писаних материјала је група софтверско-хардверских компоненти за трансформацију рукописа у електронски формат, односно директно прикупљање података преко паметних табли и екрана осетљивих на додир. Дигитализоване белешке и записи даље се електронским путем дистрибуирају преко веб-портала, где је могућ њихов преглед, допуна, синхронизација са аудио и видео садржајима.

Системи за видео/аудио конференције су комерцијално широко заступљени системи који се састоје од интерактивних телекомуникационих технологија за

успостављање истовремене двосмерне комуникације путем слике и звука. Пример система за видео/аудио конференцију је телеедукација. Помоћу ње се предавачи и слушаоци настоје довести у ситуацију што сличнију традиционалном начину излагања градива. Ова сличност представља кључ успеха видео-предавања на даљину. Интеракција без директног „физичког” контакта није адекватна за примену у образовању – не само због недостатка повратне реакције већ и услед социолошког фактора. Као последица настају системи који имитирају реалност (виртуелизација учесника), нпр. виртуелне учионице, мешовито учење на даљину и сл.

Виртуелизација учесника је стварање виртуелног окружења које симулира приказ традиционалне учионице. Виртуелизацијом се софтверски приказује виртуелни простор учионице, у који се потом дигитално умеће слика или видео-запис студента који се константно шаљу у реалном времену. Друга могућност је да учесници буду репрезентовани својом виртуелном заменом – аватаром (Guinard, Fischer & Trifa, 2010) (Pocero et al., 2017).

3.2 Амбијентална интелигенција

Амбијентална интелигенција представља концепт свеприсутног рачунарства у којем је радно окружење свесно присуства корисника. Овакав концепт постиже се интеграцијом сензора, камера, микрофона и других уређаја који могу да генеришу сигнале на основу промена у окружењу и интелигентног софтверског система.

Системи у којима се примењује концепт амбијенталне интелигенције треба да детектују присуство корисника у радном окружењу и идентификују га, препознају активности у окружењу, анализирају их у оквиру контекста и изврше одговарајућу измену у окружењу према потребама корисника (Raffler, 2007) (Bravo, Cook & Riva, 2019) (*Ambient Intelligence - The Ultimate IoT Use Cases | IoT For All*, 2019) (Radosavljević, Radosavljević & Jelić, 2019). У зависности од улоге коју има у систему,

амбијентална интелигенција треба да донесе одлуке и предвиди понашање корисника у будућности на основу његових акција.

Амбијентална интелигенција треба да опонаша људско размишљање и нађе одговор система који погодује ситуацији у којој се корисник налази (Teixeira, Magan, de Oliveira, Winter & Machado, 2019). Истраживања у области афективног рачунарства (*Affective Computing – AfC*) дала су закључке који се користе у системима амбијенталне интелигенције. Афективно рачунарство је област која се бави развојем система који препознају, интерпретирају, процесирају и симулирају људске емоције (Nalera, Palma & Herrero, 2019).

Концепт амбијенталне интелигенције имплементира елементе первазивног (свеприсутног) рачунарства, профилисања људи, свесности садржаја и рачунарства окренутог човеку (Lopez, Pedraza, Carbo & Molina, 2014). Системи амбијенталне интелигенције садрже велики број уређаја и сензора који су интегрисани у радно окружење корисника. Најчешће се користе сензори који мере осветљеност окружења, температуру, јачину звука, притисак и позицију предмета, врше читавање био-сигнала, користе технологије препознавања лица, говора, GPS и друге.

Праћење и детекција корисника реализује се помоћу:

- Сензора покрета. Ти сензори детектују покрет али не и узрок кретања.
- RFID тагова, који се постављају на корисника и читавају на одређеним местима у простору.
- *I-Buttons* рачунарских чипова, смештених у металном кружном кућишту пречника 16 милиметара. Ови чипови читавају се прислањањем на одговарајући читач.



Слика 6. I-Buttons чипови, RFID таг и сензор покрета

Изазови с којима се сусрећу системи амбијенталне интелигенције а тичу се сензора односе се на:

- Менаџмент велике количине података генерисане дугим временом рада.
- Аутономност напајања (батерије код бежичних сензора).
- Немогућност одговарајуће идентификације корисника.
- Потребу за обрадом неконвенционалних типова података који се прикупљају путем сензора.

Подаци са сензора често излазе из оквира конвенционалних типова података, па као такви захтевају специфичне форме анализе. Ти подаци су мултидимензионални и подложни великим одступањима услед присуства ометајућих фактора у окружењу који се заједничким именом називају шум. У зависности од врсте сензора и улоге за коју се подаци користе може се јавити потреба за обрадом података у реалном времену,

што додатно оптерећује рачунарски систем за обраду података (Cook, Augusto & Jakkula, 2009).

Активности које спроводи интелигентно окружење повезују корисника, његове поступке и окружење помоћу интелигентних алгоритама.

Да би алгоритми одговарали потребама корисника, интелигентни систем мора да доноси одлуке на основу:

- начина на који је корисник моделован у систему,
- предвиђања и препознавања активности корисника,
- дефинисаног процеса доношења одлука,
- просторно-временског расуђивања.

Моделовање корисника ослања се на њихово понашање. Систем амбијенталне интелигенције треба да препозна шаблоне понашања корисника на основу података који су добијени читавањем сензорске мреже тако да применом интелигентних алгоритама предвиди даље понашање корисника у систему. Руковање системом амбијенталне интелигенције мора да буде интуитивно и да се уклапа у закључке које доноси област комуникације човека и рачунара (Cook, Augusto & Jakkula, 2009) (Cottone, Maida & Morana, 2014) (Brown, Bødker & Höök, 2017).

Модел амбијенталне интелигенције који су поставили Рамос, Аугусто и Шапиро (Ramos, Augusto & Shapiro, 2008) у центар система ставља корисника (Слика 7). Корисник комуницира са системом амбијенталне интелигенције и окружењем амбијенталне интелигенције. Систем амбијенталне интелигенције обрађује податке које добија од окружења. Окружење амбијенталне интелигенције шаље информације о присуству корисника у систем амбијенталне интелигенције на један или више начина: путем читавања сензора, RFID технологије, технологије препознавања лица, говора, GPS и других технологија. Систем амбијенталне интелигенције обрађује добијене податке на два нивоа, операционом и интелигентном. Операциони ниво преузима податке из окружења амбијенталне интелигенције и усклађује их са

различитим технологијама и принципима који су потребни да би се ти подаци пренели на интелигентни ниво система. Интелигентни ниво преузима различите врсте података с операционог нивоа и примењује прорачуне којима се дефинише такозвана „интелигенција система”. Резултат прорачуна је покретање одговарајуће акције у окружењу амбијенталне интелигенције којом се делује на корисника.

Концепт амбијенталне интелигенције могуће је применити у различитим областима живота попут транспорта, медицине, развоја паметних кућа, образовања итд. Посебна врста система амбијенталне интелигенције представљају системи асистираниог амбијенталног живљења (*Ambient Assisted Living – AAL*). Ови подсистеми амбијенталне интелигенције ослањају се на концепт амбијенталне интелигенције а представљени су кроз системе који се користе да побољшају квалитет живљења. На пример, системи техничке асистенције могу да препознају стање корисника или ситуацију у којој је корисник и пруже одговарајућу асистенцију. У области аутомобилизма већ се уграђују системи који препознају неактивност возача у току вожње и, услед сумње да је заспао, активирају аларме. У домаћинства се уграђују системи за грејање који се активирају у тренутку када се станар приближава стану. У здравству се овај концепт користи за надгледање стања пацијената на кућном лечењу тако што пацијенти носе паметне сатове, који податке о њиховом стању континуирано шаљу медицинском центру (El Murabet, Abtoy, Touhafi & Tahiri, 2018).

На пољу образовања могу се издвојити пројекти у којима су се користила технолошки обогаћена радна окружења за праћење напретка студената у процесу учења и њихове активности. Закључак који је изведен из тих истраживања је да примена система за учење која су технолошки подржана (а у која спадају и системи амбијенталне интелигенције) могу позитивно да делују на процес учења (Santana Mancilla, Echeverría, Santos, Castellanos & Díaz, 2013) (Chen, 2014) (Zhu, Yu & Riezebos, 2016) (Kim & Yoon, 2017)

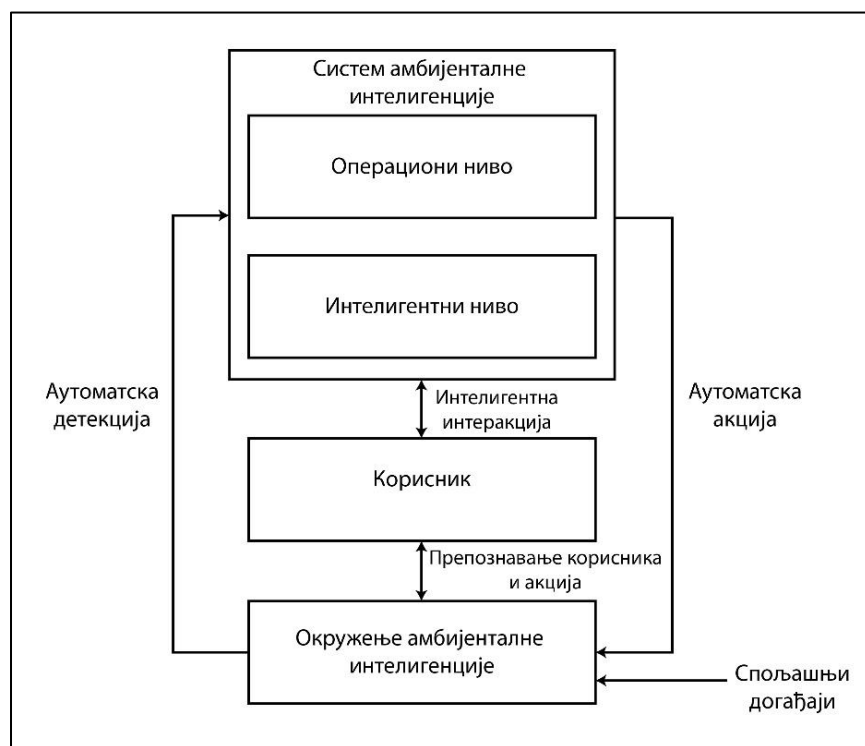
(Kim, 2018) (Tesoriero, Fardoun, Awada & Raisinghani, 2018) ("Classroom Interactive Learning Strategies", 2019) (Lin et al., 2019).

3.3 Интернет интеллигентних уређаја

Концепт интеллигентних система који се описује као интернет интеллигентних уређаја (*Internet of things s- IoT*) представља скуп апликација и уређаја којима се жели подржати комуникација између уређаја, као и комуникација између човека и уређаја. Базира се на употреби различитих сензора којима се успоставља комуникација преко интернета, при чему сензори раде појединачно или су део сензорске мреже. Сензорска мрежа на основу подешавања или података са мреже може да покрене одређену акцију или информише појединца, који ће на основу добијеног податка покренути одговарајуће активности. Разноврсност сензора даје основ за постављање великог броја концепата који се могу реализовати (Miorandi, Sicari, De Pellegrin & Chlamtac, 2012) (Twomey et al., 2017).

IoT системе дефинишу специфична архитектура система и протоколи комуникације уз могућност самосталне организације и контролу система. IoT системи оптимизују се и с аспекта енергетске потрошње (Gubbi, Вуууа, Marusic & Palaniswami, 2013) (Alioto, 2017).

Развој технологије интернета интеллигентних уређаја иде у правцу развоја информационе мреже која се самостално одржава и контролише свој рад. Апликације су окренуте кориснику, повећава се број сервиса који се пружају и тежи се омасовљењу концепта кроз смањење трошкова набавке и одржавања IoT система, (Donohoe, Jennings & Balasubramaniam, 2015), (Shiau & Chau, 2016) (Lin, Wen, Jou & Wu, 2014) (Barathi & Rajan, 2016) (Boyinbode, 2017).



Слика 7. Модел амбијенталне интелигенције
 према (Ramos, Augusto & Shapiro, 2008)

3.3.1 Архитектура IoT система

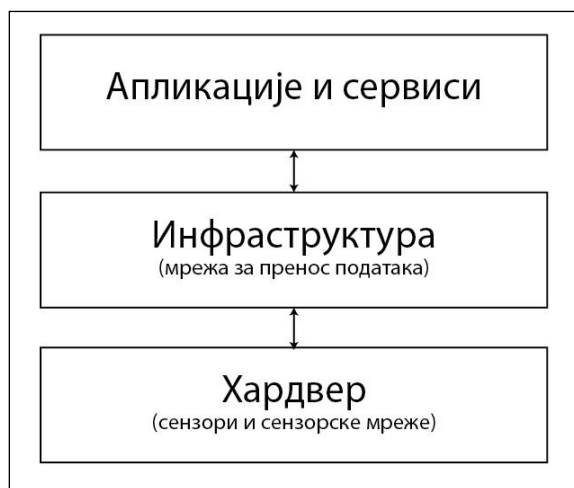
IoT системе најчешће обликују три целине:

- хардвер,
- инфраструктура
- апликација и сервис.

Хардверски део IoT система примарно чине сензори и сензорске мреже. Тај део система генерише улазне податке за цео систем. Улазни подаци су читавања сензора који прате различите процесе или физичке промене у окружењу. Изазови који се постављају у развоју сензора и сензорских система су развој технички и енергетски

ефикасних сензора који се минималистичким дизајном и димензијама уклапају у окружење.

Сензори обично имају сопствено напајање малим батеријама и скромне могућности за обраду и чување података. Системи сензорских мрежа раде најчешће на фреквенцији 2.4 GHz и имају проток података 250 kb/s. Протоколи којим системи сензорске мреже комуницирају су IEEE 802.15.4, ZigBee или HART (*Wireless Highway Addressable Remote Transducer protocol*).



Слика 8. Блок шема архитектуре IoT система

Прикупљени подаци шаљу се бежично ка једном или више сабирних чворова (гејтвеја) као уређајима јаче меморијске и процесорске моћи. У сабирним чворовима, тј. гејтвеју система подаци се обрађују одговарајућом технологијом тако да буду припремљени за даље слање. Тим подацима додељује се одређено значење и контекст (Gómez, Huete, Hoyos, Perez & Grigori, 2013).

Подаци који се прикупе у првој фази треба да се пренесу кроз мрежу до апликација које ће их искористити. Прикупљени подаци могу се пренети жичном

мрежом или бежичним путем. Ако се пренос врши жичном мрежом, применом коаксијалних или оптичких каблова, најчешће се користи етернет технологија преноса (IEEE 802.3 стандард) брзине 10 Mb/s – 100 Gb/s.



Слика 9. Организација IoT система

Етернет технологија и жична веза пружају поуздан пренос уз мали утицај шума и интерференције од стране спољних фактора система. Недостатак оваквог решења је цена; поред улагања у крајње уређаје потребно је улагати и у инфраструктуру (каблове система) преко којих ће се подаци преносити. Бежичне сензорске мреже чине просторно распоређене сензоре који аутономно раде. Бежичне технологије које су највише у употреби у IoT системима су 802.11a/b/g/n (WiFi) и 802.16 (WiMAX). У овој фази IoT система могуће је користити и интернет мрежу, уз одговарајуће протоколе за пренос.

Идеја о повезаним сензорским системима и машинама треба да заживи у 5G системима и прошири се на друге области. Развој интелигентних (смарт) система и повећање броја уређаја који надгледају и „осећају” реалан свет утицао је на

дефинисање строгих критеријума развоја 5G мрежа (Слика 10). Циљ је истовремено опслуживање великог броја учесника система. Да би се наведени циљ остварио, дефинисани су критеријуми великих протока система (око 10Gb/s). Наведени проток мора се остварити и у ситуацијама где велики број корисника размењује податке а услови пропагације нису идеални. На пренос говора више се не гледа као на централни сервис који систем треба да подржи, већ се акценат проширује на велики број различитих уређаја који су повезани и могу комуницирати. Поред критеријума великих протока података, постављају се захтеви за малим кашњењем сигнала (мање од 1 ms) и великом поузданошћу. На тај начин могуће је реализовати IoT сервисе који раде у реалном времену (Sköldström and Junique We.B2.4) (Alvi et al.).

Захтеви 5G система
Велике брзине протока података
Опслуживање великог броја корисника
Висока поузданост
Мало пропагационо кашњење
Висока аутономија уређаја
Висок степен сигурности
Велика мобилност

Слика 10. Захтеви 5G система

3.3.2 Технологије интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама

Примена концепта интернета интелигентних уређаја базирана је тренутно на пет технологија:

- RFID (*Radio Frequency identification*).
- Бежичне сензорске мреже (*Wireless sensor networks*).
- Мидлвер (*middleware*).
- Клауд (*cloud computing*).
- IoT апликације (*IoT application software*).

RFID технологија омогућује идентификовање и прикупљање података коришћењем радио-таласа, тагова и читача. Таг садржи податак у форми електронског кода производа (*Electronic Product Code-EPC*) који комуницира са системом идентификације. Постоје три врсте тагова: пасивни, активни и полупасивни.

Пасивни тагови немају сопствено напајање; уређај за читање шаље електромагнетни сигнал помоћу којег се учитава информација са тага. У окружењу паметне учионице могу се користити за детектовање присуства студената у учионици и као средство за ауторизовани приступ одређеним просторијама и наставним средствима.

Активни тагови имају сопствено напајање и у себи могу имати додатне сензоре. У окружењу паметне учионице сензори се користе за мерење локалних физичких карактеристика окружења у ком се налази студент (температура, влажност ваздуха, осветљење, ваздушни притисак, количина угљен-диоксида у ваздуху) као и његовог физичког стања (попут ширине зеница, брзине откуцаја и електричне активности срца).

Мидлвер је рачунарски софтвер који пружа сервисе апликацијама ван оперативног система. У питању су софтвери који омогућују препознавање говора, мимике лица или одређених покрета тела. Ти софтвери допуњују рад других апликација, омогућују ефикасно коришћење софтвера и интероперабилност апликација које раде на различитим оперативним системима.

У окружењу паметних учионица мидлвер програми повећавају ефикасност рада у системима за учење кроз системе за детекцију говора, препознавање покрета и мимике лица, гласовно уписивање података и др. Мидлвер програми служе као посредник у комуникацији између студента односно наставника и система у паметним наставним окружењима.

Клауд представља модел испоруке сервиса и софтвера крајњим корисницима са једног централизованог места у информационој мрежи, при чему корисник преко информационе мреже (најчешће интернета) приступа жељеним ресурсима и подацима. Корисник приступа софтверу преко апликације која комуницира са клаудом. Нема трошкова инсталирања и одржавања софтвера, а услугама се приступа са било ког уређаја и са било које локације. Одржавање апликација у оквиру клауд система не захтева ангажовање корисника. Систем пружа услуге на захтев корисника, који самостално селекује и покреће сервисе и ресурсе који су му од интереса те бира време и обим њиховог коришћења. На овај начин могуће је и удруживање ресурса. Рачунарски ресурси провајдера услуга спајају се како би послужили захтевнијим корисницима. Поред тога могућа је аутоматска оптимизација ресурса.

Наведени фактори представљају саставни део паметних образовних окружења чији се развој директно везује за IoT системе. Бежичне сензорске мреже прате окружење паметне учионице дајући слику физичких параметара окружења који утичу на ефикасност учења студента. Повезивањем с различитим актуаторима могуће је развијати систем који самостално регулише параметре окружења тежећи да створи оптималне физичке услове за рад (Guo, Zhang, Wang, Yu & Zhou, 2013) (*Internet of things: Vision, applications and research challenges*, 2016).

3.3.3 Концепти интернета интелигентних уређаја у паметним образовним окружењима

Одређивање степена пажње и заинтересованости студената за учење, ниво мотивисаности за учење као и стање физичког и/или менталног умора само су неки

фактори који се разматрају у системима за учење који се ослањају на принципе IoT-а. Наведени фактори анализирају се кроз манифестације које се описују као физиолошки и социолошки сигнали. У питању су појаве које се огледају кроз физички изглед, гестикулацију и држање студента, израз лица и покрет очију у току учења, звуке које прави, као и специфичне појаве које се везују за окружење у ком се студент налази. Истраживањем људских социолошких сигнала с циљем да се унапреди технологија у природнијем и флексибилнијем правцу бави се област друштвеносвесног рачунарства (Guinard, Fischer & Trifa, 2010).

У паметним наставним окружењима која се ослањају на технологију интернета интелигентних уређаја могуће је пратити физичке параметре окружења попут количине угљен-диоксида у ваздуху, температуре ваздуха, влажности ваздуха, буке итд. Окружење за учење које може да утиче на услове у којима студент учи у литератури се описује као персонализовано окружење за учење (*Personal Learning Enviroment* – PLE).

Потенцијал који нуде паметне учионице као технолошки подржана окружења је велики. Поједина идејна решења су реализована и на основу њих су извучени закључци.

Шен је у истраживању (Shen, Jim Wu & Lee, 2014) испитао и утврдио потенцијал информационих технологија у оквиру паметних учионица. Паметна учионица у истраживању била је опремљена LED дисплејима, *all-in-one* рачунарима са мултитач дисплеј екранима, мобилним уређајима, NFC (*Near Filed Communication*) технологијом. Систем за аутоматско евидентирање присуства студената који ради у реалном времену показао се као ефикасно решење за наставу којој присуствује велики број студената. Исти систем био је задужен да наставнику достави питања која студент поставља у току наставе. Систем је користио NFC технологију паметних мобилних уређаја студента или NFC картице да региструје присуство студента настави и комуницирао с базом података у којој су бележени релевантни подаци. Студенти су слали питања наставнику после сваког објашњеног слајда у току предавања. Резултати

истраживања показали су да је овакав приступ нарочито користан за студенте пореклом из Азије, који показују одбојност према изражавању свог мишљења током наставе (Liu & Littlewood, 1997). Истраживање је потврдило позитиван став студената према коришћењу нових технологија у настави.

У истраживању Сантане и групе аутора (Santana-Mancilla, Echeverría, Santos, Castellanos & Díaz, 2013) окружење паметних учионица користи се како би се реализовао концепт амбијенталне интелигенције AmI (*Ambient Intelligence*) у оквиру учионице. Амбијентална интелигенција представља концепт дигиталног окружења које је свесно присуства студента и прилагођава се његовим потребама. Концепт је реализован кроз сервисе које нуди паметна учионица. Систем паметне учионице надгледао је температуру и осветљење у учионици те детектовао присуство наставника да би контролисао укључивање пројектора. Како креирање физичке инфраструктуре није било довољно да се реализује интелигентно радно окружење, у оквиру пројекта су креиране апликације које су се ослањале на концепте проширене реалности и учења кроз игру.

Ефикасна употреба паметних учионица и 4G система за потребе снимања предавања и дистрибуирање снимљених садржаја преко одговарајуће платформе за учење представља окосницу истраживања Алелаивија (Alelaiwi et al., 2015). Циљ пројекта који је пратио истраживање био је да се оствари двосмерна комуникација студента и наставника у току предавања. Паметна учионица у којој је вршено истраживање обухватала је два пројектора, платно осетљиво на додир, смарт таблу, висококвалитетне звучнике, 3Д микрофоне, смарт кард-ридере, дигиталне оловке, портове за конекцију лаптоп рачунара на пројектор и контролни уређај (такозвани е-подијум). Да би студент био у могућности да прати предавање у реалном времену и укаже наставнику на нејасноће у току излагања градива, било је потребно дозволити приступ наставним материјалима предавача. Применом RTSP протокола (*Real Time Streaming Protocol*) контролисане су и усклађиване сесије наставника и студента. Овим је омогућено да студент у било ком тренутку визуелно укаже наставнику на део предавања који му је нејасан. Пратећи предавања, студент је имао могућност да на

презентацији заокружи нејасан део и, заједно с питањем, пошаље га наставнику као фотографију. Овакав приступ проширен је на учење преко платформе за електронско учење и сценарио у ком су студент и наставник просторно раздвојени. Истраживање је указало на важност и корисност оваквог приступа учењу.

Модел који је предложио Гамал ел Дин (Gamal el-Din, 2010) ослања се на интелигенцију и предзнање студента у решавању задатих проблема. Идеја је да се студент научи да учи, да постави одговарајуће когнитивне циљеве, препозна проблем који треба да реши и развије вештине организовања и надгледања сопственог знања. Модел даје инструкције у раду и наставнику. Наставник треба да на одговарајући начин дефинише циљеве учења, научи да тумачи модел студента (исказан кроз когнитивне моделе, особине и црте личности), одабере методе решавања проблема које ће студентима бити на располагању, претражи и искористи одговарајућа наставна средства. Паметно окружење учионице треба да обезбеди одговарајућа средства која ће координисати радом целина у систему. Окружење за учење управља комуникацијом између студента, наставника, наставних средстава и материјала за учење која су на располагању. Истраживање се ослања на Фелдер–Силверман модел стила учења. Закључак истраживања је да адаптирање наставних материјала према индивидуалним карактеристикама студента позитивно делује на ефикасност и ефективност учења, јер се на тај начин код студента превазилазе недовољно развијене вештине учења.

Пројекат из 2009. године (Yue Suo, 2009) истраживао је могућности проширивања и скалирања система за учење који се ослањају на концепт паметних учионица. Циљ је био истражити ефекте повезивања две паметне учионице преко интернета. За реализацију концепта скалабилног система за учење било је потребно поставити архитектуру и интерфејсе паметне учионице као отворен систем доступан свима. Други проблем био је превазилажење језичке баријере за паметне учионице које се налазе на различитим географским положајима и у различитим говорним подручјима. *Open Smart Classroom* била је прототип апликација којом је требало постићи скалабилни систем за учење. У оквиру истраживања повезане су две паметне учионице (једна у кинеском граду Тсингхуа, а друга у Кјоту у Јапану). Обе су биле

покривене видео-камерама и садржај једне до друге преношен је интернетом. Учионица у другом граду приказивана је преко пројектора. Предавач који се налазио у једном граду презентацију је симултано приказивао у обе учионице користећи паметну таблу. У сваком тренутку била је омогућена двосмерна комуникација између свих учесника. Наставник је изворно предавао на енглеском језику, док су додатни интернет алати и сервиси омогућавали превод на оба језика.

Истраживање Алија и групе аутора (Ali et al., 2017) спроводи процес обучавања студената медицине применом концепта интернета интелигентних уређаја, „обрнуте учионице” и учења базираног на примерима (*Case-Based Learning CBL*). Платформа која се користи у процесу обучавања студената названа је *IoTFLiP (IoT-based Flipped Learning Platform)*. У овом систему лекар у ординацији прегледа пацијента и мери здравствене параметре који су од важности за дијагностиковање стања пацијента (крвни притисак, ниво шећера у крви, ЕКГ и др.) и те податке шаље на клауд платформу. Податке о здравственом стању пацијента студенти преузимају са клауда. *IoT* систем у оквиру клауд платформе дозвољава студентима приступ само оним подацима који су у складу с лекарским кодексом о заштити личних података пацијента. На основу добијених података студенти успостављају дијагнозу и дају предлог терапије. Ти подаци постављају се на клауд, одакле их лекар може преузети. Лекар евалуира одговоре студената и шаље им повратне информације.

Апликација која се базира на концепту интернета интелигентних уређаја коју у свом истраживању описују Гунасекера и група аутора (Gunasekera, Borrero, Vasuian & Bryceson, 2018) користи се у процесу образовања студената пољопривреде. Систем означен као *IoT4SSAE (Internet of Things for Smart Science and Agriculture Education)* користи *IoT* клауд инфраструктуру како би у реалном времену пратио биофизичке податке са сензора и омогућио њихову размену са различитим веб или мобилним апликацијама.

4. МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА

Примарни циљ модела адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима је адаптација процеса учења ради постизања ефикасног и ефективног учења. Модел треба да постигне дефинисани циљ кроз анализу релевантних фактора учења на основу којих се адаптира процес учења према потребама студента и делује на његово уверење да те задатке може да испуни. Кроз могућности које нуди паметни образовни систем, модел треба да искористи средства за учење која нуди на тај начин да студент реализује постављене задатке у току учења.

Модел треба дефинисати тако да користи различите критеријуме адаптације процеса учења. Критеријуми адаптације који се узимају у обзир су умор, физички параметри окружења (температура радног окружења, бука, проветреност и осветљеност учионице и др.), мотивација, очекивано когнитивно оптерећење и стил учења. Модел треба да користи карактеристике паметних образовних окружења за ефикасно прикупљање релевантних података, дистрибуцију наставних материјала до студената, реализацију појединачне и групне комуникације (студент–наставник, студент–студент) и реализацију процеса адаптације процеса учења на основу прорачуна система амбијенталне интелигенције. Моделом треба дефинисати могуће критеријуме адаптације као и одговарајуће исходе који се огледају у стратегијама учења које се додељују студенту.

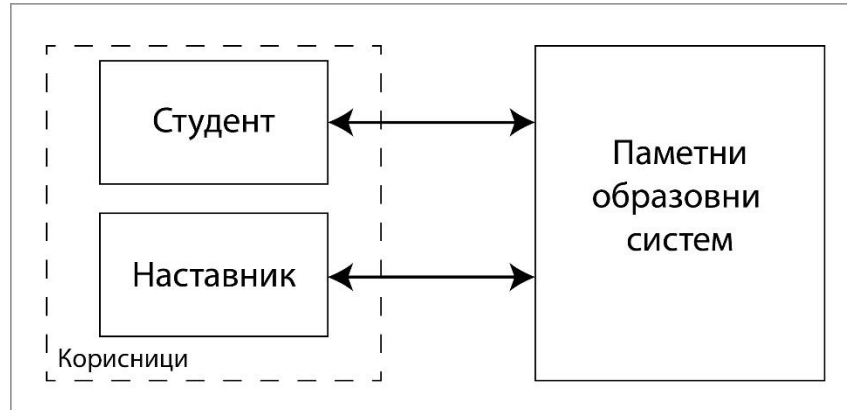
Елементи од интереса за постављање архитектуре модела адаптивног електронског образовања у паметном образовном окружењу су следећи:

- Модел е-образовања треба да је адаптиван. Студент треба да има могућност да процес учења и наставне материјале прилагоди својим потребама.

- Адаптација процеса учења треба да буде заснована на једном критеријуму или комбинацији више њих. Критеријуми који се могу узети у обзир су стил учења студента, извор мотивације, очекивано когнитивно оптерећење градивом које треба савладати, претходно знање које студент поседује из области коју изучава, умор, услови физичког окружења у којем учи и др.
- Студент може да користи различите стратегије учења за савладавање градива.
- Окружење треба ефикасно да дистрибуира различите облике мултимедијалних наставних материјала у складу са стратегијом учења која се додељује студенту.
- Наставни материјали треба да су усклађени са закључцима Мајерове теорије мултимедијалног учења.
- Систем амбијенталне интелигенције треба да врши прорачун стратегије учења коју додељује студенту.
- Избор стратегије учења која се додељује студенту треба да буде у складу са критеријумом адаптације процеса учења.
- Систем амбијенталне интелигенције треба од паметне учионице да добије релевантне податке на основу којих ће се вршити прорачун адаптације процеса учења кроз доделу одговарајуће стратегије учења студенту.
- Улога наставника у моделу треба да је одређена активностима студента и потребом студента за ангажовањем наставника.
- Окружење паметне учионице треба да пружа подршку у комуникацији међу корисницима модела (студената и наставника).
- Модел треба да узиме у обзир могућности повезивања и комуникације с другим образовним системима за учење (*Moodle*, системи за мобилно учење, системи проширене реалности и др).

4.1 Архитектура модела

Предлог модела за адаптивно учење састоји се из три целине. То су студент, наставник и паметни образовни систем.



Слика 11. Општа блок схема модела

4.1.1 Профил студента

Модел адаптивног електронског образовања треба да прилагоди процес учења на основу изабраних карактеристика студента. Скуп свих карактеристика којим се описује студент а могу се искористити у оквиру модела исказани су кроз профил студента.

Профил студента чине различите врсте података према потребама модела.

Профил студента може да садржи:

- Личне податке (име, презиме, податке за контакт, број студентског досијеа и сл.).
- Предзнање које поседује из одређених области.

- Вештине и интересовања које поседује.
- Распоред часова.
- Ставовe према учењу.
- Информације о стратегијама учења које је користио у прошлости.
- Информације о искуству у раду с другим онлајн образовним системима.

Табела 2. Пример профила студента

Профил студента	
Лични подаци	Области интересовања
Предзнање из области од интереса	Информације о ранијем искуству у раду са онлајн образовним системима
Вештине	Став студента према учењу
Распоред часова	Информације о ранијим стратегијама учења

Подаци који чине профил студента могу бити непроменљиви (име и презиме, број студентског досијеа) и променљиви (предзнање које студент поседује из одређених области, распоред часова и др.). За реализацију адаптивног електронског образовања модел користи само оне податке из профила који су му од интереса.

Непроменљиве податке, попут имена и презимена и броја студентског досијеа, модел користи у сврху идентификације студента. Предзнање које студент има из одређених области исказује се кроз податке о претходно положеним испитима. Вештине и интересовања студент исказује кроз лични став у писаној форми. Распоред часова модел може да користи као критеријум адаптације учења према процени стања академског умора студента током дана. Ставови према раду исказују се кроз радне

навике студента, амбицију и одговорност у раду и, заједно са стратегијама учења које је користио у прошлости, дају закључке о навикама студента у току учења.

Описани подаци нису једини који се користе да изграде профил студента у моделу. Врста и број података којим се студент описује може бити проширен и другим подацима, у зависности од критеријума адаптације.

4.1.2 Профил наставника

Улога наставника у моделу је таква да успешност реализације адаптивног учења умногоме зависи од њега. Наставник није у могућности да у току одржавања групне наставе своја предавања истовремено прилагоди сваком студенту. Окружење паметне учионице пружа могућност аутоматизоване појединачне адаптације наставног процеса. Ипак, улога наставника је таква да је његово присуство у систему неопходно.

Наставник својом улогом компензује несавршености у моделу с аспекта недовољно прецизне адаптације наставног процеса. Поред тога што је задужен за контролу квалитета наставних материјала и целокупног процеса адаптивног учења у паметној учионици, наставник пружа упутства и смернице у раду студентима током целокупног процеса учења. Поред глобалне улоге коју наставник има у моделу, индивидуални рад с наставником представља и једну од стратегија учења која се може доделити у моделу. Наставник кроз индивидуални рад са студентом може да добије јаснију слику менталног модела знања коју је студент изградио.

Упутства за рад, излагање градива, давање одговора на питања студента, утицање на мотивацију као и анализа когнитивног оптерећења студента су процеси које наставник адаптира кроз индивидуални рад са студентом. Наставник нема универзалне особине; успешност адаптирања образовног процеса потребама студента резултат је његовог искуства у образовању, мотивације, стила предавања и других личних фактора. Зато у оквиру модела адаптивног образовања наставник представља засебну целину.

Профил наставника у моделу дефинише се кроз:

- Личне податке. Тај профил обухвата основне податке о наставнику попут имена, презимена, података за контакт, стручне спреме, предмета на којима је ангажован и слично.
- Стручне компетенције и вештине. Ужа наставна област за коју је наставник специјализован.
- Евалуацију стила и стратегије предавања. У питању је нумеричка вредност оцене рада наставника праћена коментарима. Оцену и коментаре дају студенти који су сарађивали с наставником.

Табела 3. Опис профила наставника

Профил наставника	
Лични подаци	Евалуација стила и стратегије
Стручне компетенције и вештине	Радно искуство

4.1.3 Модел паметног образовног система

Паметни образовни систем представља централни део модела у коме се реализује адаптација наставног процеса, управља подацима и целинама система који су релевантни у реализацији процеса адаптивног учења, посредује у комуникацији између студента и наставника, као и између паметног образовног система и других (спољних) система. Паметни едукативни систем чине четири целине:

- Паметна учионица.
- База података.
- Систем амбијенталне интелигенције.
- Блок интеракције са спољним системима.

Паметна учионица је целина која управља уређајима у учионици и читавањима сензора који прате паметно окружење. Та целина служи као допуна наставном процесу ради стварања оптималних услова за рад, као и да очита релевантне параметре окружења који су неопходни систему амбијенталне интелигенције за прорачун на основу ког ће се извршити процес адаптације учења. Паметна учионица контролише и управља системима попут система за обавештавање, аудио-видео система, смарт табле, радне станице студента, система за безбедност учионице, система за идентификацију студента.

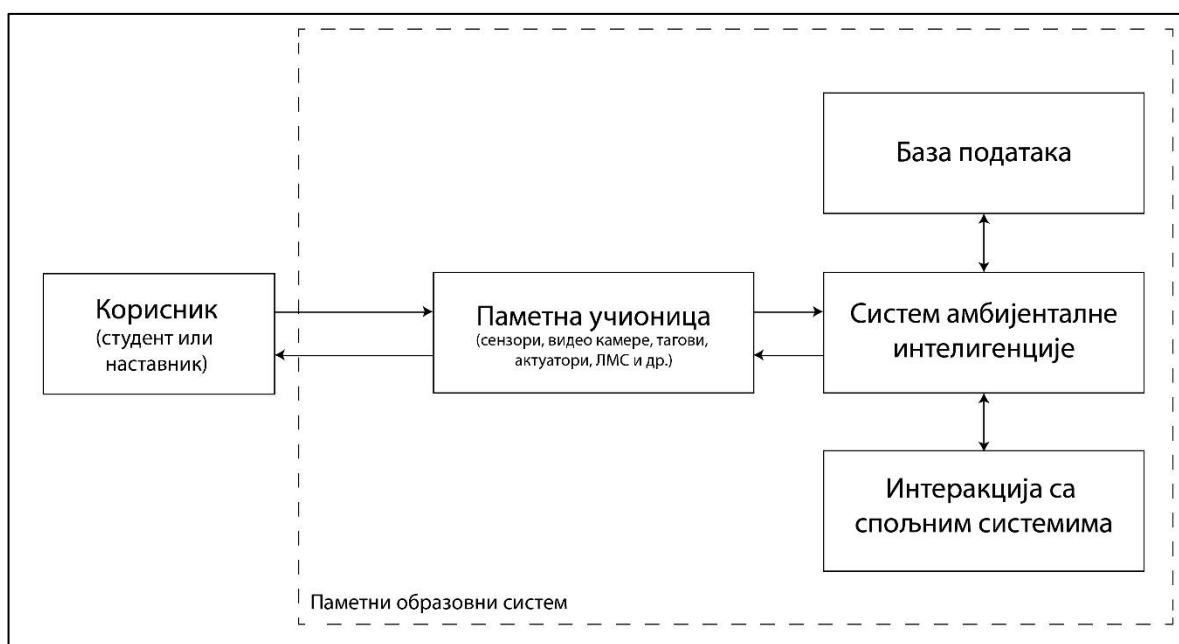
База података у оквиру паметног образовног система је централно место за чување свих релевантних података образовног процеса. Наставни материјали који се користе у окружењу доминантно су мултимедијалног типа. Под њима се подразумевају текстуални документи, видео-материјали, анимације, симулације, интерактивне апликације, хиперлинкови. База података је место у моделу где се чувају подаци о профилу студента, профилу наставника, као и оцене студената.

Систем амбијенталне интелигенције је целина која врши обраду података који су прикупљени из паметне учионице и комбинује их са подацима из базе података. Паметна учионица треба да обезбеди техничку инфраструктуру за прикупљање података које ће користити амбијентална интелигенција. Систем амбијенталне интелигенције шаље паметној учионици податке о начину на који треба извршити адаптацију процеса учења за сваког студента, док паметна учионица спроводи процес адаптације. Акције које паметна учионица спроводи могу бити на глобалном нивоу (као што је промена физичких параметара окружења у ком студенти уче) и на личном нивоу (као што је додела одговарајуће стратегије учења студенту појединачно).

Део интеракције с другим системима треба да дозволи интеграцију паметне учионице с екстерним системима. У питању су платформе за учење на даљину (попут *Moodle* платформе), системи виртуелне реалности, системи за мобилно учење, системи проширене реалности и други.

Кроз овај део модела може се вршити повезивање с другим паметним образовним окружењима и на тај начин учествовати у изградњи паметних друштвених образовних система.

Целокупан процес регулисан је тако да се на крају евалуира кроз циљеве које студент постигне. Употребом система студент треба да изгради исправну перцепцију модела који користи у оквиру радног окружења.



Слика 12. Паметни образовни систем

4.1.3.1 Паметна учионица

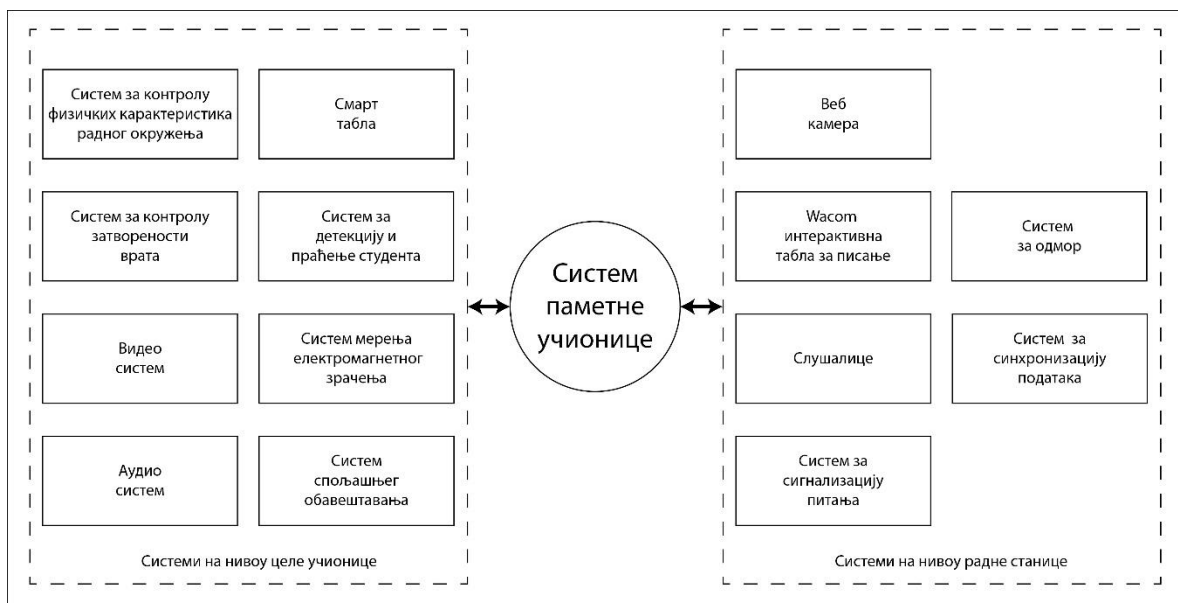
У оквиру паметног образовног система паметна учионица је задужена за контролу рада и комуникације свих система у паметној учионици. Систем паметне учионице представља централизовано место за прикупљање и обраду података који се користе у комуникацији с осталим деловима модела.

Паметна учионица опрема се на два нивоа: на глобалном нивоу целе учионице и на нивоу радне станице студента (Слика 13). Централни део паметне учионице је систем паметне учионице који контролише све системе и служи као контролор и посредник у комуникацији међу системима.

Компоненте модела паметне учионице на глобалном нивоу могу бити:

- Систем за контролу физичких карактеристика радног окружења. Овај систем подразумева регулацију температуре, влажности ваздуха, осветљености и квалитета ваздуха у учионици. За реализацију овог система неопходно је да се сензори за мерење температуре, влажности ваздуха, осветљења и количине угљен-диоксида у ваздуху поставе на одговарајућа места у учионици. На основу очитавања сензора систем паметне учионице управља актуаторима који регулишу стање физичких параметара који се мере. Управљање температуром и влажношћу ваздуха регулише се радом клима-уређаја, док се количина угљен-диоксида регулише отварањем прозора. Контрола осветљености остварује се регулацијом јачине вештачког светла у учионици.
- Систем за контролу затворености врата. Како би се обезбедио квалитетан рад система за регулацију температуре и влажности ваздуха у учионици, потребно је контролисати затвореност врата учионице. Овај систем захтева сензор затворености и звучни аларм који ће се огласити после одређеног временског интервала ако су улазна врата учионице отворена.
- Видео-систем. Овим системом настоји се обезбедити покривање целе површине учионице видео-сигналом. Обухвата неколико видео-камера, које имају вишеструку улогу. Камере могу да служе за снимање предавања, детекцију присуства наставника и студента или видео-надзор просторије. Да би се реализовао овај систем, потребно је набавити одговарајуће видео-камере, софтвер уз видео-камеру и обучити одређени број људи за руковање и управљање системом.

- **Аудио-систем.** Овај систем обухвата већи број микрофона стратешки распоређених у учионици. Микрофони су мултифункционални а њихова намена зависи од корисника система. Наставник користи екстерни микрофон за излагање предавања преко звучника у учионици и истовремено снимање градива које се излаже. Микрофон у оквиру радне станице користи се за комуникацију преко онлајн-сервиса. Одређени број микрофона има функцију снимања нивоа амбијенталне буке. Ти микрофони интегрисани су у систем којим управља наставник и коме информација из овог система треба да сигнализира недовољну пажњу студената у току предавања.



Слика 13. Архитектура паметне учионице

- **Смарт табла.** Смарт табла пружа велики број могућности професору и студенту који их користе у циљу обогаћивања и унапређивања наставног процеса: лакши приступ и дељење наставних материјала, бољу међусобну комуникацију и велики број интерактивних алата. Овај систем захтева обуку наставника.

- Систем спољашњег обавештавања. Овај систем у учионици и испред ње користи мониторе преко којих се објављују обавештења: о заузетости учионице, одржавању активности које не би требало да буду прекидане и др.
- Систем за детекцију и праћење студената. Детекција и праћење студента могу се реализовати помоћу сензора покрета, RFID тагова или I-Buttons чипова.
- Систем мерења електромагнетног зрачења. Због великог броја електричних уређаја који својим радом емитују електромагнетно зрачење, треба континуирано пратити ниво електромагнетног зрачења у учионици. Поред сензора који врше мерење, систем чине и одговарајући показивачи читавања.

Компоненте модела на локалном нивоу. Пред монитора и рачунара, свака радна станица треба да буде опремљена додатном опремом. Ту спадају:

- Звучна веб-камера, којом је могуће реализовати форме учења на даљину које захтевају размену видео и звучних садржаја.
- Ваком (*Wacom*) интерактивна табла за писање. Овакав уређај користан је за израду мултимедијалних садржаја (фотографија, анимација, специфичних графичких садржаја).
- Слушалице за индивидуални преглед звучних и видео садржаја на рачунару.
- Систем за сигнализацију питања. Овај систем користи студент у току рада или предавања да сигнализира наставнику да има питање. Активирањем сензора додира лампа на предњој страни монитора сигнализира наставнику да дотични студент има питање. Када студент жели да позове наставника, оваквим системом спречава се прекидање наставе и ометање рада других студената.
- Систем за одмор. Кад у току учења жели да направи паузу, студент прелази прстом преко сензора за пулс како би му се време за учење зауставило да би се могао активно одморити ангажујући се онлајн-активностима које нису везане за учење (попут размене садржаја преко друштвених мрежа, читања новина, слушања музике). На основу читавања сензора пулса одређује се степен замора студента и према тим читавањима додељује му се временски период који може посветити одмору.

- Систем за синхронизацију података. У питању је систем који користи неку од технологија за бежични пренос података (*WiFi, LiFi, Bluetooth, NFC*). Овај систем треба да обезбеди брзо и лако повезивање радних станица с мобилним телефонима корисника и пренос жељених података двосмерном комуникацијом.

Табела 4. Преглед система паметне учионице

Преглед система на глобалном нивоу
Систем за контролу физичких карактеристика радног окружења
Систем за контролу затворености врата учионице
Видео-систем
Аудио-систем
Смарт табла
Систем спољашњег обавештавања
Систем бежичног интернета
Систем мерења електромагнетног зрачења
Преглед опреме и система на нивоу радне станице
Веб-камера
Wacom интерактивна табла за писање
Слушалице
Систем за сигнализацију питања
Систем за одмор
Систем за синхронизацију података

4.1.3.2 Систем амбијенталне интелигенције

Систем амбијенталне интелигенције треба да обради податке добијене од паметне учионице и на основу њих изврши прорачун према дефинисаном критеријуму адаптације. На основу унапред дефинисаних критеријума адаптације и применом одговарајућих прорачуна систем амбијенталне интелигенције даје параметре адаптације учења прилагођене сваком студенту у систему. Систем амбијенталне интелигенције треба да прати студента у паметној учионици и утиче на његово будуће понашање. Праћење студента у паметној учионици преко система амбијенталне интелигенције реализује се као детектовање присуства студента и надзирање његовог понашања. Системи афективног рачунарства, који препознају емоције, могу се имплементирати у оквиру система амбијенталне интелигенције. У том случају систем амбијенталне интелигенције тумачи податке добијене афективним рачунарством и даје им смисао у оквиру модела.

Са системом амбијенталне интелигенције паметна учионица комуницира у оба смера. Паметна учионица шаље податке о присуству корисника у учионици. Систем амбијенталне интелигенције добијене податке комбинује с подацима из базе података и подацима који евентуално могу доћи из неког спољашњег система (друге платформе за е-учење, система за м-учење, проширене реалности и др.). На основу података који су систему амбијенталне интелигенције на располагању и начина на који је моделован корисник, односно његово понашање, систем препознаје шаблоне понашања корисника и на основу њих генерише информације које предаје паметној учионици. Паметна учионица преко актуатора управља процесима адаптације радног и физичког окружења кориснику.

Описани модел подржава четири особине кључне за развој концепта амбијенталне интелигенције. Према (*Ambient Intelligence - The Ultimate IoT Use Cases / IoT For All*, 2019) (Radosavljević, Radosavljević & Jelić, 2019) у питању су употребљивост (*Usability*), техничка изводљивост (*Technical feasibility*), поверење (*Trust and confidence*) и социјално-економски утицај (*Social and economic impacts*).

Употребљивост модела огледа се у организацији релевантних целина и учесника у систему да би се кориснику пружио жељени сервис по аутоматизму. Техничка изводљивост захтева прецизно пројектован систем, који је поуздан и ефикасан. Јасним дефинисањем учесника у систему и протокола комуникације међу њима остварује се висока поузданост система. Модел је окренут кориснику и треба да му пружи сервис тако да корисник изгради поверење у одлуке које доноси систем. Модел кроз одлуке које доноси систем амбијенталне интелигенције треба да подржи друштвену интеракцију међу корисницима и, пре свега, повећа продуктивност корисника.

4.2 Модел адаптивности у паметној учионици

Модел који је представљен има могућност имплементације различитих критеријума адаптивности. Захваљујући одвојеним целинама паметне учионице и система амбијенталне интелигенције, податке које прикупља паметна учионица систем амбијенталне интелигенције може тумачити са различитих аспеката. Узимајући у обзир профил студента, профил наставника и податке из паметне учионице, систем амбијенталне интелигенције, применом унапред дефинисаних прорачуна, дефинише параметре адаптације процеса учења. Систем адаптивности треба да буде дизајниран тако да студента покреће на различите активности, да узима у обзир индивидуалне карактеристике студента и подржи друштвену интеракцију међу учесницима система за учење. Процес адаптивности узима у обзир и факторе учења, додељујући студенту различите стратегије учења.

Модел адаптивног учења који се предлаже уводи два могућа концепта адаптивности у оквиру модела. Према првом се процес адаптације учења базира на критеријуму умора студента који произлази из дневних академских обавеза. Према другом се уводи утицај окружења паметне учионице на образовни процес кроз динамички коефицијент окружења (λ). Коефицијент λ је величина која на основу утицаја окружења делује на ангажовање студента.

4.2.1 Критеријум адаптације на основу умора студента

Према овом критеријуму модел нуди студенту одговарајућу стратегију учења која одговара прорачуну његовог умора. Умор студента процењује се на основу његовог ангажовања академским активностима током дана. Студент уласком у паметну учионицу активира систем паметне учионице, који га препознаје и идентификује. Подаци о студенту шаљу се систему амбијенталне интелигенције, који из базе података преузима информације о распореду часова и другим академским активностима којима је студент присуствовао током дана. На основу преузетих података врши се процена умора студента. Информација о умору студента адаптира процес његовог учења преко избора одговарајуће стратегије учења која му се додељује за учење на часу.

Стратегије учења које се додељују студенту према процењеном умору треба у одговарајућој мери да делују позитивно на мотивацију код студента и дају му већу контролу над процесом учења.

4.2.2 Критеријум адаптације према коефицијенту динамичког окружења

Адаптација процеса учења која се заснива на коефицијенту динамичког окружења уводи категорије које се састоје из унапред дефинисаних стратегија учења. Категорија учења израчунава се на основу физичких параметара окружења (исказаних кроз динамички коефицијент окружења – λ) и индивидуалних фактора којима се студент описује.

На основу читавања сензора у паметној учионици систем прорачунава параметар λ (Табела 5) или наставник мануелно додељује вредност. Индивидуални фактори који се узимају у обзир у прорачуну категорије учења су мотивација студента (*motivation*) (M), количина предзнања које студент поседује (*preknowledge*) (P) и очекивано когнитивно оптерећење (*cognitive load*) (C), односно једноставност градива (*simplicity*) (S).

Избор категорије ангажовања (K) студента врши се према формули:

$$K = (1-\lambda)M + P + \lambda(1-C), \text{ односно } K = (1-\lambda)M + P + \lambda S.$$

4.2.2.1 Динамички коефицијент окружења

Динамички коефицијент окружења (λ) представља параметар који описује утицај радног окружења на процес учења. Тим параметром се збирно приказују фактори окружења попут температуре, количине угљен-диоксида у ваздуху, влажности ваздуха и ваздушног притиска. Наведени скуп параметара може бити проширен и на индивидуалне физичке карактеристике студента попут крвног притиска, брзине откуцаја срца, ЕЕГ сигнала и ширине зеница.

На основу анализе параметара динамичком коефицијенту окружења додељује се нумеричка вредност у интервалу 0–1. На основу те вредности могуће је установити какви су услови за рад у паметној учионици, односно у каквом се физичком стању налази студент.

Минимална вредност $\lambda=0$ користи се да опише окружење у паметној учионици које је повољно за учење и рад. Такво окружење дефинишу оптимални физички услови за учење и рад те физичко стање студента на почетку процеса учења, када је одморан и није изложен факторима стреса. Под повољним физичким условима за рад подразумева се радно окружење на температури између 18 и 20 степени, уз влажност ваздуха 40–60%, нормални ваздушни притисак и добро осветљење просторије за учење) (Wargocki, 2007) (Garland, 2017) (Zaki et al., 2017) (Tang, Wang & Shan, 2018) . Под повољним окружењем за рад подразумева се и то да је студент физички одморан и није временски ограничен за учење.

Максимална вредност динамичког коефицијента окружења $\lambda=1$ описује окружење паметне учионице које је неповољно. Наведеном вредношћу динамичког

коэффициента окружења желе се обухватити лоши физички услови за учење и рад (загушљива просторија, неадекватна температура радног окружења, слаба осветљеност, велика влага ваздуха, неодговарајући ваздушни притисак), као и висок ниво отпора при учењу, стресно окружење и висок степен умора.

Вредност параметара на основу којих се формира λ добија се из сензорских система који су смештени у паметној учионици и вредности које у систем убацују студент или наставник. Поред тога што се користе за прорачун динамичког коэффициента окружења, добијени параметри могу бити искоришћени за регулацију физичких карактеристика окружења. На основу очитаних параметара могуће је дејством одговарајућих актуатора мењати параметре радног окружења (попут температуре и влажности ваздуха). Средња вредност параметра динамичког коэффициента окружења може се искористити за опис паметне учионице и услова за учење који у њој постоје.

Динамички коэффициент окружења нема константну вредност; може је мењати у складу с променама параметара на основу којих се израчунава.

Табела 5. Параметри помоћу којих се прорачунава динамички коэффициент окружења

Динамички коэффициент окружења (λ)	
Температура радног окружења	Влажност ваздуха
Ваздушни притисак	Осветљеност просторије
Количина угљен-диоксида у ваздуху	Физичко стање умора студента
Временско ограничење за рад	

Иако динамички коэффициент окружења представља параметар који систем амбијенталне интелигенције прорачунава на основу унапред дефинисаних

критеријума, наставник треба да има могућност контроле и мануелног задавања вредности параметра λ .

4.2.2.2 Параметри модела којима се описују индивидуални фактори

Коефицијент мотивације (M) може имати вредност у интервалу 0–1. Вредност 0 означава одсуство унутрашње мотивације студента за учење области која се изучава, а вредност 1 означава максималну вредност мотивисаности односно врло изражену унутрашњу мотивацију за учење.

Вредност коефицијента мотивације задаје студент на почетку и у току учења. На основу закључака ARCS модела мотивације у ситуацији када је студент лоше мотивисан или преваходно спољашње мотивисан потребно је деловати на елементе мотивације попут повећања пажње, значаја, самопоуздања и задовољства. Повећање пажње постиже се одговарајућом перцептуалном стимулацијом, постављањем додатних питања, давањем одговарајућих повратних информација о напретку студента у раду и пружањем разноврсних садржаја (DePasque & Tricomi, 2015).

Коефицијент P представља параметар који је дефинисан предзнањем студента. Истраживања су показала да је за различите нивое предзнања потребно студенту пружити различите врсте помоћи и подршке при учењу. Ниво предзнања студента утиче на избор стила и стратегије учења у адаптивном окружењу учења и самосталног учења (Воекаерс, 2017). Параметар P може имати вредности између 0 и 1, при чему 0 означава потпуно одсуство предзнања из области која се изучава док 1 означава висок степен предзнања материје. Вредност параметра P добија се на основу улазног теста, који студент ради на почетку предавања.

Коефицијент когнитивног оптерећења (C) представља очекивано когнитивно оптерећење којем ће студент бити изложен у току учења. Вредност параметра C је у интервалу 0–1. Вредност 0 означава минимално когнитивно оптерећење док 1 означава когнитивно оптерећење које ће код студента захтевати максимално умно ангажовање.

Како би се параметар когнитивног оптерећења уклопио у модел, уводи се величина једноставности (S – *simplicity*), која се добија из параметра C . Веза између ова два параметра дата је изразом $S=1-C$. Параметар S има вредност између 0 и 1. Вредност параметра $S=0$ означава ситуацију када је когнитивно оптерећење велико ($C=1$), односно градиво које се изучава сложено, компликовано и захтева велико когнитивно ангажовање студента. Вредност параметра $S=1$ (односно $C=0$) означава градиво које се сматра једноставним, некомплицованим за разумевање и које ће изискивати мало когнитивно оптерећење студента. Параметар когнитивног оптерећења (C), односно једноставности (S) задаје наставник.

4.2.2.3 Реализација адаптације процеса учења кроз категорије учења

Параметри персонализације који се узимају у обзир у оквиру модела су мотивација, предзнање студента, очекивано когнитивно оптерећење и утицај окружења паметне учионице који се исказује кроз динамички коефицијент окружења (λ). Према таксономији параметара коју је дала Фати Есалм (Essalm, Ben Ayed, Jemni, Graf & Kinshuk, 2015), мотивација спада у групу параметара персонализације који дају одговор на питање „Зашто да учим?“. Предзнање студента је из групе параметара који дају одговор на питање „Шта да учим?“, док очекивано когнитивно оптерећење и динамички коефицијент окружења спадају у групу параметара који дају одговор на питање „Како да научим?“.

Процес адаптације учења у паметној учионици реализује се кроз пет врста стратегије учења, од којих свака захтева специфичну врсту ангажовања студента у процесу учења.

Стратегије учења додељене су одговарајућим категоријама учења према количини и врсти ангажовања које се од студента очекује у процесу учења (Табела 6). У повољним условима за учење довољно је индивидуално ангажовање студента у

процесу учења. Што су услови за учење неповољнији, то се више захтева групно ангажовање и већа активност студента.

По добијању категорије учења студент започиње процес учења првом стратегијом учења која му је на располагању. Студент има на располагању и одређено време за које треба да савлада градиво применом стратегије која му је додељена. Када протекне време предвиђено са учење, студент ради тест на основу којег се процењује успешност наученог градива. Ако је студент успешно урадио тест и прешао праг знања који је дефинисао наставник, наставља да учи. Притом има могућност да настави учење применом постојеће стратегије учења, замени стратегију учења новом у оквиру категорије учења или промени целокупну категорију учења преласком на нижу категорију. Ако студент није савладао градиво, систем га враћа на исто градиво уз промењену стратегију у оквиру исте категорије учења или мења целокупну категорију учења наниже.

Табела 6. Категорије учења са стратегијама учења у оквиру модела који се предлаже

Категорија	Примарни стил	Секундарни стил	Дискусија кроз питања	Решавње мини-	Есеј	F2F са	Могућност промене категорије
K=2	+	-	-	-	-	+	наниже
K=1.5	+	+	-	-	-	+	наниже
K=1	+	+	+	-	-	+	наниже
K=0.5	+	-	+	+	-	+	наниже
K=0	+	-	-	+	+	+	наниже

У сваком тренутку учења студенту је на располагању помоћ наставника. Иако модел ставља студента у први план, улога наставника је значајна. Наставник треба да води студента кроз рад и окружење паметне учионице применом модела. Студенти који имају искуства у раду са онлајн-алатима за учење ефикасније користе време које проведу за рачунаром учећи и показују већу дозу самоуверености у извршавању задатака. На основу личног искуства и тренутног стања у учионици наставник може да коригује вредност динамичког коефицијента окружења коју је добио од паметне учионице. На тај начин наставник директно утиче на категорију учења која је студенту на располагању.

Модел тежи томе да ангажовање студента у савладавању градива буде максимално али ипак оставља наставника да буде део модела. Наставник је на располагању студенту у сваком тренутку и компензује евентуалне недостатке стратегија учења које су део категорија учења.

4.2.3 Технолошки аспект модела

Предложени модел подржава хибридни модел адаптације образовног процеса, који користи елементе и адаптивности и адаптибилности. Модел је адаптибилан будући да систем контролише процес учења кроз доделу одговарајућих стратегија учења према одговарајућим критеријумима (умора студента или параметра динамичког окружења).

Описани модел уклапа се у концепт технолошки подржаних окружења за учење. У оваквом окружењу знања и вештине код студената развијају се на ефикаснији начин него у класичним наставним окружењима (Wu, Lee, Chang & Liang, 2013).

Модел се уклапа у паметну учионицу као технолошки подржано окружење за учење са свих шест аспеката.

Модел се реализује у паметној учионици, која садржи софтверске и хардверске алате који подржавају реализацију модела (технички аспект).

Кроз различите стратегије учења модел тежи да повеже претходно знање и искуство студента како би студент разумео градиво које треба да савлада (аспект садржаја).

Окружење паметних учионица треба да оптимизује когнитивно оптерећење студената кроз представљање података на одговарајући начин, у складу за изабраним критеријумом адаптације (когнитивни аспект).

Кроз стратегију која се додељује студенту у оквиру модела студент планира, организује и контролише процес размишљања и изградње знања (метакогнитивни аспект).

Модел користи различите облике друштвене интеракције у оквиру различитих стратегија учења, од индивидуалног рада до рада у групи (социјална димензија).

Да би се постигао циљ изградње позитивног става студената у коришћењу технологије у процесу учења, моделом је предвиђено константно присуство наставника. Једна од његових улога је да студентима у оквиру паметне учионице даје инструкције о начину коришћења елемената паметних учионица (афективни аспект).

Недостатак оваквог модела учења произлази из реализације флексибилног учења. Модели флексибилног учења захтевају велико временско ангажовање студената, у зависности од стратегије учења која им је додељена, а наставници имају велико иницијално ангажовање у реализацији наставних материјала за различите врсте стратегија учења. Поред тога, овакав модел захтева технолошки добро опремљену паметну учионицу како би се могао реализовати процес доделе стратегије учења студенту применом амбијенталне интелигенције.

4.2.4 Евалуација модела

Основни циљ модела адаптивног електронског образовања који је представљен у дисертацији је унапређење процеса учења тако да он буде ефикасан и ефективан. Ефикасност модела представља се кроз активности које студент спроводи у току учења, док се ефективност огледа у знањима и вештинама којима студент овлада у току учења.

Модел имплементира паметни образовни систем у учионици која се описује као технолошки подржано окружење за учење. Хардверска и софтверска опрема у учионици имају улогу да подрже процес учења у складу са захтевима који се дефинишу у моделу. Окружење у ком студент учи прати његове активности и резултате које остварује.

Током реализације примене модела паметна учионица детектује присуство корисника (студента или наставника) у учионици. Кроз систем амбијенталне интелигенције и релевантних података који описују корисника паметни образовни систем спроводи активности које имају за циљ да прилагоде процес учења студенту према унапред дефинисаним критеријумима адаптације. Успешност реализације модела евалуира се кроз тестове знања и упитнике које попуњавају корисници.

Када се као критеријум адаптације користи физички умор студента који произлази из његових дневних академских активности, кључно је проценити физички умор студента. Физички умор може се проценити на основу времена ангажовања студента у току учења или биохемијских процеса у организму попут брзине откуцаја срца, ЕКГ сигнала, ЕЕГ сигнала и др (Hosseini & Nasrabadi, 2019). Добијени податак користи систем амбијенталне интелигенције да студенту додели одговарајућу стратегију за учење. Избор стратегије врши се тако да студенте код којих је ниво умора већи стратегија којом уче додатно мотивише и ангажује у процесу учења. Стратегије учења бирају се да буду ефикасне и у складу с могућностима студената с аспекта умора. Процес учења завршава се тестом знања. Упоредивањем резултата оствареним на тестовима знања студената који су примењивали модел и оних који су учили на класичан начин добија се информација о ефективности учења применом модела.

Критеријум адаптације према коефицијенту динамичког окружења користи читавања сензорске мреже паметне учионице за прорачун једног од параметара адаптације. Тачност сензора који мере физичке параметре у учионици попут температуре, количине угљен-диоксида, влажности, буке, осветљења и др. утичу на крајњи прорачун коефицијента динамичког окружења (λ). Евалуација вредности параметра окружења (λ) спроводи се давањем упитника студентима који уче у паметној учионици. Студенти кроз упитник дају своју субјективну процену физичких параметара окружења у учионици.

Поред параметра λ , паметни образовни систем као параметре на основу којих прорачунава категорију стратегија за учење коју додељује студенту узима у обзир и његово предзнање, степен мотивисаности као и когнитивно оптерећење. Предзнање студента проверава се кроз тест знања на почетку учења или се узимају у обзир оцене с којима је положио испите од интереса за савладавање градива. Степен мотивисаности одређује се стандардизованим упитницима, док степен когнитивног оптерећења одређује наставник на основу тематске области која се учи. Паметни образовни систем према моделу одређује категорије стратегија учења које се додељују студенту. На крају учења студенти раде тест знања којим се процењује ефективност учења. Упоређивањем резултата на тестовима знања студената који су примењивали модел и оних који су учили на класичан начин добија се информација о ефективности учења применом модела.

Модел пружа могућност примене различитих модела адаптације учења. Податке добијене током различитих процеса реализације, пре свега резултате тестова и упитника, треба статистички обрадити и анализирати. Добијени закључци могу да унапреде алгоритме прорачуна параметара које паметни образовни систем користи у процесу адаптације учења.

5. ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА АДАПТИВНОГ УЧЕЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ СИСТЕМИМА И АНАЛИЗА РЕЗУЛТАТА

У претходним поглављима докторске дисертације дат је теоријски преглед релевантних научних области које су послужиле као основ за постављање модела адаптивног учења у паметним образовним окружењима. У овом поглављу биће описана истраживања (Radosavljević, Radosavljević & Jelić, 2019) (Radosavljević, Radosavljević & Jelić, 2019) (Radosavljević, Radosavljević & Jelić, 2019) која су имала циљ да тестирају представљени модел. Описани су поступци тестирања и представљени резултати и закључци истраживања.

Развој модела адаптивног учења у паметним образовним окружењима базиран је на амбијенталној интелигенцији и приказан кроз два критеријума, критеријум умора студента и критеријум адаптације учења према динамичком коефицијенту окружења.

5.1 Примена модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента

Модел адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента има за циљ да испита ефекат примене концепта амбијенталне интелигенције у паметној учионици у односу на успех студената у постизању адекватних исхода учења. Исходи учења су вештине, знања или ставови које би студенти требало да развију као резултат учења (Kumpas Lenk, Eisenschmidt & Veispak, 2018).

Систем амбијенталне интелигенције детектује студента на основу читавања сензора у паметној учионици и потом користи информације о наставним активностима

студента током дана, на основу којих процењује умор студента. На основу те процене систем амбијенталне интелигенције одређује и додељује стратегију учења за сваког студента појединачно. На крају часа студенти раде тест знања којим се мери успех у постизању исхода учења.

5.1.1 Опис тока примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента

Истраживање је спроведено у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије (Високој ИЦТ школи) у Београду, у Србији. У истраживању је учествовало 80 студената смера Телекомуникације који су пратили наставу из предмета Дигиталне телекомуникације. Студенти су распоређени у две групе, контролну и експерименталну, по случајном узорку без статистичких разлика.

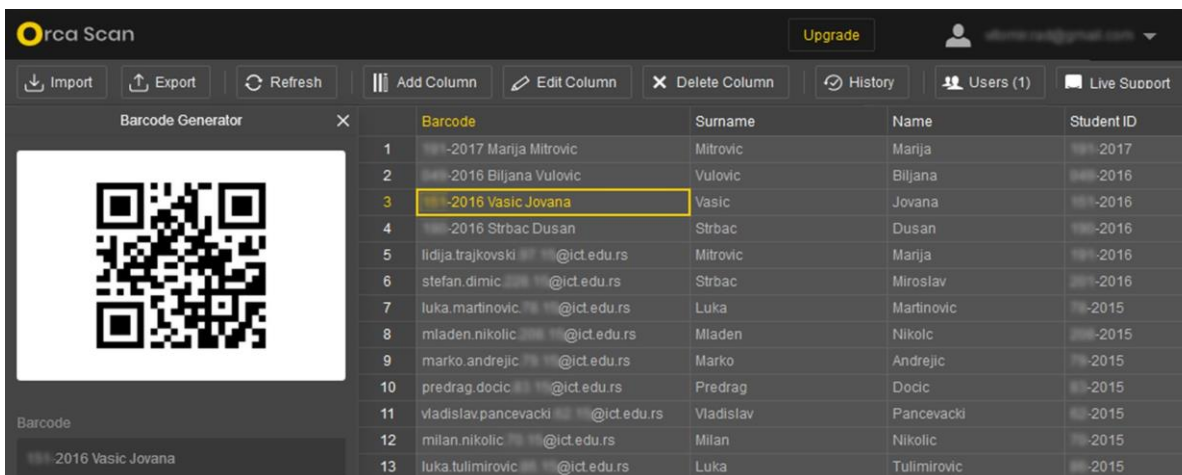
У контролној групи студенти су на почетку часа улазили у учионицу, где су након заузимања места за рачунаром били прозивани према одговарајућем списку од стране наставника како би се установило њихово присуство. Након прозивке студенти су приступали *Moodle* платформи за е-учење где су постављени наставни материјали које је потребно савладати у времену од једног школског часа (45 минута). Сви студенти контролне групе користили су уобичајену стратегију учења ишчитавањем градива. Након истека времена за савладавање градива студенти су радили тест знања на *Moodle* платформи.

Експериментална група подразумевала је евиденцију путем сензора паметне учионице кроз унапред појединачно генерисане QR кодове које су студенти имали на својим мобилним телефонима. Сваком студенту је његов лични QR код дистрибуиран имејлом неколико дана пре реализације експеримента.



Слика 14. QR кодови за идентификацију студената

Евиденцију спроводи наставник применом апликације *Orca Scan* (*Orca Scan: Cloud Sheets*, 2018) читавајући QR сваког студента понаособ. *Orca Scan* апликација одабрана је међу великим бројем апликација за читавање QR кодова будући да, поред читавања кодова, пружа низ додатних могућности, као што су: постављање података на клауд платформу саме апликације, могућност синхронизације података у реалном времену са клауд платформама попут *Google Spredsheet* и могућност коришћења података од стране већег броја корисника. Такође, апликација је компатибилна са Андроид и ИОС оперативним системима, док рад са апликацијом не захтева додатну обуку. Очитани подаци могу се извести са мобилног телефона на жељени *Google Spredsheet* налог, чувати у оквиру клауд система *Orca Scan* платформе па одатле експортирати или аутоматски интегрисати са спољним клауд платформама.



Слика 15. Десктоп приказ *Orca Scan* апликације ("*Orca Scan: Cloud Sheets*", 2018)

Пошто су подаци о студенту прочитани и пребачени са *Orca Scan* апликације на *Google Spreadsheets* клауд, систем амбијенталне интелигенције преузима прочитане податке и упоређује их с подацима о распореду часова студента, који се налазе у бази података. Систем амбијенталне интелигенције реализован је кроз формирање лукап табела и писање одговарајућих скрипти у оквиру *Google Spreadsheets* платформе. На овај начин су из базе података преузети подаци о дневном ангажовању студената.

Према претходном искуству наставника у реализацији предмета Дигиталне телекомуникације примећено је да се код студената који су имали наставне активности током дана испољава различит степен умора. Како устаљена шема наставних активности у оквиру поменуте школе подразумева могућност да студенти пре ових часова могу имати 0, 1–3 или 4–6 часова, у Табели 7 направљена је веза између броја часова који условљавају количину умора и препоручене стратегије учења која ће студенту бити додељена (Табела 7).

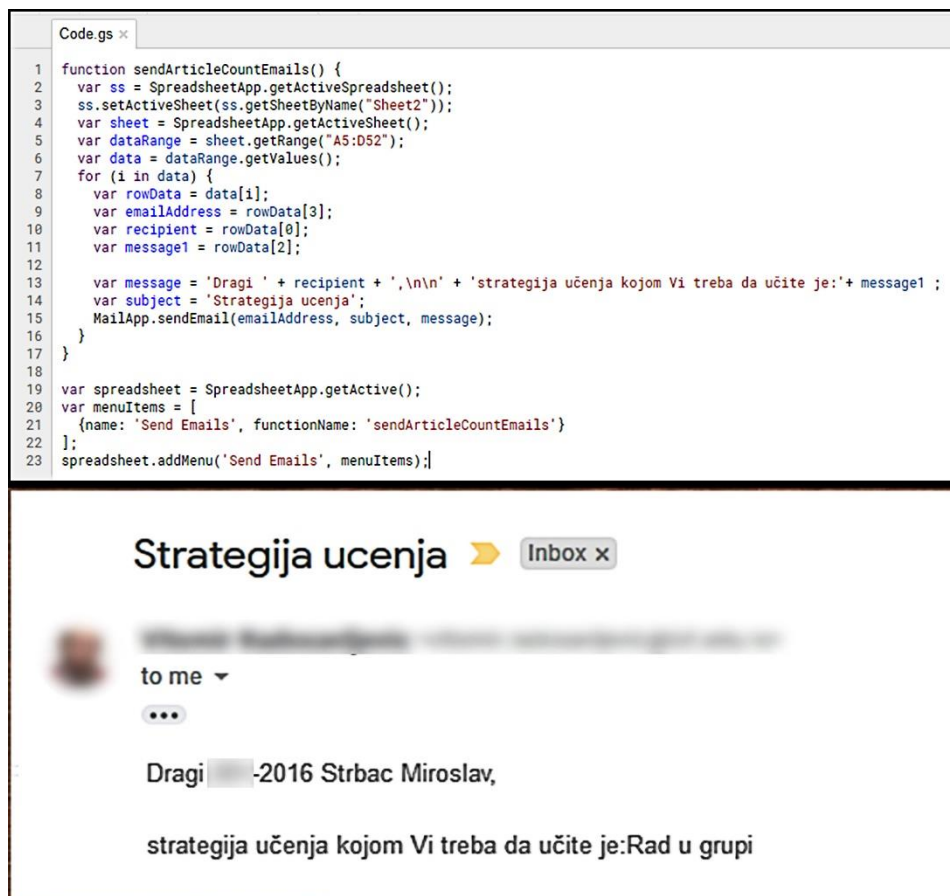
Табела 7. Расподела стратегија учења према распореду часова студента

Број школских часова студента према распореду часова (у односу на тренутни час)	Стратегија учења
4 или више	Рад са наставником
1–3 часа	Рад у групи
0	Ишчитавање градива

Систем амбијенталне интелигенције генерише имејл поруку коју прослеђује студенту са обавештењем о стратегији учења коју треба да примени. Студенти се пријављују на *Moodle* платформи за е-учење и наредних 45 минута уче наставно градиво према стратегији учења која им је додељена. Након истека времена за савладавање градива студенти раде тест знања на *Moodle* платформи.

Наставни материјали дистрибуирани су студентима преко *Moodle* платформе. Сви студенти уче исту лекцију. Лекција садржи две целине:

- Прву чини теоријско градиво, представљено у форми текстуалних материјала обogaћених мултимедијалним садржајима (сликама и анимацијама).
- Друга се састоји из примера из праксе, представљених видео-записима и проблемским задацима из наставне области. Овај део лекције служи да студент, кроз питања на које даје одговоре и коментаре које попуњава уз објашњења, изгради одговарајући ментални модел знања.



Слика 16. Генерисање и-мејл поруке са информацијом о стратегији учења

5.1.2 Резултати и анализа примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента

Модел адаптивног учења базиран на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента треба да покаже утицај правилног избора стратегије учења на успех студената према подацима које амбијентална интелигенција обрађује и дистрибуира кроз систем паметне учионице. Истраживање је имало циљ да утврди да ли овакав модел позитивно утиче на остваривање исхода учења.

Студентима експерименталне групе додељиване су стратегије учења у складу са проценом њиховог дневног умора. Умор је процењен на основу претходних

академских активности студента током дана, односно на основу распореда часова студента. Успех у остваривању исхода учења мерен је на основу резултата завршног теста знања који су студенти контролне и експерименталне групе радили на крају часа.

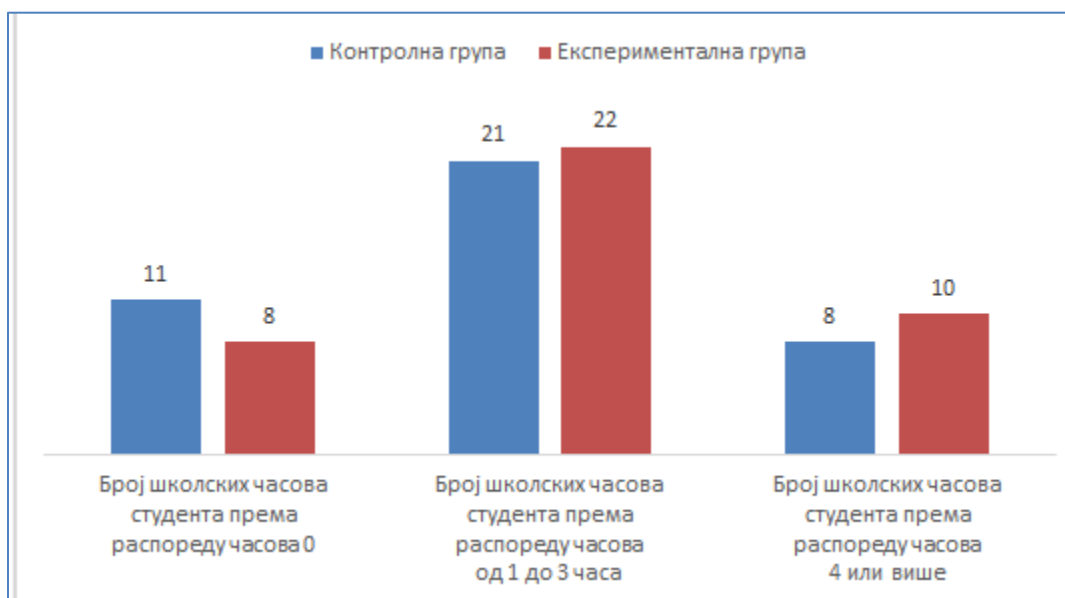


Слика 17. Резултати завршног теста

Упоредивањем је утврђено да су студенти експерименталне групе постигли боље резултате. Максимална оцена коју су студенти могли да добију на тесту знања била је 10. Просечна оцена студената контролне групе била је 7.10, док су студенти експерименталне групе постигли средњу оцену 8.70. Резултати t -теста показали су да је вредност значаја (*significance value*) .000 у оба теста знања ($p < 0.05$), чиме је потврђено да су средње вредности поена експерименталне и контролне групе на тестовима знања статистички различите. Резултати истраживања обрађени су коришћењем софтверског алата СПСС.

Поред анализе резултата на завршним тестовима, оцене на завршним тестовима поређене су у односу на количину дневних академских активности

студената. Студенти обе групе посматрани су у односу на количину академских активности остварених током дана према поменутиим претходним оптерећењима у смислу броја часова (4 или више часова, 1–3 школска часа и без часова). Број студената у контролној и експерименталној групи, посматран према броју часова којим су претходно оптерећени, разликовао се минимално (Слика 18).

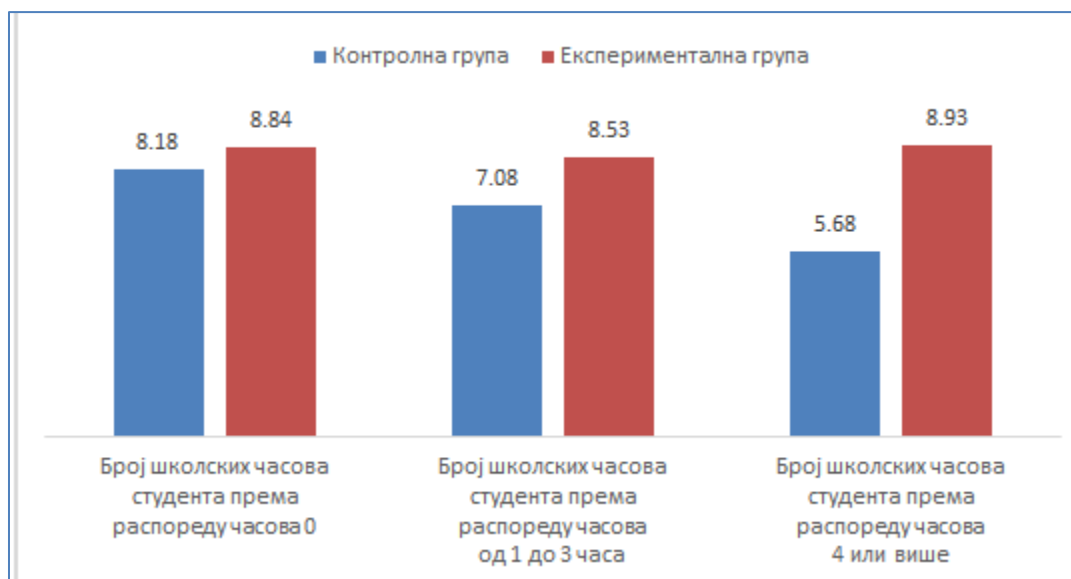


Слика 18. Број чланова група студената према претходним дневним академским активностима

Највећа разлика у оцени на завршном тесту видљива је код студената који су имали четири и више часова, где су студенти експерименталне групе са додељеном стратегијом рада са наставником имали знатно већу оцену од студената из контролне групе (са истим претходним оптерећењем) који су користили уобичајену стратегију учења ишчитавањем (Слика 19).

Резултате које је ово истраживање показало можемо посматрати из два угла:

- Анализом података који су доступни кроз амбијенталну интелигенцију могуће је повећати успех студената у савладавању наставног градива и остваривању постављених исхода учења.
- Анализом података који су доступни кроз амбијенталну интелигенцију могуће је помоћу система паметне учионице понудити студентима одговарајућу стратегију учења у складу са критеријумима који су адекватни за очекиване исходе учења.



Слика 19. Успех студената на завршном тесту у зависности од претходних дневних академских активности

5.1.3 Ограничења модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији према критеријуму умора студента

Ограничења која има приказани модел односе се пре свега на дефинисање адекватних стратегија учења у складу са наставним материјалима, односно областима изучавања. Избор стратегије може се вршити на основу другачијих критеријума, као и

на основу заједничког утицаја више критеријума. Ово истраживање у обзир је узело само умор студента, и то као последицу академског оптерећења током дана. Такође, ограничење овог истраживања је релативно мали број студената који је учествовао у реализацији модела. Организација паметне учионице, као и доступност података које амбијентална интелигенција може адекватно анализирати су специфичност сваке школске установе понаособ.

Модел користи информације о умору студента процењеног према реализованим дневним академским активностима, према којима је извршен избор адекватне стратегије учења. За потребе тестирања модела у истраживању коришћене су три стратегије учења, изабране у складу са когнитивним активностима прилагођеним стању умора студента. Даљи развој модела треба да испита ефекте коришћења других стратегија (попут учења кроз практичну примену или *flipped* модела учионице) као и других критеријума према којима се бирају стратегије учења.

5.2 Примена модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијенту динамичког окружења

Друго истраживање које је спроведено имало је циљ да истражи утицај различитих физичких параметара окружења на процес адаптације учења у паметној учионици. Основна идеја овог модела је да утврди релевантност увођења параметра који ће физичке факторе окружења приказати обједињено ради моделовања адаптивног учења у паметним учионицама и који би амбијентална интелигенција могла да користи за прорачун доделе стратегије учења студенту.

5.2.1 **Опис тока примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијент динамичког окружења**

Истраживање је обухватило експеримент који је реализован у Високој ИЦТ школи у Београду, у Србији. У експерименту су учествовала 64 студента студијског програма Телекомуникације. Студенти су имали задатак да у времену од једног школског часа савладају планом предвиђено наставно градиво кроз ЛМС платформу за учење, ураде тест знања и попуне упитнике. Након спроведеног експеримента разматрани су добијени резултати.

Експеримент је спроведен у паметној учионици, у којој је било могуће пратити физичке параметре окружења и утицати на њих. Намерно је одабрана паметна учионица која се налази у сутерену зграде и нема прозора нити природног осветљења. Физички параметри окружења који су праћени у току експеримента и на које се утицало су температура радног окружења, осветљеност, проветреност просторије и бука.

Избор физичких параметара окружења који су праћени одређен је техничким могућностима паметне учионице. Паметна учионица у којој се изводи експеримент није опремљена интегрисаном сензорском мрежом већ је стање наведених параметара објективно детектовано помоћу одговарајућих мерних инструмената и прорачуна.

Учесници експеримента су студенти распоређени у четири групе по 16 студената, на основу распореда по ком су пратили наставу. Две групе су експерименталне а преостале две контролне. Груписање студената изводи се на основу броја индекса, чиме је обезбеђена занемарљива статистичка разлика између експерименталних и контролних група.

Студенти уче помоћу наставних материјала који су на *Moodle* платформи. Студент има могућност да изабере и/или комбинује различите врсте наставних материјала, који највише одговарају његовом стилу учења. Предвиђено време за савладавање градива је 30 минута. За време трајања експеримента сви физички

параметри окружења у контролној групи одржавани су у оптималним вредностима а у експерименталној групи ван оптималних вредности. Тест знања ради се електронски преко ЛМС платформе и даје оцене у складу са стандардима оцењивања (1–10).

Упитник се састоји од питања којима се на 7-степенј Ликертовој скали испитује субјективни доживљај физичких параметара окружења. Поред одговора на питања, студенти су у оквиру упитника имали могућност да искажу своје мишљење о утицају физичког окружења на процес учења.

5.2.1.1 Дефинисање динамичког параметра у истраживању

Температура радног окружења мерена је дигиталним термометром, осветљеност се добија на основу прорачуна, проветреност се контролише системом вентилације и бука се мери одговарајућом апликацијом.

За потребе експеримента сваком од физичких параметара окружења додељена је једна од две вредности: оптимална вредност или неоптимална вредност. Додељена вредност у зависности је од измерене вредности физичке величине која описује параметар или одговарајућег прорачуна вредности.

Очитане вредности температуре које су се налазиле у интервалу 20–24°C означене су као оптимална вредност, док су оне ван наведеног интервала означене као неоптимална вредност.

Количина светла коју даје извор светлости неопходна за добро осветљавање учионице треба да износи 250–550 lux ($1 \text{ lux} = 1 \text{ lumen/m}^2$)¹, што је одговарало оптималној вредности, док су вредности ван овог опсега означене као неоптималне.

¹ Према подацима које нуди специјализовани блог за прорачун осветљења *RSTenergy* (ECOENERGY, 2017), извор светлости у учионици димензија 5 x 8 x 2.3 m (Ш x Д x В) је 11 панела са по четири неонска светла (L18W/765, 6.500K, 1.050lm). Према (ECOENERGY, 2017), за добро осветљење учионице

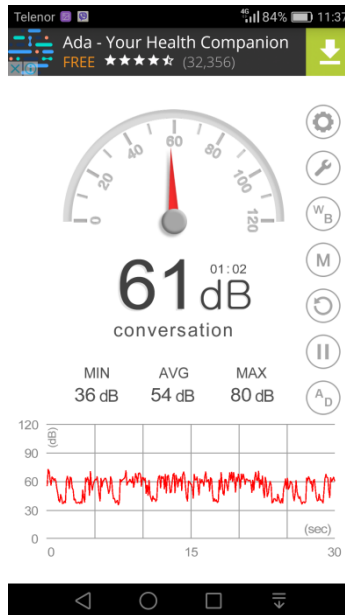
За потребе проветравања учионице користи се систем вентилације од два вентилатора STYLVENT HV-230RC, који појединачно имају могућност убацивања $330 \text{ m}^3/\text{h}$ свежег ваздуха у просторију. Када су оба вентилатора укључена, остварују проток од $660 \text{ m}^3/\text{h}$. Према прорачуну потребног протока ваздуха (Hydroponics, 2017) (Taemthong, 2019), за описану учионицу (запремине 92 m^3) потребан је проток ваздуха од $640 \text{ m}^3/\text{h}$. Када је систем вентилације укључен, вредност параметра проветрености просторије је оптимална, док је неоптимална вредност када је систем вентилације искључен.



Слика 20. Осветљеност учионице

Очитане вредности нивоа звука добијене кроз апликацију *Sound Meter* (Слика 21) груписане су у две вредности. Ниво звука мањи од 50 dB описан је као оптимална вредност, док су вредности преко 50 dB неоптималне.

потребно $23.000\text{--}50.600 \text{ lm}$. Једанаест панела светла даје укупно 46.200 lm , чиме је потврђено да је учионица добро осветљена. Случај када је свих 11 панела светала укључено описан је као „оптимална вредност“, односно са пет панела светла као „неоптимална вредност“.



Слика 21. Апликација за мерење нивоа јачине звука

На основу добијених вредности праћених параметара дефинисана је вредност и динамичког коефицијента окружења. Динамички коефицијент окружења (λ) дискретизован је на две екстремне вредности. Када је свим параметрима који се прате у експерименту додељена оптимална вредност, λ има вредност $\lambda=0$. Максимална вредност динамичког параметра окружења $\lambda=1$ додељена је у случају када су сви параметри окружења описани као неоптимална вредност. Међустања параметра λ нису разматрана у овом раду и захтевају додатне експерименте.

5.2.2 Резултати и анализа примене модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијенту динамичког окружења

У оквиру истраживања студенти су на крају часа радили тест знања како би се поређењем резултата теста две контролне и две експерименталне групе утврдило да ли динамички коефицијент окружења (λ) утиче на исход учења. Студенти су решавали

тест из градива које су учили на часу. Максималан број поена који су могли да остваре био је 10.

Средња вредност успеха на тесту знања у експерименталној групи износи 7.21 (уз стандардну девијацију 2.19), док је у контролној групи 8.59 (уз стандардну девијацију 1.37). Резултати t-теста показали су да је вредност значаја (*significance value*) .002 у оба теста знања ($p < 0.05$), чиме је одбачена нулта хипотеза. Тиме је потврђено да су средње вредности остварених поена на тестовима знања у контролним односно експерименталним групама статистички различите. Резултати теста потврдили су да динамички коефицијент окружења може бити искоришћен као критеријум адаптације учења у паметној учионици.

Динамички параметар окружења праћен је кроз објективна мерења параметара и субјективни доживљај студената. Објективни резултати мерења дати су у Табели 8, док је субјективни доживљај параметара испитан упитником који се односио на температуру радног окружења, проветреност учионице, осветљеност учионице и буку.

У делу упитника који се односи на субјективан доживљај физичких параметара окружења студенти су оцењивали одговарајуће исказе. У Табели 9 приказани су резултати упитника.

На основу Табеле 9 види се да су студенти експерименталних група детектовали неоптималне вредности физичких параметара окружења.

У делу упитника остављеном за додатне коментаре студенти експерименталних група су у знатном броју коментарисали негативан утицај физичког окружења на процес учења. Физичке параметре нису коментарисали појединачно већ обједињено. Коментари су највише указивали на потребу додатног менталног ангажовања за савладавање градива услед ометајућих фактора окружења.

Табела 8. Резултати објективних мерења физичких параметара окружења

* бука је била симулирана кроз аудио снимак дијалога две особе

	Параметар			
	Температура [°C]	Бука [dB]	Проветреност (рад уређаја за проветравање)	Укупна количина осветљења
Контролна група 1	23	45	Да	11x4x1050lm=46200lm
Контролна група 2	23	45	Да	11x4x1050lm=46200lm
Експериментална група 1	25	61*	Не	5x4x1050lm=21000lm
Експериментална група 2	26	61*	Не	5x4x1050lm=21000lm

Истраживање чији су резултати представљени имало је циљ да утврди могућност коришћења динамичког параметра (λ) окружења као параметра адаптације учења у паметним учионицама. Резултати истраживања довели су неколико закључака:

- Први закључак односи се на резултате студената на тестовима знања. Студенти експерименталних група постигли су лошије резултате на тесту знања него студенти контролних група. Студенти контролних група, који су радили у

окружењу оптималних физичких параметара окружења, показали су бољи успех за више од једне целе оцене на десетостепеној скали знања у односу на студенте експерименталних група. Разлика у успеху може се објаснити кроз теорију когнитивног оптерећења (*cognitive load theory*) (Sweller, 1988) (Chandler & Sweller, 1991) (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998). Физички фактори окружења описују се као ирелевантни подаци (*extraneous cognitive load*). Ирелевантни подаци немају високу сазнајну вредност али их студент у одређеним тренуцима мора прихватити и обрадити. У случају неоптималних физичких услова за учење пажња студента се са информација које су битне за процес учења преусмерава на ометајуће факторе из окружења у коме се учи. Тиме се расипа пажња студента и умањује ефикасност сазнајног процеса. Ментално ангажовање студента у том случају не троши се само на процес учења већ и на компензовање ометајућих фактора из околине (Sweller, 1988) (Chandler & Sweller, 1991) (Sweller, Van Merriënboer & Paas, 1998).

- Други закључак односи се на утицај услова радног окружења на учење у паметним учионицама. Закључак који су дала истраживања (Egong, 2014), (Gómez, Huete, Hoyos, Perez & Grigori, 2013), (Crook & Langdon, 1974) (Green, Pasternack & Shore, 1982) (Grossberg, 1999) (Ricciardi & Buratti, 2018) (Küller & Lindsten, 1992) (Wurtman, 1975) (Ott, 1976) (Walberg, 1982) (Mølhav, Bach & Pedersen, 1986) (Otto, Hudnell, House, Mølhav & Counts, 1992) (Uzelac, Gligorić & Krčo, 2018) (Uzelac, Gligorić & Krčo, 2018) у окружењу класичних учионица може се применити и у паметним учионицама. Физички параметри окружења у ком студент учи утичу на успешност учења и у паметној учионици. Предност паметних учионица у односу на класичне је могућност праћења физичких параметара радног окружења. Сензорске мреже у учионици могу пратити промену различитих параметара и кроз системе за њихову контролу деловати на радно окружење. Последица овог закључка је увођење величине која је означена као динамички коефицијент окружења (λ). Ова величина узима одговарајућу вредност из интервала $[0,1]$ и кроз ту вредност описује обједињено стање физичких параметара окружења у паметној учионици. У истраживању је овај

параметар дискретизован само на екстремне вредности. Даља истраживања треба да дају одговор на питање колико сваки од појединачних параметара окружења има утицаја у прорачуну параметра λ .

- Трећи закључак изведен је на основу додатних коментара у упитнику у којем су студенти исказивали своје мишљење о утицају физичког окружења на процес учења. Збирни утицај окружења даје другачију субјективну слику стања физичких параметара окружења него када студент посматра појединачне параметре. Увођење динамичког параметра окружења обједињује више физичких параметара у једну вредност и стога је релевантан да опише физичко стање окружења у паметној учионици.

Табела 9. Резултати упитника субјективног доживљаја физичких параметара

	Студенти контролних група ($\lambda=0$) N=32	Студенти експерименталних група ($\lambda=1$) N=32
<i>*у опсегу од 1-не слажем се до 7-апсолутно се слажем</i>	Средња вредност (стандардна девијација)	Средња вредност (стандардна девијација)
Температура ваздуха у учионици је таква да није пријатна за учење и рад*	2.20 (1.78)	5.24 (1.60)
Учионица није проветрена*	2.38 (1.79)	5.37 (1.47)
Учионица није добро осветљена*	2.23(1.73)	5.68 (1.46)
У учионици је бучно, што ме омета у раду*	2.38 (2.03)	5.82 (1.55)

5.2.3 Ограничења модела адаптивног учења базираног на амбијенталној интелигенцији и критеријуму адаптације према коефицијенту динамичког окружења

Ограничења овог истраживања односе се на:

- Техничку опремљеност паметне учионице по питању праћења различитих физичких параметара кроз јединствен динамички коефицијент.
- Вредности које систем третира као оптималне. Оне се морају узети с резервом, у зависности од специфичности окружења потребних за реализацију појединих видова наставе (као што је, на пример, обука студената медицине за рад у неповољном окружењу).
- Индивидуални доживљај физичких параметара окружења. Студенти на различите начине доживљавају различите вредности физичких параметара окружења.
- Број физичких параметара које би објединио динамички коефицијент окружења.

Добијени закључци указују на то да параметри физичког окружења утичу на процес учења у паметној учионици. Динамички параметар окружења могуће је користити као критеријум адаптације процеса учења у паметним учионицама. Представљање вишеструких фактора окружења кроз јединствени параметар олакшава реализацију процеса адаптације, поготово у случају коришћења већег броја критеријума адаптације.

6. НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОС НАУЧНОГ ИСТРАЖИВАЊА

Најзначајнији допринос докторске дисертације је развој модела адаптивног учења прилагођеног паметним образовним окружењима. Крајњи резултат истраживања је тестирање и могућа имплементација модела адаптивног учења у реалне услове рада у Високој школи за информационе и комуникационе технологије у Београду.

Улога модела је да кроз анализу релевантних фактора учења на основу којих се адаптира процес учења према потребама студента делује на његово уверење да може да испуни задатке и постигне предвиђене исходе учења.

Кључни научни допринос овог рада огледа се у:

- Дефинисању модела адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима;
- Формалном опису стратегије развоја модела адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима;
- Дефинисању различитих критеријума адаптације у паметним образовним окружењима;
- Развоју модела адаптивне интеракције студента с окружењем паметне учионице у оквиру паметног образовног окружења;
- Развоју модела адаптације у реалном времену у окружењу паметне учионице;
- Дефинисању критеријума интеграције паметних образовних окружења с другим елементима информационих система образовних институција као што су платформе за електронско учење, мобилно учење, системи проширене реалности;

- Развоју методологије рада у паметним образовним окружењима у којима су имплементирани адаптивни облици образовања;
- Развоју методологије праћења ефикасности у раду студената у паметним образовним окружењима;
- Развоју метода за оцену техничких и образовних перформанси развијеног модела.

Истраживања у оквиру овог научног истраживања резултовала су низом стручних доприноса, од којих су најважнији:

- Анализа примене адаптивних модела учења у паметним образовним окружењима;
- Преглед и анализа технологија потребних за имплементацију предложеног модела;
- Анализа софтверске и хардверске инфраструктуре неопходне за имплементацију предложеног модела;
- Анализа могућности интеграције инфраструктуре с другим информационим системима;

Истраживање имплементације адаптивних облика учења у паметним образовним окружењима са становишта друштвене корисности може имати вишеструке импликације:

- Резултати истраживања дају допринос на пољу развоја система електронског образовања;
- Резултати истраживања помажу у анализи могућности даљег развоја адаптивних облика учења у паметним образовним окружењима;
- Резултати истраживања служе као основ за дефинисање платформе за повезивање паметних образовних окружења с другим информационим системима;

- Резултати истраживања указују на технолошке захтеве неопходне за успешну реализацију адаптивних облика образовања у паметним образовним окружењима;
- Резултати истраживања могу се искористити у развоју паметних образовних окружења као друштвеносвесних система;
- Резултати истраживања отварају нова истраживачка питања у области примене савремених технологија у образовном процесу.

С обзиром на актуелност теме и чињеницу да развој информационих система доприноси чињеници да су паметна образовна окружења све више препозната као саставни елемент образовног процеса, могућности примене резултата истраживања су велике. Модел који је представљен у дисертацији дефинише правац развоја паметних образовних система у оквиру паметних учионица, али се закључци који су добијени у истраживању могу искористити и у оквиру других облика паметних система.

7. БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

Модел адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима који је представљен у оквиру дисертације ослања се на концепт амбијенталне интелигенције и као такав може користити различите критеријуме адаптације учења.

Два одвојена истраживања која су спроведена у оквиру дисертације за адаптацију учења користила су критеријуме: академски дневни умор студента и физичке параметре окружења. Добијени резултати су охрабрујући и дају добру основу за даља истраживања.

Истраживања треба да иду у два правца. Први се односи на испитивање других критеријума адаптације учења (попут буке, мотивације, когнитивног оптерећења, предзнања и др.) и начина на који се могу лични праметри којим се описује студент искористити у оквиру концепта амбијенталне интелигенције .

Други правац односи се на реализацију процеса адаптације учења и стратегија које се користе. Потребно је испитати како се друге стратегије уклапају у модел и какве ефекте с аспекта ефикасности учења дају.

Посебан акценат у будућим истраживањима треба ставити на тренутно врло актуелан развој 5G мрежа и могућности које такве мреже пружају. Велике брзине преноса података, мало пропагационо кашњење сигнала и сигуран пренос података даје основ за развој нових метода и стратегија учења. Концепт мултимедијалног учења који је тренутно актуелан у платформама за електронско учење могуће је превазићи и пружити студентима могућност искуственог учења на даљину развојем тактилног интернета. Такође, развој 5G система даје основ за повезивање и умрежавање образовних система.

8. ЗАКЉУЧАК

Предмет проучавања докторске дисертације је развој и евалуација модела адаптивног електронског образовања који је адекватан за имплементацију у паметним образовним окружењима. Поред модела који је представљен, у докторској дисертацији дефинисани су и дискутовани релевантни појмови на које се модел ослања. Дат је преглед истраживања у релевантним областима који је дао закључке битне за постављање модела, а посебна пажња посвећена је примерима примене концепата интернета интелигентних уређаја у паметним учионицама.

Истраживање које је спроведено потврдило је основне поставке модела. Утврђено је да је паметна учионица повољно окружење за спровођење адаптивних облика учења. Физички фактори окружења утичу на степен мотивисаности и менталног оптерећења студента па промена стратегије учења доприноси повећању мотивисаности и смањењу менталног оптерећења. Модел интегрише закључке у једну целину, која своју једноставну имплементацију види у паметним учионицама. Примена модела у паметним учионицама доприноси ефикасном и ефективном учењу. Посебна предност коришћења паметних учионица је могућност лаке имплементације концепта амбијенталне интелигенције. Захваљујући овом концепту могуће је дефинисати различите прорачуне који се могу искористити за критеријуме адаптације учења.

Модел који је представљен у дисертацији даје основ за велики број даљих научних истраживања и може бити примењен и у другим паметним образовним окружењима. Треба истражити могућности адаптације учења према другим критеријумима, као и примену различитих стратегија у процесу адаптације учења.

9. РЕФЕРЕНТНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] Abd-Elfattah, H., Abdelazeim, F., & Elshennawy, S. (2015). Physical and cognitive consequences of fatigue: A review. *Journal Of Advanced Research*, 6(3), 351-358. doi: 10.1016/j.jare.2015.01.011
- [2] Adragna, S. (2019). A Review of Tapping into the Power of Personalized Learning. *Internet Learning*, 7(1). doi: 10.18278/il.7.1.7
- [3] Alavi, S., & Toozandehjani, H. (2017). The Relationship between Learning Styles and Students' Identity Styles. *Open Journal Of Psychiatry*, 07(02), 90-102. doi: 10.4236/ojpsych.2017.72009
- [4] Alelaiwi, A., Alghamdi, A., Shorfuzzaman, M., Rawashdeh, M., Hossain, M., & Muhammad, G. (2015). Enhanced engineering education using smart class environment. *Computers In Human Behavior*, 51, 852-856. doi: 10.1016/j.chb.2014.11.061
- [5] Al-Hemoud, A., Al-Awadi, L., Al-Rashidi, M., Rahman, K., Al-Khayat, A., & Behbehani, W. (2017). Comparison of indoor air quality in schools: Urban vs. Industrial 'oil & gas' zones in Kuwait. *Building And Environment*, 122, 50-60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.001>
- [6] Ali, M., Bilal, H., Razzaq, M., Khan, J., Lee, S., & Idris, M. et al. (2017). IoTFLiP: IoT-based flipped learning platform for medical education. *Digital Communications And Networks*, 3(3), 188-194. doi: 10.1016/j.dcan.2017.03.002
- [7] Alioto, M. (2017). IoT: Bird's Eye View, Megatrends and Perspectives. *Enabling The Internet Of Things*, 1-45. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-51482-6_1
- [8] Allodi, M. (2010). The meaning of social climate of learning environments: Some reasons why we do not care enough about it. *Learning Environments Research*, 13(2), pp.89-104.
- [9] Alvi, Sheeraz A. et al. "Internet Of Multimedia Things: Vision And Challenges". *Dx.doi.org*. N.p., 2016. Web. 20 Aug. 2016.

- [10] Ambient Intelligence - The Ultimate IoT Use Cases | IoT For All. (2019). Retrieved from <https://www.iotforall.com/ambient-intelligence-ami-iot-use-cases/>
- [11] An, D., & Carr, M. (2017). Learning styles theory fails to explain learning and achievement: Recommendations for alternative approaches. *Personality And Individual Differences*, 116, 410-416. <http://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2017.04.050>
- [12] Aşcı, H., Tan, F., & Altıntaş, F. (2016). A Strategic Approach for Learning Organizations: Mental Models. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 235, 2-11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.11.002>
- [13] Bajrami, L. and Ismaili, M. (2016). The Role of Video Materials in EFL Classrooms. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 232, pp.502-506.
- [14] Balakrishnan, V. & Gan, C. (2015). *Students' learning styles and their effects on the use of social media technology for learning*. *Dx.doi.org*. Retrieved 20 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.tele.2015.12.004>
- [15] Balasubramanian, V., & Margret Anouncia, S. (2016). Learning style detection based on cognitive skills to support adaptive learning environment – A reinforcement approach. *Ain Shams Engineering Journal*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.asej.2016.04.012>
- [16] Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84(2), pp.191-215.
- [17] Barathi, S., & Rajan, V. (2016). Implementation of RFID Technology in Higher Learning Institutions. *Indian Journal Of Library And Information Science*, 10(2), 181-183. doi: 10.21088/ijlis.0973.9548.10216.15
- [18] Beldagli, B., & Adiguzel, T. (2010). Illustrating an ideal adaptive e-learning: A conceptual framework. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 2(2), 5755-5761. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.939>
- [19] Beluce, A. and Oliveira, K. (2015). Students' Motivation for Learning in Virtual Learning Environments. *Paidéia (Ribeirão Preto)*, 25(60), pp.105-113., <http://dx.doi.org/10.1590/1982-43272560201513>
- [20] Bernard, J., Chang, T., Popescu, E., & Graf, S. (2017). Learning style Identifier: Improving the precision of learning style identification through

- computational intelligence algorithms. *Expert Systems With Applications*, 75, 94-108. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2017.01.021>
- [21] Boekaerts, M. (2017). Cognitive load and self-regulation: Attempts to build a bridge. *Learning And Instruction*, 51, 90-97. doi: 10.1016/j.learninstruc.2017.07.001
- [22] Boksem, M., Meijman, T., & Lorist, M. (2005). Effects of mental fatigue on attention: An ERP study. *Cognitive Brain Research*, 25(1), 107-116. doi: 10.1016/j.cogbrainres.2005.04.011
- [23] Bouzeghoub, A., Carpentie, C., Defude, B., & Duitama, F. (2003). *A Model of Reusable Educational Components for the Generation of Adaptive Courses*. Paris: Institut National des Télécomm.
- [24] Boyinbode, O. (2017). Implementing RFID Ubiquitous Learning Environment. *International Journal Of U- And E- Service, Science And Technology*, 10(1), 47-58. doi: 10.14257/ijunesst.2017.10.1.05
- [25] Bradfield, R., Cairns, G., & Wright, G. (2015). Teaching scenario analysis—An action learning pedagogy. *Technological Forecasting And Social Change*, 100, 44-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.techfore.2015.05.005>
- [26] Brahim, H., Jemaa, A., Jemni, M., & Laabidi, M. (2013). Towards the Design of Personalised Accessible E-Learning Environments. *2013 IEEE 13Th International Conference On Advanced Learning Technologies*. <http://dx.doi.org/10.1109/icalt.2013.128>
- [27] Bravo, J., Cook, D., & Riva, G. (2016). Ambient intelligence for health environments. *Journal Of Biomedical Informatics*, 64, 207-210. doi: 10.1016/j.jbi.2016.10.009
- [28] Brown, B., Bødker, S., & Höök, K. (2017). Does HCI scale?. *Interactions*, 24(5), 28-33. doi: 10.1145/3125387
- [29] Brown, E., Brailsford, T., Fisher, T., & Moore, A. (2009). Evaluating Learning Style Personalization in Adaptive Systems: Quantitative Methods and Approaches. *IEEE Transactions On Learning Technologies*, 2(1), 10-22. <http://dx.doi.org/10.1109/tlt.2009.11>

- [30] Brunken, R., Plass, J., & Leutner, D. (2003). Direct Measurement of Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 53-61. http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep3801_7
- [31] Brusilovsky P. and Peylo C., “Adaptive and Intelligent Web-based Educational Systems” , *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, 2003, pp.156-169.
- [32] Busato, V., Prins, F., Elshout, J., & Hamaker, C. (1998). The relation between learning styles, the Big Five personality traits and achievement motivation in higher education. *Personality And Individual Differences*, 26(1), 129-140. [http://dx.doi.org/10.1016/s0191-8869\(98\)00112-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0191-8869(98)00112-3)
- [33] Callender, A., & McDaniel, M. (2009). The limited benefits of rereading educational texts. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 30-41. doi: 10.1016/j.cedpsych.2008.07.001
- [34] Castilla, N., Llinares, C., Bravo, J., & Blanca, V. (2017). Subjective assessment of university classroom environment. *Building And Environment*, 122, 72-81. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.06.004
- [35] Chang, C., Chang, C., & Shih, J. (2016). Motivational strategies in a mobile inquiry-based language learning setting. *System*, 59, 100-115. <http://dx.doi.org/10.1016/j.system.2016.04.013>
- [36] Chang, H., Wang, C., Lee, M., Wu, H., Liang, J., & Lee, S. et al. (2015). A review of features of technology-supported learning environments based on participants’ perceptions. *Computers In Human Behavior*, 53, 223-237. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.042>
- [37] Chen, H. (2014). Intelligent Classroom Attendance Checking System Based on RFID and GSM. *Advanced Materials Research*, 989-994, 5532-5535. doi: 10.4028/www.scientific.net/amr.989-994.5532
- [38] Chen, K. & Jang, S. (2010). Motivation in online learning: Testing a model of self-determination theory. *Computers In Human Behavior*, 26(4), 741-752. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2010.01.011>

- [39] Chen, O., Woolcott, G., & Sweller, J. (2017). Using cognitive load theory to structure computer-based learning including MOOCs. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 33(4), 293-305. doi: 10.1111/jcal.12188
- [40] Chen, S. (2019). Multimedia Deep Learning. *IEEE Multimedia*, 26(1), 5-7. doi: 10.1109/mmul.2019.2897471
- [41] Chen, Y., Li, X., Liu, J., & Ying, Z. (2017). Recommendation System for Adaptive Learning. *Applied Psychological Measurement*, 014662161769795. <http://dx.doi.org/10.1177/0146621617697959>
- [42] Chin, C. (2006). Classroom Interaction in Science: Teacher questioning and feedback to students' responses. *International Journal Of Science Education*, 28(11), 1315-1346. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690600621100>
- [43] Chiu, T., & Mok, I. (2017). Learner expertise and mathematics different order thinking skills in multimedia learning. *Computers & Education*, 107, 147-164. doi: 10.1016/j.compedu.2017.01.008
- [44] Chorfi, H. & Mohamed, J. (2004). PERSO: Towards an Adaptive e-Learning System, *Journal of Interactive Learning Research*(ISSN-1093-023X), 433-447.
- [45] Chou, C., Lai, K., Chao, P., Lan, C., & Chen, T. (2015). Negotiation based adaptive learning sequences: Combining adaptivity and adaptability. *Computers & Education*, 88, 215-226. doi: 10.1016/j.compedu.2015.05.007
- [46] Classroom Interactive Learning Strategies. (2019). *Nurse Educator*, 1. doi: 10.1097/nne.0000000000000691
- [47] Coley, D., Greeves, R., & Saxby, B. (2007). The Effect of Low Ventilation Rates on the Cognitive Function of a Primary School Class. *International Journal Of Ventilation*, 6(2), 107-112. <http://dx.doi.org/10.1080/14733315.2007.11683770>
- [48] Cook, D., Augusto, J., & Jakkula, V. (2009). Ambient intelligence: Technologies, applications, and opportunities. *Pervasive And Mobile Computing*, 5(4), 277-298. doi: 10.1016/j.pmcj.2009.04.001
- [49] Cooper, G. (1988). *Research into Cognitive Load Theory and Instructional Design at UNSW*. Sydney: School of Education Studies, The University of New South Wales, Sydney, NSW 2052, Australia.

- [50] Corno, L. and Mandinach, E. (1983). The role of cognitive engagement in classroom learning and motivation. *Educational Psychologist*, 18(2), pp.88-108.
- [51] Cottone, P., Maida, G., & Morana, M. (2014). User Activity Recognition via Kinect in an Ambient Intelligence Scenario. *IERI Procedia*, 7, 49-54. doi: 10.1016/j.ieri.2014.08.009
- [52] Crook, M., & Langdon, F. (1974). The effects of aircraft noise in schools around London airport. *Journal Of Sound And Vibration*, 34(2), 221-232.
- [53] Csikszentmihalyi, M., Rathunde, K. and Whalen, S. (1997). *Talented teenagers*. Cambridge [England]: Cambridge University Press.
- [54] Damon, W. (2009). *The path to purpose*. New York: Free Press.
- [55] Davis, D. (2017). Getting Started With Team-Based Learning. *Interdisciplinary Journal Of Problem-Based Learning*, 11(1). doi: 10.7771/1541-5015.1701
- [56] Deci, E., & Ryan, R. (2004). *Handbook of self-determination research*. Rochester (NY): The University of Rochester Press.
- [57] Demir, K., & Akpınar, E. (2018). The effect of mobile learning applications on students' academic achievement and attitudes toward mobile learning. *Malaysian Online Journal Of Educational Technology*, 6(2), 48-59. doi: 10.17220/mojet.2018.02.004
- [58] Demirbas, O., & Demirkan, H. (2007). Learning styles of design students and the relationship of academic performance and gender in design education. *Learning And Instruction*, 17(3), 345-359. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.02.007>
- [59] DePasque, S., & Tricomi, E. (2015). Effects of intrinsic motivation on feedback processing during learning. *Neuroimage*, 119, 175-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2015.06.046>
- [60] Despotovic-Zrakic, M., Barac, D., Bogdanovic, Z., Jovanic, B., & Radenkovic, B. (2014). Software Environment for Learning Continuous System Simulation. *Acta Polytechnica Hungarica*, 11(02). doi: 10.12700/aph.11.02.2014.02.11

- [61] Despotović-Zrakić, M., Barać, D., Bogdanović, Z., Jovanić, B., & Radenković, B. (2012). Integration of web based environment for learning discrete simulation in e-learning system. *Simulation Modelling Practice And Theory*, 27, 17-30. doi: 10.1016/j.simpat.2012.04.008
- [62] Despotović-Zrakić, M., Marković, A., Bogdanović, Z., Barać, D., & Krčo, S. (2012). Providing Adaptivity in Moodle LMS Courses. *Journal Of Educational Technology & Society*, 15(1), 326-338. [http://dx.doi.org/ISSN 1436-4522](http://dx.doi.org/ISSN%201436-4522) (online) and 1176-3647 (print).
- [63] Despotovic-Zrakić, M., Simić, K., Labus, A., Milić, A., & Jovanić, B. (2013). Scaffolding Environment for Adaptive E-learning through Cloud Computing. *Educational Technology & Society*, 16, 301-314.
- [64] Din, N., Haron, S., Ahmad, H., & Rashid, R. (2015). Technology Supported Cities and Effective Online Interaction for Learning. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 170, 206-214. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.030>
- [65] Donker, A., de Boer, H., Kostons, D., Dignath van Ewijk, C., & van der Werf, M. (2014). Effectiveness of learning strategy instruction on academic performance: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 11, 1-26. doi: 10.1016/j.edurev.2013.11.002
- [66] Donohoe, M., Jennings, B., & Balasubramaniam, S. (2015). Context-awareness and the smart grid: Requirements and challenges. *Computer Networks*, 79, 263-282. <http://dx.doi.org/10.1016/j.comnet.2015.01.007>
- [67] Dorça, F. A. , Lima, L. V. , Fernandes, M. A. , & Lopes, C. R. (2013). Comparing strategies for modeling students learning styles through reinforcement learning in adaptive and intelligent educational systems: An experimental analysis. *Expert Systems with Applications*, 40 (6), 2092–2101 .
- [68] Dron, J. (2018). Smart learning environments, and not so smart learning environments: a systems view. *Smart Learning Environments*, 5(1). doi: 10.1186/s40561-018-0075-9

- [69] Dunlosky, J., Rawson, K., Marsh, E., Nathan, M., & Willingham, D. (2013). Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques. *Psychological Science In The Public Interest*, 14(1), 4-58. doi: 10.1177/1529100612453266
- [70] Dwic, A. & Basuki, A. (2012). Personalized Learning Path of a Web-based Learning System. *International Journal Of Computer Applications*, 53(7), 17-22. <http://dx.doi.org/10.5120/8434-2206>
- [71] E.B. Coleman, A.L. Brown, I.D. Rivkin, *The effect of instructional explanations on learning from scientific texts*, *The Journal of the Learning Sciences*, 6 (4) (1997), pp. 347-365. 10.1207/s15327809jls0604_1
- [72] E.L. Deci, R. Koestner, M.R. Ryan, A meta-analytic review of experiments examining the effects of extrinsic rewards on intrinsic motivation, *Psychological Bulletin*, 125 (2000), pp. 627-668
- [73] Eitel, A. (2016). How repeated studying and testing affects multimedia learning: Evidence for adaptation to task demands. *Learning And Instruction*, 41, 70-84. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2015.10.003>
- [74] El murabet, A., Abtoy, A., Touhafi, A., & Tahiri, A. (2018). Ambient Assisted living system's models and architectures: A survey of the state of the art. *Journal Of King Saud University - Computer And Information Sciences*. doi: 10.1016/j.jksuci.2018.04.009
- [75] *Enhanced engineering education using smart class environment*. (2016). *Dx.doi.org*. Retrieved 16 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.11.061>
- [76] Erdogan, I., & Campbell, T. (2008). Teacher Questioning and Interaction Patterns in Classrooms Facilitated with Differing Levels of Constructivist Teaching Practices. *International Journal Of Science Education*, 30(14), 1891-1914. <http://dx.doi.org/10.1080/09500690701587028>
- [77] Essa, A. (2016). A possible future for next generation adaptive learning systems. *Smart Learning Environments*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s40561-016-0038-y>

- [78] Essalm, F., Ben Ayed, L., Jemni, M., Graf, S., & Kinshuk, K. (2015). *Generalized metrics for the analysis of E-learning personalization strategies*. *Dx.doi.org*. Retrieved 21 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.050>
- [79] Essalmi, F., Ayed, L., Jemni, M., Kinshuk, & Graf, S. (2010). A fully personalization strategy of E-learning scenarios. *Computers In Human Behavior*, 26(4), 581-591. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2009.12.010>
- [80] Evans, C. & Sabry, K. (2003). Evaluation of the interactivity of web-based learning systems: principles and process. *Innovations In Education And Teaching International*, 40(1), 89-99. <http://dx.doi.org/10.1080/1355800032000038787>
- [81] Eysink, T., de Jong, T., Berthold, K., Kolloffel, B., Opfermann, M., & Wouters, P. (2009). Learner Performance in Multimedia Learning Arrangements: An Analysis Across Instructional Approaches. *American Educational Research Journal*, 46(4), 1107-1149. <http://dx.doi.org/10.3102/0002831209340235>
- [82] Fabbri, K. (2015). A Brief History of Thermal Comfort: From Effective Temperature to Adaptive Thermal Comfort. *Indoor Thermal Comfort Perception*, 7-23. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-18651-1_2
- [83] Falout, J., Elwood, J., & Hood, M. (2009). Demotivation: Affective states and learning outcomes. *System*, 37(3), 403-417. <http://dx.doi.org/10.1016/j.system.2009.03.004>
- [84] Fasihuddin, H., Skinner, G., & Athauda, R. (2014). Towards an Adaptive Model to Personalise Open Learning Environments using Learning Styles. In *2014 International Conference on Information, Communication Technology and System* (pp. 183-188). Surabaya: IEEE. Retrieved from <http://ISSN: 2338-185X, ISBN: 978-1-4799-6857-2>
- [85] Fasihuddin, H., Skinner, G., & Athauda, R. (2016). Using learning styles as a basis for creating adaptive open learning environments: an evaluation. *International Journal Of Learning Technology*, 11(3), 198. doi: 10.1504/ijlt.2016.079034

- [86] Felder, R. & Spurlin, J. (2005). Applications, Reliability and Validity of the Index of Learning Styles. *International Journal Of Engineering Education*, 21(1), 103-112. <http://dx.doi.org/0949-149X/91>
- [87] Fiorella, L., & Mayer, R. (2014). Role of expectations and explanations in learning by teaching. *Contemporary Educational Psychology*, 39(2), 75-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2014.01.001>
- [88] Flores, Ò., del-Arco, I., & Silva, P. (2016). The flipped classroom model at the university: analysis based on professors' and students' assessment in the educational field. *International Journal Of Educational Technology In Higher Education*, 13(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s41239-016-0022-1>
- [89] Freigang, S., Schlenker, L., & Köhler, T. (2018). A conceptual framework for designing smart learning environments. *Smart Learning Environments*, 5(1). doi: 10.1186/s40561-018-0076-8
- [90] Furtak, E., & Kunter, M. (2012). Effects of Autonomy-Supportive Teaching on Student Learning and Motivation. *The Journal Of Experimental Education*, 80(3), 284-316. <http://dx.doi.org/10.1080/00220973.2011.573019>
- [91] Galway, L., Corbett, K., Takaro, T., Tairyan, K., & Frank, E. (2014). A novel integration of online and flipped classroom instructional models in public health higher education. *BMC Medical Education*, 14(1). <http://dx.doi.org/10.1186/1472-6920-14-181>
- [92] Garland, R. (2017). Air quality indicators from the Environmental Performance Index: potential use and limitations in South Africa. *Clean Air Journal*, 27(1), 33-41. doi: 10.17159/2410-972x/2017/v27n1a8
- [93] Giasiranis, S., & Sofos, L. (2016). Production and Evaluation of Educational Material Using Augmented Reality for Teaching the Module of “Representation of the Information on Computers” in Junior High School. *Creative Education*, 07(09), 1270-1291. <http://dx.doi.org/10.4236/ce.2016.79134>
- [94] Gilbert, J. & Han, C. (1999). Adapting instruction in search of ‘a significant difference’. *Journal Of Network And Computer Applications*, 22(3), 149-160. <http://dx.doi.org/10.1006/jnca.1999.0088>

- [95] Gómez, J., Huete, J., Hoyos, O., Perez, L., & Grigori, D. (2013). Interaction System based on Internet of Things as Support for Education. *Procedia Computer Science*, 21, 132-139. <http://dx.doi.org/10.1016/j.procs.2013.09.019>
- [96] Gordon, N. (2014). Flexible Pedagogies: technology-enhanced learning. *The Higher Education Academy*. <http://dx.doi.org/10.13140/2.1.2052.5760>
- [97] Green, K., Pasternack, B., & Shore, R. (1982). Effects of Aircraft Noise on Reading Ability of School-Age Children. *Archives Of Environmental Health: An International Journal*, 37(1), 141-145. <http://dx.doi.org/10.1080/00039896.1982.10667528>
- [98] Grossberg, S. (1999). The Link between Brain Learning, Attention, and Consciousness. *Consciousness And Cognition*, 8(1), 1-44. <http://dx.doi.org/10.1006/ccog.1998.0372>
- [99] Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., & Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. *Future Generation Computer Systems*, 29(7), 1645-1660. <http://dx.doi.org/10.1016/j.future.2013.01.010>
- [100] Guinard, D., Fischer, M., & Trifa, V. (2010). Sharing using social networks in a composable Web of Things. *2010 8Th IEEE International Conference On Pervasive Computing And Communications Workshops (PERCOM Workshops)*. <http://dx.doi.org/10.1109/percomw.2010.5470524>
- [101] Gunasekera, K., Borrero, A., Vasuian, F., & Bryceson, K. (2018). Experiences in building an IoT infrastructure for agriculture education. *Procedia Computer Science*, 135, 155-162. doi: 10.1016/j.procs.2018.08.161
- [102] Guo, B., Zhang, D., Wang, Z., Yu, Z., & Zhou, X. (2013). Opportunistic IoT: Exploring the harmonious interaction between human and the internet of things. *Journal Of Network And Computer Applications*, 36(6), 1531-1539. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jnca.2012.12.028>
- [103] Hakan, K., Aydin, B., & Bulent, A. (2015). An Investigation of Undergraduates' Language Learning Strategies. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 197, 1348-1354. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.07.388>

- [104] Hamada, M. (2012). Learning Style Model for e-Learning Systems. *Active Media Technology*, 186-195. http://dx.doi.org/10.1007/978-3-642-35236-2_19
- [105] Hanifah, G., & Kamilah, S. (2019). Effect of Leadership, Communication, and Motivation Work, Work Discipline of Student Performance UNJ. SSRN Electronic Journal. doi: 10.2139/ssrn.3313132
- [106] Hannafin, M., Hannafin, K., & Gabbitas, B. (2009). Re-examining cognition during student-centered, Web-based learning. *Education Tech Research Dev*, 57(6), 767-785. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-009-9117-x>
- [107] Harackiewicz, J., Barron, K., Pintrich, P., Elliot, A., & Thrash, T. (2002). Revision of achievement goal theory: Necessary and illuminating. *Journal Of Educational Psychology*, 94(3), 638-645. doi: 10.1037/0022-0663.94.3.638
- [108] Harandi, S. (2015). Effects of e-learning on Students' Motivation. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 181, 423-430. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.905>
- [109] Hart, D., & Paucar-Caceres, A. (2017). A utilisation focussed and viable systems approach for evaluating technology supported learning. *European Journal Of Operational Research*, 259(2), 626-641. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ejor.2016.10.056>
- [110] Hawlitschek, A. and Joeckel, S. (2017). Increasing the effectiveness of digital educational games: The effects of a learning instruction on students' learning, motivation and cognitive load. *Computers in Human Behavior*, 72, pp.79-86.
- [111] Heflin, H., Shewmaker, J., & Nguyen, J. (2017). Impact of mobile technology on student attitudes, engagement, and learning. *Computers & Education*, 107, 91-99. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.006>
- [112] Hiebert, J., & Wearne, D. (1993). Instructional Tasks, Classroom Discourse, and Students' Learning in Second-Grade Arithmetic. *American Educational Research Journal*, 30(2), 393-425. <http://dx.doi.org/10.3102/00028312030002393>
- [113] Hollender, N., Hofmann, C., Deneke, M., & Schmitz, B. (2010). Integrating cognitive load theory and concepts of human-computer interaction. *Computers In Human Behavior*, 26(6), 1278-1288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.031>

- [114] Honey, P. & Mumford, A. (1992). *The Manual of Learning Styles*. Peter Honey Publications.
- [115] Hosseini, G., & Nasrabadi, A. (2019). Effective connectivity of mental fatigue: Dynamic causal modeling of EEG data. *Technology And Health Care*, 27(4), 343-352. doi: 10.3233/thc-181480
- [116] Hoy, A. (2010). *Educational psychology*. Upper Saddle River, N.J.: Merrill.
- [117] Huang, B., & Hew, K. (2016). Measuring Learners' Motivation Level in Massive Open Online Courses. *International Journal Of Information And Education Technology*, 6(10), 759-764. <http://dx.doi.org/10.7763/ijiet.2016.v6.788>
- [118] Hung, Y., Chang, R., & Lin, C. (2016). Hybrid learning style identification and developing adaptive problem-solving learning activities. *Computers In Human Behavior*, 55, 552-561. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.004>
- [119] Isotani, S., Inaba, A., Ikeda, M., & Mizoguchi, R. (2009). An ontology engineering approach to the realization of theory-driven group formation. *International Journal Of Computer-Supported Collaborative Learning*, 4(4), 445-478. <http://dx.doi.org/10.1007/s11412-009-9072-x>
- [120] Istiara, F., & Lustyantje, N. (2017). The Influence of Cooperatif Learning Model and Critical Thinking on Essay Writing Skills (Experiment Study). *World Journal Of English Language*, 7(2), 22. doi: 10.5430/wjel.v7n2p22
- [121] J. Sweller, Cognitive load during problem solving: Effects on learning, *Cognitive Science*, 12 (1988), pp. 257-285
- [122] J.J.G. Van Merriënboer, P.A. Kirschner, *Ten steps to complex learning*, Lawrence Erlbaum, Mahwah, NJ (2007)
- [123] J.M. Keller, *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*, Springer, New York, NY (2010). ISBN 978-1-4419-1250-3
- [124] Jalani, N., & Sern, L. (2015). The Example-Problem-Based Learning Model: Applying Cognitive Load Theory. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 195, 872-880. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.366>
- [125] Johnson, L., Cummins, M., & Adams, S. *Technology Outlook for Australian Tertiary Education 2012-2017: An NmcHorizon Report Regional Analysis*.

- [126] Joy, S. & Kolb, D. (2009). Are there cultural differences in learning style?. *International Journal Of Intercultural Relations*, 33(1), 69-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijintrel.2008.11.002>
- [127] Keller, J. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal Of Instructional Development*, 10(3), 2-10. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02905780>
- [128] Kelly, S. (2008). Race, social class, and student engagement in middle school English classrooms. *Social Science Research*, 37(2), pp.434-448.
- [129] Khenissi, M., Essalmi, F., Jemni, M., Kinshuk, Graf, S., & Chen, N. (2016). Relationship between learning styles and genres of games. *Computers & Education*, 101, 1-14. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2016.05.005>
- [130] Kim, J., & de Dear, R. (2018). Thermal comfort expectations and adaptive behavioural characteristics of primary and secondary school students. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.11.031>
- [131] Kim, J., Lee, A., & Ryu, H. (2013). Personality and its effects on learning performance: Design guidelines for an adaptive e-learning system based on a user model. *International Journal Of Industrial Ergonomics*, 43(5), 450-461. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ergon.2013.03.001>
- [132] Kim, M. (2015). Models of learning progress in solving complex problems: Expertise development in teaching and learning. *Contemporary Educational Psychology*, 42, 1-16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.03.005>
- [133] Kim, P. (2018). Ambient intelligence in a smart classroom for assessing students' engagement levels. *Journal Of Ambient Intelligence And Humanized Computing*. doi: 10.1007/s12652-018-1077-8
- [134] Kim, S., & Yoon, Y. (2017). Ambient intelligence middleware architecture based on awareness-cognition framework. *Journal Of Ambient Intelligence And Humanized Computing*, 9(4), 1131-1139. doi: 10.1007/s12652-017-0647-5
- [135] Kirschner, P., Ayres, P., & Chandler, P. (2011). Contemporary cognitive load theory research: The good, the bad and the ugly. *Computers In Human Behavior*, 27(1), 99-105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2010.06.025>

- [136] Klašnja-Milićević, A., Vesin, B., Ivanović, M., & Budimac, Z. (2011). E-Learning personalization based on hybrid recommendation strategy and learning style identification. *Computers & Education*, 56(3), 885-899. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.001>
- [137] Ko, S. (2018). Book review of Transactional Distance and Adaptive Learning. *Online Learning*, 22(2). doi: 10.24059/olj.v22i2.1443
- [138] Komarraju, M., Karau, S., & Schmeck, R. (2009). Role of the Big Five personality traits in predicting college students' academic motivation and achievement. *Learning And Individual Differences*, 19(1), 47-52. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2008.07.001>
- [139] Kontopoulos, E., Vrakas, D., Kokkoras, F., Bassiliades, N., & Vlahavas, I. (2008). An ontology-based planning system for e-course generation. *Expert Systems With Applications*, 35(1-2), 398-406. <http://dx.doi.org/10.1016/j.eswa.2007.07.034>
- [140] Kostons, D., van Gog, T., & Paas, F. (2012). Training self-assessment and task-selection skills: A cognitive approach to improving self-regulated learning. *Learning And Instruction*, 22(2), 121-132. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.08.004>
- [141] Kozhevnikov, M. (2007). Cognitive styles in the context of modern psychology: Toward an integrated framework of cognitive style. *Psychological Bulletin*, 133(3), 464-481. <http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.133.3.464>
- [142] Küller, R., & Lindsten, C. (1992). Health and behavior of children in classrooms with and without windows. *Journal Of Environmental Psychology*, 12(4), 305-317. [http://dx.doi.org/10.1016/s0272-4944\(05\)80079-9](http://dx.doi.org/10.1016/s0272-4944(05)80079-9)
- [143] Kultawanich, K., Koraneekij, P., & Na-Songkhla, J. (2015). A Proposed Model of Connectivism Learning Using Cloud-based Virtual Classroom to Enhance Information Literacy and Information Literacy Self-efficacy for Undergraduate Students. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 191, 87-92. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.04.394>
- [144] L. Fiorella, R.E. Mayer, *The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy*, *Contemporary Educational Psychology*, 38(2013), pp. 281-288

- [145] 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. doi: 10.1111/jcal.12108
- [146] Larson, R., & Csikszentmihalyi, M. (2014). The Experience Sampling Method. *Flow And The Foundations Of Positive Psychology*, 21-34. http://dx.doi.org/10.1007/978-94-017-9088-8_2
- [147] Lee, J., Lim, C., & Kim, H. (2016). Development of an instructional design model for flipped learning in higher education. *Educational Technology Research And Development*, 65(2), 427-453. <http://dx.doi.org/10.1007/s11423-016-9502-1>
- [148] Lemos, M., & Veríssimo, L. (2014). The Relationships between Intrinsic Motivation, Extrinsic Motivation, and Achievement, Along Elementary School. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 112, 930-938. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1251>
- [149] Leppink, J. (2017). Cognitive load theory: Practical implications and an important challenge. *Journal Of Taibah University Medical Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jtumed.2017.05.003>
- [150] Levels, M., (DLLP), D., Opportunities, J., Chapter, J., Benefits, C., & Members, C. et al. (2019). USDLA – United States Distance Learning Association. Retrieved 5 August 2019, from <https://usdla.org/>
- [151] Lew, E. (2016). Creating a contemporary clerkship curriculum: the flipped classroom model in emergency medicine. *International Journal Of Emergency Medicine*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s12245-016-0123-6>
- [152] Li, B., Kong, S., & Chen, G. (2015). Development and validation of the smart classroom inventory. *Smart Learning Environments*, 2(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s40561-015-0012-0>
- [153] Li, L., & Tsai, C. (2017). Accessing online learning material: Quantitative behavior patterns and their effects on motivation and learning performance. *Computers & Education*, 114, 286-297. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.07.007>

- [154] Lim, J., Kim, H., Jeon, C., & Cho, S. (2018). The effects on mental fatigue and the cognitive function of mechanical massage and binaural beats (brain massage) provided by massage chairs. *Complementary Therapies In Clinical Practice*, 32, 32-38. doi: 10.1016/j.ctcp.2018.04.008
- [155] Lin, C., Zhang, Y., & Zheng, B. (2017). The roles of learning strategies and motivation in online language learning: A structural equation modeling analysis. *Computers & Education*, 113, 75-85. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2017.05.014>
- [156] Lin, H., Xie, S., Xiao, Z., Deng, X., Yue, H., & Cai, K. (2019). Adaptive Recommender System for an Intelligent Classroom Teaching Model. *International Journal Of Emerging Technologies In Learning (Ijet)*, 14(05), 51. doi: 10.3991/ijet.v14i05.10251
- [157] Lin, Y., Wen, M., Jou, M., & Wu, D. (2014). A cloud-based learning environment for developing student reflection abilities. *Computers In Human Behavior*, 32, 244-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.12.014>
- [158] Liu, N. & Littlewood, W. (1997). Why do many students appear reluctant to participate in classroom learning discourse?. *System*, 25(3), 371-384. [http://dx.doi.org/10.1016/s0346-251x\(97\)00029-8](http://dx.doi.org/10.1016/s0346-251x(97)00029-8)
- [159] Locke, E., & Schattke, K. (2018). Intrinsic and extrinsic motivation: Time for expansion and clarification. *Motivation Science*. doi: 10.1037/mot0000116
- [160] Lopez, M., Pedraza, J., Carbo, J., & Molina, J. (2014). Ambient Intelligence: Applications and Privacy Policies. *Communications In Computer And Information Science*, 191-201. doi: 10.1007/978-3-319-07767-3_18
- [161] Louhab, F., Bahnasse, A., & Talea, M. (2018). Considering mobile device constraints and context-awareness in adaptive mobile learning for flipped classroom. *Education And Information Technologies*, 23(6), 2607-2632. doi: 10.1007/s10639-018-9733-3
- [162] M.H. Cho, B.J. Kim, Students' self-regulation for interaction with others in online learning environments, *Internet and Higher Education*, 17 (2013), pp. 69-75, 10.1016/j.iheduc.2012.11.001

- [163] M.T.H. Chi, *Self-explaining expository texts: The dual processes of generating inferences and repairing mental models*, R. Glaser (Ed.), *Advances in Instructional Psychology*, Lawrence Erlbaum Associates, Mahwah, NJ (2000), pp. 161-238
- [164] Mamat, N. & Yusof, N. (2013). Learning Style in a Personalized Collaborative Learning Framework. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 103, 586-594. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.10.376>
- [165] Mampadi, F., Chen, S., Ghinea, G., & Chen, M. (2011). Design of adaptive hypermedia learning systems: A cognitive style approach. *Computers & Education*, 56(4), 1003-1011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.11.018>
- [166] Marcora, S., Staiano, W., & Manning, V. (2009). Mental fatigue impairs physical performance in humans. *Journal Of Applied Physiology*, 106(3), 857-864. doi: 10.1152/jappphysiol.91324.2008
- [167] Marković, S. & Jovanović, N. (2011). Learning style as a factor which affects the quality of e-learning. *Artificial Intelligence Review*, 38(4), 303-312. <http://dx.doi.org/10.1007/s10462-011-9253-7>
- [168] Masruddin, M. (2018). Learning style in language learning classroom ideas: *Journal On English Language Teaching And Learning, Linguistics And Literature*, 6(2). doi: 10.24256/ideas.v6i2.518
- [169] Mayer, R. (2002). Multimedia learning. *Psychology Of Learning And Motivation*, 85-139. [http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421\(02\)80005-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0079-7421(02)80005-6)
- [170] Mayer, R. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning And Instruction*, 29, 171-173. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.04.003>
- [171] Mayer, R. (2017). Using multimedia for e-learning. *Journal Of Computer Assisted Learning*, 33(5), 403-423. doi: 10.1111/jcal.12197
- [172] Mayer, R. *The Cambridge handbook of multimedia learning*.
- [173] McMorris, T., Barwood, M., Hale, B., Dicks, M., & Corbett, J. (2018). Cognitive fatigue effects on physical performance: A systematic review and meta-analysis. *Physiology & Behavior*, 188, 103-107. doi: 10.1016/j.physbeh.2018.01.029

- [174] Mihailovic, D., Despotovic-Zrakic, M., Bogdanovic, Z., Barac, D., & Vujin, V. (2012). Adjusting Felder-Silverman learning styles model for application in adaptive e-learning. *Psihologija*, 45(1), 43-58. doi: 10.2298/psi1201043m
- [175] Miller, G. (1955). The Magical Number Seven, Plus or Minus Two Some Limits on Our Capacity for Processing Information. *Psychological Review*, 101(2), 343-352.
- [176] Miorandi, D., Sicari, S., De Pellegrin, F., & Chlamtac, I. (2012). *Internet of things: Vision, applications and research challenges*. *Dx.doi.org*. Retrieved 21 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.adhoc.2012.02.016>
- [177] Miraoui, M. (2018). A Context-aware Smart Classroom for Enhanced Learning Environment. *International Journal On Smart Sensing And Intelligent Systems*, 11(1), 1-8. doi: 10.21307/ijssis-2018-007
- [178] Moharm, K. (2019). A Framework for Adaptive Personalized E-learning Recommender Systems. *International Journal Of Intelligent Information Systems*, 8(1), 12. doi: 10.11648/j.ijjis.20190801.13
- [179] Mohd, C., & Shahbodin, F. (2015). Personalized Learning Environment: Alpha Testing, Beta Testing & User Acceptance Test. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 195, 837-843. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.319>
- [180] Molaee, Z. & Dortaj, F. (2015). Improving L2 Learning: An ARCS Instructional-motivational Approach. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 171, 1214-1222. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.234>
- [181] Mølhave, L., Bach, B., & Pedersen, O. (1986). Human reactions to low concentrations of volatile organic compounds. *Environment International*, 12(1-4), 167-175. doi: 10.1016/0160-4120(86)90027-9
- [182] Moran, T. (1981). The Command Language Grammar: a representation for the user interface of interactive computer systems. *International Journal Of Man-Machine Studies*, 15(1), 3-50. [http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7373\(81\)80022-3](http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7373(81)80022-3)
- [183] Moreno, R. (2006). Learning in High-Tech and Multimedia Environments. *Current Directions In Psychological Science*, 15(2), 63-67. <http://dx.doi.org/10.1111/j.0963-7214.2006.00408.x>

- [184] *Motivation and learning strategies in the use of ICTs among university students.* (2016). *Dx.doi.org*. Retrieved 16 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.09.008>
- [185] Muelas, A. & Navarro, E. (2015). Learning Strategies and Academic Achievement. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 165, 217-221. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.625>
- [186] Müller, T., & Apps, M. (2019). Motivational fatigue: A neurocognitive framework for the impact of effortful exertion on subsequent motivation. *Neuropsychologia*, 123, 141-151. doi: 10.1016/j.neuropsychologia.2018.04.030
- [187] Murray, T. (2003). MetaLinks: Authoring and affordances for conceptual and narrative flow in adaptive hyperbooks. *International Journal Of Artificial Intelligence In Education*, 13, 199-233. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijie.2003.09.001>
- [188] Mustapha, B. (2017). Learning styles of adults and metacognitive approach to E-Learning "... Towards a cognitive and social constructivist view of learning". *New Trends And Issues Proceedings On Humanities And Social Sciences*, 3(1), 484-491. doi: 10.18844/gjhss.v3i1.1810
- [189] Nalepa, G., Palma, J., & Herrero, M. (2019). Affective computing in ambient intelligence systems. *Future Generation Computer Systems*, 92, 454-457. doi: 10.1016/j.future.2018.11.016
- [190] Negovan, V., Sterian, M., & Colesniuc, G. (2015). Conceptions of Learning and Intrinsic Motivation in Different Learning Environments. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 187, 642-646. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.03.119>
- [191] Nijhuis, J., Segers, M., & Gijssels, W. (2008). The extent of variability in learning strategies and students' perceptions of the learning environment. *Learning And Instruction*, 18(2), 121-134. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.01.009>
- [192] Norman, D. (1981). Categorization of action slips. *Psychological Review*, 88(1), 1. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.88.1.1>
- [193] Nouri, J. (2016). The flipped classroom: for active, effective and increased learning – especially for low achievers. *International Journal Of Educational*

- Technology In Higher Education, 13(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s41239-016-0032-z>
- [194] Obrenović, Ž. (2012). Rethinking HCI education. *Interactions*, 19(3), 66. doi: 10.1145/2168931.2168945
- [195] Omar, N., Mohamad, M., & Paimin, A. (2015). Dimension of Learning Styles and Students' Academic Achievement. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 204, 172-182. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.130>
- [196] Ora, A., Sahatcija, R., & Ferhataj, A. (2018). Learning Styles and the Hybrid Learning: An Empirical Study about the Impact of Learning Styles on the Perception of the Hybrid Learning. *Mediterranean Journal Of Social Sciences*, 9(1), 137-148. doi: 10.2478/mjss-2018-0013
- [197] Othman, N. & Amiruddin, M. (2010). Different Perspectives of Learning Styles from VARK Model. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 7, 652-660. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.10.088>
- [198] Ott, J. (1976). Influence of Fluorescent Lights on Hyperactivity and Learning Disabilities. *Journal Of Learning Disabilities*, 9(7), 417-422. <http://dx.doi.org/10.1177/002221947600900704>
- [199] Otto, D., Hudnell, H., House, D., Mølhav, L., & Counts, W. (1992). Exposure of Humans to a Volatile Organic Mixture. I. Behavioral Assessment. *Archives Of Environmental Health: An International Journal*, 47(1), 23-30. doi: 10.1080/00039896.1992.9935940
- [200] Özpolat, E., & Akar, G. (2009). Automatic detection of learning styles for an e-learning system. *Computers & Education*, 53(2), 355-367. doi: 10.1016/j.compedu.2009.02.018
- [201] Özyurt, Ö., & Özyurt, H. (2015). Learning style based individualized adaptive e-learning environments: Content analysis of the articles published from 2005 to 2014. *Computers In Human Behavior*, 52, 349-358. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.06.020>

- [202] P. Baepler, J.D. Walker, M. Driessen, *It's not about seat time: Blending, flipping, and efficiency in active learning classrooms*, *Computers & Education*, 78 (2014), pp. 227-236, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.06.006>
- [203] P. Chandler, J. Sweller, *Cognitive load theory and the format of instruction*, *Cognition and Instruction*, 8 (1991), pp. 293-332
- [204] P.G. de Barba, G.E. Kennedy, M.D. Ainley, *The role of students' motivation and participation in predicting performance in a MOOC*, *Journal of Computer Assisted Learning*, 32 (3) (2016), pp. 218-231, [10.1111/jcal.12130](https://doi.org/10.1111/jcal.12130)
- [205] Papanikolaou, K., Grigoriadou, M., Kornilakis, H., & Magoulas, G. (2002). INSPIRE: An INtelligent System for Personalized Instruction in a Remote Environment. *Hypermedia: Openness, Structural Awareness, And Adaptivity*, 215-225. http://dx.doi.org/10.1007/3-540-45844-1_21
- [206] Park, B., Plass, J., & Brünken, R. (2014). Cognitive and affective processes in multimedia learning. *Learning And Instruction*, 29, 125-127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.05.005>
- [207] Persky, A. (2018). A four year longitudinal study of student learning strategies. *Currents In Pharmacy Teaching And Learning*, 10(11), 1496-1500. doi: 10.1016/j.cptl.2018.08.012
- [208] Poce, A. (2009). Higher Education in the Twenty-First Century. The Chance of Adaptive Learning Environments. *2009 Ninth International Conference On Intelligent Systems Design And Applications*. <http://dx.doi.org/10.1109/isda.2009.141>
- [209] Pocero, L., Amaxilatis, D., Mylonas, G. and Chatzigiannakis, I. (2017). Open source IoT meter devices for smart and energy-efficient school buildings. *HardwareX*, 1, pp.54-67.
- [210] Portugal, L. (2018). Naturopathy Education, Social Cognitive Theory, PrecedeProceed Model, and Lesson Plan. *Journal Of Natural & Ayurvedic Medicine*, 2(1). doi: 10.23880/jonam-16000115

- [211] Pratama, G., & Pinayani, A. (2019). Effect of Learning Style on Learning Outcomes with Mediator Variable Learning Motivation. *Kne Social Sciences*, 3(11), 808. doi: 10.18502/kss.v3i11.4052
- [212] Price, J. (2015). Transforming learning for the smart learning environment: lessons learned from the Intel education initiatives. *Smart Learning Environments*, 2(1). <http://dx.doi.org/10.1186/s40561-015-0022-y>
- [213] Psotka, J. (2017). What new interactive learning environments do we need?. *Interactive Learning Environments*, 25(5), 559-560. doi: 10.1080/10494820.2017.1327741
- [214] Qi, P., Ru, H., Gao, L., Zhang, X., Zhou, T., & Tian, Y. et al. (2019). Neural Mechanisms of Mental Fatigue Revisited: New Insights from the Brain Connectome. *Engineering*. doi: 10.1016/j.eng.2018.11.025
- [215] R.D. Roscoe, M.T.H. Chi, *Tutoring learning: The role of explaining and responding to questions*, *Instructional Science*, 36 (2008), pp. 321-350. 10.1007/s11251-007-9034-5
- [216] R.D. Roscoe, M.T.H. Chi, Understanding tutor learning: Knowledge-building and knowledge-telling in peer tutors' explanations and questions, *Review of Educational Research*, 77 (4) (2007), pp. 534-574. 10.3102/0034654307309920
- [217] R.M. Ryan, E.L. Deci, *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*, The Guilford Press, New York (2017), ISBN 9781462528769
- [218] Radosavljevic, V. & Vugdelija, N. (2016). Društvene mreže kao web 2.0 alati u nastavnom procesu. In *XII međunarodni naučno-stučni simpozijum INFOTEH-JAHORINA 2013*. Sarajevo: Elektrotehnički fakultet - Istočno Sarajevo. Retrieved from <http://ISBN 978-99955-763-1-8>
- [219] Radosavljević, V., Pevac, D., Štrbac, S., & Grgurović, B. (2011). Implementation of e-learning method of teaching in high vocational studies. In *The Second International Conference (eLearning 2011)* (pp. 1-5). Belgrade: Metropolitan University.

- [220] Radosavljevic, V., Radosavljevic, S., & Jelic, G. (2019). A model of adaptive learning in smart classrooms based on the learning strategies. In 8th ICTEL 2019 – International Conference on Teaching, Education & Learning. Lisbon: EURASIA RESEARCH. ISSN 2454-5899
- [221] Radosavljevic, V., Radosavljevic, S., & Jelic, G. (2019). Ambient intelligence-based smart classroom model. *Interactive Learning Environments*, 1-15. doi: 10.1080/10494820.2019.1652836
- [222] Radosavljevic, V., Radosavljevic, S., & Jelic, G. (2019). Smart classroom environmental parameters as a parameter of adaptive learning. In 8th ICTEL 2019 – International Conference on Teaching, Education & Learning. Lisbon: EURASIA RESEARCH. ISSN 2454-5899
- [223] Raffler, H. (2007). Ambient Intelligence: An Industrial view. *IFAC Proceedings Volumes*, 40(18), 9-10. doi: 10.3182/20070927-4-ro-3905.00004
- [224] Ramos, C., Augusto, J., & Shapiro, D. (2008). Ambient Intelligence—the Next Step for Artificial Intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 23(2), 15-18. doi: 10.1109/mis.2008.19
- [225] Reed, P. (2019). Learning and Motivation, Editorial. *Learning And Motivation*, 65, A1. doi: 10.1016/j.lmot.2019.02.002
- [226] Reeve, J. and Jang, H. (2006). What teachers say and do to support students' autonomy during a learning activity. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), pp.209-218.
- [227] Rey, G., & Fischer, A. (2012). The expertise reversal effect concerning instructional explanations. *Instructional Science*, 41(2), 407-429. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-012-9237-2>
- [228] Ricciardi, P., & Buratti, C. (2018). Environmental quality of university classrooms: Subjective and objective evaluation of the thermal, acoustic, and lighting comfort conditions. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.10.030>
- [229] Riding, R. & Rayner, S. (1998). *Cognitive styles and learning strategies*. London: D. Fulton Publishers.

- [230] Rijal, S., & Arifah, N. (2017). Teaching Productive Skill Through Vark. *Wacana Didaktika*, 5(01), 12-18. doi: 10.31102/wacanadidaktika.5.01.12-18
- [231] Rodríguez-Ardura, I., & Meseguer-Artola, A. (2019). Flow experiences in personalised e-learning environments and the role of gender and academic performance. *Interactive Learning Environments*, 1-24. doi: 10.1080/10494820.2019.1572628
- [232] Roorda, D., Koomen, H., Spilt, J. and Oort, F. (2011). The Influence of Affective Teacher-Student Relationships on Students' School Engagement and Achievement: A Meta-Analytic Approach. *Review of Educational Research*.
- [233] Ryan, R. & Deci, E. (2000). Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 54-67. <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- [234] Ryu, S. and Lombardi, D. (2015). Coding Classroom Interactions for Collective and Individual Engagement. *Educational Psychologist*, 50(1), pp.70-83
- [235] S. D'Mello, B. Lehman, R. Pekrun, A.Graesser, *Confusion can be beneficial to learning*, *Learning and Instruction*, 29 (2013), pp. 153-170. 10.1016/j.learninstruc.2012.05.003
- [236] S.C. Kong, Developing information literacy and critical thinking skills through domain knowledge learning in digital classrooms: An experience of practicing flipped classroom strategy, *Computers & Education*, 78 (2014), pp. 160-173,<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.009>
- [237] Sakai, H., & Kikuchi, K. (2009). An analysis of demotivators in the EFL classroom. *System*, 37(1), 57-69. <http://dx.doi.org/10.1016/j.system.2008.09.005>
- [238] Sancho, P., Matrinez, I., & Fernandez-Munjon, B. (2005). Semantic Web Technologies Applied to e-learning Personalization in <e-aula>. *Journal Of Universal Computer Science*, 11(9), 1470-1481. <http://dx.doi.org/10.3217/jucs-011-09-1470>
- [239] Santana-Mancilla, P., Echeverría, M., Santos, J., Castellanos, J., & Díaz, A. (2013). Towards Smart Education: Ambient Intelligence in the Mexican Classrooms.

- Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 106, 3141-3148. doi: 10.1016/j.sbspro.2013.12.363
- [240] Santos, C., Passos, A., & Uitdewilligen, S. (2016). When shared cognition leads to closed minds: Temporal mental models, team learning, adaptation and performance. *European Management Journal*, 34(3), 258-268. <http://dx.doi.org/10.1016/j.emj.2015.11.006>
- [241] Sardegna, V., Lee, J., & Kusey, C. (2017). Self-Efficacy, Attitudes, and Choice of Strategies for English Pronunciation Learning. *Language Learning*, 68(1), 83-114. doi: 10.1111/lang.12263
- [242] Scharinger, C., Soutschek, A., Schubert, T., & Gerjets, P. (2015). When flanker meets the n-back: What EEG and pupil dilation data reveal about the interplay between the two central-executive working memory functions inhibition and updating. *Psychophysiology*, 52(10), 1293-1304. <http://dx.doi.org/10.1111/psyp.12500>
- [243] Schmeck, A., Opfermann, M., van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2014). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: differences between immediate and delayed ratings. *Instructional Science*, 43(1), 93-114. <http://dx.doi.org/10.1007/s11251-014-9328-3>
- [244] Sedighi Maman, Z., Alamdar Yazdi, M., Cavuoto, L., & Megahed, F. (2017). A data-driven approach to modeling physical fatigue in the workplace using wearable sensors. *Applied Ergonomics*, 65, 515-529. doi: 10.1016/j.apergo.2017.02.001
- [245] Seidel, T. & Shavelson, R. (2007). Teaching Effectiveness Research in the Past Decade: The Role of Theory and Research Design in Disentangling Meta-Analysis Results. *Review Of Educational Research*, 77(4), 454-499. <http://dx.doi.org/10.3102/0034654307310317>
- [246] Seligman, M. and Csikszentmihalyi, M. (2000). Positive psychology: An introduction. *American Psychologist*, 55(1), pp.5-14.
- [247] Sergis, S., Sampson, D., & Pelliccione, L. (2017). Investigating the impact of Flipped Classroom on students' learning experiences: A Self-Determination Theory

- approach. *Computers In Human Behavior*.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2017.08.011>
- [248] Shen, C., Wu, Y., & Lee, T. (2014). Developing a NFC-equipped smart classroom: Effects on attitudes toward computer science. *Computers In Human Behavior*, 30, 731-738. doi: 10.1016/j.chb.2013.09.002
- [249] Shernoff, D., Kelly, S., Tonks, S., Anderson, B., Cavanagh, R., Sinha, S. and Abdi, B. (2016). Student engagement as a function of environmental complexity in high school classrooms. *Learning and Instruction*, 43, pp.52-60.
- [250] Shiau, W., & Chau, P. (2016). Understanding behavioral intention to use a cloud computing classroom: A multiple model comparison approach. *Information & Management*, 53(3), 355-365. <http://dx.doi.org/10.1016/j.im.2015.10.004>
- [251] Simons, M., Coetzee, S., Baeten, M., & Schmulian, A. (2019). Measuring learners' perceptions of a team-taught learning environment: development and validation of the Learners' Team Teaching Perceptions Questionnaire (LTPQ). *Learning Environments Research*. doi: 10.1007/s10984-019-09290-1
- [252] Sims, R. (2015). Revisiting "Beyond Instructional Design". *Journal Of Learning Design*, 8(3). doi: 10.5204/jld.v8i3.252
- [253] Singh, M., Kumar, S., Ooka, R., Rijal, H., Gupta, G., & Kumar, A. (2018). Status of thermal comfort in naturally ventilated classrooms during the summer season in the composite climate of India. *Building And Environment*, 128, 287-304. doi: 10.1016/j.buildenv.2017.11.031
- [254] Sirin, S. and Rogers-Sirin, L. (2004). Exploring School Engagement of Middle-Class African American Adolescents. *Youth & Society*, 35(3), pp.323-340.
- [255] Sköldström, Pontus and Stéphane Junique. "Application-Centric Networks And The Future 5G Transport". Budapest: IEEE, 2015. We.B2.4. 987-1-4673-7879-6/15
- [256] Soliman, A. (2017). Appropriate teaching and learning strategies for the architectural design process in pedagogic design studios. *Frontiers Of Architectural Research*, 6(2), 204-217. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foar.2017.03.002>

- [257] Song, L., Singleton, E., Hill, J., & Koh, M. (2004). Improving online learning: Student perceptions of useful and challenging characteristics. *The Internet And Higher Education*, 7(1), 59-70. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iheduc.2003.11.003>
- [258] Sternberg, R., Grigorenko, E., & Zhang, L. (2008). Styles of Learning and Thinking Matter in Instruction and Assessment. *Perspectives On Psychological Science*, 3(6), 486-506. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-6924.2008.00095.x>
- [259] Suprayogi, M., Valcke, M., & Godwin, R. (2017). Teachers and their implementation of differentiated instruction in the classroom. *Teaching And Teacher Education*, 67, 291-301. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tate.2017.06.020>
- [260] Švarcová, E., & Jelínková, K. (2016). Detection of Learning Styles in the Focus Group. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 217, 177-182. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2016.02.057>
- [261] Sweller, J., & Paas, F. (2017). Should self-regulated learning be integrated with cognitive load theory? A commentary. *Learning And Instruction*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.05.005>
- [262] Sweller, J., van Merriënboer, J., & Paas, F. (1998). *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <http://dx.doi.org/10.1023/a:1022193728205>
- [263] Tabatabaei, E. (2018). Innovative, creative VARK learning styles improvement strategies. *Global Journal Of Foreign Language Teaching*, 8(3), 87-93. doi: 10.18844/gjflt.v8i3.539
- [264] Taemthong, W. (2019). Selecting Ventilation Fan Capacity for University Classroom Based on Empirical Data. *International Journal Of Environmental Science & Sustainable Development*, 4(1), 13. doi: 10.21625/essd.v4i1.487
- [265] Tang, R., Wang, S., & Shan, K. (2018). Optimal and near-optimal indoor temperature and humidity controls for direct load control and proactive building demand response towards smart grids. *Automation In Construction*, 96, 250-261. doi: 10.1016/j.autcon.2018.09.020
- [266] Teixeira, M., Maran, V., de Oliveira, J., Winter, M., & Machado, A. (2019). Situation-aware model for multi-objective decision making in ambient intelligence. *Applied Soft Computing*, 81, 105532. doi: 10.1016/j.asoc.2019.105532

- [267] Terblanche, J. (2014). Using HCI Principles to Design Interactive Learning Material. *Mediterranean Journal Of Social Sciences*. doi: 10.5901/mjss.2014.v5n21p377
- [268] Tesoriero, R., Fardoun, H., Awada, H., & Raisinghani, M. (2018). Accessing Map Information Using NFC-Based User Interfaces for In-Situ Learning Environments. *International Journal Of Online Pedagogy And Course Design*, 8(1), 13-28. doi: 10.4018/ijopcd.2018010102
- [269] The Making of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire: *Educational Psychologist*: Vol 40, No 2. (2016). *Educational Psychologist*. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1207/s15326985ep4002_6
- [270] Twomey, N., Diethel, T., Craddock, I. and Flach, P. (2017). Unsupervised learning of sensor topologies for improving activity recognition in smart environments. *Neurocomputing*, 234, pp.93-106.
- [271] Urdan, T. and Schoenfelder, E. (2006). Classroom effects on student motivation: Goal structures, social relationships, and competence beliefs. *Journal of School Psychology*, 44(5), pp.331-349.
- [272] *USDLA – United States Distance Learning Association*. (2016). *Usdla.org*. Retrieved 16 August 2016, from <https://www.usdla.org/>
- [273] Uzelac, A., Gligoric, N., & Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. *Dx.doi.org*. Retrieved 20 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2015.07.023>
- [274] Uzelac, A., Gligoric, N., & Krco, S. (2015). A comprehensive study of parameters in physical environment that impact students' focus during lecture using Internet of Things. *Computers In Human Behavior*, 53, 427-434. doi: 10.1016/j.chb.2015.07.023
- [275] Uzelac, A., Gligorić, N., & Krčo, S. (2018). System for recognizing lecture quality based on analysis of physical parameters. *Telematics And Informatics*, 35(3), 579-594. doi: 10.1016/j.tele.2017.06.014

- [276] van Leeuwen, A., Janssen, J., Erkens, G., & Brekelmans, M. (2015). Teacher regulation of cognitive activities during student collaboration: Effects of learning analytics. *Computers & Education*, 90, 80-94. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.09.006>
- [277] van Merriënboer, J., & Ayres, P. (2005). Research on cognitive load theory and its design implications for e-learning. *Educational Technology Research And Development*, 53(3), 5-13. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02504793>
- [278] van Merriënboer, J., & Sweller, J. (2005). Cognitive Load Theory and Complex Learning: Recent Developments and Future Directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177. <http://dx.doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
- [279] Vesin, B., Mangaroska, K., & Giannakos, M. (2018). Learning in smart environments: user-centered design and analytics of an adaptive learning system. *Smart Learning Environments*, 5(1). doi: 10.1186/s40561-018-0071-0
- [280] Walberg, H. (1982). *Improving educational standards and productivity*. Berkeley (California): McCutchan.
- [281] Wang, F. & Hannafin, M. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *ETR&D*, 53(4), 5-23. <http://dx.doi.org/10.1007/bf02504682>
- [282] Wang, J., & Singh, S. (2003). Video analysis of human dynamics—a survey. *Real-Time Imaging*, 9(5), 321-346. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rti.2003.08.001>
- [283] Wanner, T. & Palmer, E. (2016). Personalising learning: Exploring student and teacher perceptions about flexible learning and assessment in a flipped university course. [Dx.doi.org](http://dx.doi.org). Retrieved 20 August 2016, from <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2015.07.008>
- [284] Waren, Y. (1990). On the dynamics of mental models. In *the 6th Interdisciplinary Workshop on Informatics and Psychology: Mental Models and Human-Computer Interaction I* (pp. 73-93). Amsterdam: North-Holland Publishing Co. Amsterdam, The Netherlands. Retrieved from <http://ISBN:0-444-88453-X>
- [285] Wargocki, P., & Wyon, D. (2007). The Effects of Moderately Raised Classroom Temperatures and Classroom Ventilation Rate on the Performance of

- Schoolwork by Children (RP-1257). HVAC&R Research, 13(2), 193-220. <http://dx.doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951>
- [286] Weber, G. & Brusilovsky, P. (2001). ELM-ART: An Adaptive Versatile System for Web-based Instruction. *International Journal Of Artificial Intelligence In Education (IJAIED)*, 12, 351-384. <http://dx.doi.org/10.1080/10789669.2007.10390951> HAL Id: hal-00197328
- [287] Wentzel, K. and Miele, D. (2016). *Handbook of motivation at school*. New York, N.Y: Routledge, Taylor & Francis Group.
- [288] Wouters, P., Paas, F., & van Merriënboer, J. (2008). How to Optimize Learning From Animated Models: A Review of Guidelines Based on Cognitive Load. *Review Of Educational Research*, 78(3), 645-675. <http://dx.doi.org/10.3102/0034654308320320>
- [289] Wu, H., Lee, S., Chang, H., & Liang, J. (2013). Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education. *Computers & Education*, 62, 41-49. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.024>
- [290] Wurtman, R. (1975). The Effects of Light on the Human Body. *Scientific American*, 233(1), 68-77. <http://dx.doi.org/10.1038/scientificamerican0775-68>
- [291] Wyon, D. (1970). Studies of Children under Imposed Noise and Heat Stress. *Ergonomics*, 13(5), 598-612. <http://dx.doi.org/10.1080/00140137008931185>
- [292] Xie, S. (2018). Smart Classroom and University Classroom Teaching Innovation. *Destech Transactions On Computer Science And Engineering*, (iece). doi: 10.12783/dtscse/iece2018/26602
- [293] Yaakobi, E. (2017). Thinking styles and performance. *Journal Clinical Psychiatry And Cognitive Psychology*, 01(01). doi: 10.35841/clinical-psychiatry.1.1.7-8
- [294] Yan, M. (2019). Adaptive Learning Knowledge Networks for Few-Shot Learning. *IEEE Access*, 7, 119041-119051. doi: 10.1109/access.2019.2934694
- [295] Yang, J., & Huang, R. (2015). Development and validation of a scale for evaluating technology-rich classroom environment. *Journal Of Computers In Education*, 2(2), 145-162. <http://dx.doi.org/10.1007/s40692-015-0029-y>

- [296] Yang, T., Hwang, G., & Yang, S. (2013). Development of an Adaptive Learning System with Multiple Perspectives based on Students' Learning Styles and Cognitive Styles. *Educational Technology & Society*, 16(4), 185-200. <http://dx.doi.org/ISSN 1436 -4522> (online) and 1176- 3647 (print)
- [297] Yu Tsao Pan, P., Wang Chia Wei, W., Loh Poey, L., Shen, L. and Yu Soo Hoon, V. (2016). MCQ-construction improves Quality of Essay Assessment among undergraduate dental students. *Singapore Dental Journal*, 37, pp.37-40.
- [298] Yue Suo, Miyata, N., Morikawa, H., Ishida, T., & Yuanchun Shi,. (2009). Open Smart Classroom: Extensible and Scalable Learning System in Smart Space Using Web Service Technology. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 21(6), 814-828. <http://dx.doi.org/10.1109/tkde.2008.117>
- [299] Zaki, S., Damiati, S., Rijal, H., Hagishima, A. and Abd Razak, A. (2017). Adaptive thermal comfort in university classrooms in Malaysia and Japan. *Building and Environment*, 122, pp.294-306. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.016>
- [300] Zhu, Z., Yu, M., & Riezebos, P. (2016). A research framework of smart education. *Smart Learning Environments*, 3(1). doi: 10.1186/s40561-016-0026-2
- [301] Zin, M., Sakat, A., Ahmad, N., & Bhari, A. (2013). Relationship Between the Multimedia Technology and Education in Improving Learning Quality. *Procedia - Social And Behavioral Sciences*, 90, 351-355. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.07.102>
- [302] Zirkel, S., Garcia, J., & Murphy, M. (2015). Experience-Sampling Research Methods and Their Potential for Education Research. *Educational Researcher*, 44(1), 7-16. <http://dx.doi.org/10.3102/0013189x14566879>

10. СПИСАК СЛИКА

Слика 1. Архитектура људске когниције по Мајеру	19
Слика 2. Ментална оптерећења према Мајеровој теорији когнитивног оптерећења (извор: Jalani & Sern, 2015).....	22
Слика 3. Домени и категорије према ILS моделу учења.....	30
Слика 4. Таксономија параметара персонализације (извор: Fathi Essalmi, L., 2015) ..	47
Слика 5. Стање усмерености према теорији психологије усмерености (Giasiranis & Sofos, 2016).....	51
Слика 6. <i>I-Buttons</i> чипови, RFID таг и сензор покрета.....	68
Слика 7. Модел амбијенталне интелигенције према (Ramos, Augusto & Shapiro, 2008) 72	
Слика 8. Блок шема архитектуре IoT система.....	73
Слика 9. Организација IoT система.....	74
Слика 10. Захтеви 5G система	75
Слика 11. Општа блок схема модела.....	84
Слика 12. Паметни образовни систем.....	89
Слика 13. Архитектура паметне учионице	91
Слика 14. QR кодови за идентификацију студената.....	108
Слика 15. Десктоп приказ <i>Orca Scan</i> апликације (" <i>Orca Scan: Cloud Sheets</i> ", 2018) 109	
Слика 16. Генерисање и-мејл поруке са информацијом о стратегији учења	111
Слика 17. Резултати завршног теста	112
Слика 18. Број чланова група студената према претходним дневним академским активностима.....	113
Слика 19. Успех студената на завршном тесту у зависности од претходних дневних академских активности	114
Слика 20. Осветљеност учионице	118
Слика 21. Апликација за мерење нивоа јачине звука.....	119

11. СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1.	Критеријуми анализе технолошки подржаних окружења за учење	63
Табела 2.	Пример профила студента	85
Табела 3.	Опис профила наставника.....	87
Табела 4.	Преглед система паметне учионице	93
Табела 5.	Параметри помоћу којих се прорачунава динамички коефицијент окружења	98
Табела 6.	Категорије учења са стратегијама учења у оквиру модела који се предлаже	101
Табела 7.	Расподела стратегија учења према распореду часова студента.....	110
Табела 8.	Резултати објективних мерења физичких параметара окружења * бука је била симулирана кроз аудио снимак дијалога две особе.....	121
Табела 9.	Резултати упитника субјективног доживљаја физичких параметара.....	123

12. БИОГРАФИЈА АУТОРА

Витомир Радосављевић рођен је 26.6.1979. године у Лазаревцу. Основну школу и гимназију завршио је у Београду са одличним успехом и као носилац Вукове дипломе. Упоредо је похађао и завршио Средњу музичку школу „Мокрањац”, одсек Виолина. Електротехнички факултет Универзитета у Београду уписао је 1997. године, Одсек за електронику, телекомуникације и аутоматику; Смер за телекомуникације. Дипломирао је 2005. године оценом 10 са темом „Пренос дигиталног ТВ сигнала сателитским путем (DVB-S) и утицај атмосферских појава на слабљење сигнала”. Докторске студије на студијском програму Информациони системи и менаџмент (изборно подручје Електронско пословање) уписао је 2013. године на Факултету организационих наука у Београду. Положио је свих девет програмом предвиђених испита са просечном оценом 10 и одбранио приступни рад „Модел адаптивног електронског образовања у паметним образовним окружењима”.

Као наставник електротехничке групе предмета радио је у Средњој техничкој ПТТ школи током 2006. године, а потом годину дана у Заводу за израду новчаница и кованог новца у Топчидеру као инжењер одржавања – стручни сарадник. Од 2007. године до данас ради у Високој школи струковних студија за информационе и комуникационе технологије у Београду на реализацији стручних предмета: Мултимедијална графика, Графички софтверски алати, Мобилне телекомуникације, Дигиталне телекомуникације, Компресије, Телевизија и др. Оснивач је и администратор два образовна портала: <http://www.e-studije.com> и <http://www.eplusucenje.com>. Преко наведених портала имплементира и промовише иновације у области електронског учења како студентима, тако и наставницима кроз акредитоване курсеве стручног усавршавања наставника.

Аутор је три уџбеника који се користе у реализацији наставе у Високој ИЦТ школи као и више научних и стручних радова објављених у земљи и иностранству.

Радови објављени у истакнутим међународним часописима индексирани на SSCI листи (M20)

1. **Радосављевић, В.**, Радосављевић, С., & Јелић, Г.(2019). Ambient Intelligence-Based Smart Classroom Model. Interactive Learning Environments, doi: 10.1080/10494820.2019.1652836, IF(2017) = 1,604, (M22).
2. Радосављевић, С., **Радосављевић, В.**, & Гргуровић, Б.(2018). The potential of implementing augmented reality into vocational higher education through mobile learning. Interactive Learning Environments, 1-15. doi: 10.1080/10494820.2018.1528286, IF(2017) = 1,604, (M22).

Зборници међународних научних скупова (M30)

1. **Радосављевић, В.**, Радосављевић, С., & Јелић, Г., (2019). A model of adaptive learning in smart classrooms based on the learning strategies, 8th ICTEL 2019 – International Conference on Teaching, Education & Learning, 24-25 June, 2019, Lisbon , ISSN 2454-5899 (M33).
2. **Радосављевић, В.**, Радосављевић, С., & Јелић, Г., (2019). Smart classroom environmental parameters as a parameter of adaptive learning, 8th ICTEL 2019 – International Conference on Teaching, Education & Learning, 24-25 June, 2019, ISSN 2454-5899 Lisbon (M33).
3. Радосављевић, С., **Радосављевић, В.**, & Гргуровић, Б.(2018). Mobile Augmented Reality as a method of presenting teaching content, Second International Scientific Conference on IT, Tourism, Economics, Management and Agriculture, ИТЕМА 2018, November 8, 2018, Graz (M33).
4. Радосављевић, С., **Радосављевић, В.**, Гргуровић, Б.,& Јелић, Г., (2018). Proširena realnost kao deo mobilnog učenja, Regionalna naučno-stručna konferencija "Infofest Pulse 2018" 25. Festival informatičkih dostignuća INFOFEST 2018 30.09-06.10.2018. Budva, Crna Gora, pp 128-137, ISSN 2536-5665 - M33

5. С.Штрбац, Б.Гргуровић, **В.Радосављевић**, Augmented reality and mobile learning, XV Internatiolan Symposium SymOrg 2016, Zlatibor, Serbia, 2016. pp.338-344, (ISBN 978-86-7680-326-2), (M33).
6. **В.Радосављевић**, Д. Мамула Тартаља, Г.Јелић, ILS learning style model and multimedia e-learning, XV Internatiolan Symposium SymOrg 2016, Zlatibor, Serbia, 2016. pp.312-317, (ISBN 978-86-7680-326-2), (M33).
7. А. Савић, **В. Радосављевић**, Н. Славковић, Improving the resting state efficiency of e-learning process by using web content, IER 8th International Conference on Science, Innovation and Management (ICSIM), Saint Petersburg, Russian Federation, 2015. pp. 54-57,(ISBN: 978-93-82702-02-3), (M33).
8. **В. Радосављевић**, А. Савић: Facebook in a teaching process at ICT college Belgrade, Journal of International scientific publication: education alternatives – Bulgaria 2013., Vol. 11, part 2, pp.212-218, (Info Invest Ltd ISSN 1313-2571), (M33).
9. **В. Радосављевић**, Д. Певац: Implementation of informal e-learning methods of teaching and teaching processes, - The 8th International Scientific Conference eLearning and software for Education, Bucharest, Romania, 2012., pp.544-549, (10.5682/2066-026X-12-087, ,Editura Universitara ISSN: 2066 - 026X print 2066 - 8821 online) (M33).

Зборници скупова националног значаја (M60)

1. **В. Радосављевић**, Г. Јелић, С. Штрбац: Motivation and personality model as a representative factor of students studying habits, The Sixth International Conference on e-Learning (eLearning-2015), Belgrade, Serbia, 2015, pp.154-158, (ISBN:978-86-89755-07-7), (M63).
2. **В. Радосављевић**, Н. Вугделија: Друштвене мреже као web 2.0 алати у наставном процесу, XII International Scientific – Professional Symposium

INFOTEN®-Jahorina, Босна и Херцеговина, 2013., (ISBN 978-99955-763-1-8), (M63).

3. **В. Радосављевић**, Д. Певац: Literary method as a style of nonformal learning, The Third International Conference on e-Learning (eLearning-2012), Belgrade, Serbia, 2012, pp.156-160, (ISBN 978-86-912685-6-5) (M63).
4. **В. Радосављевић**, Д. Певац, С. Штрбац: Б. Гргуровић: Impelentation of e-learning method of teaching in high vocational studies, The Second International Conference on e-Learning (eLearning-2011), Belgrade, Serbia, 2011. pp.1-5, 29-30, (ISBN 978-86-912685-7-2), (M63).

Практикуми

1. **В. Радосављевић**: „Мултимедијалне анимације: практикум за лабораторијске вежбе из предмета Мултимедијална графика“, Висока школа струковних студија за информационе и комуникационе технологије, 2013., ISBN 978-86-88245-08-1, COSBISS.SR-ID 196987916
2. **В. Радосављевић**: „Дигитална обрада фотографија“, Висока школа струковних студија за информационе и комуникационе технологије, 2014., ISBN 978-86-88245-14-2, COBISS.SR-ID 204723212
3. **В.Радосављевић**: „Увод у администрање Windows система“, New look entertainment team, 2019., ISBN 978-86-6259-084-8

13. Изјава о ауторству

Потписани Витомир Радосављевић

број уписа 5047/2013

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА

- 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 ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 16.9.2019.

14. Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора	Витомир Радосављевић
Број уписа	5047/2013
Студијски програм	Електронско пословање
Наслов рада	МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА
Ментор	Проф. др Зорица Богдановић
Потписани	Витомир Радосављевић

изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао 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 библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 16.9.2019.

15. Изјава о коришћењу

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

МОДЕЛ АДАПТИВНОГ ЕЛЕКТРОНСКОГ ОБРАЗОВАЊА У ПАМЕТНИМ ОБРАЗОВНИМ ОКРУЖЕЊИМА 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.

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, 16.9.2019.

1. Ауторство - Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавања, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.