

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ
ФАКУЛТЕТ ОРГАНИЗАЦИОНИХ НАУКА

Милош З. Милутиновић

**Модел система за адаптивно мобилно
учење страних језика**

Докторска дисертација

Београд, 2016.

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF ORGANISATIONAL SCIENCES

Miloš Z. Milutinović

**Model of a system for adaptive mobile
language learning**

Doctoral dissertation

Belgrade, 2016.

Ментор:

др Божидар Раденковић,

ред. проф. на Факултету организационих наука
Универзитета у Београду

Чланови комисије:

др Маријана Деспотовић-Зракић,

ван. проф. на Факултету организационих наука
Универзитета у Београду

др Зорица Богдановић,

доцент на Факултету организационих наука Универзитета у
Београду

др Гордана Јакић,

доцент на Факултету организационих наука Универзитета у
Београду

др Срето Танасић,

научни саветник у Институту за српски језик САНУ

Датум одбране:

Модел система за адаптивно мобилно учење страних језика

Апстракт: *Расположивост личних мобилних уређаја и пратећих мобилних технологија има све већи утицај на неформалне и формалне процесе образовања. Учење страних језика представља поготово занимљиву област примене мобилних технологија услед тога што представља вид самоусавршавања, активност која се изводи упоредо са другим обавезама и која може бити од интереса изузетно хетерогеној циљној групи. Мобилне технологије пружају могућност учења било где и било кад, па се јавља потреба за пројектовањем таквог наставног процеса који би подстицао што чешће учење у кратким интервалима, а који би био прилагодљив (адаптиван) према карактеристикама ученика.*

Предмет истраживања докторске дисертације је развој модела система за адаптивно мобилно учење страних језика. Централни проблем који се разматра у дисертацији је испитивање метода и техника прилагођавања језичких образовних садржаја и начина презентације и интеракције у складу са когнитивним могућностима корисника у покрету.

У дисертацији је представљен модел за мобилно адаптивно учење језика оријентисан ка области учења страних језика. Адаптивност је процес од посебног значаја у мобилном окружењу где се учење одвија у покрету, у кратким временским интервалима, са нижим степеном концентрације ученика. Модел описан у овој дисертацији разматра различите параметре адаптације примењиве на мобилно окружење и обухвата онтолошки оквир за формално описивање образовних садржаја и карактеристика мобилног уређаја, ученика и контекста учења. При описивању образовних садржаја, примењени су објекти учења као стандардне јединице садржаја. На основу онтолошког оквира и метаподатака објеката учења, представљен је механизам за преговарање и адаптацију. Поред наведених компонената

система, модел обухвата и инфраструктуру засновану на концепту рачунарства у облаку.

У експерименталном делу докторске дисертације, предложени модел система за адаптивно мобилно учење страних језика је развијен и имплементиран у оквиру инфраструктуре за рачунарство у облаку Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука. Имплементација је изведена за учење јапанског језика на енглеском језику коришћењем мрежа речи као основе за изградњу базе знања, а омогућена су будућа проширења додавањем других језика. Евалуација је изведена са студентима Катедре за електронско пословање, а резултати истраживања су показали да им овај вид учења изузетно одговара. Најзначајнији научни допринос докторске дисертације јесте развој модела система за мобилно адаптивно учење страних језика. Применом онтологија и принципа софтверског пројектовања, модел се може једноставно и ефикасно мењати и прилагођавати за примену у различитим окружењима.

Кључне речи: *мобилно учење, адаптивно учење, рачунарство у облаку, објекти учења, онтологије, семантички веб.*

Model of a system for adaptive mobile language learning

Анотация: *The availability of personal mobile devices and the widespread presence of supporting mobile technologies has an increasing impact on informal and formal learning processes. Foreign language learning is an especially interesting area of mobile technology application for it represents a self-improvement activity that is often performed in parallel with other daily activities and can be of interest to a very heterogeneous group of individuals. Mobile technologies allow learning to be performed at any place and any time, underlying a need for an educational process that would encourage frequent but short learning sessions, and which would be adaptive according to the learner characteristics.*

The subject of this doctoral thesis is the development of a model for adaptive mobile L2 language learning. The central problem that is considered in this thesis is the research of methods and techniques for adapting language-learning materials and presentation methods to accommodate cognitive abilities of learners on the move.

A model for mobile adaptive learning specifically oriented towards the field of language learning is presented in this thesis. Adaptivity is especially significant in the mobile environment where the learning is performed on the move, in short time intervals, and where the learners' cognitive capacity is often limited. The presented model considers various parameters for adaptation applicable to the mobile environment. An ontological framework for formally describing educational content and characteristics of the mobile device, learner, and context is designed to be used in combination with learning objects as standard units of content. A mechanism for content negotiation and adaptivity based on the ontological framework and the learning object metadata is presented. In addition

to these components, the model encompasses the cloud computing infrastructure which provides computing resources and scalability to the system.

The presented model of a system for mobile adaptive language learning was developed and implemented within the cloud infrastructure of the Department of e-business at the Faculty of organizational sciences. The implementation allows learners to learn the Japanese language, with all educational content being in English; other languages can be added in future. The evaluation was performed with the students of the Department of e-business and the results have shown that the provided form of mobile learning was considered very suitable and interesting. The most significant scientific contribution of this doctoral dissertation is the development of the model of a system for mobile adaptive language learning. By applying ontologies and principles of software engineering, the model was designed to provide for simple and efficient future modifications and adaptations for application in various environments.

Keywords: *Mobile learning, adaptive learning, cloud computing, learning objects, ontologies, semantic web*

Садржај

1. УВОД.....	1
1.1. Дефинисање предмета истраживања.....	3
1.2. Циљеви истраживања.....	6
1.3. Полазне хипотезе.....	7
1.4. Методе истраживања.....	8
2. МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ.....	10
2.1. Мобилно окружење.....	10
2.1.1. Концепт и дефиниција мобилног образовања.....	10
2.1.2. Карактеристике мобилног окружења.....	12
2.1.3. Фактори мотивације ученика у мобилном окружењу.....	15
2.1.4. Учење кроз игру.....	17
2.1.5. Мултимедијални садржаји.....	20
2.1.6. Мобилни уређаји и апликације.....	25
2.2. Мобилно учење језика.....	29
2.2.1. Сервиси за текстуалну комуникацију.....	31
2.2.2. Сервиси за гласовну комуникацију и рад са аудио-записом.....	34
2.2.3. Интегрисане хардверске компоненте – камера, <i>GPS</i> , <i>QR</i> , <i>NFC</i>	37
2.2.4. Мобилни уређаји као апликациона платформа.....	39
2.3. Објекти учења у мобилном образовању.....	41
2.3.1. Објекти учења – дефиниције и особине.....	41
2.3.2. Мобилни објекти учења.....	50
2.4. Моделирање образовних садржаја помоћу онтологија.....	53
2.4.1. Концепт и дефиниција онтологија.....	53
2.4.2. Мреже речи (<i>wordnet-ови</i>).....	55
2.4.3. Друге онтологије у образовању.....	57
3. АДАПТИВНО МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ.....	60
3.1. Појам и дефиниција.....	60
3.2. Адаптивни системи за управљање учењем.....	62
3.3. Адаптивност заснована на корисничком моделу.....	63
3.4. Адаптивност заснована на моделу уређаја.....	71
3.5. Адаптивност заснована на контексту.....	74

3.6. Онтологије као средство за развој адаптивних система.....	78
4. ИНФРАСТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ.....	80
4.1. Веб-сервиси и ресурсно оријентисана архитектура.....	80
4.2. Рачунарство у облаку.....	82
4.3. Инфраструктура за мобилно образовање.....	85
4.3.1. Технологије бежичног преноса.....	86
4.3.2. Сервиси мобилног пословања.....	88
4.3.3. Уређаји мобилног образовања.....	90
4.3.4. Мобилне платформе и оперативни системи.....	92
4.3.5. Мобилна инфраструктура у Србији.....	94
4.3.6. Испорука и прилагођавање садржаја за мобилне телефоне.....	96
4.4. Системи за управљање учењем.....	97
4.5. Објекти учења и стандарди метаподатака.....	98
4.6. Онтологије и семантички веб.....	100
4.6.1. Слојеви и технологије семантичког веба.....	100
4.6.2. Онтологије.....	103
4.7. Мреже речи (<i>wordnet</i> -ови).....	105
4.7.1. Енглеска мрежа речи – <i>WordNet</i>	106
4.7.2. Српска мрежа речи – <i>Serbian Wordnet</i>	115
4.7.3. Јапанска мрежа речи – <i>Japanese WordNet</i>	117
5. МОДЕЛ АРХИТЕКТУРЕ СИСТЕМА ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО УЧЕЊЕ СТРАНИХ ЈЕЗИКА.....	121
5.1. Анализа постојећих модела.....	122
5.2. Структура предложеног модела.....	126
5.3. Онтолошки оквир.....	129
5.3.1. Онтологија образовних садржаја.....	130
5.3.2. Модел образовних активности.....	134
5.3.3. Презентација и пропагација знања ученика.....	137
5.3.4. Презентација и пропагација интересовања ученика.....	140
5.3.5. Модел понашања ученика.....	144
5.3.6. Моделирање особина уређаја.....	147

5.3.7. Модел контекста учења и механизми адаптације.....	151
5.4. Моделирање објеката учења.....	160
5.5. Моделирање компонената инфраструктуре и архитектуре.....	166
5.6. Моделирање процеса и механизма.....	169
5.6.1. Изградња базе и управљање садржајима у бази знања.....	169
5.6.2. Адаптација садржаја.....	170
5.6.3. Израда и процесирање корисничких профила.....	171
5.6.4. Презентација садржаја.....	173
5.7. Модел интеграције система за мобилно адаптивно учење и система за управљање учењем.....	174
5.7.1. Интеграција корисничких налога.....	176
5.7.2. Приступ параметрима корисника.....	177
5.7.3. Интеграција садржаја.....	179
5.8. Модел евалуације система.....	183
6. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА.....	186
6.1. Пројектни захтеви.....	186
6.2. Пројектовање и имплементација решења.....	188
6.2.1. Случајеви коришћења.....	188
6.2.2. Модел података.....	195
6.2.3. Архитектура централног дела система и мобилне апликације.....	203
6.2.4. Кориснички интерфејс.....	206
6.2.5. Компоненте мобилне апликације за рад са подацима.....	209
6.2.6. Пословна логика мобилне апликације.....	214
6.2.7. Функционалности апликације.....	219
6.3. Евалуација апликације и система.....	238
6.3.1. Прикупљање података о главној групи учесника.....	238
6.3.2. Дискусија прве верзије мобилне апликације.....	240
6.3.3. Испитивање утисака о апликацији и систему.....	241
6.3.4. Техничка евалуација перформанси и потрошње батерије.....	248
7. НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ.....	252
8. БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА.....	257
9. ЗАКЉУЧАК.....	259

10. РЕФЕРЕНТНА ЛИТЕРАТУРА.....	261
11. СПИСАК СЛИКА.....	276
12. СПИСАК ТАБЕЛА.....	279
13. ПРИЛОЗИ.....	280
14. БИОГРАФИЈА АУТОРА.....	283

1. УВОД

Модерно друштво се непрестано налази у стању превирања, где промене у начину живота диктирају развој нових парадигми у области образовања. У оквиру тога, учење језика представља посебно живахну област услед широке доступности појединцима различитих старости, степена образовања и професија.

Мобилне технологије су тек последњи састојак у једном динамичком социо-технолошком пејзажу, који дозвољава ученицима да контролишу жељено време и место учења. Оне представљају велики корак ка остварењу свеприсутног учења или „учења било где, било кад“ [1]. Са учењем које се све чешће обавља у покрету, изазов је интегрисати образовне процесе у свим окружењима и контекстима учења.

Системи за електронско учење подржавају сложене процесе учења, сервисе, елементе и корисничке улоге. Образовни материјали у таквим системима су често доступни у различитим форматима, са различитим структурама и захтевима у погледу презентације и предзнања. У складу са тиме, системи за електронско учење морају да буду способни да динамички комбинују образовне материјале како би задовољили различите врсте ученика.

Системи за мобилно учење су суочени са истим проблемима, уз додатне проблеме који произилазе из особина мобилног окружења. Активности и материјали за учење морају да буду прилагођени и особинама ученика и особинама уређаја на којима се одвија учење. Уколико се учење одвија у покрету, у ограниченим временским интервалима и са ограниченом концентрацијом ученика, сви делови процеса учења морају да се прилагоде како би интеракције са учеником биле једноставне, ефективне и мотивишуће. Мотивишући ефекат се може постићи применом мултимедијалних садржаја [2], иновативних метода презентације, шема

корисничке интеракције и концепта учења кроз игру како би се наставни материјали приближили и мање мотивисаним ученицима [3].

Област учења језика карактерише висок степен гранулације садржаја услед тога што најзначајнију активност типично представља учење речника. Једноставност основних активности учења у овој области омогућава лакшу имплементацију апликација за учење језика у различитим окружењима. Ово додатно подвлачи потребу за утврђивањем основних принципа и дефинисањем правила прилагођавања у складу са ограничењима окружења у којем се одвија учење. У складу са природом образовних садржаја и потребама за прилагођавањем по више параметара, концепт објеката учења се погодно може употребити за описивање образовног домена на начин који би омогућио развој механизма адаптације.

Објекти учења омогућавају енкапсулацију и испоруку независних, поновно употребљивих образовних материјала дефинисаних са специфичним образовним циљем на уму [4]. Објекти учења поседују особину флексибилности и могу се агрегирати у обимније образовне јединице, али су и даље ограничени својим предефинисаним моделом и разним техничким ограничењима урођеним њиховом дизајну. Да би систем за учење језика могао да подржи истински мултимодално, вишеплатформско и свеприсутно образовно искуство, неопходна је додатна прилагодљивост на свим нивоима дизајна и имплементације. Постојећи, релативно крути модели објеката учења и њихових метаподатака могу бити замењени богатијим описом домена учења језика коришћењем онтологија. Онтологије представљају отворен речник, модел којим се описује свет помоћу типова, својстава и односа, на било ком жељеном нивоу прецизности, а њихов једини недостатак је потенцијално увећање сложености система.

Систем за учење који би подржао прилагођавање корисницима, уређајима и окружењу у којем се одвија учење уз помоћ метаподатака и онтологија треба да задовољи значајне захтеве у погледу расположивости и скалабилности наставног процеса. Инфраструктура заснована на облаку представља прихватљиво решење

за апликацију засновану на вебу и повезану са спољним системима која би на основу заједничких стандардизованих података опслуживала различите клијентске апликације.

1.1. Дефинисање предмета истраживања

Предмет истраживања приступног рада је развој модела система за адаптивно мобилно учење страних језика. Централни проблем који се разматра у приступном раду је испитивање метода и техника прилагођавања језичких образовних садржаја и начина презентације и интеракције у складу са когнитивним могућностима корисника у покрету.

Мобилно учење представља посебан вид електронског учења које се заснива на коришћењу мобилних уређаја и савремених информационо-комуникационих технологија. И поред појединих ограничења условљених мобилним окружењем, мобилно учење се непрестано и убрзано развија и у самосталном облику и у интеграцији са другим облицима учења. Учење у покрету подразумева кратке интервале учења и нижи степен концентрације ученика, али зато ученицима омогућава боље искоришћење времена у току дана. Поједине области образовања, као што је учење језика, поседују потенцијал за имплементацију у оваквим условима, захваљујући високом степену гранулације образовног садржаја. У складу са ограничењима и карактеристикама мобилног окружења, јављају се све комплекснији захтеви за пројектовањем и имплементацијом система мобилног учења језика. Уколико се развија систем за учење далекоисточних језика као што је јапански језик, потребно је посветити и додатну пажњу током пројектовања система како би се задовољиле специфичности у погледу комплексних система писања. Сви аспекти процеса учења језика морају да се прилагоде карактеристикама корисника и мобилног уређаја како би интеракције са корисником биле једноставне, ефективне и мотивишуће. Као основа за процесе адаптације могу се користити независне јединице образовног садржаја (објекти учења), метаподаци и онтологије.

За развој модела система за мобилно адаптивно учење страних језика неопходно је истражити различите приступе учењу, циљеве, преференце, мотивацију и потребе сваког ученика, а затим искористити добијене информације за развој алгоритама за прилагођавање наставних активности и образовних садржаја према идентификованим потребама. Акцент се помера ка платформама оријентисаним према ученицима и стављању њихових очекивања, мотивација, стилова учења, навика, потреба итд. у центар интересовања.

Адаптивност у електронском учењу се може заснивати на току учења, где се процес учења и редослед активности динамички прилагођава сваком ученику, или на садржају, где се ресурси и активности доступне ученицима динамички мењају. У оба случаја се образовни садржаји могу представити и користити као објекти учења. Објекти учења су образовни ресурси представљени као целовите јединице учења које се могу користити у различитим контекстима, укључујући и мобилно окружење. Објекти учења се чувају у репозиторијумима и описују скуповима метаподатака који омогућавају њихово индексирање, претраживање и агрегирање. Коришћењем метаподатака, могу се забележити све карактеристике појединих објеката учења које се могу повезати са изабраним критеријумима адаптације.

У савременим системима за управљање учењем број објеката учења је велики, па се јављају проблеми у креирању, одржавању и претраживању репозиторијума. Ови проблеми могу се решити развојем и применом флексибилног, семантички оријентисаног механизма за означавање објеката учења заснованог на онтологијама. Семантички репозиторијуми објеката учења доприносе интероперабилности између различитих система за електронско учење, подржавају семантичке упите и омогућавају аутоматизовано генерисање и обогаћивање метаподатака.

Онтологије служе као модели знања за сваку специфичну област истраживања и омогућају недвосмислено представљање, описивање и упућивање на ентитете у

тој области. Од посебног значаја за предмет истраживања су онтологије које описују концепте и везе примењиве у оквиру процеса мобилног образовања. За реализацију адаптивних електронских курсева коришћена онтологија треба да садржи спецификацију концепата и веза особина ученика (знање, интересовање, понашање), критеријума адаптације и образовних ресурса, тј. објеката учења. У области учења језика од значаја су и „*wordnet*“-ови, машински читљиви речници који су веома блиски онтологијама и који дефинишу концепте, речи и њихове односе у различитим језицима.

Мобилни уређаји се међусобно разликују по капацитету за обраду, величини екрана и разним додатним могућностима, па се помоћу посебних онтологија њихове карактеристике могу довести у везу са одговарајућим наставним активностима. Онтологијама се могу описати и параметри окружења који се онда могу користити као додатни извор информација за адаптацију процеса учења. Комбиновањем више наведених врста онтологија добија се онтолошки оквир као основа за развој свеобухватног процеса мобилног учења језика.

Системи за е-образовање подржавају комплексне процесе учења, сервисе, елементе и корисничке улоге. Адаптивни системи додатно морају да подрже алгоритме адаптације усмерене ка групама или појединачним ученицима. У мобилном окружењу карактеристике уређаја, потреба за динамичком адаптацијом и природа алгоритма адаптације могу да захтевају да се један део логике смести у централизовано окружење са снажним хардверским ресурсима. За ову намену се може применити инфраструктура рачунарства у облаку, која је способна да ефикасно одреагује на промене у броју корисника система. За имплементацију метода адаптације, које као узорак континуално обрађују повратне информације од свих активних корисника, могу се применити алгоритми за рад са великим количинама података (*big data*) као што је *map reduce*.

1.2. Циљеви истраживања

Примарни циљ истраживања у приступном раду је развој модела система за мобилно адаптивно учење страних језика заснованог на семантичком прилагођавању образовних садржаја, као и адаптацији према карактеристикама корисника, уређаја и окружења. Циљ рада се реализује кроз имплементацију технологија и концепата семантичког веба на савременој инфраструктури за рачунарство у облаку и мобилним платформама. Циљеви које треба постићи имплементацијом су:

- побољшање ефикасности и ефективности мобилног учења језика кроз развој ефикасног механизма за адаптивност;
- побољшање механизма адаптивности применом семантичке анотације и онтологија за груписање и опис односа између образовних материјала;
- побољшање механизма адаптивности применом онтологија за опис карактеристика уређаја и окружења у којем се учи;
- побољшање квалитета адаптивног учења језика непрекидном обрадом и поређењем информација имплицитно и експлицитно добављених од ученика;
- повећање мотивисаности за учење и резултата ученика;
- побољшање дизајна наставних активности за приказ на мобилним уређајима.

Имплементација модела за мобилно адаптивно учење страних језика ће бити изведена на примеру јапанског језика и допринеће на неколико нивоа унапређењу процеса електронског образовања на Универзитету у Београду и уопште. У основном облику, имплементација ће моћи да се примени у настави и самосталном учењу јапанског језика. У општијем смислу, имплементација ће пружити основ за даљи развој модела и примену на друге језике. Развијени механизми адаптације ће моћи да се искористе за увођење и унапређење процеса мобилног образовања у образовним институцијама свих нивоа.

Научни циљ рада се огледа у дефинисању модела и механизма адаптације мобилних образовних садржаја заснованих на објектима учења и онтологијама. Коначни резултати даће допринос формализацији и стандардизацији процеса пројектовања и прилагођавања образовних садржаја у мобилном окружењу.

1.3. Полазне хипотезе

Главна хипотеза која ће бити тестирана у раду гласи:

Развојем и применом модела система за адаптивно мобилно учење језика заснованог на објектима учења, онтологијама и инфраструктури за рачунарство у облаку унапређује се квалитет и доступност образовног процеса, повећава се ниво усклађености материјала за учење са карактеристикама и потребама ученика, повећавају се задовољство и заинтересованост студената и побољшавају се коначни резултати образовног процеса.

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

X0.1. Могуће је развити систем мобилног учења јапанског језика заснован на семантичком прилагођавању објеката учења у коме се адаптација врши у реалном времену.

X0.2. Систем мобилног учења језика заснован на семантичком прилагођавању доприноси побољшању квалитета и коначних исхода образовног процеса.

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

X0.1.1. Применом онтологија могуће је моделирати концепте и везе између карактеристика ученика, карактеристика наставних материјала и критеријума адаптације.

X0.1.2. Адаптивни електронски курсеви засновани на семантичком прилагођавању објеката учења могу се реализовати у системима за мобилно учење.

X0.1.3. Применом онтологија могуће је моделирати концепте и везе који описују карактеристике уређаја и окружења у којем се учи, и тиме обезбедити већи квалитет и доступност података, као и већи степен аутоматизације адаптивног процеса.

X0.2.1. Ученици остварују боље резултате када уче у систему адаптивног мобилног образовања заснованог на семантичком прилагођавању објеката учења.

X0.2.2. Учење у систему адаптивног мобилног образовања заснованом на семантичком прилагођавању објеката учења позитивно утиче на мотивацију и интересовање ученика.

1.4. Методе истраживања

У сврху израде овог рада, од општих научних метода користиће се методе прикупљања и анализе постојећих научних резултата и достигнућа, моделирање, аналитичко-дедуктивна и статистичка метода. Моделирање се користи приликом израде модела архитектуре система мобилног адаптивног учења језика заснованог на онтологијама. Аналитичко-дедуктивне методе користиће се за анализу података о постојећим решењима, о процесима мобилног учења језика, адаптивног електронског образовања, онтологијама и другим семантичким концептима. Исте методе биће примењене у анализи технологија, практичних приступа дизајну и имплементацији система мобилног образовања, платформама и библиотекама за развој софтверских компонената. Мерење релевантних параметара и анализа добијених резултата ће бити обављени помоћу стандардних статистичких метода.

У експерименталном делу ће бити извршена евалуација развијеног система за мобилно адаптивно учење јапанског језика заснованог на објектима учења и онтологијама. Добијени резултати експеримента треба да потврде главну хипотезу о побољшању система за адаптивно мобилно учење језика.

Резултати истраживања биће презентовани текстуално, описивањем, и приказани кроз више табела, слика и дијаграма са упоредним резултатима. Истраживање ће бити интердисциплинарно, јер укључује научне дисциплине: методологију, статистику, информатику, психологију, педагогију, лингвистику и друге. Примена онтологија у адаптивном мобилном образовању припада методологији, методе бележења и анализе посматраних и измерених појава припадају статистици, пројектовање архитектуре информационог система, развој мобилне апликације, протокола комуникације и механизма адаптације припадају информатици, а одређене особине ученика у контексту учења језика разматраће се са становишта психологије, педагогије и лингвистике.

Основу софтверског решења чиниће инфраструктура рачунарства у облаку, софтверски алати за развој мобилних апликација, веб-сервиси, софтверски алати за семантичко мапирање образовних ресурса, софтверски алати за моделирање, превођење и интеграцију онтологија, алати за семантичку анотацију образовних ресурса, софтверски алати за развој репозиторијума образовних материјала и софтверски алати за развој механизма непрекидне адаптације.

2. МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ

2.1. Мобилно окружење

2.1.1. Концепт и дефиниција мобилног образовања

Са развојем информационо-комуникационих технологија јавља се мноштво могућности за њихову примену у области образовања. Процес учења се заснива на правременом достављању погодном изабраних информација и њиховом презентовању у облику који је најлакши за разумевање онима који уче. За доставу информација могу се употребити телекомуникационе технологије, првенствено рачунарске мреже и мрежа свих мрежа, Интернет; за презентацију образовних садржаја, могу се применити разна мултимедијална и интерактивна решења. У процесу учења је важна и евалуација напретка ученика која се обавља комбинацијом интеракције са предавачем (уколико учествује у процесу), континуалним вођењем евиденције савладавања јединица садржаја и директним тестирањем и провером знања. Модерне технологије лако задовољавају и ове захтеве – доступни су разни облици двосмерне и вишесмерне комуникације где удаљеност обично не игра улогу, док логика у уређајима и програмима за учење може да преузме део одговорности или комплетну улогу предавача и далеко детаљније да прати и реагује на његов напредак.

У складу са тиме, практично било који процес учења, било формални или неформални, може да има користи од примене информационо-комуникационих технологија. Док се формални процес учења често (али не увек) одвија на једном, предодређеном месту, неформално учење се одвија на местима која нису предвиђена за ту сврху или чак у покрету. Пример су студенти који понављају материју за испит у аутобусу на путу до факултета, лекари који освежавају своје медицинско знање током визита, студенти језика који вежбају језичке вештине док

путују у иностранство. Сви ови примери формалног и неформалног учења се одвијају док су људи у покрету.

Област која се бави применом модерних технологија како би се омогућило учење у покрету се назива мобилно образовање (м-образовање). М-образовање се може посматрати као један аспект е-образовања који је фокусиран на учење у различитим контекстима уз помоћ мобилних уређаја. Различити аутори дају различите дефиниције мобилног образовања зависно од перспективе коју заузимају у односу на ову област. У отвореној литератури се могу наћи педагошке, психолошке, технолошке, контекстно-ситуационе и друге перспективе. Додатну компликацију представља и еволуција мобилних технологија која онемогућава постављање стабилне платформе за даљи развој теорије. Преглед дефиниција мобилног образовања се може наћи у [5], где су оне узете као полазна тачка за дискусију еволуције и утицаја ове области на друштво. У оквиру наведеног рада, аутор не покушава да да свеобухватну дефиницију м-образовања, али издваја категорију простијих дефиниција које се генерално концентришу на мобилност, примењене технологије и тежњу ка диференцирању области м-образовања од е-образовања и његових неадекватности [6].

Са развојем м-образовања, издвајају се поједине његове категорије [7]:

- **Технолошки подстакнуто м-образовање** – примена технолошких иновација у академским окружењима са циљем техничке демонстрације изводљивости и педагошког потенцијала.
- **Минијатурно/портабилно е-образовање** – примена мобилних технологија за имитацију приступа и решења коришћених у конвенционалном е-образовању или као флексибилне замене за десктоп технологије.
- **Повезане учионице** – примена у учионицама ради подршке колаборативном учењу, у спрези са другим технологијама (нпр. интерактивне табеле).
- **Неформално/персонализовано мобилно учење у контексту** – стандардне технологије проширене додатним функционалностима како би се

обезбедила специфична образовна искуства (детекција локације, прављење видео-записа...).

- **Подршка мобилном тренингу/продуктивности** – примена технологије са циљем повећања продуктивности и ефикасности мобилних радника достављањем правих информација у правом контексту.
- **Мобилно образовање на удаљеним локацијама** – примена технологије како би се савладали изазови достављања образовања на удаљене/неразвијене локације.

Било који сервис који се уклапа у ове дефиниције може бити део мобилног образовања. Фокус је на информацијама или садржајима у електронском облику. Није неопходно да сервис обезбеђује образовни садржај – услуге које редукују ученицима потребу за секундарним информацијама (попут рокова за предају радова, термина додатних предавања, чак и распореда јавног превоза) помажу у образовању, редукујући време и труд који се обично троши да би се стекле потребне информације. Поједини аутори заузимају ширу перспективу у погледу мобилних технологија, истичући улогу социјалне интеракције у животном образовању и велики потенцијал мобилних технологија да фундаментално измене карактер ситуационог и практичног образовања, невезано за специфичне дисциплине истраживања, апликације или примењене технологије [8].

2.1.2. Карактеристике мобилног окружења

Модерне технологије могу да преузму значајну улогу у оквиру утврђених процеса образовања, али и да обезбеде бројне могућности за стварање нових, експерименталних процеса. Поред мобилних апликација за учење, процес учења може да се ослања и на класичне десктоп апликације и апликације засноване на вебу, уз одређене предности и мане сваког од наведених облика. Десктоп апликације представљају основни, првобитни облик примене информационих технологија у процесу учења, али губе на значају захваљујући свеприсутности Интернета и општој доступности веб-апликација. Апликације за учење засноване

на вебу често користе елементе друштвеног умрежавања и дозвољавају слободно прављење и размену образовних материјала, уз недостатке у виду немогућности потпуног искоришћења хардверских способности уређаја на којем се одвија учење и проблеме у случају испрекидане везе. Са друге стране, мобилне апликације често имају само улогу подршке и својствен им је рад са образовним садржајима мањег обима. За образовне апликације свих облика је карактеристична тежња конвергенције у идејама, дизајну и примењеним решењима.

Основна карактеристика мобилног образовања је претпоставка континуираног кретања. Учење се одвија кроз простор и време, уз измене контекста учења у виду низа личних пројеката уместо кроз један, јединствени курс [6]. Мобилност учења је особина коју је неопходно анализирати како би се боље разумели начини преноса знања и вештина кроз различите контексте и омогућило пројектовање технологија које ће подржати друштво у ком се учење све чешће одвија у кратким интервалима између свакодневних активности. Мобилно учење је [9] усмерено на ученика, усмерено према знању, усмерено према вештинама процењивања способности ученика и усмерено према заједници.

Главне карактеристике м-образовања су [10]:

- **Свеприсутност/спонтаност** – дефинишућа карактеристика; м-образовање је свесно контекста, а ученици могу да уче на било којој локацији.
- **Преносива средства за учење**
- **Blended (мешовито) учење** – мобилни уређаји се могу укомбиновати у класичан наставни процес; ученици могу да користе мобилне уређаје за домаћи, пројекте и друге активности.
- **Приватно** – само један ученик у једном тренутку може да приступа једном уређају. Уређаји су обично прилагођени у складу са преференцијама свог власника.
- **Интерактивно**
- **Колаборативно** – мобилне технологије подржавају комуникацију између ученика и наставника.

- **Тренутни приступ информацијама** – садржаји морају да буду презентовани брзо и прецизно.

Мобилно учење се не издваја од постојећих облика учења, већ се они сагледавају под новим светлом. Теорија мобилног учења мора да обухвати значајан обим учења које се одвија изван класичних локација формалног образовања, изван учионица и амфитеатара док људи започињу и структурирају своје активности како би омогућили образовне процесе и исходе. Кључно је разумевање начина на које људи ступају у интеракцију са својим окружењем како би створили привремено окружење за учење. Ученици проводе више времена у неформалним него формалним окружењима што, поред проблема избора онога што се учи, пред њих поставља и проблем времена и начина учења. Едукатори морају боље да разумеју процес неформалног учења како би побољшали и формалне и неформалне приступе учењу [11].

При дефинисању неформалног учења као најбитнијег вида учења из перспективе мобилног учења, потребно је узети у обзир комплетан континуум између формалног и неформалног. Једна дискретизација тог континуума је дата од стране [12], дефинисањем четири облика учења:

- **Формално образовање** (*Formal education*) – учење које се одвија под апсолутним ауторитетом учитеља. Пример су стандардни школски системи са раздвајањем ученика по разредима.
- **Не-формално или даље образовање** (*Non-formal education / further education*) – учење које се одвија по иницијацији ученика уз асистенцију учитеља који користи организовани наставни план да дела у интересу ученика. Пример су курсеви за образовање одраслих, радионице и слично.
- **Неформално образовање или неформални тренинг** (*Informal education / informal training*) – учење које се одвија када учитељи или ментори обучавају друге без организованог плана, у спонтанијим ситуацијама. Пример је помоћ колеге у побољшавању радне вештине на послу.

- **Самоуправљано или колективно неформално учење** (*Self-directed / collective informal learning*) – обухвата све друге облике намерног или успутног учења које се обавља индивидуално или колективно без директног ослањања на наставнике или наставне планове.

У овом контексту, исти аутор [12] даје генеричку номиналну дефиницију неформалног учења – неформално учење је свака активност која обухвата кораке предузете са циљем стицања разумевања, знања или вештине која се одвија без присуства спољних наставних критеријума. Сви елементи неформалног учења су дефинисани од стране појединаца/група које су одлучиле да се баве њиме.

Мобилне технологије омогућавају учење било где, било кад, што их ставља на располагање ученицима у широком спектру неформалних окружења. Захваљујући модерним мобилним платформама које карактерише бољи хардвер и побољшана конективност, јављају се нове могућности као што је „глатко“ и свеприсутно учење [13]. Учење се све више приближава ученицима изградњом система који укључују нестандартне уређаје као што су интелигентни телевизори [14], док мобилни уређаји на себе преузимају улогу стварања континуитета у процесу учења и изазивају педагошки померај ка партиципативном учењу са учеником у центру процеса [11].

2.1.3. Фактори мотивације ученика у мобилном окружењу

Мобилно учење се ослања на мотивацију ученика и његову могућност да контролише процес учења, што поставља личне параметре и обрасце понашања ученика на значајну позицију у оквиру процеса учења [15]. Добро пројектоване мобилне апликације имају мотивишући ефекат на ученике и уопштено омогућавају довољно прилика за учење како би оствариле позитиван ефекат на процес учења [16]. Доказано је да се пружањем могућности за учење у неформалним окружењима повећава количина времена који ученици проводе учећи [17]. Дизајнери мобилних образовних апликација морају да сагледају све

факторе који би могли да утичу на став корисника апликације како би изабрали најпогодније методе презентације садржаја и интеракције са корисником.

Одређени фактори који позитивно утичу на мотивацију корисника мобилних образовних апликација су инхерентни мобилном окружењу [18]:

- **Контрола над циљевима** – ученици имају већу слободу да одреде параметре процеса учења и доведу их у везу са својим циљевима и интересовањима.
- **Власништво** – мобилни уређаји пружају ученицима осећај власништва; овај фактор има ефекта и у формалним окружењима која користе мобилне уређаје.
- **Комуникација** – мобилни уређаји омогућавају комуникацију између ученика; сарадња са другима на истом циљу поседује мотивишући ефекат.
- **Забавност** – мобилни уређаји се често користе у циљу забаве; ученици могу да задрже ову перспективу и када користе мобилни уређај у друге (образовне) сврхе.
- **Учење у контексту** – ученици могу да носе уређај са собом и користе га у ситуацијама где је најпотребнији.
- **Портабилност** – мобилни уређаји могу да обезбеде континуитет између различитих окружења, пренос информација и материјала и планирање образовних активности у дужим, испрекиданим временским периодима.

Појам мотивације у мобилном, неформалном окружењу се првенствено односи на унутрашњу мотивацију, односно онај вид мотивације који се јавља без спољних подстицаја (казни/награда). Унутрашња мотивација обухвата факторе изазова, радозналости, контроле, фантазије, надметања, колаборације и признања [19]. Карактеристике мобилног окружења пружају одређену основу за задовољавање фактора контроле над процесом учења и фактора колаборације/надметања применом комуникационих средстава (поруке, гласовна комуникација, Интернет).

Фактор радозналости је од изузетног значаја за сваки образовни процес, али не подразумева директно постојање интересовања и ангажовања код ученика. Проблем недоступности материјала који би могли да задовоље радозналост у тренутку када се она јави је лако решити применом мобилних технологија. Већи проблем, поготово за мобилне уређаје са ограниченим могућностима презентације и интеракције, је могућност затрпавања ученика превеликом количином информација. Уколико се расположиве технологије примене на одговарајући начин, остваривањем везе са личним, ситуационим и контекстним факторима ученика, могуће је стимулисати радозналост и интересовање, подстаћи и одржати ангажовање и постићи ефекат тзв. „дубоког“ учења код ученика [3].

Моћан мотивациони алат представља примена игара у оквиру процеса учења. Уколико су добро пројектоване, игре могу да делују на ученика по свим видовима мотивације. Додатно, образовни садржаји се могу обогатити мултимедијалним материјалима (аудио, слике, видео). Мултимедијални материјали могу, са једне стране, да делују на осећај естетике код ученика и створе утисак забавности а, са друге стране, да побољшају ретенцију знања презентовањем истих чињеница на више начина.

2.1.4. Учење кроз игру

Игра је формални систем заснован на правилима, с разноврсним и мерљивим исходима, где различити исходи добијају другачије вредности, играч улаже напор да би утицао на исход и препознаје везу својих акција са исходом, а последице активности су опционе и променљиве [20]. Игре се првенствено играју из уживања и забаве, али могу имати и образовну улогу [21].

Образовне игре (*Educational game*) су игре посебно пројектоване да подуче кориснике одређеној теми или помогну у развоју одређених способности [22]. Овакве игре, у којима је примарни циљ образовање, се још називају и озбиљним играма [23]. Срж озбиљних игара не представља њихова забавна компонента, већ

је њена улога мотивисање и ангажовање ученика. Образовне игре се најчешће заснивају на конструктивизму и хуманизму, теоријама учења које стављају нагласак на ученика, као и на конкретним принципима учења кроз искуство (*experiential learning*), учења у контексту (*situated learning*) и учења заснованом на проблему (*problem-based learning*) [24]. Значај оваквих игара у области образовања је евидентан растом броја истраживања на ову тему; такође, највећи број истраживања се бави вишим образовањем [25]. Основни циљеви учења кроз игру су [26] истраживање, интерактивност, учење на грешкама и понављање градива.

Игре су дефинисане са шест кључних димензија [27]:

- **Фантазија** – игре су одвојене од стварног света; представљањем образовних садржаја у имагинарним окружењима, ученици брже усвајају ново знање. Фантазија може бити егзогена (додата поврх наставних материјала са циљем њиховог обогаћивања) или ендогена (директно повезана са материјалима). Ендогене фантазије постижу већи мотивациони ефекат на ученике.
- **Правила/циљеви** – правила игре дефинишу структуру циљева игре. Јасни, специфични и тешко оствариви циљеви повећавају пажњу и мотивацију ученика и воде већем ангажовању и бољим резултатима.
- **Стимулација чула** – звучни и графички ефекти привлаче пажњу ученика и делују мотивишуће.
- **Изазов** – играчи желе оптимални ниво изазова, тј. игре које нису ни прелаке ни претешке. Циљ игре мора да буде од значаја играчу како би дошло до ангажовања; праћењем и презентацијом напретка играча кроз игру се појачава његова мотивација да достигне циљ игре.
- **Мистерија** – директно утиче на когнитивну радозналост ученика, односно жељу за спознајом. Мистерија се постиже неподударањем информација, сложеношћу, новим искуствима, изненађењем и кршењем очекиваног.
- **Контрола** – односи се на могућност изражавања ауторитета или управљања нечиме. Игре дају осећај личне контроле када играчи могу да

бирају стратегије, управљају активностима и доносе одлуке које утичу на њихов резултат.

Поређењем наведених шест димензија са факторима унутрашње мотивације [19], може се уочити висок степен поклапања. Игре директно делују на факторе фантазије и изазова; радозналост се подстиче димензијом мистерије, а фактори колаборације и надметања се могу подстаћи уколико је игра пројектована за више играча. На мотивациони фактор признања се може лако утицати праћењем и презентацијом напретка играча, његовим поређењем са другим играчима или давањем награда које могу да побољшају његово искуство унутар игре. Још једна техника која делује директно на факторе изазова и признања су „постигнућа“ (*achievements*). Постигнућа су метациљеви дефинисани изван параметара игре који се манифестују у облику трофеја, бецева, награда, маркица, медаља или изазова и који немају никакав утицај на извођење игре [28]. Постигнућа могу да буду корисна механика којом би се ученици мотивисали да савладају опционе наставне материјале.

Један вид игара које су добро прилагођене мобилном окружењу су игре које комбинују стварно и имагинарно окружење, игре проширене стварности, као и друге игре које зависе од локације или неког другог параметра окружења који се може додати сензорима мобилног уређаја.

MobileGame је мобилна игра која служи као подршка оријентацији нових студената на универзитету [29]. Игра је имала највише ефекта при остваривању „меких“ циљева као што је изградња тима, док су активности усмерене ка „тврдом“ учењу, односно стицању конкретних знања, биле нешто слабије оцењене. Закључак аутора је био да ефекат имерзије у окружење постигнут проширеном стварношћу има потенцијал да подржи процес учења. Сличне резултате је дала и *HELLO* мобилна свеприсутна игра за учење енглеског језика – ученици који су користили игру су били боље мотивисани, са већим степеном самопоуздања и задовољства, као и бољим постигнутим резултатима [30].

Мобилне образовне игре које се ослањају на локацију се могу поделити на игре које зависе од специфичне локације и игре које су независне од локације. Игре које зависе од специфичне локације функционишу само на одређеном простору, нпр. на кампусу универзитета, у музеју, на туристичким и историјским локацијама и другим ограниченим површинама. Са друге стране, игре независне од локације се могу користити на било којој локацији. За развој оваквих игара неопходно је да у сваком тренутку постоји неки начин добављања контекстних информација о било којој локацији, без припреме унапред од стране наставника или администратора апликације. Такође је јако битно да природа образовног материјала буде ендогена, односно таква да се он може довести у директну везу са контекстом на свакој локацији учења/играња.

Један пример мобилне образовне игре независне од локације је игра за учење о атмосферским условима, *Weatherlings* [31], која се ослања на коришћење информација о временским условима у реалном времену. Осим тога, игра је заснована и на концептима тзв. *casual* дизајна са циљем бољег уклапања у формално образовно окружење тиме што би омогућила играње у кратким али учесталим периодима у току читавог дана.

2.1.5. Мултимедијални садржаји

Примена мултимедијалних садржаја у образовању се односи на коришћење мултимедијалних инструкционих порука. Мултимедијална инструкциона порука је презентација која се састоји од записаних или изговорених речи и статичних или динамичких (покретних) слика, а која је замишљена тако да помаже у процесу учења [2]. Ученици који уче читањем (или слушањем) обичног текста типично памте мањи део кључних идеја и имају проблеме да примене научено при решавању проблема. Мултимедијалне инструкционе поруке морају да буду усклађене са начином на који људи уче [32].

Применом мултимедијалних садржаја у образовању, циљ је постизање когнитивног ефекта како би се презентовани образовни материјали лакше схватили и боље научили упркос ограниченом капацитету ученика. Когнитивне теорије мултимедијалног учења се заснивају на претпоставкама у вези са природом људског учења [2]:

- **Претпоставка двоканалности** (*dual channel assumption*) – људи поседују одвојене системе за процесирање визуелних и вербалних репрезентација.
- **Претпоставка ограниченог капацитета** (*limited capacity assumption*) – степен процесирања који се може вршити унутар сваког од канала за процесирање информација је екстремно ограничен.
- **Претпоставка активног учења** (*active learning assumption*) – учење се одвија када се ученици укључе у активно когнитивно процесирање текста/слика.

Неки од принципа развоја апликација са мултимедијалним садржајима усмерених на постизање когнитивног ефекта су дати у [33], груписани према томе да ли се односе на садржаје, ученика, задатке или тест:

- **Карактеристике материјала** – За презентацију садржаја треба користити медиј који најбоље одговара садржајима; нпр. звучни запис када треба запамтити малу количину информација у кратком року, текстуални за сложеније информације, слике за презентацију простора или конкретних објеката, итд. Мултимедију треба користити за подршку учењу а не као декорацију, и пожељно је презентовати више информационих канала истовремено, синхронизовано и елаборативно. Интерфејс апликације треба да буде интерактиван и да мотивише ученика да контролише, манипулише и истражује презентоване садржаје.
- **Карактеристике ученика** – Мултимедијалне садржаје треба пројектовати у складу са следећим опажањима – мултимедијални садржаји имају већи ефекат код почетника или мање способних ученика; такође, ефекат је већи уколико су ученици већ донекле мотивисани да савладају градиво.

Садржаје треба прилагодити старости ученика; млађи ученици не могу тако лако да спознају значење садржано у мултимедијалним садржајима.

- **Карактеристике задатака** – Мултимедијални садржаји могу да се користе за фокусирање пажње ученика на најважније чињенице. Мултимедија треба да подстиче ученике да активно процесирају презентоване информације.
- **Карактеристике теста** – Тестови знања треба да садрже питања у одговарајућем формату, тј. оном формату који је коришћен током учења.

Мајер дефинише четири ефекта које треба узети у обзир при пројектовању метода инструкционог дизајна које се ослањају на мултимедију [2]:

- Ефекат мултимедије (*multimedia effect*) – ученици боље уче ако су садржаји презентовани у виду комбинације текста и слика него ако су презентовани само као текст.
- Ефекат кохеренције (*coherence effect*) – ученици боље уче из мултимедијалних садржаја ако су уклоњени сви сувишни материјали. Додавање било каквих додатних, „занимљивих“ информација или слика омета когнитивне процесе ученика.
- Ефекат просторног суседства (*spatial contiguity effect*) – ученици боље уче из мултимедијалних садржаја када су повезане слике и речи презентоване близу једне другима.
- Ефекат персонализације (*personalization effect*) – ученици боље уче из мултимедијалних садржаја када су речи презентоване у конверзационом облику него када се користи формални облик говора.

Применом динамичких мултимедијалних садржаја (анимација) се постиже значајно већи степен разумевања материје у поређењу са коришћењем статичних материјала (лекција у књигама), а ефекат је далеко израженији уколико се ради о комплекснијим садржајима [34].

Поред когнитивног ефекта, мултимедијални садржаји могу да изазову и емотивни ефекат. Добро пројектовани мултимедијални материјали иницирају позитивне

емоције и побољшано разумевање; исти ефекат се постиже пажљивим избором облика и боја који се користе за саопштавање информација. Индуковане позитивне емоције могу да смање утисак тежине задатака стављених пред ученике, као и да их додатно мотивишу на учење [35].

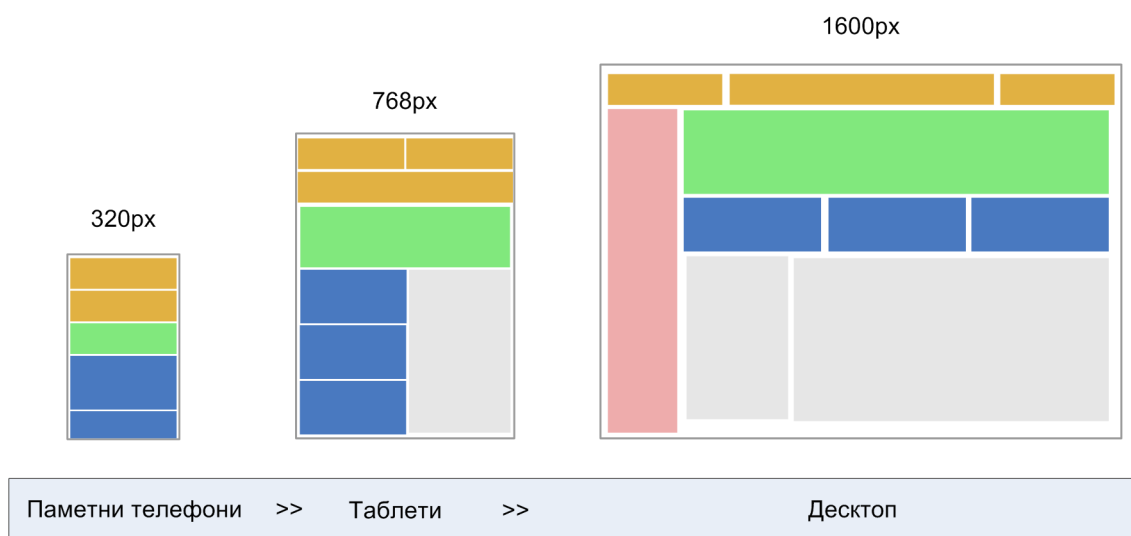
Осим слика и анимација, значајан вид мултимедије представљају звучни записи. Један вид звучних записа који су од значаја у мобилном окружењу су тзв. „подкести“ (*podcasts*), који функционишу по принципу „претплате“ на изворе који објављују аудио/видео записе. Подкести су добили име по *iPod* мултимедијалним преносним уређајима и најчешће су намењени управо коришћењу у мобилном окружењу. Студије су показале да ученици у вишем образовању сматрају подкасте бољим начином за прелажење градива од класичних књига и ефикаснијим од сопствених белешки [36]. Звучна компонента мултимедијалних презентација поготово може да буде од помоћи при учењу страних језика, где се може применити за обезбеђивање идеалних звучних узорака изговора речи/реченица, анализу и корекцију грешака у изговору код ученика, трајно праћење и моделирање говорних грешака, корекцију перцептивних/фонемских проблема и вежбање разговора са циљем постизања течног говора [37].

Значај когнитивних мултимедијалних теорија још више долази до изражаја у мобилном окружењу. Са једне стране, мањи уређаји подразумевају мање простора за презентацију садржаја и захтевају квалитетнију композицију и давање приоритета најбитнијим чињеницама. Са друге стране, мобилни уређаји се користе у покрету, у условима већег когнитивног ограничења ученика чија пажња може бити подељена са неким спољним дешавањима.

Уколико апликација ради са већом количином мултимедијалних материјала, поготово видео-снимака, може бити непрактично њихово складиштење на самом уређају. Такође, неке образовне апликације могу комбиновати онлајн и мобилно учење и функционисати по принципу периодичног објављивања и достављања садржаја или принципу репозиторијума који се претражује како би се нашли

најбољи материјали. У тим случајевима ограничавајући фактор представљају расположиви проток, који може повезан са финансијским издацима за ученика, и карактеристике самог уређаја који може бити неспособан да презентује неке типове садржаја. Решење за овај проблем може да представља неки вид адаптације мултимедијалних садржаја према карактеристикама мобилног уређаја.

Главни вид адаптације мултимедијалних садржаја се односи на адаптацију према резолуцији екрана уређаја (слика 1). Могу се дефинисати мултимедијални профили за видео (и аудио) енкодирање који обухватају параметре резолуције, броја фрејмова у секунди, број битова у секунди, број аудио-канала и друго. У складу са тим профилима се могу произвести различите копије мултимедијалних образовних садржаја које би се достављали различитим категоријама мобилних уређаја у складу са њиховим карактеристикама [38]. Поред тога, адаптација се може вршити и по другим параметрима, као што су присуство или одсуство неких хардверских и софтверских функционалности неопходних за приказ мултимедије. Детаљнији преглед адаптације садржаја према врсти мобилног уређаја је дат у поглављу 3.4.



Слика 1: Пример прилагођавања презентације величини екрана

2.1.6. Мобилни уређаји и апликације

Употребљивост мобилних уређаја у образовању је у прошлости била ограничена њиховим техничким карактеристикама, првенствено екранима ниске резолуције и дијагонале, неспретним методама уноса, ограниченом меморијом и капацитетом за обраду, као и спорадичном везом са Интернетом [39]. Модерни уређаји на платформама као што су *iPhone* и *Android* углавном решавају проблеме овог типа и додатно поседују уграђене хардверске компоненте које представљају корисне изворе контекстних информација [40]. Веб-претраживачи уграђени у паметне телефоне су способни да прочитају и презентују веб-странице у њиховом изворном облику, што дозвољава лако коришћење онлајн апликација за учење.

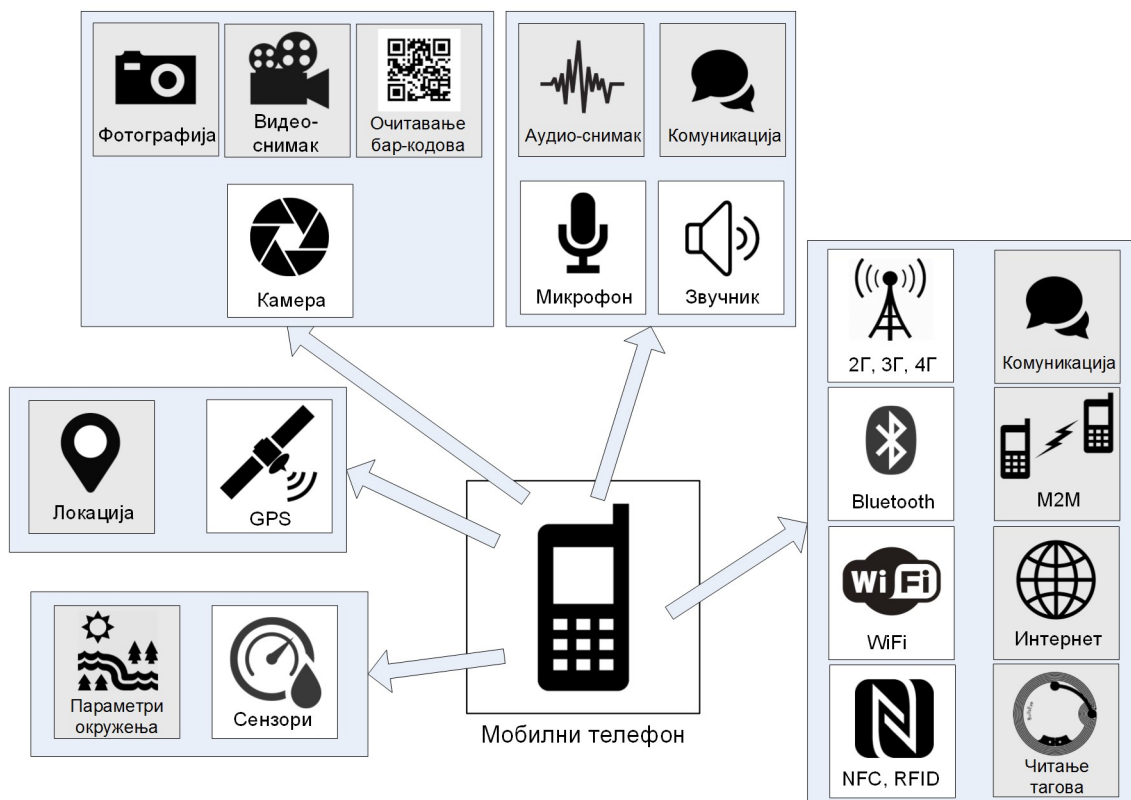
Најчешће коришћени уређаји у студијама мобилног образовања у периоду од 2003. до 2010. су мобилни телефони, праћени личним дигиталним асистентима и лаптоп уређајима, уз каснију диверзификацију и јављање неких мање стандардних уређаја као што су *GPS (Global Positioning System)* навигатори, камере, портабилни *DVD* плејери, електрични речници и друго [41]. Поред наведених врста уређаја, пратећи даљи развој технологије, јављају се и прве студије које се баве таквим уређајима као што су таблети [42] и носиви уређаји [43], док се поједине врсте уређаја, као што су лични преносни асистенти и мултимедијални плејери, утапају у друге и нестају из свих видова употребе.

Утицај мобилних платформи на учесталост учења је испитан у трогодишњој студији [44] где је ученицима било дозвољено да по сопственом избору користе или десктоп рачунаре или мобилне уређаје за учење енглеског језика. Иако су ученици чешће користили класичне рачунаре од мобилних уређаја, код мобилних уређаја је примећен тренд раста популарности. Иако је извршење истих активности захтевало значајно више времена на мобилним уређајима, одређени број ученика их је и даље користио. Претпоставка аутора је била да је ова појава узрокована тиме што су мобилни уређаји коришћени у покрету, нпр. у градском

превозу. Иако је овакав начин коришћења захтевао већи напор, типично је омогућавао конверзију раније неискоришћеног времена у корисно време за учење.

Апликације за мобилно учење поседују низ специфичности које произилазе из карактеристика мобилног окружења:

- Мобилност уређаја на којем се одвија учење повлачи могућност његове употребе у различитим окружењима и ситуацијама.
- Учење у покрету условљава коришћење мање обимних и мање комплексних садржаја прилагођених нижем степену концентрације ученика и ограниченом времену за учење.
- Мобилни уређаји су типично лично власништво и користе се од стране једне особе што омогућава боље прилагођавање садржаја и интегрисање са другим активностима.
- Мобилни уређаји се користе у социјалном контексту за повезивање и интеракцију са другим особама.
- Разноврсне технологије уграђене у мобилне уређаје (*GPS*, *RFID*, *NFC*, уграђена камера...) се могу применити за унапређење процеса учења (слика 27).



Слика 2: Технологије доступне у мобилним телефонима и њихове примене

Да би мобилне технологије могле да подржавају дугорочно учење, образовни садржаји морају да буду примењиви, прихватљиви и комфорни за мобилну доставу. У свом раду [45], аутори идентификују сет принципа за пројектовање образовних садржаја, наставних активности и употребљивих апликација, поткрепљене развијеним примерима:

- Образовни садржаји треба да буду практични и „микро“ како би ученици могли лако да им приступе и да их уклопе у своју дневну рутину; пример је давање кратке листе корака за обављање неке процедуре у критичној ситуацији или низа речи повезаних са тренутним контекстом које се онда могу на лицу места употребити. Мањи, независни и грануларни садржаји су пожељни како како би могли да се уклопе у фрагментиране временске слотове ученика.

- Наставне активности треба да буду „микро“ и једноставне како би се уклопиле са „микро“ садржајима. Активности се онда могу компоновати у сложеније по потреби.
- Апликације треба да буду конзистентне и једноставне. Конзистентност се манифестује у интерфејсу апликације, кроз навигацију, меније, дугмиће и повратне информације. Апликације треба да задрже пажњу корисника означавањем и понављањем битних информација, честим повратним информацијама и коришћењем малих парчића садржаја и кратких мултимедијалних елемената.

Уређаји са уграђеном подршком за *GPS* могу да се користе у образовне сврхе за праћење и снимање рута у оквиру теренске наставе, за снимање података који означавају узорке тла, реке, висинске тачке, архитектонске објекте, локацију биљака и станишта животиња и позиције музејских експоната. *GPS* подаци се могу користити са софтвером за мапирање ради истраживања и едукације о неким географским, природним или социјалним параметрима окружења, нпр. еколошким особинама локалног подручја. Путем одговарајућих мапа се може обезбедити информација студентима о локацији појединих образовних институција и њихових организационих целина. *GPS* се додатно може применити у оквиру асистивних технологија за особе са визуелним хендикепом.

QR кодови, *NFC* и *RFID* технологије се могу интегрисати у индексе и друге студентске идентификационе картице, користити за контролу приступа библиотекама, лабораторијама, евиденцију присуства, али и за идентификацију образовних предмета, где након читавања систем приказује додатне информације о предмету. Иако технолошки у потпуности различите, *QR* и *NFC/RFID* технологије се примењују у исту сврху – ради означавања предмета у окружењу, односно додељивања им малих количина информација. Корисници опремљени одговарајућим уређајима могу да приступе тим информацијама, које најчешће служе као окидачи неких акција или линкови ка неким информацијама.

Један пример овакве употребе, оријентисан ка учењу у контексту, се може наћи у [46], где су примењени *QR* кодови за означавање археолошки и историјски значајних локација и објеката у циљу образовања, асистенције експертима и подстицања туризма. Занимљив приступ је приказан у студији [47] где су странице у књигама означене *2D* бар-кодovima помоћу којих се приступало додатним информацијама о садржајима приказаним на истој страници као што су анимиране верзије слика из књиге. На овај начин је појачан образовни ефекат садржаја омогућавањем вишеканалног учења, уз очување основног, физичког формата књиге.

2.2. Мобилно учење језика

У оквиру мобилног образовања као посебна област се издваја област мобилног учења језика (*Mobile Assisted Language Learning, MALL*). Многи од успешних приступа коришћених у другим областима мобилног образовања се могу директно применити и на мобилно учење језика, али постоје и одређене специфичности које произилазе из природе саме области и најчешћих облика њених наставних садржаја.

Браунова [48] анализира три мода интеракције са корисником, на примеру апликације за учење шпанског језика, и дефинише њихове предности и мане:

- **Текстуални квиз** – питања представљена у квизу представљају компактне целине које могу да се употребе у кратким интервалима слободног времена; са друге стране, концентрисање на екран може да буде напорно зависно од осветљења и ситуације а, уколико се користи само текст, искуство учења није довољно свеобухватно.
- **Комуникација са инструктором коришћењем мобилног телефона** – даје идеалне услове за учење страног језика; проблем може бити теже разумевање и обезбеђивање довољно времена за све ученике.
- **Интерактивна аудио-комуникација са прегледом речника и тестирањем знања преко мобилног телефона** – може да се врши у

паралели са другим, свакодневним активностима, уз могућност опслуживања више корисника и вођења детаљне евиденције о њима на основу које ће се вршити персонализација. Захтева технологију за препознавање говора и развој квалитетног аудио-интерфејса.

Велики број истраживања мобилног учења језика се заснивају на неформално-комуникативном приступу и посматрају мобилне уређаје као [49]:

- **Средство за прикупљање података** – за снимање интеракција са другим појединцима на језику који се учи како би се снимак користио за будуће прегледање и креирање и дељење садржаја.
- **Средство за комуникацију** са другим ученицима, наставницима или појединцима који говоре језик као матерњи коришћењем телефонских позива, СМС порука и имејла.
- **Језички асистент** који обезбеђује инструкције или референце као подршку вођењу разговора у реалним ситуацијама.
- **Алат за продуктивност** – омогућава генерисање артефаката малог обима као што су кратки текстови, фотографије или анимације, потенцијално на локацију (у контексту).
- **Алат за интеракцију са проширеном стварношћу** – за читавање података са бар-кодова или микрочипова у окружењу.

Истраживање учења језика у условима где је процес значајно фрагментиран и где ученик не може да посвети континуалну пажњу нити са сигурношћу одвоји неки мањи интервал времена за учење (нпр. током вожње) даје следеће концепте које треба поштовати при развоју система и апликација намењених таквим условима [48]:

- **Понављање насупрот увођењу нових концепата** – захтева мање пажње у условима подељене концентрације.
- **Ослањање на познат, утврђен мод интерактивности** – користити стандардан модел интерактивности и избегавати активности које захтевају сложене инструкције.

- **Минимизирање интерактивности** – дозволити кориснику да може да напусти активност у било ком тренутку и врати јој се касније.
- **Модуларне јединице учења** – поделити градиво у дискретне, заокружене јединице које се могу савладати без обзира на временска ограничења.
- **Персонализована интеракција** – дозволити кориснику да сам изабере активност и прилагоди искуство свом стилу учења, стању ума, нивоу на ком се налази и нивоу концентрације.

У наставку овог поглавља је дат преглед разних мобилних апликација, система, пројеката за учење језика грубо категорисаних према главним карактеристикама мобилних уређаја на које се ослањају:

- СМС, ММС, имејл и друге текстуалне поруке
- Гласовна комуникација и могућност снимања и репродуковања звука
- Друге компоненте мобилних уређаја – камера, *GPS*, *QR*, *NFC*
- Мобилни уређаји као апликациона платформа

2.2.1. Сервиси за текстуалну комуникацију

Једна функционалност, присутна у свим мобилним телефонима, је могућност слања и пријема кратких текстуалних порука (СМС). Иако су ове поруке технички ограничене и кратке, лакоћа употребе и апсолутна распрострањеност их чини занимљивим средством за мобилно учење језика које за извођење активности као што је учење речника не поставља превелике захтеве. Поред СМС порука, један број истраживања се у прошлости бавио и ММС порукама које омогућавају пренос богатијих, мултимедијалних садржаја. Иако напредније, ММС поруке нису заживеле у општој употреби, већ се развојем бољих мобилних уређаја јављају алтернативе у виду и-мејла, *IM (Instant Messaging)* клијената и других апликација за комуникацију. Са друге стране, СМС остаје занимљив из разлога што је присутан на свим мобилним телефонима без обзира на платформу, док се на напредније варијанте комуникације не може увек рачунати, поготово у сиромашнијим земљама. Са становништва мобилног учења језика, сви наведени

видови текстуалне комуникације задржавају одређене сличности – основни вид садржаја је текстуални, мањег обима, садржаји се примају по „*push*” принципу, и могућа је и двосмерна комуникација одговарањем на примљене поруке што се може применити за имплементацију тестова и других видова утврђивања знања.

У експерименту [50], ученицима су аутоматски слате поруке са новом речи на сваких тридесет минута у периоду од 9 до 17 часова, што је процењено као оптимално време за учење. Свака порука (нова реч) је понављана три пута у току експеримента са тачно одређеним временским размаком како би се побољшало памћење. Ученици су научили већину нових речи, а имали су и позитиван став према коришћеном систему; такође, ученици су у просеку проценили да додавање мултимедије у такав систем не би било неопходно и да је текстуални формат порука био задовољавајући.

Со у свом раду [51] даје преглед различитих примена СМС порука у учењу уопште, где као једну од посебно погодних области издваја и учење језика:

- **Административна комуникација** – обухвата поруке о променама и отказивањима наставе, подсећања на рокове за домаће задатке, упозорења о надолazeћим предавањима и активностима, директна упозорења од стране наставника, инструкције за добијене задатке и друго.
- **Примена у библиотекама** – резервације књига, подсећања на рокове и сл.
- **Интеракција и дискусија у учионицама** – слање питања или коментара на лаптоп наставника и добијање одговора; наставник може да проследи квиз и покупи резултате истим путем.
- **Учење језика** – садржаји могу да се запакују у кратке, сажете поруке и учине доступним у окружењима као што су путнички возови или аутобуси. Процес учења на овај начин мање омета од примене звучних и видео записа.
- **Упитници и квизови** – ученици могу да шаљу питања наставницима или да шаљу одговоре на раније примљена питања.

- **Учење на даљину** – ученици у руралним областима, у сиромашним земљама, могу да користе мобилну мрежу и широко распрострањене СМС поруке за учење на даљину.
- **Друге примене** – учење кроз СМС, нпр. решавањем укрштенице која је приказана на пројектору помоћу СМС порука.

Студија са средњошколцима подељеним у две групе, једном која је учила нове речи на класичан начин (са папира) и другом која је учила примањем СМС порука, показала је да су ученици из СМС групе запамтили више речи по завршетку периода учења [52]. Ученици су такође имали позитиван став према овом приступу и као разлоге су наводили погодност и ефективно управљање временом, занимљиво искуство, и јасноћу кратких порука које су примали, ослобођене од других, сувишних информација.

Студија које примењују мултимедијалне (ММС) поруке има далеко мање у отвореној литератури. Један пример се може наћи у [53] Мултимедијалне поруке коришћене у студији су садржале дефиниције речи, примере у облику реченица, повезане визуелне репрезентације и изговор речи и биле су пропраћене тестом знања имплементираним помоћу класичних СМС порука.

Иако је имејл технологија која је доста дуго на располагању области е-образовања, истраживања која комбинују имејл и мобилне технологије су ретка. Потенцијалан разлог може бити богатство других видова комуникације расположивих на мобилним уређајима и боље прилагођених мањим екранима као што су СМС/ММС, чет системи и друго. Једно истраживање које се бави мобилним имејл порукама наводи користи од њиховог коришћења у универзитетском окружењу за учење страног језика: брза размена, директна, јефтина, брза и поуздана комуникација и већа контрола над планирањем, компоновањем и достављањем порука него у директној комуникацији лицем у лице. Имејл поруке могу да олакшају комуникацију, умање анксиозност, побољшају социјално учење и побољшају вештине писања [54]. У оквиру истог истраживања, студенти који су

учили разменом имејл порука су показали побољшање синтатичке сложености, спеловања, интерпункције и граматичке тачности.

Студија изведена у Јапану [55] са лекцијама енглеског језика достављаним ученицима три пута дневно преко мобилних имејл порука (које се у Јапану користе уместо СМС-а) је показала да су ученици који су примали лекције преко порука остварили боље резултате (по броју научених речи и побољшању резултата на тестовима) од оних који су учили преко веба и у папирној форми. Претпоставка аутора је да је позитиван утицај делом остварен захваљујући порукама које су подстицале понављање и учење са размаком више пута у току дана.

На глобалном нивоу, протеклих пар година карактерише значајан пад популарности СМС порука у општој употреби услед јачања популарности *IM (Instant Messaging)* апликација за паметне телефоне. Велика популарност ових апликација произилази из њиховог једноставног, интуитивног коришћења, подршке за бројне мобилне и десктоп платформе, доброг визуелног изгледа, додатних мултимедијалних елемената и емотикона, директног повезивања са свим налозима из именика и бесплатног коришћења (докле год постоји конекција са Интернетом) [56]. Студија [57], која се бавила применом једне од таквих апликација у учионицама, је показала да су главне примене у комуникацији са ученицима, развоју социјалне атмосфере, стварања дијалога и као платформе за учење. Као предности су истакнуте једноставно коришћење, мали трошак, доступност и тренутност комуникације, пријатно окружење са приликама за дружење са другим ученицима, доступност наставних материјала и наставника, као и учење после званичних часова.

2.2.2. Сервиси за гласовну комуникацију и рад са аудио-записом

Преносни уређаји који имају способност снимања и репродуковања аудио-записа су одавно доступни, у почетку у облику преносних касетофона, а касније у облику далеко комфорнијих *MP3* плејера. Осим што данашњи мобилни телефони (и

сродни уређаји) такође поседују ове могућности, мобилним телефонима је урођена и функција обављања гласовних позива која може да се примени за остварење социјалног контакта и колаборативног учења. Комуникација помоћу мобилног уређаја може да се обавља са другим ученицима, наставницима, или виртуелним туторима.

Међу првим истраживањима аспекта гласовне комуникације у улози учења језика је истраживање [58], које се бавило коришћењем класичних телефона и инструктора који су вршили комуникацију са ученицима. Резултати истраживања су указивали да систем за достављање лекција, аудио-записа и других материјала који се користе на регуларним часовима преко телефона може ефективно да се користи за учење страног језика.

iPod мултимедијални уређаји и мобилни телефони су употребљени у оквиру петонедељног истраживања [59], чији је циљ био побољшање усменог испитивања, увећање комуникационе компетентности ученика и њихово мотивисање да уче ирски језик. Ученици су могли да користе расположиве уређаје да се пријаве на аутоматски гласовни систем, да преслушају задата питања и да сниме своје одговоре на та питања; наставници су онда могли да скину, преслушају и оцене све одговоре ученика. Анализом разних облика употребе *iPod* музичких плејера у настави на америчком *Duke* универзитету, формулисани су следећи закључци [60]:

- **Дистрибуција садржаја (лекција)** – ученици су оценили могућност накнадног приступа аудио-садржајима са часова значајном, поготово у случајевима где је разумевање изговореног садржаја на страном језику било од важности.
- **Снимање предавања у учионици** – *iPod* се показао како користан алат за снимање предавања и интеракција у учионици; најбољи резултати су остварени у снимању интеракција у малим групама.
- **Снимање на терену** – оцењено је да се коришћењем *iPod*-а на терену побољшава искуство и да су сами часови занимљивији.

- **Алат за подршку настави** – док су неки предмети, првенствено језички, користили *iPod* као део наставе (за разлику од једноставног обезбеђивања приступа лекцијама), ученици су често самостално налазили начине употребе *iPod*-а који нису били предвиђени наставом.
- **Алат за складиштење и пренос материјала** – захваљујући великом доступном простору на *iPod*-у (20GB), ученици су га користили за пренос материјала са наставних рачунара кући и обрнуто.

Процес учења језика може да се побољша применом мултимодалног учења, комбиновањем аудио-записа, текста, слика и снимака. Коришћењем аудио-записа и уграђених микрофона, ученицима се могу презентовати „идеални“ записи као узор, а њихов изговор се може снимати и анализирати како би се генерисали специфични савети или како би се утврдила корелација између припадника некој језичкој групи [37].

Са јављањем лако доступних а моћних мултимедијалних плејера способних за повезивање на Интернет, развија се и појам „подкестинга“, дистрибуције аудио и видео записа по узору на блогове и објављивање вести, са механизмима претплате и нотификовања. Неке од предности подкестинга су изложене у студији [61]:

- Предност изговорене речи над писаним текстом; може да саопшти ритам, темпо и модулацију усменог језика.
- Пружа могућности за ширење и реструктуирање граница учионице и времена за учење давањем приступа садржајима било где/било кад.
- Побољшава комуникацију између наставника и ученика.
- Омогућава ученицима да се концентришу на садржај предавања уместо на хватање белешки.
- Изван учионице омогућава вршење више задатака истовремено и премотавање садржаја.
- Може да служи за припрему испита, пружа квалитетније белешке и боље разумевање садржаја, омогућава промену брзине снимка, снимање „на терену“ и снимање разговора итд.

- Омогућава имерзију у језик који се учи.

Поред употребе подкестинга као суплемента настави, могућа је и интегрална употреба у различитим инструкционим процесима, нпр. за критиковање ученичких радова, ученичке видео-презентације, интервјуе у пару, рад на специфичним задацима, диктирање, заједничке дискусије, гостујућа предавања, итд. Студија која пореди наведене начине употребе, суплементални и интегрални, и испитује различите активности у које је могуће интегрисати подкестинг се може наћи у [62].

Преглед још неких примера примене говора/звучних записа у мобилном учењу језика се може наћи у [63], са примерима који укључују и друге типове уређаја, као што су лични дигитални асистенти, таблети и дигитални снимачи звука, као и са прегледом проблема и праваца развоја мобилног учења језика.

2.2.3. Интегрисане хардверске компоненте – камера, *GPS*, *QR*, *NFC*

Мобилни уређаји могу да поседују низ хардверских компонената које или нису доступне на класичним рачунарима или не поседују исти спектар могућности за примену. Хардверске компоненте мобилних уређаја, које су од великог интереса за мобилно учење страних језика, су најчешће оне које омогућавају извођење учења у контексту. Пример тога су уграђене камере којима се могу снимати разговори, *GPS* пријемник, који одређивањем локације уређаја/корисника може да пружи додатне, контекстно зависне информације, и *QR* и *NFC* технологије за интеракцију са физичким објектима означени дигиталним информацијама.

У студији [49], ученици енглеског језика су имали задатак да фотографишу специфичне ситуације у свом окружењу у складу са задатим језичким проблемима. На тај начин је произведено јединствено образовно искуство које захтева интеракцију са окружењем помоћу мобилног уређаја и његове уграђене камере, и користи конективност са Интернетом за дељење направљених

фотографија. У другој студији, ученицима енглеског језика у Јапану је дат задатак да производе видео-снимке дужине тридесет секунди једном недељно, у којима би на енглеском језику описали неку тему задату од стране наставника [64]. Редовна вежба је помогла ученицима да увећају број коришћених речи и флуентност, а сличан ефекат су имали и коментари других ученика на њихове снимке, који су били доступни за прегледање.

У отвореној литератури постоје и примери примене *GPS*-а у области мобилног учења језика. Такав пример се може наћи у студији [65], где су ученицима обезбеђени мобилни уређаји са *GPS*-ом и приступом Интернету, као и апликација помоћу које су могли да означавају и описују локације у свом окружењу на језику који уче. Овакав приступ је подстакао ученике да учествују у стварању образовних садржаја и олакшао учење повезивањем садржаја и локација које су познате ученицима. Информације добијене помоћу *GPS* уређаја се могу укомбиновати са сервисима доступним на Интернету како би се добила информација о окружењу. Пример такве употребе је *MicroMandarin*, пројекат који се ослања на локациони сервис *Foursquare* за аутоматско преузимање релевантних садржаја [66]. Развијена апликација је подржавала четири главне функционалности – учење језика зависно од локације на којој се ученик налази, коришћење научног језика зависно од локације, прегледање свих научених садржаја и праћење напретка кроз статистике.

QR кодови и *NFC* тагови се користе на скоро идентичан начин у свим областима њихове примене (праћење робе, маркетинг, контрола приступа, итд.), уз највећу разлику узроковану тиме што читавање *NFC* тагова захтева посебан хардвер, док се подаци са *QR* кодова могу читати било којим уређајем који поседује камеру и одговарајући софтвер. У области учења језика, најчешћа примена *QR*-а и *NFC*-а је слична примени *GPS* технологије – за добијање контекстних информација. Предност ових технологија у односу на *GPS* је та што могу да се примене у затвореним просторима, као и на много мањем степену гранулације (нпр. на нивоу појединачних објеката [67]), али захтевају већу интеракцију од стране корисника.

Примена *QR* кодова у учењу језика се може наћи у студији [30], где су коришћени као један од елемената за имплементацију образовне игре за учење енглеског језика. Одређене локације на универзитетском кампусу и у његовој околини су означене *QR* кодовима; читавањем кодова се приступало повезаним садржајима.

Истраживања са *NFC* таговима има нешто мањи број, али се може наћи велики број истраживања која се баве *RFID* технологијом, основном *NFC*-а који представља само један вид специјализације те технологије који је узео замаха на модерним мобилним уређајима. Самим тим, сва истраживања која се баве *RFID* технологијом кратког домета се могу имплементирати помоћу *NFC*-а. Једно истраживање које се бави *RFID*-јем се заснивало на постављању великог броја тагова унутар једне куће; укућани су могли да користе мобилне уређаје да прочитају садржај тагова – звучни запис на енглеском или шпанском језику који се односио на означени предмет. Циљ истраживања је био да се искористи ефекат честог понављања, тзв. микроучења и бољег памћења асоцијацијом са објектима из окружења [68].

2.2.4. Мобилни уређаји као апликациона платформа

Процес учења језика на мобилним уређајима може, али и не мора да се ослања на специфичности мобилног окружења и платформи. У општем случају, модерни мобилни уређаји представљају мале, преносне рачунаре који могу да се повежу на Интернет и који су, захваљујући напретку хардвера, способни да покрећу практично било какве апликације и приступају веб страницама и сервисима који нису ни на који начин прилагођени њима. Сама чињеница да корисници оваквих уређаја са собом носе комплетан рачунарски хардвер може да представља довољну основу за развој разних апликација за мобилно учење језика.

Коришћењем Интернета, могућ је приступ низу сервиса који могу да се искористе за учење језика, чак и ако то није њихова изворна намена. Типични примери су

сервиси као што је *Google Translate*, *RSS* канали на страним језицима, проверавачи правописа, претварачи писма и други, слични сервиси. Могућ је приступ и механизмима за сарадњу као што су *wiki*-ји, собе за ћаскање, форуми или комплекснијим системима који обезбеђују кибер „*face to face*” (лицем у лице) интеракције и виртуелна колаборативна окружења за учење [69].

У студији на универзитету у Висконсину [70] лични дигитални асистенти су употребљени на неколико језичких курсева као испомоћ формалном образовању. На часовима норвешког ученици су могли, по налогу предавача, да приступе кратким активностима постављеним на веб-серверу које су им биле доступне и од куће. На тај начин, час је обogaћен технолошким садржајима без потребе да се часови премештају у класичну учионицу опремљену рачунарима што би захтевало и да се нагласак целог часа пребаци на технолошку страну. На часовима француског примењено је неколико облика чет активности под надзором предавача који је посећивао чет собе ученика; најефективнијим се показало коришћење малих група које би касније учествовали у заједничкој усменој расправи тема поменутих у чет просторији. На часовима латинске књижевности, ученицима су обезбеђени интерактивни латински текстови којима су ученици могли да додају акценте и тако акцентоване их предају предавачу.

Мобилне апликације пружају широк спектар могућности за боље управљање временом и ефикасније учење. Учење речника представља једну од најзначајнијих активности у оквиру процеса учења језика, па самим тим постоји и велики број истраживања која се баве ефикасношћу и ефикасношћу таквих активности, као и развојем мобилних апликација за учење речника [71]. У студији [72] је истражен ефекат мобилних речника на учење језика поређењем резултата групе која је учила користећи обичан (десктоп) речник и групе која је учила користећи мобилни речник. Мобилна група је показала боље резултате, потенцијално због веће временске ефикасности и доступности у сваком тренутку, као и због пратећих визуелних и звучних елемената и брзе претраге жељених појмова.

Учење речника може да буде са намером или успутно. Успутно учење се односи на учење читањем материјала на страном језику и нагађањем значења непознатих речи из контекста. Осим што је директно повезан са контекстом, овај начин учења је индивидуализован и фокусиран на ученика пошто ће нове научене речи зависити од текстова које ученик чита. У оквиру студије [73] истражени су начини на које су ученици самостално користили личне дигиталне асистенте за успутно учење енглеског језика. Идентификоване активности су обухватале референцијалне, ситуиране, конструктивне, рефлексивне, експлоративне, конверзационе и активности прикупљања података.

2.3. Објекти учења у мобилном образовању

Пројектовање генеричког система за учење отвара низ питања, било да се ради о систему за учење језика, било неке друге области. Прво питање се односи на начин структурирања образовних материјала. Иста структура не може да буде подједнако употребљива и на класичним рачунарима и на мобилним уређајима. Образовни материјали за класичне рачунаре треба да поседују дуже, богатије лекције, док ограничења мобилног окружења условљавају употребу мањих, гранулисаних и сконцентрисаних јединица. Развој два скупа образовних материјала унапред је губљење времена и потенцијално доводи до стварања разлика које би закомпликовале касније напоре усмерене на интеграцију са новим материјалима или другим системима. Решење је структурирање знања садржаног у систему у мале, дискретне, поновно употребљиве јединице које би могле да се агрегирају у веће по потреби [74]. Пошто потреба за развојем поновно употребљивих образовних материјала није нова, концепт који задовољава захтеве већ постоји у оквиру е-образовања у виду објеката учења.

2.3.1. Објекти учења – дефиниције и особине

Објекти учења су концепт е-образовања који описује мале, компактне образовне јединице сконцентрисане на остварење одређеног образовног циља [75]. Свака

самостална информација која је у стању да повећа ниво знања може представљати објекат учења. Иако различити аутори дају различите дефиниције објеката учења, већина њих ставља нагласак на основне карактеристике малог обима, поновне употребљивости, међусобне независности и могућности агрегације. Наведене особине чине објекте учења погодним концептом за примену у мобилном окружењу.

Неке дефиниције објеката учења покушавају да дефинишу универзални оквир за даљи развој док друге придају више важности практичним проблемима и концентришу се на одређене особине објеката учења. Пример је *IEEE LOM* стандард који дефинише објекте учења као било које ентитете, дигиталне или недигиталне, који се могу користити за учење, образовање и тренинг [76]. Са друге стране, Л'Алијер дефинише објекат учења као најмање независно структурно искуство које садржи циљ, активност учења и метод утврђивања знања [77]. Полсани критикује обе дефиниције у свом раду [78], дефиницију *IEEE*-ја због тога што је превише уопштена и непрактична, а Алијерову због тога што ограничава поновну употребљивост објеката учења тиме што унапред захтева дефинисан циљ, методу и механизам провере знања. Полсанијева дефиниција описује објекат учења као независну, самосадржану јединицу образовног садржаја која је намењена за поновну употребу у различитим образовним контекстима. Рори Мекгрил у свом раду даје преглед постојећих дефиниција из отворене литературе и сврстава их у неколико категорија зависно од коришћене терминологије [4]:

- Било шта (*Asset, Component, Learning Resource*) – идеја је да било који објекат може да послужи у учењу и самим тим је објекат учења; нема потребе унапред ограничавати шта може а шта не може да буде објекат учења. Да ли ће се неки објекат рачунати као објекат учења зависи само од начина његове употребе, а не и од његове природе.
- Било шта дигитално (*Content Object, Information Object, Knowledge Object, Media Object, Raw Media Element, Reusable Information Object (RIO)*) – ова категорија дефиниција се односи само на дигиталне објекте; реч „објекат“

у овим дефиницијама своје порекло вуче из термина „објектно оријентисано програмирање“.

- Било шта намењено учењу (*Educational Object, Learning Object*) – не ограничава се само на дигиталне објекте, већ обухвата појмове као што су веб странице, апликације, књиге, калкулатори, микроскопи.
- Специфично образовно окружење (*Reusable Learning Object (RLO), Unit of Learning, Unit of Study*) – неки заговорници објеката учења не прихватају генеричке дефиниције које се односе на дигиталне објекте учења и додају одређена ограничења. Ова ограничења се баве или специфичним проблемима за одређену област употребе или чисто уоквирују стандардни приступ код неких прецизније дефинисаних операција са објектима учења.

Најзначајније особине објеката учења су:

- **Доступност** – објекти учења би требало да буду означени помоћу метаподатака како би могли да се ускладиште и референцирају у бази података.
- **Поновна употребљивост** – једном направљени објекти учења треба да буду способни да функционишу у различитим контекстима.
- **Интероперабилност** – објекти учења би требало да буду независни од начина који се користи за њихово достављање и система за управљање знањем у којем се користе.

Већина особина које чине објекте учења моћним произилазе из тога што се објекти учења значајно ослањају на метаподатке. Метаподаци могу да описују садржај објеката учења на неколико начина, укључујући опис њихових техничких и образовних карактеристика. Постоје различити стандарди и модели метаподатака, а један од најистакнутијих је *IEEE LOM* [76]. Још један, општији речник метаподатака је *Dublin Core* који дефинише скуп од 15 централних својстава примењивих на било какве информационе ресурсе. Оба стандарда су пројектована да омогуће флексибилност – *IEEE LOM* дозвољава дефинисање апликационих профила, измена намењених за специфичну примену, док је

једноставнији *Dublin Core* замишљен да преузме улогу језгра које се даље може проширивати или усавршавати помоћу квалификатора [79]. Употреба метаподатака омогућава лакше и аутоматизовано претраживање и индексирање објеката учења. Метаподаци такође пружају низ могућности у вези са појмом семантичког веба, укључујући успостављање односа између образовних материјала и семантичко обогаћивање засновано на вредностима садржаним у пољима метаподатака.

Објекти учења потенцијално пружају одређене користи ауторима, ученицима и организацијама које их примењују [75]:

- **Користи за ауторе** – подржавају различите приступе учењу (рецептивни, директивни, вођено откривање, истраживачки); коришћењем шема и оквира за развој објеката учења обезбеђује се њихова конзистентност између различитих аутора; обезбеђују пројектну структуру унапред чиме се смањују ризици; обезбеђују водиле за писање ефективних и ефикасних садржаја; омогућавају детаљне претраге – аутори могу да нађу и поново употребе било који постојећи објекат; стари и нови објекти могу да се комбинују да се изграде нова решења; подржавају поновну употребу од најмањих до највећих јединица; омогућавају примену стандардних алата за форматирање и стилизацију; подржавају разне начине доставе садржаја (класичну наставу, самостално учење, алате за побољшање перформанси, виртуелне учионице, мобилне уређаје или *blended learning*).
- **Користи за ученике** – обезбеђују механизам за процену вештине и знања; подржавају аквизицију нових вештина и знања; подржавају различите типове доставе, формате података и стилове презентације у складу са потребама ученика; помоћу метаподатака омогућавају изградњу личних путања учења у складу са особинама ученика; омогућавају ученицима да траже објекте који одговарају појединим задацима и да приступе тачно оној количини знања која им је потребна; пружају конзистентно образовно искуство; подржавају различите приступе учењу, пасивне, рецептивне, истраживачке, вођене проблемом и друге.

- **Користи за организације** – смањују трошкове у свакој фази развоја коришћењем стандардне структуре и формата; омогућавају укључење више партнера током развоја и скалирање развојног модела; скраћују време потребно до остварења компетентности запослених коришћењем базе постојећих објеката за изградњу нових решења; скраћују време развоја и одржавања тестова и курсева; омогућавају брзу изградњу материјала за сертификацију коришћењем грануларних, фокусираних циљева; персонализују приступе и начине доставе, побољшавајући задовољство ученика и трансфер знања и вештина; усклађују садржаје из система за управљање садржајима са системима за управљање знањем.

Објекти учења се складиште у семантичке репозиторијуме (*Learning Object Repository – LOR*), који представљају дигиталне библиотеке за дељење образовних ресурса – објеката учења. Семантички репозиторијуми омогућавају олакшано претраживање, дељење и употребу објеката учења, као и њихову интеграцију у постојеће адаптивне системе електронског образовања. Репозиторијуми могу да садрже објекте учења са метаподацима (дистрибуирани репозиторијуми објеката учења) [80], или само метаподатке објеката учења. У репозиторијумима где су смештени само метаподаци, конкретни објекти се налазе на некој спољној локацији. Репозиторијум у том случају функционише као индекс – алат за њихово налажење. Семантички репозиторијуми најчешће подржавају *LOM* стандард за опис метаподатака.

Преглед и категоризација великог броја расположивих репозиторијума објеката учења су дати у студији [81]. Као главна подела наводи се локација складиштења садржаја – први тип су репозиторијуми који садрже и објекте и метаподатке, други тип су репозиторијуми који садрже само метаподатке и линкове, а трећи тип су хибридни репозиторијуми који имају обе врсте записа. Репозиторијуми првог типа искључиво прате централизован модел где су сви објекти доступни на једном сајту; репозиторијуми другог типа функционишу као портали или агрегатори линкова. Поједини репозиторијуми се концентришу на једну, специфичну област

изучавања, док су други отворени за све области. Идентификоване основне функционалности репозиторијума обухватају претрагу садржаја, механизме за контролу квалитета, захтевање садржаја, одржавање и верзионисање објеката учења, преузимање метаподатака, постављање нових објеката учења, складиштење под јединственим идентификатором, прикупљање метаподатака и објављивање метаподатака.

У оквиру студије [82] истражена је перспектива 75 наставника у погледу употребљивости репозиторијума за налажење и употребу објеката учења у сопственим курсевима. Главна опажања су обухватала потребу да садржаји буду на језику наставника, да приступ репозиторијуму буде једноставан, без компликованих регистрација и наплата чланства, да метаподаци у репозиторијуму (метаподаци) морају да буду исправни, да је неопходно успоставити одређен број чланова како би репозиторијум био одржаван у „живом“ стању и да претрага треба да укључује тему и тип садржаја, као и ниво студија за који је намењен.

Објекти учења подржавају материјале различитих формата, укључујући и мултимедијалне садржаје. Мултимедија може да представља део садржаја објеката учења или комплетне објекте у виду наставних снимака и интерактивних аплета. Мултимедијални садржаји поготово могу да имају користи од метаподатака кроз лакше управљање садржајима, претрагу и преузимање одговарајућих материјала. Метаподаци могу да описују техничке особине мултимедијалних садржаја које су неопходне за њихово презентовање на корисничким уређајима, као и да садрже семантичке записе који описују садржај на вишем нивоу [83]. Уз флексибилне метаподатке, проблем, поготово у мобилном окружењу, је често формат конкретних образовних садржаја.

Лонгмајер даје одређене препоруке дизајнерима објеката учења у погледу њиховог дизајна и структуре [84]:

- Језик и терминологија у одређеној тематској области треба да буду конзистентни, што ће омогућити лако растављање и поновно састављање објеката учења.
- Информације треба да буду презентоване у лако разумљивом формату коришћењем табела, листа ставки и колона по потреби.
- Информације треба да буду организоване са приказом на екрану на уму, уз праћење стандардних техника дизајна веб-садржаја.
- Информације дистрибуиране у више објеката треба да буду несеквенцијалне. Информације треба да буду самосталне и да лако могу да се прилагоде различитим контекстима. Другим речима, треба избећи међусобно референцирање међу објектима.
- Униформно представљање садржаја у свим објектима. Треба избећи „уводне“ и „закључне“ објекте.
- Користити кључне речи у елементима који се могу претраживати.
- Користити језик и садржај разумљив широј публици. Овако се избегава потреба за мануелним прилагођавањем објеката при поновној употреби.

Једна од најважнијих особина објеката учења је поновна употребљивост. Ова особина указује на то да би објекти учења требало да буду мањег обима како би се лакше интегрисали у различите контексте. Сличне закључке и модел хијерархије садржаја на више нивоа даје Хоцинс [85]. Хијерархија се састоји из пет нивоа, где су нижи нивои једноставнији и лакши за поновну употребу, док виши граде над њима додавањем више садржаја и контекста. Објекти учења су код Хоцинса постављени на средину, где агрегирају мање „информационе објекте“ и служе као дискретни делови већих јединица или лекција. Сличну хијерархију дефинише и *Cisco*; у овој хијерархији објекти учења се деле на поновно употребљиве објекте учења (*Reusable Learning Object, RLO*) и поновно употребљиве информационе објекте (*Reusable Information Object, RIO*) [75]. Информациони објекти одговарају „темама“ и заснивају се на једном од пет типова информација – концептима, чињеницама, процесима, принципима или процедурама. Пет до девет информационих објеката сачињавају један објекат учења; објекти учења у овој

хијерархији одговарају појединачним лекцијама. Сваки објекат учења, поред информационих објеката, садржи и јединице прегледа и сажетка садржаја, као и јединице за вежбање и утврђивање знања.

Све хијерархије објеката учења узимају у обзир количину контекста уграђену у објекте на појединим нивоима хијерархије, уз мање контекста у мањим објектима (како би се олакшала поновна употреба), а више контекста у већим. Стављање образовних садржаја у одговарајући контекст приближава материју ученицима и представља један вид адаптације садржаја, поред избора одговарајућих садржаја према параметрима ученика. Неке од стратегија контекстуализације објеката учења обухватају [84]:

- **Прилагођени омотачи** – аутор објекта учења може да спреми више контекстних омотача за један објекат учења; када ученик приступа објекту, биће му достављен онај контекстни омотач који му највише одговара.
- **Прилагођени контекстни оквири** – објекти се могу персонализовати применом хумора, визуелних и лингвистичких тема или објашњења која их везују са неким специфичним знањем; могу се применити и различите наставне активности за различите ученике. Да би се овим елементима могло манипулисати динамички, морају бити дизајнирани као одвојени оквири који се могу додавати и уклањати из објеката учења по потреби.
- **Линкови ка контексту** – у објекте учења се могу убацити линкови ка контексту које ученици могу, а не морају да испрате. Један објекат може имати више линкова ка различитим контекстима, а један контекст може бити повезан са више објеката.
- **Примена шаблона** – може се дефинисати структура података заснована на ученицима; на овај начин читав објекат може бити структуриран у складу са способностима, знањем и другим атрибутима ученика.

Коришћењем одговарајућих алата и техника пројектовања, исти објекти учења могу да се примене у оквиру учења заснованог на проблему, окружењима која

подстичу истраживање, системима за подршку перформанса, као подршка на послу или у оквиру *blended learning* решења [75].

Поред концептуално педагошке перспективе на објекте учења која се бави образовним елементима различитих типова и хијерархијских нивоа, од великог значаја за примену објеката учења су стандарди који се баве конкретнијим параметрима – форматом и структуром садржаја и њиховом серијализацијом. Ови стандарди су неопходни како би се омогућили развој и примена алата за израду и управљање објектима учења, као и размена објеката учења између различитих система за управљање учењем. Међу најпопуларнијим и најбоље подржаним стандардима који се баве објектима учења и њиховим структурирањем и серијализацијом се налазе *IMS Content Packaging (CP)* [86] и *Sharable Content Object Reference Model (SCORM)*, који додатно проширује *IMS CP* [87].

IMS Content Packaging описује структуре података које могу да се користе за размену података између система који желе да учествују у размени објеката учења. Фокус овог стандарда је на паковању и преносу садржаја без обзира на то ког су формата. *IMS CP* пакети су најчешће сачињени од датотека намењених отварању у веб-претраживачима у *HTML* формату, уз све пратеће садржаје као што су слике и анимације, али могуће је и коришћење специјализованих материјала, као што су *Java* аплети или формати дефинисани другим *IMS* стандардима. Централни део пакета представља тзв. манифест, *XML* документ који наводи све компоненте пакета и њихове међусобне везе, као и везе са спољним ресурсима, односно ресурсима који нису садржани у самом пакету. *IMS Content Packaging* дефинише неколико типова пакета [86]:

- Једноставан самосталан пакет – најбоље подржан тип пакета; *SCORM* пакети се заснивају на овом типу пакета. Сви садржаји и манифест фајл се налазе унутар једне *ZIP* архиве.
- Огољен манифест – цео пакет се своди само на манифест фајл са линковима ка спољним ресурсима.

- Композитни или метапакет – пакет који у свом манифесту референцира друге пакета, што омогућава компоновање више пакета у један мета-пакет.
- Архивски пакет – пакет који служи само за складиштење и размену сирових материјала.
- Специјализован пакет – пакет који садржи нестандартне садржаје.

SCORM стандард примењује *IMS Content Packaging* за структуру пакета, као и још неколико других стандарда и спецификација – *IEEE LOM*, *IEEE XML* стандард за серијализацију *LOM*-а, *IEEE* модел података за комуникацију између објеката садржаја, *IEEE ECMAScript API* за комуникацију између садржаја и извршног окружења и *IMS Simple Sequencing*. *SCORM* дефинише интерфејсе између образовних садржаја и система за управљање учењем, укључујући ту правила за регистровање и покретање садржаја и размену података (нпр. праћење и оцењивање корисника система) [87].

2.3.2. Мобилни објекти учења

Када се ограничења мобилног окружења узму у обзир, постаје неопходно да се неки начин, било унапред (ако се објекти користе само у мобилном окружењу), било динамички (ако се објекти користе на различитим платформама) обави прилагођавање објеката, првенствено у домену њихове презентације.

SCORM стандард дефинише техничку основу за образовно окружење засновано на вебу [87]. Да би објекти учења изграђени по *SCORM* стандарду могли да се прикажу на мобилним уређајима, њихов садржај обично треба унапред да буде ручно измењен. Ученици типично користе претраживаче да приступају оваквим материјалима у виду *HTML* страница које представљају мешавину садржаја, тагова за означавање који дефинишу структуру и распоред елемената, и стилских података. Већина имплементација *SCORM*-а користе фрејмове или попап прозоре који нису конзистентно подржани од стране мобилних претраживача и који потенцијално воде лошем корисничком искуству. Платформске мобилне

апликације за презентацију *SCORM* садржаја се понашају као замена за веб-претраживаче модификована тако да задовољи захтеве *SCORM*-а; програмери мобилних апликација морају да се прилагоде технологији која није пројектована за употребу на њиховим платформама.

Специјализовани мобилни објекти учења нису толико популарни као установљени стандарди налик на *SCORM*, али нека истраживања дају занимљив увид у њихову примену. У студији [88], аутори развијају кохезивне (са једним циљем учења) и раздвојене (без спољних веза, сав садржај енкапсулиран) објекте учења, почевши од већ постојећих објеката намењених презентацији на класичним рачунарима. Коришћењем *Flash Lite* технологије, резултујући објекти учења садрже и презентацију и образовни садржај, услед чега постоји ризик да објекти направљени од стране различитих појединаца изгледају и функционишу различито. Аутори овом проблему приступају тако што дефинишу једну стандардну библиотеку кода и дизајнерских елемената коју би, теоретски, користили сви аутори у систему објеката учења презентованом у студији. Ово, са друге стране, захтева од аутора одговарајући ниво познавања алата и ограничава их на један приступ развоју објеката учења.

Черчил даје скуп препорука у вези са дизајном мобилних објеката учења намењених за презентацију на малим екранима мобилних уређаја, углавном у вези са начинима презентације и понављања садржаја на ограниченој површини на такав начин да се избегне компликовање корисничког интерфејса [89]:

- Визуелно презентовати информације уз понављање истих информација коришћењем више видова презентације уколико је потребно.
- Уградити интерактивност.
- Сви елементи да буду део свеобухватне презентације.
- Пројектовати за приказ на једном екрану и минималном простору.
- Минимизирати употребу аудио/видео клипова, не претеривати са бојама и декоративним елементима, држати се стандардног фонта.
- По потреби поделити простор коришћењем фрејмова.

- Пројектовати за приказ преко читавог екрана и водоравној оријентацији која може да пружи већу флексибилност; минимизирати скроловање.
- Елиминисати сложене интеракције и пројектовати кратке задатке.
- Омогућити зумирање и користити покретљиве, смањиве, преклопљене и полупровидне елементе интерфејса.
- Пројектовати садржај тако да омогући ученицима да повезују концепте из стварног света са онима презентованим кроз објекте учења.
- Пројектовати за аналитичку употребу тако да корисници могу да уносе вредности из окружења и добију резултате.
- Пројектовати за експериментисање – омогућити манипулацију садржајем и посматрање резултујућих промена.
- Пројектовати за размишљање, привући пажњу корисницима постављеним траговима и подстакнути им радозналост.
- Пројектовати за поновну употребу – узети у обзир могућност презентације објеката на различитим уређајима.

Да би било могуће развити истински флексибилан скуп образовних материјала, неопходна је јасна подела одговорности. Образовни материјали могу да се учине употребљивијим у различитим контекстима уколико се очисте од свих презентационих детаља. Ови детаљи се могу додати касније од стране сервиса и механизма који за свој рад користе те образовне садржаје, или од стране конкретних платформских апликација које су најбоље упознате са својим способностима презентације. Чак и уколико се изузме презентација, и даље може бити потребно вршити прилагођавање обима и комплексности образовних садржаја у складу са могућностима уређаја. Ово се може постићи применом неког облика резоновања на основу уређаја [90], али модел података и пратећи мета модел морају да буду довољно богати и флексибилни да би подржали неку логику вишег нивоа која би изводила потребне модификације. Објекти учења могу да се користе као коцкице помоћу којих би се склапали већи, агрегирани објекти, али ће квалитет коначног производа зависити од величине и флексибилности појединачних јединица. Што су мањи објекти учења, лакше ће бити њихово

мешање и спајање, али ће самим тиме садржати и мање образовног контекста. Идеално решење би било да се користе најмање могуће, пожељно атомске јединице садржаја које би и даље задржале неке семантичке везе ка различитим нивоима контекстних информација.

2.4. Моделирање образовних садржаја помоћу онтологија

2.4.1. Концепт и дефиниција онтологија

За израду богатог модела језичко-образовног домена који би био довољно флексибилан да задовољи захтеве у погледу минимизације и атомичности садржаја, могу се користити онтологије. Онтологије су отворене и њихова структура се може дефинисати по вољи. Када се узме у обзир да онтологије своје порекло налазе у грани филозофије која потиче још из Аристотеловог доба, тешко је дати строгу дефиницију овог појма. Кратка, концизна дефиниција онтологија их описује као „формалну, експлицитну спецификацију дељене концептуализације“ [91]. Онтологије се могу описати као сличним метамоделима или дијаграмима класа који се користе у софтверском инжењерству, пошто користе типове, својства и везе да опишу неки домен света. Везе у онтологијама су јако типизирани, па било који конкретан облик односа између два концепта може детаљно да се опише. Онтологије дозвољавају својим ауторима да их дефинишу по вољи и да их учине онолико моћним колико је потребно. Квалитетно пројектоване онтологије могу прецизно да опишу било који домен, али аутори морају да обрате пажњу и да уравнотеже изражајност осмишљене онтологије са њеном сложености.

Базе знања представљају појам директно повезан са онтологијама. База знања се добија када се класе дефинисане онтологијом инстанцирају, добијени објекти међусобно повежу и њихова својства попуне вредностима из неког одговарајућег опсега. Граница између онтологија и база знања може да буде донекле маглопита, уз велики број онтологија директно праћених одговарајућим базама знања [92]. Пратећи претходну аналогију онтологија са софтверским инжењерством, базе

знања одговарају конкретним моделима или објектним дијаграмима. На крају, онтолошки језик је формални језик који се користи за изградњу онтологије и може се упоредити са мета-метамоделима.

Онтологије се могу користити да опишу све аспекте било којег типа информационог ресурса. Када су информациони ресурси означени добро структурираним онтологијама, подаци садржани у њима се могу лако преузимати, интегрисати и поредити од стране људи и машина [93]. Када у ширем домену употребе постоји неколико повезаних онтологија или када онтологије морају да буду интероперабилне између различитих домена, може се дефинисати виша онтологија како би се побољшала интероперабилност. Више онтологије су доменски независне онтологије које описују опште концепте употребљиве у свим доменима знања. Доменски специфичне онтологије се могу извести из виших онтологија. Ова два нивоа онтологија се премошћавају онтологијама средњег нивоа или тзв. *utility* онтологијама, које су конкретније од виших онтологија [94]. Проблем код примене виших технологија је тај што имају тенденцију да буду јако сложене, што спречава њихову распрострањену имплементацију. Доменске онтологије се, из више разлога, развијају да буду што простије али способне да изразе све неопходне концепте и односе. Ово омогућава лакше разумевање, имплементацију, употребу и будуће измене над постојећим концептима.

У складу са тиме, могу се применити два правца у развоју нових онтологија. Први је да се анализира жељени домен и да се дефинишу само концепти од значаја, што резултује једноставнијом, специјализованом онтологијом. Други приступ је да се анализирају и употребе постојеће доменске онтологије или, ако ниједна није доступна, да се употребе генеричке више и средње онтологије као општи речник концепата и односа поврх којег нова, специфична доменска онтологија може да буде пројектована. Оба приступа имају одређене предности; први упрошћава резултујућу онтологију, док други поједностављује процес пројектовања и повећава интероперабилност. Могућ је и комбинован приступ и сваки развој онтологија би требало прво да започне истраживањем сличних пројеката [92].

2.4.2. Мреже речи (*wordnet-ови*)

Постојеће онтологије се могу наћи у неколико домена релевантних за учење језика [95]. Речник је честа почетна тачка за учење страних језика и постоји неколико машински читљивих речника, тзв. *wordnet-ова*. Ови речници дефинишу концепте, речи и њихове односе у различитим језицима. Изворни *WordNet* је развијен на Принстону за енглески језик и од стране својих аутора је описан као лексичка база података [96]. *WordNet* представља модел енглеског језика где су све речи дефинисане као парови записа (стрингова, низова слова) и значења. Синонимија се јавља када више записа дели једно значење (односно више речи има слично значење), а полисемија када један запис има више одвојених значења. Између записа речи постоје морфолошке везе (инфлексива, деривација, сложенице), а између значења постоје семантичке везе (синоними, антоними, хипоними, хиперними, мероними, холоними, тропоними, импликација).

Синоними у *WordNet*-у се групишу у неуређене скупове под именом синсетови (*synsets*) који служе да лексички изразе концепте. Заменом једног елемента синсета другим у оквиру неке реченице не долази до промене њеног значења. Синсетови су праћени кратким објашњењем и, опционо, једном или више реченица које демонстрирају примену речи из скупа и доменском лабелом (нпр. медицина, спорт, биологија...). Синсетови представљају градивну структуру *WordNet*-а; семантичким везама између синсетова се добија мрежна структура [97]. *WordNet* поседује одређене сличности са онтологијама и неки аутори су радили на његовом повезивању са формалним онтологијама као што је виша онтологија *SUMO*.

Слични пројекти су развијени у различитим језицима по узору на изворни *WordNet*, укључујући ту и *EuroWordNet*, који обухвата осам језика. Речи у различитим језицима дефинисаним у *EuroWordNet*-у су повезане помоћу међујезичких линкова који су ускладиштени у међујезичком индексу (*Interlingual Index, ILI*) [98]. Већина мрежа речи на другим језицима се заснива на изворном,

енглеском *WordNet*-у; међујезички индекс *EuroWordNet*-а се заснива на верзији 1.5 изворног *WordNet*-а. Вишејезичност се онда постиже додавањем везе еквивалентности између сваког синсета у неком језику са најближим синсетом у *WordNet*-у 1.5. Синсетови на различитим језицима повезани са истим енглеским синсетом се сматрају за еквивалентне или блиске у значењу. *EuroWordNet* је структуриран тако да сваки језик функционише као аутономан систем интерних веза између синсетова, док се везе еквивалентности налазе одвојено, у централизованом међујезичком индексу.

Постоји одређени број пројеката развоја мрежа речи и за друге језике који нису обухваћени европским *EuroWordNet*-ом. Један од таквих пројеката је *BalkanNet*, који обухвата бугарски, румунски, грчки, српски, турски и чешки језик [99] и пројектован је по узору на *EuroWordNet*. За међујезички индекс је употребљена верзија 2 *WordNet*-а, а утврђен је и стандардни *XML* формат за серијализацију, који могу да користе пратеће развијене апликације. Сви језици у оквиру овог пројекта су дефинисали преводе за 8516 базних концепата. У оквиру пројекта *BalkanNet* је развијена и српска мрежа речи. Главни проблеми у развоју ове мреже су произишавали из урођених разлика између енглеског и српског језика, па је значајан додатни напор уложен у валидацију синсетова српске мреже речи [100].

BabelNet је вишејезична семантичка мрежа која интегрише лексикографско и енциклопедијско знање из *WordNet*-а 3.0 и Википедије и која се може похвалити покрићем 271 различитог језика [101]. Интеграција којом је изграђен *BabelNet* је изведена као аутоматски процес, мапирањем појмова из главних извора и попуњавањем празнина у мање заступљеним језицима помоћу машинског превођења. Резултат интеграције је енциклопедијски речник који обезбеђује концепте и именоване ентитете у великом броју језика повезане са великим количинама семантичких веза.

Код постојећих мрежа речи постоје одређени проблеми узроковани изворним, енглеским *WordNet*-ом и непоклапањем многих језика са енглеским, поготово оних

који не припадају индоевропској породици језика. Као решење ових проблема успостављен је пројекат изградње глобалне мреже речи (*GlobalWordNet Grid*) [102]. Ова мрежа треба да буде изграђена око скупа концепата у што већем броју језика и повезана са дефиницијама датим у *SUMO* вишој онтологији.

2.4.3. Друге онтологије у образовању

Учење речника је специфично услед велике могућности за гранулацију садржаја. Други елементи учења језика су више налик на друге области учења и могу да захтевају веће количине садржаја како би били разумљиви (нпр. граматичке лекције које објашњавају правила и пружају примере употребе), па су општи примери примене онтологија у е-образовању такође од значаја. Онтологије могу да се употребе за дефинисање детаљног описа образовних и мултимедијалних материјала, ученика, наставника и наставних алата. У складу са тиме, у отвореној литератури се могу наћи примери образовних доменских онтологија, онтологија наставних планова, онтологија проучаваних области, педагошких онтологија, онтологија учесника и онтологија наставних материјала. Користи од примене онтологија у образовању обухватају могућности персонализације и адаптивности, дељивости, интероперабилности и поновне употребљивости [103].

Онтологије могу да служе као интерфејс између корисника и репозиторијума објеката учења. У тој улози могу да се користе за пружање различитих перспектива објеката учења за различите домене употребе. Један пример се може наћи у [104], где аутори конвертују контекстно знање образовног домена којим се баве (грађевинарством) у онтологију. На тај начин је дефинисана заједничка база знања која може да се примени у различитим курсевима који се дотичу те области из различитих перспектива и са различитим предзнањем и наставном секвенцом.

Један начин за побољшање процеса учења је визуелизовањем области изучавања коришћењем мапе појмова који се јављају у тој области. Визуелизовањем образовних ресурса на кохерентан и разумљив начин може се постићи боље

разумевање градива код ученика [105]. Ученицима се може прогресивно пружати све више експлицитног знања како би могли да изграде концептуалне оквири и разумеју велике, опште концепте пре него што пређу на специфичније. Ученици који већ поседују знања могу да користе мапе да брзо дођу до специфичних одељака који их интересују. Визуелни приказ области изучавања може ученицима да пружи брз увид у њихов тренутни ниво знања и у правце усавршавања које могу да предузму. На крају, овакви системи омогућавају компоновање адекватних упита претраге и откривање нових образовних и информационих ресурса [106].

Коришћење информационих објеката који нису анотирани или су слабо анотирани метаподацима није погодно за примену техника визуелизације и најбољи покушаји могу да се сведу на приказивање низа неповезаних информационих „острва“ [107]. Уколико су богати семантички атрибути и везе доступни, ресурси се могу апстраховати, елементи и везе филтрирати или додатно изразити и различите перспективе генерисати, чиме се може пружити увид у одређени аспект посматраног скупа образовних материјала. Добро структурирани подаци се могу лакше и концизније визуелизовати, пружајући бољи увид у домен изучавања [106]. У ову сврху се могу применити онтологије. Један пример такве примене се може наћи у студији [108], где су аутори развили онтологију засновану на специфичном курсу, како би омогућили генерисање мапа које приказују одређене кључне тачке и везе између њих.

Помоћу онтологија се може дефинисати стандардни речник који би служио за развој посредника између клијентских апликација и репозиторијума објеката учења. Такав посредник (тзв. асистент) може да се прилагоди променама структуре метаподатака без измена у клијентским апликацијама и да учитава одговарајуће објекте учења према неким задатим критеријумима [109].

Онтологијом се може представити инструкциони модел, теорија која описује најбоље приступе подучавању у одређеним ситуацијама. Овако описан инструкциони модел се онда може применити у оквиру алата за израду

образовних материјала. Процес израде kurseva и других наставних јединица може бити персонализован и пружати предлоге, стандардне обрасце и материјале који најбоље одговарају изабраној теорији. Аутори [110] у развоју такве онтологије предлажу коришћење више подонтологија како би било могуће дефинисати теорије учења које су директно сукобљене, односно неконзистентне. Постојећи стандарди као што је *IMS LD (Learning Design)* спецификација која описује све елементе примењиве у пројектовању процеса учења/наставе се такође могу описати помоћу онтологије [111].

Једна од главних намена онтологија уопште је формализовање концепата и правила у неком домену како би било могуће извршавање процеса доношења закључака у том домену. Овакав начин примене је погодан за процес адаптације садржаја према параметрима корисника и окружења, па се у отвореној литератури може наћи значајан број истраживања која се баве применом онтологија у персонализованом и адаптивном образовању. Преглед таквих примена онтологија је дат касније, у поглављу онтологије као средство за развој адаптивних система.

3. АДАПТИВНО МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ

3.1. Појам и дефиниција

Адаптиван систем представља систем који поседује низ функционалности везаних за адаптивност и адаптабилност. Адаптабилност се односи на могућност ученика да лично преузму контролу и мењају разне системске параметре и понашање система. Адаптивност, са друге стране, подразумева постојање неког вида логике за аутоматско прилагођавање према понашању ученика. Ова два појма нису строго одвојена и већина адаптивних система се заснива на некој комбинацији оба. Спектар на скали између строго адаптивног и строго адаптабилног система обухвата следеће кораке [112]:

- Системски иницирана адаптивност; без икакве контроле са стране корисника система.
- Системски иницирана адаптивност са информисањем корисника пре предузимања било каквих корака.
- Корисничка селекција делова апликације који ће бити адаптирани по основу предлога генерисаног од стране система.
- Кориснички иницирана адаптабилност потпомогнута алатима обезбеђеним од стране система.
- Кориснички иницирана адаптабилност.

Оба приступа поседују одређене предности и мане; разматрање адаптивности и адаптабилности у образовном окружењу у поређењу са неким другим окружењима се може наћи у раду Опермана [112]. Као потенцијални недостаци адаптивности наводе се ограничења и ризици који произилазе из контроле и праћења корисника од стране система, притиска да се корисник уклопи у концептуални модел пројектанта система, као и могућност преласка система у такво стање које би збунило корисника. Решење за ове проблеме обухвата

омогућавање кориснику да парцијално или комплетно деактивира адаптацију, да прихвати, модификује или одбије све адаптивне измене, да може ручно да зада параметре адаптације, да буде информисан пре сваке измене и да има приступ записима о свом понашању у оквиру система. Са друге стране, као недостатак адаптабилности наводи се да велика већина почетника, као и значајан број напреднијих корисника адаптабилних система, никада не врше прилагођавање система услед повећаног когнитивног оптерећења којег овакве опције стављају на њих. Оперман закључује да је адаптивност пожељан облик прилагођавања образовних система у којима корисници често нису способни, због недостатка знања о области коју изучавају, да донесу исправне одлуке у погледу наставних секвенци, садржаја и активности.

Циљ развоја адаптивног система електронског образовања је прилагођавање система разним параметрима од значаја за процес учења. Адаптивни системи се концентришу на постизање највећег ефекта у погледу наученог и обраћају пажњу на активности учења, когнитивне структуре и контекст материјала за учење. Одређене информације о ученику су потребне да би се променило понашање система ради задовољавања његових конкретних потреба. У адаптивним системима ова информација је сачувана у профилу или моделу корисника [113].

Технике адаптације се односе на скуп поступака којима се обезбеђује прилагођавање система електронског образовања карактеристикама ученика [114]. Постоје различите поделе када су у питању методе и технике адаптације. Једна од најзаступљенијих подела обухвата четири врсте техника адаптације [115]:

- **Адаптивна агрегација садржаја** – зависно од примењеног стила наставе, систем може да понуди различите типове садржаја почевши од статичних информација до комплетно интерактивних елемената као што су симулације, игре или упитници. Садржај може бити састављен узимајући у обзир различите домене знања корисника, нивое детаља или мултимедијалне формате.

- **Адаптивна презентација** – презентација садржаја се може побољшати додатним, условљеним, компаративним објашњењима, сортирањем јединица садржаја према врсти постојећег знања, нивоу знања и другим параметрима. Могу се применити технике условних текстова, текстова који се развлаче (*stretch* текст, хармоника), варирањем страница и фрагмената садржаја и методама заснованим на оквирима.
- **Адаптивна навигација** – може се изводити у погледу глобалне или локалне навигације и оријентације, директног вођења корисника, сортирања, скривања и подвлачења линкова.
- **Адаптивна подршка за сарадњу** – користи информације о корисницима система да оформи групе за сарадњу између ученика.

3.2. Адаптивни системи за управљање учењем

Систем за е-учење се сматра адаптивним ако може да прати активности корисника, да их интерпретира помоћу доменски специфичних модела, да изводи закључке о корисничким потребама и преференцама на основу интерпретираних активности, да их презентује на одговарајући начин коришћењем употребљених модела и да дела на основу расположивог знања о корисницима и тренутној теми како би динамички поједноставио процес учења [116].

Адаптивни системи за е-образовање подразумевају одређени број ограничења [117]. Адаптивни системи за е-образовање су комплексни и скупи за развој и интеграцију у наставни процес. Образовни садржај је често немогуће рекреирати и поново употребити, а различити системи за управљање учењем нису интероперабилни. Администрација курсева, ауторизација садржаја и друге сличне операције се теже изводе у адаптивним системима и неопходно је да наставници/администратори поседују одређено предзнање о начину функционисања система. Време је значајан фактор и адаптивни системи морају да открију потребе корисника што је раније могуће како би се максимално увећало време које ученик може да проведе у персонализованом окружењу.

Успешност имплементације персонализованог електронског образовања у системима за управљање учењем зависи од адекватно изабраних објеката учења, њихових веза и критеријума по којима се врши адаптација [118]. Од посебног значаја за развој персонализованих адаптивних система електронског образовања имају концепти семантичког веба, од којих је доминантна примена онтологија [103].

Један тип адаптивних система представљају адаптивни хипермедија системи који се у области образовања јављају као образовне хипермедијске апликације (*adaptive educational hypermedia, АЕН*). Адаптивна хипермедија подразумева коришћење хипермедија или хипертекста и првенствено се ослања на адаптацију према особинама, тј. моделу корисника. Основни елементи архитектуре адаптивног хипермедија система су [119][120] модел домена, модел ученика, модел адаптације (*adaptive model*), контекстуални модел и инструкциони модел.

3.3. Адаптивност заснована на корисничком моделу

Основу свих видова адаптације образовног процеса представља ученик. Чак и параметри који се не приписују директно ученику и који су од значаја у мобилном окружењу као што је контекст учења (место/време) и врста уређаја на којем се одвија учење индиректно зависе од њега. Место и време учења су одређени кретањем ученика, а тип уређаја на којем се учи је вероватно онај који је у поседу или на располагању ученику. У овом поглављу су обрађени само они параметри који су инхерентни ученику, док су контекстни параметри и параметри уређаја обрађени у наредним поглављима.

Ученици поседују индивидуалне разлике, укључујући ту разлике у когнитивним стиловима, стиловима учења, учесталости учења, преференцама према различитим типовима медија коришћених за презентацију, личном профилу, способностима, мотивацији, очекивањима и времену потребном за учење.

Ученике зато треба разматрати као појединце а не као хомогену групу у окружењу за учење заснованим на вебу [103] и пратећим технологијама.

У основи адаптивности у е-образовању се типично налази ученик, и циљ уграђивања адаптивних механизма је да се побољша искуство сваког ученика. У складу са тиме, критичан извор података за адаптацију представља модел ученика. Модел ученика се у литератури још често назива и моделом корисника, поготово у системима који нису намењени учењу као што су адаптивни хипермедија системи; у оквиру овог поглавља ће оба израза бити коришћена равноправно. Модел ученика је главна компонента система за адаптивно образовање и садржи све информације о ученику – скуп личних информација, когнитивне вештине, интелектуалне могућности, намере, стил учења, афинитете и евидентиране интеракције ученика са системом. Ове информације нису статичне и освежавају се када је могуће.

Две главне групе информација у моделу ученика су доменски специфичне информације и доменски независне информације [121]. Модел доменски специфичних информација је модел знања ученика. Он описује тренутни ниво знања ученика, разумевање домена који се изучава или елемената наставног процеса, грешке које је ученик правио, процес развоја знања ученика, записе о начину учења, записе о евалуацијама и проверама знања и друго. Модел доменски независних информација се односи на вештине ученика и њихово понашање. Може да обухвата циљеве ученика, когнитивне способности као што је индукција и асоцијација, мотивациона стања ученика, лични профил, искуство и преференце. Различити аутори истичу различите параметре, а један обимнији списак параметара адаптације се може наћи у [122], где су параметри који сачињавају модел доменски независних информација додатно подељени на генерички и психолошки профил. Ови параметри су дати у табели 1.

Табела 1: Параметри који се примењују у моделирању ученика [122]

Модел	Профил	Карактеристике	Опис/примери
Доменски независни подаци	Генерички профил	Личне информације	Име, имејл адреса, лозинка...
		Демографски подаци	Старост и др.
		Академска позадина	Природне, друштвене науке и др.
		Квалификације	Сертификати и др.
		Знање	Представљено квалитативно, квантитативно или пробабилистички
		Визуелне и друге дефицијенције	Добар вид, користи наочаре, проблеми са коришћењем интерфејса...
		Домен примене	Локализација корисника и др.
		Наслеђене карактеристике	Дефиниција стереотипа за класификацију корисника
	Психолошки профил	Стил учења	Дефиниција стила учења
		Когнитивне способности	
		Трагови личности	Психолошки профил (интровертан, екстровертан...)
		Наслеђене карактеристике	Дефиниција стереотипа за класификацију корисника
Доменски зависни подаци	Циљеви	Упитници којима се утврђују циљеви корисника у погледу коришћења система	
	Планови		
	Комплетан запис навигације	Запис сваке посећене странице	
	Стечено знање	Представљено квалитативно, квантитативно или пробабилистички	
	Резултати провере знања	Подаци о свим тестовима	
	Контекстуални модел	Подаци о окружењу корисника	
	Афинитет	Способност коришћења система	
	Интересовања	Интересовања корисника као основ за адаптацију навигације и садржаја	
Проширења рокова	Дуги, кратки или нормални периоди		

Преглед различитих класификација модела ученика се може наћи у [123]:

- **Зависни или независни од области** – информације зависне од области се односе на доменско знање ученика, док независне информације обухватају вештине, мотивацију, стил учења, преференце и друго.
- **Засновани на садржају или колаборативни** – модели засновани на садржају користе претходно понашање ученика како би предвидели будуће;

код колаборативних се користи поређење профила више ученика како би се генерисале групе ученика и онда вршила предвиђања по основу припадности ученика некој групи.

- **Провидни или непровидни** – уколико ученик може да види и мења параметре модела, у питању је провидни модел, у супротном непровидни.
- **Динамички или статички** – динамички модели се освежавају при свакој прилици, пожељно при свакој интеракцији ученика са системом. Статички модели се освежавају једном, на почетку или периодично, давањем ученицима да раде специфичне упитнике.
- **Модели за предвиђање, препоручивање, класификацију или филтрирање** – модели за предвиђање предвиђају будуће понашање корисника; модели за препоручивање дају препоруке занимљивих образовних материјала; модели за класификацију и филтрирање служе за обављање наведених радњи.

Срж адаптивних система представља модел корисника, али он сам по себи није довољан за успостављање механизма адаптације, већ је неопходно и постојање модела домена/апликације и модела интеракције/подучавања [120]:

- **Модел корисника** – користи се за организовање система по основу утврђених или изведених карактеристика корисника. Омогућава адаптацију интервенисањем или колаборацијом са учеником. Обухвата психолошки модел и модел профила.
- **Модел домена/апликације** – представља основу за све закључке и предвиђања који се генеришу током интеракција између корисника и система. Овај модел садржи све информације о домену који се изучава – теме, странице, чворове, линкове, итд.
- **Модел интеракције/подучавања** – организује интеракције између корисника и апликације. Подаци који се прикупљају током интеракција са корисником могу да се користе за доношење закључака о кориснику, за евалуацију закључака и адаптација и за прилагођавање механизма адаптације према кориснику или неком другом критеријуму.

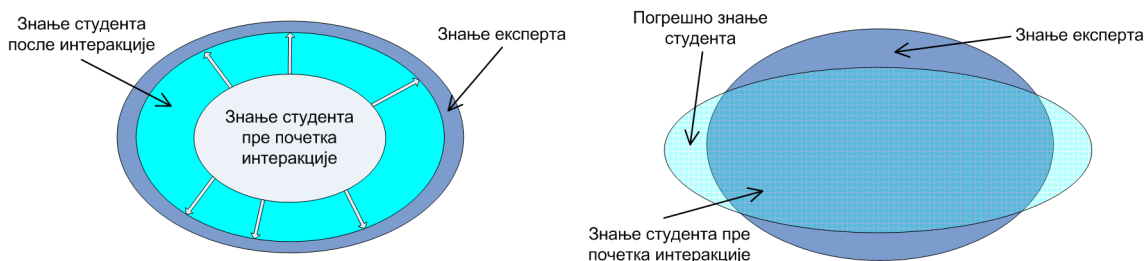
Процес израде модела ученика (корисника) се назива моделирање или профилисање ученика. У питању је процес прикупљања података из различитих извора који могу обухватати имплицитно посматрање понашања ученика или експлицитно захтевање директног уноса од стране ученика. Моделирање ученика и адаптација зависе једно од другог и количина и природа информација представљених у моделу ученика ће великим делом бити одређени врстом адаптације која се примењује у неком образовном систему.

При изради модела ученика, могућа је примена неколико техника чији је преглед дат у [123]:

- **Модел стереотипа** – једноставан за изградњу, заснива се на формирању група са заједничким карактеристикама. Ученици се додељују у оне групе са којима имају највише сличности. Израда модела стереотипа обухвата идентификацију група у популацији корисника, идентификацију њихових главних карактеристика и репрезентацију хијерархије стереотипа (група корисника) [113].
- **Overlay модел** – сложенији, детаљнији модел који представља знање ученика као подскуп знања експерта. Прати се знање ученика на свакој атомској јединици знања.
- **Модел пертурбација** – омогућава евиденцију пертурбација, односно грешака и погрешних схватања које ученик има у односу на градиво. Овакав модел омогућава концентрисање на исправљање грешака корисника.
- **Фази логика** – омогућава бољи рад са неизвесностима кроз примену квалитативних дефиниција и механизма који опонашају људски процес доношења одлука.
- **Технике машинског учења** – део области вештачке интелигенције, заснивају се на добављању информација од значаја из великих маса података применом нумеричких и статистичких метода.

- **Бајесове мреже** – коришћење пробабилистичких теорија за моделирање неизвесности.

Најважнији и често једини параметар у моделу корисника код образовних система је знање [124]. Знање није фиксно и може се увећавати учењем или смањивати заборављањем од сесије до сесије учења, а понекад чак и унутар једне сесије. Најосновнији вид репрезентовања знања је скаларно, коришћењем једне, квантитативне или квалитативне вредности за оцену комплетног знања корисника. Напреднији вид репрезентовања знања је путем структурне репрезентације; у овај вид репрезентовања спадају раније поменути *overlay* модел и модел пертурбација (слика 3). *Overlay* модел је критикован као превише једноставан јер претпоставља да је процес учења и постизања експертског знања једнак процесу једноставног попуњавања рупа у знању, чиме се игнорише потреба за постизањем специфичног, глобалног начина размишљања. Напредније варијанте *overlay* модела обухватају „bug” модел, модел пертурбација и генетски модел; ове варијанте се не користе толико често.



Слика 3: *Overlay* модел и модел пертурбација [122]

Да би било могуће применити *overlay* модел, неопходно је да доменски модел садржи појединачне теме и концепте. Сложеност *overlay* модела зависи од грануларности доменског модела и од начина процене знања ученика кроз интеракцију са корисником и тестове знања. *Overlay* модел се може укомбиновати са моделом стереотипа тако што се ученик иницијално постави у једну категорију, која се временом мења са прикупљањем детаљнијих информација о интеракцији са системом кроз *overlay* модел [122].

Праћењем активности корисника, може се покушати препознавање његових планова [113]. Под планом корисника се подразумева секвенца корисничких акција која треба да постигне неки циљ. Системи који се баве праћењем планова покушавају да утврде скуп свих потенцијално могућих планове на основу акција корисника, освежавајући га са пристизањем нових информација. Ово може да буде сложен задатак, пошто корисници могу да одустану од текућег плана или осмисле нови план у било ком тренутку, један план се може постићи различитим приступима, а један скуп акција може одговарати различитим плановима. Две главне технике код препознавања планова су библиотеке планова и конструкција планова. Библиотеке планова садрже све могуће планове у бази података и на основу акција корисника покушавају да утврде који план је тренутно актуелан. Приступ конструкције планова се заснива на бази свих могућих корисничких акција, њихових предуслова и ефеката, која се користи за утврђивање следећих корака корисника. Препознавањем планова, кориснику се могу презентовати садржаји који представљају природни следећи корак неопходан за остварење његовог плана.

Интересовање корисника је примарни параметар адаптације у системима за претрагу, али добија на значају и у образовним системима, поготово оним који се заснивају на слободном приступању информацијама [124]. Интересовање корисника је поготово од значаја у модерним образовним системима који нагласак стављају на ученика и његове циљеве и мотивацију, и још више у мобилном окружењу, које додатно подвлачи наведене карактеристике. Основни начин моделирања интересовања корисника је коришћењем низа кључних речи са тежинским факторима; други приступ се заснива на моделирању интересовања корисника на нивоу појединачних концепата. Овај приступ је веома сличан *overlay* моделирању знања – вреднује се корисничково интересовање за сваку од компонената доменског модела понаособ. Интересовање за једну компоненту (лекцију, активност, наставни материјал...) се аутоматски пропагира на све

повезане компоненте из модела; овај приступ је поготово моћан уколико постоје богате семантичке везе између компонената.

Поред наведених параметара, у изградњи корисничког модела се могу користити још и лични профил корисника и његове личне особине које обухватају и когнитивни стил и стил учења [124].

Адаптивност је посебно значајна у мобилном окружењу где се ученици могу наћи у ширем скупу ситуација, где се учење обично одвија у ограниченом временском року, са нижим степеном концентрације. Један пример адаптације у мобилном окружењу је дат у раду [125], где су аутори развили мобилну апликацију која кориснику презентује чланке на страном језику одговарајуће тежине његовом нивоу знања.

За разлику од класичних апликација за учење коришћених у оквиру е-образовања, мобилне апликације могу да примене тзв. „*push*“ принцип доставе образовних садржаја. По овом принципу, садржаји се достављају кориснику на његов мобилни уређај у неким тренуцима у току дана. У питању је начин функционисања карактеристичан за апликације засноване на СМС-у, али примењив и у виду апликација које су инсталиране на самом телефону и које ученику скрећу пажњу путем звучних и визуелних нотификација. Иако овај приступ има предност активирања ученика у тренуцима када није намеравао да учи, иста предност се може сматрати недостатком од стране ученика уколико он није заинтересован за примљене садржаје, ако су садржаји превише једноставни или превише тешки за њега и уколико му време пријема садржаја не одговара. Овим проблемима приступају аутори [126], развојем адаптивног система који анализира интересовања, знање и стил учења корисника.

Једном када се у систему налази довољан број детаљних корисничких модела, могуће је додатно извести и профилисање корисника и сврставање у једну од неколико група које могу бити предефинисане или одређене аутоматски

статистичким методама. За одређивање групе корисницима се може задати упитник, као у студији [127], где су одговори ученика на питања из упитника коришћена за аутоматску статистичку доделу у различите групе (профиле). Корисницима се даље могу сервирати образовни садржаји који најбоље одговарају њиховим потребама, док се једном утврђен профил касније може модификовати у складу са акцијама корисника и његовим напредовањем кроз наставне материјале.

3.4. Адаптивност заснована на моделу уређаја

Битна карактеристика образовног окружења у системима који подржавају мобилно учење је уређај на којем се одвија учење. Зависно од карактеристика уређаја, а најпре величине и резолуције екрана, потребно је прилагодити обим и презентацију садржаја. Могу се наћи разне препоруке и технике прилагођавања садржаја на вебу мобилним уређајима [128]:

- **Респонзиван веб-дизајн** – основни приступ за прилагођавање веб-апликација како би биле употребљиве и на мобилним уређајима. Имплементира се кроз напредне технике вебдизајна као што су *CSS3* медија упити, флуидни распореди елемената на страницама и флуидне слике.
- **Мобилни на првом месту** – подразумева прво достављање есенцијалних, минималних садржаја, а достављање сложенијих садржаја тек уколико се ради о уређају бољих карактеристика.
- **Прогресивно побољшавање** – слично претходној техници, обухвата израду веб-страница које у потпуности задржавају све функционалности и у ограниченим окружењима која не подржавају скрипне језике у претраживачу; ово је поготово значајно за старије мобилне уређаје који могу имати базичне веб-претраживаче.
- **Детекција уређаја на серверу** – тип уређаја се детектује одмах приликом пријема захтева и сервера му се одговарајућа страница која може бити у потпуности различита за мобилне уређаје.

- **Одвојен мобилни сајт** – технолошки најједноставнија опција, али подразумева потенцијално двоструки рад при развоју две верзије сајта; такође, мобилна верзија сајта опет мора на неки начин да се прилагођава различитим типовима мобилних уређаја.
- **Развој мобилне апликације** – најмоћније решење, подразумева паковање свих функционалности веб-апликације у мобилну апликацију.

Да би прилагођавање садржаја било могуће, неопходно је поседовати информације о уређају којем се прилагођава. Један начин идентификације је извршавањем неког кода на мобилном уређају који има задатак да утврди његове могућности. У случају веб-апликација, то ће бити скриптни језик у оквиру претраживача који може да утврди величину екрана, верзију претраживача и његове подржане могућности; у случају мобилних апликација, може се написати код који приступа системским функцијама и испитује постојање програмских библиотека. Овим приступом се могу добити текуће информације о стању уређаја, али је неопходан развој и примена рутине које би обављале детекцију.

Други приступ је коришћење серверске детекције. Код овог приступа се идентификује модел уређаја, и на основу модела се претражује база података која садржи све карактеристике свих мобилних уређаја. Одржавање овакве базе података самостално у оквиру сопственог пројекта није изводиво, па је дошло до јављања неколико независних пројеката који се баве само тим послом – *WURFL*, *OpenDDR* и *Apache DeviceMap*. *WURFL* пројекат је започет као пројекат отвореног кода који евидентира преко пет стотина карактеристика и више хиљада уређаја у *XML* конфигурационим фајловима, који се могу анализирати применом одговарајућих алата [129]. *WURFL* пројекат од 2011. године прелази на друге, неотворене облике лиценцирања, док се *OpenDDR* интегрише са *Apache DeviceMap*-ом, чинећи га најбољом опцијом за будући развој.

Квалитетно мобилно образовање зависи од посебних ограничења и предности мобилних уређаја, што захтева укључивање модела уређаја као интегралног дела

општег модела ученика. Применом метода резоновања на основу уређаја, у комбинацији са стандардним корисничким моделом, корисницима се може доставити технички и образовно одговарајућа селекција објеката учења [90].

Примена мултимедијалних садржаја у мобилном окружењу уводи додатни проблем у погледу адаптације због потребе да се изабере метод доставе и конверзије садржаја који би најбоље одговарали уређају са ограниченом конективношћу и процесорским ресурсима. Расположиви ресурси такође могу да варирају у времену зависно од стања батерије, броја тренутно активних апликација и количине ресурса као што су меморија, мрежни проток и повезане периферије. Главна питања код адаптације садржаја за мобилне уређаје су питање где, када и шта треба прилагодити [130]:

- **Место адаптације** – адаптација се може извршавати на серверу који складишти садржаје, на неком серверу који делује као посредник у достави, или на самом уређају. Адаптација на серверу омогућава већу контролу и најмањи могући утрошак мрежног протока, али захтева одржавање комплетне базе уређаја и њихових карактеристика, као и свих пратећих механизма адаптације. Са друге стране, адаптација на самом уређају даје контролу власнику уређаја, али може бити ограничена карактеристикама уређаја који можда није способан да врши трансформацију садржаја или захтева инсталацију додатних апликација за извођење тог процеса. На крају, адаптација на серверима посредницима омогућава њихово специјализовање за тај задатак и коришћење генеричких правила за широк спектар садржаја.
- **Тренутак адаптације** – адаптација може бити изведена „офлајн“ и „онлајн“. Офлајн адаптација је адаптација садржаја пре њиховог постављања на сервер, где се унапред израђује неколико варијанти истог ресурса, те се затим сервира одговарајућа варијанта у складу са неким параметром. Онлајн адаптација је адаптација која се изводи у лету, на серверу, посреднику или клијентском уређају. Офлајн адаптација захтева складиштење и одржавање великог броја верзија једног мултимедијалног

ресурса, док онлајн адаптација троши више хардверских ресурса услед потребе да се исти мултимедијални ресурс сваки пут по потреби конвертује/декодира.

- **Шта се прилагођава** – могу се прилагођавати презентациони подаци или додатни мултимедији. Прилагођавање презентационих података је од значаја за тржишта која карактеришу веома слаби уређаји, док је главни проблем адаптација мултимедијалних садржаја.

У литератури се могу наћи разни примери адаптације садржаја за мобилне уређаје. У раду [38] аутори проблему приступају анализом најучесталијих уређаја и, првенствено, екранских резолуција на тржишту и дефинисањем неколико стандардних профила који обухватају различите резолуције и параметре енкодирања слике и звука.

3.5. Адаптивност заснована на контексту

Мобилно учење се често одвија у покрету, на различитим локацијама. Локација и други параметри окружења у којем се одвија учење могу да се искористе у самом процесу учења довођењем у везу, идеално, ствари које су познате ученику са градивом које треба да савлада. Мобилни уређаји пружају јединствене могућности за достављање образовних садржаја у аутентичним ситуацијама учења. Модерни уређаји и платформе имају уграђен *GPS*, камере, сензоре, акцелерометре и компасе који представљају вредне изворе контекстних информација [40].

У контекстне информације које могу бити од интереса у процесу адаптације спадају уређај на којем се одвија учење, локација, физичко окружење, социјални контекст и емотивно стање ученика. Додављање и адаптација према информацијама о уређају су обрађени у претходном поглављу, а преостали параметри су изложени у наставку, са нагласком на параметар физичке локације учења, који је од великог значаја у мобилном окружењу.

Контекстни параметри се могу категорисати на следећи начин [131]:

- **Људски фактори**
 - Корисник – навике, емотивно стање, биофизиолошко стање
 - Друштвено окружење – локација других, социјална интеракција, групна динамика
 - Задатак – спонтане активности, тренутни задаци, општи циљеви
- **Фактори окружења**
 - Услови – бука, осветљење, притисак...
 - Инфраструктура – рачунарско комуникациони ресурси
 - Локација – апсолутна позиција, релативна позиција, колокација
- **Историја** – додатни параметар изван наведене класификације који се односи на промене свих других параметара у времену

Другу перспективу на контекстне параметре у мобилном окружењу дају Зервас и др. [132] кроз модел контекста који се може примењивати у системима за мобилно учење за потребе адаптације и персонализације.

- **Контекст учења**
 - Дизајн учења – циљеви учења, педагошки модели, наставне активности, улоге учесника, алати и ресурси
 - Ученик – профил компетентности (знање, вештине, ставови), улога, личне карактеристике (стил учења, физички и други поремећаји).
- **Мобилни контекст**
 - Ученик – привремене личне информације (расположење, преференце, потребе, интересовања)
 - Људи – улоге, односи, доприноси, ограничења
 - Место – локације, зоне, интерактивни простори, културна позадина, окружења за учење
 - Артефакт – технолошки (физички/дигитални) и недтехнолошки
 - Време – трајање задатка, време почетка задатка, дешавања акција, доступност
 - Физички услови – осветљење, бука, временски услови

Људски фактори посматрани из перспективе контекста могу да се преклапају са параметрима који су део модела корисника. Најчешћа разлика између контекстних параметара и директних параметара корисника је у томе што се моделирање корисника типично концентрише на дугорочна својства корисника која се утврђују прављењем опсервација о њему, док контекстни модели покушавају да представе тренутне карактеристике корисника и окружења, утврђене из контекста и преко физиолошких сензора [124].

Податак о физичкој локацији у виду географских координата није претерано користан за употребу у мобилним адаптивним локацијама. Овај податак типично представља само основу за формирање информације о расположивим објектима од интереса у окружењу корисника. Модерни мобилни уређаји су великом већином опремљени *GPS* пријемником, што дозвољава једноставно утврђивање текуће локације; са друге стране, информације о објектима од интереса се могу добити упитивањем неке од великог броја расположивих база географских информација на Интернету.

Формална образовна окружења су типично локационо агностичка у физичком погледу, издвајајући ученике од спољног света, и у погледу учења, ослањајући се на стандардизоване наставне материјале, без икаквих референци на животни контекст тема којима се баве. Са друге стране, локација се не може сматрати само успутном чињеницом у процесу учења, већ може да има суштински утицај на то шта и како се учи и представља есенцијалну компоненту процеса учења [133].

Један пример свеприсутне мобилне апликације за учење језика дају Огата и Јано [13]. Систем који су развили, *CLUE*, омогућава учење страних речи у контексту тако што се ученику приказују речи и изрази на страном језику који би му могли бити од користи на тренутној локацији. Основни концепт је још додатно проширен тиме што је омогућено додавање сопствених израза у систем на било којој локацији, и тиме што су идентификоване две групе корисника система –

јапански студенти који желе да науче енглески језик и инострани студенти који желе да науче јапански језик. Применом *CLUE* система, две групе корисника су директно помагала једна другој додајући изразе на свом језику. Још неки примери сличних система се могу наћи у [65], [66].

Контекстне информације се могу генерисати у различитим нивоима прецизности. При учењу језика може бити корисно достављање речи и реченица на страном језику у већој прецизности, нпр. на нивоу појединог објекта како би се постигао ефекат бољег памћења асоцијацијом [68]. У студији [67] аутори анализирају примену два различита нивоа гранулације контекста, на нивоу објекта и нивоу локација, у учењу страног језика. Поред различите гранулације, проверена је и ефикасност различитих начина добављања контекстних информација – аутоматском детекцијом, читавањем тагова у окружењу или ручним уносом од стране корисника. Резултати су показали да је највећи ефекат имала гранулација на нивоу собе, где се ученицима приказивао списак свих објекта и повезаних информација у једној соби, него гранулација на нивоу објекта која је захтевала много више интеракције при читавању сваког објекта понаособ. Што се тиче начина преузимања контекстних информација, далеко најбољи ефекат је остварила аутоматска детекција; ово указује на то да су приступи са мање интеракције, мање захтева од корисника и лакшим прегледом ситуације генерално боље прихваћени код корисника и да би будућа окружења за мобилно учење требало да теже свеприсутности, односно аутоматском подржавању ученика у свакој ситуацији без захтевања додатних напора од стране њега.

Уколико су информације о контексту доступне, мобилни уређаји могу да омогуће учење на основу личног искуства без ограничења у погледу места, времена и уређаја; настављање формалних образовних активности изван учионице; приступ било каквим образовним материјалима на захтев; тренутну примену стеченог знања; и проширење традиционалних образовних сценарија вођених наставником ка неформалним активностима учења изван учионице [134].

Информације о контексту учења могу да се примене у системима мобилног учења како би се постигло ефективно, погодно и побољшано образовно искуство. У студији [135], аутори примењују два начина прикупљања контекстних информација, аутоматску детекцију за параметре као што су локација и време, и екран са питањима за корисника за оне параметре које није могуће (или је далеко сложеније) аутоматски прикупити, као што су првенствено људски контекстни параметри. Прикупљене контекстне информације су онда примењене у два вида адаптације садржаја – адаптацији презентације транскодирањем/рекодирањем мултимедијалних елемената и прилагођавањем самог наставног процеса. Прилагођавање наставног процеса је изведено дефинисањем наставних сценарија применом *IMS LD* спецификације. Ова спецификација омогућава дефинисање „ако-онда-иначе“ инструкција у односу на прикупљене параметре.

3.6. Онтологије као средство за развој адаптивних система

Адаптивност је значајна карактеристика образовних система, поготово у мобилном окружењу које уводи низ додатних контекстних параметара према којима је могуће изводити адаптацију. Да би процес адаптације могао да се изведе, неопходно је добро разумевање свих параметара по којима се жели изводити адаптација, као и разумевање структуре и семантичких веза између расположивих образовних садржаја, како би се могли бирати одговарајући садржаји према неким параметрима корисника или окружења. За овакво формално описивање параметара адаптације и образовних садржаја, могу се применити онтологије као основа за извођење процеса адаптације.

Најважнија улога које онтологије могу да играју у образовним системима јесте репрезентација доменског модела, односно области знања којом се образовни систем бави. Најједноставнији облик доменског модела је векторски модел којег карактерише скуп независних концепата који немају интерну структуру. Сложенији и чешћи облик доменског модела је мрежни модел, настао по узору на семантичке мреже, у којем су концепти повезани разним врстама веза [124].

Најчешћи облик веза између образовних садржаја су везе условљености које указују да један концепт мора бити савладан пре него што се пређе на други. Напреднији облици веза могу да се користе за адаптацију и пропагацију знања, где систем може да закључи колико ученик познаје неки концепт по његовом познавању сродних концепата. Диверзификацијом и формализовањем оваквих веза добијају се формалне доменске онтологије.

Атрибути и други концепти објеката учења могу да се опишу помоћу онтологија, чиме се ствара основ за израду механизма који би аутоматизовано бирали или чак склапали објекте на основу неких задатих параметара. Ови параметри могу да укључују модел корисника, уређаја и окружења у којем се одвија учење и на основу њих се мобилним корисницима може динамички одредити и испоручити одговарајући садржај. Уколико се и ови параметри опишу помоћу једне или више онтологија, добија се онтолошки оквир који би представљао основу адаптивног процеса учења [136]. Један пример таквог оквира [137] укључује онтологије структуре садржаја, типова садржаја, тема/односа, образовног дизајна, корисничког модела и контекста употребе објеката учења. Применом таквог оквира, аутори су развили систем који врши акумулацију података о начину коришћења објеката учења повезивањем корисничког модела са сваки објектом учења који је коришћен. Ови акумулирани подаци се онда користе за напредне сервисе учења као што је персонализација или адаптација садржаја у складу са циљевима, преференцама, стилем учења и нивоом знања корисника.

Све већи број студија се бави покушајима изградње интелигентних образовних система који би били способни да сложе секвенцу наставних активности на флексибилнији начин како би ученицима било понуђено квалитетније адаптивно и персонализовано искуство. Један начин за дефинисање аутентичних и оптималних секвенци које би умањиле ефекте когнитивног преоптерећења и дезоријентације је помоћу онтологија. Онтологије могу да помогну аутоматизованој изградњи и адаптацији персонализованих секвенци у складу са тежином наставних материјала, претходним знањем и вештином ученика [138].

4. ИНФРАСТРУКТУРА И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО ОБРАЗОВАЊЕ

4.1. Веб-сервиси и ресурсно оријентисана архитектура

Веб-сервиси представљају софтверске системе дизајниране да подрже интероперабилну интеракцију између машина преко неке мреже. Задужени су за обављање програмских задатака који типично укључују неке од операција пријема, складиштења, обраде или доставе података. Веб-сервиси се ослањају на веб, тј. *HTTP* протокол за пријем клијентских захтева и враћање одговора, као и на *URL* шему за адресирање сервиса и његових функционалности, ресурса или приступних тачака. У складу са тиме, веб-сервиси се не разликују пуно од веб-апликација, осим по томе што су намењени коришћењу програмски, од стране других апликација (или сервиса) на Интернету. Улази и излази веб-сервиса могу да буду у било ком формату, а најчешће су у платформски независним форматима, као што су *JSON* или *XML*. Сами веб-сервиси могу да буду писани у било ком програмском или скриптном језику који је способан да обрађује *HTTP* захтеве, независно од језика у којима су писане клијентске компоненте. Веб-сервиси функционишу по принципу „црне кутије“, што их чини одличним градивним блоковима за изградњу отворених дистрибуираних информационих система.

Без обзира на начин имплементације или филозофију архитектуре, веб-сервиси се могу погодно искористити за повезивање различитих система и платформи, као и за подршку вишеканалним клијентима. На пример, веб-сервис се може користити за испоруку истих података веб-читачима, мобилним уређајима и другим клијентима. Веб-сервиси су добри у динамичким условима - уколико је комплетан софтверски систем састављен из веб-сервиса, појединачне компоненте се могу повезивати и комбиновати у складу са захтевима. У случају већег оптерећења појединачних веб-сервиса, лако се могу доделити додатни ресурси или извршити балансирање оптерећења. Веб-сервиси могу да се користе за контролу приступа

подацима, за праћење и наплату коришћења, као и за централизацију послова који се често понављају у различитим системима.

Најчешће коришћена архитектура у развоју веб-сервиса је *REST (Representational State Transfer)* архитектура. Главна имплементација ове архитектуре је *HTTP* протокол у комбинацији са *URL* шемом. Амерички научник Рој Филдинг је у својој докторској дисертацији [139] први дефинисао *REST* концепт. *REST* архитектурни стил садржи пет обавезних и једно опционо ограничење:

- **Клијент-сервер.** Клијенти су од сервера одвојени униформним интерфејсом. Клијенти немају везе са складиштењем података или са пословном логиком.
- **Без стања.** Контекст клијента се никада не складишти на серверу. Не користи се принцип кукија или сесије. Комуникација се остварује искључиво разменом захтева и одговора.
- **Могућност кеширања.** Апликациони програмер треба да дефинише да ли ће се одговори веб-сервиса кеширати или не.
- **Слојевит систем.** Клијент не зна експлицитно да ли је повезан са крајњим сервером или неким посредником. Сервери-посредници могу да омогуће већи степен скалабилности увођењем правила балансирања оптерећења и омогућавањем кеширања.
- **Униформни интерфејс.** Ова карактеристика поједностављује архитектуру, што омогућава независни развој различитих компонената веб-сервиса.
- **Код на упит (опционо).** Сервери могу привремено да прошире или да прилагоде функционалности клијента преносом извршног кода.

Основни концепт *REST*-а је ресурс. Ресурс може бити било каква информација или концепт, документ, слика, сервис, колекција ресурса, особа итд. Ресурс идентификује идентификатор ресурса, као што је *URI*. Помоћу идентификатора се добавља репрезентација ресурса која представља ресурс у неком стању у којем се налази. Манипулисање ресурсом се обавља преко ове репрезентације тако што се над њом врше операције. Резултат вршења операције је поново нека

репрезентација ресурса који ће се наћи у неком новом стању. Основни принципи *REST*-а обухватају:

1. Свака ствар (ресурс) има јединствени *ID*; у случају веба, у питању је *URI*, који је увек глобално јединствен (нпр. не могу да постоје два www.google.com). Нпр. <http://primer.com/proizvodi/4554>.
2. Ресурси треба да су повезани; ако се користи *HTTP* и *URI*-ји, могуће је повезати један ресурс са другима без обзира на њихову локацију.
3. Користи се стандардни скуп метода; у случају *HTTP*-а, то су *GET*, *POST*, *PUT*, *DELETE* и *HEAD*. Сваки ресурс подржава исти интерфејс (исти скуп метода). *GET* метода је тзв. „безбедна” метода, при њеном коришћењу је гарантовано да неће доћи до промене ресурса.
4. Ресурси могу да имају више репрезентација; нпр. једну у *HTML* формату намењену прегледању у претраживачима и више њих у различитим *XML/JSON* форматима података.
5. Комуникација се обавља без памћења стања.

4.2. Рачунарство у облаку

Рачунарство у облаку је модерна технолошка парадигма која се заснива на омогућавању флексибилног приступа рачунарским ресурсима са било које локације и у било ком обиму, уз могућност скалирања захтева према потражњи. Поред велике динамике у пружању услуге, типично га карактерише и динамично наплаћивање које је базирано на коришћењу, у сразмери са количином употребљених ресурса. Са становништва пружаоца услуге, рачунарство у облаку се ослања на висок степен виртуелизације и максимално искоришћење свих рачунарских ресурса који се деле по потреби како би услужили све кориснике система.

Суштинска идеја рачунарства у облаку потиче из најранијих дана рачунарства када су рачунари били скупи, централизовани уређаји намењени извршавању више различитих програма за више корисника. Развојем приступачних кућних

рачунара оваква архитектура привремено губи на значају, али поново оживљава са развојем Интернета и модерним трендовима да се све више послова обавља онлајн, кроз апликације којима се приступа помоћу претраживача, и информације које се све чешће смештају на удаљене сервере како би биле доступне свуда.

Рачунарство у облаку (*cloud computing*) се дефинише као скуп дисциплина, технологија и пословних модела за достављање ИТ ресурса (софтвера, платформи, хардвера) кроз респонзиван, скалабилан и еластичан сервис [140]. Имплементације рачунарства у облаку примењују један или више од следећих пет модела:

- **Јавни облак** – обезбеђује приступ било ком кориснику преко јавног Интернета.
- **Приватни облак** – облак доступан само изабраној групи корисника. Провајдер облака може бити интерна ИТ организација у некој фирми, или нека трећа, специјализована организација.
- **Интерни облак** – подскуп јавног облака где ИТ организација нуди облак интерно својим запосленима као и клијентима (другим организацијама).
- **Екстерни облак** – јавни или приватни облак имплементиран од неке треће стране
- **Хибридни облак** – комбинација интерних и екстерних ресурса.

У зависности од тога које услуге се нуде у оквиру инфраструктуре за рачунарство у облаку, могу се дефинисати три модела испоруке сервиса - софтвер као сервис, платформа као сервис и инфраструктура као сервис.

Корисници инфраструктурних услуга добијају на коришћење елементе инфраструктуре – комуникационе ресурсе, складишне уређаје и сервере. Овај приступ је најсличнији традиционалним, уз предност високе грануларности ресурса. Инфраструктурне услуге у облаку се могу посматрати као услуга серверског/дата центра без потребе за набавку, инсталацију и интеграцију физичких компонената.

Код платформе као сервиса корисник може да поставља сопствене или туђе апликације на инфраструктуру облака. Ове апликације се развијају коришћењем програмских језика и алата подржаних од стране провајдера. Корисник нема контролу над инфраструктуром – мрежом, серверима, оперативним системима или складиштем, али има контролу над постављеним апликацијама и неким параметрима окружења.

Софтвер као сервис подразумева да корисник може да користи провајдерове апликације које се извршавају на *cloud* инфраструктури. Апликације су доступне на разним клијентима кроз „танак“ интерфејс као што су веб-претраживачи. Корисник нема контролу над инфраструктуром - мрежом, серверима, оперативним системима, складиштем или чак апликацијама изузев ограничених подешавањима специфичним за појединачног корисника. Овај начин испоруке је за корисника најједноставнији, јер не захтева администрање сопствене информатичке инфраструктуре, али доноси и бројне изазове у погледу интеграције апликација и безбедности.

Заједничке особине већине *cloud* решења обухватају:

- Дељена инфраструктура – провајдери услуге рачунарства инвестирају у инфраструктуру која се дели на више корисника како би се та инвестиција повратила.
- Самоуслуга на захтев – корисник рачунарства у облаку може да плати и користи услуге у облаку онда када су му потребне. Неки провајдери обезбеђују интерфејс (API), којег корисници могу да користе да програмски контролишу услуге.
- Еластична и скалабилна – из перспективе корисника услуга рачунарства у облаку изгледа као неограничено скалабилна и еластична у погледу ресурса и капацитета.

- Модел плаћања заснован на потрошњи – наплата се врши по томе колико је неки сервис коришћен (нпр. по сату, гигабајту ускладиштених података, протоку и сл.).
- Динамичка и виртуелизована – већина провајдера примењује виртуелизацију сервера за израду динамичке, агилне, ефикасне инфраструктуре која може лакше да контролише/премешта корисничке послове, смањи опште трошкове и побољша квалитет услуге.

4.3. Инфраструктура за мобилно образовање

Развој свеprisутних образовних активности зависи од четири кључна фактора који утичу на ефективност коришћења апликације:

- могућности комуникационог протокола који се користи
- имплементација архитектуре
- могућности уређаја у поседу ученика
- софтверски алати и технологије коришћене за развој

Следеће карактеристике су типичне за развој мобилних апликација [141]:

- **Узак пропусни опсег бежичних медијума.**
- **Коришћени системски ресурси,** тј, локација процесирања апликације. Процесирање може да се одвија коришћењем ресурса локалног уређаја или на неком удаљеном мрежном серверу. У случају мобилних уређаја који се ослањају на батерије као извор енергије, потрошња енергије коју захтева програм је битна, и у директној вези са заузећем процесора и радне меморије. При преносу обимних података се може применити компресија, а интензивно процесирање мањих количина података је боље препустити мрежним ентитетима.
- **Потрошња меморије** – Меморија у мобилним уређајима се најчешће не може проширити, па меморијска ограничења намећу програмерима оптимизацију софтвера, уклањање непотребних опција, пажљиво

надгледање динамичких меморијских алокација и ручно ослобађање заузете меморије.

- **Ограничења екрана** – док неки мобилни уређаји имају екране са мањом резолуцијом и тиме ограниченим могућностима за приказ великих количина података, други поседују резолуције приближне класичним екранима на далеко мањој површини и са далеко већом густином тачака, што такође захтева другачији приступ развоју корисничких интерфејса. Мобилни системи често немају могућност приказа више прозора истовремено, па је неопходно елиминисати непотребне податке са екрана како би се приказао једноставан, интуитиван интерфејс који најбоље користи расположиви простор.
- **Потрошња енергије** – у мобилним системима је потрошња енергије значајан проблем. Бежични оперативни системи обично имају уграђене функције управљања енергијом које омогућавају обарање напона, радних фреквенција и делимично гашење система током циклуса без активности.
- **Карактеристике развојног окружења** – уграђени оперативни системи имају мање API функција него десктоп рачунари.

4.3.1. Технологије бежичног преноса

Технологије бежичног преноса су главни начин комуникације за мобилне уређаје. Сврха и начин коришћења бежичних технологија највише зависи од њиховог домета и брзине. На основу домета све мреже можемо поделити на *PAN*, *W-LAN*, *MAN* и *WAN*. *Wireless PAN (Personal Area Network)* представља мрежу са најмањим дометом, мањим од 10м, која се користи за размену података између два уређаја. *Wireless LAN (Local Area Network)* је мрежа која повезује два или више уређаја на релативно малим даљинама, нпр. мрежа у оквиру зграде, школе или куће. *Wireless MAN (Metropolitan Area Network)* је мрежа која је већа од *W-LAN*-а а мања од *WAN*-а и представља мрежу на нивоу града. *WAN (Wide Area Network)* је систем повезаних *LAN* мрежа које обухватају веће географско подручје.

Bluetooth је врста бежичне технологије кратког домета која се користи за пренос података и гласа, на малим раздаљинама између уређаја који поседују *bluetooth* адаптере: рачунари, мобилни телефони, бежичне слушалице, тастатуре... *Wi-Fi* је основна радио-технологија која се користи за креирање бежичних локалних мрежа (WLAN). *Wi-Fi* данас представља стандардну опрему паметних мобилних телефона као метод приступа Интернету уз помоћ приступних тачака које чине бежични рутер и предајник. Цене ове опреме су ниске и не представљају проблем за образовне институције. *WiMAX* стандард (*Worldwide Interoperability of Microwave Access*) обезбеђује бежичан широкопојасни приступ Интернету. Може се користити на релативно великим раздаљинама и подржава већу пропусну моћ од *Wi-Fi*-ја. Са друге стране, ова технологија није толико распрострањена и не уграђује се у мобилне телефоне, што ограничава њену корисност.

Ћелијски комуникациони системи мобилних оператера пружају највећу покривеност, али њихове карактеристике зависе од генерације технологије у примени. Тренутно се примењују *2G* и *3G* технологије, уз почетак ширења *4G* система. Прву генерацију су представљали аналогни системи који су имали само способност преноса гласа; већ друга генерација прелази на дигитални систем и омогућава и пренос података и слање кратких текстуалних порука (СМС). На путу до система треће генерације развијени су системи *2.5G*, који представљају дигиталне системе са пакетским преносом података, уз нешто веће брзине преноса. Трећа генерација пружа корисницима бржи приступ Интернету, као и глобални роаминг. Технологије четврте генерације су *IP*-засноване хетерогене мреже које за циљ имају интеграцију постојећих бежичних технологија. Омогућавају велике брзине, велики опсег, добар квалитет, глобалну покривеност и флексибилан роаминг између различитих технологија.

Једну од стандардних компонената паметних мобилних телефона и других сличних уређаја представљају *GPS* (*Global Positioning System*) пријемници. Овај систем чине 24 сателита распоређена у орбити Земље који континуално емитују радио-сигнал који се може детектовати на површини Земље. *GPS* пријемници на

основу тог сигнала могу да одреде своју тачну позицију – надморску висину, географску ширину и географску дужину.

За комуникацију на мањим удаљеностима, као и за развој сценарија свеприсутног рачунарства и амбијенталне интелигенције, могу се применити *RFID* (*Radio frequency identification*) технологија, и њена варијација *NFC* (*Near Field Communication*). Основни вид *RFID* технологије је комуникација између малог радио-уређаја (чипа, тага) додатог, закаченог или уграђеног у неки предмет који садржи информације о том предмету, и неког читача. Таг садржи микрочип са информацијама и антену помоћу које може да комуницира са читачем, уз опциону батерију. Читач садржи предајник и пријемник радио-таласа. Уколико таг не садржи батерију, напаја се индукцијом помоћу енергије читача. Основна примена *RFID* и *NFC* технологија је у праћењу робе, за разне личне исправе, платне и идентификационе картице, али се могу применити и у образовању, поготово у оквиру апликација које се заснивају на контекстним информацијама из окружења.

4.3.2. Сервиси мобилног пословања

Основни сервиси мобилног пословања обухватају гласовне позиве, размену порука, видео-сервисе, преглед веб-страница и локацијски базиране сервисе [141]. Мобилни уређаји омогућавају и лако генерисање корисничких садржаја као и интеракције са сервисима доступним у окружењу, често помоћу *NFC* технологије или *2D* бар-кодова.

Сервиси гласовних позива представљају стандардну функционалност мобилних телефона и обухватају класичне позиве и друге пратеће услуге. Поред стандардних *2G/3G* система, данас се јављају и алтернативе у виду гласовне (а често и видео) комуникације преко Интернета.

Сервис за слање кратких текстуалних порука (*Short Message Service – SMS*) је комуникациони протокол који омогућава размену кратких текстуалних порука, до

160 знакова, између мобилних уређаја. Поред класичног СМС-а који омогућава пренос једино текстуалних порука, доступан је и ММС сервис који омогућава слање већих порука, као и мултимедијалних објеката као што су слике, звук и видео. Оба сервиса, а поготово ММС, су у протеклом периоду делом изгубили на значају услед све веће популарности алтернативних видова размена порука заснованих на Интернету као што су чет системи, инстант-поруке и електронска пошта. Пример оваквих сервиса су *Viber* и *WhatsApp*.

Видео-сервиси обухватају коришћење камере у реалном времену, током разговора, или преглед снимљених видео-клипова. Ови сервиси проширују корисников доживљај мобилне комуникације и уносе визуелне ефекте у телефонски разговор. Видео-позив представља везу између два мобилна телефона где се оба учесника у разговору међусобно виде и чују у реалном времену. Уколико се мобилном уређају на располагању налази довољно квалитетна конекција са Интернетом, могуће је и медија стриминг, односно прегледање аудио/видео садржаја који се континуално учитавају паралелно са њиховим приказивањем кориснику. За све видове видео-сервиса од значаја је метод енкодирања/компресије, и најчешће се користе методе које могу да остваре нижи број битова по фрејму снимка (битрејт) као што је *MPEG-4*.

Будући да омогућавају сталну конекцију, *2.5G* и *3G* и новије, надолazeће мреже омогућавају и сталан **приступ веб-страницама**. Неопходно је да мобилни уређаји поседују одговарајући веб-читач. На класичним телефонима у питању су уграђени читачи са ограниченим могућностима, док на паметним телефонима постоји већи избор који укључује и велики број пандана класичним читачима као што су Chrome, Firefox, Опера и други.

Локацијски базирани сервиси (*Location-Based Services – LBS*) омогућавају персонализоване услуге на захтев, на основу тренутне позиције корисника, као што су подаци о оближњим ресторанима, хотелима или другим локацијама. За добављање локације корисника могу се применити разни системи као што је *GPS*,

преузимање *Cell-ID* података од провајдера и одређивање локације помоћу *Wi-Fi* рутера.

Кориснички генерисан садржај (*User-generated content, UGC*) је садржај, често мултимедијалан, који је потекао и креиран је од стране корисника мобилних уређаја, а не од комерцијално оријентисаних компанија.

За уграђивање контекстних информација у окружење којима се може приступити помоћу мобилних уређаја могу се користити *RFID* и *NFC* технологије, које захтевају постојање одговарајућих примопредајника, или једноставнији **2D бар-кодови**, који се могу прочитати помоћу већине мобилних уређаја који поседују уграђену камеру. *2D* бар-кодови поседују нешто нижи капацитет од *RFID* и *NFC*, али их карактерише висока поузданост, ниска цена и лако штампање. На *2D* бар-кодове се најчешће снимају *URL* адресе, по чијем читавању се корисник преусмерава на неку Интернет страницу. Апликације за читање оваквих кодова су широко доступне на свим платформама, док сами кодови долазе у различитим форматима од којих су најпопуларнији *QR* кодови.

4.3.3. Уређаји мобилног образовања

Једна од главних разлика између мобилних уређаја и персоналних рачунара је конекција која је код мобилних уређаја бежична и обухвата неколико потенцијалних технологија (*2G, 3G, 4G, Wi-Fi, NFC, Bluetooth...*). Мобилни уређаји све чешће подразумевају сталну прикљученост конекцијом велике брзине, иако и даље имају периоде прекида везе, било хотимично (кад су услуге прескупе) или не (кад инфраструктура није обезбеђена). Иако је тренутно актуелан развој респонзивних сајтова који се могу прилагодити било којој величини екрана, или одвојених верзија за уређаје са малим екранима, и даље се јавља проблем са прегледањем неприлагођених садржаја који отежавају навигацију и интеракције са корисником.

Постоји више врста мобилних уређаја, уз читав спектар хибрида које је тешко сврстати у једну категорију, док се неке врсте постепено утапају у друге, мултифункционалне уређаје, и нестају са тржишта. Неке популарније категорије мобилних уређаја обухватају лаптопове, таблете, нетбукове, мобилне телефоне, *PDA* уређаје, мултимедијалне плејере, играчке конзоле, електронске читаче књиге, наменске дигиталне уређаје за учење и носиве уређаје.

Лаптоп уређаји су по функционалностима еквивалентни десктоп рачунарима и могу да користе све апликације и материјале доступне на њима. Због већег габарита, лаптопови су у мањој мери мобилни, практично представљајући гранични случај за мобилне технологије и мобилно образовање. **Нетбукови** и други слични уређаји који се понекада могу наћи под различитим именима (*subnotebook*, *ultrabook*) имају исту форму, али су мањи и лакши од класичних лаптопова и углавном оријентисани на основне функције – Интернет и канцеларијске програме. Обично су и овакви уређаји више него способни да извршавају образовне апликације.

Мобилни телефони су најчешћи вид мобилних уређаја у мобилном учењу услед њихове распрострањености. Мобилни телефони се могу поделити на оне са фабричким оперативним системом (*feature phone*) и оне са неким од напреднијих система (*smartphone*). Обе категорије уређаја поседују све боље карактеристике, укључујући ту чак и Интернет и инсталирање разних апликација. Највећу разлику, осим квалитетнијег оперативног система код паметних телефона, чине и боља конективност (обавезан *Wi-Fi* приступ) и квалитетнији претраживач који може да отвара и странице намењене десктоп рачунарима. Сви мобилни уређаји имају могућности обављања позива, слања СМС и ММС порука, камеру и, зависно од уређаја, поседују и *GPS* пријемник, *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *NFC* и друге компоненте.

Таблет рачунари представљају уређаје сличне по форми мобилним телефонима, али већег габарита и сличних или мало бољих карактеристика. Таблет рачунари су јако слични мобилним телефонима по могућностима, уз евентуалан изостанак

гласовних позива и СМС порука. Између класе таблета и мобилних уређаја постоји и међукласа већих телефона (или мањих таблета) која се назива фаблиет уређајима. *PDA* уређаји, такозвани лични дигитални организатори су данас практично непостојећи и интегрисани у мобилне телефоне и таблет рачунаре. Слична је ситуација и са мултимедијалним **плејерима** где више не постоји потреба за дискретним уређајима за пуштање музике и слика/снимака, већ су све њихове функционалности укључене у мобилне телефоне и таблете. **Модерни електронски читачи књига** су по облику јако слични таблетима, али опстају као одвојена категорија због одређених разлика у приказу слике на екрану. Код електронских читача је нагласак на оштрини текста на екрану и јасноћи читања, и постоје разне варијанте са црно-белим екранима или екранима који користе е-мастило, тј. мастило које не троши батерију за приказ осим при променама исписа на екрану.

Модерне преносиве **играчке конзоле** типично поседују хардверске карактеристике упоредиве или чак боље од многих паметних телефона исте генерације како би могле да пруже задовољавајући играчки угођај. Самим тиме, њихове могућности у погледу других намена су често ограничене једино уграђеним оперативним системом. Многе конзоле поседују интегрисане плејере мултимедијалних садржаја, апликације за читање електронских књига и могућност повезивања на Интернет и приступања образовним садржајима и другим корисним информацијама. **Носиви уређаји** су најновији вид мобилних уређаја и укључују уређаје као што су паметни сатови, паметне наочаре и друго. Сви ови уређаји генерално теже да обухватају функционалности еквивалентне мобилним телефонима, уз другачије методе интеракције са корисником и додатне изворе контекстних информација.

4.3.4. Мобилне платформе и оперативни системи

Мобилни оперативни системи су веома слични по својој природи и карактеристикама класичним рачунарским оперативним системима. Њихова улога

је да управљају радом хардвера и да пруже низ услуга и програмских библиотека које ће апстраховати специфичности хардвера и омогућити извршавање софтверских апликација. Мобилни оперативни системи представљају платформу чије специфичности одређују које апликације треће стране ће моћи да се поставе и користе на неком мобилном уређају. Класични телефони (*feature phone*) поседују тзв. уграђене оперативне системе произвођача који су компактни и ефикасни, али немају многе специјализоване функције. Модернији класични телефони типично поседују уграђен веб-прегледач и подржавају *Java* платформу прилагођену за мобилне уређаје слабијих карактеристика (*J2ME*). Мобилни оперативни системи уграђени у паметне телефоне су често доста моћнији и представљају главну разлику између две категорије телефона. Међу најпознатијим и најзаступљенијим мобилним оперативним системима су *Android*, *iOS* и *Windows Phone*.

Android је отворена софтверска платформа за мобилне уређаје заснована на *Linux*-у и са имплементираним *Java* машином, претраживачем на бази *WebKit*-а, подршком за *SQL* базу и пуним приступом хардверу за апликације. Иако је заснован на *Linux* кернелу, *Android* не дозвољава покретање постојећих *Linux* апликација или библиотека у њиховом изворном облику. У оквиру *Android* система нису подржани ни стандардни *Java API*-ји пошто *Android* користи специфичну селекцију *Java* библиотека, укључујући ту и посебан систем за рад са графичким елементима који мења стандардне библиотеке за рад са прозорима. Архитектура *Android* платформе обухвата неколико нивоа. На најнижем нивоу се налазе драјвери за управљање хардверским компонентама, као и *Linux* кернел. Изнад овог нивоа се налазе библиотеке писане у програмским језицима *C* и *C++* и извршно окружење које садржи верзију *Java* виртуелне машине оптимизовану за уређаје са ограниченим карактеристикама по имену *Dalvik*. На нивоу изнад се налазе библиотеке писане *Java* програмским језиком које представљају оквир за развој апликација за *Android*. И уграђене и корисничке апликације имају подједнака права у систему и могу да користе било коју од ових библиотека за приступ деловима система. Званична окружења за програмирање *Android*-а су *Eclipse* и

Android Studio, али је развој могућ и у било ком другом *Java* компатибилном окружењу уз мануелно обављање одређених корака.

iOS је мобилни оперативни систем компаније *Apple*, развијен на основама *Mac OS X* оперативног система, те припада групи система заснованих на *Unix*-у. Првобитно је развијен за *iPhone* уређаје, а затим проширен и на *iPodTouch*, *iPad*, и *Apple TV* уређаје. Овај оперативни систем је доступан само на уређајима компаније *Apple*. Функционалности *iOS*-а обухватају мултитасковање, претраживач заснован на *WebKit*-у, богат интерфејс, одличну хардверску и медија подршку, итд. *iOS* систем се састоји из четири слоја апстракције – слоја језгра оперативног система, слоја са сервисима и библиотекама за управљање разним функционалностима, медија слоја и *Cocoa touch* слоја који је задужен за анимације, интеракцију са корисником и мултитаскинг. Развој за *iOS* се обавља помоћу развојног окружења *Xcode*, првенствено у објектном *C* језику.

Windows Phone је оперативни систем развијен од стране *Microsoft*-а, наследник ранијег *Windows Mobile* оперативног система. Поседује све карактеристике које поседују и конкурентне платформе, уз нов и модеран кориснички интерфејс заснован на једноставним, равним, квадратним површинама ради лакшег саопштавања информација и интеракције са корисником. Развој за ову платформу може да се обавља помоћу *Visual Studio* окружења у главним *.NET* језицима (*C#*, *VB.NET*, *C++*) и *HTML/JavaScript*-у.

4.3.5. Мобилна инфраструктура у Србији

Развој мобилних образовних апликација је одређен мобилним платформама и уређајима, уколико се не ради о хибридном апликацијама или респонзивним мобилним сајтовима. Захваљујући модерним мобилним платформама и оперативним системима као што су *Android*, *iOS* и *Windows Phone*, сама марка мобилног уређаја није у потпуности одређујућа за развој мобилних апликација. Сви мобилни уређаји који примењују исти оперативни систем ће подржавати

одређени скуп заједничких функционалности. Разлике могу постојати, али се оне типично могу идентификовати током извршења апликације како би се начинила одређена прилагођавања. Много већу тежину у погледу разлика носе конкретне платформе, где апликације писане за једну платформу типично не могу да се извршавају на другој. Из тог разлога је јако битно имати увид у тренутну распрострањеност мобилних платформи на тржишту. У табели 2 су дати подаци о распрострањености појединих платформи на мобилним телефонима и таблетима, добављени анализом приступа веб-сајтовима на Интернету [142].

Табела 2: Процент приступа веб-сајтовима са мобилних платформи у периоду новембар 2014. – јануар 2015.

	Србија	Европа	Свет	САД	Немачка	Француска	УК	Русија	Шпанија	Италија	Шведска
Android	69.78	53.85	54.25	38.83	61.77	54.02	33.71	49.67	71.56	57.69	37.65
iOS	16.65	40.48	30.82	56.84	35.14	41.54	57.55	45.37	26.34	37	61.51
Nokia S40	4.54	0.61	4.75	0.13	0.08	0.06	0.23	0.81	0.03	0.15	0.02
Windows	4.39	2.78	1.91	1.43	1.9	3.42	1.86	1.91	1.57	4.49	0.73
Symbian	1.7	0.24	1.47	0.02	0.09	0.03	0.04	0.68	0.06	0.11	0.01
Samsung	0.91	0.14	1.42	0.05	0.03	0.03	0.01	0.21	0	0.03	0
BlackBerry	0.73	1	1.12	0.68	0.17	0.37	4.37	0.11	0.15	0.22	0.02
Linux	0.15	0.42	0.6	1.64	0.41	0.11	1.62	0.12	0.11	0.13	0
Остали	1.15	0.48	3.66	0.38	0.41	0.42	0.61	1.12	0.18	0.18	0.06

Далеко најпопуларнија платформа у Србији је *Android*, са више од четири пута већим уделом од следеће платформе, *iOS*-а. Иста платформа има предност и на светском и европском нивоу, и једино заузима друго место у неким од богатијих држава где се *iOS* налази на првом. Да би се добила комплетнија слика о употреби паметних телефона (као најчешћег вида напреднијих мобилних уређаја), могу се погледати неке од статистика које се баве мобилним Интернетом и друштвеним мрежама [143]. По подацима из наведене студије, у Србији има 9.138.000 мобилних претплата; овај податак може да послужи као основа за даље разматрање, али сам по себи не открива какав је састав тих претплата у погледу коришћених уређаја. Даље, наводи се да постоји 2,9 милиона претплата на мобилни широкопојасни Интернет. У ову цифру потенцијално улази мали број класичних мобилних телефона који су јако ограничени у погледу могућности

приступа Интернету, али са друге стране вероватно улази и један број претплата које се користе за лаптоп уређаје и десктоп уређаје у руралним областима, где не постоје друге опције за широкопојасни Интернет. За најбољи показатељ распрострањености паметних телефона из дотичне студије се онда може узети број од 2,4 милиона корисника, који приступа друштвеним мрежама преко мобилних уређаја. У овај број су несумњиво урачунати и неки од мало бољих класичних телефона који имају ограничене могућности повезивања на Интернет; ипак, корелацијом са претходном табелом која садржи и такве граничне случајеве (нпр. Nokia S40), може се извести закључак да значајан удео тог броја сачињавају паметни телефони на *Android* платформи који се погодно могу употребити у процесу мобилног образовања.

4.3.6. Испорука и прилагођавање садржаја за мобилне телефоне

Апликације намењене презентацији на мобилним уређајима могу да буду засноване на *HTML*-у или на функционалности оперативног система (платформске апликације). Апликације засноване на *HTML*-у зависе од могућности веб-претраживача и његовог механизма приказа (*Layout engine*) али имају предности попут централног управљања апликацијом и верзијама на веб-серверу и аутоматске покривености свих платформи које имају компатибилне претраживаче. Апликације засноване на *Flash*-у су такође сличне овом приступу, али су данас доста ређе на мобилним платформама услед квалитетнијих алтернатива (*HTML5*, *CSS3*, *JavaScript*).

Велике разлике у форми, величини и оријентацији екрана и дубини боја, као и у подржаним функцијама, представљају изазов у прилагођавању садржаја за мобилне уређаје. Решења која омогућавају обраду на серверској страни су најбоља алтернатива у јако динамичном окружењу зато што штеде ограничене меморијске и процесорске ресурсе мобилних уређаја. Прилагођени материјали могу да буду унапред припремљени на серверу или да се прилагоде у неком делу процеса испоруке. Прилагођавање може да се обавља на серверу или на посебним

посредницима који су задужени само за прилагођавање/компресију током преноса. На мултимедијалне садржаје се типично примењује техника транскодирања, односно претварања у мање захтевну репрезентацију. По достављању садржаја и сами мобилни уређаји могу да изврше одређено прилагођавање, најчешће изменама у корисничком интерфејсу.

За одређивање карактеристика мобилних уређаја/претраживача у случајевима када се користе веб-апликације могу се применити одређене технике на клијентској и на серверској страни апликације. Када кориснички уређај пошаље захтев серверима веб-апликације, преузимају се заглавља тог захтева и користе се као упит неком репозиторијуму врста и карактеристика уређаја. Неки од постојећих репозиторијума су *WURFL* и *Apache DeviceMap*, а дефинисан је и стандард за *API*-је таквих репозиторијума [144]. Сличан стандард је *UAProf*, који подразумева постојање репозиторијума уређаја одржаваних од стране произвођача. У случају *UAProf*-а, детекција се обавља помоћу специјалног поља у заглављу захтева које садржи директан линк до спецификације карактеристика уређаја у неком репозиторијуму. Технике детекције на клијентској страни се заснивају на директној детекцији особина претраживача извршавањем *JavaScript* кода. Предност овог приступа је што се постојање неких функционалности тестира директно у конкретном окружењу, а недостатак што неки претраживачи умеју да лажно пријаве постојање одређених функционалности које можда нису хардверски подржане.

4.4. Системи за управљање учењем

Системи за управљање учењем (*Learning Management System – LMS*) представљају окружења која омогућавају корисницима креирање, убацивање и управљање, претрагу и поновно коришћење мањих образовних садржаја, односно објеката учења. Главне карактеристике *LMS* су [145]:

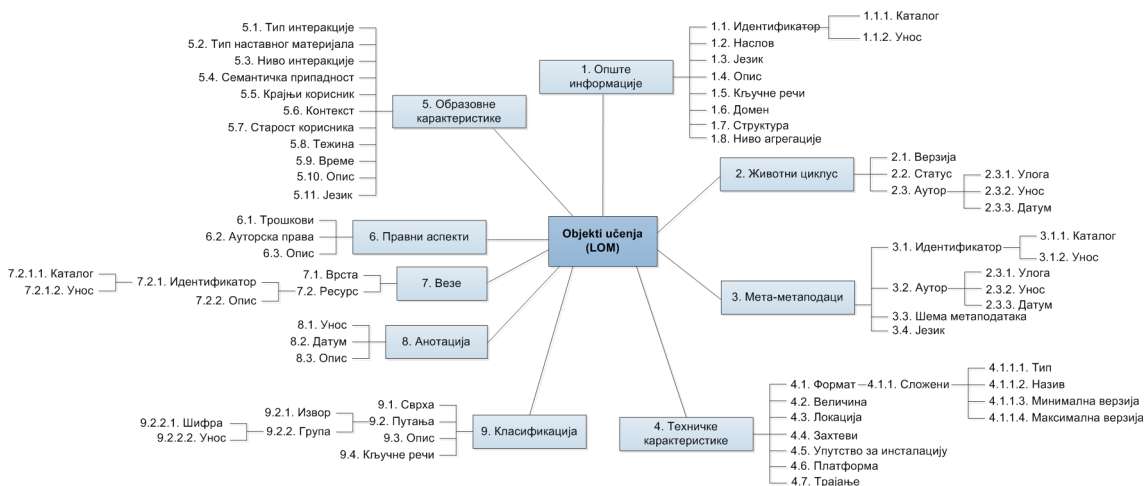
- учење садржаја и навигација кроз њих – алати за навигацију омогућавају низање садржаја за учење у одређеном редоследу и помоћ ученику при кретању кроз простор знања;
- провера знања – имплементација најчешће путем тестова и квизова за самопроверу, али може укључивати и оцењивање;
- ауторски алати – омогућавају чување садржаја за образовање на веб-серверу, њихово одговарајуће повезивање и стварање тестова и дискусија;
- управљање учењем (*course management*) – чувају се различити административни подаци о ученицима и о самом предмету који се учи;
- праћење – бележе се тачни и нетачни одговори на основу лекција и других активности, што омогућава праћење успеха полазника и израду статистика;
- комуникација путем рачунара (*computer-mediated communication, CMC*) – дозвољава ученицима и наставницима међусобну комуникацију која може бити приватна и јавна, као и синхрона и асинхрона.

4.5. Објекти учења и стандарди метаподатака

Dublin core стандард описује скуп стандардних атрибута који могу да се користе за описивање информационих ресурса. Други стандарди, укључујући и *IEEE LOM* (слика 4) се често ослањају на *Dublin core* и проширују његове могућности. *Dublin core* дефинише 15 атрибута метаподатака – наслов ресурса (*title*), ентитет који је направио ресурс (*creator*), тема на коју се ресурс односи (*subject*), опис (*description*), ентитет који је одговоран за објављивање ресурса (*publisher*), ентитет који је допринео радом на информационом ресурсу (*contributor*), време када је објекат направљен/објављен (*date*), врсту или жанр (*type*), формат података или физичког медија (*format*), јединствену референца на ресурс (*identifier*), извор из којег је ресурс изведен (*source*), језик ресурса (*language*), повезане ресурсе (*relation*), просторно-временски домен ресурса (*coverage*) и ауторско-интелектуална права која се односе на њега (*rights*).

IEEE LOM стандард је најчешће коришћен стандард метаподатака објеката учења. *IEEE LOM* дефинише девет категорија које групишу различите податке о објектима учења:

- *General* – општи подаци о објекту учења – идентификатор, наслов, описни текст, језик садржаја, временско-просторни обухват објекта, структура објекта и степен агрегације (уколико је агрегиран).
- *Lifecycle* – верзија и статус (садржаја) објекта учења, као и списак свих појединаца који су допринели његовом развоју.
- *Meta-Metadata* – описује метаподатке (девет наведених категорија), а не податке (садржај објекта учења). Описује језик, спецификацију шеме метаподатака и даје списак свих који су радили на метаподацима објеката учења.
- *Technical* – техничке карактеристике објекта учења. Формат података, њихова величина, локација садржаја, технички захтеви, упутство за инсталацију и предвиђено време потребно за презентацију објекта учења.
- *Educational* – образовнопедагошке особине објекта учења. Описује педагошки приступ – активан, пасиван или мешовит, тип материјала (вежба, симулација, упитник, виде- запис, итд.), степен интерактивности, густину/тежину садржаја, циљну групу објекта, окружење за које је објекат намењен, тежину и потребно време за савладавање објекта, опис начина коришћења објекта и језик корисника .
- *Rights* – ауторска права, цена и услови коришћења објекта учења.
- *Relation* – описује однос једног објекта са другим. Врсте односа су дефинисане у *Dublin Core-у*.
- *Annotation* – коментари корисника (едукатора) објекта учења.
- *Classification* – класификација објекта учења у неком систему класификовања или више њих.



Слика 4: IEEE LOM стандард

SCORM (*Sharable Object Content Reference Model*) је стандард који се ослања на *IEEE LOM* за опис метаподатака, али га и додатно проширује спецификацијама које се односе на структуру садржаја, редослед учења и начине интеракције са корисником. Кључна предност *SCORM*-а је интероперабилност и добра подршка од стране великог броја система за управљање учењем. *SCORM* чине три основне компоненте: *SCORM* модел агрегације садржаја (*Content Aggregation Model*)[146], спецификација извршног дела (*Run-time specification*)[147] и редослед испоруке садржаја учења (*Sequencing model*)[148].

4.6. Онтологије и семантички веб

4.6.1. Слојеви и технологије семантичког веба

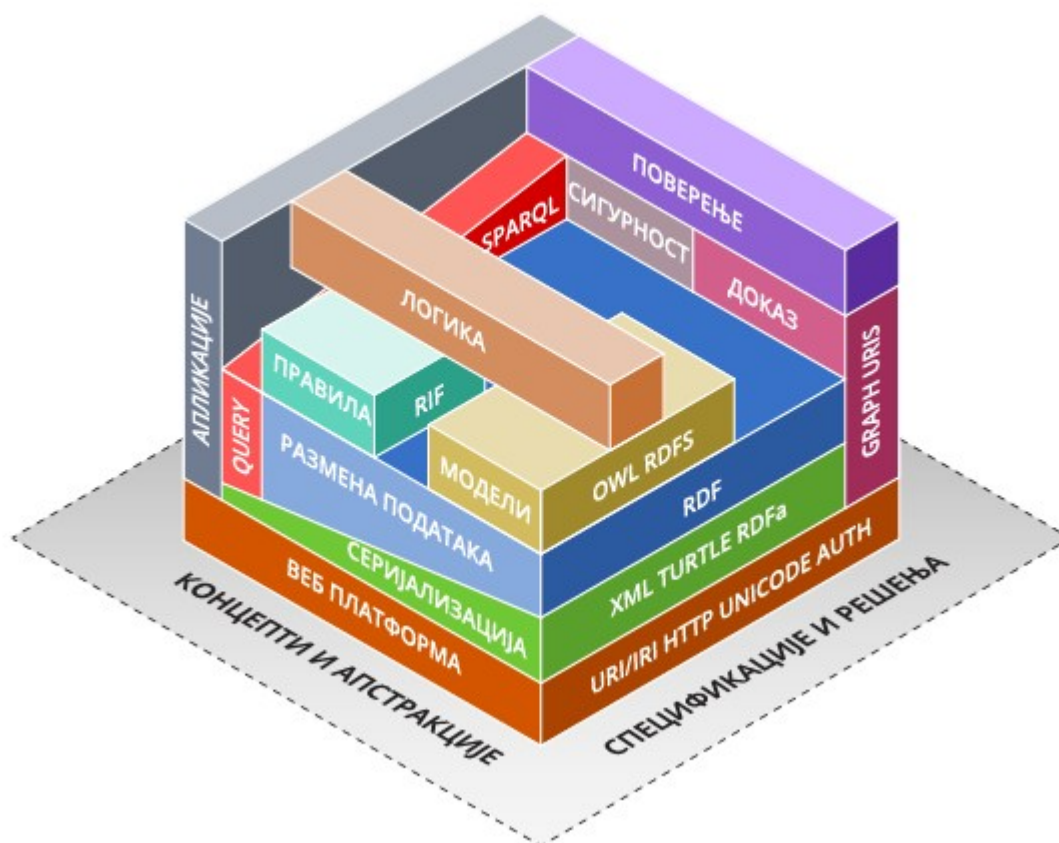
Семантички веб (*Semantic Web*) или веб података представља надоградњу постојећег веба која се заснива на семантичком означавању свих података и веза међу њима посредством стандардизованих типова како би били разумљиви машинским агентима. Семантички означени подаци представљају структуриран скуп чињеница и метаподатака који стварају контекст за бољу обраду информација. Семантички веб такође промовише стварање, дељење, интеграцију и поновно коришћење података на Интернету. Циљ семантичког веба је да машине

(програми) имају приступ што већем броју структурираних података како би се ефикасније и ефективније обрађивале информације.

Семантички веб се представља кроз различите технолошке стандарде и слојевиту архитектуру први пут дефинисану од стране Тима Бернерса [149], даље развијену под покровитељством *W3* конзорцијума. Слојевита архитектура уводи степен апстракције и смањује повезаност међу самим слојевима како би појединачни стандарди могли у некој мери независно да се развијају. Концептуални слојеви се имплементирају различитим технологијама и могу се груписати на следећи начин (слика 5):

1. Слој веба – ослања се на коришћење јединствених идентификатора за адресирање, имплементираних помоћу *URI*-ја.
2. Слој размене податка – користи неки од формата за серијализацију (представљање) података.
3. Слој размене информација – подаци на овом слоју су доступни као триплети, имплементирани помоћу *RDF*-а .
4. Слој правила и модела – дефинише правила и ограничења за представљање контекстних информација.
5. Слој логике и закључивања - дефинише логику која на основу правила закључивања доводи до нових сазнања.
6. Слој доказа – механизам за праћење претпоставки и свих корака закључивања.
7. Слој поузданости – потврда исправног доказивања.

Да би се обезбедила поузданост закључивања потребно је да кроз све слојеве постоји сигурносни механизам који ће обезбедити интегритет података.



Слика 5: Концептуални и имплементациони слојеви семантичког веба

На најнижем нивоу, информациони и било који други ресурси на вебу могу да се идентификују одговарајућим *URI*-јем. Када су ресурси идентификовани, треба дефинисати њихова својства и везе са другим објектима. Ово се може обавити помоћу оквира за описивање ресурса (*Resource Description Framework, RDF*) који се заснива на триплетима, изјавама које садрже субјекат, предикат и објекат. *RDF* служи као базна нотација за неколико других система и нотација као што је *OWL*. Ове нотације дефинишу сложеније изразе који имају специјално дефинисано значење али се могу записати као *RDF* графови.

RDF графови се складиште у наменски грађеним базама за рад са триплетима. Ускладиштене информације у оваквим базама се читају помоћу одговарајућих упитних језика. Упитни језик семантичког веба је *SPARQL*, језик дефинисан *W3C*

препоруком. *SPARQL* упити се, као и *RDF*, базирају на триплетима, са разликом што садрже променљиве у једном или више чворова. Када се пронађу подаци који се могу налазити на месту променљиве, проверавају се ограничења (тип везе или неко друго ограничење) и након тога се враћају резултати. *RDF* графови могу да се серијализују помоћу *RDF/XML* стандарда заснованог на *XML*-у, једноставном Turtle текстуалном синтаксом, *N3* нотацијом, *JSON-LD* синтаксом заснованом на *JSON*-у и другим начинима.

RDF поседује уграђени речник који дефинише појмове као што су субјекат, предикат, објекат и поједине типове података (листа, неуређена листа, секвенца, итд.), док се *RDF* шемом дефинишу концепти као што су класа, ресурс, подкласа, атрибут, тип података. Речници служе за семантичко проширивање постојећих структура. Речници се користе за класификовање концепата, представљање могућих веза и дефинисање ограничења за податке који користе тај речник.

4.6.2. Онтологије

Сложенији вид речника представљају онтологије. Онтологије су формална, експлицитна спецификација дељене концептуализације [91] и могу се изразити помоћу *RDF* триплета. Онтологија се може дефинисати као скуп поља знања, укључујући речник, семантичке интеракције и одређена правила повезивања и логичког закључивања појмова који се односе на одређену област [150].

Онтологијама се може описати било који домен описивањем концепата и веза које постоје у њему [151]. Онтологије могу да описују генералне концепте који су заједнички кроз више области знања (домена), у ком случају се називају онтологијама највишег нивоа (*top-level ontology* или *foundation ontology*). Овакве онтологије омогућавају интероперабилност између великог броја онтологија које се ослањају на њих. Са друге стране, онтологије које описују специфичне концепте који се јављају у неком домену се називају доменске онтологије. Улога речника у свету семантичког веба је да помогне интеграцију података, када

постоји вишезначност појмова у различитим скуповима података или када додатно знање може довести до открића нових веза. Агент понуђача ресурса и агент клијента могу да се разумеју разменом информација чији су структура и значење експлицитно дефинисани онтологијама.

RDFS шема дефинише основне елементе (класе и атрибуте) за описивање онтологија, користећи механизме за проширивање *RDF* елемената. *RDFS* дефинише ресурсе (*rdfs:Resource*), класе (*rdfs:Class*), литерале (*rdfs:Literal*), типове података (*rdfs:datatype*), домене (*rdfs:domain*), опсеге (*rdfs:range*), подкласе (*rdfs:subClassOf*) и подсвојства (*rdfs:subPropertyOf*), лабеле (*rdfs:label*), коментаре (*rdfs:comment*), везе ка додатним информацијама (*rdfs:seeAlso*) и везе ка дефинишућим елементима (*rdfs:isDefinedBy*).

Језик *OWL (Ontology Web Language)* служи за рад са онтологијама на вебу. Садржи механизме за идентификовање и међусобно повезивање онтологија. Постоји неколико дијалеката и верзија стандарда и свака има своје карактеристике и могућности. *OWL* представља апстрактну синтаксу за описивање онтологија кроз секвенцу аотација, аксиома и чињеница. *OWL* појмови се представљају у оквиру *RDF* графа. Аксиоми су дефинисани *RDF* класама и атрибутима, док се чињенице описују појединачним елементима или паровима линкованих идентификатора. *OWL* дефинише класе и атрибуте који описују кардиналност (број дозвољених појављивања) елемената, дозвољене вредности, механизме за детаљније описивања ресурса, као и механизме за упоређивање елемената.

Идеја семантичког веба може се реализовати креирањем доменских онтологија, серијализацијом креираних онтологија коришћењем технологија семантичког веба, креирањем семантичких ознака на веб страницама/образовним ресурсима и креирањем сервиса семантичког веба. Информацијама се у семантичком веб-окружењу може управљати на два начина – конверзијом свих информација у *RDF* формат и њиховим чувањем у одговарајућем репозиторијуму или мапирањем

концепата у онтологије уз складиштење у стандардним релационим базама података.

4.7. Мреже речи (*wordnet*-ови)

Мреже речи су један облик машински читљивих речника који дефинишу концепте, речи и њихове односе у различитим језицима. Изворна мрежа речи је развијена на Принстону за енглески језик и носи изворни (и законом заштићен) назив *WordNet*. Друге мреже речи које су развијене касније се све ослањају на изворну мрежу речи, типично повезујући преводе са концептима у *WordNet*-у или повезивањем сопствених концепата/синонима са најближим преводима.

Ажуран списак свих мрежа речи се може наћи на адреси <http://globalwordnet.org/wordnets-in-the-world/>, а у табели 3 је дат кратак преглед неколико мрежа за значајније светске језике и језике из окружења:

Табела 3: Преглед мрежа речи за значајније светске језике и језике из окружења

Језици	Име	Организација	Онлајн преглед	Лиценца	Верзија WordNet-а
Енглески	WordNet	Универзитет Принстон	да	отворена	3.1
Енглески, холандски, италијански, шпански, француски, немачки, чешки, естонски	EuroWord Net	ЕУ	не	затворена	1.5
Јапански	Japanese WordNet	Јапански национални институт за информационо комуникационе технологије, Кјото, Јапан	да	отворена	3.0
Немачки	GermaNet	Универзитет у Тибингену	не	Отворена за академску употребу	2.0 (3.0 са аутоматским мапирањем)
Француски	WOLF	Тим Alpage – INRIA и Универзитет Париз Дидро	не	отворена	3.0
Српски	Serbian Wordnet	Математички факултет Универзитета у Београду, Србија	не	отворена	3.0
Хрватски	Croatian	Филозофски факултет	не	отворена	3.0

	WordNet	Свеучилишта у Загребу			
Македонски	Macedonian WordNet	Универзитет „Св. Кирил и Методиј“ у Скопљу и Универзитет у Стафордширу	не	отворена	?
Словеначки	sloWNet	Катедра за превођење, Филозофски факултет Универзитета у Љубљани	да	отворена	3.0

4.7.1. Енглеска мрежа речи – *WordNet*

WordNet је велика лексичка база енглеског језика [152]. Именице, глаголи, придеви и прилози су груписани у скупове когнитивних синонима (синсетова), где сваки синсет изражава један одвојен концепт. Синсетови су међусобно повезани концептуално-семантичким и лексичким односима. У том погледу *WordNet* подсећа на лексикон синонима по томе што групише речи по значењу; разлика је у томе што се у *WordNet*-у не групишу записи речи, већ њихова специфична значења, и што су све семантичке везе по којима се врши груписање идентификоване и именоване.

Главни однос између речи у *WordNet*-у је синонимија која се користи за формирање неуређених сетова – синсетова. Синсетови су повезани међусобно концептуалним везама и додатно садрже кратке дефиниције и (опционо) једну или више кратких реченица које демонстрирају употребу чланова синсета. Најчешће примењивана веза између синсетова је веза између општијих и специфичнијих појмова – хипернимија, хипонимија или *ISA* („је“) веза. Применом ове везе добија се транзитивна хијерархија појмова који се крећу од општијих ка специфичнијим. На врху сваке хијерархије именица се налази чвор *{entity}* (ентитет). Именице могу бити типови (опште именице) или инстанце (личне именице – особе, државе, географски ентитети). Још једна веза између именица је веза део-целина која се наслеђује кроз хијерархију – ако „возило“ има „волан“, онда и специфичнији облик возила, нпр. „камион“ мора да има „волан“. Глаголи су такође организовани хијерархијски (нпр. „комуницирати“ - „говорити“ - „шапутати“) и додатно међусобно повезани ако описују повезане догађаје (нпр. „покушати“ - „успети“). Придеви су организовани директним везама антонимије и повезани са именицама

из којих су изведени. Предлога постоји јако мали број у оквиру *WordNet*-а пошто је већина енглеских предлога изведена из придева.

Тренутна верзија *WordNet* базе је 3.1. *WordNet* база података је складиштена у специфичном *ASCII* (текстуалном) формату и обухвата осам датотека, по две, *index.** и *data.** за сваку од синтатичких категорија (именице, глаголи, придеви и прилози). Поред њих постоји и један број датотека које се користе за претрагу и индексирање, али строго гледано нису део *WordNet* базе. Комплетна структура свих датотека је детаљно описана у оквиру *WordNet* документације [153]. Сваки „*index*” фајл представља абецедну листу свих речи једног типа (именица, глагола, придева, прилога) садржаних у *WordNet*-у, док „*data*“ датотеке садрже информације о синсетовима.

Пример једног записа из *index* датотеке:

```
school n 7 6 @ ~ #p %m %p + 7 5 08293641 04153115 05765533 08292106  
15228025 08294314 08011895
```

Значење елемената записа из *index* датотеке:

```
lemma pos synset_cnt p_cnt [ptr_symbol...] sense_cnt  
tagsense_cnt synset_offset [synset_offset...]
```

- **lemma** – *ASCII* текст исписан малим словима; реч или колокација. Колокације се формирају спајањем појединих речи доњом цртом (`_`).
- **pos** – Синтатичка категорија; „n“ за именице, „v“ за глаголе, „a“ за придеве и „r“ за предлоге.
- **synset_cnt** – Број синсетова у којима се налази текућа реч (*lemma*), односно број значења која та реч има у *WordNet*-у.
- **p_cnt** – Број показивача које реч има у свим синсетовима који је садрже.
- **ptr_symbol** – Листа свих типова показивача на реч.
- **sense_cnt** – Исто што и *synset_cnt*, редуванса због компатибилности.
- **tagsense_cnt** – Број значења која реч има а која су уређена по учесталости јављања

- **synset_offset** – одмак у бајтовима у *data.pos* датотеци са синсетовима. Практично показивач на синсет у којем се ова реч налази. Реч ће имати онолико вредности овде колика је вредност *synset_cnt* поља.

Пример једног записа из *data* датотеке:

```
08293641 14 n 01 school 0 032 @ 08293263 n 0000 + 02803727 a 0101 +
02393052 v 0101 ~ 08294726 n 0000 ~ 08295510 n 0000 ~ 08295628 n 0000
~ 08295743 n 0000 ~ 08295845 n 0000 ~ 08296105 n 0000 ~ 08299030 n
0000 ~ 08299178 n 0000 ~ 08299617 n 0000 ~ 08299871 n 0000 ~ 08300678
n 0000 ~ 08300975 n 0000 ~ 08301291 n 0000 ~ 08301402 n 0000 ~
08301768 n 0000 ~ 08302167 n 0000 ~ 08302960 n 0000 ~ 08304256 n 0000
~ 08304357 n 0000 %m 08304507 n 0000 ~ 08419296 n 0000 ~ 08427239 n
0000 ~ 08428127 n 0000 ~ 08428440 n 0000 ~ 08428806 n 0000 ~ 08428927
n 0000 ~ 08429449 n 0000 ~ 08429706 n 0000 %m 10579780 n 0000 | an
educational institution; "the school was founded in 1900"
```

Значење елемената записа из *data* датотеке:

```
synset_offset lex_filenum ss_type w_cnt word lex_id [word
lex_id...] p_cnt [ptr...] [frames...] | gloss
```

- **synset_offset** – Одмак у бајтовима текућег синсета. У *index* датотеци поље *synset_offset* референцира ову вредност.
- **lex_filenum** – Двоцифрени број који означава у којој лексикографској датотеци се налази синсет.
- **ss_type** – Знак који означава тип синсета; „n“ за именице, „v“ за глаголе, „a“ за придеве, „s“ за придеве „сателите“ и „p“ за прилоге.
- **w_cnt** – Број речи у овом синсету
- **word** – *ASCII* запис речи. У примеру изнад је то „*school*“.
- **lex_id** – Број који означава које значење реч носи у овом синсету.
- **p_cnt** – Број показивача са овог синсета на друге синсетове.
- **ptr** – Показивач са текућег синсета на неки други. Формат показивача је: *pointer_symbol synset_offset pos source/target*.
 - *pointer_symbol* – означава тип везе са другим синсетом. У примеру изнад, реч школа има везу хипернимије (@) са појмом образовна институција, а везу хипонимије (~) са више других синсетова, нпр. са

појмом „летачка школа“. Типови веза и одговарајући знакови су дати у табели 4.

- `synset_offset` – Одмак у бајтовима до референцираног синсета. Нпр. синсет 08293641 (школа) из примера изнад дефинише везу са синсетом 08293263 (образовна институција).
- `pos` – Синтатичка категорија, са истим вредностима као исто поље у индексу (n, v, a, r).
- `source/target` – Служи за разликовање лексичких и семантичких показивача. Вредност 0000 означава семантичку везу између синсетова, док друге вредности означавају лексичке везе између појединих речи унутар синсетова.
- **gloss** – Текст који представља дефиницију синсета и опционо једну или више реченица са примерима.

Везе између синсетова су од највећег значаја у оквиру *WordNet*-а јер оне заправо формирају „мрежу речи“ помоћу лексичких и семантичких веза. Дозвољени типови веза између именица, глагола, придева и прилога су дати испод, у табели 4. У истој табели су дати и примери на српском језику, уз одређена одступања услед разлика између српског и енглеског језика.

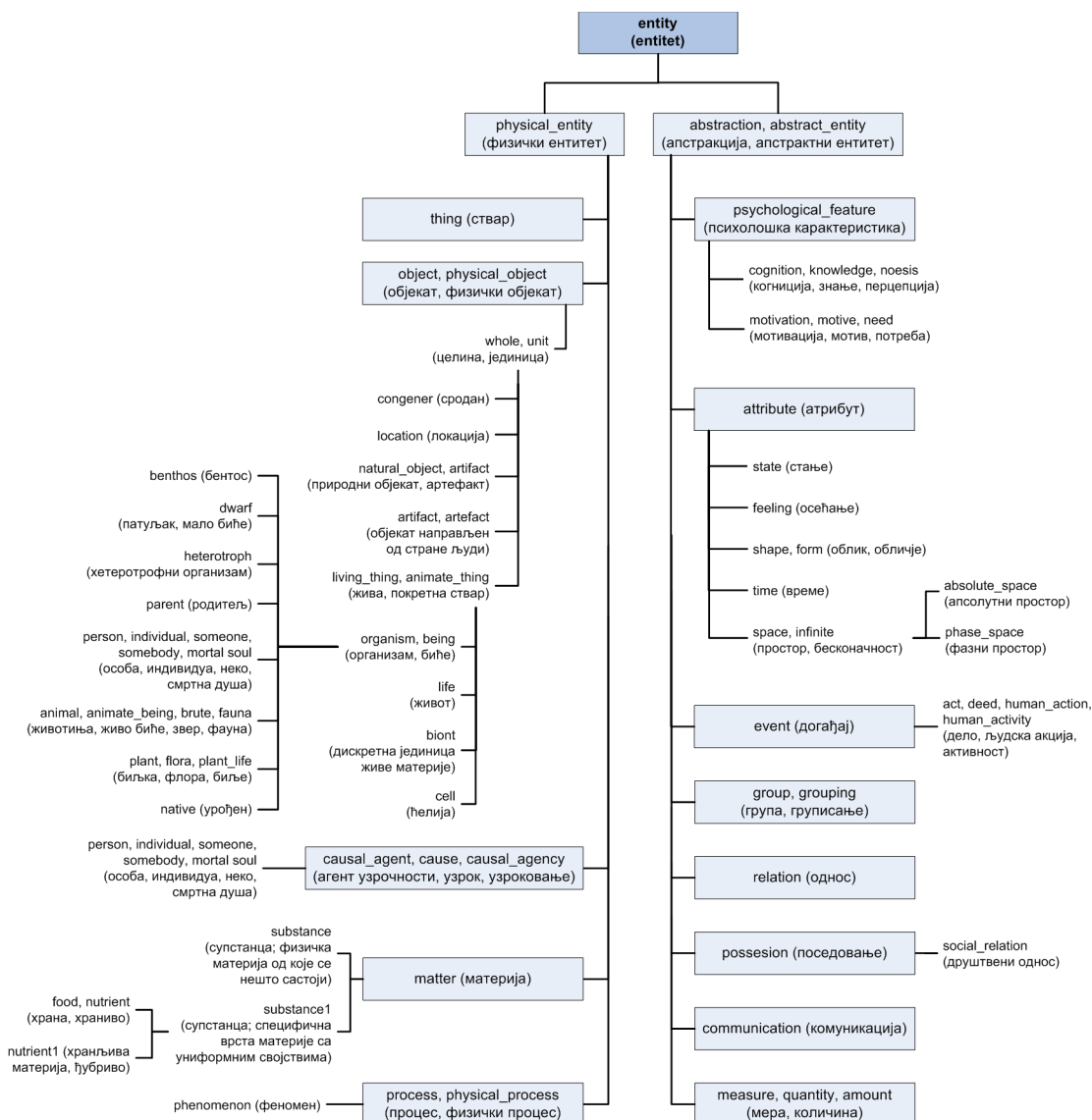
Табела 4: Дозвољени типови веза у *WordNet*-у и начин њиховог означавања у бази

Именице		Глаголи	
Знак	Веза и пример	Знак	Веза
!	Антоним лево – десно	!	Антоним долази – одлази
@	Хиперним столица – намештај	@	Хиперним трчати – ићи
@i	Хиперним (инстанца) Дунав – река	~	Хипоним ићи – трчати
~	Хипоним намештај – столица	*	Подразумеваност (<i>entailment</i>) хркање – спавање
~i	Хипоним (инстанца) река – Дунав	>	Узрочност ударити – болети
#m	Холоним (чланство) Земља – Сунчев систем	^	Фразални глагол <i>stand – stand down</i>

			(енг., не постоје у српском)
#s	Холоним (супстанца) папир – страница	\$	Група глагола (по сличности) смрзнути – заледити
#p	Холоним (део) крило – авион	+	Облик добијен деривацијом метар – метрика
%m	Мероним (члан) Сунчев систем – Земља	;c	Домен синсета (тема) лечити – медицина
%s	Мероним (супстанца) страница – папир	;r	Домен синсета (регија) скалпирати – дивљи запад
%p	Мероним (део) авион – крило	;u	Домен синсета (употреба) блејати – жаргон
=	Атрибут прецизност – тачан		
+	Облик добијен деривацијом метар – метрика		
;c	Домен синсета (тема) транзистор – електроника		
-c	Члан домена (теме) електроника – транзистор		
;r	Домен синсета (регија) суши – Јапан		
-r	Члан домена (регије) Јапан – суши		
;u	Домен синсета (употреба) блејање – жаргон		
-u	Члан домена (употребе) жаргон – блејање		
Придеви		Прилози	
Знак	Веза и пример	Знак	Веза
!	Антоним велики – мали	!	Антоним брзо – полако
&	Сличност сломљен – скршен	\	Изведен из придева брзо – брз
<	Партицип глагола угруван – угрувати	;c	Домен синсета (тема) молекуларни – хемија
\	Изведен из именице (pertainym) тужан – туга	;r	Домен синсета (регија) скалпиран – дивљи запад
=	Атрибут тачан – прецизност	;u	Домен синсета (употреба) зелен (у смислу млад) – колоквијализам
^	Слични придеви исправан – одговарајући		
;c	Домен синсета (тема) молекуларни – хемија		

;r	Домен синсета (регија) скалпиран – дивљи запад		
;u	Домен синсета (употреба) зелен (у смислу млад) – колоквијализам		

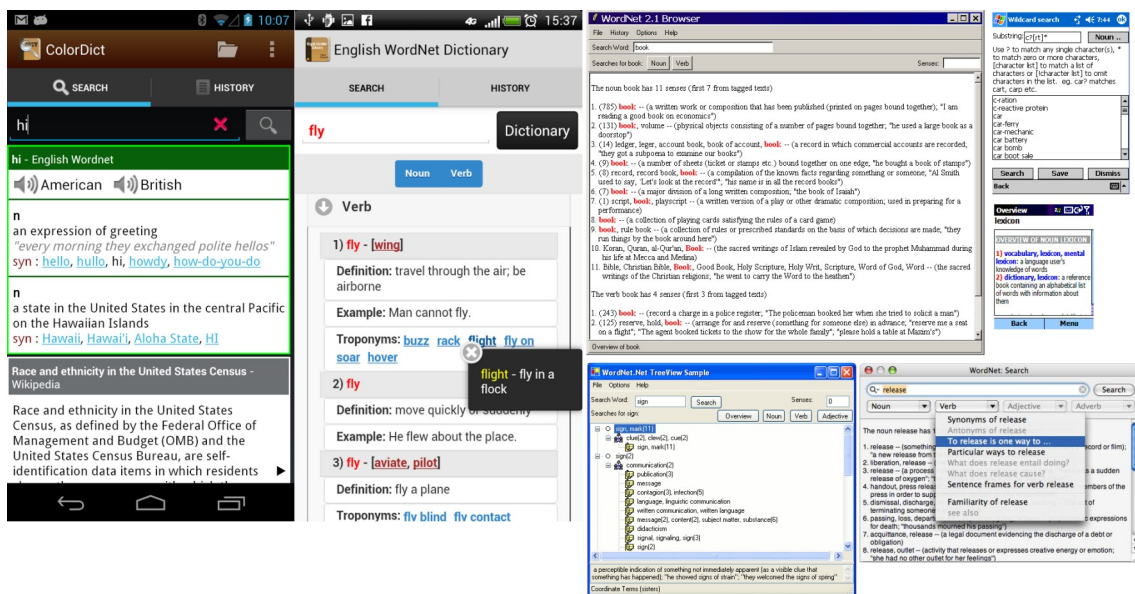
Везе хипернимије и хипонимије у *WordNet*-у стварају хијерархију појмова која је јако слична онтологијама. Ове везе су дефинисане за именице и глаголе и на врху обе хијерархије се налази један број општијих појмова. На врху хијерархија се налази појам „ентитета“ (*entity*). Највиши појмови хијерархије именица и њихове међусобне везе су приказани на слици 6:



Слика 6: Највиши појмови у хијерархији именица у WordNet-у 3.1

Хијерархија је доста једноставнија код глагола и укључује 15 појмова који служе за категорисање свих осталих глагола: *body* (тело), *change* (промена), *cognition* (когниција, разумевање), *communication* (комуникација), *competition* (надметање), *consumption* (конзумирање), *contact* (контакт), *creation* (стварање), *emotion* (емоције), *motion* (кретање), *perception* (перцепција), *possession* (поседовање), *social* (друштво), *stative* (стања) и *weather* (време). Придеви не користе хијерархијска стабла већ у сржи имају парове антонима као што је „топло“ и „хладно“ око којих се налазе „сателити“ синоними као што су „врело“ и „зима“.

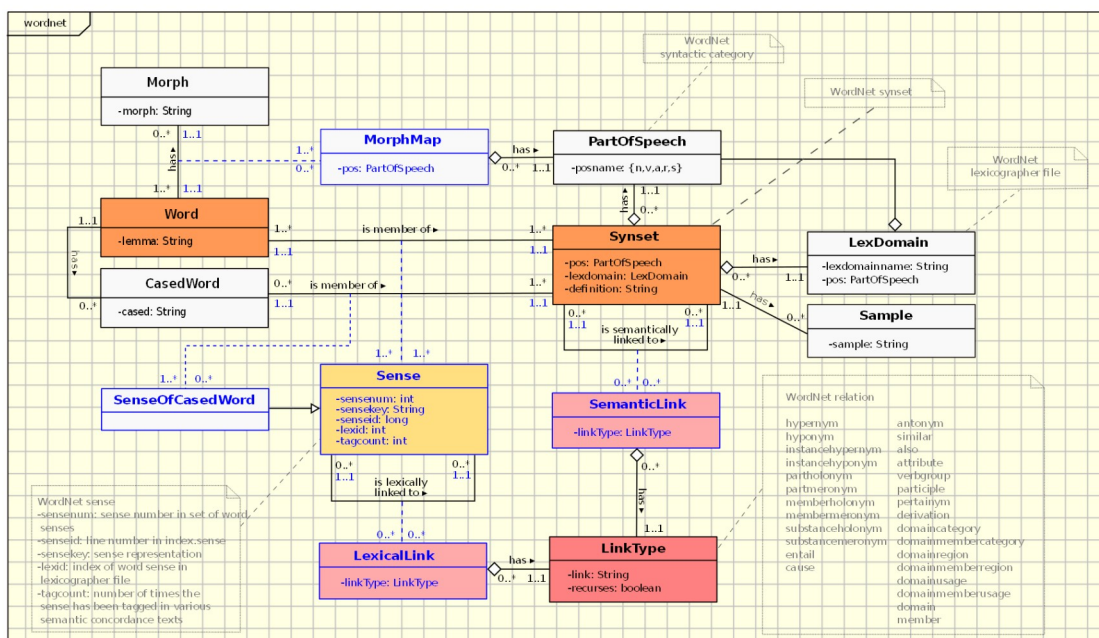
WordNet база се може користити на неколико начина. Основни вид приступа подацима у WordNet-у је кроз официјелне апликације за Windows (за WN 2.1) и Linux (WN 3.0) оперативне системе. Поред званичних апликација, на располагању је и низ апликација развијен од стране независних фирми и истраживачких институција. Неке од расположивих апликација су приказане на слици 7. Поред апликација, доступан је и низ страница за претрагу на Интернету са сличним функционалностима као код десктоп и мобилних WordNet апликација.



Слика 7: Неке од расположивих апликација за приступ WordNet бази.

За интеграцију WordNet-a у неки систем или апликацију могуће је неколико приступа. Основни приступ је развојем сопствених алата за парсирање текстуалних података из WordNet базе. Највећи проблем код овог приступа је што WordNet база није у неком стандардном формату, па би развој сопственог алата за рад са њом захтевао велико улагање рада и времена. Срећом, на располагању је велики број већ изграђених алата и библиотека за разне језике (C#, Java, PHP, Perl, Python, R...) који омогућавају интеграцију у широк опсег система и апликација. Проблем представља чињеница да неки од расположивих алата и библиотека раде са старијим верзијама WordNet-a; нпр. библиотека за PHP, језик

који се најчешће користи за развој веб-апликација, је намењена раду са *WordNet*-ом 1.7.1, што поставља одређена ограничења у погледу технологија које се могу применити. Треће решење је коришћење неког технолошки неутралног формата за *WordNet* базу података као што је *SQL*. Официјелни сајт даје линкове до неколико пројеката овог типа који пружају *WordNet* у облику *MySQL*, *PostGreSQL* или *SQLite* база података. Пример модела једне од расположивих база је приказан на слици 8. Овај модел имплементације *WordNet*-а у виду *SQL* базе података се може узети и као добра концептуална репрезентација саме *WordNet* базе, са приказом свих њених главних концепата – речи, значења, синсетова, лексичких и семантичких веза.



Слика 8: Модел базе података са <http://wnsqlbuilder.sourceforge.net/>

Као изворна мрежа речи, енглески *WordNet* представља почетну тачку свих других мрежа речи. Мреже речи за појединачне језике користе енглеску мрежу тако што превode енглеске синсетове на свој језик и, по потреби, додају нове. Мреже речи које обухватају више језика користе енглеску мрежу као међујезички индекс (*Interlingual Index, ILI*). За потребе учења језика, неопходно је размотрити мреже на другим језицима и могућности за њихово међусобно повезивање.

4.7.2. Српска мрежа речи – Serbian Wordnet

Српска мрежа речи, *Serbian Wordnet (SWN)* [100], је развијена у оквиру пројекта *BalkanNet* који је пројектован по узору на *EuroWordNet* и обухвата мреже речи за бугарски, румунски, грчки, српски, турски и чешки језик [99]. Сви језици у оквиру овог пројекта су дефинисали преводе за 8516 базних концепата. За скуп дозвољених семантичких веза је узет скуп дефинисан у *EuroWordNet*-у. Имена неких лексичких односа су модификована у складу са манифестацијама специфичним за поједине језике. Код енглеских концепата који немају запис у језицима *BalkanNet*-а додати су празни синсетови како би се одржао исправан међујезички однос између концепта и најближих постојећих речи у оквиру једне мреже речи. У обрнутом случају, код појмова који не постоје у енглеском језику, у међујезички индекс су ручно додати записи са одговарајућим префиксом како би се онда могли повезивати са другим језицима [100].

У свом раду објављеном 2004. Цветана Крстев и др. наводе да *SWN* садржи 6.290 синсетова и 10.583 литерала, од чега су 72.5% именице, 23.7% глаголи, 3.6% придеви и 0.1% прилози. Везе између синсетова обухватају следеће типове: „*hypernym*“ (5.816 јављања), „*near antonym*“ (415), „*holo part*“ (302), „*verb group*“ (133), „*holo member*“ (498), „*be in state*“ (105), „*subevent*“ (56), „*causes*“ (47), „*derived*“ (97) и „*particle*“ (9).

SWN је серијализован у *XML* формату, и пример два записа је дат испод:

```
<SYNSET>
  <ID>ENG30-06418901-n</ID>
  <SYNONYM>
    <LITERAL>rečnik<SENSE>1</SENSE></LITERAL>
    <LITERAL>leksikon<SENSE>2</SENSE></LITERAL>
  </SYNONYM>
  <DEF>priručnik koji sadrži reči (u alfabetskom poretku) sa njihovim
značenjima</DEF>
  <SNOTE>Uradila Lj. Macura, postdiplomac C. Krstev</SNOTE>
  <POS>n</POS>
  <ILR>ENG30-06418693-n<TYPE>hypernym</TYPE></ILR>
  <STAMP>Mama 2007/10/23</STAMP>
</SYNSET>

<SYNSET>
```

```

<ID>BILI-00000189</ID>
<SYNONYM>
  <LITERAL>sarma<SENSE>1</SENSE><LNOTE>N660</LNOTE></LITERAL>
</SYNONYM>
<DEF>Jelo od prinča i seckanog ili mlevenog mesa uvijenog u lišće
kiselog kupusa, zelja, vinovog lista, raštana.</DEF>
<USAGE>Tako, na primer, domaći kulinari tvrde da su sarma i kuvani
kupus najukusniji i najbolji posle trodnevnog krčkanja.</USAGE>
<SNOTE>A dish made of rice and chopped or minced meat rolled in
leaves (cabbage, dock, grape leaves and other)&lt;/></SNOTE>
<POS>n</POS>
<ILR>ENG30-07557434-n<TYPE>hypernym</TYPE></ILR>
<STAMP>User 2004/07/06</STAMP>
</SYNSEM>

```

ID елемент идентификује запис у међујезичком индексу. Записи који почињу са *ENG30* су записи директно из енглеског *WordNet*-а, верзије 3.0, док су записи са почетном ознаком *BILI* додати у међујезички индекс за појмове који не постоје у енглеском језику. У оквиру елемента *SYNONYM* су наведени сви литерали који су део једног синсета. Литерале прати елемент *SENSE* који служи за разликовање различитих значења исте речи. У примеру речи „речник“, употребљено је њено прво значење које се односи на књигу, док је њено друго значење садржано у неком другом синсету и односи се на скуп свих речи једног језика. *DEF* елемент даје дефиницију појма а *USAGE* пример његове употребе. Елемент *POS* (*Part Of Speech*) описује да ли се ради о именици, глаголу, придеву или прилогу. Семантичке везе су описане у оквиру *ILR* елемента који се може јављати више пута за различите везе истог синсета.

Формат *XML* докумената коришћених у *SWN*-у је формално дефинисан, што омогућава стандардизацију и валидацију [154] докумената и лакши развој алата који би користили мреже речи серијализоване на овај начин:

```

<!ELEMENT WORDNET - - (SYNSEM*) >
<!ELEMENT SYNSEM - - (ID, POS, SYNONYM, ILR*, ELR*, BCS?,
DEF?, USAGE*, SNOTE*, STAMP?) >

<!ELEMENT SYNONYM - - (LITERAL+) >
<!ELEMENT LITERAL - - (#PCDATA, SENSE, LNOTE?) >
<!ELEMENT SENSE - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT LNOTE - - (#PCDATA) >

<!ELEMENT ILR - - (TYPE, #PCDATA) >
<!ELEMENT ELR - - (TYPE, #PCDATA) >

```

```

<!ELEMENT TYPE - - (#PCDATA) >

<!ELEMENT ID - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT POS - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT BCS - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT DEF - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT USAGE - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT SNOTE - - (#PCDATA) >
<!ELEMENT STAMP - - (#PCDATA) >

```

4.7.3. Јапанска мрежа речи – *Japanese WordNet*

У складу са предложеном имплементацијом система за адаптивно мобилно учење страних језика на примеру јапанског језика, у наставку је анализирана и јапанска мрежа речи (*Japanese WordNet*, *JWN* у наставку) и техничке могућности за њену примену.

JWN садржи 57.238 концепата (синсетова), 93.834 речи, 158.058 значења (парова синсет-реч), 135.692 дефиниција и 48.276 примера употребе [155]. Основни концепт развоја *JWN*-а је било брзо избацивање употребљивог и доступног производа, па је примењено аутоматско превођење које је резултовало мрежом са одређеним процентом грешака [156]. *JWN* је повезан са *SUMO* вишом онтологијом, *GoiTaikei* лексиконом јапанског језика и са *Open Clip Art Library* колекцијом слика.

JWN је доступан у неколико формата – у облику датотеке са подацима раздвојеним табовима, у облику *XML* документа по *WordNet-LMF* стандарду и у облику *SQLite* базе података. Датотека са подацима раздвојеним размацима пружа само најосновније податке, приказане испод.

00005779-r	思切り	hand
00005779-r	甚	hand
00005779-r	甚だ	hand
00005787-n	底生動物	mono
00005815-v	咳く	hand
00005815-v	警咳	hand
00006032-a	比較的	hand

Ови подаци обухватају *ID* синсета из енглеског *WordNet*-а, превод речи на јапански језик и тип везе („*hand*”, „*multi*” или „*mono*”). Будући да један синсет може да има више речи (литерала), као и да једна енглеска реч може имати више превода на јапанском, као и више различитих записа канђи знацима, *ID*-јеви синсетова се понављају по једном за сваку реч/варијанту. Овај формат података је доста једноставан и поседује одређене недостатке, укључујући ту немогућност додавања појмова који не постоје у енглеском језику и немогућност постављања лексичких и додатних семантичких веза између речи јапанског језика. Са друге стране, пошто се друге мреже речи увек ослањају на изворни *WordNet*, системи који би користили *JWN* могу да користе независну *WordNet* базу, а по потреби да референцирају записе из обезбеђене датотеке. Употребљивост оваквог решења ће зависити од његове намене; у системима за учење језика у овој конфигурацији могу недостајати примери употребе речи у јапанским реченицама.

Други формат *JWN* је у облику датотеке у *WordNet-LMF XML* запису. Овај запис је дијалект *ISO Lexical Markup Framework* формата који је специјализован за описивање мрежа речи и развијен је у оквиру *EU KYOTO* пројекта како би се постигао стандардизовани формат за интероперабилност и размену лексико-семантичких информација [157]. Пример неколико главних елемената у овој датотеци је дат испод:

```
<LexicalEntry id='w217309'>
  <Lemma writtenForm='雄勁' partOfSpeech='n' />
  <Sense id='w217309_04633197-n' synset='jpn-1.1-04633197-n' />
  <Sense id='w217309_07089024-n' synset='jpn-1.1-07089024-n' />
</LexicalEntry>
```

...

```
<Synset id='jpn-1.1-04633197-n' baseConcept='3'>
  <Definition gloss="想像力に富み、生き生きとした表現形式（特に文体の）。">
    <Statement example="彼の著述は、素晴らしい力強さを伝える"/>
    <Statement example="スタイルの顕著な筋肉質"/>
  </Definition>
```

```

<SynsetRelations>
  <SynsetRelation targets='jpn-1.1-04632157-n' relType='hype' />
  <SynsetRelation targets='jpn-1.1-04633453-n' relType='hypo' />
</SynsetRelations>
</Synset>

```

...

```

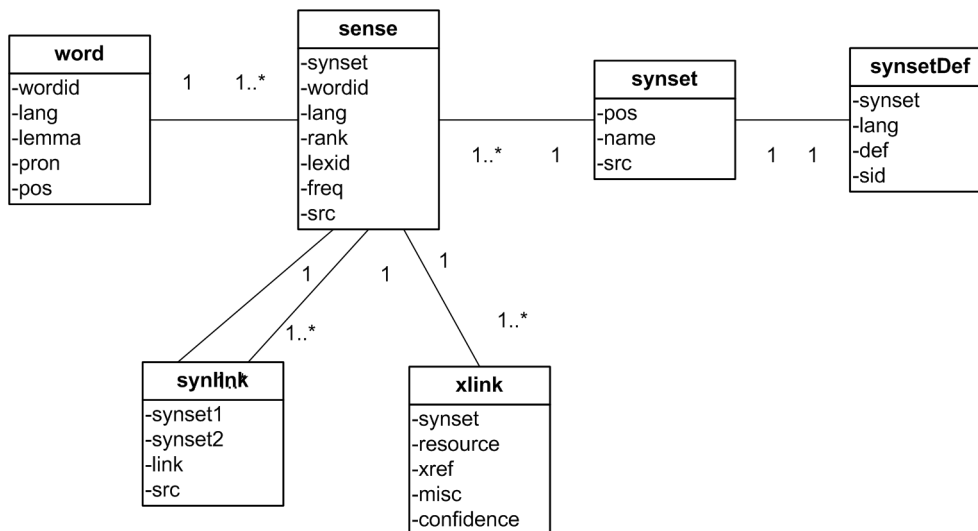
<SenseAxis id='sa_jpn-1.1-20362' relType='eq_synonym'>
  <Target ID='jpn-1.1-04633197-n' />
  <Target ID='eng-30-04633197-n' />
</SenseAxis>

```

Елемент *LexicalEntry* представља једну реч. У оквиру елемента *Lemma* је дат запис те речи, као и област којој припада (именица, глагол, придев, прилог). Затим следе један или више *Sense* елемената дефинишу различита значења речи тиме што повезују реч (њен запис) са неким синсетом. *Synset* елемент даје објашњење речи и изразе-примере, као и скуп односа између текућег и других синсетова. На крају, *SenseAxis* елемент повезује јапански синсет са најближим енглеским синсетом по значењу. У поређењу са *XML* записом српске мреже речи, овај запис је нешто детаљнији. У српској мрежи речи, саме речи су дате као литерали, директно записане унутар синсетова, док се међусобно разликовање више значења једне речи обавља простим додавањем редног броја значења. У јапанској мрежи речи, све речи су издвојене у посебне елементе, са списком референци ка синсетовима у којима се налазе. Овиме се омогућава лакше кретање по мрежи пошто постоје везе у оба смера – од речи ка синсетовима и од синсетова ка речима. Још једна разлика је у томе што у српској мрежи синсетови директно постоје у вези са међујезичким индексом, тј. великом већином референцирају синсетове из енглеске мреже, изузев једног броја појмова који су као специјални случајеви додати за речи које не постоје у енглеском. У јапанској мрежи речи су сви синсетови независни од енглеских, са потпуно дуплираном структуром енглеске мреже. Веза са енглеским синсетовима је остварена додатним елементима који наводе енглески и јапански синсет у вези. Овиме се оставља могућност за нпр. дефинисање више јапанских синсетова који одговарају једном енглеском.

Трећи и најмоћнији формат *JWN*-а из перспективе могућности за интеграцију у друге системе је *SQLite* база података. Ова база садржи информације из енглеског

WordNet-a, јапанског *WordNet*-а и линкове ка илустрацијама. *SQLite* је изабран као самосталан систем *SQL* база података који не захтева никакво подешавање и чији је код у јавном домену. Главну структуру чини шест табела приказаних на слици 9:



Слика 9: Главне табеле у JWN-у у SQLite формату

5. МОДЕЛ АРХИТЕКТУРЕ СИСТЕМА ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО УЧЕЊЕ СТРАНИХ ЈЕЗИКА

У оквиру овог поглавља је дефинисан модел архитектуре система за адаптивно мобилно учење страних језика. Главни концепти, технологије и самостално успостављена ограничења који ће бити примењени у моделу су описани у претходно датом прегледу литературе. Ови елементи се могу посматрати као кориснички захтеви за развој и имплементацију система и обухватају следеће [158]:

- Адаптивност – Систем за учење треба да се аутоматски прилагођава параметрима корисника, окружења у којем се учи и уређаја помоћу којег се учење одвија.
- Учење језика – Треба развити систем за учење страних језика који узима у обзир специфичности садржаја и активности учења језика.
- Подршка за мобилно учење – систем треба да подржава учење у покрету, применом различитих врста мобилних уређаја.
- Централизован систем – услед карактеристика технолошког и мобилног окружења, највећи део система треба да буде централизован и дељен између различитих клијентских апликација.
- Објекти учења – образовни садржаји треба да буду достављани клијентским апликацијама у облику објеката учења означених стандардизованим метаподацима.
- Онтологије – образовни садржаји, параметри окружења, корисника и уређаја треба да буду описани онтологијама које ће функционисати као стандардни речник између система и клијентских апликација и повезивати садржаје и параметре адаптације.

- Мреже речи – језички образовни садржаји треба да буду произведени употребом постојећих машински читљивих садржаја као што су мреже речи.
- Инфраструктура за рачунарство у облаку – централни део система треба да буде имплементиран у оквиру инфраструктуре за рачунарство у облаку како би се олакшала интеграција са најмодернијим системима електронског образовања.

5.1. Анализа постојећих модела

У отвореној литератури постоји велики број радова који поседују одређен степен преклапања са темом ове дисертације у погледу концепата које примењују у дефиницији модела образовних система. Неки од тих радова и њихових модела су описани у овом поглављу, уз издвајање оних компонената модела које се поклапају са корисничким захтевима система и који се могу применити у развоју система за мобилно адаптивно учење страних језика. Груб преглед обрађених тема и карактеристика модела у неким од релевантних радова је дат у табели 5.

Табела 5: Преглед модела и система обрађених у радовима од значаја

Име апликације или рада	Образовни домен	Поддржане платформе
TAMALLE [14]	Енглески језик	Мобилни телефон, TV
Shangai MLS [16]	Било који, пример за енглески језик	Моб. уређаји, паметне уређаје
Development of adaptive Kanji learning system for mobile phone [126]	Јапански језик (канџи писмо)	СМС
Leapnet-centric context-aware mobile learning [136]	Било који	Било који, нагласак на мобилним
PALLAS [162]	Страни језик	Мобилни клијенти, веб
Logo-site ontology framework & TANGRAM [137], [161]	Било који, пример за енглески језик	Било који уређај са веб претраживачем
UCSCL [65]	Енглески језик	Мобилни уређаји, веб
PERSONA [160]	Било који, пример за IT	Веб (LMS FORWARD)
AMLS [159]	Било који	Веб, нагласак на мобилним

Објекти учења	Онтологије	Архитектура	Формати и мултимедија	Адаптивност
		Клијент/сервер (веб) Клијент/сервер (веб)	Клијент/сервер (веб) Клијент/сервер (веб) Клијент/сервер (веб)	
		Клијент/сервер (СМС) Прослојна хијерархија: • Слој базе • Слој адаптивности • Функционални слој	Текст (СМС)	• Према интересовању (статички) • Према нивоу знања и времену учења (динамички)
Прилагођен IEEE-LTSC LOM Селекција и достављање помоћу онтологије.	• Онтологија образовних садржаја • Технолошка онтологија (уређај, конективност)	Клијент/сервер (веб) Прослојна архитектура: • Контектни слој • Семантички слој • Слој репозиторијума	HTML (подразумевана било који формат дозвољен у оквиру HTML-а)	• Према задатку • Према профилу корисника • Према уређају и мрежном окружењу
Формат није дефинисан у раду. Објекти се селекују и конструирају помоћу онтологије	• SKOS core оплодеу, • Онтологије структуре садржаја, типова садржаја, тема/односа, образовног дизајна, корисничког модела и контекста употребе објеката учења	Клијент/сервер (веб) Сервер интегрисан са LMS-овима помоћу адаптера и са спољним провајдерима	Није специфициран	• Старост, језик, интересовање, курсевци, корисничка група (статички) • Знање, локација, време, уређај, временски услови (динамички)
			Аудио и видео записи са мобилних уређаја	Презентација садржаја у складу са локацијом
SCORM	Доменска онтологија интегрисана са корисничким моделом	Модул који се интегрисе у LMS	SCORM компатибилни	• Лични, когнитивни, педагошки подаци, преференције (статички) • Перформансе, знање (динамички)
		Могућарна са шест модула – интерфејсе, контекст, модел корисника, дигитално учење, експертско знање, адаптација		

Један пример адаптивног система за учење страних језика применом различитих врста уређаја се може видети у раду [162] под именом *PALLAS*. Значајне компоненте овог рада представљају изабрани параметри адаптације, модел система и модел мобилне апликације која приступа том систему. За параметре адаптације су узети параметри ученика (старост, ниво вештине, матерњи језик, интересовање и курсеви које је похађао) и параметри окружења (локација, време,

уређај и временски услови) од којих се поједини добављају динамички а за друге се захтева директан унос од стране ученика. У погледу модела система, *PALLAS* се заснива на централизованој серверској архитектури где се подаци о кориснику чувају у глобалној бази података, приступ и управљање су омогућени кроз веб интерфејс, а веб технологије се користе и за интеграцију са провајдерима спољних услуга као што је генерисање мапа и слање СМС-ова. Презентована мобилна клијентска апликација обавља праћење контекста и адаптацију садржаја комуницирањем са централним сервером. *PALLAS* представља добар узор са становништва модела адаптације и модела система, али му као значајна компонента недостаје разматрање самих образовних садржаја, њихове структуре и начина достављања ученицима.

Један концептуално старији приступ који се заснива на примени СМС порука за мобилно адаптивно учење јапанског језика се може наћи у [126]. Иако су примењене СМС поруке, избегнут је „*push*“ принцип доставе садржаја тиме што се свака интеракција иницира од стране ученика слањем захтева за садржајима неког типа. Самим тиме, презентован систем више подсећа на моделе који користе мобилне апликације где се главна (у овом случају комплетна) логика налази на неком централизованом серверу. Систем је моделиран у виду трослојне модуларне хијерархијске архитектуре која обухвата слој базе података, адаптивни и функционални слој. Слој базе обухвата податке о речима, информације о ученицима (модел ученика) и записе о тестовима, адаптивни слој садржи логику за прилагођавање система појединачном ученику, док функционални слој обухвата главне функционалности система (слање тестова, обрада корисничких захтева, провера резултата).

Модел мултиплатформског система *TAMALLE* [14] подржава учење страног језика на мобилним уређајима и телевизорима кроз клијент/сервер архитектуру. *UCSCL* систем [65] даје модел, имплементацију и студију ефеката система за учење енглеског језика у контексту универзитетског кампуса. Приступ систему је омогућен помоћу клијентских мобилних апликација које омогућавају

презентацију речи зависних од локације, као и помоћу веб-интерфејса. *AMLS* систем представља адаптивни систем за мобилно учење који прилагођава садржаје према знању, стилу учења и врсти уређаја на којем се одвија учење применом Бајесових мрежа са циљем конструкције персонализованог и адаптивног образовног окружења [159]. Архитектура овог система је модуларна, сачињена из шест модула – за интерфејс, за детекцију контекста, за кориснички профил, за дијагнозу учења, за експертско знање и за адаптацију садржаја.

Системи за *blended learning* могу да подржавају мобилне уређаје за виртуелни приступ предавањима и обogaћивање наставе у учионици. Пример модела и имплементације таквог система дају Ванг и други [16] уз студију изведену на настави енглеског језика на Универзитету у Шангају. У оквиру датог модела се издвајају централизовани сервери за емитовање снимка наставе и за управљање читавим процесом који су преко интернета повезани са учионицама и клијентима који се извршавају на мобилним уређајима.

Примена онтологија као компонената модела за адаптивно учење се може видети у [136]. У овом раду, аутори дефинишу онтолошки оквир који описује домен учења и технологије које подржавају учење. Овај оквир затим представља основу адаптивног процеса учења. Аутори дају модел трослојне архитектуре система који садржи контекстни слој, семантички слој и слој репозиторијума података. Контекстни слој садржи податке о кориснику, уређају и мрежној конективности; семантички слој садржи логику која користи контекстне информације и онтолошки оквир да достави одговарајуће садржаје; на крају, репозиторијум садржи образовне садржаје у облику објеката учења, онтологије и профиле корисника и уређаја. Објекти учења садржани у репозиторијуму су међусобно повезани семантичким везама и модификују се и достављају у складу са аутоматски прикупљеним или ручно унетим подацима о контексту учења.

Пример модела е-образовања заснованог на објектима учења дефинисаним онтолошким оквиром се може наћи у раду Јовановићеве и др. [137]. Приказан

онтолошки оквир обухвата онтологије структуре садржаја, типова садржаја, тема/односа, образовног дизајна, корисничког модела и контекста употребе објеката учења. Објекти учења садржани у систему се могу динамички конструисати и деконструисати како би се произвели садржаји који одговарају потребама и карактеристикама ученика. Још један пример онтологија у образовању дају Гомез и др. [160]. Презентован *PERSONA* систем је реализован као модул који се интегрише у постојећи *LMS* и користи атрибуте *SCORM* објеката учења за евиденцију додатних параметара о кориснику. Подаци о кориснику који се складиште у корисничком моделу обухватају личне податке, податке о личности, когнитивне и педагошке податке, податке о преференцама, перформансама и знању. Онтологија је у оквиру овог модела имплементирана као речник концепата који су повезани семантичким везама са доступним објектима учења. Концептима су такође придружени тачни и нетачни одговори корисника, статус комплетираности повезаних објеката и стање концепта.

5.2. Структура предложеног модела

Модел система за мобилно адаптивно учење страних језика који би могао да подржи и далекоисточне језике као што је јапански би требало да обухвати:

- инфраструктуру и архитектуру система за мобилно адаптивно учење језика
- аквизицију, интеграцију и семантичку анотацију [163] образовних и језичких материјала
- моделирање онтологије која ће на основу знања о стилевима учења ученика, образовним садржајима и карактеристикама мобилног уређаја омогућити прилагођавање система у реалном времену
- механизме за праћење рада ученика и контекста учења
- механизме за аутоматизовану адаптацију образовних садржаја према параметрима корисника и окружења
- специфичне механизме за прилагођавање наставних активности могућностима уређаја на којем се одвија учење

- активности за учење специфичних јапанских писама (хирагана, катакана, канђи)

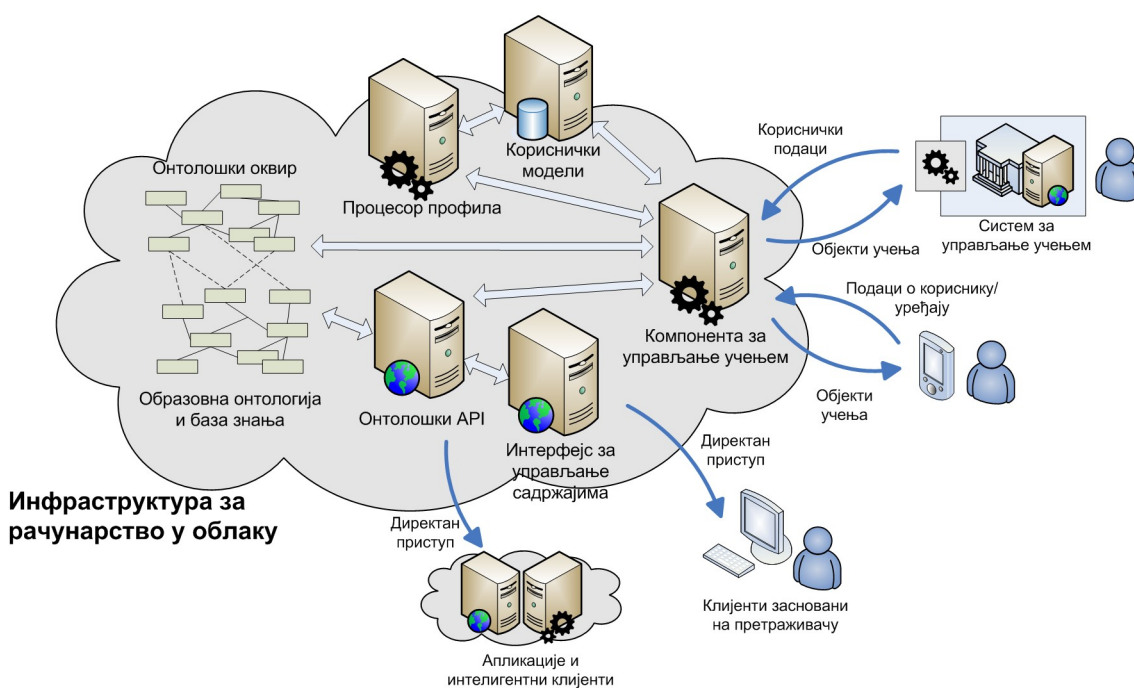
За доказивање концепта, потребно је имплементирати развијени модел на одговарајућој инфраструктури која ће омогућити адаптацију образовних садржаја склапањем и достављањем објеката учења у реалном времену у складу са карактеристикама корисника, уређаја и окружења у којем се учи.

Главне детерминанте глобалног модела представљају строга усмереност на учење страних језика, као и примарна оријентација ка мобилним уређајима као главним клијентима за приступ и интеракцију са системом за учење. Учење страних језика подразумева одређене образовне активности као што су учење речника, писања, граматике, и самим тиме и одговарајуће облике образовних материјала - речи, знакове писама, граматичка правила итд. Оријентисаност ка мобилном окружењу и мобилним уређајима одређује поједине параметре модела услед потребе за садржајима мањег обима и мање комплексности који се могу доставити по захтеву преко подржаних комуникационих канала.

Концепт објеката учења је изабран као формат записа и достављања лекција корисницима система. У осмишљеном моделу су објекти учења пројектовани у складу са концептом поделе одговорности, где је њихова једина улога достављање садржаја и инструкција, док су клијентске апликације задужене да интерпретирају те инструкције и у складу са њима изаберу одговарајући начин презентације. Овакав приступ је у контрасту са популарним, стандардизованим *SCORM* објектима учења који у себи садрже *HTML* датотеке са мешавином садржаја и ознака за форматирање, као и са другим примерима датим у прегледу литературе. Подела одговорности носи одређене предности и мане - клијентске апликације морају да поседују већи степен презентационе логике како би знале да интерпретирају примљене инструкције, али су зато у могућности да боље искористе карактеристике конкретног уређаја на којем се извршавају. Садржај је на овај начин ослобођен од варијације, може да се ускладишти у централизованим

репозиторијумима и може му се приступати од стране било ког броја различитих клијената.

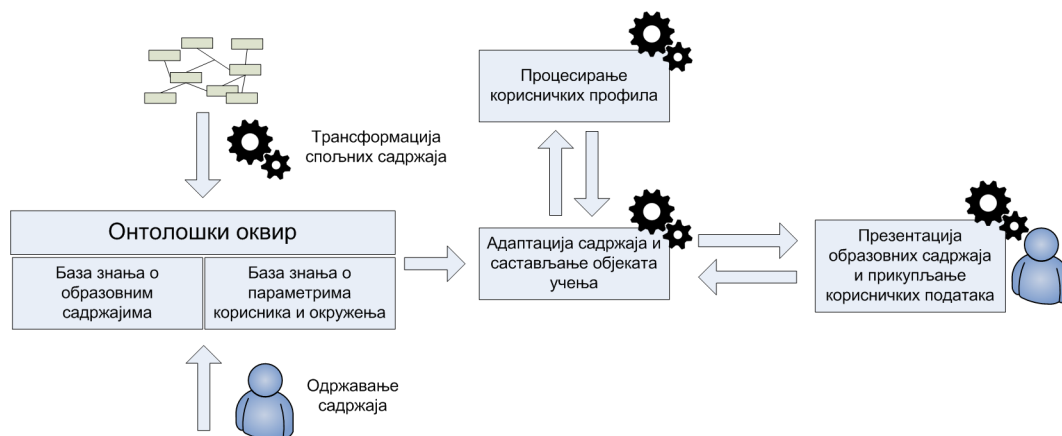
Глобални модел система за адаптивно мобилно учење страних језика је приказан на слици 10. Модел се ослања на постојање инфраструктуре за рачунарство у облаку, технологије веб-сервиса, веб-сервере, програмске језике, базе података и друге специфичне алате потребне појединим компонентама модела [158]. Компоненте система обухватају онтолошки оквир, базу знања образовних садржаја, сервис и интерфејс за приступ и управљање базом знања, централну компоненту за пријем корисничких података и управљање учењем, складиште и процесор корисничких профила и једну или више мобилних клијентских апликација.



Слика 10: Глобални модел система за адаптивно мобилно учење страних језика

Општи процес адаптације и достављања образовних садржаја клијентима је приказан на слици 11. Процеси и механизми који сачињавају делове општег процеса су процес попуњавања и одржавања база знања, механизам корелације

корисничких профила, механизам за адаптацију и састављање објеката учења и клијентски механизам интерпретације инструкција и презентације образовних садржаја. Резултат процеса адаптације представљају објекти учења чији су модели структуре садржаја и метаподатака такође развијени у оквиру овог рада.



Слика 11: Општи процес адаптације и достављања образовних садржаја

5.3. Онтлошки оквир

Темељ механизма адаптације представља онтолошки оквир који садржи неколико међусобно интегрисаних компонената, модела који описују поједине аспекте презентованог оквира. У сржи онтолошког оквира се налази онтологија образовних садржаја са пратећом базом знања изграђеном око мрежа речи. У спрези са овом онтологијом, налазе се неколико модела и механизма - модел образовних активности, модели и механизми представљања и пропагације знања и интересовања ученика, модел понашања ученика, метод моделирања особина уређаја и модел и механизам представљања и адаптације према контексту. Комбиновањем свих садржаних концепата добија се онтолошки оквир који описује све појмове од значаја за наставни процес.

При развоју онтолошког оквира за примену у оквиру система за мобилно адаптивно учење страних језика коришћен је инкрементално-итеративни процес развоја. Почетни скуп концепата и веза је постепено прошириван како би

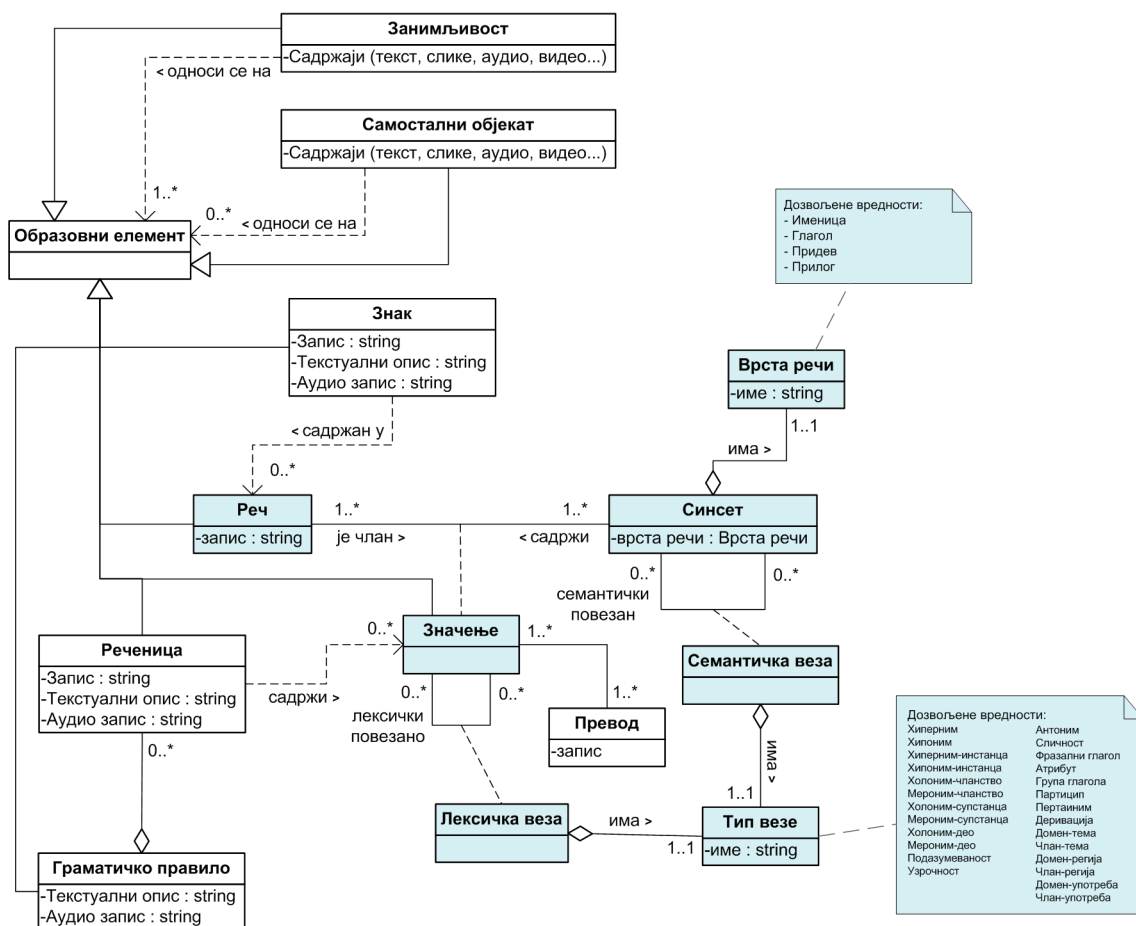
испратио нове захтеve добијене развојем глобалног модела система, анализом и интеграцијом туђих модела и онтологија и побољшаним разумевањем проблема који се обрађује. У складу са тиме и онтолошки оквир приказан у наставку треба посматрати тек као резултат почетне итерације који оставља простора за даља проширења.

Специјализовани алати за развој онтологија и база знања су често комплексни и незграпни за коришћење. У складу са итеративно-инкременталним начином развоја и великом комплексношћу самог система који је изложен у овој дисертацији, за развој онтолошког оквира је коришћен општији, апстрактнији и једноставнији приступ применом *UML (Unified Modelling Language)* дијаграма класа. Концепти који постоје у овим дијаграмима – класе, атрибути и односи грубо одговарају онима у онтолошким језицима као што је *OWL*, иако им недостаје одређена количина семантике [93]. За моделирање *UML* дијаграма постоји велики број алата који су далеко приступачнији у односу на алате за развој онтологија, поготово у области софтверског инжењерства и објектно оријентисаног програмирања. *UML* дијаграми се могу по потреби трансформисати у онтолошке језике, без примене сложенијих екстензија или профила [164]

5.3.1. Онтологија образовних садржаја

Онтологија образовних садржаја у домену учења језика мора да садржи концепте као што су речи, граматичка правила, типичне реченице и друге атомске јединице садржаја. За онтолошки опис речи, може се употребити нека од постојећих мрежа речи (*wordnet*-ова). Изворна мрежа речи (*WordNet*) је развијена за енглески језик и дефинише неколико врста односа између речи, укључујући ту синонимију, антонимију, метронимију, тропонимију и импликацију [96]. Ови односи повезују и концепте (нпр. млазњак је тип авиона, прст је део руке) и речи (нпр. испитивање, испитати, испитаник), чиме је обезбеђена богата семантика која се може искористити за генерисање прилагођених образовних садржаја [95]. Мрежа речи описује само речи (концепте), па ју је потребно проширити онтолошким

концептима који би описивали друге компоненте неопходне за извођење процеса учења језика. Неке водиле у развоју онтологије садржаја се могу наћи у [165]. Развијена онтологија образовних садржаја је приказана на слици 12 у делимично упрошћеном облику ради лакшег разумевања.



Слика 12: Онтологија образовних садржаја

Приказана онтологија се састоји из два дела који су на претходној слици приказани различитим бојама (светлоплавом и белом). Први део и срж онтологије су концепти који директно воде пореклом из мреже речи и они су означени светло плавом бојом на слици. Може се приметити да је структура ових концепата скоро идентична оној датој на слици 8 у поглављу 4.6, где је дат модел енглеске мреже речи из перспективе имплементације у оквиру релационе базе података. Значајну

компоненту овог дела онтологије представља „Тип везе“ који за дозвољене вредности (типове веза) узима типове дате у истом поглављу (4.6), у табели 5, односно типове веза који су подржани од стране енглеске мреже речи. Други део онтологије обухвата језичке концепте као што су знаци писама, реченице, граматичка правила и други образовни садржаји. Посебан случај представља елемент „Превод“. Овај елемент се добија повезивањем додатне мреже речи са основном енглеском и представља еквивалент значењу на неком језику у енглеској мрежи речи. Зависно од имплементације мреже речи, превод може постојати као директан превод неког значења или као скуп превода за читав синсет.

У поређењу са првим делом онтологије који се бави само речима, концепти другог дела су једноставнији и мање разрађени. Сложеност дела који се бави речима је директно условљена моделом мреже речи, док су остали образовни садржаји изграђени око језгра добијеног на такав начин. Циљ оваквог приступа је био да се очува структура дефинисана мрежом речи како би у будућности било могуће аутоматско ажурирање базе знања пресликавањем новијих верзија енглеског *WordNet*-а и проширење расположивих језика интеграцијом *WordNet* компатибилних мрежа.

Концепт знака је уведен због чињенице да неки језици користе различита писма, као и да та писма могу да представљају значајан део језика којем је неопходно посветити додатну пажњу. Слично мрежама речи, за додавање знакова у базу знања се предлаже коришћење неког машинског речника, спискова учесталости знакова, или писање процедуре за екстракцију знакова из речи (записа) садржаних у мрежи речи. У дефинисаној онтологији знаци су ти који референцирају речи у којима се налазе како би се избегле било какве измене на инстанцама речи дефинисаним у мрежи речи. Концепт реченице функционише на сличан начин, са разликом што у овом случају постоји референца ка значењу а не запису речи. Пример је реченица „Опаде ми коса од оволиког научног рада“ која референцира реч „коса“ са специфичним значењем „длаке на глави“ уместо „косина“ или „оруђе за кошење траве“. Концепт граматичког правила је замишљен као

једноставна јединица образовног садржаја која по потреби једино референцира неке предефинисане реченице-примере употребе правила. Сви ови концепти (знак, реченица, граматичко правило), као и концепти речи и значења из мреже речи и концепти занимљивости и самосталног објекта су подведени као подкласе, односно специјализације концепта „образовног елемента“. На крају, занимљивости и самостални објекти представљају веће јединице садржаја које су релативно самосталне и мање гранулисане у поређењу са речима/знацима. Да би се ови елементи могли достављати у складу са неким параметрима, у онтологију су повезани тако што могу да референцирају било који други образовни елемент. Када се дотични елемент активира током образовног процеса убацивањем у генерисан објекат учења, у исти објекат се могу укључити и пратеће занимљивости и самостални објекти као вид инјекције контекста.

Један значајан појам који се јавља у онтолошким језицима као што је *OWL* је појам инстанце [166]. Инстанца представља реализацију, тј. конкретан примерак неког концепта. Осим што су инстанце повезане са својим класама везом „је инстанца од“, оне поседују и везе са другим инстанцама у складу са дефиницијом „класе“ чија су инстанца. У складу са предложеним моделом, коришћењем енглеске мреже речи (*Princeton WordNet*) као основе за учење језика, аутоматски се добија база знања која поседује око 117.000 синсетова и упоредив број речи (записа) и семантичких веза. Услед практичних ограничења и захтева модела, свих 117.000 синсетова се не могу сматрати подједнако значајним у оквиру онтологије, већ је пожељно издвајање неког мањег броја инстанци које би се користиле за повезивање онтологије образовних садржаја са другим онтологијама. За ову намену могу се употребити синсетови са врха хијерархије изграђене везама хипернимије и хипонимије садржане у енглеској мрежи речи – 51 именични синсет и 15 глаголских. Ови синсетови су наведени у поглављу 4.6.

Поред веза хипернимије и хипонимије, додатно од интереса може бити и веза „домен синсета (тема) (:с)“ која повезује синсет са неком тематском облашћу којој припада. Пар синсетова транзистор – електроника даје пример ове семантичке

везе. У оквиру *Princeton WordNet*-а постоји 441 именички синсет који игра улогу домена, односно поседује реципрочну везу „члан домена (теме) (-с)“. Иако ови синсетови обухватају само именице, у синсетове повезане са њима као чланови домена спадају и глаголи, придеви и прилози, што их чини корисним полазним тачкама за приступ и рад са комплетном базом знања. Са друге стране, за разлику од синсетова са врха хијерархије, доменски синсетови нису претерано конзистентни и обухватају неке опште појмове који се преклапају са хијерархијским (нпр. флора, фауна...), појмове који описују људске делатности и области изучавања (финансије, електроника, хирургија), специфичне појмове који играју улогу домена јако малом броју појмова (а капела певање, преживари), инстанце (Свахили, Марксизам, Јеванђеље по Луки) и друго. У складу са тиме, може бити потребно ручно филтрирање појмова од значаја у складу са потребама система у којем ће се користити.

5.3.2. Модел образовних активности

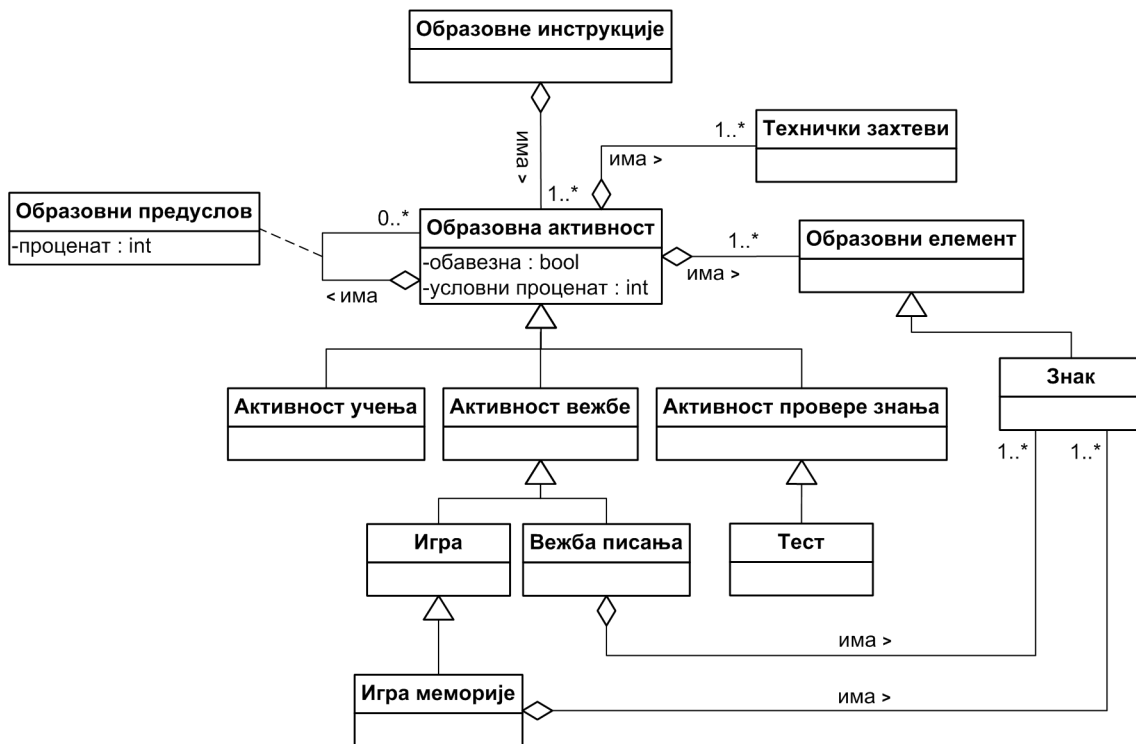
Модел образовних активности треба да дефинише различите типове образовних активности које се могу презентовати кориснику, начине презентације и интеракције, и методе структурирања тих активности и интеракција како би се реализовала једна наставна сесија. Овај модел представља компоненту онтолошког оквира која је повезана са онтологијом образовних садржаја како би дефинисала који типови садржаја могу да се употребе у којим активностима.

Најприближније решење у отвореној литератури је *IMS Learning Design (LD)* спецификација која дефинише језик за описивање широког опсега педагошких приступа у настави. У питању је веома сложена спецификација која моделира наставне компоненте, ресурсе, услове, методе, улоге, својства, исходе учења, окружења и активности [167]. Ова спецификација се може наћи и у облику онтологије, дефинисана помоћу стандардног *OWL* онтолошког језика што је чини погодном за примену у оквиру онтолошких и семантичких система [111]. Са друге

стране, ова спецификација није најпогоднији избор за интеграцију у систем за мобилно адаптивно учење страних језика из следећих разлога:

- У складу са корисничким захтевима и параметрима окружења (домен учења језика, нагласак на мобилном окружењу, адаптивност) кристалише се један ограничен број наставних сценарија примењивих у оквиру изложеног система. Самим тиме велики део функционалности *IMS LD* спецификације није неопходан за имплементацију ефективног наставног процеса.
- Неки делови спецификације као што су предуслови и референцирање објеката учења нису неопходни или нису примењиви у адаптивном окружењу у којем се објекти учења динамички генеришу у складу са тренутним стањем (знањем и другим параметрима) корисника.
- *IMS LD* спецификација је замишљена за интеграцију са сродним стандардима као што су *IMS Content Packaging*, *IMS Simple Sequencing*, *IMS Question and Test Interoperability* и други који нису примењени у оквиру изложеног система.
- Дефинисан модел образовних активности мора да поседује одређена својства како би могао да се интегрише у презентован онтолошки оквир.

У складу са тиме, изабрана је опција дефинисања сопственог, једноставнијег модела образовних активности (слика 13). При развоју ове компоненте онтолошког оквира се тежило највећој једноставности, па су поред апстрактних појмова дефинисани само они специфични појмови који ће бити имплементирани у огледној имплементацији. Апстрактни карактер дефинисаних појмова оставља простор за будућа унапређења.



Слика 13: Модел образовних активности

Концепт образовних инструкција представља све инструкције које се односе на један објекат учења, односно дефинише како треба да тече процес учења при коришћењу тог објекта. Образовне инструкције садрже једну или више образовних активности. Образовне активности се односе на један или више образовних елемената како су дефинисани у онтологији образовних садржаја (речи, знаци, реченице, граматичка правила, занимљивости, самостални објекти). Образовне активности могу бити активности учења у оквиру којих се кориснику презентују садржаји, активности вежбе у оквиру којих се врши понављање наученог или активности провере знања. Специјализације концепта активности могу имати сопствене додатне атрибуте и везе или специјализације постојећих које су наследили од концепта активности. Пример су активности вежбања писања и игре меморије дате на слици 13, које захтевају да образовни елемент повезан са њима мора бити специфичног типа Знак.

Свака образовна активност може да има одређене предуслове који се морају испунити пре њеног покретања. Оно што је битно назначити у поређењу са *IMS LD* спецификацијом је да се у овом случају ти предуслови односе само на садржаје из текућег објекта учења, не и садржаје из претходно пређених објеката. Слично овом ограничењу, ни комплетне инструкције (практично – комплетан објекат учења) никада не зависе од других објеката учења. Разлог за то се налази у динамичкој природи објеката учења коришћених у изложеном систему где не постоји никакав предефинисан скуп образовних садржаја и да се сви објекти учења генеришу по потреби на основу текућег знања и других параметара корисника. На овај начин су сви потенцијални предуслови за прелазак неког објекта узети у обзир већ у фази његовог генерисања са садржајима већ прилагођеним нивоу корисника. Слично томе треба да функционишу технички захтеви који се дефинишу за сваку активност понаособ и који се неће достављати кориснику са осталим инструкцијама већ ће се користити од стране адаптационе логике. Адаптациона логика ће у тренутку генерисања објекта учења већ поседовати информације о корисничком уређају и у складу са њима ће изабрати одговарајуће активности које се могу презентовати.

5.3.3. Презентација и пропација знања ученика

Онтолошки оквир треба да дефинише концепте потребне за изградњу модела знања корисника и за извођење закључака о кориснику на основу његових резултата. Захваљујући специфичном домену изучавања који подразумева високо грануларне садржаје (речи) и богатим семантичким везама преузетим из мреже речи и проширеним везама са другим садржајима, за репрезентацију знања ученика се као најпогодније истичу варијанте *overlay* модела [124].

Overlay модел представља знање ученика као подскуп модела домена који се изучава, или у овом случају прецизније као подскуп базе знања. Знање се онда може представити за сваки концепт који се изучава као Булова вредност (тачно/нетачно), као квалитативна мера (добро-средње-лоше) или као

квантитативна мера. У овом случају је изабрана квантитативна мера додавањем два атрибута (број **погодака** и **промашаја**) сваком образовном елементу дефинисаном у онтологији образовних садржаја. Ови бројеви треба да директно осликавају постигнуте резултате корисника у оквиру активности провере знања. У свом основном облику, ове активности ће узимати облик теста/квиза где ће сваки тачан одговор корисника резултовати увећањем броја погодака а сваки нетачан увећањем броја промашаја. Уколико су активности провере знања имплементирани на неки други начин, нпр. у облику игре или вежбе писања, на конкретним активностима је да оцене корисника неким број позитивних и негативних поена и систему поднесу извештај о томе. Однос погодака и промашаја се онда може разматрати као груб проценат познавања неког концепта. Овде је неопходно узети у обзир ситуацију након првог сусретања ученика са неким концептом у оквиру неке активности провере знања. Уколико ученик да тачан одговор, могло би се доћи до закључка да је ниво његовог познавања дотичног концепта одличан (1 одговор, 1 тачан => 100%). Како би се спречио утицај ове ситуације на логику која ће вршити адаптацију садржаја, примењена је једноставна модификација прорачуна тако да се за сваки концепт код којег постоји мање од 5 одговора (погодака или промашаја) рачуна као да већ постоји 5 промашаја. Ти промашаји се затим уклањају један по један за сваки одговор након петог одговора, тако да до десетог одговора корисника више нема никакве модификације.

Постојеће семантичке везе добијене интеграцијом мреже речи у базу знања се могу употребити за пропагацију знања корисника. Уколико корисник добро познаје неки појам, тј. има велики број погодака, један део тог броја погодака се може пропагирати на суседне појмове. С обзиром на велики број веза у мрежи речи (и бази знања), потребно је размотрити начин и степен пропагације за сваки тип везе понаособ. Предложено груписање веза по пропагацији знања ученика је дато у наставку; пропагација је двосмерна осим ако је наглашено супротно.

- 30% пропагације погодака и промашаја
 - Веза самостални објекат → образовни елемент (једносмерно)

- Веза реченица → реч (једносмерно)
- 10% пропагације погодака и промашаја
 - Веза деривације (метар – метрика)
 - Прилог изведен из придева (брзо – брз)
 - Партицип глагола (угруван – угрувати)
 - Придев изведен из именице (пертаиним) (тужан – туга)
 - Придев је атрибут који описује неко стање дефинисано именицом (тачан – прецизност)
 - Фразални глагол (*stand – stand down*)
 - Веза између речи и знака (у оба правца само у језицима који користе идеограме)
- 10% пропагације само промашаја
 - Слични придеви (исправан – одговарајући)
 - Сличност (сломљен – скршен)
 - Група глагола по сличности (смрзнути – заледити)
 - Синоними унутар једног синсета
- 5% пропагације погодака и промашаја
 - Веза образовни елемент → самостални објекат (једносмерно)
 - Веза реч → реченица (једносмерно)
 - Веза између реченице и граматичког правила

Све дате вредности су експерименталне и предвиђено је њихово штеловање по развоју огледног примера. Уколико постоји више веза између два појма (што је честа ситуација у *Princeton WordNet*-у), пропагација се врши само по вези са највећим процентом пропагације.

Највећи степен пропагације (30%) је додељен обимнијим образовним садржајима који по сопственој природи референцирају или садрже друге садржаје па се у некој мери подразумева да ученик мора да разуме садржане елементе како би разумео целину. Реципрочна веза овој, од мањих концепата ка обимнијим садржајима, даје најмањи степен пропагације (5%). 10% пропагације погодака и

промашаја је додељено свим лексичким везама које повезују речи сличног облика и значења. Додатно, уколико ученик познаје неку реч, може се претпоставити да познаје и знаке којима је исписана. Реципрочна веза, где познавање знака повлачи и познавање речи, се може применити само у случају језика који користе сложена писма (идеограме). У таквим језицима знаци често одређују значење речи – нпр. на јапанском 讀書 (докушо) – читање, сачињено је од знака „читати“ (読) и знака „писање“ (書). У случају речи које имају слично значење предвиђена је само пропагација вредности промашаја. Разлог за ово је тај што учење превише синонима може да буде збуњујуће за ученика, поготово уколико они поседују неке нюансе које нису присутне у матерњем језику ученика. У том случају се не може претпоставити да добро познавање једног појма значи и познавање његовог синонима.

Пропагација вредности се може вршити динамички, прорачунавањем за сваку реч у сваком тренутку када је то потребно. У складу са тиме, за пропагацију вредности није неопходно увођење додатних атрибута у онтологију. Додатни атрибути се могу увести у фази имплементације уколико постоји потреба за смањењем броја и учесталости рачунских операција у систему.

5.3.4. Презентација и пропагација интересовања ученика

Онтолошки оквир треба грубо да опише могуће области интересовања корисника и дефинише везе тема и одређених образовних садржаја из онтологије образовних садржаја. Слично моделу презентације знања, и код модела презентације интересовања се може применити *overlay* приступ. Учење језика великим делом подразумева савладавање речи из свих домена људске делатности. Самим тим, у оквиру базе знања се већ налази велики број појмова који су повезани са појединим општим областима интересовања – спортом, политиком, економијом, кулинарством и другим. Ови појмови и везе међу њима се могу употребити за одређивање најинтересантнијих појмова који се могу сервирати ученику у датом тренутку.

При разматрању начина праћења интересовања ученика на предложеном систему, треба узети у обзир следеће могућности:

- Пропагација „интересовања“ равноправно кроз мрежу свих концепата у бази знања
- Издајање специфичних појмова као носиоца „домена“ интересовања
- Интеграција са спољним изворима података о ученицима и њиховим интересовањима

Основни, аутоматски вид праћења интересовања ученика, који се може имплементирати на постојећој бази знања, је идентичан систему са праћењем и пропагацијом знања ученика. Свака активност ученика у вези са неким образовним елементом се може протумачити као његово интересовање за дотични елемент. Ово интересовање се може квантификовати и затим пропагирати семантичким везама. Систем онда у сваком тренутку може да сервира кориснику оне образовне елементе којима до тог тренутка није приступано а који кроз пропагацију интересовања поседују највећу вредност истог. За пропагацију интересовања се предлаже коришћење свих веза дефинисаних онтологијом садржаја. Конкретна вредност (процент) пропагације није битна пошто је интересовање релативан појам; битно је само да се поједини нови појмови временом органски издајају као логичан наредни избор за генерацију објеката учења.

Једина дистинкција коју треба правити у погледу семантичких веза се односи на везе хипернимије и холонимије. Хипернимија (и њој супротна веза хипонимије) граде хијерархију од општијих ка специфичнијим појмовима. Уколико ученика интересује неки специфичан појам, нпр. „фотеља“ чији је хиперним „намештај“, може се претпоставити да ученика интересује и општи појам намештаја, али и друге специфичне врсте намештаја које можда нису директно повезане са фотељом. Из тог разлога је у презентованом моделу примењена пропагација у два корака код везе хипернимије – другим речима, сваки појам који поседује

хиперним пропагира вредност „интересовања“ на све појмове који су хипоними његовом хиперниму. Иста логика је примењена и на везу холонимије/меронимије; појмови који поседују холониме пропагирају вредност у два корака интересовања на све мерониме њихових холонима.

Овај облик пропагације интересовања може да буде веома моћан захваљујући великом богатству расположивих семантичких веза. Ипак, проблем може да настане у томе што примена једнокорачне пропагације значи да велики број појмова може да остане изван предвиђене интересне зоне ученика, док би потенцијална примена пропагације у више корака од полазног појма могла да поткачи велики број неодговарајућих појмова.

Као решење је примењен други метод пропагације интересовања паралелно са првим. За разлику од метода где су сви појмови равноправни и интересовање се пропагира по један корак, други метод се заснива на избору једног скупа кључних појмова који описују опште области људске делатности. Када ученик покаже интересовање за неки појам, мери се најмањи број скокова кроз мрежу семантичких веза од тог појма до свих кључних појмова. Мање удаљени кључни појмови добијају више поена „интересовања“. Када је потребно одредити нове појмове за достављање ученику, иста процедура се обавља у супротном правцу – интересовање се пропагира назад од кључних појмова умањено за број скокова на најближој путањи између кључног појма и појма који се анализира. Овај приступ потенцијално може бити прорачунски захтеван, па се предлаже налажење најкраћих путања до свих кључних појмова и њихово евидентирање код сваког од општих појмова. Ова процедура се онда може обављати тек по свакој измени структуре базе знања.

За избор кључних појмова могу послужити 441 именични синсет који у мрежи има улогу домена другим синсетовима. За најбољи резултат се предлаже ручно или полуаутоматско филтрирање ових синsetова како би се избацили они који поседују мале домene. Пример једног од 441 синsetа који је неодговарајући за

улогу кључног појма је „Зен будизам“, који има само један појам унутар свог домена – „сатори“, реч позајмљеницу из јапанског језика са малим бројем лексичких и семантичких веза са другим синсетовима. Са друге стране, синсетови као што су геометрија, статистика, трговина, бокс, грађевинарство, ботаника, астрономија и други се одлично уклапају у ову улогу.

Последња ствар коју треба размотрити при пројектовању механизма пропагације интересовања је питање почетних информација о ученику. Када ученик први пут почне да користи систем, у систему неће бити информација о његовом интересовању. Ово само по себи није толики проблем јер због општег недостатка информација о ученику први достављен објекат или мора бити уводног типа или се мора дозволити ученику да изабере област од које жели да почне са учењем. Проблем се јавља и касније; зависно од почетног избора ученика, домен којим се бави први изабран објекат ће утицати на избор наредних објеката из истог или сличног домена. Уколико ученик не изабере ручно објекте оријентисане ка различитим областима, систем ће га све више и више усмеравати ка јединој области за коју је приказао интересовање, тј. јединој области којом је имао прилике да се бави од самог почетка. Да не би дошло до оваквих проблема, пожељан је неки вид добављања почетних информација о ученику, као и увођење неког алгорита који би повремено ученику нудио садржаје дијаметрално супротне од досадашњих.

Основни метод за добављање почетних информација је директним упитивањем ученика. Начин на који ће ово бити изведено зависи од клијентске апликације коју ученик користи за приступ систему за адаптивно учење страних језика. Имплементација може бити у виду питања која се постављају ученику, у виду листе области коју треба уредити од занимљивијих ка мање занимљивим или у неком трећем облику. Без обзира на начин имплементације, клијентска апликација мора да достави систему податке у облику листе записа појам-вредност. Сваки „појам“ треба да одговара једном синсету из мреже речи, пожељно неком из групе филтрираних кључних појмова; вредности треба да изразе међусобне односе

наведених појмова по томе колико су интересантни кориснику и треба да су из неког опсега упоредивог са вредностима које се користе у пропагацији „интересантности“ кроз мрежу речи. Клијентска апликација (зависно од имплементације) може и да доставља ажуриране верзије низа са вредностима у неком каснијем тренутку.

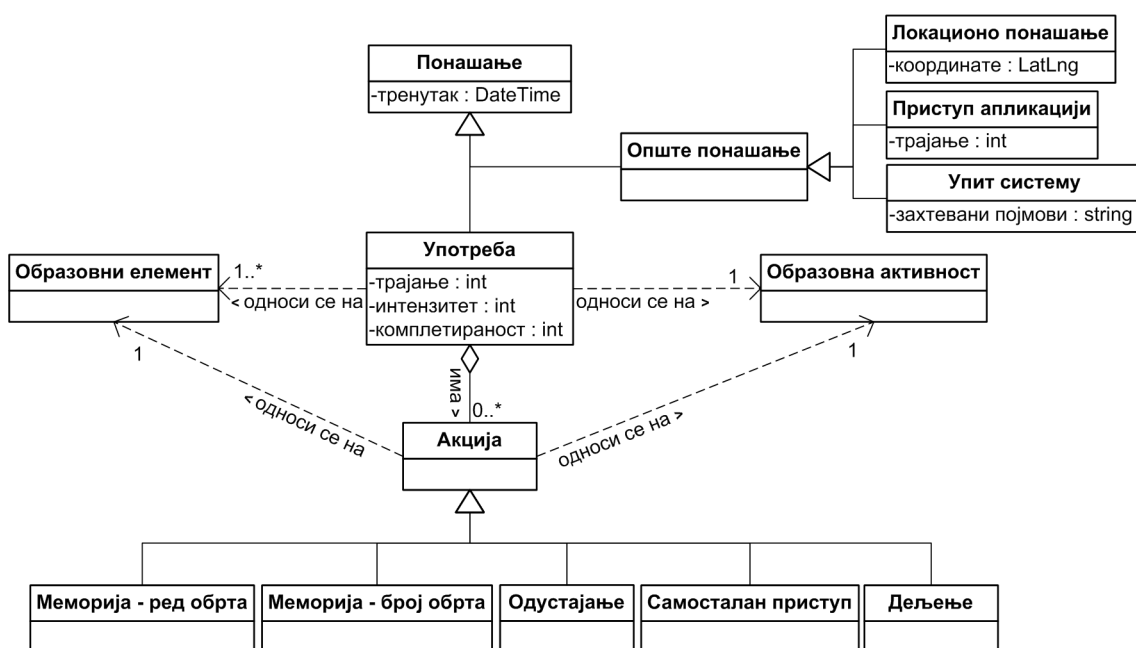
Напреднији приступ који може да захтева мање интеракције са стране ученика је интеграција клијентске апликације или читавог система са неким извором информација о ученику. Као извор информација може послужити нека друштвена мрежа на којој ученик има налог, пресликавањем његових активности у оквиру мреже у одговарајуће вредности појединих кључних појмова. Пример добављања информација о кориснику са друштвене мреже *Facebook* путем анализе његових „лајкова“ се може видети у раду [168]. Уколико се систем за адаптивно учење страних језика интегрише са неким постојећим системом за управљање знање као што је *Moodle LMS*, могу се искористити информације о курсевима које ученик похађа и наставним материјалима којима је приступао за доношење закључака о његовом професионалном интересовању. У овом случају може бити од помоћи ако су курсеви и наставни материјали већ анотирани одговарајућим појмовима [107].

5.3.5. Модел понашања ученика

Модел понашања ученика описује могуће начине понашања у оквиру дозвољених типова образовних активности. Понашање ученика имплицитно обезбеђује информације о њиховом знању и интересовању. На пример, ученика који проводи више времена учећи речи из једног тематског домена вероватно интересује дотични домен. Такође, ако ученику треба више времена како би одговорио на питања из неког одређеног домена током квиза, може се закључити да је његово знање у том домену слабије, чак и ако му постигнути резултати не одступају значајно од општег просека. Овај модел мора да буде повезан са већином других компонената онтолошког оквира. Понашање ће бити повезано са обављањем одређених задатака и одређеним јединицама садржаја; имплицитно ће одређивати

знање и интересовање; и зависно од карактеристика уређаја, нека понашања неће моћи да се изведу у оквиру неких клијентских апликација. Понашање корисника зато мора да буде изражено помоћу генеричког језика који би могао да покрије велики број сценарија коришћења.

Праћење понашања ученика у рачунарском окружењу за учење се своди на вођење тзв. лог фајлова, односно записа свих њихових активности од интереса. Клијентске апликације треба повремено да достављају извештаје са овим записима систему како би они могли да се интегришу у модел ученика. У ту сврху дефинисан је једноставан речник који би покрио опште случајеве и неке од специфичних случајева који су дефинисани у тренутном моделу (слика 14).



Слика 14: Модел понашања ученика

Главни концепт представља „понашање“ које се дели на две врсте понашања – понашање које је у директној вези са неким образовним елементом коришћеним кроз неку образовну активност („употреба“) и „опште понашање“ које нема ову везу већ се односи на начин коришћења клијентске апликације, система или на опште активности ученика у току дана.

Употреба садржи атрибуте који описују тренутак почетка и трајање дотичне употребе, као и атрибуте за вредност интензитета и комплетираности употребе. Атрибут интензитета се односи на процењен степен концентрације ученика током употребе неке активности; ова вредност се може погодно утврдити на мобилним уређајима где се чести преласци корисника на неке друге апликације или гашења екрана могу сматрати ниским интензитетом (ниским степеном концентрације). Атрибут комплетираности треба да опише колики део активности је заправо компетиран – на примеру теста знања 50% комплетираности ће значити да је ученик одустао од рада на пола теста.

Употреба даље може да садржи низ података о конкретним акцијама које је ученик предузео у оквиру неке активности над неким образовним садржајем. Дефинисано је неколико акција у складу са пројектованим врстама активности – ред и број обрта у оквиру активности игре меморије, одустајање, самосталан приступ и дељење. Акције реда и броја обрта се односе на понашање ученика унутар игре меморије и обе су повезане са активношћу игре меморије и са „знак“ типом образовних садржаја; ове везе нису приказане на слици 14 ради једноставније презентације. Преостале акције су општег типа и могу се применити у свакој активности, зависно од имплементације у клијентској апликацији. Одустајање се односи на ситуацију када ученик одустане од извођења активности у тренутку када дође до неког специфичног образовног садржаја, што може значити да је дотични садржај проблематичан. Самосталан приступ се односи на ситуацију када ученик сам приступи неком од садржаја, што може бити неки садржај који је раније прешао или неки нови садржај, зависно од могућности које му клијентска апликација пружи. Ово понашање генерално указује на његово интересовање за дотични садржај. На крају, активност дељења се односи на оне клијентске апликације које подржавају дељење (тзв. *share*) садржаја на некој од друштвених мрежа или преко неког канала комуникације. У питању је честа функционалност модерних мобилних апликација која у овом случају указује интересовање ученика за изабраним појмом.

5.3.6. Моделирање особина уређаја

За моделирање особина уређаја у оквиру онтолошког оквира може се применити *Apache DeviceMap* или слична база података карактеристика уређаја. Ове базе играју највећу улогу у развоју респонзивних веб-апликација којима се приступа помоћу претраживача. При сваком приступу некој веб-апликацији, мобилни (или било који други уређај) шаље *HTTP* захтев серверу на којем је смештена дотична апликација. Та апликација онда може да преузме вредност „*user agent*“ поља из *HTTP* захтева и постави упит некој бази карактеристика уређаја. Уколико идентификација уређаја прође успешно, база ће као резултат вратити списак карактеристика идентификованог уређаја.

У случају система чији је модел изложен у овој дисертацији, основни облик приступа образовним садржајима је кроз неку клијентску апликацију инсталирану на уређају ученика. У тој варијанти, није неопходна примена базе карактеристике уређаја јер клијентска апликација очекивано има приступ библиотекама кода и сервисима на уређају на којем се извршава, па на директан начин може да утврди које његове карактеристике јој се налазе на располагању. Са друге стране, презентован систем функционише по принципу веб-сервиса, па је могуће замислити и имплементирати клијентску апликацију у виду веб-апликације којој би се могло приступити помоћу било ког уређаја који поседује претраживач. Таква клијентска апликација не би била у могућности да добије директне информације о уређају већ би морала да користи базу карактеристика или неки други метод. Како би се покриле све варијанте и омогућило будуће проширење система, одлучено је да се за рад са особинама уређаја као основа примени нека постојећа база и њени стандарди у упрошћеном облику.

Међу тренутно расположивим базама карактеристика уређаја, као најбољи избор издваја се *Apache DeviceMap* [169]. Предност овог пројекта је у томе што је отвореног кода и што иза њега стоји поуздана организација, тиме обезбеђујући ажурност и исправност података који се услед честих промена на тржишту морају

често ажурирати. Други квалитетни пројекти који се баве базама карактеристика су већином комерцијалног типа што отежава њихову употребу у оквиру пројектованог образовног система.

За примену у систему описаном у овој дисертацији, анализирани су само атрибути који се користе у *Apache DeviceMap* бази и издвојен је један број атрибута које ће систем користити у доношењу одлука. Део са записима о хиљадама различитих мобилних уређаја није коришћен јер, као што је наведено раније, очекује се да мобилне клијентске апликације имају приступ тим информацијама из прве руке. Клијентске апликације онда морају да у неком почетном тренутку поднесу извештај систему о карактеристикама уређаја у складу са дефинисаним скупом атрибута. Овако пројектован систем омогућава да се у неком каснијем тренутку имплементира и веб-интерфејс за приступ систему који би стварно користио *Apache DeviceMap* базу за детекцију. Веб-интерфејс би онда могао директно да шаље записе из *Apache DeviceMap* базе пошто ће се исти користити као стандардни речник у комуникацији карактеристика са клијентским апликацијама. Атрибути (карактеристике) дефинисане *Apache DeviceMap* базом и њихов статус у оквиру приказаног система су дати у табели 6.

Табела 6: Атрибути дефинисани *Apache DeviceMap* базом

Атрибут	Аспект B – browser D – device O – OS	Примена у систему
Атрибути дефинисани у <i>Device Description Repository Core Vocabulary</i> [170]		
vendor	B, D, O	Спецификација наводи овај атрибут као функционално небитан, користан једино за логовање/аналитику. У складу са тиме није потребна његова примена у систему.
model	B, D, O	Исто као за „ <i>vendor</i> “
version	B, D, O	Исто као за „ <i>vendor</i> “
displayWidth	B, D	Ширина екрана, корисна за одређивање количине садржаја која ће бити уграђена у појединачне објекте учења
displayHeight	B, D	Висина екрана, корисна у комбинацији са ширином
displayColorDepth	D	Није присутан у <i>Apache DeviceMap</i> бази; није у питању

		информација од значаја
inputDevices	D	Одређује тип интеракције корисника и уређаја. Може да има следеће вредности: <i>keypad</i> (тастатура), <i>touchScreen</i> (екран осетљив на додир), <i>touch stylus</i> (оловка за писање по екрану), <i>trackball</i> , <i>clickWheel</i> . Од великог значаја за одређивање врсте активности која ће бити укључена у објекат учења; уређајима са спорим врстама интеракције треба доставити једноставније садржаје; неке активности као што је вежба писања не могу да се изводе без екрана осетљивог на додир.
markupSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
stylesheetSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
imageFormatSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
inputModeSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
cookieSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
scriptSupport	B	Односи се на претраживач; непотребна информација.
Атрибути дефинисани шемом http://www.openddr.org/oddr-vocabulary		
mobile_browser	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
device_os	D	Непотребна информација; повлачи одређене карактеристике уређаја које зависе од оперативног система, али исте се могу и директно утврдити од стране апликације.
nokia_series	D	Непотребна информација
mobile_browser_version	D	Непотребна информација
is_tablet	D	Може бити корисна пошто повлачи нешто стационарнији начин рада који се разликује од онога на мобилним телефонима;
nokia_edition	D	Непотребна информација
device_os_version	D	Непотребна информација
is_wireless_device	D	Служи за разликовање мобилних уређаја од десктоп рачунара, конзола, телевизора и других. У верзији система која је изложена у дисертацији представља непотребну информацију јер је нагласак на мобилном клијенту.
marketing_name	D	Непотребна информација
xhtml_format_as_attribute	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
xhtml_format_as_css_property	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_support_getelementbyid	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_support_event_listener	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_manipulate_dom	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_support_javascript	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.

ajax_support_inner_html	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_manipulate_css	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
ajax_support_events	D	Односи се на претраживач; непотребна информација.
dual_orientation	D	Да ли је могућ рад у обе оријентације (вертикалној/хоризонталној). Може бити од значаја за количину и састав информација које се достављају.
image_inlining	D	Непотребна информација.
from	D	Означава одакле је добављена информација о уређају, тј. представља интерни податак за <i>Apache DeviceMap</i>

Apache DeviceMap користи атрибуте који су делом дефинисани од стране *W3C DDR* [170], а делом од стране *ODDR (Open DDR)* спецификације. Битно је напоменути да доступна документација у вези са *Apache DeviceMap* пројектом није идеална и да постоје одређена непоклапања (нпр. атрибут *displayColorDepth*, који није коришћен у бази) и да *Open DDR* атрибути нису документовани у оквиру пројекта. Такође, постоји преклапање међу неким атрибутима као што су *model (browser)* и *mobile_browser*, док су поједини атрибути означени као да се односе на уређај очигледно везани за претраживач (*ajax_** атрибути). За потребе система изложеног у овој дисертацији у тренутном облику, избачени су сви атрибути који се односе на претраживач, застарели и нејасни атрибути. Ово оставља релативно мали број употребљивих атрибута: ширину и висину екрана, начин интеракције корисника и уређаја, да ли је уређај таблет и да ли је дозвољена промена оријентације.

Сви наведени атрибути се користе од стране система, глобално, за одређивање таквих параметара као што је количина и комплексност садржаја које треба серверати кориснику у оквиру генерисаних објеката учења. Осим тога, свака активност понаособ може да зада техничке услове који морају да буду испуњени да би она могла да се извршава на неком уређају, тј. да би адаптациона логика уопште смела да дода дотичну активност на списак инструкција. Ово се може видети на раније приказаној слици 13, у делу са концептима Образовна активност и Технички захтеви.

5.3.7. Модел контекста учења и механизми адаптације

Модел контекста учења треба да опише методе прикупљања контекстних информација у вези са карактеристикама уређаја и да дефинише могуће детектоване контексте за сваки извор контекстних информација (нпр. ученик је у зоо-врту или на плажи). Са друге стране, контексти треба да буду повезани са специфичним активностима и доменима употребе како би се исправна активност/садржаји изабрали у одговарајућем тренутку.

Разни облици адаптације садржаја према контексту су описани у поглављу 3.5. Иако примена већег броја контекстних параметара потенцијално може да створи целовитију слику о тренутном контексту ученика, постоји низ проблема повезаних са њиховим добављањем и применом:

- Неке параметре као што су емотивно и биофизиолошко стање ученика и социјални контекст је практично немогуће или веома тешко утврдити.
- Различити уређаји поседују различите изворе информација; адаптациона логика треба да буде спремна да обавља адаптацију и у потпуном одсуству или при различитим комбинацијама доступних параметара.
- Употреба сензора и праћења активности ученика представља вид нарушавања приватности. Мобилне апликације на модерним платформама морају приликом инсталације да пријаве све системе које ће користити током рада; корисници апликације могу да одустану од инсталације ако сматрају да апликација захтева превише.
- Добављене информације можда не осликавају текуће стање ученика на најбољи начин; измерене вредности могу нагло да се промене у складу са променама у окружењу или кретањем корисника. Будуће стање корисника је још теже предвидети; корисник који у покрету захтева нове садржаје а затим седне негде и посвети време учењу ће потенцијално добити неодговарајуће садржаје намењене раду са нижим степеном концентрације.
- Ако се садржаји често мењају у складу са променама контекстних параметара, то може довести до збуњивања корисника.

У складу са наведеним проблемима, за систем презентован у овој дисертацији је изабран један скуп мање интрузивних параметара који се чешће користе у оквиру других мобилних апликација. Параметри емотивног и биофизиолошког стања су изостављени због потешкоћа у њиховом утврђивању као и у њиховој практичној примени. Слично томе, изостављени су и параметри нивоа осветљења, позадинске буке и температуре ваздуха. Иако се ове вредности могу једноставно измерити на већини мобилних уређаја (нпр. бука помоћу микрофона који постоји на свим мобилним телефонима), изостављене су због потенцијално велике променљивости и мале количине информација од значаја које могу да пруже без неке детаљније анализе животних навика ученика. Као главни параметар адаптације се разматра неколико аспеката локације корисника, као и време учења, расположиви комуникациони канали и социјално окружење у мањем обиму.

За прилагођавање локацији корисника је неопходно да клијентска апликација у тренутку слања захтева за генерисањем објекта учења поднесе и информацију о корисниковој локацији. Ова информација треба да буде садржана у два атрибута – **тип_извора** и **локација**. Тип извора може да има следеће вредности – *GPS*, *Wi-Fi*, мобилни провајдер, ручни унос зоне и ручни унос локације. Тип извора дат као *GPS* подразумева најпрецизније могуће мерење са тачно датим координатама корисника. *Wi-Fi* се односи на информацију о локацији добављену од *Wi-Fi* приступне тачке; ова информација је мања прецизна и ослања се на познату локацију приступне тачке, док се корисник може налазити било где у неком кругу око ње. Тип извора означен као мобилни провајдер је сличан по начину функционисања претходном, само што се у овом случају локација одређује у односу на торањ мобилне телефоније са којим неки мобилни телефон комуницира; овај вид одређивања локације је још непрецизнији и корисник се може налазити било у кругу од више стотина метара око локације торња. На крају, ручни унос зоне и ручни унос локације служе за ситуацију када клијентска апликација понуди ученику да сам изабере своју локацију. Изабрана локација

може бити дата у виду области у којој се корисник налази или у виду тачне локације на мапи.

У оквиру презентованог модела, локација се користи на следеће начине:

- За утврђивање географских карактеристика зоне у којој се ученик тренутно налази
- За одређивање географско/административне регије
- За утврђивање локација од интереса најближих ученику, пожељно оних на којима се ученик тренутно налази

Географске карактеристике могу да се употребе за генерисање специфичних објеката учења изграђених око речи које описују те карактеристике. Да би ово било могуће, дефинисан је скуп општих географских карактеристика и њихово пресликавање у повезане кључне речи. Када је корисник лоциран у оквиру неке географске зоне, биће активиран одговарајући скуп речи и изграђен објекат учења око њих. За кључне речи су поново коришћени доменски синсетови (441), одакле су ручно пробрани они синсетови семантички најближи одговарајућим географским карактеристикама. Ово пресликавање је дато у табели 7. Неки од датих синсетова са већим бројем синонима су скраћени ради прегледности.

Табела 7: Пресликавање географских карактеристика у кључне синсетове

Географска карактеристика	Изабрани синсетови из базе знања
море	boat, sailing_vessel/sailing_ship, ship, ocean, water_travel/seafaring, sailing, seafaring/navigation/sailing, water_sport/aquatics, fishing/sportfishing, oceanography/oceanology
река	boat, ship, river, water_sport/aquatics, fishing/sportfishing
језеро	boat, lake, water_sport/aquatics, fishing/sportfishing
шума	plant/flora/plant_life, insect, vegetation/flora/botany, animal/animate_being/..., hunt/hunting, game_bird, forestry
ливада	plant/flora/plant_life, insect, vegetation/flora/botany, game_bird
планина	mountain_climbing/mountaineering, skiing, hunt/hunting
обрађена површина	farming/agriculture/husbandry, animal_husbandry, gardening/horticulture, livestock/stock/farm_animal

град	bus/autobus/..., car/auto/..., motor_vehicle/automotive_vehicle, architecture, industry/manufacture
пут	driving, bus/autobus/..., car/auto/..., motor_vehicle/automotive_vehicle

Географско/административне регије обухватају имена познатих географских области (планинских венаца, полуострва, острва, мора, океана...) и имена административних области (градава, република, држава...). Велики број назива регија и области је присутан у *Princeton WordNet*-у (нпр. Балкан, Србија, Београд, Дунав), па се дотичне могу употребити за генерисање објеката учења уколико се ученик налази у оквиру или у близини неке расположиве регије. Неки од синсетова који описују географско/административне регије су повезани са другим синсетовима семантичком везом „домен (регија)“, односно представљају појмове који описују регију у оквиру које се јављају други специфични појмови, нпр. Јапан – суши. Таквих синсетова у енглеској мрежи речи постоји 161, али нису сви погодни за примену при одређивању локационог контекста ученика пошто укључују и неке историјске регије као што је „Римско царство“. У складу са тиме је одлучено да се за налажење локационих појмова који одговарају учениковој локацији користи једноставна претрага појмова у бази, без издвајања било каквих „кључних“ појмова.

Локације од интереса представљају било какве локације на којима ученици могу да проводе време – ресторане, кафиће, банке, хотеле, паркове, споменике, спортске и комерцијалне објекте, музеје и културне институције и друго. Осим што ученици на њима могу да проводе време, потребно је да то буду локације на којима може да се одвија неформално учење. У идеалном случају, систем за адаптивно учење страних језика би требало да употреби информацију о локацији корисника да закључи када се он налази на некој од локација од интереса, те да употреби дотичну информацију за састављање прилагођених објеката учења. Слично претходно датим географским карактеристикама, дефинисано је пресликавање између локација од интереса и кључних речи које треба користити као полазну тачку за кретање мрежом речи и састављање објеката учења. Ово пресликавање је дато у табели 8 у општем облику. Препоручује се додатно

проширење датог пресликавања у зависности од конкретне имплементације, односно од извора локационих информација који ће бити коришћен.

Табела 8: Пресликавање локација од интереса у кључне синсетове из базе знања

Локација	Кључни синсетови	Локација	Кључни синсетови
Аеродром	air_travel/aviation/air	Кошаркашки терен	basketball/basketball_game/hoops
Банка	banking, investing/investment corporate_finance, finance	Куглана	bowling
Библиотека	Literature, publication/publishing, printing, writing	Музеј	Antiquity, Middle_Ages/Dark_Ages, history, art/artistic_creation/..., mythology
Биоскоп	movie/film/picture/... , film/cinema/celluloid, poetry/poesy/verse	Опште продавнице	trade
Ботаничка башта	plant/flora/plant_life, botany/phytology, ecology/bionomics/..., vegetation/flora/botany	Позориште & концертна сала	Dramaturgy/.../theater/theatre, music, music/euphony, singing/vocalizing, performing_arts, poetry/poesy/verse, concert
Галерија	art/artistic_creation/..., fine_arts/beaux_arts	Продавнице обуће/одеће	fashion
Државне институције	government/governing/..., legislation/legislating/lawmaking, politics/political_science/government, tax/taxation/...	Религијски објекат	church_service/church, religion/faith/religious_belief, theology/divinity theology/theological_system
Здравствена установа	medicine/practice_of_medicine, medicine/medication/...	Теретана	gymnastics/gymnastic_exercise
Зоо врт	animal/animate_being/..., zoology/zoological_science	Угоститељски објекат	cooking/cookery/preparation, tasting
Казино	Bridge, poker/poker_game, stud/stud_poker	Фудбалски терен	soccer/association_football
Клуб/сплав	dancing/dance/..., music, billiards, snooker	Школа	education/instruction/...,

Ефективност процеса адаптације садржаја ће у некој мери зависити од прецизности система за одређивање локације који се користи на клијентском уређају. У овом случају, најмање варијације ће бити код адаптације према географско/административним регијама које природно обухватају велике географске површине. Адаптација према географским карактеристикама такође може да буде отпорна на непрецизности у мерењу, а препоручује се додатно пружање могућности ученику да изабере један од два-три објекта учења уколико

га његова локација смешта у неколико различитих области према географским карактеристикама. Највећи проблем је код одређивања оближњих локација од интереса. У идеалном случају, систем би требало да препозна да је ученик нпр. у неком ресторану и да му понуди садржаје повезане са рестораном и појмом ручавања. Уколико је локација корисника одређена помоћу торњева мобилне телефоније или ручним уносом регије у којој се налази, овај вид адаптације није примењив. Преостали начини одређивања локације такође могу да имају проблем; нпр. уколико ученик шета неком од градских улица, потенцијално ће се наћи у близини неколико ресторана, кафића и других објеката. Како апликација не би на силу давала погрешне објекте учења ученику, одређено је да се посматра само зона од 10 метара око ученика и да се ученику увек да избор између неколико објеката учења, где би неки објекти били прилагођени локацијама у окружењу, а неки би игнорисали локационе информације ако дотични вид адаптације није по вољи ученика.

Сви наведени видови адаптације садржаја захтевају да систем за адаптивно учење страних језика има приступ одговарајућим локационим информацијама. Ове информације могу бити садржане у систему или се могу добављати од неког спољног извора. Унос локационих информација директно у систем за адаптивно учење страних језика би захтевао значајно проширење његових функционалности – изградњу посебне базе локација, географских карактеристика и регија и развој интерфејса за одржавање и ажурирање исте. Да би било могуће ученицима понудити релевантне локационо-контекстне информације, било би неопходно да се неки од података ажурирају са времена на време, поготово они који се односе на локације као што су ресторани, кафићи, продавнице и друго. Овако нешто би било изводиво само на некој мањој, ограниченој површини, као што је нпр. кампус универзитета или студентски град, и захтевало би да се администратори система и едукатори баве активностима које не спадају у домен њихове специјалности нити имају везе са образовањем уопште. У складу са тиме, препоручује се интеграција презентованог система са спољним изворима података који су специјализовани за њихово прикупљање.

Било који извор локационих података који обезбеђује приступну тачку у виду веб-сервиса се може интегрисати у систем за адаптивно учење страних језика. Зависно од информација које се могу добавити са појединих извора, могућа је и комбинација неколико извора како би се у збиру добиле најбогије информације о учениковој тренутној локацији. У наставку је дат кратак преглед неколико извора који се могу употребити зависно од имплементације система:

- *Google Maps* (<https://www.google.com/maps>)
- *Forsquare* (<https://foursquare.com/>)
- *OpenStreetMap* (<https://www.openstreetmap.org/>)
- Откуцаји града (<http://otkucaji-grada.rs/>)

Гугл мапе (*Google Maps*) представљају веб-апликацију која омогућава једноставан увид у мапе и сателитске снимке читаве Земљине површине, као и разне друге функционалности (виртуални обилазак улица, преглед кориснички постављених фотографија итд.). Веб-сервис Гугл мапа у основном облику омогућава постављање прилагођене мапе на било који веб-сајт, док се кроз примену додатних библиотека кода могу користити и друге функционалности. За налажење локација од интереса, може се употребити *Places Library* библиотека кода. Ова библиотека омогућава постављање упита за налажење свих локација у кругу слободно изабраног пречника око неких координата, што се погодно поклапа са потребама механизма за адаптацију у односу на локације од интереса. Резултат упита враћа списак свих откривених локација, а у оквиру резултата се посебно издваја поље „*types*“, које одређује тип нађених локација. Ови типови, по спецификацији датој на сајту библиотеке, могу узимати једну од 96 вредности које обухватају и такве појмове као што су „*bank*“, „*restaurant*“, „*museum*“ који се поклапају са пресликавањем датим у табели 8. Поред ових типова, који се могу употребити за одређивање локација од интереса, добијени резултати могу додатно да имају и неку од 33 вредности које означавају различите врсте административних области. У ове 33 вредности спадају такве које описују државе,

градове, општине и друге административне јединице што се може употребити у адаптацији садржај према административној области.

Forsquare је веб-апликација која је специјализована за налажење најбољих локација и њен веб-сервис пружа исту функционалност која се погодно може искористити у процесу адаптације. Упитивање *Forsquare* веб-сервиса је слично Гугл мапама, задавањем локације и пречника круга у којем се врши претрага, уз додатну потребу да се унапред зада тип локација које се претражују. Број расположивих типова је мали и обухвата „*food*“, „*drinks*“, „*coffee*“, „*shops*“, „*arts*“, „*outdoors*“ или „*sights*“. Уколико имплементација система буде користила *Forsquare* веб сервис, препоручује се упитивање по свим типовима, а затим додатна анализа имена нађених локација од интереса како би се открио њихов конкретан тип. На пример, „Кафе упитник“, „Винарија девет“ и „Бар слон“ ће сви имати исти тип – „*drinks*“, али се анализом њихових имена може добити конкретнија одредница која се онда може употребити на бази знања за адаптацију садржаја.

OpenStreetMap представља отворен пројекат чији је циљ изградња квалитетне мапе света слободне за употребу. Сви корисници *OpenStreetMap*-а могу да додају податке у базу, док су неки подаци постављени од стране владиних и других организација, поготово у земљама као што су Сједињене Америчке Државе. Овакав начин рада води томе да је квалитет података у бази неједнак; у неким регијама са већим бројем корисника, подаци су детаљни и ажурни, док регије у слабије развијеним земљама имају доста мању покривеност. При уносу података корисници могу да бирају постојеће типове објеката и географских карактеристика, али могу да уносе и нове, што води далеко мањем степену стандардизације и компликацијама код интеграције таквих података у неки систем који би их користио. На крају, проблем код *OpenStreetMap*-а је тај што не постоји веб-сервис за приступ подацима, већ сви који желе да користе податке са мапе програмски морају да скину базу са информацијама и приступају јој кроз неко од доступних софтверских решења. У случају интеграције са системом за адаптивно

учење страних језика, *OpenStreetMap* база би могла да пружи велико богатство информација, али би при имплементацији било неопходно проценити исплативост њеног коришћења са становништва уложеног рада и ефикасности тако добијених података.

Још један систем који је разматран за интеграцију са системом за адаптивно учење страних језика је веб-апликација Откуцаји града (<http://otkucaji-grad.rs/>). У питању је апликација независно развијена од стране аутора ове докторске дисертације, чији циљ је да омогући лако налажење локација од интереса и дешавања у оквиру града Београда. Ова апликација је развијена применом принципа *REST* веб-сервиса, па је могућ једноставан приступ свим доступним подацима. Локације су доступне у следећим категоријама: ресторани, пицерије, посластичарнице, брза храна, пекаре, кетеринг, кафићи, барови, винотеке, клубови, сплавови, коцкање, хотели, хостели и мотели, туристичке агенције, дворане и стадиони, теретане, *welness & spa*, масаже, базени, хиподром, више категорија продавница одеће и обуће, музеји, галерије, позоришта, биоскопи, библиотеке, зоо-врт, бензинске пумпе, банке и опште продавнице. Осим што се могу захтевати локације у кругу око неких координата, могуће је тражити да резултати садрже само тренутно отворене локације, што додатно може да буде корисно код прилагођавања контексту учења.

Поред неколико видова адаптације према локацији корисника, систем је пројектован да подржава адаптацију према квалитету комуникационе везе, времену учења и групном учењу, као и да врши прилагођавање према навикама ученика.

Квалитет комуникационе везе клијентска апликација може да пријави помоћу два параметра. Први параметар се односи на тип конекције и за вредност може да узима вредност *2G*, *3G*, *4G* и *Wi-Fi*. Систем неће користити аудио/видео садржаје уколико се користи *2G* конекција, а прилагодиће њихову количину према другим типовима конекције. Уколико је клијентска апликација у могућности, може

додатно и да пријави максималну брзину протока у бајтовима у секунди; ова вредност ће се користити у комбинацији са претходном за избор обима садржаја који ће бити употребљени.

Време учења је повезано са појединим ручно изабраним синсетовима који ће служити за модификацију објеката учења у складу са временом када је систему достављен упит клијентске апликације. На пример, уколико ученик захтева нове садржаје за учење током јутра, биће повећана вероватноћа да добије појмове као што су „јутро“, „доручак“ и „излазак сунца“, уколико нису унапред елиминисани неким другим параметрима корисника.

Групно учење се може детектовати аутоматски, уколико се више ученика са клијентским апликацијама које подржавају прецизно одређивање позиције нађе на истој локацији, или покренути ручно, избором одговарајуће опције. За ученике који буду учествовали у једној сесији групног учења, систем ће применити посебан алгоритам за генерисање објеката учења. Приоритет ће у том случају имати садржаји који имају исти статус код свих ученика – они на којима су имали највише проблема или они који су утврђени као занимљиви, а не још пређени.

Последњи параметар адаптације контекста су навике ученика. Уколико ученик остварује више грешака на тестовима у неком специфичном периоду дана, систем ће у том периоду достављати једноставније садржаје. Ако корисник самостално покреће неке активности изван објеката учења (ако је такво понашање дозвољено интерфејсом клијентске апликације), систем ће покушати да појача учесталост дотичних активности и достављеним објектима учења.

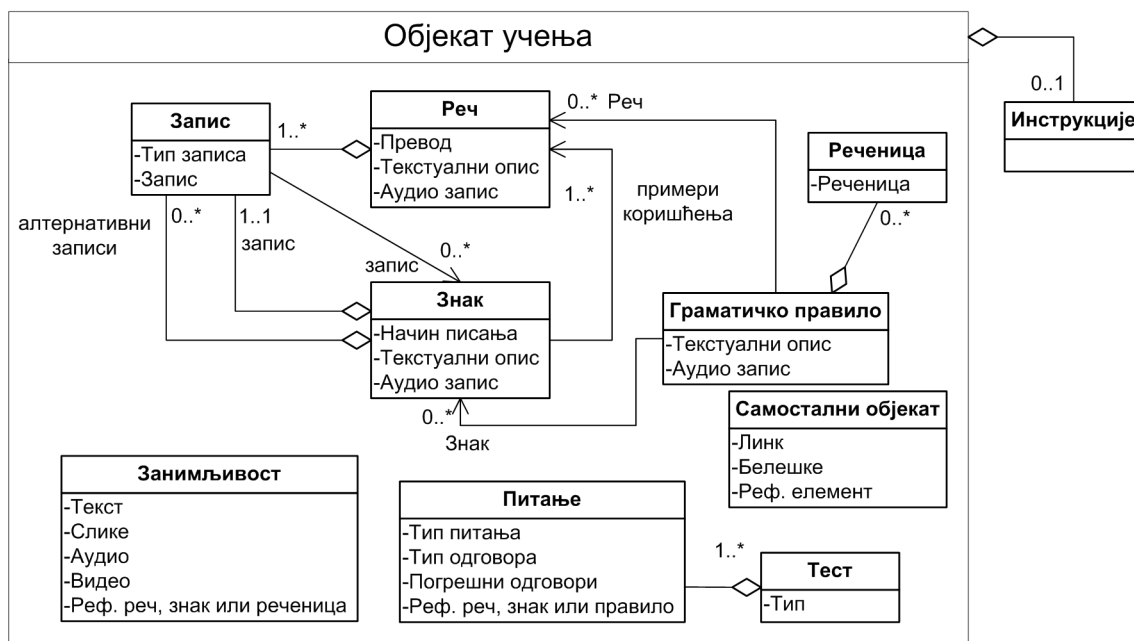
5.4. Моделирање објеката учења

Објекти учења се у приказаном моделу користе као структура за доставу образовних садржаја изабраних од стране механизма за адаптацију. Како би се омогућио итеративан развој и како би се дала слобода клијентским апликацијама у

погледу начина коришћења система, објекти су пројектовани тако да могу да функционишу независно од тога да ли је примењен механизам адаптације и да ли се објекти састављају динамички или су унапред ускладиштени у неком репозиторијуму објеката учења. Карактеристике мобилног окружења и контекст учења језика су узети у обзир, па су објекти пројектовани са циљем постизања већег степена поновне употребљивости по цену смањења количине уграђених контекстних информација.

При пројектовању објеката учења треба узети у обзир структуру њихових садржаја као и метаподатке којима ће ти садржаји бити означени. Структура објеката би требало да буде прилагођена домену у којем се примењују, али на такав начин да се појединим елементима може једноставно приступати и да се могу презентовати на различите начине и у различитим контекстима. Са друге стране, да би метаподаци били корисни, потребно је да буду интероперабилни са постојећим системима, пожељно кроз примену или надоградњу постојећих стандарда метаподатака.

Пројектована структура објеката учења је приказана на слици 15. Сваки објекат учења садржи неки број основних елемената садржаја који, зависно од типа, могу да садрже или референцирају друге елементе. Основни елементи су директно изведени из онтологије образовних садржаја и обухватају речи, знакове, граматичка правила, занимљивости, самосталне мултимедијалне објекте и тестове, као и додатни елемент са инструкцијама за презентацију садржаја. У контексту учења језика, сваки од основних елемената може да се посматра и као посебан објекат учења на нижем нивоу агрегације. Елементи, њихове везе и атрибути се генеришу на основу различитих параметара и веза дефинисаних онтолошким оквиром, али за њихово разумевање и примену је непотребно познавање тог оквира од стране клијентске апликације. Уколико се не користи механизам за адаптацију, могуће је састављање објеката учења ручном методом од стране наставника или других појединаца и достава истим клијентским апликацијама.



Слика 15: Модел структуре објеката учења

Елементи структуре објеката учења имају следеће карактеристике:

Реч – представља једну реч. Садржи превод речи на српски (или неки други језик на којем се учи) и један или више алтернативних записа речи на страном језику. Овакви записи могу да буду потребни уколико страни језик поседује једно или више својих писама, или се његово писмо разликује од писма језика на којем се учи. На пример, јапанске речи могу да се запишу латиничним писмом или неким од јапанских писама (хирагана, катакана, канџи). Уколико би неко учио српски језик, речи би могле да имају латинични и ћирилични запис. Сваки запис додатно референцира знаке помоћу којих је записан. Опциони параметри речи су текстуални опис који може да разјасни контекст употребе речи и аудио-запис њеног изговарања.

Знак – представља један знак неког писма. Сваки знак има запис (конкретан знак) и може да има алтернативне записе у другим писмима истог језика. Начин писања описује како се пише знак, а може да поседује и неки текст који додатно описује знак, као и аудио-запис изговарања знака (слова).

Граматичко правило – садржи текстуални опис граматичког правила, опциони аудио-запис уколико се правило односи на изговор (нагласци, гласовне промене и сл.) и једну или више реченица које демонстрирају дотично правило.

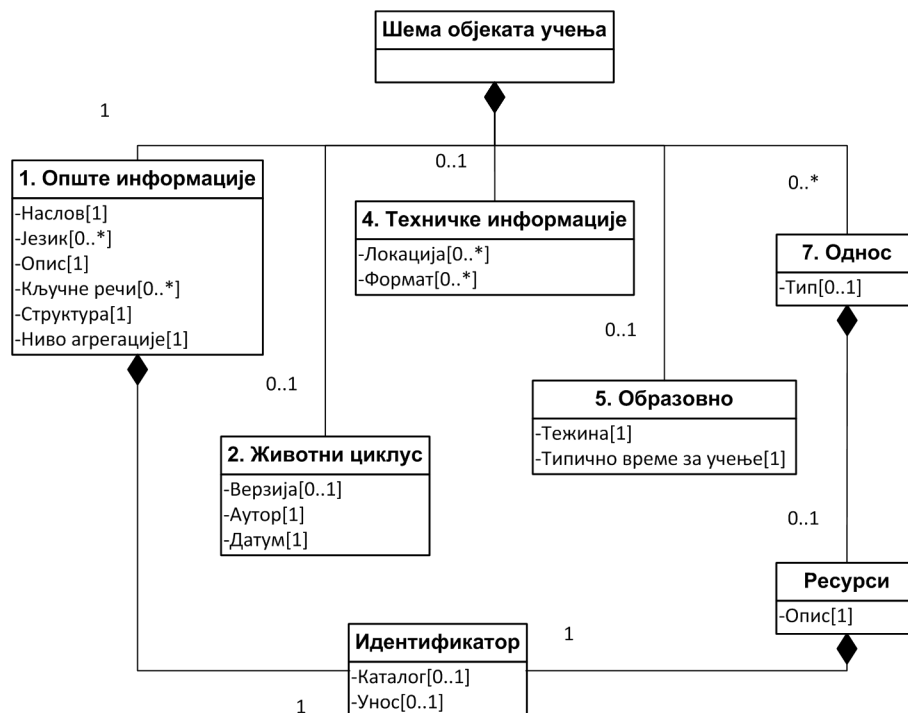
Занимљивост – садржи кратак текст уз опционе мултимедијалне елементе (слике, аудио, видео записе) који описује неку занимљивост о земљи чији се језик учи. Свака занимљивост треба да буде тематски повезана са неким елементом, што је одређено везама вишег нивоа у онтолошком оквиру, нпр. реч за „плаво“ може да буде повезана са занимљивошћу која се односи на боју семафора у Јапану.

Самостални објекат – било који атомски текстуални, аудио или видео запис. Може да се односи на неки од других елемената (реч, знак итд) или да стоји самостално. Може да садржи скраћени текстуални запис кључних тачака објашњених у објекту које онда могу да се користе у оквиру тестова.

Тест – садржи параметре теста (тежину, начин на који се генеришу питања) и референце на питања која треба користити. Свако питање референцира један од основних елемената, реч, знак, граматичко правило или самостални објекат (белешке дефинисане њиме).

Инструкције – опциони елемент који одређује како ће се приказати садржаји у клијентској апликацији. Директно зависи од модела образовних активности дефинисаног у онтолошком оквиру. Уколико нема инструкција, клијентска апликација може да презентује материјале на било који начин или да дозволи једноставно листање, претрагу и приступ свим елементима.

Осим тога што објекти учења могу да садрже различите врсте образовних материјала, ти материјали могу да се разликују по њиховој намени, начину коришћења, тежини, циљној публици и другим параметрима. Објекти учења се по овом аспекту описују помоћу метаподатака. Метаподаци су значајна компонента објеката учења која дозвољава складиштење, индексирање и претраживање објеката у репозиторијуму на основу одређених критеријума; агрегирање како би се добили већи, сложенији објекти; и поновну употребу у различитим контекстима и апликацијама. Примењен је модел метаподатака развијен у ранијем истраживању [171] као апликациони профил постојећег *IEEE LOM*-а (слика 16).

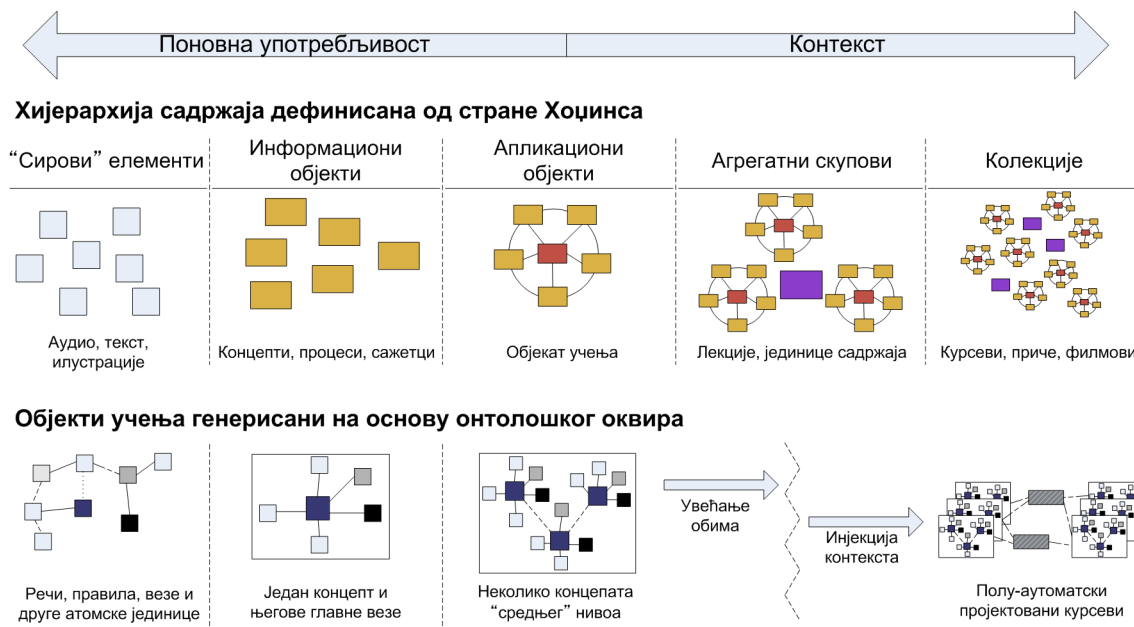


Слика 16: Модел метаподатака објекта учења заснован на IEEE LOM-у

Изворни модел је упрошћен и следећи елементи су уклоњени: 3.*Meta-Metadata*, 6.*Rights*, 8.*Annotation* и 9.*Classification*. Преостали елементи су задржани, али у смањеном обиму. У складу са контекстом учења језика начињена је и измена у погледу језика забележеног у метаподацима. Претпоставка је да објекти учења намењени учењу на неком одређеном језику неће бити од користи говорницима других језика, па је уклоњена могућност коришћења вишејезичких метаподатака, додатно упрошћавајући изворни модел. Преостали елементи задржавају исто значење које имају у *IEEE LOM*-у и детаљније су описани у поглављу 3.5.

Објекти учења изложени овде се могу упоредити са хијерархијом датом од стране Хоцинса [85] (слика 17), уз неке измене које потичу из особина мобилног окружења и контекста учења језика. Мобилно окружење карактерише ограничено време за учење, ограничена концентрација код ученика и ограничене могућности за презентацију и интерактивност. Ово указује да би садржаји требало да буду

распоређени у мање јединице и да дозвољавају ученику да управља сесијом учења по вољи. Најчешћи образовни садржаји при учењу језика, речи и знаци, не поседују превише контекстних информација и не захтевају специфична предзнања да би се савладали, па је и тиме олакшано пројектовање објеката учења мањег обима.



Слика 17: Поређење хијерархије генерисаних објеката са Хоџинсовом хијерархијом [85]

На најнижем нивоу се налазе атомске инстанце дефинисане онтологијом – речи, концепти, граматичка правила и други елементи и везе између њих. Ове елементе треба разликовати од раније описаних основних елемената објеката учења који представљају комплексније структуре; нпр. реч као један од основних елемената објекта учења садржи запис, превод, аудио-запис и друге саставне елементе; реч као концепт у онтологији представља само један запис и у објекту учења ће се пресликати у неко од својстава неког елемента. На нивоу изнад се налазе повезани сви елементи који описују један концепт, и тек овај ниво одговара основним елементима објеката учења. Пример концепта на овом нивоу је једна реч са њеним главним везама и својствима (превод, објашњене, пример, синоними). Спајањем

концепата преко њихових семантичких веза, добија се количина материјала која одговара једном објекту учења. Пример би био објекат учења о деловима аутомобила са неколико речи и њихових превода.

Не постоји ограничење колико концепата и веза се могу укључити у један објекат учења, и у случају логичког екстрема, могуће је представити читаву базу знања као један објекат учења. У пракси величина генерисаних објеката зависи од имплементације система, а виши нивои хијерархије садржаја [85] се могу емулирати повећавањем величине и комплексности генерисаних објеката. Квалитет већих образовних јединица, уколико се користе упркос томе што нису погодне за мобилно окружење, може се побољшати дефинисањем елемената који представљају контекст и који су везани за неке скупове елемената, носиоца садржаја. Уколико се у објекту нађу сви елементи дефинисани правилима контекстног елемента, и он се може додати. Елементи контекста играју улогу „лепка“ за друге материјале и могу се мануелно додавати од стране наставника који желе да прилагоде материјале некој специфичној намени.

5.5. Моделирање компонената инфраструктуре и архитектуре

Применом онтологија јавља се низ могућности у погледу организације садржаја и адаптације, али уз одређено увећање сложености система. Пројектован адаптивни систем треба да буде у потпуности транспарентан за кориснике и да их огради од било какве додате сложености. За један веб-оријентисан систем за учење, ово се може постићи успостављањем приступа ресурсима кроз веб-сервисе [172] који користе стандардне формате за размену података као што су *XML* и *JSON*.

Системи за управљање учењем морају да се проширују и еволуирају како би се прилагођавали променама у окружењу и захтевима. Приказан модел система за адаптивно мобилно учење страних језика се може проширивати на више начина – проширивањем онтолошких концепата, обогаћивањем базе знања додатним садржајима, подржавањем већег броја корисника са различитим обрасцима и

фреквенцијама коришћења система и подржавање више различитих клијентских апликација. Како би се омогућила флексибилност и скалабилност читавог система, исти се може имплементирати помоћу **инфраструктуре за рачунарство у облаку** [173][140]. Мобилно учење поготово може да има користи од рачунарства у облаку пошто се обрада, складиштење и адаптација образовних ресурса могу обављати у облаку уместо на уређајима ограничених способности [174].

База знања представља складиште података (образовних материјала), али и свих њихових међусобних семантичких веза, као и дефинисаних концепата и својстава која се могу доделити образовним материјалима или кориснику и користити као основ за спровођење процеса адаптације. Компоненте приказаног модела (слика 10) користе базу знања дефинисану онтолошким оквиром као основ за имплементацију сопствених функционалности и обухватају сервис и интерфејс за приступ и управљање базом знања, централну компоненту за пријем корисничких података и управљање учењем, складиште и процесор корисничких профила и једну или више мобилних клијентских апликација.

Сервис за приступ бази знања треба да буде имплементиран као веб сервис који би пружао директан приступ свим појединачним елементима базе различитим корисницима. Овакав сервис представља стандардни интерфејс за манипулацију базом знања који се онда може користити од стране интерних и екстерних клијената. Интерни клијенти су компонента за управљање учењем и интерфејс за управљање базом знања, док екстерни клијенти могу да представљају постојеће образовне системе и институције са којима би се вршила размена знања, као и клијентске апликације које не користе адаптивност или поседују сопствене механизме адаптације, а базу знања користе само због образовних материјала.

Интерфејс за управљање базом знања треба да пружа све функционалности сервиса интерним корисницима (администраторима, наставницима) кроз једноставан кориснички интерфејс ради обављања администрације система и управљања образовним материјалима.

Складиште корисничких профила чува све информације добијене о корисницима система – њихово знање, интересовање и раније понашање.

Процесор профила представља опционо проширење система које може да побољша механизам адаптације применом статистичких метода. Процесор профила има задатак да корелише профиле различитих ученика и произведе групе ученика који су слични по неким параметрима. Ове информације могу да се користе за предвиђање потреба ученика из неке групе.

Компонента за управљање учењем је једна од најважнијих компонената система, задужена за пријем захтева и извештаја од стране клијентских апликација и генерисање и достављање персонализованих објеката учења. Ова компонента користи базу знања и процесор корисничких профила да примени адаптациону логику и произведе прилагођене објекте учења за сваког ученика понаособ. Комуникација са клијентским апликацијама се одвија помоћу захтева и одговора који су условљени онтолошким оквиром.

Клијентске апликације могу да се извршавају на различитим уређајима и потенцијално да се разликују међусобно, нпр. неки клијенти могу да обезбеде комплетно окружење за учење, док други могу да се сконцентришу на појединачне аспекте учења језика као што је речник. Докле год клијенти користе концепте дефинисане онтологијама да извештају о карактеристикама уређаја и апликације, централизовани алгоритам за адаптацију може да изабере и достави одговарајуће садржаје и активности. Клијенти не морају да буду намењени само мобилним уређајима; десктоп рачунари се могу сматрати само једним од различитих типова уређаја који могу бити подржани од стране система. Постојећи системи за управљање учењем као што је *Moodle LMS* се такође могу модификовати кроз модуларне додатке како би се повезали са системом за адаптивно учење страних језика. Такви модуларни додаци могу да преузму улогу скупљања информација, слања извештаја систему и преузимања објеката учења,

док би презентација била изведена кроз стандардне рутине система за управљање учењем.

5.6. Моделирање процеса и механизма

5.6.1. Изградња базе и управљање садржајима у бази знања

Систем за адаптивно мобилно учење страних језика зависи од базе знања дефинисане онтолошким оквиром. Процес адаптације захтева постојање квалитетно описаних образовних материјала и формално дефинисаних правила и концепата који се користе при адаптацији и склапању персонализованих објеката учења. Обе врсте података су садржане у онтолошком оквиру и бази знања која је изведена из њега, тј. која садржи инстанце дефинисане онтолошким оквиром. Рад са базом подразумева два значајна процеса – изградњу базе знања и управљање садржајима у бази знања. Ова два процеса се могу посматрати и као један процес, на основу тога што се при развоју онтологија често примењује инкрементално-итеративна метода, те се дефинисани концепти постепено разрађују и проширују. Такође, развој комплетне замисливе базе образовних материјала и других концепата би захтевао превише времена, а није предуслов за коришћење и евалуацију система за адаптивно мобилно учење страних језика.

Изградња базе би требало да примени и аутоматске и мануелне процесе. За изградњу почетне базе треба развити скрипте које би обезбедиле податке о основним материјалима у процесу учења језика – речима и, уколико се користи неко нестандартно писмо, знацима. Ови подаци се могу извући из постојећих речника или машинских речника као што су мреже речи. Парсирање се може изводити постепено и може се постићи одређени вид интеграције са неким од извора – уколико дође до промена у изворном речнику, те промене се могу преликати у базу знања у систему. За унос сложенијих материјала као што су граматичка правила, текстуални, аудио и видео клипови је потребно обезбедити

одговарајући кориснички интерфејс који би омогућио додавање и означавање нових материјала и њихово повезивање са постојећим.

5.6.2. Адаптација садржаја

Подела одговорности у погледу складиштења података и презентације указује на потребу за сложенијим, дводелним процесом адаптације. Главни део процеса обавља компонента за управљање учењем. Ова компонента директно прима две врсте захтева од клијената на некој предефинисаној приступној тачки – захтеве за достављањем објеката учења и извештаје о кориснику. Извештаји о кориснику се прослеђују складишту корисничких профила. Захтеви за достављањем објеката иницирају процес изградње прилагођених објеката учења који се онда достављају кориснику. По пријему објеката учења и инструкција, клијентска апликација преузима на себе други део процеса адаптације и прилагођава презентацију у складу са примљеним инструкцијама и својим могућностима.

Пошто је систем за мобилно адаптивно учење централизован у оквиру инфраструктуре за рачунарство у облаку и пројектован тако да подржава различите уређаје и клијентске апликације, могућа је и ситуација где један корисник користи неколико уређаја у процесу учења. Услед тога, сваки клијентски захтев за објектима учења мора да садржи информацију о ком уређају/апликацији се ради, тј. ови подаци нису статични и не могу се везати за кориснички профил. Такође, сваки захтев садржи додатне контекстне информације релевантне у тренутку када је постављен, уколико их има. Компонента прихвата ове податке, те врши ауторизацију корисника и учитава његов профил изграђен на основу периодично приманих извештаја. Уколико је имплементиран процесор профила, уз профил се учитава и информација о томе у коју статистичку групу текући корисник спада и који су наставни материјали најбољи избор за кориснике из те групе.

Помоћу информација садржаних у профилу корисника се врши изградња упита и читавање образовних материјала. Прво се врши одбацивање свих материјала које је корисник већ савладао. Материјали који су му већ презентовани раније, а показало се да је имао проблема да их савлада, добијају приоритет уколико се могу уклопити у остале параметре претраге и уколико се могу поставити у другачији контекст од оног у којем су презентовани први пут. На пример, уколико је корисник имао проблема да запамти реч „лопта“ у контексту геометријских тела, иста реч се може поново поставити у контексту неког спорта и везати за неку занимљивост о спорту у земљи чији се језик учи. На сличан начин треба филтрирати и нове материјале, те изабрати оне који се поклапају са параметрима интересовања корисника.

Изабрани скуп образовних материјала потенцијално може да буде јако велики, па се у следећем кораку врши филтрирање по статистичким информацијама добијеним од процесора профила (уколико постоје). Након тога треба одабрати који елементи иду у објекат и на који начин ће бити презентовани. У овом кораку може да се употреби претходно знање корисника да се одреди најбољи степен тежине објекта учења, као и претходно понашање да се одреди најбољи обим објекта у складу са тиме колико просечно корисник посвећује времена учењу. У овом кораку треба узети у обзир карактеристике уређаја и контекста и на основу њих такође прилагодити обим садржаја, а затим изабрати скуп активности које корисников уређај може да подржи, а које су на основу корисниковог понашања идентификоване као занимљивије њему. После овога се врши састављање и серијализација објекта у неки формат записа (*XML*, *JSON*) и достављање кориснику где његова клијентска апликација даље може да преузме задатак презентовања материјала и активности у складу са инструкцијама.

5.6.3. Израда и процесирање корисничких профила

Да би изградња корисничког профила била могућа, неопходно је да клијентске апликације на неки начин извештавају систем о параметрима корисника. Формат

извештавања треба да буде дефинисан системом и испоштован од стране свих клијентских апликација, а заснован на дефинисаном онтолошком оквиру. Извештаји о знању, интересовању и понашању корисника смеју да садрже само концепте и вредности дефинисане одговарајућим онтологијама.

Процес адаптације највише зависи од параметара корисника, па је неопходно да се извештавање о свим променама ових параметара врши што чешће ради одржавања актуелног модела корисника. У идеалном случају извештавање може да се обавља после сваке комплетиране образовне јединице (објекта учења, активности), али ово може представљати проблем у условима мобилног окружења где Интернет конективност није загарантована. Систем би требало да функционише без обзира на учесталост извештавања и да дозвољава груписање више извештаја у једно јављање клијента систему.

Извештаји треба да садрже информације о знању, интересовању и понашању корисника. Информације о знању подразумевају идентификовање појединачних образовних елемената и резултата које је корисник остварио у активностима за утврђивање знања (нпр. колико је дао тачних и нетачних одговара на питање које се односи на једну реч). Ове информације могу да се освежавају после сваког коришћења апликације за учење.

Информације о интересовању је теже прикупити кроз само коришћење апликације, па апликација може да тражи од корисника да изабере теме које га занимају или да им додели приоритете који би утицали на редослед учења. Појединачна апликација може да имплементира интеграцију са неком од друштвених мрежа и, уз дозволу корисника, идентификује његова интересовања на тај начин. Интеграција са друштвеним мрежама се може и централизовати и имплементирати у виду модула у самом систему. Информације о интересовању могу да се освежавају доста ређе од информација о знању корисника, само у ситуацијама када дође до неких промена, било мануелних, од стране корисника, било детекцијом нових информација помоћу друштвених мрежа.

На крају, понашање корисника обухвата списак активности које најрадије покреће ако му клијентска апликација и структура објекта дају могућност избора, времена која проводи у појединачним активностима и друге податке који не представљају директне резултате неке активности, али могу имплицитно да укажу на корисничко знање или интересовање. Сама клијентска апликација не треба да извлачи закључке на основу понашања корисника, већ да достави конкретне вредности систему који онда може да их корелише са другим вредностима из корисничког профила.

Када апликација достави извештај систему, сви подаци се интегришу у профил корисника и након тога су доступни за примену у процесу адаптације. Додатне информације се могу извући из профила корисника поређењем постојећих профила и статистичким израчунавањем сличности између њих. На основу тих сличности се онда могу дефинисати одвојене групе ученика, где се вредности добијене од ранијих ученика могу применити као додатни параметри у адаптацији садржаја за нове кориснике.

5.6.4. Презентација садржаја

Осим што клијентске апликације треба да шаљу повремене извештаје о напретку корисника, оне треба и да шаљу захтеве за достављањем објеката учења. Апликација може да захтева више објеката одједном, како би имала залиху објеката и ређе морала да шаље захтеве, или да захтева један по један објекат онда када су потребни, како би се повећала ефективност процеса адаптације. Када апликација прими објекат учења, потребно је да га презентује кориснику на неки начин. Уколико апликација не прими инструкције за презентацију садржаја, може сама да изабере неки елементарни начин презентације, нпр. једноставно листање свих елемената.

Уколико инструкције постоје, оне ће бити генеричке у неком обиму, нпр. „тест“ или „игра“ (поглавље 5.3.2 , слика 13), а у складу са могућностима које је апликација пријавила систему при слању захтева за објектима учења. Ако апликација није способна за неку врсту наставних активности (нпр. за образовне игре), систем за адаптивно учење неће предложити тај вид активности. Активности које апликација подржава могу да одступају од инструкција, зависно од тога колико се генеричке инструкције користе. Ако је задато коришћење образовне игре за учење знакова, клијентска апликација може да примени игру меморије, неки вид игре где се захтева брзо бирање или уношење знакова који искачу на екрану, или неку другу имплементацију. Изабрана активност једино мора да буде компатибилна у погледу структуре извештаја учениковог напретка у изабраној активности којег ће послати назад систему.

Осим слободе у избору активности, клијентска апликација такође може да дозволи неки вид персонализације апликације независно од механизма адаптације садржаја и активности. Апликација може да дозволи промену шеме боја, распореда елемената интерфејса и друге ситније измене.

5.7. Модел интеграције система за мобилно адаптивно учење и система за управљање учењем

Модел система за мобилно адаптивно учење страних језика је пројектован као централизован систем који у оквиру централног, серверског дела садржи све компоненте које су неопходне за његово функционисање и интеракцију са клијентским апликацијама. И поред високог степена самосталности, постоје поједине погодности које произилазе из интеграције предложеног система са неким системом за управљање учењем. Ове погодности обухватају следеће:

- Интеграција корисничких налога омогућава лакши приступ систему; корисници система за управљање учењем не морају да отварају нове налоге за коришћење система за мобилно адаптивно учење страних језика.

- Приступ корисничким налозима из система за управљање учење омогућава њихово коришћење у неком обиму за генерисање почетних претпоставки о ученицима, првенствено о њиховим областима интересовања.
- Садржаји из система се могу генерисати у компатибилном облику и интегрисати у постојећи наставни процес.
- Корисници система за управљање учењем могу да користе систем на који су већ навикли да приступе новим садржајима из система за адаптивно учење страних језика.

Постоји велики број расположивих система за управљање учењем, а у оквиру овог поглавља ће бити укратко изложен модел интеграције система за мобилно адаптивно учење страних језика са *Moodle* системом за управљање учењем. *Moodle LMS* је пројекат отвореног кода заснован на стандардима е-образовања као што је *SCORM*, што га чини погодним за коришћење у разним образовним установама. *Moodle LMS* се користи и у оквиру Катедре за електронско пословање на Факултету организационих наука од стране више од 1000 студената годишње, што пружа низ могућности за будућу имплементацију и валидацију предложеног модела.

За интеграцију са *Moodle* системом за управљање учењем треба обезбедити следеће:

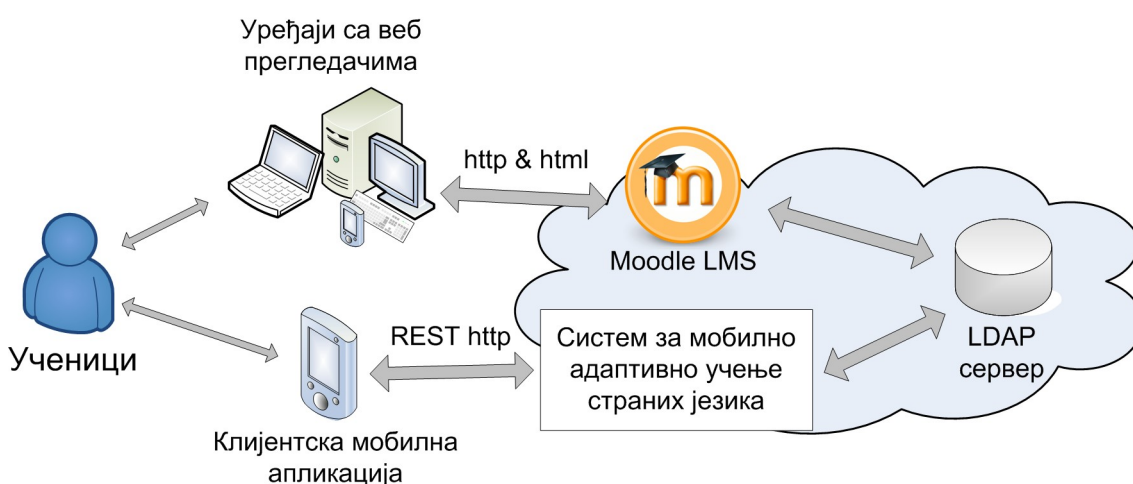
- Интеграцију корисничких налога
- Спољни приступ параметрима корисника
- Презентацију садржаја из базе знања у *Moodle* систему

Основни вид интеграције са *Moodle* системом, уколико је у питању систем који одржава иста институција која ће одржавати систем за адаптивно мобилно учење страних језика, се може извести кроз директан приступ његовој бази података. Овај приступ повлачи низ недостатака и проблема. Давање директног приступа представља велики сигурносни ризик, поготово када су у питању лични подаци корисника система. Директан приступ бази такође захтева савршено познавање

структуре и начина рада са базом како приликом њеног екстерног коришћења она не би била доведена у неисправно стање, што би могло да оштети инсталацију *Moodle* система. Још једна мана овог приступа огледа се у директном везивању апликације за базу података, што може довести до проблема у случају миграције на други систем за управљање базама података. Други и бољи начин интеграције подразумева коришћење *Moodle* прикључака и веб-сервиса. Овај приступ је изложен у наставку.

5.7.1. Интеграција корисничких налога

Основни проблем интеграције у хетерогеним окружењима је обезбеђивање јединственог метода за идентификацију и ауторизацију корисника система, професора, студената и административних радника. *Moodle* подржава велики број механизма аутентификације, а као погодан механизам са становништва интеграције може се користити *LDAP* аутентификација (*Lightweight Directory Access Protocol*). Да би овај вид интеграције био могућ, неопходно је да све компоненте интернет сервиса образовне институције, информационог система и *LMS Moodle* морају да своје кориснике и процесе аутентификују и ауторизују на централизованом *LDAP* серверу образовне институције. Концептуални модел интеграције преко *LDAP* сервера је приказан на слици 18.



Слика 18: Концептуални модел интеграције помоћу LDAP сервера

Аутентификација на *LDAP* серверу омогућава ученицима да приступају свим сервисима једне образовне институције коришћењем истог налога.

5.7.2. Приступ параметрима корисника

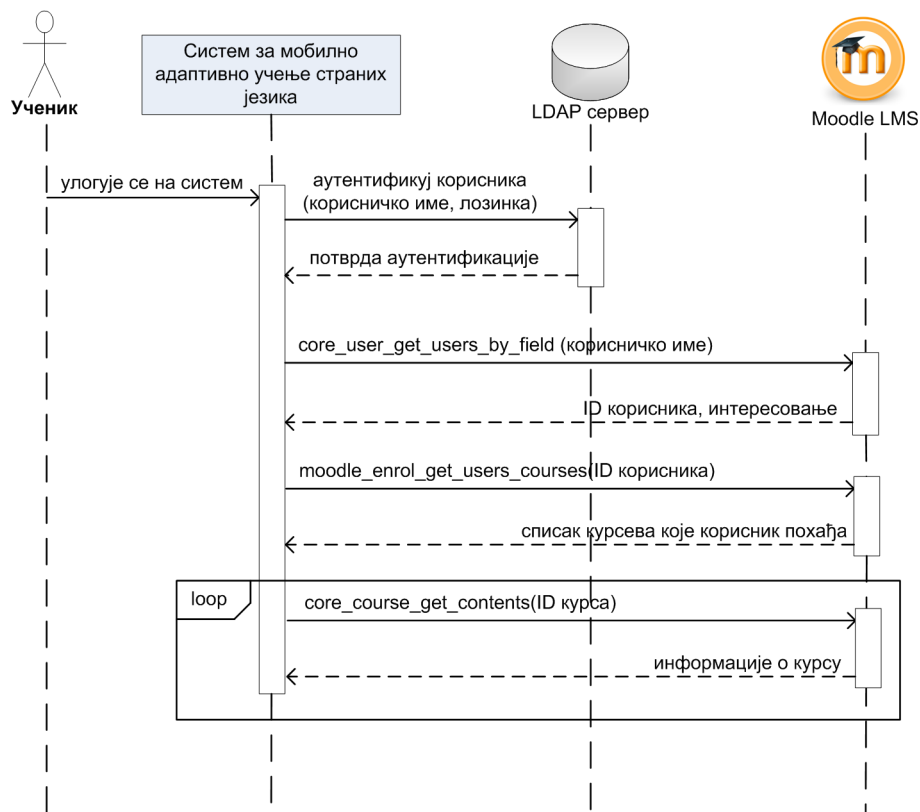
За омогућавање спољног приступа параметрима корисника *Moodle* система, неопходно је активирати подсистем веб-сервиса. Веб-сервиси су уграђени у *Moodle* и обухватају низ функционалности које омогућавају извршење већине административних и наставних сценарија контролом изван самог *Moodle*-а. Услед опасности по безбедност система, веб-сервиси су стандардно онемогућени. У наставку је изложена процедура њиховог активирања коју може да изведе администратор *Moodle* система:

1. У одељку *Administration > Site administration > Advanced features* треба прво одрадити глобалну активацију веб-сервиса.
2. *Moodle* може да обезбеди веб-сервисе који користе различите комуникационе протоколе (*SOAP, REST, XMLRPC, AMF...*). Потребно је укључити све протоколе који се желе користити.
3. Свака апликација која жели да приступа веб-сервису мора да се повеже са једним корисничким налогом у *Moodle*-у. Тај налог онда представља спољну апликацију и одређује њене могућности кроз класичан систем привилегија. Да би неки кориснички налог могао да се употреби у ову сврху, потребно је прво доделити му привилегију која одговара изабраном протоколу (нпр. *webservice/rest:use*).
4. Сада се може креирати нови веб-сервис. Нови веб-сервис представља празан контејнер за неки скуп функционалности.
5. Веб-сервису се додаје једна или више постојећих функционалности. Списак функционалности обухвата рад са корисницима, курсевима, групама, домаћим задацима, календарима, оценама, порукама и другим деловима система.
6. Зависно од изабраних функционалности, кориснику који представља клијентску апликацију треба доделити одговарајуће привилегије; нпр. ако

је вебсервису додата функција брисања курсева, корисник-клијент треба да има ту привилегију додељену од стране администратора.

7. Последњи корак је генерисање токена. У питању је низ знакова којег треба прикачити сваком захтеву од клијента (система за адаптивно учење страних језика у овом случају) ка *Moodle* веб-сервису.

Корисник може да се улогује на систем коришћењем новог налога или налога који већ постоји у *LDAP*-у, захваљујући томе што је претходно креиран у оквиру *Moodle LMS*-а. Ако налог већ постоји, систем ће имати приступ јединственом корисничком имену корисника. Ово корисничко име може да се употреби за позив функције веб-сервиса *core_user_get_users_by_field()*, која врши претрагу свих *Moodle* корисника по задатом параметру и враћа податке о њима. Главни податак добијен на овај начин представља *ID* корисника који се може користити за касније упите. Међу добијеним подацима се налази и атрибут *interests*, који представља интересовања корисника у виду низа тагова раздвојених размацама. Уколико је корисник унео неку вредност у ово поље, систем може да је употреби за почетно подешавање интересовања над базом знања. Бољи извор оваквих информација се може добити позивањем функције *moodle_enrol_get_users_courses()* која враћа све курсеве на које је корисник пријављен. Позивом *core_course_get_contents()* могу се добити детаљније информације о садржајима доступним на курсевима, које се затим могу анализирати [93] и искористити за детаљније одређивање тема од интереса за ученика које ће добити приоритет у генерисаним објектима учења. Ова секвенца је приказана на слици 19.



Слика 19: Секвенца корака при првом пријављивању *Moodle* корисника на систем

5.7.3. Интеграција садржаја

Интеграција садржаја подразумева да се садржајима из система за мобилно адаптивно учење страних језика може приступати кроз *Moodle LMS*. Овај начин приступа у одређеној мери умањује ефективност механизма адаптације услед мање количине информација која се може добити о ученику кроз генерички веб-интерфејс у поређењу са специфичном мобилном клијентском апликацијом. И поред тога, могућност прегледа садржаја у *Moodle LMS*-у, у оквиру постојећих курсева и наставног процеса може да буде од користи наставницима и ученицима. Могу се предложити три начина интеграције, при чему сваки од њих поставља одређене захтеве у погледу развоја софтверских компонената у оба система који се интегришу:

- Ручна интеграција
- Интеграција помоћу *iframe HTML* елемената

- Интеграција преко веб-сервиса

Ручна интеграција представља приступ који не захтева никакве модификације на страни *Moodle*-а, али истовремено и пружа најмање могућности и захтева највише рада од стране наставника. За имплементацију овог приступа, неопходно је имплементирати генератор *SCORM* објеката учења, који би функционисао слично интерном генератору објеката учења и посебан наставнички интерфејс за управљање процесом генерисања. Коришћењем интерфејса, наставник би могао да састави објекте учења ручно, уграђујући све жељене компоненте, или полуаутоматски, избором неког броја кључних појмова или селекцијом налога ученика за које се ти објекти генеришу. По завршетку рада у интерфејсу, компонента за генерисање *SCORM* објеката ће произвести објекте по задатим параметрима. Произведени објекти се затим преузимају у облику *SCORM* датотека (зип архива), које се могу директно поставити као наставни материјали на *Moodle* систем. Овај приступ није претерано погодан због тога што се њиме губи већина предности примене механизма адаптације; садржаји могу бити прилагођени у некој мери, али све прилагођавање је одрађено унапред, у једном тренутку, и захтева рад наставника.

Интеграција помоћу *iframe* елемената је слична ручној интеграцији по томе што не захтева никакве измене на страни *Moodle*-а, док у овом случају пружа већину предности система за мобилно адаптивно учење страних језика изложеног у овој дисертацији. Имплементација овог приступа захтева развој веб-интерфејса као клијента систему. Развијени веб-интерфејс се онда може уградити у *Moodle* курсеве у виду ресурса типа странице (*page*), у коју се додаје *iframe html* елемент. Овај елемент представља „прозор“ који у оквиру себе приказује веб-интерфејс за приступ систему. По завршетку сваке сесије, систем може да приступи *Moodle*-у путем веб-сервиса и да на неки начин евидентира његове остварене резултате.

Овај вид повезивања има неколико предности – није ограничен ни *Moodle*-ом нити

SCORM спецификацијом; садржаји могу бити у било ком формату који је подржан од стране претраживача; на страни *Moodle*-а нису потребне никакве измене; иако је неопходан развој веб-интерфејса, исти интерфејс се може користити и за директан приступ изван *Moodle*-а и од стране корисника који немају *Moodle* налог. Интеграција корисничких налога између система и *Moodle LMS*-а такође додатно олакшава имплементацију овог приступа. Највећи недостатак овог приступа је нешто нижи степен интеграције; корисници *Moodle*-а ће практично користити у потпуности независну веб-апликацију за учење, кроз неку страницу *Moodle*-а; објекти учења које пређу током сесије учења неће бити доступни у виду лекција, квизова и других *Moodle* активности, већ само кроз један, специфичан *iframe*. Овиме се заобилази један велики део функционалности *Moodle LMS*-а.

Интеграција преко веб-сервиса се заснива на аутоматизацији и побољшању процедуре ручне интеграције, уз већу спрегу између два система него код интеграције помоћу *iframe* елемената. Главни проблем првог приступа, ручни унос, додатно добија на значају ако наставник покуша, применом механизма *Moodle LMS*-а, да обезбеди прилагођене материјале за сваког ученика понаособ. Зависно од броја ученика и учесталости потребе за материјалима, ово може бити непрактично или неизводиво. У идеалном случају, приступ материјалима кроз *Moodle* би требало да функционише идентично приступу кроз неку клијентску апликацију, односно да се у тренутку приступа процене параметри ученика и да се генерише објекат учења који му у датом тренутку најбоље одговара. Имплементација овог сценарија захтева неколико измена у оба система који учествују у интеграцији.

Прво је неопходно детектовати намеру корисника да започне сесију учења. Ово се може постићи развојем софтверског прикључка за *Moodle* који би пратио понашање корисника и реаговао на неку његову акцију, нпр. улазак на курс за учење страног језика, и контактирао систем за адаптивно учење. Други начин, погоднији у случају да се желе избећи претеране измене и проширења самог *Moodle*-а, је додавањем *iframe* елемента у оквиру странице која би носила назив

нпр. „Започни сесију учења – кликни овде“. *Iframe* елемент би у овом случају позивао страницу која служи као тачка контакта за адаптивни систем и која по завршетку остатка процедуре наводи корисника ка генерисаном објекту учења у оквиру *Moodle*-а.

Адаптивни систем ће од *Moodle*-а у обе варијанте, применом одговарајућих техника, примити податке о курсу којем се приступа и идентификацију корисника. Систем онда може да изгенерише одговарајући објекат учења коришћењем свих параметара које у датом тренутку има на располагању, слично нормалној процедури при раду са клијентским апликацијама. Резултујући објекат ће у овом случају такође бити генерисан као *SCORM* ради компатибилности са *Moodle LMS*-ом.

По генерисању објекта, потребан је неки начин да се тај објекат постави на курс, али тако да му само ученик којем је намењен има приступ. Ово се може постићи применом концепта „груписања“ у *Moodle*-у, који омогућава да се унутар појединачних курсева оформе групе и груписања ученика, при чему свако „груписање“ поседује одвојен скуп наставних садржаја којем ученици из другог груписања немају приступ. Да би било могуће извођење адаптивног процеса учења, неопходно је да сваки ученик буде додељен у једно груписање, што могу учинити наставници ручно, на самом почетку, или се може обавити кроз веб-сервис, у тренутку генерисања објекта учења применом *core_group_** функција које се могу додати *Moodle* веб-сервисима. Ако је овај услов задовољен, остаје једино питање достављања генерисаног *SCORM* објекта. *Moodle* функције веб-сервиса не подржавају рад са *SCORM* објектима, па је неопходна самостална имплементација функције веб-сервиса која би обављала преузимање генерисаног *SCORM* објекта и његово убацивање као наставног материјала у задато груписање.

5.8. Модел евалуације система

Предложени модел система за адаптивно мобилно учење страних језика карактерише висок степен сложености услед комбинације великог броја компонената, примењених технологија и параметара. Самим тиме, и евалуација предложеног модела се може извести за различите компоненте и по различитим аспектима. Као три главне групе критеријума евалуације, издвајају се техничко-технолошки, образовни и кориснички критеријуми (табеле 9, 10 и 11).

Табела 9: Техничко-технолошки критеријуми за евалуацију система

Критеријум	Дефиниција	Мере
Независност података	Раздвајање садржаја од презентације (омогућава дељење и поновно коришћење)	Избор језика за представљање података и количина презентационих информација садржана у подацима
Интероперабилност	У којој мери су системи у стању да комуницирају једни са другима	Степен коришћења стандардних или стандардизованих формата података
Софтверска модуларност	Коришћење софтверских компонената које енкапсулирају сву сопствену функционалност и могу се користити као модули у већем броју система	Степен до којег су софтверске компоненте изоловане и засноване на стандардним интерфејсима
Поузданост	Степен у којем се може очекивати да систем обавља своју функцију са потребном прецизношћу	Тачност и конзистентност; опсег дизајна и коришћене документације
Проширивост	Могућност система да подржи будућа проширења функционалности изван оних које су дефинисане током пројектовања	Степен у којем су у систем уграђене могућности проширења (уз преклапање са критеријумом модуларности)

Табела 10: Образовни критеријуми за евалуацију система

Критеријум	Дефиниција	Мере
Поновна употребљивост	Обим у коме образовни материјали могу бити поново коришћени	Валентност – степен самосталности информација Добра дефинисаност – степен до којег је описан садржај информација
Адаптивност	Могућност прилагођавања активности и садржаја према параметрима корисника	Број параметара према којима систем може да се прилагоди и степен прилагођавања
Адаптабилност	Могућност да корисник сам прилагоди окружење у којем се одвија учење према својим потребама	Број параметара које корисник може самостално да промени и степен њиховог утицаја на систем

Улазна аквизиција	Квалитет механизма адаптације и образовног процеса у презентованом систему зависи од квалитета и квантитета параметара корисника који се разматрају	Поузданост, тачност, прецизност, латентност и валидност улаза
Закључивање	Систем доноси закључке о ученицима на основу расположивих улаза	Ниво коректности и валидности закључка

Техничко технолошки и образовни критеријуми директно зависе од пројектованог модела система, уз евентуална одступања која се могу јавити у имплементацији. Поједини критеријуми из ових категорија представљају параметре црне кутије из перспективе корисника система, те се најпре манифестују кроз корисничке критеријуме. Из тог разлога је овим критеријумима посвећена додатна пажња и предвиђено је неколико активности које би водиле утврђивању мера изабраних параметара.

Табела 11: Кориснички критеријуми за евалуацију система

Критеријум	Дефиниција	Мере
Лакоћа коришћења	Колико је лако приступити функцијама система и користити их	Степен до којег је кориснички интерфејс једноставан за коришћење и интеракцију
Естетика	Визуелна привлачност апликације кроз коју се приступа систему и прегледају садржаји	Колико је апликација кроз коју се приступа систему визуелно привлачна
Мотивациони ефекат	Ефекат система/апликације на корисника у погледу учесталости коришћења и жеље за коришћењем	Колико су корисници спремни да користе апликацију, поготово у неформалним ситуацијама
Употребљивост	Колико се систем може применити за сврху за коју је пројектован	Степен ефективности система, колики резултати се постижу његовим коришћењем
Разумљивост	Колико су презентовани садржаји и начини интеракције разумљиви корисницима	Степен у којем су садржаји и активности мобилне апликације разумљиви корисницима
Прихватљивост садржаја	Како су прилагођени садржаји потребама појединачног корисника	Правовременост и наметљивост сервиса и садржаја, могућност контроле адаптације од стране корисника
Подршка крајњем кориснику	Аутоматско указивање система на релевантне информације	Степен до кога систем пружа подршку кориснику

Као почетни корак евалуације предвиђено је испитивање расположивости мобилне инфраструктуре, навика учења и перцепција о учењу језика међу појединцима који ће учествовати у студији. Резултати овог испитивања би требало да боље дефинишу критеријуме пројектовања мобилне клијентске апликације, пре свега платформу за коју ће бити развијена. Након развоја прве верзије клијентске апликације, предвиђа се извршавање првог круга евалуације у мање формалном облику са циљем додатног побољшања оних критеријума који се покажу најслабијим у имплементацији. Уколико буде измена, након истих се планира извођење коначне евалуације кроз упитник који ће бити подељен свим испитаницима и који ће покривати најзначајније корисничке критеријуме.

6. ИМПЛЕМЕНТАЦИЈА И ПРИМЕНА РАЗВИЈЕНОГ МОДЕЛА

6.1. Пројектни захтеви

Пројектни захтеви за имплементацију и примену развијеног модела обухватају две групе захтева – захтеве који се односе на централизован део система за мобилно адаптивно учење страних језика, односно систем у ужем смислу, и захтеве који се односе на клијентску апликацију. Већина теоријских концепата од значаја за образовни процес и учење језика који су обрађени у овој дисертацији налазе своју имплементацију у централизованом делу система. Са друге стране, једину додирну тачку ученика и система представља клијентска апликација и од њене имплементације ће зависити успешност наставног процеса и утисак ученика у погледу употребљивости и ефективности система. Такође, сви случајеви коришћења система из перспективе ученика се изводе помоћу клијентске апликације. У складу са тиме, значајан део захтева треба да се односи на мобилну клијентску апликацију.

Основна сврха пројекта јесте имплементација система за мобилно адаптивно учење страних језика у оквиру постојеће инфраструктуре за рачунарство у облаку на Катедри за електронско пословање на Факултету организационих наука [175]. Имплементиран систем треба да омогући адаптивно учење јапанског језика интерно засновано на садржајима из мрежа речи одговарајућих језика, у складу са параметрима корисника, уређаја и контекста у којем се одвија учење. Од конкретних захтева, систем треба да омогући одржавање базе знања, одржавање и ажурирање базе корисничких параметара, пријем корисничких упита и генерисање и достављање објеката учења прилагођених параметрима корисника. Захтеви који се односе на клијентску апликацију обухватају могућност комуникације са системом кроз слање извештаја о параметрима корисника и упита

за добављање садржаја, и презентације истих ученику по примљеним инструкцијама.

Основне активности у реализацији пројекта треба да обухвате припрему мрежа речи и других образовних садржаја, развој механизма адаптације, имплементацију веб-сервиса за комуникацију са системом, развој клијентске мобилне апликације и евалуацију примене развијеног модела на основу података прикупљених током реализације.

Евалуација ће се обавити у четири фазе – прикупљањем података о учесницима истраживања, дискусијом са познаваоцима области учења језика, упитником о утисцима корисника апликације и техничком анализом заузећа ресурса мобилне клијентске апликације. На основу резултата утврдиће се да ли и у којој мери концепт мобилног адаптивног учења заснованог на онтологијама и мрежама речи може допринети унапређењу процеса учења страних језика и исхода учења.

6.2. Пројектовање и имплементација решења

6.2.1. Случајеви коришћења



Слика 20: Дијаграм случајева коришћења

Табела 12: Списак случајева коришћења

Случајеви коришћења:	
1. Иницијално пријављивање на систем	11. Покретање активности писања
2. Преглед појединачне речи	12. Тестирање знања

3. Листање и претрага локалне базе речи	13. Подешавање и покретање теста знања
4. Преглед појединачног кана знака	14. Преглед профила корисника
5. Листање кана знакова	15. Додавање пријатеља
6. Преглед појединачног канђи знака	16. Измена слике профила
7. Листање канђи знакова	17. Подешавање апликације
8. Играње игре памћења са јапанским знацима	18. Преглед помоћи
9. Вежбање писања јапанских знакова	19. Прегледање занимљивости
10. Подешавање активности за вежбање писања	20. Прелажење објеката учења

Комплетан опис пројектованих случајева коришћења је дат у табели 13.

Табела 13: Случајеви коришћења

<p>СК1: Иницијално пријављивање на систем</p> <p>Назив: Иницијално пријављивање на систем Сврха: Дефинисање основних параметара адаптације Актери: Корисник Учесници: Корисник, апликација и систем Предуслов: Апликација није покретана раније</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> Корисник покреће апликацију по први пут. Апликација нуди кориснику да унесе своје корисничко име и лозинку или да направи нове Корисник бира унос нових параметара Апликација приказује екран за иницијално подешавање система и добавља/приказује листу доступних језика и тема преко интернета. Корисник уноси своје име, бира жељени језик од понуђених и неки број тема које га интересују од понуђених. Корисник стиска дугме “ОК”. Апликација доставља унете податке систему Систем у складу са подешавањима бира и доставља одговарајући почетни комплет објеката учења Апликација преузима објекте учења и инсталира их у локалну базу Апликација приказује главни екран апликације. <p>Алтернативни сценарији:</p> <ol style="list-style-type: none"> Корисник уноси своје корисничко име и 	<p>СК2: Преглед појединачне речи</p> <p>Назив: Преглед појединачне речи Сврха: Преглед речи јапанског језика Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Покренута активност за приказ речи</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> Корисник користи дугмиће за кретање напред/назад по списку доступних речи да прикаже реч чије детаље жели да види. Апликација приказује изабрану реч написану различитим јапанским писмима, њен превод и дугме за пуштање аудио записа речи. Корисник кликће на дугме за пуштање аудио записа Апликација преузима аудио запис од система Апликација пушта аудио запис изговарања дате речи. <p>Алтернативни сценарији:</p> <ol style="list-style-type: none"> Уколико је из неког разлога немогуће успоставити конекцију са интернетом, систем приказује податке о речи, а скрива дугме за пуштање аудио записа.
---	--

<p>лозинку</p> <p>3.1.a. Апликација прослеђује параметре систему на проверу</p> <p>3.2.б. Систем потврђује валидност параметара</p> <p>3.2.в. Апликација приказује главни екран апликације.</p> <p>4.1, 7.1, 3.1.a.2. Уколико постоји проблем са конекцијом, систем приказује поруку о грешци и кориснику нуди понављање корака током којег је дошло до проблема.</p>	
<p>СК3: Листање и претрага локалне базе речи</p> <p>Назив: Листање и претрага локалне базе речи Сврха: Налажење жељених речи ради приказа Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Речи“ 2. Апликација приказује листу свих речи у локалној бази података. 3. Корисник уноси тражени текст у предвиђено поље. 4. Апликација сужава листу да приказује само речи које садрже унети текст у себи или у свом преводу на јапански. 5. Корисник бира жељену реч. 6. Систем обезбеђује преглед појединачне речи – include „Преглед појединачне речи“. <p>Алтернативни сценарији:</p> <p>4.1. Уколико ниједна реч не одговара траженом тексту, уместо резултата се исписује порука да није нађена ниједна реч.</p>	<p>СК4: Преглед појединачног кана знака</p> <p>Назив: Преглед појединачног кана знака Сврха: Преглед кана знакова Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Покренута активност за приказ кана знакова</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник користи дугмиће за кретање напред/назад по списку доступних знакова да прикаже знак чије детаље жели да види. 2. Апликација приказује изабран знак, редослед повлачења линија, његов латинични запис и реч – пример из базе података. 3. Корисник кликће на дугме „још један пример“ 4. Апликација приказује додатне речи – примере из локалне базе података <p>Алтернативни сценарији:</p> <p>2.1. Уколико не постоји реч – пример у локалној бази података, неће се приказати кориснику, као ни дугме за још један пример.</p>
<p>СК5: Листање кана знакова</p> <p>Назив: Листање кана знакова Сврха: Налажење жељених кана знакова ради приказа Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „писање“. 2. Апликација приказује активности везане за вежбање писама. 3. Корисник бира активност ”Претраживање кана знакова“. 4. Апликација приказује активност за претраживање кана знакова. 	<p>СК6: Преглед појединачног канђи знака</p> <p>Назив: Преглед појединачног канђи знака Сврха: Преглед канђи знакова Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Покренута активност за приказ канђи знакова</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник користи дугмиће за кретање напред/назад по списку доступних знакова да прикаже знак чије детаље жели да види. 2. Апликација приказује изабран знак, редослед повлачења линија, његов латинични запис, значење, читања исписана различитим писмима и реч – пример из базе података.

<p>5. Корисник користи дугмиће за кретање напред/назад да прикаже жељену табелу.</p> <p>6. Апликација приказује одговарајућу табелу са кана знацима.</p> <p>7. Корисник бира жељени знак из табеле.</p> <p>8. Апликација обезбеђује преглед изабраног знака – include „Преглед појединачног кана знака“.</p>	<p>3. Корисник кликће на дугме „још један пример“.</p> <p>4. Апликација приказује додатне речи – примере из локалне базе података.</p> <p>Алтернативни сценарији:</p> <p>2.1. Уколико не постоји реч – пример у локалној бази података, неће се приказати кориснику, као ни дугме за још један пример</p>
<p>СК7: Листање канђи знакова</p> <p>Назив: Листање канђи знакова</p> <p>Сврха: Налажење жељених канђи знакова ради приказа</p> <p>Актери: Корисник</p> <p>Учесници: Корисник и апликација</p> <p>Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Писање“. 2. Апликација приказује активности везане за вежбање писама. 3. Корисник бира активност ”Претраживање канђи знакова“. 4. Апликација приказује активност за претраживање канђи знакова. 5. Корисник користи дугмиће за кретање напред/назад да прикаже жељену табелу. 6. Апликација приказује одговарајућу табелу са канђи знацима. 7. Корисник бира жељени знак из табеле. 8. Апликација обезбеђује преглед изабраног знака – include „Преглед појединачног канђи знака“. 	<p>СК8: Играње игре памћења са јапанским знацима</p> <p>Назив: Играње игре памћења са јапанским знацима</p> <p>Сврха: Учење знакова кроз игру меморије</p> <p>Актери: Корисник</p> <p>Учесници: Корисник и апликација</p> <p>Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Писање“. 2. Апликација приказује активности везане за вежбање писама. 3. Корисник бира активност „Игра памћења“. 4. Апликација приказује екран са подешавањима нове игре 5. Корисник бира величину табле и скуп знакова који ће бити коришћени у игри и стиска дугме „Старт“. 6. Апликација покреће игру памћења са унетим подешавањима и приказује таблу. 7. Корисник кликће на парове картица док не повеже све парове на табли. 8. Апликација приказује колико је корисник освојио поена. 9. Корисник притиска дугме „ОК“. 10. Апликација приказује кориснику одељак „Писање“.
<p>СК9: Вежбање писања јапанских знакова</p> <p>Назив: Вежбање писања јапанских знакова</p> <p>Сврха: Вежбање писања јапанских знакова</p> <p>Актери: Корисник</p> <p>Учесници: Корисник и апликација</p> <p>Предуслов: Покренута активност за вежбање писања јапанских знакова</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апликација приказује екран за вежбање писања знакова. 2. Корисник подешава приказ водилца уз помоћ обезбеђених контрола. 3. Апликација приказује водилце за изабрани знак 	<p>СК10: Подешавање активности за вежбање писања</p> <p>Назив: Подешавање активности за вежбање писања</p> <p>Сврха: Подешавање активности</p> <p>Актери: Корисник</p> <p>Учесници: Корисник и апликација</p> <p>Предуслов: Покренута активност за вежбање писања јапанских знакова</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник кликће на дугме са подешавањима активности за вежбање писања 2. Апликација приказује три дугмета са различитим категоријама подешавања.

<p>4. Корисник по жељи укључује „фејд“ ефекат и минимизира интерфејс. 5. Апликација примењује подешавања. 6. Корисник црта прстом по екрану.</p>	<p>3. Корисник бира жељену категорију подешавања (писање, интерфејс, водиље). 4. Апликација приказује одговарајући дијалог са подешавањима. 5. Корисник мења подешавања и притиска дугме „ОК“. 6. Апликација примењује подешавања и приказује активност за вежбање писања.</p>
<p>СК11: Покретање активности писања</p> <p>Назив: Покретање активности писања Сврха: Покретање активности писања Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Писање“. 2. Апликација приказује активности везане за вежбање писања. 3. Корисник бира активност за вежбање писања. 4. Апликација покреће активност за вежбање писања – include „Вежбање писања јапанских знакова“ 	<p>СК12: Тестирање знања</p> <p>Назив: Тестирање знања Сврха: Тестирање знања Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Покренута активност за тестирање знања</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Апликација приказује питање, понуђене одговоре, број поена, број тачних и нетачних одговора кориснику. 2. Корисник даје одговор на питање 3. Кораци 1 и 2 се понављају докле год има питања. 4. Апликација приказује статистике кориснику. 5. Корисник притиска дугме „ОК“. 6. Апликација враћа корисника на претходну активност.
<p>СК13: Подешавање и покретање теста знања</p> <p>Назив: Подешавање и покретање теста знања Сврха: Тестирање знања на слободно изабраном скупу питања Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Тестови“. 2. Апликација приказује доступне врсте тестова 3. Корисник бира једну од врста тестова. 4. Апликација приказује екран са подешавањима теста 5. Корисник по жељи мења подешавања и притиска дугме „Старт“. 6. Апликација покреће тестирање знања са унетим подешавањима – include „Тестирање знања“. 	<p>СК14: Преглед профила корисника</p> <p>Назив: Преглед профила корисника Сврха: Преглед сопственог напретка и поређење са туђим Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Профил“. 2. Апликација приказује статистике корисника и његовог изабраног пријатеља.
<p>СК15: Додавање пријатеља</p> <p>Назив: Додавање пријатеља Сврха: Додавање пријатеља са којима је могуће поредити статистике</p>	<p>СК16: Измена слике профила</p> <p>Назив: Измена слике профила Сврха: Измена слике профила која је видљива другим корисницима</p>

<p>Актери: Корисник Учесници: Корисник, апликација и систем Предуслов: Приказан профил корисника</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник притиска дугме за приказ менија на мобилном уређају. 2. Апликација приказује мени. 3. Корисник бира ставку „Додај пријатеље“. 4. Апликација приказује екран за додавање пријатеља. 5. Корисник уноси текст по ком ће се вршити претрага корисника апликације и притиска дугме „Претражи“. 6. Апликација контактира систем, добавља листу свих корисника чија се имена поклапају са унетим текстом и приказује је кориснику. 7. Корисник бира једног од понуђених корисника. 8. Апликација контактира систем и добавља јавне податке о изабраном кориснику. 9. Апликација затвара екран за додавање пријатеља и кориснику приказује преглед профила са упоредо приказаним статистикама изабраног пријатеља. <p>Алтернативни сценарији:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6.1. Уколико постоји проблем са конекцијом, исписује се порука о томе и зауставља се даље извршење сценарија. 6.2. Уколико нема корисника чије се име поклапа са унетим текстом, исписује се порука о томе. 8.1. Уколико постоји проблем са конекцијом, затвара се екран за додавање пријатеља, а добављање информација се оставља за тренутак када се поново успостави конекција. 	<p>Актери: Корисник Учесници: Корисник, апликација и систем Предуслов: Приказан профил корисника</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник притиска дугме за приказ менија на мобилном уређају. 2. Апликација приказује мени. 3. Корисник бира ставку „измени слику профила“. 4. Апликација приказује дијалог за измену слике профила. 5. Корисник кликће на дугме „учитај“. 6. Апликација отвара приказ галерије свих слика на телефону 7. Корисник бира једну од слика. 8. Апликација кориснику приказује претходни дијалог. 9. Корисник кликће на слику коју жели да му буде слика профила (стару или нову). 10. Апликација затвара дијалог и намешта изабрану слику профила у локалу. 11. Апликација шаље систему нову слику профила <p>Алтернативни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 5.1. Корисник кликће на дугме „уклони“ чиме само уклања постојећу слику и враћа назад стандардну слику за профил. 11.1. Уколико постоји проблем са конекцијом, слање слике се оставља за тренутак када се поново успостави конекција.
<p>СК17: Подешавање апликације</p> <p>Назив: Подешавање апликације Сврха: Подешавање апликације Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Приказан један од основних одељака апликације</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник притиска дугме за приказ менија на мобилном уређају. 2. Апликација приказује мени. 3. Корисник бира ставку „Подешавања“. 4. Апликација приказује сва подешавања апликације. 5. Корисник мења подешавања по жељи. 	<p>СК18: Преглед помоћи</p> <p>Назив: Преглед помоћи Сврха: Преглед помоћи Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Приказан један од основних одељака апликације</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник притиска дугме за приказ менија на мобилном уређају. 2. Апликација приказује мени. 3. Корисник бира ставку „Помоћ“ 4. Апликација приказује све категорије помоћи. 5. Корисник бира једну од категорија. 6. Апликација приказује дијалог са текстом

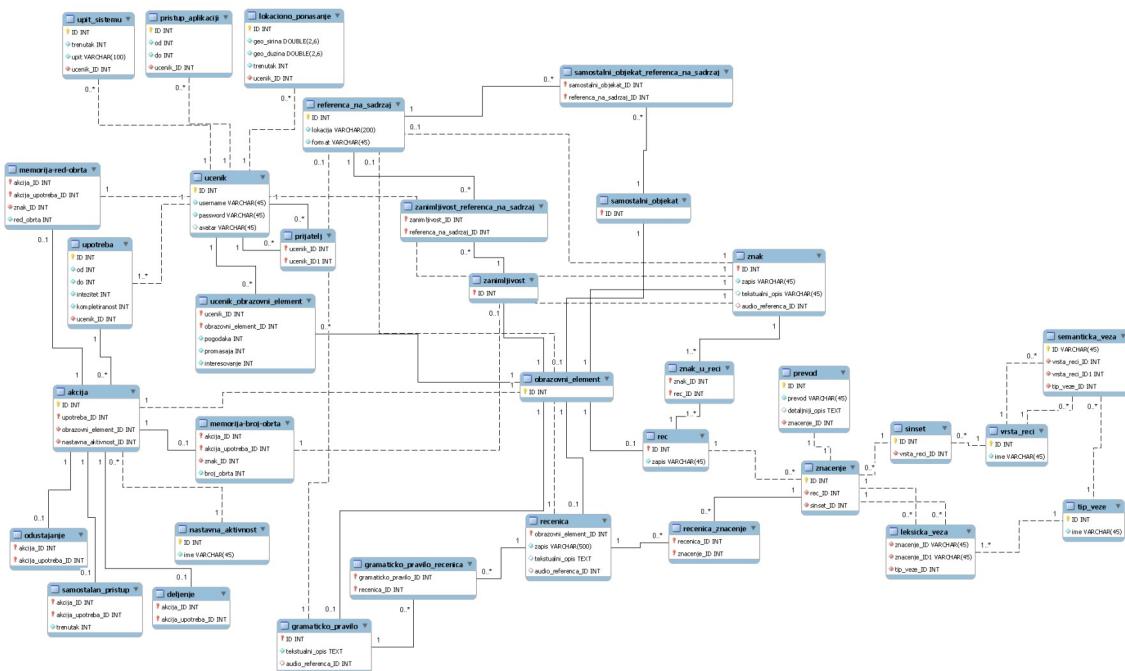
	<p>изабране теме. 7. Корисник листа странице теме коришћењем дугмића за кретање напред/назад.</p>
<p>СК19: Прегледање занимљивости</p> <p>Назив: Прегледање занимљивости Сврха: Прегледање занимљивости Актери: Корисник Учесници: Корисник и апликација Предуслов: Корисник има откључану бар једну занимљивост</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Занимљивости“. 2. Апликација приказује активност за преглед занимљивости 3. Корисник бира једну од категорија занимљивости 4. Апликација приказује све занимљивости у изабраној категорији 5. Корисник бира једну од занимљивости. 6. Апликација приказује садржај занимљивости. 	<p>СК20: Прелажење објеката учења</p> <p>Назив: Тестирање знања Сврха: Тестирање знања Актери: Корисник Учесници: Корисник, апликација и систем Предуслов: /</p> <p>Основни сценарио:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Корисник бира одељак „Учење“. 2. Апликација приказује све локално доступне објекте учења и опцију за захтевање нових објеката. 3. Корисник бира опцију за захтевање нових објеката. 4. Апликација прикупља текуће податке о кориснику, уређају и контексту и шаље их систему 5. Систем генерише један или више одговарајућих објеката учења и доставља их апликацији 6. Апликација приказује нове објекте на списку објеката учења 7. Корисник бира један од објеката учења. 8. Апликација приказује одељке садржане у објекту учења. 9. Корисник бира неки од доступних одељака. 10. Систем приказује одговарајућу активност – include „Преглед појединачне речи“, „Преглед појединачног кана знака“, „Преглед појединачног канџи знака“, Вежбање писања јапанских знакова“, „Тестирање знања“. 11. Када корисник пређе све одељке, апликација приказује дугме „Тестирај своје знање“. 12. Корисник кликће на дугме. 13. Апликација приказује тест кориснику – include „Тестирање знања“. <p>Алтернативни сценарији</p> <ol style="list-style-type: none"> 3.1. Корисник бира неки од постојећих објеката учења доступних у локалу. Сценарио наставља са нормалним извршењем од корака 8. 4.1. Уколико дође до проблема са конекцијом, кориснику се приказује порука о грешци и враћа се на корак 2.

6.2.2. Модел података

Имплементирани модели података обухватају два модела – модел података самог система за мобилно адаптивно учење страних језика и модел података мобилне апликације. Модел који се односи на систем је директно условљен онтолошким оквиром, док је модел који се односи на мобилну апликацију одређен форматом објекта учења које ће она користити.

6.2.2.1. Модел података централног дела система

У оквиру модела података централног дела система за мобилно адаптивно учење страних језика се налазе две главне компоненте – подаци који се односе на образовне садржаје и подаци који се односе на корисника. Комплетан модел је приказан на слици 21.



Слика 21: Модел података централног дела система за мобилно адаптивно учење страних језика

Модел података система је израђен у програму *MySQL Workbench* и осим тога што представља визуелни модел података може се директно применити као шема базе података у *MySQL* или другом компатибилном серверу релационих база података. Подаци који се односе на образовне садржаје су директно изведени из онтологије образовних садржаја (слика 12) проширени атрибутима који се односе на знање и интересовање корисника. Поред тога, велики број табела у приказаном моделу података се односе на понашање корисника и акције које он предузима у погледу неких образовних садржаја у оквиру неких образовних активности. Подаци који нису дефинисани у оквиру овог модела обухватају списак и класификацију образовних активности, као и атрибуте и вредности које се односе на мобилне уређаје и контекст учења. Услед мањег броја инстанци дефинисаних концепата, и већег броја међусобних веза, дотични подаци су серијализовани у облику JSON документа чији елементи референцирају идентификаторе из модела. У наставку је дата спецификација релационог модела за дати модел података.

Табела 14: Спецификација релационог модела за централни део система

Табела „акција”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES upotreba
	upotreba_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES upotreba
	образовни_element_ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES образовни_element
	nastavna_aktivnost_ID	Integer	not null	DELETE RESTRICTED образовни_element
				UPDATE CASCADES nastavna_aktivnost
				DELETE RESTRICTED nastavna_aktivnost

Табела „gramaticko pravilo”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES образовни_element
	tekstualni_opis	Text	not null	DELETE CASCADES образовни_element
	audio_referenca_ID	Integer		UPDATE CASCADES referenca_na_sadrzaj
				DELETE RESTRICTED referenca_na_sadrzaj

Табела „gramaticko pravilo_recenica”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	gramaticko pravilo_ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES gramaticko pravilo

	recenica_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES gramaticko_pravilo UPDATE CASCADES recenica DELETE RESTRICTED recenica
--	-------------	---------	----------	--

Табела „leksicka_veza”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES znacenje DELETE RESTRICTED znacenje UPDATE CASCADES tip_veze DELETE RESTRICTED tip_veze
	znacenje_ID	Integer	not null	
	znacenje_ID1	Integer	not null	
	tip_veze_ID	Integer	not null	

Табела „lokaciono_ponasanje”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik DELETE CASCADES ucenik
	ID	Integer	not null	
	geo_sirina	Double(6,2)	not null	
	geo_duzina	Double(6,2)	not null	
	trenutak	Integer	not null	
ucenik_ID	Integer	not null		

Табела „memorija_broj_obrta”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES akcija DELETE CASCADES akcija UPDATE CASCADES znak DELETE RESTRICTED znak
	akcija_ID	Integer	not null	
	akcija_upotreba_ID	Integer	not null	
	znak_ID	Integer	not null	
	broj_obrta	Integer	not null	

Табела „memorija_red_obrta”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES akcija DELETE CASCADES akcija UPDATE CASCADES znak DELETE RESTRICTED znak
	akcija_ID	Integer	not null	
	akcija_upotreba_ID	Integer	not null	
	znak_ID	Integer	not null	
	broj_obrta	Integer	not null	

Табела „nastavna_aktivnost”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	ime	Varchar(45)	not null	

Табела „obrazovni_element”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	

Табела „odustajanje”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES akcija DELETE CASCADES akcija
	akcija_ID	Integer	not null	
	akcija_upotreba_ID	Integer	not null	

Табела „prevod”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES znacenje DELETE RESTRICTED znacenje
	ID	Integer	not null	
	prevod	Varchar(45)	not null	
	detaljniji_opis	Text		
	znacenje_ID	Integer	not null	

Табела „priatelj”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik DELETE CASCADES ucenik
	ucenik_ID	Integer	not null	

	ucenik_ID1	Integer	not null	
--	------------	---------	----------	--

Табела „pristup_апликацији”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik DELETE CASCADES ucenik
	ID	Integer	not null	
	od	Integer	not null	
	do	Integer	not null	
	ucenik_ID	Integer	not null	

Табела „rec”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element
	ID	Integer	not null	
	zapis	varchar(45)	not null	

Табела „recenica”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element UPDATE CASCADES referenca_na_sadrzaj DELETE RESTRICTED referenca_na_sadrzaj
	ID	Integer	not null	
	zapis	Varchar(500)	not null	
	tekstualni_opis	Text		
	audio_referenca_ID	Integer		

Табела „recenica_znacenje”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES recenica DELETE CASCADES recenica UPDATE CASCADES znacenje DELETE CASCADES znacenje
	recenica_ID	Integer	not null	
	znacenje_ID	Integer	not null	

Табела „referenca_na_sadrzaj”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	lokacija	Varchar(200)	not null	
	format	Varchar(45)	not null	

Табела „samostalan_pristup”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES akcija DELETE CASCADES akcija
	akcija_ID	Integer	not null	
	akcija_upotreba_ID	Integer	not null	
	trenutak	Integer	not null	

Табела „samostalni_objekat”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element
	ID	Integer	not null	

Табела „samostalni_objekat_referenca_na_sadrzaj”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES samostalni_objekat
	samostalni_objekat_ID	Integer	not null	

	referenca_na_sadrzaj_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES samostalni_objekat UPDATE CASCADES referenca_na_sadrzaj DELETE RESTRICTED referenca_na_sadrzaj
--	-------------------------	---------	----------	--

Табела „semanticka_veza”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES sinset
	ID	Integer	not null	DELETE CASCADES sinset
	sinset_ID	Integer	not null	
	sinset_ID1	Integer	not null	UPDATE CASCADES tip_veze
	tip_veze_ID	Integer	not null	DELETE RESTRICTED tip_veze

Табела „sinset”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES vrsta_reci
	ID	Integer	not null	DELETE RESTRICTED vrsta_reci
	vrsta_reci_ID	Integer	not null	

Табела „tip_veze”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	ime	Varchar(45)	not null	

Табела „ucenik”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	username	Varchar(45)	not null	
	password	Varchar(45)	not null	
	avatar	Varchar(45)		

Табела „ucenik_obrazovni_element”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik
	ucenik_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES ucenik
	obrazovni_element_ID	Integer	not null	
	pogodaka	Integer	not null	UPDATE CASCADES obrazovni_element
	promasaja	Integer	not null	DELETE CASCADES obrazovni_element
	interesovanje	Integer	not null	DELETE CASCADES obrazovni_element

Табела „upit_sistemu”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik
	ID	Integer	not null	DELETE CASCADES ucenik
	trenutak	Integer	not null	
	password	Varchar(100)	not null	
	ucenik_ID	Integer	not null	

Табела „upotreba”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES ucenik
	ID	Integer	not null	DELETE CASCADES ucenik
	od	Integer	not null	
	do	Integer	not null	
	intezitet	Integer	not null	
	kompletiranost	Integer	not null	
	ucenik_ID	Integer	not null	

Табела „vrsta_reci”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
---------------------	--	-----------------------------	--	-----------------------

Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута
	ID	Integer	not null
	ime	Varchar(45)	not null

Табела „zanimljivost”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element
	ID	Integer	not null	

Табела „zanimljivost_referenca_na_sadrzaj”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES zanimljivost DELETE CASCADES zanimljivost UPDATE CASCADES referenca_na_sadrzaj DELETE RESTRICTED referenca_na_sadrzaj
	zanimljivost_ID	Integer	not null	
	referenca_na_sadrzaj_ID	Integer	not null	

Табела „znapcenje”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES rec DELETE RESTRICTED rec UPDATE CASCADES sinset DELETE CASCADES sinset
	ID	Integer	not null	
	rec_ID	Integer	not null	
	sinset_ID	Integer	not null	

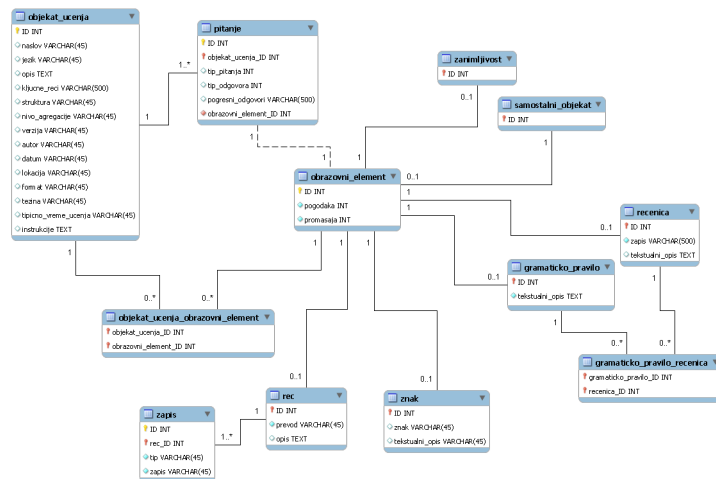
Табела „znak”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element UPDATE CASCADES referenca_na_sadrzaj DELETE RESTRICTED referenca_na_sadrzaj
	ID	Integer	not null	
	zapis	Varchar(45)	not null	
	tekstualni_opis	Varchar(100)		
	audio_referenca_ID	Integer		

Табела „znak_u_reci”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES znak DELETE CASCADES znak UPDATE CASCADES rec DELETE CASCADES rec
	znak_ID	Integer	not null	
	rec_ID	Integer	not null	

6.2.2.2. Модел података мобилне клијентске апликације

Систем за мобилно адаптивно учење страних језика доставља образовне садржаје мобилној клијентској апликацији у виду објеката учења. Услед тога, модел података мобилне клијентске апликације поседује више сличности са моделима метаподатака објеката учења (слика 16) и структуре објеката учења (слика 15) него са онтологијом образовних садржаја. Модел података је додатно упрошћен ради лакше имплементације, па су поједине табеле/шифарници изостављени,

референце ка сликама и аудио-записима замењене имплицитним везивањем за *ID* елемента, а неке од сложених вредности представљене као једноставна текстуална поља која се морају парсирати како би се дошло до појединачних вредности. Модел података мобилне клијентске апликације је приказан на слици 22.



Слика 22: Модел података мобилне клијентске апликације

У наставку је дата спецификација релационог модела за дати модел података.

Табела 15: Спецификација релационог модела за мобилну апликацију

Табела „gramaticko pravilo”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element
	ID	Integer	not null	
	tekstualni_opis	TEXT		

Табела „gramaticko pravilo recenica”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	UPDATE CASCADES gramaticko pravilo DELETE CASCADES gramaticko pravilo UPDATE CASCADES recenica DELETE RESTRICTED recenica
	gramaticko pravilo_ID	Integer	not null	
	recenica_ID	Integer	not null	

Табела „objekat usenja”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	naslov	Varchar(45)	not null	
	jezik	Varchar(45)	not null	
	opis	Text		
kljucne_reci	Varchar(500)			

	struktura	Varchar(45)		
	nivo_agregacije	Varchar(45)		
	verzija	Varchar(45)		
	autor	Varchar(45)		
	datum	Varchar(45)		
	lokacija	Varchar(45)		
	format	Varchar(45)		
	tezina	Varchar(45)		
	tipicno_vreme_ucenja	Varchar(45)		
	instrukcije	Text(45)		

Табела „objekat_ucenja_obrazovni_element”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	objekat_ucenja_ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES objekat_ucenja
	obrazovni_element_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES objekat_ucenja
				UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE RESTRICTED obrazovni_element

Табела „obrazovni_element”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	
	pogodaka	Integer	not null	
	promasaja	Integer	not null	

Табела „pitanje”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES objekat_ucenja
	objekat_ucenja_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES objekat_ucenja
	tip_pitanja	Integer	not null	
	tip_odgovora	Integer	not null	
	pogresni_odgovori	Varchar(500)	not null	UPDATE CASCADES obrazovni_element
	obrazovni_element_ID	Integer	not null	DELETE CASCADES obrazovni_element

Табела „rec”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES obrazovni_element
	prevod	Varchar(45)	not null	DELETE CASCADES obrazovni_element
	opis	Text		

Табела „recenica”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES obrazovni_element
	zapis	Varchar(500)	not null	DELETE CASCADES obrazovni_element
	tekstualni_opis	Text		

Табела „samostalni_objekat”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES objekat_ucenja DELETE CASCADES objekat_ucenja

Табела „zanimljivost”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
------------------------------	--	------------------------------------	--	------------------------------

Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES objekat_ucenja DELETE CASCADES objekat_ucenja

Табела „zapis”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES rec DELETE CASCADES rec
	rec_ID	Integer	not null	
	tip	Varchar(45)	not null	
	zapis	Varchar(45)	not null	

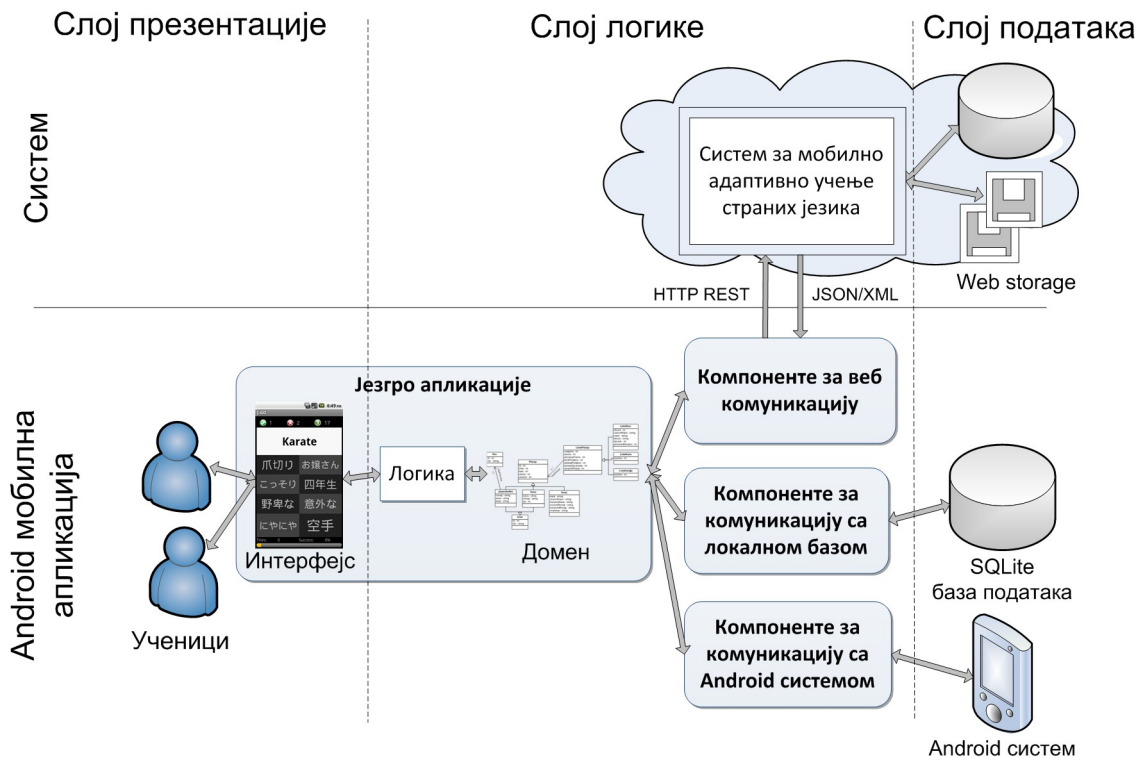
Табела „znak”		Просто вредносно ограничење		Структурно ограничење
Атрибути	Име	Тип атрибута	Вредност атрибута	
	ID	Integer	not null	UPDATE CASCADES obrazovni_element DELETE CASCADES obrazovni_element
	rec_ID	Varchar(45)	not null	
	tekstualni_opis	Varchar(45)	not null	

6.2.3. Архитектура централног дела система и мобилне апликације

Имплементација архитектуре система за мобилно адаптивно учење страних језика је изведена у складу са пројектованим моделом (слика 10), уз неке мање измене. С обзиром на циљеве имплементације који су оријентисани директно ка ученицима и ефикасности презентованог система да подржи учење, неке од компонената модела нису имплементирани у оквиру овог истраживања, већ су остављене за будућа проширења. Прва од тих компонената је процесор профила, која је у презентованом моделу дефинисана као опциона компонента чија је сврха додатно побољшање главних механизма адаптације кроз анализу и класификацију корисника система. Компонента за директан приступ образовним садржајима кроз веб-сервисе је замишљена са улогом остваривања сарадње међу више повезаних организација, а без директног утицаја на процес учења и механизме адаптације. У контексту израде ове дисертације, где је имплементација система изведена на Катедри за електронско пословање Факултета организационих наука, ова компонента је остављена за будућа проширења. На крају, интерфејс за управљање садржајима је изведен у минималном облику пошто је његова пружање алтернативе механизмима адаптације који представљају главну компоненту система. Преостале компоненте система су имплементирани у складу са моделом:

- **Платформа за имплементацију система** – имплементација је изведена на инфраструктури за рачунарство у облаку на Катедри за електронско пословање
- **Онтолошки оквир** – дефинисан у виду низа *JSON* докумената, који користе стандардну шему идентификовања објеката.
- **База знања** – имплементирана у виду *MySQL* релационе базе података, дефинисањем шеме у *MySQL Workbench* алату и миграцијом енглеске и јапанске мреже речи из *SQLite* базе.
- **Кориснички модели** – складиште података о корисницима је такође имплементирано у оквиру *MySQL* базе података, док је компонента за управљање тим подацима имплементирана у програмском језику *PHP*.
- **Компонента за управљање учењем** – имплементирана у виду *REST* веб-сервиса коришћењем програмског језика *PHP*.

Систем за мобилно адаптивно учење страних језика је пројектован на такав начин да подржава рад са било којом клијентском апликацијом која је спремна да користи стандардни речник (дефинисан онтолошким оквиром) и приступну тачку у виду стандардних *REST* веб-сервиса. Коришћењем лабавог повезивања кроз генеричке интерфејсе, остављена је велика слобода у развоју клијентске апликације чија архитектура није део модела изложеног у овој дисертацији. У наставку је зато дат нешто детаљнији модел (слика 23) и опис архитектуре имплементираних апликација.



Слика 23: Модел архитектуре мобилне апликације

Архитектура мобилне апликације је пројектована као стандардна трослојна, са слојевима презентације, логики и података.

Имплементација презентационог слоја се заснива на основним елементима корисничког интерфејса у оквиру *Android OS*-а. Динамички интерфејс омогућава једноставно коришћење свих функција у оквиру апликације и у тесној је вези са апликационом логицом. Доменски објекти који се користе у апликацији представљају објекте учења, јапанске речи са одговарајућим преводима, знакове јапанских писама, питања, квизове и занимљивости; сви ови објекти се перзистирају у локалној бази података. Језгро апликације се даље ослања на низ компонената које га повезују са изворима/складиштима података која садрже апликационе податке, језичке ресурсе и корисничке податке.

Прва од ових компонената је задужена за комуникацију са базом података. Брокер базе података, који представља интерфејс ка бази, је доступан из свих делова

апликације и стара се о читању језичких ресурса (речи, знакова, занимљивости, квивоза) из базе и вођењу евиденције о истим. База је имплементирана коришћењем *SQLite* система, који је доступан на *Android* платформи, али се по потреби може изменити зарад прилагођавања некој другој платформи. У овом случају, измене у самом језгру апликације нису неопходне будући да компонента за рад са базом представља интерфејс који у потпуности апстрахује начин имплементације складишта података. Складиште може, по потреби, бити имплементирано било кроз неки други тип релационе базе података, било кроз неки алтернативни систем – фајл систем, онлајн складиште, нерелациону базу података итд.

Компонента за комуникацију са *Android* системом додатно апстрахује карактеристике *Android* платформе од остатка апликације и служи за:

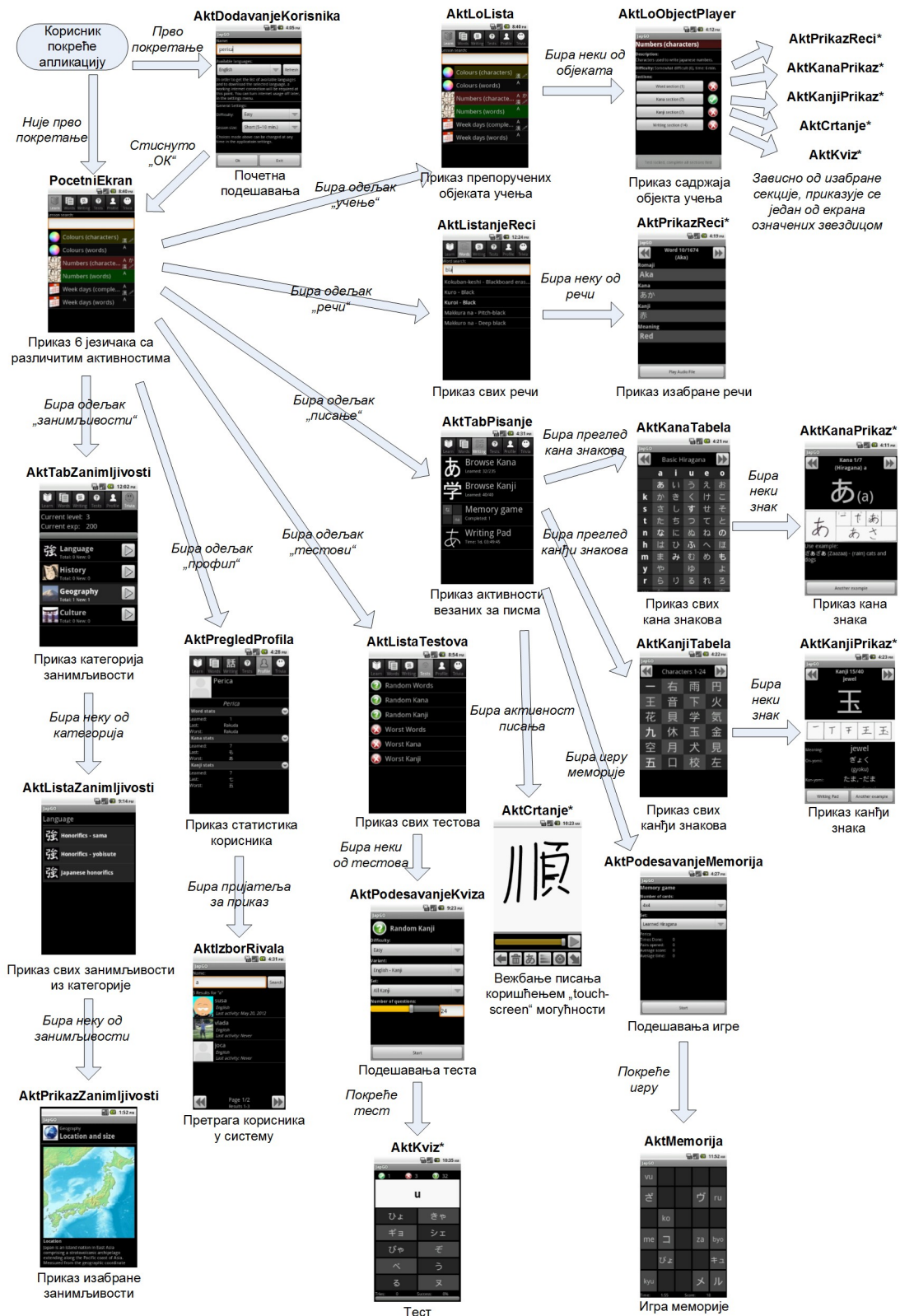
- складиштење једноставних апликационих података који се чувају од сесије до сесије кроз *Android* систем дељених преференци,
- учитавање и парсирање датотека из приватног складишног простора додељеног свакој *Android* апликацији
- динамичко учитавање слика
- приказ кратких порука кориснику
- добављање, привремено чување и пуштање аудио-записа речи

Компонента за веб-комуникацију има задатак да комуницира са централним делом система и приступа онлајн ресурсима (аудио-датотекама). Овај процес се обавља у позадини, независно од тренутног стања апликације и без блокирања интеракције са корисником.

6.2.4. Кориснички интерфејс

На слици 24 је дат општи преглед екрана мобилне клијентске апликације и начина кретања корисника кроз интерфејс и активности. За сваки од екрана је дато име одговарајуће имплементирајуће класе, слика екрана и његов кратак опис. Кретање

са екрана на екран је приказано путем стрелица над којима су написани услови за прелазак. Ради једноставности, на слици нису приказане све путање нити сви екрани. Шест основних „токова“, који су приказани у распореду приближно одговарајућем смеру кретања казаљке на сату, су: рад са објектима учења (лекцијама), рад са речима, рад са знацима јапанских писама, утврђивање знања на тестовима, преглед профила и преглед занимљивости о Јапану.



Слика 24: Екрани мобилне апликације и ток кретања корисника

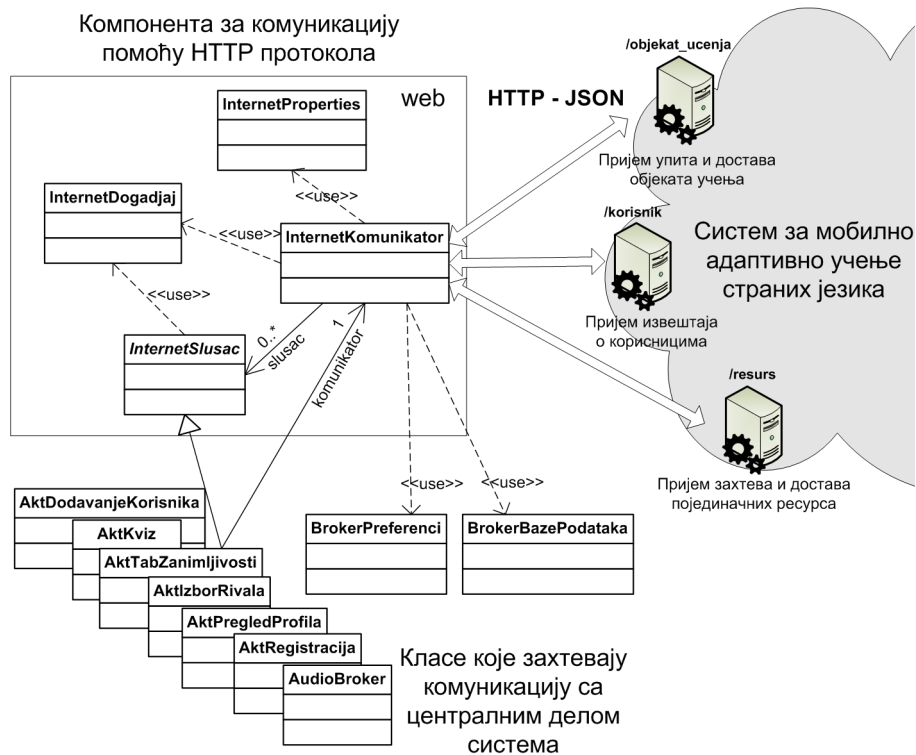
6.2.5. Компоненте мобилне апликације за рад са подацима

Мобилна апликација поседује три независне компоненте за рад са интерним и екстерним подацима:

- Компоненту за комуникацију са веб-апликацијом
- Компоненту за комуникацију са локалном базом података
- Компоненту за комуникацију са *Android* системом

У овом поглављу је описана интерна структура наведених компонената.

Компонента за веб комуникацију у оквиру *Android* апликације обухватају класу *InternetKomunikator*, која је имплементирана као *singleton* и која садржи низ метода за комуникацију коришћењем *HTTP* протокола. Ова класа се ослања на *InternetProperties* класу, која садржи адресе приступних тачака централном делу система и константе које садрже имена/вредности *POST* параметара стандардних захтева. Класе које желе да комуницирају са централним делом система преко веба имплементирају *InternetSlusac* интерфејс, шаљу свој захтев и затим бивају обавештене у тренутку пристизања одговора преко методе *InternetSlusac* интерфејса која прима *InternetDogadjaj* објекат као параметар. *InternetDogadjaj* садржи информације о успеху/неуспеху комуникације и тело одговора добијеног у *HTTP* одговору. Структура ове компоненте и њени односи са другим ентитетима су приказани на слици 25.



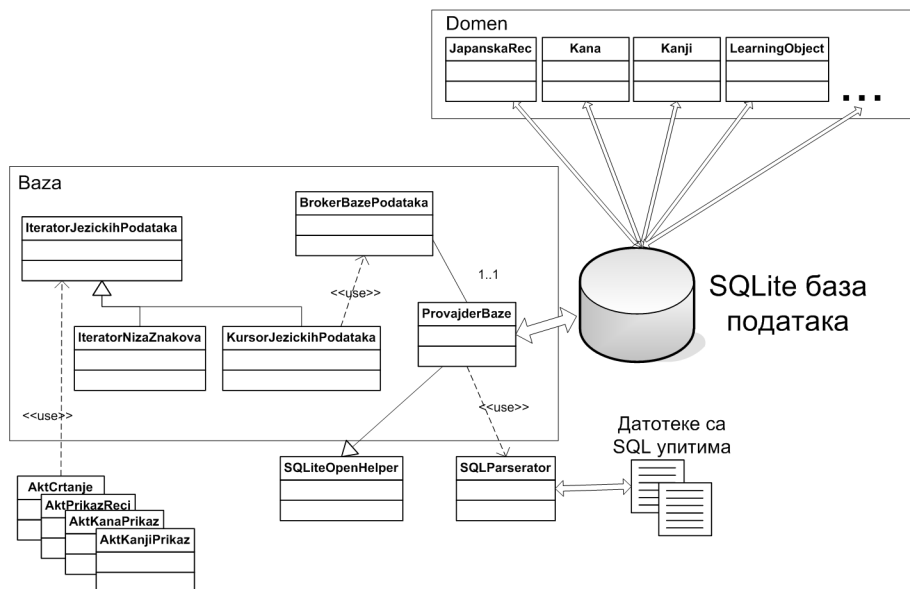
Слика 25: Структура компоненте за веб-комуникацију

Компонента за комуникацију са локалном базом података се ослања на *SQLite* релациону базу података за складиштење већине података у оквиру саме апликације. За комуникацију са овом базом се користи *Android* класа *SQLiteOpenHelper*, која је наслеђена у класи *ProvajderBaze*. У оквиру класе *ProvajderBaze* се имплементира метода која креира базу података при првом покушају да јој се приступи. *ProvajderBaze* у себи садржи низ референци на све *CREATE TABLE* упите свих доменских објеката и извршава их све уколико треба креирати нову базу података. Осим тога, користи класу *SQLParserator* да изврши све *SQL* упите дефинисане у *assets/sql* фолдеру пројекта (уколико их има). Ови упити генерално служе да попуне нову базу података неким почетним подацима.

За конкретан рад са доменским објектима, за њихово читавање, ажурирање, додавање и брисање из базе података се користи класа *BrokerBazePodataka*. Ова класа ради са генеричким објектима типа *OpstiDomenskiObjekat* и може да изврши све операције над објектима било које класе која наслеђује *OpstiDomenskiObjekat*,

што обухвата све доменске класе, односно класе које представљају речи, знакове, реченице и друге елементе. *BokerBazePodataka* је пројектован као singleton и може му приступити било која од класа апликације.

Неке од активности апликације презентују низ образовних јединица корисницима и дозвољавају кориснику да се пребацује са једне на другу коришћењем дугмића лево/десно. Проблем настаје када се узме у обзир да су такве активности кориснику доступне на два начина – као саставни део објеката учења или кроз самосталан приступ. Код самосталног приступа презентују се сви подаци из базе података; када се истим активностима приступа кроз неки од објеката учења, презентују се само они елементи који су део објекта. Како би се омогућило да такве активности функционишу на јединствен начин, без обзира да ли се презентују сви доступни образовни елементи или само један њихов подскуп одређен активношћу учења, пројектован је интерфејс *IteratorJezickihPodataka<T>*, који декларише методе за кретање лево/десно по неком скупу образовних садржаја и методе за преузимање одређених елемената текуће јединице. Ову класу даље наслеђују *IteratorNizaZnakova*, који је намењен раду са знаковима садржаним у низу (односно листи) и *KursorJezickihPodataka*, који ради са *Cursor* класом *Android* система и врши кретање по бази података. Користећи овај систем, активност треба само да зна да ради са класом *IteratorJezickihPodataka* док је конкретна имплементација позната само ономе ко покреће активност и има знање о ширем контексту њеног покретања, што је типично неки контролер логике вишег нивоа. Структура ове компоненте је приказана на слици 26.



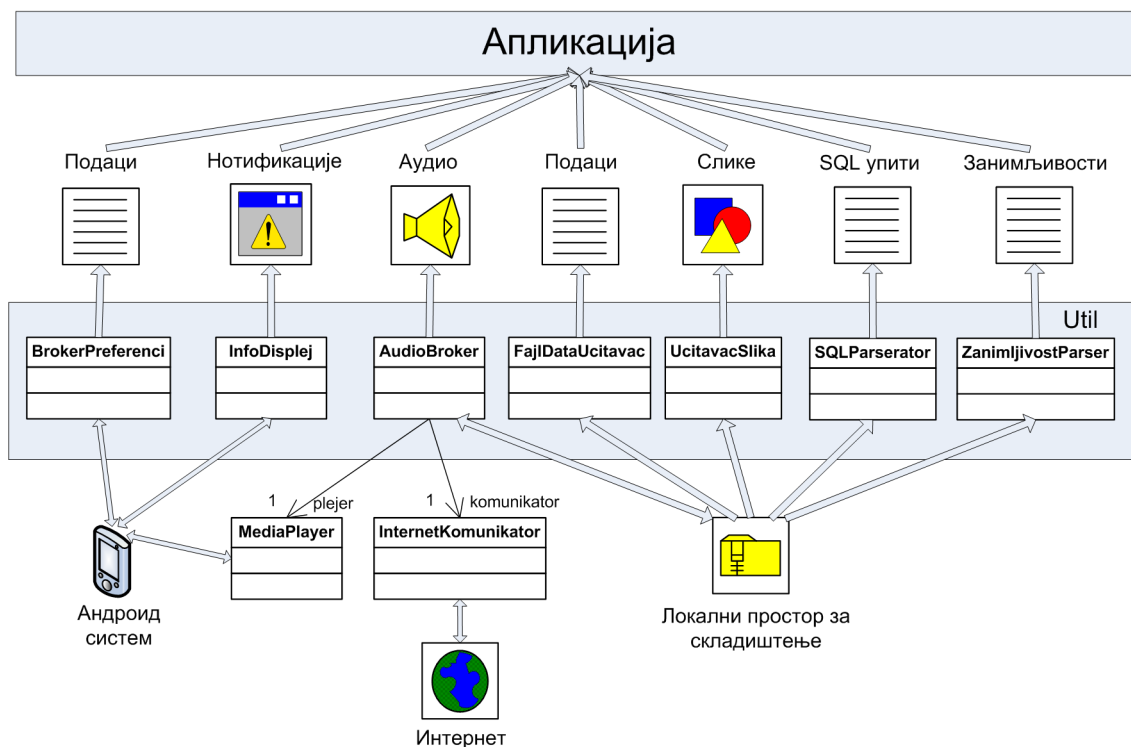
Слика 26: Структура компоненте за комуникацију са базом података

Компонента за комуникацију са *Android* системом садржи низ разноврсних, неповезаних класа које обезбеђују једноставан интерфејс за комуникацију са разним аспектима *Android* система [176] и типично су реализоване као класе са статичним методама или *singleton*-и:

- **BrokerPreferenci** је класа која треба да омогући перзистирање малих количина примитивних типова података. На *Android* платформи је то посао *SharedPreferences* класе која обавља снимање/читање из специјалних *XML* датотека; рад са овом класом се налази у основи класе *BrokerPreferenci*.
- **InfoDisplej** класа садржи неколико метода за брзо креирање тзв. *Toast*-ова и најједноставнијих дијалога који садрже само поруку и дугме ОК. Сложенији дијалози се креирају тамо где су потребни или имају сопствене класе.
- **AudioBroker** се стара о добављању аудио-записа речи јапанског са интернета и њиховом привременом чувању у оквиру фајл система. Овим кеширањем аудио-фајлова се побољшава ефикасност апликације и смањује употреба интернета.

- ***FajlDataUcitavac*** има улогу парсирања одређених врста текстуалних датотека и враћања података у виду листе String-ова.
- ***UcitavacSlika*** читава слике са задатим именом, при чему обавља проверу на два места – у оквиру *assets*-а апликације и у оквиру приватних датотека; уколико не нађе тражену слику ни на једном од та два места, враћа стандардну „нема слике“ слику. Слика се враћа у облику објекта класе *Bitmap*.
- ***SQLParserator*** се користи од стране *SQLiteOpenHelper*-а при креирању базе података; ова класа враћа низ *SQL* упита из задате *SQL* датотеке.
- ***ZanimljivostParser*** обавља парсирање *XML* фајлова који садрже занимљивости. Парсирање се обавља уз помоћ *SAX* парсера, а резултат парсирања су објекти класе *Занимљивост*.

Коришћењем наведених класа, од главног дела апликације се апстрахују сви имплементациони детаљи, што омогућава лаку будућу измену, на пример – премештање локације где се чувају датотеке, промену формата неких датотека, промену изворишта аудио-записа итд. Класе које сачињавају компоненту за комуникацију са *Android* системом су приказане на слици 27.



Слика 27: Компонента за комуникацију са Android системом

6.2.6. Пословна логика мобилне апликације

Пословна логика мобилне клијентске апликације је већином одређена поставкама истраживања спроведеног у овој дисертацији. Мобилна апликација треба да презентује примљене садржаје и прати понашање корисника. Презентација садржаја је једноставна, условљена и карактеристикама мобилног окружења и самих језичких садржаја који се презентују. Сва додатна логика је задата од стране система у оквиру достављених објеката учења. Две компоненте које се издвајају по својој сложености у оквиру мобилне апликације су механизам за генерисање тестова и активност вежбања писања.

6.2.6.1. Механизам за генерисање тестова

Механизам за генерисање тестова је један од сложенијих механизма мобилне апликације који мора да ради са низом разноврсних параметара и базом података

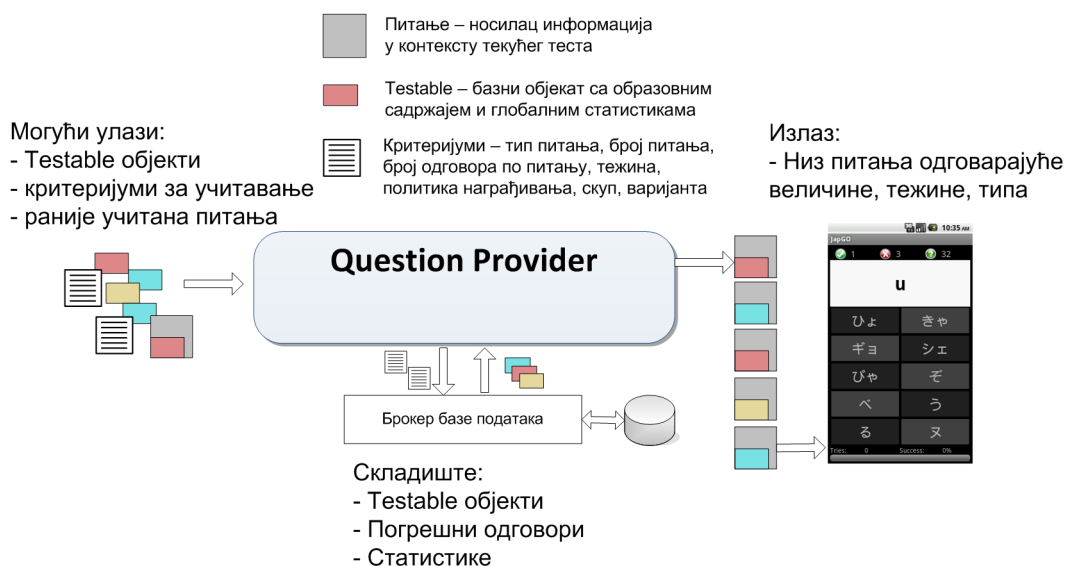
и да свој посао обавља асинхроно како не би дошло до застоја у презентацији питања кориснику током извршења теста.

Основни делови система за тестирање су компонента за учитавање питања која их додаје на крај једног реда (*queue*) и интерфејс за интеракцију са корисником који узима питања са његовог почетка и приказује их (слика. 28). Ова два процеса (учитавање и приказивање) се обављају конкурентно, тиме искоришћавајући време које је кориснику потребно да одговори на питање и избегавајући блокирање интерфејса док се сва питања учитају.

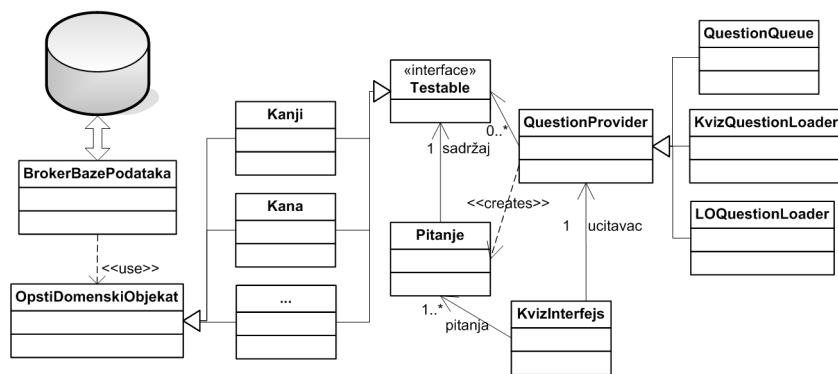
Дијаграм класа које учествују у овом процесу је дат на слици 29. Компоненте за учитавање имплементирају *QuestionProvider* интерфејс и постоји их неколико врста зависно од намене. Улаз компоненте за учитавање представљају објекти-основне јединице садржаја који имплементирају интерфејс *Testable*. Преко овог интерфејса се генерички приступа садржајима објеката без обзира да ли су у питању речи, кана или канђи знаци. Поред њих улаз представља и низ критеријума на основу којих ће бити креирани објекти-питања испуњени контекстним информацијама важним за текући квиз. Ови критеријуми обухватају: број питања на тесту, број нетачних одговора по питању, варијанту питања, наградно „искуство” које тачни одговори дају и евентуално ограничење сета питања која долазе у обзир.

У апликацији постоје три имплементације *QuestionProvider* интерфејса. Прва је једноставан *QuestionQueue*, који само обмотава листу готових питања. Претпоставка је да у неким ситуацијама може постојати већ учитана листа (нпр. у случају понављања теста) која се само може проследити објекту ове класе. Друга имплементација је *QuizQuestionLoader*, која је намењена учитавању питања за независно покренуте/конфигурисане квизове и чији су параметри углавном садржани у *Kviz* објекту. Ова класа на основу примљених параметара типично припрема у некој мери случајно изабрана питања. На крају, трећа имплементација је *LOQuestionLoader*. Ова имплементација генерише питања за квизове који су део

лекција, односно објекта учења и параметре прима у облику *LearningObject*-а за који се генерише квиз. Питања се овде учитавају према образовном садржају *LearningObject*-а.



Слика 28: Механизам за учитавање и приказ питања на тесту



Слика 29: Дијаграм класа које учествују у генерисању питања за тест

6.2.6.2. Активност за вежбање писања

Захваљујући модларној архитектури, активност за вежбање писања је имплементирана интеграцијом компоненте развијене у оквиру ранијег истраживања [171]. Активност за вежбање писања се ослања на низ класа које су детаљније описане у овом одељку. Глобални приказ ове активности је дат на

слици 30. Приказ активности за вежбање писања се добија комбиновањем неколико графичких слојева који су смештени један изнад другог. Овај механизам је имплементиран тако што сваки слој представља једну класу која наслеђује апстрактни *Android View* и у себи садржи и презентациону логику и логику која се односи на његове дужности у активности за вежбање писања.

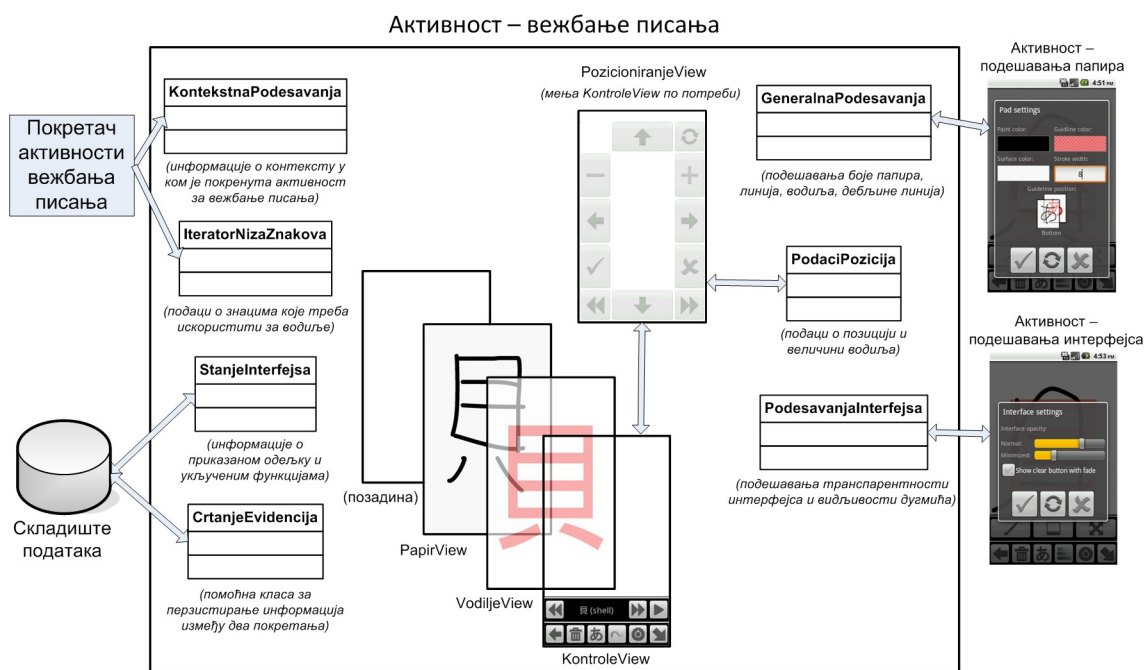
Почевши од дна, први слој је слој за цртање, ***PapirView***, који имплементира интерфејс *Papir*. Овај слој је провидан и садржи логику за реаговање на додире прстима по екрану и исцртавање одговарајућих линија, као и за опционо блеђење линија са временом (уз помоћ угњеженог *Thread*-а). Изнад овог слоја налази се ***VodiljeView***, који исцртава линије водиле, односно неки од знакова који се тренутно вежба. Овај *View* имплементира интерфејс *VodiljeKontroler* и стара се за приказивање/скривање водилца и измену њихове боје, позиције и величине. Позиције ова два слоја се могу изменити у подешавањима; стандардно се слој са водилцама налази изнад папира, али је зато делом провидан; могуће је сместити га на дно у ком случају ће линије које корисник вуче у потпуности прекривати линије-водиле.

На врху се налази најзначајнији слој, ***KontrolerView***, који представља контролер свих функција и који исцртава кориснички интерфејс – дугмиће и секције које се могу приказати/склонити. Уколико корисник активира позиционирање водилца, овај слој привремено нестаје и бива замењен слојем који садржи ***PozicioniranjeView*** са контролама за позиционирање и промену величина водилца.

Активност за вежбање писања може бити покренута у неколико различитих ситуација – кроз неку од лекција (објеката учења), приликом независног прегледа неког од знакова и, коначно, комплетно независно од било које друге активности у апликацији. Зависно од контекста у ком је активност покренута, постоје одређена ограничења која се морају применити на интерфејс и уопште функционисање ове активности. Ове информације и ограничења се активности достављају кроз објекат класе *KontekstnaPodesavanja*. За приступ знаковима које треба приказати

водиљама активности се доставља објекат који имплементира *IteratorNizaZnakova*, што омогућава исти начин рада и ако се подаци ваде директно из базе података и ако се ради о једноставном низу од неколико елемената .

Поред ових улазних информација, сама активност учитава и перзистира одређене информације при сваком покретању. Ове информације се у меморији налазе у објекту класе *StanjeInterfejsa*, где се памте укључене контроле и приказане секције у интерфејсу, док се за друге, глобалне информације користи помоћна класа *CrtanjeEvidencija* и њене статичне методе за перзистирање једноставних, неструктурираних података. Осим тога, активност примењује подешавања која се добијају од активности за подешавање папира, интерфејса и слоја за позиционирање; ове информације се чувају у објектима класа *GeneralnaPodesavanja*, *PodaciPozicija* и *PodesavanjaInterfejsa*.

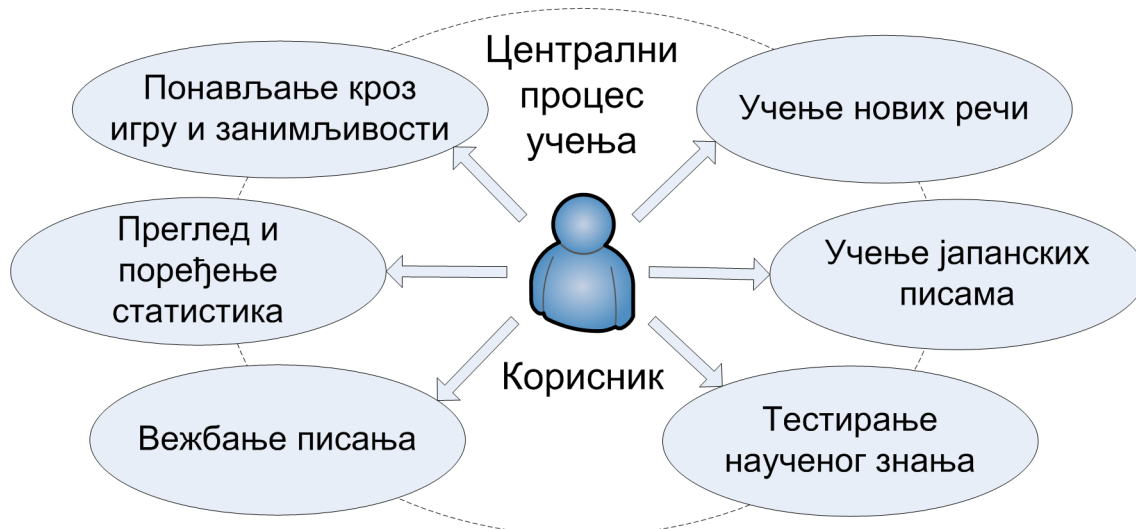


Слика 30: Активност за вежбање писања

6.2.7. Функционалности апликације

Мобилна клијентска апликација представља једину додирну тачку ученика са системом за мобилно адаптивно учење страних језика. Из тог разлога, функционалности система се, из перспективе корисника, манифестују у виду функционалности мобилне апликације. Начин презентације садржаја, интеракције са учеником и свеопшти утисак ученика о систему ће бити одређени имплементацијом мобилне апликације. У овом поглављу је приказан коначни изглед мобилне апликације и начин њеног коришћења од стране ученика.

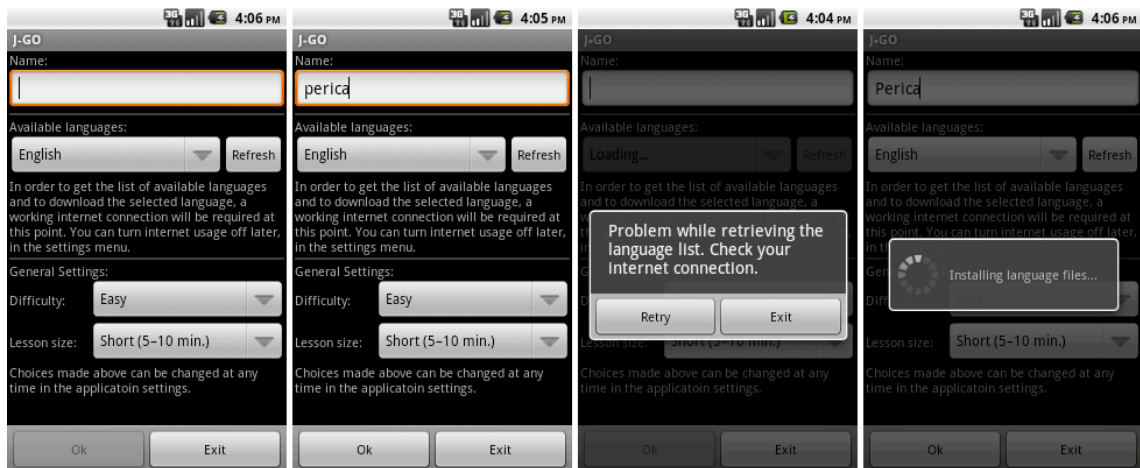
У складу са пројектованим карактеристикама система и његом имплементацијом, мобилна клијентска апликација треба да омогући учење јапанског језика на забаван, интерактиван начин, у покрету, прилагођено карактеристикама ученика, уређаја на којем се одвија учење и окружења. Основни процес учења се одвија кроз сесије у којима корисник добија задатак да научи неки број нових речи, знакова или других језичких елемената, могућност да утврди научено путем игре памћења, вежбе писања или презентације релевантних занимљивости, да би се на крају његово знање проверило помоћу активности тестирања. Све активности које су доступне као део централизованог процеса учења су доступне и независно чиме је обезбеђена употребљивост апликације у разним контекстима учења који зависе од потреба и карактеристика корисника и процеса учења. Корисник може да тестира своје знање на листама речи категорисаним по неком критеријуму, да врши преглед свих знакова хирагана/катакана писама и неког броја канђија и да приступа њиховим појединачним детаљнијим приказима; може да приступа тестовима за кана и канђи знакове и мења им параметре по жељи; може да вежба писање жељених знакова коришћењем „*touch-screen*“ могућности. На слици 31 приказане су основне функционалности мобилне клијентске апликације.



Слика 31: Основне функционалности мобилне клијентске апликације

6.2.7.1. Прво покретање апликације

При првом покретању апликације, кориснику се приказује екран са почетним подешавањима апликације (слика 32). Овде му се тражи унос имена, избор једног језика од доступних који ће се даље користити за интерфејс и образовне садржаје, избор жељене тежине и трајања лекција и тема које га интересују. Листа доступних језика се добавља са сервера и зависи од броја интегрисаних мрежа учења у базу знања. У оквиру рада на овој дисертацији, имплементиран је само енглески језик као полазни, а јапански као језик који се учи. Избор тежине утиче на подешавања апликације и утиче на ствари као што су наградни поени, потребни проценти за прелазак лекције, број одговора по питању при тестирању итд. Параметар величине лекције делимично модификује алгоритам генерисања објеката учења на серверу да генерише нешто обимније или мање обимне објекте учења у складу са задатом вредношћу. Ако дође до неког проблема (пуцања везе и сл.), апликација ће о томе обавестити корисника. Када корисник унесе име и притисне дугме ОК, апликација ће се повезати са сервером, додати одговарајући скуп објеката учења и перзистирати га у локалној бази података.



Слика 32: Почетна подешавања апликације

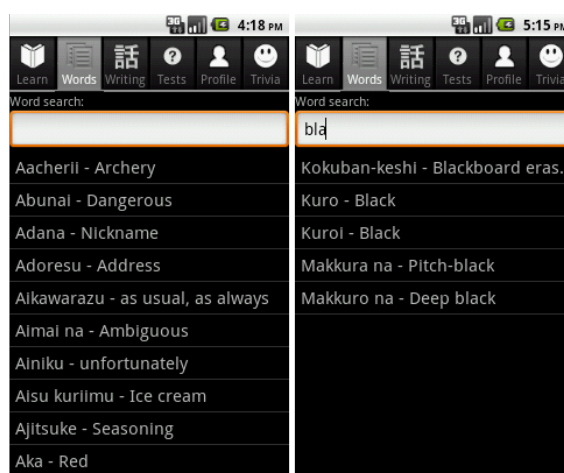
По завршетку инсталације, кориснику ће бити приказан почетни екран апликације (слика 33). При следећим покретањима апликације, овај екран ће увек бити први приказан кориснику. На овом екрану су излистане сви објекти учења доступни кориснику. Пошто објекти учења обухватају разне активности (учење речи, знакова, вежбање писања, тестирање знања...), у наставку ће прво бити презентоване појединачне активности којима је могуће приступити и независно од објекта учења, па ће тек онда бити приказане као део централног процеса учења кроз објекте учења.



Слика 33: Почетни екран апликације

6.2.7.2. Учење речи

Избором одељка „речи“ кориснику се приказује одељак за прегледање речи (слика 34). Централни део овог одељка представља листа свих речи у бази података која је формата: „реч на јапанском – превод“. Ова листа се може премотавати, или се може смањити број речи на њој уношењем текста у текстуално поље за претрагу. По уносу текста, приказаће се само резултати који у речи/преводу садрже унети текст. Речи које су већ пређене радом на објектима учења ће бити осветљене. Кликком на неку од речи добија се њен детаљнији приказ.



Слика 34: Приказ и претрага речи из локалне базе података

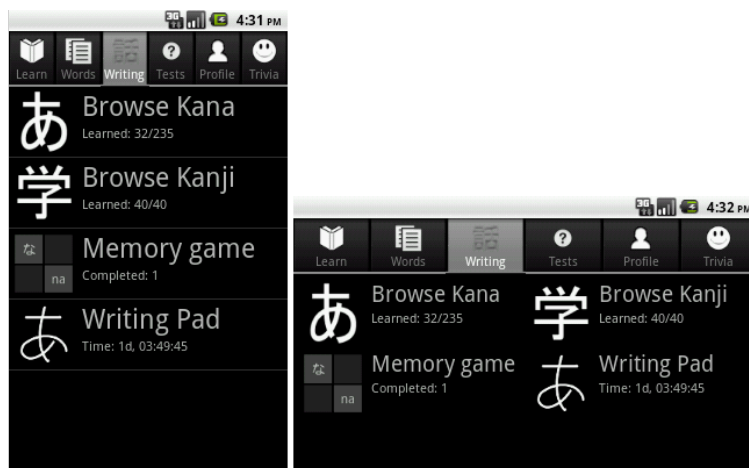
Детаљни приказ речи (слика 35) обухвата приказ речи исписане латиницом, кана и канџи писмима и њених превода (може их бити више). Уколико је коришћење интернета дозвољено у подешавањима апликације и уколико конекција са интернетом постоји, апликација преузима одговарајући аудио-запис у којем се изговара задата реч. Ако је аудио-запис за неку реч већ преузет скоро, остаће сачуван у приватном простору апликације и употребљен без поновног скидања. Комплетан процес се обавља у позадини и не омета корисника при листању речи. Уколико у подешавањима апликације није дозвољено коришћење интернета, дугме за пуштање аудио-клипова ће бити сакривено.



Слика 35: Детаљан приказ речи

6.2.7.3. Одељак за учење писама

Значајна пажња је посвећена јапанским писмима, хирагани, катакани и канђију. Хирагана и катакана су потпуно еквивалентна једно другом, па се често узимају под заједничким именом „кана”, и тако су категорисана и у апликацији. Одељак за учење писања садржи активности за приказ и учење кана и канђи знакова, за подешавање и покретање игре памћења и за активирање активности за вежбање писања помоћу *touch-screen* функционалности. На слици 36 је приказан садржај одељка за вежбање писања. За сваку од активности је дата релевантна статистика – за учење кана и канђи знакова је то број научених знакова, за игру памћења број одиграних игара, а за активност вежбања писања је то укупно време проведено у вежбању.



Слика 36: Одељак за вежбање писања у а) усправној б) водоравној оријентацији

6.2.7.4. Учење знакова

У оквиру мобилне клијентске апликације, знаци јапанских писама су подељени у две категорије – кану (што обухвата хирагану и катакану) и канђи. У складу са тиме обезбеђене су активности за учење кана знакова и за учење канђи знакова.

Избором активности за учење кане, кориснику ће бити приказан екран на слици 37. Ова активност садржи табеларан приказ свих кана знакова (по 46 основних за хирагану и катакану, око 200 са комбинацијама и тзв. „квачицама”). Знаци су распоређени преко неколико страница које се могу мењати и уређени су у табеларном облику [176]. Као код прегледа речи, знаци који су већ пређени у лекцијама су осветљени.



Слика 37: Неке од страница са кана знацима у оквиру одељка за учење кане

Кликом на неки од знакова добија се његов детаљнији приказ (слика 38). Овај приказ укључује: знак, његово читање, редослед повлачења линија и неку реч из базе речи која садржи приказани знак. Уколико у локалној бази постоји још речи које садрже приказани знак, могу се приказати кликом на дугме за додатне примере. Ако корисник жели да промени приказан знак, може да користи стрелице за навигацију дате у врху екрана.



Слика 38: Детаљан приказ кана знакова

Слично одељку за кана знаке, обезбеђена је активност за преглед канђи знакова која садржи локално доступне канђи знаке (слика 39).



Слика 39: Странице са канђи знацима

Кликом на неки од приказаних знакова, добија се његов детаљни приказ (слика 40). Детаљни приказ канђија се помало разликује од приказа кана знакова због њихове природе. Приказани су: знак, редослед повлачења линија, значење те „он“ (изворна кинеска) и „кун“ (јапанска) читања исписана и латиницом и хираганом. Као и у ранијим примерима, код речи и кана знакова, може се пребацити на следећи/претходни знак у бази коришћењем стрелица за навигацију у врху екрана. Исто тако се може добити и приказ још неке од речи из базе података која садржи приказани знак кликом на дугме за додатне примере. Ако корисник жели да провежба писање приказаног знака, може да кликне на одговарајуће дугме и биће пребачен у активност за вежбање писања са тренутно приказаним знаком исцртаним у виду водиља за вежбу.



Слика 40: Детаљан приказ канђи знакова

6.2.7.5. *Игра памћења*

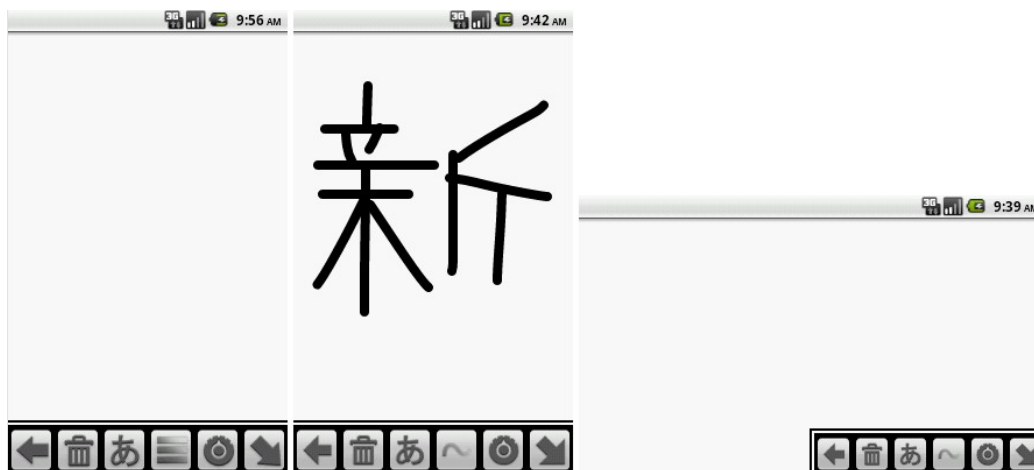
Као додатно средство мотивације за учење, кориснику је доступна игра памћења у којој је неопходно повезати парове јапанских знакова и њихових латиничних записа. Потребно је да корисник изабере опцију „Игра памћења“ чиме се кориснику приказује активност за подешавање игре. Величина табле се може подесити од 4*4 до 10*6 поља, а могуће је изабрати и скуп знакова који ће се користити за игру. Када корисник заврши са подешавањем, кликом на „Старт“ започиње игру (слика 41). Сама игра функционише као класична игра меморије где корисник отвара по две картице за редом; уколико су различите затварају се, а уколико су исте остају отворене и корисник добија поене за њих.



Слика 41: Подешавање игре памћења и две различито подешене инстанце игре

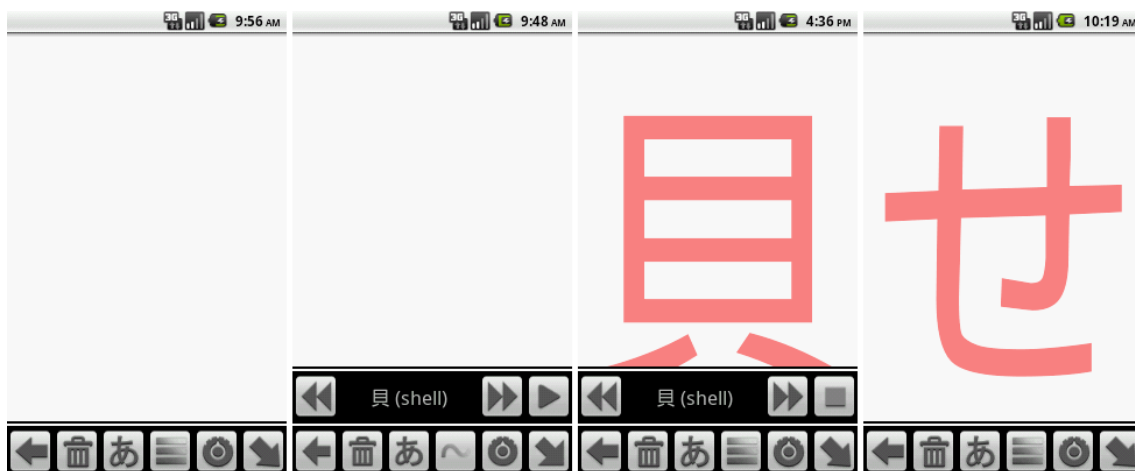
6.2.7.6. Вежбање писања

Због специфичности јапанских писама и бројности њихових знакова (око 200 кана знакова и 2000+ канџија), за њихово учење је потребна увежбаност приликом писања. Мобилна клијентска апликација користи „touch-screen” могућност *Android* телефона и поседује одељак за писање знакова по екрану (слика 42). Контрола ове активности се обавља путем шест дугмића у дну екрана. Прво од дугмића (стрелица која показује улево) представља „undo“ функционалност, која брише последњу повучену линију. Друго дугме (канта за отпатке) чисти читав екран.



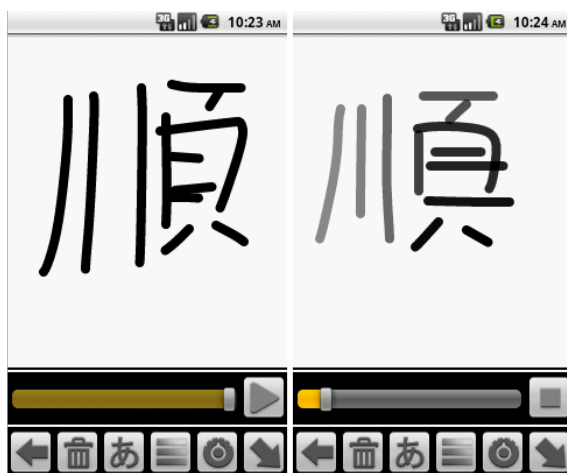
Слика 42: Активност за вежбање писања при: а,б) усправној в) водоравној оријентацији

Коришћењем следећег, трећег дугмета, корисник може да прикаже одељак за контролу линија водила и затим укључи приказ линија водила за неки знак по жељи (слика 43). Ако је активност вежбања писања покренута кроз неку од лекција или за неки од знакова, водиле ће бити аутоматски укључене; у варијанти са лекцијама њихово гашење неће бити дозвољено. Тренутно приказан знак се може мењати коришћењем стрелица лево/десно.



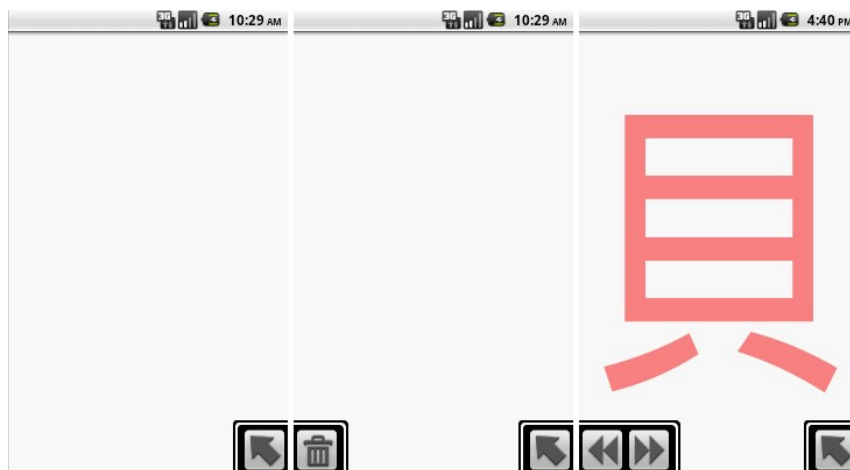
Слика 43: а) Почетни приказ б) Приказан одељак за контролу водила в) Укључене водиле г) Активне водиле, скривен одељак (примр са другим знаком)

Као додатна функционалност, у мобилној клијентској апликацији је омогућено постепено нестајање повучених линија брзином коју корисник одреди помоћу клизача. На овај начин корисник може много брже да исписује знакове (или један исти знак) за редом, без застајања да обрише екран. За контролу ефекта постепеног нестајања корисник помоћу четвртог дугмета приказује одговарајући одељак (слика 44). Коришћењем понуђених контрола корисник може да укључи/угаси ефекат нестајања или да промени брзину нестајања линија.



Слика 44: Активност за вежбање писања са и без ефекта нестајања

Како би корисник могао да искористи највећи могући простор за вежбање писања, обезбеђена је могућност умањења интерфејса коришћењем последњег, шестог дугмета (стрелица која показује доле десно). Кликом на ову стрелицу, интерфејс се умањује. У умањеном интерфејсу остаје приказано само неколико контрола. Које контроле ће бити приказане зависи од подешавања интерфејса. Контрола која је увек приказана је стрелица за увећање интерфејса; осим ње, могу бити приказани дугме за брисање екрана онда када ефекат постепеног нестајања није укључен (па је неопходан метод ручног чишћења екрана) и стрелице за мењање приказаних водилца (када су укључене водиле) (слика 45).



Слика 45: Изглед умањеног интерфејса зависно од других подешавања активности

Пето дугме приказује дугмиће за покретање три врсте различитих подешавања – подешавање папира, интерфејса и водилја (слика 46).



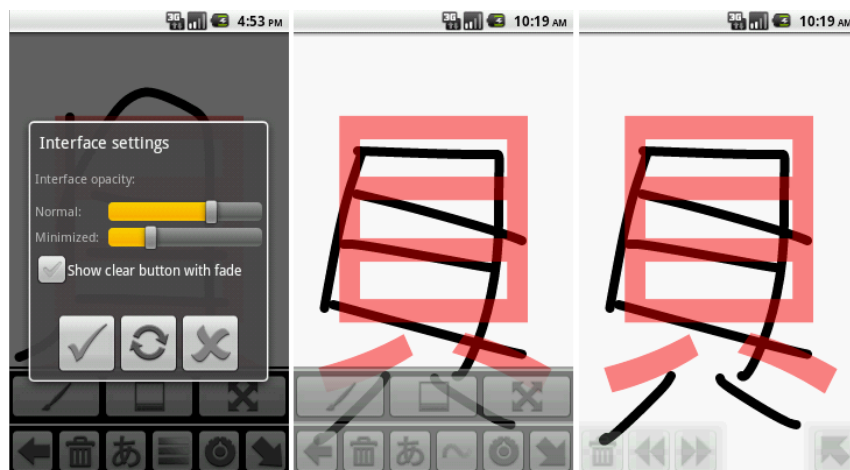
Слика 46: Подешавања папира, интерфејса и водилја

У подешавања папира (слика 47) спада избор боје фарбе, водилја, површине папира, дебљине линија и Z-позиције водилја. Сва подешавања се могу једним кликом вратити на стандардна. На слици испод су приказана стандардна и корисничка подешавања и изглед активности који одговара тим подешавањима.



Слика 47: Подешавања папира и одговарајући изглед активности

Подешавања интерфејса дозвољавају одређивање степена његове провидности, што је још један начин увећавања површине за цртање (слика 48).



Слика 48: Провидност увећаног и умањеног интерфејса

Трећа категорија подешавања омогућава промену позиције и величине водилца (слика 49).



Слика 49: Позиционирање водиља и изглед активности после измена

6.2.7.7. Тестирање наученог

У одељку „Тестови” се може вршити провера знања научених речи, кана и канђи знакова помоћу тестова које је могуће детаљно подесити. Подешавања обухватају избор тежине која одређује број одговора на свако питање (од 4 до 10), избор варијанте питања (шта је питање, а шта је одговор), избор скупа (научено/ненаучно) и броја речи/питања која ће бити постављена кориснику (слика 50 а, б).

Изглед теста ће зависити од намештених подешавања (слика 50 ц, д). Тест се састоји из питања где свако питање има одређени број одговора. За свако питање се води посебна евиденција колико пута је приказано кориснику и колики је проценат тачности, што је и приказано током извођења теста. Тежина коју је корисник изабрао на почетку ће утицати на број понуђених одговора као и на варијанту питања, која могу бити на јапанском (исписана различитим писмима) или на одговарајућем језику. На крају теста се приказује и укупна статистика за изведено тестирање, која обухвата број тачних/нетачних одговора и просечан резултат остварених на свим дотадашњим покушајима теста.



Слика 50: а) Одељак са тестовима б) Подешавања теста в, г) Различито подешене инстанце теста

6.2.7.8. Преглед и поређење статистика корисника

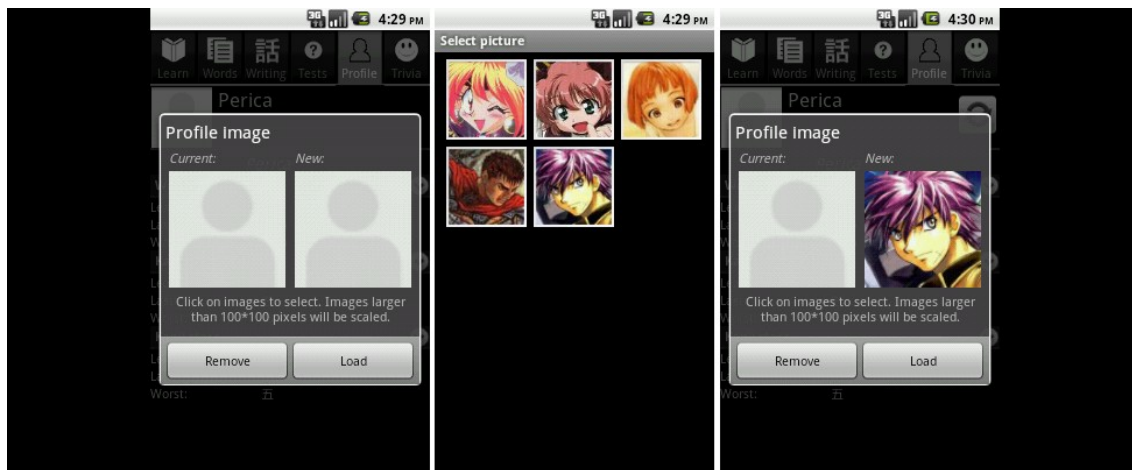
Одељак „профил” даје преглед статистика корисника и његових пријатеља упоредо, уколико је корисник изабрао бар једног пријатеља. Статистике су груписане у категорије које се могу сакрити/приказати (слика 51).



Слика 51: Преглед статистика

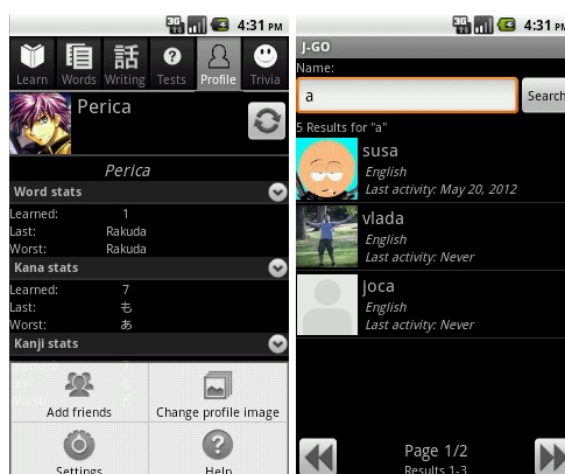
Кликом на сличицу профила, корисник може да прикаже дијалог за њену измену. Може се поставити било која сличица мања од 100*100 пиксела која се у том

тренутку налази на телефону. Ова сличица служи за распознавање и идентификацију корисника (слика 52).



Слика 52: Измена сличице профила

Да би могао да прикаже статистике других корисника упоредо, корисник може изменија да изабере опцију „Додај пријатеља“, што му приказује активност за претрагу корисника. Корисник уноси текст у дато поље и стиска дугме за претрагу; апликација ће успоставити везу са одговарајућим веб сервисом система и додати и приказати пагиниран списак свих корисника чије се име поклапа са унетим текстом (слика 53 ц,д).



Слика 53: Додавање пријатеља

6.2.7.9. Награђивање корисника занимљивостима о Јапану

Одељак са занимљивостима (слика 54 б, в, г) омогућава кориснику преглед откључаних занимљивости о Јапану и јапанској култури. Ове занимљивости су груписане у неколико категорија и откључавају се у складу са корисниковим напретком (слика 54 а) као додатни вид мотивације.



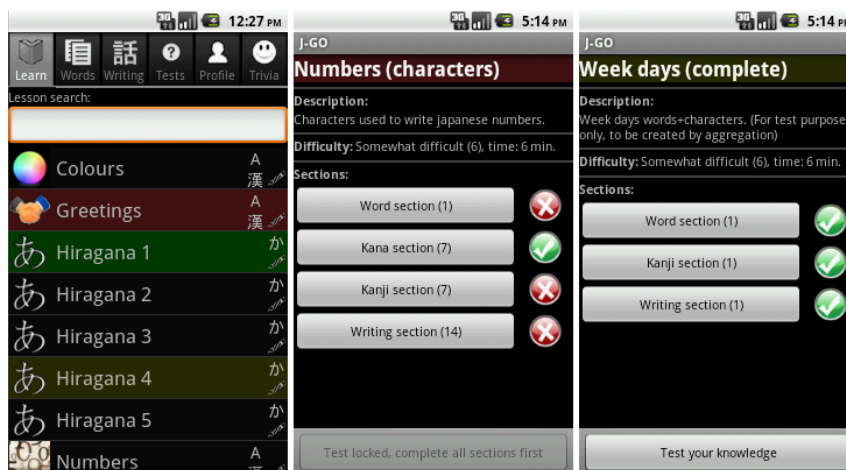
Слика 54: а) Откључавање занимљивости током рада б) одељак са занимљивостима в) приказ једне категорије г) приказ једне занимљивости

6.2.7.10. Централни процес учења

Први одељак, „Учење” (слика 55), приказује листу доступних објеката учења. Приказани су име објекта, сличица (уколико постоји) и знаци са десне стране који описују садржај објекта. Зависно од стања у ком се објекат налази (неотворен, отворен, пређен, комплетиран тест), његова ставка ће бити обојена другачијом бојом. Кликом на неки од објеката кориснику се приказују елементи сесије које треба да савлада како би могао да откључа тест знања који заокружује сесију. Елементи који се овде јављају су доступни и независно у другим деловима апликације, и објашњени су раније.

Одељак „Учење” води корисника кроз све наведене активности, са малим разликама у начину њиховог функционисања. При независном приступању активностима, дозвољен је приступ било ком доступном садржају, као и свим

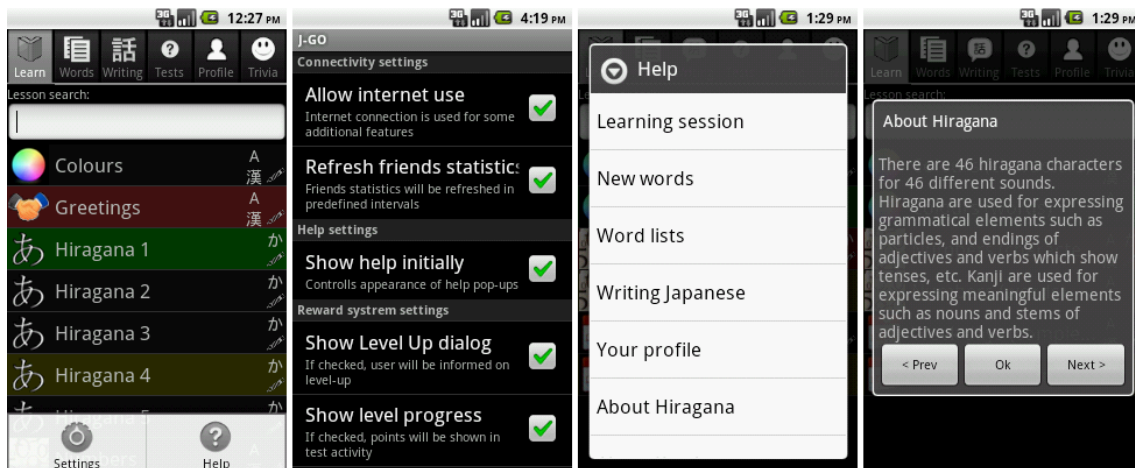
подешавањима активности. Приступом кроз објекте учења, кориснику се приказују тачно одређени садржаји по унапред дефинисаном редоследу и подешавањима прилагођеним нивоу тежине објекта учења. Када корисник пређе све секције, откључава му се квиз који обухвата питања везана за ново научене речи/знаке. Уколико корисник да погрешан одговор током сесије учења, апликација приказује дијалог са тачним одговором.



Слика 55: Списак расположивих објеката учења и њихов приказ

6.2.7.11. Подешавања апликације и помоћ корисницима

Глобалним подешавањима апликације и помоћи за кориснике се може приступити из било које од 6 главних секција апликације коришћењем хардверског „Мени” дугмета (слика 56 а). У глобалним подешавањима (слика 56 б) је могуће онемогућити коришћење интернета апликацији, што ће прекинути сва ажурирања корисничких информација, освежавање занимљивости и добављање ресурса као што су аудио-клипови, док ће добављање објеката учења приказивати упозорење пре сваког приступа интернету. Додатно се може одредити да ли ће се помоћ кориснику приказивати сама од себе при првом уласку у одређени део апликације и да ли ће напредак корисника бити приказиван током тестирања знања. Систем за помоћ кориснику нуди одређени број категорија (слика 56 ц) које се могу прегледати појединачно (слика 56 д).



Слика 56: а) Глобални мени б) Подешавања в) Категорије помоћи, г) Преглед изабране теме помоћи

6.3. Евалуација апликације и система

Евалуација апликације и система за учење језиком је изведена прикупљањем мишљења корисника апликације о самој апликацији, анализом података и извлачењем закључака. Евалуација је изведена у четири фазе:

- Прикупљање података о навикама главне групе учесника у погледу коришћења мобилних уређаја и учења језика.
- Дискусија са мањим бројем учесника о функционалностима почетне верзије мобилне клијентске апликације. Резултати ове дискусије су коришћени за побољшање и развој коначне верзије мобилне апликације.
- Евалуација мишљења главне групе учесника по завршетку периода током којег су могли да користе мобилну апликацију за учење јапанског језика.
- Техничка анализа захтевности мобилне апликације.

6.3.1. Прикупљање података о главној групи учесника

Пре имплементације мобилне апликације, изведено је истраживање навика главне групе учесника у погледу начина коришћења мобилних уређаја, поседовања мобилне инфраструктуре и тенденција ка учењу страних језика. Истраживање је

изведено са групом учесника која је предвиђена за касније учешће у трећој, главној фази евалуације.

Учесници у првој фази евалуације су били студенти Факултета организационих наука Универзитета у Београду, који су похађали курс Мобилног пословања у оквиру Катедре за Електронско пословање током зимског семестра 2012/2013. године.

Почетни упитник је студентима-учесницима додељен пре имплементације мобилне клијентске апликације и служио је да обезбеди додатне информације о њима. Резултати су показали да је 41 студент поседовао паметне телефоне са *Android* оперативним системом. Ови студенти су учествовали у трећој фази евалуације. Овај број је значајно већи у поређењу са резултатима истраживања спроведеног у оквиру истог курса две године раније [177]. Укључујући и студенте који су поседовали телефоне са другим оперативним системом и студенте који нису поседовали паметан телефон, 79% њих је поседовало *Wi-Fi* конективност, 73% *GPS*, 70% екран осетљив на додир, а 25% *NFC* конективност. Главне активности које су студенти назначили као најчешће извођене на мобилним телефонима обухватају приступање вебу (71% свакодневно) и посећивање друштвених мрежа (64% свакодневно). У погледу најчешћих проблема приликом коришћења мобилних садржаја истакнути су прегледност (9% стално, 73% понекад), батерија (7% стално, 66% понекад) и сигнал (62.5% понекад).

У погледу мобилног учења, 64% студената је на неки начин користило мобилне уређаје за учење, најчешће за приступање садржајима као што су књиге, скрипте и други материјали преко веба (57% студената). Са друге стране, само 12.5% студената је користило посебне апликације за мобилно учење. 41% студената је користио мобилне уређаје за приступ *Moodle* веб-апликацији Катедре за електронско пословање.

У погледу учења језика, 72% студената се бавило неким обликом учења језика, формалним или неформалним. Као разлог за учење новог језика, 64% студената је на прво место ставило самоусавршавање, 37.5% обогаћивање *CV*-ја на друго место, а 52% могућност конзумације производа стране културе на последње место. На избор језика који се учи је највећи утицај имао социо-економски значај језика (34% на првом месту) и заступљеност језика у окружењу (39% на другом месту). У погледу броја студената који говоре неки страни језик и самосталне оцене нивоа сопственог знања на скали од 1 до 5, далеко највише студената је говорило енглески језик (96%, просечна оцена 4.17), а као секундарни језици су се још јављали и немачки (43%, 2.23), шпански (36%, 2.4), руски (32%, 2.25) и француски (23%, 2.69). Међу одговорима су се, у значајно мањем броју, нашли још и италијански, грчки, словачки, латински и јапански језик.

Студент који је означио јапански језик је своје знање оценио са оценом 1.5 од 5. На питање анкете о томе да ли испитаници имају неко предзнање о јапанском језику, 9% је одговорило потврдно. На питање да ли сматрају да је јапански језик тежак за учење, 27% студената се сложило у потпуности, 50% се сложило, 18% није имало став, а преосталих 5% се није сложило. Ови резултати су указали да на испитивање апликације за учење јапанског језика неће утицати предзнање студената.

6.3.2. Дискусија прве верзије мобилне апликације

Прва верзија мобилне апликације је презентована групи од пет студената филологије који су затим учествовали у дискусији о њеним могућим побољшањима. Презентација је изведена у облику групне дискусије где су студенти били подстакнути да изразе своја мишљења и да дискутују о интерфејсу и функционалностима апликације са излагачем као и међусобно, налик на неформалан приступ размишљању наглас и конструктивној интеракцији [178]. Овај процес је био подржан од стране упитника са неколико отворених питања чија је главна сврха била вођење дискусије. Коментари учесника дискусије су

били већином позитивни и апликација је већ у презентованом облику оцењена као корисно средство за побољшање процеса учења јапанског језика. Главне критике су се односиле на једноставност апликације и недостатак мултимедијалних садржаја који су у тој фази имплементације обухватили само елементе из мреже речи. Активност вежбања писања је оцењена као најинтересантнија и предлог је био да треба додати могућност пуштања аудио-записа изговора речи. Коментари су узети у разматрање и начињено је неколико измена на клијентској апликацији.

Поред пар мањих побољшања корисничког интерфејса са циљем веће јасноће и лакоће коришћења, имплементирана су два елемента са јаким мотивационим карактером. Први је био игра памћења, усмерена ка побољшању памћења знакова кроз игру, док је други био систем награда. Игра памћења је додатно додата као специјализација активности „игре“ у онтолошки оквир. Систем награда је имплементиран кроз концепт занимљивости који је унапред дефинисан у онтолошком оквиру, тако да се занимљивости откључавају тек по постизању неког степена успешности са повезаним садржајима. У складу са трендовима друштвеног умрежавања, у мобилну апликацију је додата и могућност прегледања корисничких статистика и налажења „ривала“ чији резултати могу да се разматрају упоредо. Након наведених унапређења, апликација је у трећој фази евалуације дата на коришћење учесницима истраживања, студентима Факултета организационих наука.

6.3.3. Испитивање утисака о апликацији и систему

Све интеракције са студентима, учесницима истраживања, су извођене у оквиру курса Мобилног пословања којег су студенти похађали. Апликација и све њене функционалности су презентоване током првог часа Мобилног пословања. Студентима је одржано кратко предавање на тему јапанских система писања – хирагане, катакане и канђија, у контексту различитих активности које су им биле на располагању у оквиру апликације. Слично објашњење је обезбеђено и директно у самој апликацији, у одељку „помоћ“. Након овога, студентима је дат линк са

којег су могли да скину апликацију на своје телефоне. Студенти су имали две недеље да тестирају апликацију, након чега им је дат коначни упитник на попуњавање.

Главна питања у оквиру испитивања су била:

- ИП1. Какви су утисци студената у погледу интерфејса и дизајна апликације?
- ИП2. Хоће ли апликација утицати на интересовање студената према учењу јапанског језика?
- ИП3. Да ли студенти сматрају да је формат презентације садржаја и начин рада са апликацијом примењив и на друге језике или области учења?
- ИП4. Да ли је презентована апликација користан алат за учење јапанског језика?
- ИП5. Које активности ће бити најбоље прихваћене од стране студената?
- ИП6. Каква је перцепција наставника у погледу утиска којег је мобилна апликација оставила на ученике?

6.3.3.1. Инструменти

Главни инструмент коришћен у истраживању је био упитник који је требало да прикупи мишљења и критике студената у погледу апликације. Овај упитник се састојао од 13 питања. Десет питања су користила петостепену Ликертову скалу и односила су се на утиске студената у погледу дизајна, функционалности, лакоће коришћења мобилне апликације и интересовања код студената у погледу ове врсте учења. Једно питање је захтевало од студената да рангирају осам главних активности апликације, док су преостала два била отвореног типа за навођење потенцијалних проблема при коришћењу апликације и за све остале сугестије и критике.

Још један упитник је био намењен за наставнике и састојао се од пет питања у вези са перцепцијом наставника у погледу интересовања студената за апликацију и учење језика.

6.3.3.2. Учесници

Учесници у истраживању су били студенти Факултета организационих наука Универзитета у Београду, који су похађали курс Мобилног пословања у оквиру Катедре за Електронско пословање током зимског семестра 2012/2013. године. Учесника је било укупно 41, старости између 23 и 26 година, од чега их је 19 било мушког, а 22 женског пола. Три наставника су дали одговоре за трећи упитник.

6.3.3.3. Резултати квантитативне анализе

Резултати главног упитника су дати у оквиру овог одељка. Резултати који се односе на истраживачка питања 1-4 су дати у табели 16, док су резултати који се односе на истраживачко питање 5 дати у табели 17.

Табела 16: Резултати који се односе на истраживачка питања 1-4

Питање	Слажем се у потпуности (вр. = 5)	Слажем се (вр. = 4)	Немам став (вр. = 3)	Не слажем се (вр. = 2)	Уопште се не слажем (вр. = 1)	Медијана	Стд. дев.
Коришћење J-ГО апликације је једноставно и јасно	6	30	4	1	0	4	0.59
Кориснички интерфејс J-ГО апликације је квалитетно дизајниран	5	31	4	1	0	3.98	0.57
Приступ различитим активностима у оквиру J-ГО апликације је једноставан и интуитиван	8	26	6	1	0	4	0.67
J-ГО апликација је повећала моје интересовање за јапанску културу	6	14	15	6	0	3.48	0.92
J-ГО апликација је повећала моје интересовање за јапански језик	9	15	12	5	0	3.68	0.96
Наставићу да користим ову апликацију (нећу је обрисати са телефона)	6	19	15	1	0	3.73	0.74
Волео/ла бих да постоји оваква апликација за учење неког другог језика	22	15	4	0	0	4.44	0.67
Волео/ла бих да постоји оваква апликација за учење неке друге области	17	20	3	1	0	4.29	0.72
Ова апликација би била корисна за самостално учење јапанског језика	12	24	4	1	0	4.15	0.69
Ова апликација би била корисна као подршка формалном учењу јапанског језика на неком курсу	11	23	7	0	0	4.1	0.66

III. Какви су утисци студената у погледу интерфејса и дизајна апликације?

Интересантно је приметити да ниједан од студената-испитаника није изабрао опцију „Уопште се не слажем“ у погледу квалитета интерфејса и дизајна апликације и да је само мали број студената изабрао опцију „Не слажем се“. Ово је неопходно узети у обзир у даљем разматрању и придодати већу важност негативним и неутралним одговорима. Укратко, дизајн и лакоћа коришћења апликације су веома добро примљени код највећег процента студената.

ИП2. Хоће ли апликација утицати на интересовање студената према учењу јапанског језика?

Резултати су показали дефинитиван утицај на интересовање студената у погледу Јапана и јапанског језика, али са нешто мање позитивним резултатима у поређењу са питањима о дизајну и интерфејсу. Треба узети у обзир да повећано интересовање за учење јапанског језика није статистички повезано са претходним интересовањем за учење језика ($F(3,37)=1.1316$, $p>0.05$) нити са навикама у погледу употребе мобилних технологија ($F(3,37)=0.488$, $p>0.05$).

ИП3. Да ли студенти сматрају да је формат презентације садржаја и начин рада са апликацијом примењив и на друге језике или области учења?

Питања о примењивости сличних мобилних апликација за учење других језика или чак области учења су примила најпозитивније резултате. Могућност за овако нешто у погледу других језика је снажно подржана пројектованим моделом система који се заснива на флексибилним онтологијама и објектима учења. Позитиван одзив на овим питањима додатно указује на то да мобилне апликације овог типа могу да увећају знање и мотивацију ученика.

ИП4. Да ли је презентована апликација користан алат за учење јапанског језика?

При разматрању употребљивости Ј-ГО апликације као главног алата за учење јапанског језика или као алата за подршку формалном процесу учења, студенти су обе опције оценили подједнако високо.

ИП5. Које активности ће бити најбоље прихваћене од стране студената?

Резултат овог истраживачког питања је добијен захтевањем од испитаника да међусобно рангирају све активности, дајући им од 1 до 8 поена, где 8 поена одговара најинтересантнијој активности, а 1 поен најмање интересантној. Одговори на ово питање су показали да је активност прегледа речи била најпопуларнија, праћена активношћу прегледа знакова јапанских писама, која је најчешће била постављана на друго место (табела 2). Остале активности су оцењене у одређеној мери насупрот очекивањима која су успостављена током развоја апликације. Очекивано је да ће вежба писања бити рангирана више, као и преглед занимљивости о Јапану, будући да су садржали мање образовних а више мултимедијалних садржаја; очекивано је било да ће ово више одговарати почетницима. Могуће објашњење се потенцијално може наћи у чињеници да студенти-испитаници генерално нису имали ранијег контакта са јапанским језиком, што је узроковало да су две најосновније активности биле боље рангиране. Активност преласка читавих објеката учења је добила и високе и ниске оцене, што указује да су студенти примењивали бар два различита приступа приликом коришћења апликације и да је одлука да се омогући независан прелазак образовних садржаја изван објеката учења у којима су садржани била исправна. Прегледање сопствених и туђих статистика је, донекле очекивано, било најниже рангирано, потенцијално због малог степена уграђене интерактивности између корисника.

Табела 17: Рангирање активности

Поена	Речи	Знакови	Игра меморије	Тестирање	Лекције	Писање	Занимљивости	Статистике
8	13	1	5	6	9	5	2	0
7	6	13	5	8	4	3	2	0
6	8	6	9	4	2	5	7	0
5	5	7	3	1	5	6	10	4
4	7	5	7	9	1	7	3	2
3	2	3	6	4	8	4	8	6
2	0	3	4	6	8	7	6	7
1	0	3	2	3	4	4	3	22
Укупно	253	208	200	196	185	179	173	82

поена								
Ранг	1	2	3	4	5	6	7	8

ИП6. Каква је перцепција наставника у погледу утиска којег је мобилна апликација оставила на ученике?

Од наставника који су учествовали у експерименту је затражено да оцене неке од аспеката понашања студената током коришћења мобилне апликације за учење јапанског језика. Њихови одговори су приказани у табели 18. Може се закључити да су наставници позитивно оценили интересовање и ентузијазам ученика, док су њихову концентрацију и самоувереност оценили доста ниже. Овакав резултат поново може имати везе са ниским нивоом ранијег познавања јапанског језика међу испитаницима и мишљењем да је јапански језик тежак за учење.

Табела 18: Перцепција наставника у погледу утиска студената

Питање	Слажем се у потпуности (вр. = 5)	Слажем се (вр. = 4)	Немам став (вр. = 3)	Не слажем се (вр. = 2)	Уопште се не слажем (вр. = 1)	Медијана	Стд. дев.
Понашање студената указује да обраћају пажњу	1	2	0	0	0	4.33	0.58
Студенти су сконцентрисани на активност учења	0	1	2	0	0	3.33	0.58
Студенти изражавају смислене идеје, дају рефлексивне одговоре и постављају релевантна питања	3	0	0	0	0	5.00	0.00
Студенти показују самоувереност и могу да комплетирају задатке са ограниченом помоћи	0	0	1	2	0	2.33	0.58
Студенти изражавају интересовање и ентузијазам и користе позитиван хумор	3	0	0	0	0	5.00	0.00

6.3.3.4. Резултати квалитативне анализе

Два питања у упитнику су била отвореног типа и захтевала су од учесника да наведу било какве проблеме на које су наишли током коришћења апликације, као и било које друге предлоге и критике. Одговори су добијени у 34 попуњене анкете. Коментари студената и њихове препоруке се могу груписати на следећи начин:

- Коментари о интерфејсу мобилне апликације:
 „Интерфејс је једноставан и лако доступан, добро дизајниран“ (Учесник А)
 „Могла би да буде мало мање сиво-црна“ (Учесник Б)

- „Нешто лепши изглед би могао да привуче више корисника.” (Учесник В)
- Коментари о образовним садржајима:
 - „Језик је сам по себи компликован.” (Учесник Г)
 - „Мислим да чак и ако се не користе сви хирагана и катакана знаци, свакако би их требало додати. И можда мало више канђи знакова, пошто су и они битни.“ (Учесник Д)
 - „Боља подршка за синониме би била добра и мало богатији речник.“ (Учесник Ђ)
 - Коментари о функционалностима:
 - „Писање знакова је незгодно за оне који не могу да користе оловку на својим *touch-screen* екранима.” (Учесник Е)
 - „Недостаје аудио-запис изговора знакова.” (Учесник Ж)
 - „Значење речи би требало да буде понуђено у контексту (колокације, целе реченице).” (Учесник З)
 - „Свиђа ми се што су тестови подељени на два дела и што постоји део који показује само оне знаке и речи који нам не иду.“ (Учесник И)
 - „Активности су лепо замишљене и интересантне. Лекције би могле да буду мало обимније да укључе читаве текстове и питања.“ (Учесник Ј)
 - Коментари у погледу жељених функционалности; студенти су углавном били за увођење одељка са граматиком и читањем текста:
 - „Додавање граматике би било добро, али да буде одвојено од учења речи.” (Учесник К)
 - „Додајте фразе које су корисне у правим ситуацијама.” (Учесник Л)
 - „Било би лепо ако би наставник могао да креира и додаје своје лекције.” (Учесник Љ)
 - „Ја бих можда додао граматику у део са занимљивостима, као и неке почетничке грешке.” (Учесник М)
 - Остали коментари:
 - „Апликација је занимљива, корисна, и мислим да бих могао да научим основне речи помоћу ње.“ (Учесник Н)
 - „Направите верзију за *iOS* мобилни оперативни систем” (Учесник Њ)

„Свиђа ми се апликација. Омогућава брз увод у основне елементе језика.”

(Учесник О)

„Апликација је веома добра за почетнике; лако ме је заинтересовала.”

(Учесник П)

Иако су нумерички подаци показали да се већини студената интерфејс чинио једноставним за употребу и добро дизајнираним, коментари су показали да има још места за побољшање и да би интерфејс могао бити шаренији и живљи, али на начин који не би сметао извршењу задатака у оквиру апликације. Већина коментара је била у вези са једноставнијим активностима прегледања речи/знакова или у вези са додавањем сличних активности за граматику и реченице. Комбиновањем ових коментара са нумеричким подацима, може се извести закључак да су студенти преферирали оне активности које су примењивале једноставније видове интеракције.

6.3.4. Техничка евалуација перформанси и потрошње батерије

Техничка евалуација перформанси и искоришћења батерије J-ГО апликације је изведена у контролисаном окружењу коришћењем апликације за праћење перформанси како би се анализирали подаци са два различита мобилна уређаја.

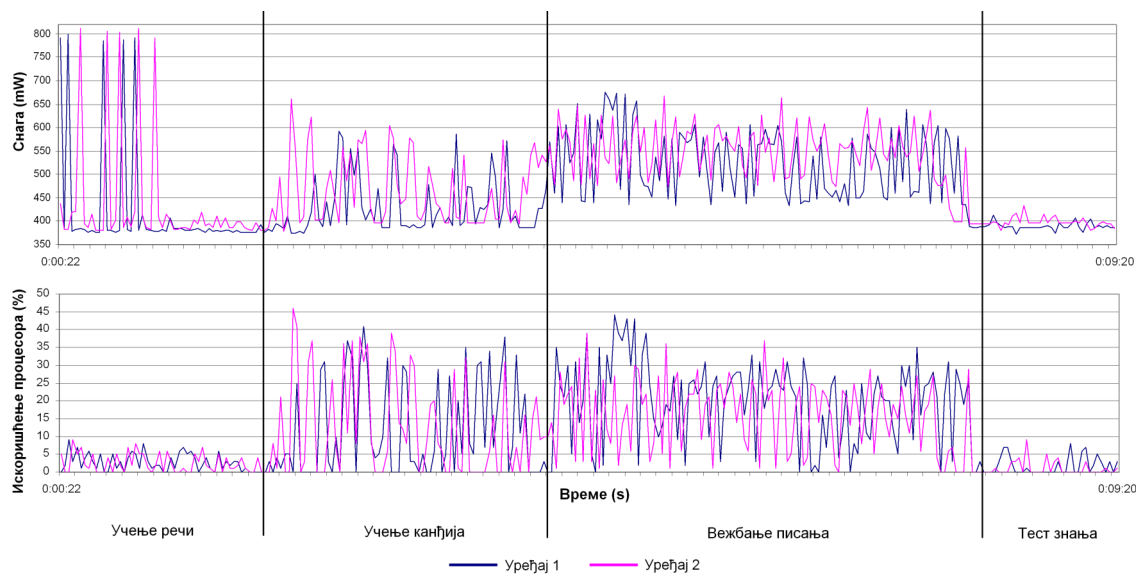
Модерни паметни телефони поседују напредан хардвер, али хардверска ограничења и даље могу да утичу на перформансе апликација, поготово на слабијим уређајима. У случају J-ГО мобилне апликације, ово може имати негативан утицај на задовољство ученика. Пошто мобилни уређаји морају да минимизирају димензије и тежину, капацитет батерије је често значајно ограничен, па је ефикасност уређаја и апликација које се извршавају на њима од великог значаја за њихову употребљивост. Перформансе апликације зависе од количине ресурса који су неопходни за њен рад; ово је такође директно пропорционално потрошњи батерије. Различити системи имају различите нивое потрошње батерије, уз комуникационе системе и екран као највеће потрошаче, а

RAM меморију, аудио и флеш подсистеме са мањим степеном потрошње [179]. J-ГО апликација је развијена у складу са стандардним праксама развоја софтвера, коришћењем стандардног скупа карактеристика *Android* платформе. Главна улога апликације је презентација садржаја ученицима, са минимумом интеракције услед карактеристика мобилног окружења, углавном потребне у оквиру навигације кроз функционалности апликације. Пошто J-ГО апликација игра улогу клијента у оквиру система за мобилно адаптивно учење страних језика, као највећи потенцијални потрошачи се могу издвојити системи за комуникацију, *Wi-Fi* или *3G*. Други системи као што су складиштење датотека и база података се користе у мањем обиму. Очекивано је да овакав технички профил неће представљати превелико оптерећење за мобилне телефоне ученика, поготово ако апликација буде коришћена на начин за који је пројектована – у покрету, у кратким временским интервалима.

Апликационе перформансе се обично мере помоћу неког специјалног софтвера за мерење, док би детаљна анализа потрошње батерије идеално захтевала физички приступ различитим компонентама мобилног уређаја и мерење струја и напона. Ово је демонстрирано у [179], али аутори наводе да је само мали број уређаја погодан за такав директан приступ, па се чешће могу наћи примери који се ослањају на интерни мерач напона батерије [180][181]. Како би се добио свеобухватан резултат, потребно је анализирати перформансе на већем броју уређаја, али различити уређаји могу поседовати урођене специфичности и разлике у хардверском саставу, уграђеним оптимизацијама, верзији оперативног система, стандардним апликацијама и апликацијама инсталираним од стране корисника, сервисима који се извршавају у позадини система и корисничким подешавањима као што је степен осветљености екрана и јачина звука. Број и комбинација ових фактора могу да произведу астрономски број комбинација [181], па је једино решење одржавање фактора конзистентним колико је то могуће између различитих уређаја. За тестирање J-ГО апликације, примењена је апликација за праћење перформанси која је пратила процесор, меморију и искоришћење мреже, као и потрошњу батерија на два мобилна уређаја у интервалима од по једне

секунде. Оба уређаја су имали сличне карактеристике – верзију 4.0.3 оперативног система, екранску резолуцију од 320*480 тачака и *Ardeno* 200 графички чип. Први уређај (надаље рефериран као Уређај 1) је био из ниже средње класе, са екраном од 4 инча, процесором на 800MHz и батеријом од 1500mAh, док је други уређај (надаље рефериран као Уређај 2) био уређај ниже класе, са екраном од 3.5 инча, процесором од 600MHz и батеријом од 1230mAh. Оба уређаја су коришћени без сим картице, са осветљењем екрана подешеним на 0% и укљученим *Wi-Fi*-јем. Праћење је вршено током преласка једног објекта учења, током 9 минута и 30 секунди, са истим низом корака предузетим на оба уређаја. Четири активности су тестиране – учење речи, учење канђи знакова, вежбање писања и рађење теста знања.

Праћењем перформанси прикупљени су подаци о трошењу батерије, искоришћењу процесора, меморије и конективности мерењем одговарајућих величина сваке секунде. Укупна потрошња батерије за уређаје 1 и 2 током тестирања је била 19.38mAh и 20.59mAh редом, где је екран трошио 9.3% и 88.6% те количине, а процесирање је учествовало са само 9.6% и 10.4%. Током теста је конекција коришћена само у оквиру активности за учење речи за скидање аудио-клипова изговора, што је допринело 1.14% и 0.97% укупној потрошњи. Предвиђена потрошња батерије за читаву апликацију је била ниска, испод 9.11% и 9.73% по сату употребе. Утрошак меморије је био стабилан током сесије праћења перформанси, са спорим изменама унутар маргине од 7% од измереног просека. Глобално просечно искоришћење процесора је било 11.43% и 9.71%, са повременим избојима у употреби који су достигали максимум од 46% на оба уређаја. Потрошња батерије и искоришћење процесора у времену у складу са коришћеним активностима су дати на слици 57.



Слика 57: Потрошња батерије и искоришћење процесора у оквиру J-ГО апликације током рада са различитим активностима

Највећи потрошач од тестираних активности је била активност вежбања писања, највероватније услед чињенице да је у питању најсложенија активност са највишим степеном интеракције са корисником. Ово се манифестовало истовремено као већи проценат искоришћења процесора и пратеће увећање потрошње батерије. Додатно, и екран је допринео повећаној потрошњи батерије, највероватније због беле површине екрана коришћене у активности вежбања писања. Додатно тестирање је изведено у стандардној варијанти са белом позадином и црним линијама и обрнутој варијанти са црном позадином и белим линијама. Тамнија колорна шема је користила 25.4% и 18.5% мање енергије у поређењу са стандардном, светлијом. Активност учења канџија је имала нешто мање, али и даље значајне вредности потрошње/искоришћења, што се може повезати са употребом слика знакова и потребом за скроловањем екрана како би се прегледао сав презентован садржај о једном знаку. Пошто је *Wi-Fi* коришћен само у једној активности, глобално је мало допринео потрошњи батерије, али је био окарактерисан значајним избојима у потрошњи, грубо дуплирајући потрошњу у периодима када је коришћен.

7. НАУЧНИ И СТРУЧНИ ДОПРИНОСИ

Најзначајнији допринос докторске дисертације јесте развој модела система за мобилно адаптивно учење језика примењљивог на свим нивоима формалног образовања, као и при самосталном, неформалном учењу. Применом онтолошког оквира описани су сви концепти од значаја у процесу учења језика, док је интеграција мрежа речи у базу знања омогућила коришћење богатих семантичких веза као основе за пројектовање сложених механизма адаптације. Узимањем у обзир разноврсних параметара адаптације – ученика, уређаја и окружења, омогућена је већа прецизност при избору прилагођених садржаја са циљем постизања већег образовног ефекта. Као финални резултат истраживања урађена је имплементација презентованог модела на Факултету организационих наука, Универзитета у Београду. Имплементација система је заснована на инфраструктури за рачунарство у облаку Катедре за електронско пословање, чиме је подржан динамичан број било независних, било институционализованих ученика, уз могућност дељења централне инфраструктуре између више институција.

Кључни научни допринос овог рада огледа се у:

- Формалном опису модела и метода адаптивног мобилног учења страних језика. Развијени модел се може једноставно и ефикасно мењати и прилагођавати за примену у различитим окружењима и за различите језике.
- Моделу архитектуре система за мобилно учење.
- Моделу пословних процеса развоја система за мобилно учење.
- Моделу пословних процеса развоја мобилних апликација за учење језика.
- Моделу мобилних објеката учења заснованом на онтологијама.
- Моделу онтолошког оквира за подршку процесу адаптације.
- Моделу процеса мобилног учења јапанског језика.

- Моделу семантичког означавања образовних и других података у оквиру система електронског образовања и електронског пословања.
- Моделу примене инфраструктуре за рачунарство у облаку у електронском пословању.
- Моделу интеграције додатних информационих и образовних сервиса са системима за управљање учењем.
- Мерењу остварених резултата примене концепта мобилног учења језика.

Рад на овој дисертацији резултовао је и низом стручних доприноса од којих су најважнији: анализа примене онтологија за адаптацију процеса мобилног учења, анализа примене сервиса и модела мобилног учења језика, развој механизма за реализацију адаптивног мобилног учења, преглед и анализа софтверске инфраструктуре неопходне за имплементацију мобилног учења језика.

Истраживање проблематике мобилног адаптивног учења језика, са становишта друштвене корисности може имати вишеструке импликације:

- Резултати истраживања помоћи ће да се анализира проблематика даљег развоја система мобилног учења језика као и свих осталих компоненти образовног процеса,
- Резултати истраживања помоћи ће да се детаљније утврде захтеви који се постављају пред будуће пројекте реализације мобилног учења језика и других области,
- Резултате истраживања могу користити и други образовни системи заинтересовани за развој и прилагођавање наставних активности за учење у мобилном окружењу.

Могућности примене резултата истраживања су велике с обзиром на актуелност теме и следеће чињенице:

- Велики број мобилних уређаја по карактеристикама способних за употребу у неком облику процеса мобилног учења.

- Велики број независних мобилних апликација за учење језика доступних на свим мобилним платформама.
- Велики број образовних институција које организују образовни процес преко Интернета, коришћењем респонзивних веб-платформи употребљивих са мобилних уређаја.
- Могућност примене мобилног учења као повезујућег елемента којим се може постићи свеприсутно учење.

Архитектура система ће омогућити имплементацију прилагодљивих, флексибилних, интегрисаних и безбедних решења.

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

Радови објављени у монографијама међународног значаја (M14):

1. M. Milutinović, V. Stojiljković, S. Lazarević, Ontology-Based Multimodal Language Learning, M. Despotović-Zrakić, V. Milutinović, A. Belić (Eds.), Handbook of Research on High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education, pp. 195-212, 2014, IGI Global, Hershey, PA, USA. doi:10.4018/978-1-4666-5784-7.ch008 (M14).
2. M. Milutinović, M. Despotović-Zrakić, K. Simić, M. Anđelić, Enhancing Data Management in E-Government Using Data Categorization and Visualization Techniques, Z. Mahmood (Ed.), Emerging Mobile and Web 2.0 Technologies for Connected E-Government, pp. 22-49, 2014, IGI Global, Hershey, PA, USA. doi:10.4018/978-1-4666-6082-3.ch002 (M14).
3. A. Milić, K. Simić, M. Milutinović, Cloud Computing Environment for e-Learning Services for Students with Disabilities, Z. Mahmood (Ed.), Continued Rise of the Cloud, pp. 363-381, 2014, Springer London, UK. doi: 10.1007/978-1-4471-6452-4_14 (M14).

Радови објављени у истакнутим међународним часописима (M21):

1. M. Milutinović, A. Labus, V. Stojiljković, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Designing a mobile language learning system based on lightweight learning objects,

Multimedia Tools and Applications, Vol. 74, No. 3, pp 903-935, 2015. doi: 10.1007/s11042-013-1704-5 (M22).

Радови објављени у међународним часописима (M23):

1. M. Milutinović, Ž. Bojović, A. Labus, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Ontology-based generated learning objects for mobile language learning, Computer Science and Information Systems, Vol. 13, No. 2, pp 493-514, 2016. doi: 10.2298/CSIS141030004M (M23).

Радови у зборницима међународних скупова штампани у целини (M33):

1. I. Vojinović, A. Vukmirović, M. Despotović-Zrakić, M. Milutinović, K. Simić, Leveraging internet marketing campaigns through social network analysis, Matematičke i informacione tehnologije - MIT 2013, Vrnjačka Banja, Srbija, 05-09 September 2013, pp. 715-721, ISBN 978-86-80795-20-1 (M33).
2. B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, A. Labus, M. Milutinović, Providing services for student relationship management on cloud computing infrastructure, Proceedings of TELSIKS 2013, 16-19 October 2013, Niš, Srbija (M33).
3. Z. Bogdanović, K. Simić, M. Milutinović, B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A Platform for Learning Internet of Things, 8th International Conference on e-Learning 2014, Lisbon, Portugal, 15-18 July 2014 (M33).

Радови у часописима националног значаја (M50):

1. M. Milutinović, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, A. Marković, B. Radenković, Razvoj mobilne aplikacije za učenje japanskog jezika – FONJAPGO, Journal For Management Theory And Practice, Vol. 60, pp 27-33, Beograd, septembar 2011, ISSN 1820-0222 (M51).
2. K. Simić, J. Dadić, L. Paunović, M. Milutinović, Z. Bogdanović, Delivering Mobile Government Services through Cloud Computing, Innovative Issues and Approaches in Social Sciences, Vol. 5, No. 2, pp. 150-160, May 2012, ISSN 1855-0541 (M50).
3. Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, M. Milutinović, M. Anđelić, S. Milinović, Model for Enhanced Data Management, Visualization, and Adaptation in e-learning, Journal For Management Theory And Practice, Vol.69, pp. 5-13, Beograd, 2013, ISSN 1820-0222, doi: 10.7595/management.fon.2013.0030 (M51).
4. J. Šuh, K. Simić, M. Milutinović, V. Vujin, S. Jevremović, Sistem za praćenje performansi mrežne infrastrukture visokoškolske ustanove, InfoM, Časopis za informacione tehnologije i multimedijalne sisteme, br.49/2014, Beograd, 2014, ISSN 1451-4397, M52.

Радови у зборницима националних скупова штампани у целини (M63):

1. M. Milutinović, Dostavljanje objekata mobilnog učenja za proučavanje japanskog jezika, Infoteh, Jahorina, 21-23. mart 2012, Vol. 11, pp. 1160-1165, ISBN 978-99938-624-8-2 (M63).
2. J. Dadić, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, M. Milutinović, Semantička anotacija obrazovnih materijala u sistemu e-obrazovanja, Infoteh, Jahorina, 20-22. mart 2013, Vol. 12, pp. 753-756, ISBN 978-99955-763-1-8 (M63).
3. M. Milutinović, M. Anđelić, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Vizuelizacija semantičkih podataka u e-obrazovanju, Zbornik radova XL Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYM-OP-IS 2013, Zlatibor, 9-12. septembar 2013, pp. 314-319, ISBN 978-86-7680-286-9 (M63).
4. M. Milutinović, K. Simić, A. Labus, Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, Platforma za učenje interneta inteligentnih uređaja, Infoteh 2014, Jahorina, 19-21. mart 2014, Vol. 14, pp. 759-762, ISBN 978-99955-763-3-2 (M63).
5. M. Milutinović, Đ. Stepanić, M. Despotović-Zrakić, Mobile Adaptive Language Learning, Zbornik radova na CD-u sa XIV međunarodnog simpozijuma SymOrg 2014, pp. 395-401, 6-10. jun 2014, Zlatibor, ISBN 978-86-7680-255-5.

8. БУДУЋА ИСТРАЖИВАЊА

Презентован модел система за адаптивно мобилно учење страних језика обухвата низ концепата и технологија из области е-образовања, семантичког веба и информационо-комуникационих технологија. Релативна сложеност модела оставља простора за будућа истраживања и усавршавања почетног концепта.

Основу презентованог модела у погледу образовних садржаја сачињавају мреже речи. Изведена имплементација обухвата енглеску и јапанску мрежу речи, пре свега због обима и због расположивости у погодно примењивим форматима. Даље истраживање треба да обухвати имплементацију већег броја језика (мрежа) и потребна унапређења модела како би се подржала вишејезичност и обостраност учења. Мреже речи пружају богат семантички основ за имплементацију механизма одлучивања, али не представљају формалне онтологије. Могу се истражити могућности за коришћење или комбиновање семантички богатијих извора као што су више онтологије или базе знања као што је Википедија. Мреже речи различитих језика се разликују по сложености и покривености појмова, па се могу истражити могућности за њихово проширење. Један правац истраживања се може усмерити на развој интерфејса за рад са базом знања садржаном у систему, а може се истражити и могућности успостављања сарадње са организацијама које развијају мреже речи. На тај начин, сва локална унапређења би могла да се пренесу и на изворну мрежу, што би пружало обострану корист за обе организације, за образовну и за ону која се бави одржавањем мреже.

Онтолошки оквир се може проширити додатним типовима наставних активности, поготово оних који су засновани на принципу игре. У будућем истраживању се може изградити детаљна таксономија свих врста образовних активности које су примењиве у области мобилног учења страних језика. На тај начин би се поставио основ за развој богатијих и разноврснијих мобилних клијентских апликација.

У погледу одржавања базе знања, један од могућих начина за побољшање овог процеса је применом принципа *crowdsourcing*-а, односно омогућавањем давања доприноса ученицима. Могу се истражити методе за необтрузивно преузимање различитих врста повратних информација од ученика које би биле коришћене за унапређење система и процеса учења, као и у проширењу модела ученика. Опциона компонента модела – процесор профила, такође пружа јако велики потенцијал за даље истраживање статистичких метода којима би се вршила класификација ученика, као и за примену метода обраде великих количина података (*big data*) како би се извукли закључци о неким карактеристикама ученика. Додављени подаци који обухватају знање, интересовање и понашање ученика, као и разне контекстне параметре се могу применити у детаљнијем истраживању навика при учењу, што би помогло развоју боље прилагођених наставних активности.

Потребно је додатно на стандардизовати објекте учења који се користе у систему, као и развити шему за превођење садржаја из базе знања у *SCORM* облик ради интеграције са постојећим системима за управљање учењем. У погледу интеграције, потребно је истражити и могућности друштвених мрежа за доставу садржаја, повезивање ученика и добављање додатних информација о њима.

Мобилна клијентска апликација развијена у оквиру фазе имплементације за *Android* мобилну платформу представља само један замисливи облик клијентске апликације. Могу се истражити могућности за развој апликација за друге платформе, укључујући ту и уређаје из области носивог рачунарства – наочаре, сатове и друге. Такође, потребно је истражити и развој клијентских апликација заснованих на другачијим принципима, нпр. на принципу *edutainment*-а, концентрисањем на још мање јединице садржаја, кроз додатке за системе чија главна намена није учење и друге.

9. ЗАКЉУЧАК

Мобилно адаптивно учење страних језика подразумева комбиновање разноврсних параметара адаптације са добро означеним образовним језичким садржајима. У оквиру ове дисертације је презентован систем који за адаптацију користи параметре ученика, мобилног уређаја и окружења у којем се одвија учење да филтрира и изабере одговарајуће језичке садржаје из базе знања одређене онтолошким оквиром.

У оквиру ове дисертације анализирани су особине мобилног окружења, дефинисан појам мобилног образовања и дат преглед различитих категорија мобилних уређаја и апликација у мобилном образовању. Изложено је разматрање аспекта мотивације за учењем у таквом окружењу где је нагласак на неформалном учењу, и преглед могућности за укључивање мултимедијалних садржаја и учења кроз игру у наставни процес са циљем увећања мотивације. Након тога, дат је преглед примене мобилних технологија у специфичној области учења језика, где су обухваћене могућности текстуалне и гласовне комуникације, коришћења уграђених хардверских компонента и могућности мобилних оперативних система. Описани су објекти учења као носиоци образовних садржаја и могућности за њихову примену у мобилном окружењу. Дат је преглед примене онтологија у образовању, са посебним нагласком на мрежама речи као једним видом онтологија у области изучавања језика.

Након прегледа особина мобилног окружења, дати су појам и дефиниција адаптивног образовања у истом (мобилном) контексту. Изложене су могућности за адаптација према различитим врстама параметара – параметрима корисника, уређаја и контекста, као и могућности за примену онтологија за поспешивање алгоритама адаптације.

У припреми за имплементацију предложеног система, извршено је истраживање могућности веб сервиса, инфраструктуре за рачунарство у облаку и мобилне инфраструктуре. У оквиру истраживања мобилне инфраструктуре дат је преглед технологија бежичног преноса, сервиса мобилног пословања, уређаја и платформи, као и кратак преглед стања мобилне инфраструктуре у Србији. Анализирани су конкретни стандарди објеката учења и семантичког веба. Анализирани су енглеска, српска и јапанска мрежа речи и дат детаљан преглед њихове структуре, семантичких веза и начина на које су серијализоване.

Резултат истраживања јесте модел за мобилно адаптивно учење страних језика. Модел предложен у овој дисертацији је флексибилан, проширив, омогућује интеграцију различитих извора образовних садржаја у базу знања, као и интеграцију са другим образовним и необразовним системима. Предложен модел се може применити како у неформалном учењу, тако и интегрисан у неки од постојећих наставних процеса.

У експерименталном делу докторске дисертације предложени систем је имплементиран у оквиру инфраструктуре за рачунарство у облаку на Катедри за електронско пословање на Факултету организационих наука. Образовни садржаји су имплементирани трансформацијом две мреже речи – енглеске и јапанске, а клијентска апликација за приступ систему је развијена на *Android* платформи применом стандардних принципа софтверског пројектовања. Имплементација је тестирана на Катедри за електронско пословање, а резултати истраживања су показали да примена модела система за адаптивно мобилно учење страних језика унапређује процес учења. Студенти који су током истраживања користили систем су позитивно оценили могућности апликације како са образовног аспекта, тако и у погледу повећане мотивисаности и интересовања за област изучавања.

10. РЕФЕРЕНТНА ЛИТЕРАТУРА

- [1] A. Holzinger, A. Nischelwitzer, S. Friedl, and B. Hu, “Towards Life Long Learning: Three Models for Ubiquitous Applications,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 10, no. 10, pp. 1350–1365, 2010.
- [2] R. E. Mayer, “The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media,” *Learn. Instr.*, vol. 13, no. 2, pp. 125–139, Apr. 2003.
- [3] M. P. Arnone, R. V. Small, S. A. Chauncey, and H. P. McKenna, “Curiosity, interest and engagement in technology-pervasive learning environments: a new research agenda,” *Educ. Technol. Res. Dev.*, vol. 59, no. 2, pp. 181–198, Feb. 2011.
- [4] R. McGreal, “Learning objects: A practical definition,” *International J. Instr. Technol. Distance Learn.*, vol. 1, no. 9, pp. 21–32, Sep. 2004.
- [5] J. Traxler, “Learning in a Mobile Age,” *International Journal of Mobile and Blended Learning*, vol. 1, pp. 1–12, 2009.
- [6] M. Sharples, J. Taylor, and G. Vavoula, “Towards a theory of mobile learning,” *Proc. mLearn 2005*, vol. 1, no. 1, pp. 1–9, 2005.
- [7] A. Kukulska-Hulme and J. Traxler, “Learning Design with Mobile and Wireless Technologies,” in *Rethinking Pedagogy for the Digital Age*, H. Beetham and R. Sharpe, Eds. London: Routledge, 2007.
- [8] K. Nyíri, “Towards a philosophy of m-learning,” in *Proceedings - IEEE International Workshop on Wireless and Mobile Technologies in Education, WMTE 2002*, 2002, pp. 121–124.
- [9] J. D. Bransford, A. L. Brown, and R. R. Cocking, *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*, vol. Expanded E. 2000, p. x, 374 p.
- [10] F. Ozdamli and N. Cavus, “Basic elements and characteristics of mobile learning,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 28, pp. 937–942, Jan. 2011.
- [11] C.-K. Looi, P. Seow, B. Zhang, H.-J. So, W. Chen, and L.-H. Wong, “Leveraging mobile technology for sustainable seamless learning: a research agenda,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 41, no. 2, pp. 154–169, Mar. 2010.

- [12] D. W. Livingstone, “Adults’ Informal Learning: Definitions, Findings, Gaps and Future Research,” 2001.
- [13] H. Ogata and Y. Yano, “How ubiquitous computing can support language learning,” in *Proceedings of KEST*, 2003, pp. 1–6.
- [14] S. Fallahkhair, L. Pemberton, and R. Griffiths, “Development of a cross-platform ubiquitous language learning service via mobile phone and interactive television,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 23, no. 4, pp. 312–325, May 2007.
- [15] L. Sha, C.-K. Looi, W. Chen, and B. H. Zhang, “Understanding mobile learning from the perspective of self-regulated learning,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 28, no. 4, pp. 366–378, Aug. 2012.
- [16] M. Wang, R. Shen, D. Novak, and X. Pan, “The impact of mobile learning on students’ learning behaviours and performance: Report from a large blended classroom,” *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 40, no. 4, pp. 673–695, Jul. 2009.
- [17] J. Sandberg, M. Maris, and K. de Geus, “Mobile English learning: An evidence-based study with fifth graders,” *Comput. Educ.*, vol. 57, no. 1, pp. 1334–1347, Aug. 2011.
- [18] A. Jones, K. Issroff, E. Scanlon, G. Clough, and P. Mcandrew, “Using mobile devices for learning in informal settings: is it motivating?,” in *IADIS International Conference on Mobile Learning*, 2006, pp. 251–255.
- [19] T. W. Malone and M. R. Lepper, “Making learning fun: A taxonomy of intrinsic motivations for learning,” in *Aptitude learning and instruction*, vol. 3, no. 3, R. E. Snow and M. J. Farr, Eds. Lawrence Erlbaum Associates, 1987, pp. 223–253.
- [20] R. Koster, *Theory of Fun for Game Design*. 2005, p. 256.
- [21] A. Лабус, “Учење кроз игру у електронском образовању,” Универзитет у Београду, 2012.
- [22] Y. Wang, L. Luo, and L. Liu, “The innovation of education brought forward by educational games,” in *2nd International Workshop on Education Technology and Computer Science, ETCS 2010*, 2010, vol. 2, pp. 620–622.
- [23] T. Susi, M. Johannesson, and P. Backlund, “Serious Games – An Overview,” 2007.
- [24] W.-H. Wu, H.-C. Hsiao, P.-L. Wu, C.-H. Lin, and S.-H. Huang, “Investigating the learning-theory foundations of game-based learning: a meta-analysis,” *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 28, no. 3, pp. 265–279, Jun. 2012.

- [25] G.-J. Hwang and P.-H. Wu, "Advancements and trends in digital game-based learning research: a review of publications in selected journals from 2001 to 2010," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 43, no. 1, pp. E6–E10, Jan. 2012.
- [26] Z. Okan, "Edutainment: is learning at risk?," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 34, no. 3, pp. 255–264, 2003.
- [27] R. Garris, R. Ahlers, and J. E. Driskell, "Games, Motivation, and Learning: A Research and Practice Model," *Simul. Gaming*, vol. 33, no. 4, pp. 441–467, Dec. 2002.
- [28] J. Hamari, "Framework for Designing and Evaluating Game Achievements," *Proc. DiGRA 2011 Conf. Think Des. Play*, p. 20, 2011.
- [29] G. Schwabe and C. Göth, "Mobile learning with a mobile game: design and motivational effects," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 21, no. 3, pp. 204–216, May 2005.
- [30] T. Y. Liu and Y. L. Chu, "Using ubiquitous games in an English listening and speaking course: Impact on learning outcomes and motivation," *Comput. Educ.*, vol. 55, no. 2, pp. 630–643, 2010.
- [31] E. Klopfer, J. Sheldon, J. Perry, and V. H.-H. Chen, "Ubiquitous Games for Learning (UbiqGames): Weatherlings, a Worked Example," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 28, no. 5, pp. 465–476, Oct. 2012.
- [32] R. E. Mayer, "Multimedia learning: Are we asking the right questions?," *Educ. Psychol.*, vol. 32, no. 1, pp. 1–19, 1997.
- [33] L. J. Najjar, "Principles of Educational Multimedia User Interface Design," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, vol. 40, no. 2, pp. 311–323, 1998.
- [34] A. Holzinger, M. Kickmeier-Rust, and D. Albert, "Dynamic media in computer science education; Content complexity and learning performance: Is less more?," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 11, pp. 279–290, 2008.
- [35] J. L. Plass, S. Heidig, E. O. Hayward, B. D. Homer, and E. Um, "Emotional design in multimedia learning: Effects of shape and color on affect and learning," *Learn. Instr.*, vol. 29, pp. 128–140, 2014.
- [36] C. Evans, "The effectiveness of m-learning in the form of podcast revision lectures in higher education," *Comput. Educ.*, vol. 50, pp. 491–498, 2008.

- [37] S. R. H. Joseph and M. Uther, "Mobile devices for language learning: multimedia approaches," *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.*, vol. 4, no. 1, pp. 7–32, Mar. 2009.
- [38] A. Moldovan, I. Ghergulescu, and C. H. Muntean, "Educational Multimedia Profiling Recommendations for Device-aware Adaptive Mobile Learning," in *Proceedings of 8th IADIS International Conference on e-Learning 2014 (eL2014)*, 2014, pp. 125–132.
- [39] G. M. Chinnery, "Emerging Technologies: Going to the MALL: Mobile Assisted Language Learning," *Lang. Learn. Technol.*, vol. 10, no. 1, pp. 9–16, Jan. 2006.
- [40] R. Godwin-Jones, "Emerging technologies: Mobile apps for language learning," *Lang. Learn. Technol.*, vol. 15, no. 2, pp. 2–11, Jun. 2011.
- [41] W. H. Wu, Y. C. Jim Wu, C. Y. Chen, H. Y. Kao, C. H. Lin, and S. H. Huang, "Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 2, pp. 817–827, 2012.
- [42] B. Oberer and A. Erkollar, "Tablets as Primary Educational Computing Devices. An Impact Analysis on the Educational Landscape in an Austrian University," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 116, pp. 477–480, 2014.
- [43] A. Labus, M. Milutinović, Đ. Stepanić, M. Stevanović, and S. Milinović, "Wearable Computing in E-Education," in *3rd annual Governance in (post)transition conference*, 2014.
- [44] G. Stockwell, "Using mobile phones for vocabulary activities: Examining the effect of the platform," *Lang. Learn. Technol.*, vol. 14, no. 2, pp. 95–110, Jun. 2010.
- [45] X. Gu, F. Gu, and J. M. Laffey, "Designing a mobile system for lifelong learning on the move," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 27, no. 3, pp. 204–215, Jun. 2011.
- [46] K. Holzinger, M. Lehner, M. Fassold, and A. Holzinger, "Archaeological Scavenger Hunt on mobile devices: from Education to e-Business: A triple adaptive mobile application for supporting Experts, Tourists and Children," in *Joint Conference on eBusiness and Telecommunications*, 2011, pp. 131–136.
- [47] C. Uluyol and R. K. Agca, "Integrating mobile multimedia into textbooks: 2D barcodes," *Comput. Educ.*, vol. 59, no. 4, pp. 1192–1198, 2012.
- [48] E. Brown, "Mobile learning explorations at the Stanford Learning Lab," *Speaking of computers. A newsletter for Stanford academic community*, 55, 2001. [Online]. Available:

https://web.archive.org/web/20011109004156/http://acomp.stanford.edu/acpubs/SOC/Back_Issues/SOC55/index.html. [Accessed: 13-Feb-2015].

- [49] L.-H. Wong and C.-K. Looi, "Vocabulary learning by mobile-assisted authentic content creation and social meaning-making: two case studies," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 26, no. 5, pp. 421–433, Oct. 2010.
- [50] N. Cavus and D. Ibrahim, "m-Learning: An experiment in using SMS to support learning new English language words," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 40, no. 1, pp. 78–91, Jan. 2009.
- [51] S. So, "The Development of a SMS-based Teaching and Learning System," *J. Educ. Technol. Dev. Exch.*, vol. 2, no. 1, pp. 113–124, 2009.
- [52] M. Lu, "Effectiveness of vocabulary learning via mobile phone," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 24, no. May 2006, pp. 515–525, 2008.
- [53] M. Saran, K. Cagiltay, and G. Seferoglu, "Use of Mobile Phones in Language Learning: Developing Effective Instructional Materials," in *Fifth IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education (wmute 2008)*, 2008, pp. 39–43.
- [54] M. A. Mohammad Alzu'bi and M. R. N. Sabha, "Using mobile-based email for english foreign language learners," *Turkish Online J. Educ. Technol.*, vol. 12, no. 1, pp. 178–186, 2013.
- [55] P. Thornton and C. Houser, "Using mobile phones in English education in Japan," *J. Comput. Assist. Learn.*, vol. 21, no. 3, pp. 217–228, May 2005.
- [56] I. Obrovački, "Novi mobilni čet poredak," *Svet Kompjutera*, Belgrade, pp. 41–44, Feb-2015.
- [57] D. Bouhnik and M. Deshen, "WhatsApp Goes to School: Mobile Instant Messaging between Teachers and Students," *J. Inf. Technol. Educ. Res.*, vol. 13, pp. 217–231, 2014.
- [58] L. I. Twarog and M. Pereszlenyi-Pinter, "Telephone-Assisted Language Study at Ohio State University: A Report," *Mod. Lang. J.*, vol. 72, pp. 426–434, 1988.
- [59] G. Cooney and K. Keogh, "Use of Mobile Phones for Language Learning and Assessment for Learning, a Pilot Project," in *Proceedings of M-Learn 2008*, 2008, pp. 46–50.
- [60] Y. Belanger, "Duke University iPod First Year Experience Final Evaluation Report," Durham, United States, 2005.

- [61] B. R. Facer, M. Abdous, and M. M. Camarena, "The impact of Podcasting on Students' Learning Outcomes.," *Handb. Res. E-Learning Methodol. Lang. Acquis.* ., 2007.
- [62] M. Abdous, M. M. Camarena, and B. R. Facer, "MALL Technology: Use of Academic Podcasting in the Foreign Language Classroom," *ReCALL*, vol. 21, no. 1, p. 76, 2009.
- [63] A. Kukulska-Hulme and L. Shield, "An overview of mobile assisted language learning: From content delivery to supported collaboration and interaction," *ReCALL*, vol. 20, no. 03, pp. 271–289, Aug. 2008.
- [64] N. a. Gromik, "Cell phone video recording feature as a language learning tool: A case study," *Comput. Educ.*, vol. 58, no. 1, pp. 223–230, 2012.
- [65] S.-C. Cheng, W.-Y. Hwang, S.-Y. Wu, R. Shadiev, and C.-H. Xie, "A mobile device and online system with contextual familiarity and its effects on English learning on campus," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 13, no. 3, pp. 93–109, Jul. 2010.
- [66] D. Edge, E. Searle, and K. Chiu, "MicroMandarin: mobile language learning in context," *Proc. 2011 ...*, vol. 6, pp. 3169–3178, 2011.
- [67] T. De Jong, M. Specht, and R. Koper, "A study of contextualised mobile information delivery for language learning," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 13, no. 3, pp. 110–125, Jul. 2009.
- [68] J. Beaudin, S. Intille, E. Munguia Tapia, R. Rockinson, and M. Morris, "Context-sensitive microlearning of foreign language vocabulary on a mobile device," *Ambient Intell.*, vol. 4794, pp. 55–72, 2007.
- [69] A. Konstantinidis, T. Tsiatsos, and A. Pomportsis, "Collaborative virtual learning environments: design and evaluation," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 44, no. 2, pp. 279–304, May 2009.
- [70] J. Samuels, "Wireless and Handheld Devices for Language Learning," in *Proceedings of the 19th Annual Conference on Distance Teaching and Learning*, 2003, pp. 1–5.
- [71] G. Stockwell, "Vocabulary on the move: Investigating an intelligent mobile phone-based vocabulary tutor," *Comput. Assist. Lang. Learn.*, vol. 20, no. 4, pp. 365–383, 2007.
- [72] M. Rahimi and S. S. Miri, "The Impact of Mobile Dictionary Use on Language Learning," *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 98, pp. 1469–1474, 2014.

- [73] Y. Song and R. Fox, "Using PDA for undergraduate student incidental vocabulary testing," *ReCALL*, vol. 20, pp. 290–314, 2008.
- [74] M. Milutinović, "Dostavljanje objekata mobilnog učenja za proučavanje japanskog jezika," in *Infoteh 2012*, 2012, pp. 1160–1165.
- [75] Cisco Systems, "Reusable Learning Object Strategy: Designing and Developing Learning Objects for Multiple Learning Approaches." pp. 1–34, 2003.
- [76] IEEE Learning Technology Standards Committee, "Draft standard for learning object metadata." Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., pp. 1–44, Jul-2002.
- [77] J. J. L'Allier, "Frame of reference: NETg's map to the products, their structure and core beliefs." 1997.
- [78] P. Polsani, "Use and abuse of reusable learning objects," *J. Digit. Inf.*, vol. 3, no. 4, 2003.
- [79] S. Weibel, "The State of the Dublin Core Metadata Initiative: April 1999," *Bull. Am. Soc. Inf. Sci. Technol.*, vol. 25, no. 5, pp. 18–22, Jan. 2005.
- [80] J. Najjar, S. Ternier, and E. Duval, "User Behavior in Learning Objects Repositories: An Empirical Analysis," in *Proceedings of the ED-MEDIA 2004 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications*, 2004, pp. 4373–4378.
- [81] R. McGreal, "A Typology of Learning Object Repositories," in *Handbook on Information Technologies for Education and Training*, Springer Berlin Heidelberg, 2008, pp. 5–28.
- [82] S. Yalcinalp and B. Emiroglu, "Through efficient use of LORs: Prospective teachers' views on operational aspects of learning object repositories," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 43, no. 3, pp. 474–488, May 2012.
- [83] B. Schandl, B. Haslhofer, T. Bürger, A. Langegger, and W. Halb, "Linked Data and multimedia: the state of affairs," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 59, no. 2, pp. 523–556, Feb. 2011.
- [84] W. Longmire, "A primer on learning objects," *Learn. Circuits*, pp. 1–5, Mar. 2000.
- [85] H. Hodgins, "The future of learning objects," in *2002 ECI Conference on e-Technologies in Engineering Education: Learning Outcomes Providing Future Possibilities*, 2002, pp. 76–82.

- [86] IMS Global Learning Consortium, “IMS Content Packaging Specification Primer,” 2007.
- [87] Advanced Distributed Learning, *SCORM 2004 3rd Edition: Shareable Content Object Reference Model - Overview*. 2006, pp. 1–39.
- [88] C. Bradley, R. Haynes, J. Cook, T. Boyle, and C. Smith, “Design and Development of Multimedia Learning Objects for Mobile Phones,” in *Mobile Learning in Education and Training*, M. Ally, Ed. AU Press, 2008, pp. 158–181.
- [89] D. Churchill, “Conceptual model learning objects and design recommendations for small screens,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 14, no. 1, pp. 203–216, Jan. 2011.
- [90] H. O. Chorfi, A. Z. Sevkli, and F. Bousbahi, “Mobile Learning Adaption through a Device Based Reasoning,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 47, pp. 1707–1712, Jan. 2012.
- [91] T. R. Gruber, “A Translation Approach to Portable Ontology Specifications,” *Knowl. Acquis.*, vol. 5, no. 2, pp. 199–220, Apr. 1993.
- [92] N. F. Noy and D. L. McGuinness, “Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology,” Mar. 2001.
- [93] M. Milutinović, M. Despotović-Zrakić, K. Simić, and M. Anđelić, “Enhancing Data Management in E-Government Using Data Categorization and Visualization Techniques,” in *Emerging Mobile and Web 2.0 Technologies for Connected E-Government*, Z. Mahmood, Ed. IGI Global, Hershey, PA, USA, 2014, pp. 22–49.
- [94] S. K. Semy, M. K. Pulvermacher, and L. J. Obrst, “Toward the Use of an Upper Ontology for U. S. Government and U. S. Military Domains: An Evaluation,” Sep. 2004.
- [95] M. Milutinović, V. Stojiljković, and S. Lazarević, “Ontology-Based Multimodal Language Learning,” in *Handbook of Research on High Performance and Cloud Computing in Scientific Research and Education*, M. Despotović-Zrakić, V. Milutinović, and A. Belić, Eds. IGI Global, Hershey, PA, USA, 2014, pp. 195–212.
- [96] G. a. Miller, “WordNet: a lexical database for English,” *Commun. ACM*, vol. 38, no. 11, pp. 39–41, Nov. 1995.
- [97] C. Fellbaum, “WordNet,” in *Theory and Applications of Ontology: Computer Applications*, R. Poli, M. Healy, and A. Kameas, Eds. Springer Netherlands, 2010, pp. 231–243.

- [98] P. Vossen, "EuroWordNet: A Multilingual Database of Autonomous and Language-Specific Wordnets Connected via an Inter-Lingual Index," *Int. J. Lexicogr.*, vol. 17, no. 2, pp. 161–173, Jun. 2004.
- [99] D. Tufis, D. Cristea, and S. Stamou, "BalkaNet: Aims, Methods, Results and Perspectives. A General Overview," *Rom. J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 1–2, pp. 9–43, 2004.
- [100] C. Krstev, G. Pavlović-Lažetić, D. Vitas, and I. Obradović, "Using Textual and Lexical Resources in Developing Serbian Wordnet," *Rom. J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 7, no. 1–2, pp. 147–161, 2004.
- [101] R. Navigli and S. P. Ponzetto, "BabelNet: The automatic construction, evaluation and application of a wide-coverage multilingual semantic network," *Artif. Intell.*, vol. 193, pp. 217–250, Dec. 2012.
- [102] C. Fellbaum and P. Vossen, "Connecting the Universal to the Specific: Towards the Global Grid," in *Intercultural Collaboration: First International Workshop*, T. Ishida, R. S. Fussell, and P. T. J. M. Vossen, Eds. Springer, Berlin, Heidelberg, 2007, pp. 1–16.
- [103] S. Yalcinalp and Y. Gulbahar, "Ontology and taxonomy design and development for personalised web-based learning systems," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 41, no. 6, pp. 883–896, 2010.
- [104] P. Raju and V. Ahmed, "Enabling technologies for developing next-generation learning object repository for construction," *Autom. Constr.*, vol. 22, pp. 247–257, Mar. 2012.
- [105] M. Milutinović, M. Anđelić, Z. Bogdanović, and M. Despotović-Zrakić, "Vizuelizacija semantičkih podataka u E-obrazovanju," in *Zbornik radova XL Simpozijum o operacionim istraživanjima – SYM-OP-IS 2013*, 2013, pp. 341–319.
- [106] A.-S. Dadzie and M. Rowe, "Approaches to Visualising Linked Data: a Survey," *Semant. Web*, vol. 2, no. 2, pp. 89–124, 2011.
- [107] Z. Bogdanović, M. Despotović-Zrakić, M. Milutinović, M. Anđelić, and S. Milinović, "Model for Enhanced Data Management, Visualization, and Adaptation in e-learning," *Manag. - J. theory Pract. Manag.*, vol. 18, no. 69, pp. 5–14, Dec. 2013.
- [108] J. Wang, T. Mendori, and J. Xiong, "A language learning support system using course-centered ontology and its evaluation," *Comput. Educ.*, vol. 78, pp. 278–293, Sep. 2014.

- [109] A. Casali, C. Deco, A. Romano, and G. Tomé, “An Assistant for Loading Learning Object Metadata: An Ontology Based Approach,” *Interdiscip. J. E-Learning Learn. Objects*, vol. 9, pp. 77–87, 2013.
- [110] M.-Á. Sicilia, M. D. Lytras, S. Sánchez-Alonso, E. García-Barriocanal, and M. Zapata-Ros, “Modeling instructional-design theories with ontologies: Using methods to check, generate and search learning designs,” *Comput. Human Behav.*, vol. 27, no. 4, pp. 1389–1398, Jul. 2011.
- [111] R. R. Amorim, M. Lama, E. Sánchez, A. Riera, and X. A. Vila, “A Learning Design Ontology based on the IMS Specification,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 9, no. 1, pp. 38–57, 2006.
- [112] R. Oppermann, “Adaptability and adaptivity in learning systems,” *Knowl. Transf.*, vol. 2, pp. 173–179, 1997.
- [113] A. Kobsa, “User Modeling: Recent Work, Prospects and Hazards,” in *Adaptive User Interfaces: Principles and Practice*, U. M. M. Schneider-Hufschmidt, T. Kühme, Ed. North-Holland, 1993, pp. 111–128.
- [114] P. Brusilovsky and M. T. Maybury, “From adaptive hypermedia to the adaptive web,” *Commun. ACM*, vol. 45, no. 5, May 2002.
- [115] F. Mödritscher, V. M. G. Barrios, and C. Gütl, “Enhancement of SCORM to support adaptive E-Learning within the Scope of the Research Project AdeLE,” in *In Proceedings of World Conference on E-Learning (E-Learn 2004)*, 2004, pp. 2499–2505.
- [116] A. Paramythis and S. Loidl-reisinger, “Adaptive Learning Environments and eLearning Standards,” *Electron. J. e-Learning*, vol. 2, no. 1, pp. 181–194, 2004.
- [117] M. Despotović-Zrakić, A. Marković, Z. Bogdanović, D. Barać, and S. Krčo, “Providing adaptivity in moodle LMS courses,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 15, no. 1, pp. 326–338, Jan. 2012.
- [118] A. Garrido and E. Onaindia, “Assembling Learning Objects for Personalized Learning: An AI Planning Perspective,” *IEEE Intell. Syst.*, vol. 28, no. 2, pp. 64–73, Mar. 2013.
- [119] E. Brown, A. Cristea, C. Stewart, and T. Brailsford, “Patterns in Authoring of Adaptive Educational Hypermedia: A Taxonomy of Learning Styles,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 8, no. 3, pp. 77–90, 2005.
- [120] P. De Bra, G. Houben, and H. Wu, “AHAM: A Dexter-based ReferenceModel for Adaptive Hypermedia,” in *Proceedings of the tenth ACM Conference on*

Hypertext and hypermedia: returning to our diverse roots returning to our diverse roots - HYPERTEXT '99, 1999, pp. 147–156.

- [121] V. Esichaikul, S. Lamnoi, and C. Bechter, “Student Modelling in Adaptive E-Learning Systems,” *Knowl. Manag. E-Learning*, vol. 3, no. 3, pp. 342–355, 2010.
- [122] A. C. Martins, L. Faria, C. V. de Carvalho, and E. Carrapatoso, “User Modeling in Adaptive Hypermedia Educational Systems,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 11, no. 1, pp. 194–207, 2008.
- [123] S. Somyürek, “Student modeling: Recognizing the individual needs of users in e-learning environments,” *International Journal of Human Sciences*, vol. 6, no. 2, p. 429, 2009.
- [124] P. Brusilovsky and E. Millán, “User models for adaptive hypermedia and adaptive educational systems,” *Adapt. web*, vol. 4321, no. LNCS 4321, pp. 3–53, 2007.
- [125] C.-M. Chen and S.-H. Hsu, “Personalized intelligent mobile learning system for supporting effective English learning,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 11, no. 3, pp. 153–180, Jul. 2008.
- [126] M. Li, H. Ogata, B. Hou, S. Hashimoto, Y. Liu, N. Uosaki, and Y. Yano, “Development of Adaptive Kanji Learning System for Mobile Phone,” *International Journal of Distance Education Technologies*, vol. 8, no. 4, pp. 29–41, Jan-2010.
- [127] P. Tzouveli, P. Mylonas, and S. Kollias, “An intelligent e-learning system based on learner profiling and learning resources adaptation,” *Comput. Educ.*, vol. 51, no. 1, pp. 224–238, 2008.
- [128] M. Power, “Delivering Web to Mobile,” Bath, United Kingdom, 2012.
- [129] ScientiaMobile, “What is WURFL?” [Online]. Available: <http://wurfl.sourceforge.net/wurfl.php>. [Accessed: 19-Feb-2015].
- [130] V. Adzic, H. Kalva, and B. Furht, “A survey of multimedia content adaptation for mobile devices,” *Multimed. Tools Appl.*, vol. 51, no. 1, pp. 379–396, Dec. 2011.
- [131] A. Schmidt, M. Beigl, and H. W. Gellersen, “There is more to context than location,” *Comput. Graph.*, vol. 23, no. 6, pp. 893–901, Dec. 1999.
- [132] P. Zervas, S. E. G. Ardila, R. Fabregat, and D. G. Sampson, “Tools for context-aware learning design and mobile delivery,” in *Proceedings of the 2011 11th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2011*, 2011, pp. 534–535.

- [133] C. L. Holden and J. M. Sykes, "Leveraging Mobile Games for Place-Based Language Learning," *Int. J. Game-Based Learn.*, vol. 1, no. 2, pp. 1–18, 2011.
- [134] S. Gómez, P. Zervas, D. G. Sampson, and R. Fabregat, "Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP," *J. King Saud Univ. - Comput. Inf. Sci.*, vol. 26, no. 1, pp. 47–61, Jan. 2014.
- [135] S. Gomez, P. Zervas, D. G. Sampson, and R. Fabregat, "Delivering Adaptive and Context-Aware Educational Scenarios via Mobile Devices," *2012 IEEE 12th Int. Conf. Adv. Learn. Technol.*, pp. 197–201, Jul. 2012.
- [136] E. Basaeed, J. Berri, M. J. Zemerly, and R. Benlamri, "Learner-centric context-aware mobile learning," *IEEE Multidiscip. Eng. Educ. Mag.*, vol. 2, no. 2, pp. 30–33, 2007.
- [137] J. Jovanović, D. Gašević, C. Knight, and G. Richards, "Ontologies for Effective Use of Context in e-Learning Settings," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 10, no. 3, pp. 47–59, 2007.
- [138] C.-M. Chen, "Ontology-based concept map for planning a personalised learning path," *Br. J. Educ. Technol.*, vol. 40, no. 6, pp. 1028–1058, Nov. 2009.
- [139] R. Fielding, "Representational state transfer," *Archit. Styles Des. Network-based Softw. Archit.*, pp. 76–85, 2000.
- [140] B. Blakley and D. Reeves, Eds., *Defining cloud computing*. Gartner Inc., 2010.
- [141] Н. Милорадовић, "Интеграција мобилних образовних сервиса у системе електронског образовања," Универзитет у Београду, 2010.
- [142] StatCounter, "What methodology is used to calculate StatCounter Global Stats?," 2013. [Online]. Available: <http://gs.statcounter.com/faq#methodology>. [Accessed: 12-Feb-2015].
- [143] We are social, "European Digital Landscape 2014," 2014. [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/wearesocialsg/social-digital-mobile-in-europe>. [Accessed: 12-Feb-2015].
- [144] W3C Device Description Working Group, "Device Description Repository Simple API," 2008.
- [145] M. Despotović, A. Savić, and Z. Bogdanović, "Content management in e-education," *Management*, vol. 11, no. 42, pp. 55–61, 2006.
- [146] Advanced Distributed Learning, "SCORM 2004 Content Aggregation Model [CAM]," 2009.

- [147] Advanced Distributed Learning, “SCORM 2004 Run-Time Environment [RTE],” 2009.
- [148] Advanced Distributed Learning, “SCORM 2004 Sequencing and navigation [SN],” 2009.
- [149] T. Berners-Lee, “Semantic Web - XML2000.” Washington DC, United States, 2000.
- [150] J. Hendler, “Agents and the semantic web,” *IEEE Intell. Syst. Their Appl.*, vol. 16, pp. 30–37, 2001.
- [151] M. Uschold and M. Gruninger, “Ontologies: Principles, methods and applications,” *Knowl. Eng. Rev.*, vol. 11, no. 2, pp. 93–136, 1996.
- [152] Princeton University, “What is WordNet?,” 2014. [Online]. Available: <http://wordnet.princeton.edu/wordnet/>. [Accessed: 08-Mar-2015].
- [153] Princeton University, “Section 5: File Formats - Format of WordNet database files,” 2012. [Online]. Available: <http://wordnet.princeton.edu/wordnet/man/wndb.5WN.html>. [Accessed: 08-Mar-2015].
- [154] P. Smrž, “Quality Control and Checking for Wordnet Development: A Case Study of BalkaNet,” *Rom. J. Inf. Sci. Technol.*, vol. 7, pp. 173–182, 2004.
- [155] F. Bond, “Japanese WordNet,” 2010. [Online]. Available: <http://nlpwww.nict.go.jp/wn-ja/index.en.html>. [Accessed: 10-Mar-2015].
- [156] F. Bond, H. Isahara, S. Fujita, K. Uchimoto, T. Kuribayashi, and K. Kanzaki, “Enhancing the Japanese WordNet,” in *7th Workshop on Asian Language Resources, ACL-IJCNLP 2009*, 2009, no. August, pp. 1–8.
- [157] C. Soria, M. Monachini, and P. Vossen, “Wordnet-LMF: fleshing out a standardized format for wordnet interoperability,” in *IWIC '09: Proceeding of the 2009 international workshop on Intercultural collaboration*, 2009, pp. 139–146.
- [158] M. Milutinović, Đ. Stepanić, and M. Despotović-Zrakić, “Mobile Adaptive Language Learning,” in *Zbornik radova na CD-u sa XIV međunarodnog simpozijuma SymOrg 2014*, 2014, pp. 395–401.
- [159] H.-C. Huang, T.-Y. Wang, and F.-M. Hsieh, “Constructing an Adaptive Mobile Learning System for the Support of Personalized Learning and Device Adaptation,” *Procedia - Soc. Behav. Sci.*, vol. 64, pp. 332–341, Nov. 2012.

- [160] P. Gomes, B. Antunes, L. Rodrigues, A. Santos, J. Barbeira, and R. Carvalho, "Using Ontologies for elearning personalization," in *3rd ELearning Conference-Computer Science Education*, 2006, pp. 155–160.
- [161] J. Jovanovic, D. Gašević, and V. Devedžić, "TANGRAM for Personalized Learning Using the Semantic Web Technologies," *J. Emerg. Technol. Web Intell.*, vol. 1, no. 1, pp. 6–21, 2009.
- [162] S. A. Petersen and J.-K. Markiewicz, "PALLAS: Personalised Language Learning on Mobile Devices," in *Fifth IEEE International Conference on Wireless, Mobile, and Ubiquitous Technology in Education (wmute 2008)*, 2008, pp. 52–59.
- [163] J. Dadić, M. Despotović-Zrakić, Z. Bogdanović, and M. Milutinović, "Semantička anotacija obrazovnih materijala u sistemu e-obrazovanja," vol. 12, no. March, pp. 753–756, 2013.
- [164] Z. Xu, Y. Ni, W. He, L. Lin, and Q. Yan, "Automatic Extraction of OWL Ontologies From UML Class Diagrams: a Semantics-Preserving Approach," *World Wide Web*, vol. 15, no. 5–6, pp. 517–545, 2012.
- [165] S. Boyce and C. Pahl, "Developing Domain Ontologies for Course Content," *Educ. Technol. Soc.*, vol. 10, no. 3, pp. 275–288, 2007.
- [166] P. Hitzler, B. Parsia, P. F. Patel-schneider, and S. Rudolph, "OWL 2 Web Ontology Language Primer," 2009.
- [167] V. F. Specification, "IMS Learning Design Information Model," 2003.
- [168] I. Vojinović, A. Vukmirović, M. Despotović-Zrakić, M. Milutinović, and K. Simić, "Leveraging internet marketing campaigns through social network analysis," in *Matematičke i informacione tehnologije - MIT 2013*, 2013, pp. 715–721.
- [169] The Apache Software Foundation, "Apache DeviceMap," 2015. [Online]. Available: <https://devicemap.apache.org/index.html>. [Accessed: 10-Apr-2015].
- [170] W3C Device Description Working Group, "Device Description Repository Core Vocabulary," 2008.
- [171] M. Milutinović, A. Labus, V. Stojiljković, Z. Bogdanović, and M. Despotović-Zrakić, "Designing a mobile language learning system based on lightweight learning objects," *Multimed. Tools Appl.*, vol. 74, no. 3, pp. 903–935, Feb. 2015.
- [172] H. Kreger, "Fulfilling the Web services promise," *Commun. ACM*, vol. 46, no. 6, p. 29, Jun. 2003.

- [173] A. Milić, K. Simić, and M. Milutinović, “Cloud Computing Environment for e-Learning Services for Students with Disabilities,” in *Continued Rise of the Cloud*, Z. Mahmood, Ed. Springer London, 2014, pp. 363–381.
- [174] R. Ferzli and I. Khalife, “Mobile cloud computing educational tool for image/video processing algorithms,” in *2011 Digital Signal Processing and Signal Processing Education Meeting (DSP/SPE)*, 2011, pp. 529–533.
- [175] B. Radenković, M. Despotović-Zrakić, A. Labus, Z. Bogdanović, and M. Milutinović, “Providing services for student relationship management on cloud computing infrastructure - camera ready,” in *TELSIKS 2013*, 2013, pp. 385–388.
- [176] M. Milutinović, D. Barać, M. Despotović-Zrakić, and B. Radenković, “Developing mobile application for learning Japanese language - FONJAPGO,” *Management*, vol. 16, no. 60, pp. 27–33, 2011.
- [177] Z. Bogdanović, D. Barać, B. Jovanić, S. Popović, and B. Radenković, “Evaluation of mobile assessment in a learning management system,” *Br. J. Educ. Technol.*, 2013.
- [178] A. Holzinger, “Usability Engineering for Software Developers,” *Commun. ACM*, vol. 48, no. 1, pp. 71–74, 2005.
- [179] A. Carroll and G. Heiser, “An Analysis of Power Consumption in a Smartphone,” in *Proceedings of the 2010 USENIX conference on USENIX annual technical conference*, 2010, pp. 21–34.
- [180] L. Ardito, G. Procaccianti, M. Torchiano, G. Migliore, and P. Torino, “Profiling Power Consumption on Mobile Devices,” in *ENERGY 2013, The Third International Conference on Smart Grids, Green Communications and IT Energy-aware Technologies*, 2013, pp. 101–106.
- [181] R. Palit, R. Arya, K. Naik, and A. Singh, “Selection and execution of user level test cases for energy cost evaluation of smartphones,” in *Proceeding of the 6th international workshop on Automation of software test - AST '11*, 2011, pp. 84–90.

11. СПИСАК СЛИКА

Слика 1: Пример прилагођавања презентације величини екрана.....	24
Слика 2: Технологије доступне у мобилним телефонима и њихове примене.....	27
Слика 3: Overlay модел и модел пертурбација [122].....	68
Слика 4: IEEE LOM стандард.....	100
Слика 5: Концептуални и имплементациони слојеви семантичког веба.....	102
Слика 6: Највиши појмови у хијерархији именица у WordNet-у 3.1.....	112
Слика 7: Неке од расположивих апликација за приступ WordNet бази.....	113
Слика 8: Модел базе података са http://wnsqlbuilder.sourceforge.net/	114
Слика 9: Главне табеле у JWN-у у SQLite формату.....	120
Слика 10: Глобални модел система за адаптивно мобилно учење страних језика.....	128
Слика 11: Општи процес адаптације и достављања образовних садржаја.....	129
Слика 12: Онтологија образовних садржаја.....	131
Слика 13: Модел образовних активности.....	136
Слика 14: Модел понашања ученика.....	145
Слика 15: Модел структуре објеката учења.....	162
Слика 16: Модел метаподатака објеката учења заснован на IEEE LOM-у.....	164
Слика 17: Поређење хијерархије генерисаних објеката са Хоцинсовом хијерархијом [85].....	165
Слика 18: Концептуални модел интеграције помоћу LDAP сервера.....	176
Слика 19: Секвенца корака при првом пријављивању Moodle корисника на систем.....	179
Слика 20: Дијаграм случајева коришћења.....	188
Слика 21: Модел података централног дела система за мобилно адаптивно учење страних језика.....	195
Слика 22: Модел података мобилне клијентске апликације.....	201
Слика 23: Модел архитектуре мобилне апликације.....	205
Слика 24: Екрани мобилне апликације и ток кретања корисника.....	208

Слика 25: Структура компоненте за веб комуникацију.....	210
Слика 26: Структура компоненте за комуникацију са базом података.....	212
Слика 27: Компонента за комуникацију са Android системом.....	214
Слика 28: Механизам за учитавање и приказ питања на тесту.....	216
Слика 29: Дијаграм класа које учествују у генерисању питања за тест.....	216
Слика 30: Активност за вежбање писања.....	218
Слика 31: Основне функционалности мобилне клијентске апликације.....	220
Слика 32: Почетна подешавања апликације.....	221
Слика 33: Почетни екран апликације.....	221
Слика 34: Приказ и претрага речи из локалне базе података.....	222
Слика 35: Детаљан приказ речи.....	223
Слика 36: Одељак за вежбање писања у а) усправној б) водоравној оријентацији	224
Слика 37: Неке од страница са кана знацима у оквиру одељка за учење кане.....	225
Слика 38: Детаљан приказ кана знакова.....	225
Слика 39: Странице са канђи знацима.....	226
Слика 40: Детаљан приказ канђи знакова.....	227
Слика 41: Подешавање игре памћења и две различито подешене инстанце игре	228
Слика 42: Активност за вежбање писања при: а,б) усправној в) водоравној оријентацији.....	229
Слика 43: а) Почетни приказ б) Приказан одељак за контролу водила в) Укључене водиље г) Активне водиле, скривен одељак (примр са другим знаком).....	229
Слика 44: Активност за вежбање писања са и без ефекта нестајања.....	230
Слика 45: Изглед умањеног интерфејса зависно од других подешавања активности	231
Слика 46: Подешавања папира, интерфејса и водила.....	231
Слика 47: Подешавања папира и одговарајући изглед активности.....	232
Слика 48: Провидност увећаног и умањеног интерфејса.....	232
Слика 49: Позиционирање водила и изглед активности после измена.....	233
Слика 50: а) Одељак са тестовима б) Подешавања теста в,г) Различито подешене инстанце теста.....	234

Слика 51: Преглед статистика.....	234
Слика 52: Измена сличице профила.....	235
Слика 53: Додавање пријатеља.....	235
Слика 54: а) Откључавање занимљивости током рада б) одељак са занимљивостима в) приказ једне категорије г) приказ једне занимљивости.....	236
Слика 55: Списак расположивих објеката учења и њихов приказ.....	237
Слика 56: а) Глобални мени б) Подешавања в) Категорије помоћи, г) Преглед изабране теме помоћи.....	238
Слика 57: Потрошња батерије и искоришћење процесора у оквиру J-ГО апликације током рада са различитим активностима.....	251

12. СПИСАК ТАБЕЛА

Табела 1: Параметри који се примењују у моделирању ученика [122].....	65
Табела 2: Процент приступа веб сајтовима са мобилних платформи у периоду новембар 2014. – јануар 2015.....	95
Табела 3: Преглед мрежа речи за значајније светске језике и језике из окружења.....	105
Табела 4: Дозвољени типови веза у WordNet-у и начин њиховог означавања у бази.....	109
Табела 5: Преглед модела и система обрађених у радовима од значаја.....	122
Табела 6: Атрибути дефинисани Apache DeviceMap базом.....	148
Табела 7: Пресликавање географских карактеристика у кључне синсетове.....	153
Табела 8: Пресликавање локација од интереса у кључне синсетове из базе знања.....	155
Табела 9: Техничко-технолошки критеријуми за евалуацију система.....	183
Табела 10: Образовни критеријуми за евалуацију система.....	183
Табела 11: Кориснички критеријуми за евалуацију система.....	184
Табела 12: Списак случајева коришћења.....	188
Табела 13: Случајеви коришћења.....	189
Табела 14: Спецификација релационог модела за централни део система.....	196
Табела 15: Спецификација релационог модела за мобилну апликацију.....	201
Табела 16: Резултати који се односе на истраживачка питања 1-4.....	243
Табела 17: Рангирање активности.....	245
Табела 18: Перцепција наставника у погледу утиска студената.....	246

13. ПРИЛОЗИ

Прилог 1. Анкета за испитивање начина коришћења мобилних уређаја, познавања и тенденција ка учењу страних језика

Pol: (a) Ženski; (b) Muški; | Prosečna ocena tokom studija: _____ | Status studiranja: (a) Budžet; (b) Samofinansiranje;

G1 – PITANJA KOJA SE ODOSE NA POZNAVANJE STRANIH JEZIKA

G1	1	Da li ste ikada učili neki strani jezik (ne računajući predmete tokom osnovnog, srednjeg i fakultetskog obrazovanja)? (a) Ne (b) Da, samostalno/hobistički (c) Da, kroz formalni kurs (d) Da, I formalno i samostalno
	2	Navedite strane jezike koje znate i ocenite svoje znanje ocenom od 1 do 5 (1-loše, 5-odlično): _____ Jezik: _____ Ocena: _____ Jezik: _____ Ocena: _____ Jezik: _____ Ocena: _____ Jezik: _____ Ocena: _____ Jezik: _____ Ocena: _____ Jezik: _____ Ocena: _____
	3	Da li imate ikakvo predznanje o japanskom jeziku? (a) Da; (b) Ne.
	4	Smatram da je japanski jezik težak. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem
	5	Nameravate da (na)učite novi jezik u budućnosti? (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem
	6	Označite brojevima od 1 do 5 razloge zašto biste počeli da učite novi jezik (1-Najjači razlog, 5-najmanji razlog). <input type="checkbox"/> Samousavršavanje <input type="checkbox"/> Da bih obogatio CV <input type="checkbox"/> Komunikacija sa klijentima <input type="checkbox"/> Odlazak u inostranstvo <input type="checkbox"/> Da bih mogao da konzumiram proizvode strane kulture – knjige, pesme, filmove, internet
	7	Označite brojevima od 1 do 5 šta bi najviše uticalo na vaš izbor jezika za učenje (1-najveći uticaj, 5-najmanji uticaj) <input type="checkbox"/> Poznavanje jezika od ranije (usavršavanje znanja stečenog tokom osnovnog, srednjeg, fakultetskog znanja) <input type="checkbox"/> Zastupljenost jezika u okruženju <input type="checkbox"/> Broj govornika u svetu <input type="checkbox"/> Globalni socio-ekonomski značaj jezika <input type="checkbox"/> Kultura naroda koji govori taj jezik

G2.1 – PITANJA KOJA SE ODOSE NA KARAKTERISTIKE MOBILNIH TELEFONA

G2.1	1	Da li posedujete mobilni telefon? (a) Da; (b) Ne;
	2	Navedite proizvođača i model vašeg mobilnog telefona Proizvođač: _____; Model: _____.
	3	Da li posedujete smarthphone? (a) Da; (b) Ne;
	4	Koji operativni sistem ima vaš mobilni telefon? (a) Fabrički; (b) Android; (c) Windows mobile; (d) Symbian; (e) iOS; (f) Ne znam; (g) Drugi: _____.
	5	Da li vaš telefon podržava Wi-Fi? (a) Da; (b) Ne;
	6	Da li vaš telefon podržava 3G? (a) Da; (b) Ne;
	7	Da li vaš telefon podržava GPS? (a) Da; (b) Ne;

	8	Da li vaš telefon ima ekran osetljiv na dodir?	(a) Da; (b) Ne;
	9	Baterija vam u proseku traje:	(a) Jedan dan; (b) Do dva dana; (c) Do tri dana; (d) Više od tri dana; (e) Ne znam.
	10	Da li vaš telefon podržava NFC?	(a) Da; (b) Ne;

G2.2 – PITANJA KOJA SE ODOSE NA UPOTREBU MOBILNIH TELEFONA

Odgovorite na postavljena pitanja izborom iz liste ponuđenih odgovora:

(a) Svaki dan; (b) 2-3 puta nedeljno; (c) Jednom mesečno; (d) Jednom godišnje; (e) Ne koristim.

G2.2	1	Da li koristite kalendar na telefonu?	(a) (b) (c) (d) (e)
	2	Da li koristite telefon za razmenu MMS poruka?	(a) (b) (c) (d) (e)
	3	Da li koristite telefon za razmenu e-mail poruka?	(a) (b) (c) (d) (e)
	4	Da li koristite telefon za surfovanje web-om?	(a) (b) (c) (d) (e)
	5	Da li koristite telefon za pristupanje društvenim mrežama?	(a) (b) (c) (d) (e)
	6	Da li koristite telefon za preuzimanje slika sa Interneta?	(a) (b) (c) (d) (e)
	7	Da li koristite telefon za preuzimanje muzike sa Interneta?	(a) (b) (c) (d) (e)
	8	Da li koristite telefon za gledanje video materijala?	(a) (b) (c) (d) (e)
	9	Da li koristite telefon za preuzimanje video materijala sa Interneta?	(a) (b) (c) (d) (e)
	10	Da li koristite telefon za plaćanje usluga?	(a) (b) (c) (d) (e)
	11	Da li koristite video razgovor?	(a) (b) (c) (d) (e)
	12	Da li koristite navigaciju na telefonu?	(a) (b) (c) (d) (e)
	13	Da li koristite audio beleške na telefonu?	(a) (b) (c) (d) (e)
	13	Da li igrate igrice na telefonu?	(a) (b) (c) (d) (e)
14	Da li preuzimate aplikacije? (a) Ne; (b) Da, i koje vrste:	(a) (b) (c) (d) (e)	

G2.3 – PITANJA KOJA SE ODOSE NA UPOTREBU MOBILNIH TELEFONA U OBRAZOVANJU

G2.3	1	Da li ste ikada koristili mobilni uređaj kao pomoć učenju? (a) Ne (b) Da, koristeći pretraživač i druge aplikacije za pregledanje skripti i drugih resursa (pdf, doc, jpg...) (c) Da, za hvatanje/pregledanje kratkih beleški ili uz pomoć nekog „flashcard“ programa za lakše pamćenje činjenica (d) Da, koristeći aplikacije specifične namene (aplikacije za učenje jezika ili bilo koje druge oblasti)
	2	Da li pristupate veb aplikaciji na elab.rs korišćenjem vašeg mobilnog telefona? (a) Da; (b) Ne;
	3	Označite aktivnosti sa sajta elab.rs kojima ste pristupali putem mobilnog telefona: [] Forum [] Praćenje vesti [] Download nastavnih materijala [] Rešavanje testova [] Predavanje domaćih zadataka

G2.4 – PITANJA KOJA SE ODOSE NA PROBLEME PRILIKOM KORIŠĆENJA MOBILNIH SADRŽAJA

G2.4	1	Da li ste prilikom korišćenja mobilnih sadržaja imali problema sa baterijom?	(a) Stalno; (b) Ponekad (c) Nikad.
	2	Da li ste prilikom korišćenja mobilnih sadržaja imali problema sa preglednošću?	(a) Stalno; (b) Ponekad (c) Nikad.
	3	Da li su mobilni sadržaji komplikovani za korišćenje?	(a) Da (b) Poneki (c) Ne
	4	Da li ste prilikom korišćenja mobilnih sadržaja imali problema sa signalom?	(a) Stalno; (b) Ponekad (c) Nikad.
	5	Da li prilikom pregleda mobilnih sadržaja osećate povećani zamor?	(a) Stalno; (b) Ponekad (c) Nikad.
	6	Ukoliko ste se susreli sa još nekim problemima prilikom pristupa različitim sadržajima navedite ih:	

--	--	--

Прилог 2. Анкета за утврђивање мишљења студената о Ј-ГО апликацији

Pol: (a) Ženski; (b) Muški; | Prosečna ocena tokom studija: _____ | Status studiranja: (a) Budžet; (b) Samofinansiranje;

1	Korišćenje FONJAPGO апликације је једноставно и јасно. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
2	Korisnički interfejs FONJAPGO апликације је квалитетно дизајниран. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
3	Pristup različitim aktivnostima u okviru FONJAPGO апликације је једноставан и интуитиван. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
4	Korišćenje FONJAPGO апликације је једноставно и јасно. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
5	FONJAPGO апликација је повећала моје интересовање за јапанску културу. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
6	FONJAPGO апликација је повећала моје интересовање за јапански језик. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
7	Voleo/la bih da postoji ovakva апликација и за учење nekog другог језика. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
8	Voleo/la bih da postoji ovakva апликација и за учење neke друге области. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
9	Numerisati активности FONJAPGO апликације бројевима од 1 до 8 по učestalosti коришćenja (x - nemam stav, 1-najčešće, 8-najređe). <hr/> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;">[] Prelaženje celokupnih lekcija i sadržanih aktivnosti</td> <td style="width: 50%; border: none;">[] Igra pamćenja</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">[] Samostalno listanje i pregledanje reči japanskog</td> <td style="border: none;">[] Samostalno prelaženje kvizova</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">[] Samostalno listanje i pregledanje znakova japanskog</td> <td style="border: none;">[] Pregledanje zanimljivosti</td> </tr> <tr> <td style="border: none;">[] Vežbanje pisanja</td> <td style="border: none;">[] Poređenje statistika sa drugim korisnicima</td> </tr> </table>	[] Prelaženje celokupnih lekcija i sadržanih aktivnosti	[] Igra pamćenja	[] Samostalno listanje i pregledanje reči japanskog	[] Samostalno prelaženje kvizova	[] Samostalno listanje i pregledanje znakova japanskog	[] Pregledanje zanimljivosti	[] Vežbanje pisanja	[] Poređenje statistika sa drugim korisnicima
[] Prelaženje celokupnih lekcija i sadržanih aktivnosti	[] Igra pamćenja								
[] Samostalno listanje i pregledanje reči japanskog	[] Samostalno prelaženje kvizova								
[] Samostalno listanje i pregledanje znakova japanskog	[] Pregledanje zanimljivosti								
[] Vežbanje pisanja	[] Poređenje statistika sa drugim korisnicima								
10	Nastaviću da koristim ovu апликацију (neću је обрисати са телефона). (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
12	Ovakva апликација би била корисна за самостално учење јапанског језика. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
13	Ovakva апликација би била корисна као подршка формалном учењу јапанског језика на nekom курсу. (a) Slažem se u potpunosti; (b) Slažem se; (c) Nemam stav; (d) Ne slažem se; (e) Uopšte se ne slažem								
14	Navedite probleme koje ste приметили u toku rada sa FONJAPGO апликацијом: _____ _____								
15	Navedite vaše mišljenje, predloge или kritike koje imate u vezi sa FONJAPGO апликацијом: _____ _____								

14. БИОГРАФИЈА АУТОРА

Милош Милутиновић је рођен 27.03.1988 године у Београду. Основну и средњу школу је завршио у Београду. Дипломирао је на Факултету организационих наука (смер – Информациони системи и технологије) 2011. године. Одбранио је завршни рад под називом: „Развој мобилне апликације за учење јапанског језика“ са оценом 10 (десет). Дипломске академске - мастер студије, студијски програм Електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука 2011. године. Завршни (Мастер) рад под називом: „Развој мобилне апликације за учење јапанског језика засноване на објектима учења“, одбранио је 2012. године са оценом 10 (десет). Докторске студије, студијски програм Информациони системи и менаџмент, изборно подручје Електронско пословање, уписао је на Факултету организационих наука 2012. године. Положио је свих девет, програмом предвиђених, испита на докторским студијама са просечном оценом 10 (десет). Од прве године докторских студија прима стипендију Министарства просвете и науке Републике Србије за младе истраживаче – докторанте. Течно говори енглески језик, а служи се и јапанским језиком.

Од школске 2011/12. године Милош Милутиновић је ангажован на Факултету организационих наука за извођење вежби из предмета Катедре за електронско пословање. Приликом евалуације од стране студената, његов рад је био оцењиван највишим оценама.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Милош Милутиновић

број индекса 5004/2012

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

МОДЕЛ СИСТЕМА ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО УЧЕЊЕ
СТРАНИХ ЈЕЗИКА

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

Потпис докторанда

У Београду, 17. 05. 2015

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Милош Милутиновић

Број индекса 5004/2012

Студијски програм ИНФОРМАЦИОНИ СИСТЕМИ И МЕНАџМЕНТ

Наслов рада МОДЕЛ СИСТЕМА ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО УЧЕЊЕ СТРАНИХ ЈЕЗИКА

Ментор ПРОФ. ДР БОЖИЏАР РАЂЕНКОВИЋ

Потписани/а Милош Милутиновић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла 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, 17. 05. 2015

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

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

МОДЕЛ СИСТЕМА ЗА АДАПТИВНО МОБИЛНО УЧЕЊЕ
СТРАНИХ ЈЕЗИКА

која је моје ауторско дело.

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

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

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

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

Потпис докторанда

У Београду, 17. 05. 2015

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.